

第V章 昼夜放牧における併給飼料の給与法(試験4)

1. 緒言

放牧飼養時における養分摂取量の変動は、昼夜放牧のように放牧への依存度が高まるにしたがい大きくなり、春季から夏季にかけて放牧草のTDN含量の低下にともない放牧地からのDMならびにTDN摂取量は減少し、乳生産が低下することを示してきた。さらに、放牧地からのTDN摂取量の低下は、蛋白質摂取量に対するエネルギー摂取量の比率を低下させ、乳生産にとって蛋白質過剰、エネルギー不足といった栄養状態を招くとこととなることを示してきた。Thomson¹⁰⁷⁾は、放牧飼養時では小腸への蛋白質供給の不足が乳生産の制限要因になりやすいと述べている。放牧飼養時では蛋白質摂取量は多いものの、放牧草のTDN含量の低下する夏季以降では蛋白質摂取量にみあったTDNを摂取することができず、その結果乳生産に対する摂取窒素の利用性が低下し、乳蛋白質生産量が減少するものと考えられた。

一方、乳中の脂肪含量が低いことも放牧飼養時における問題点として指摘されている⁶²⁾。試験1においても同様な結果が示され、牧草サイレージを給与した時間制限放牧区と昼夜放牧区における乳脂肪含量は、それぞれ4.00、3.46%であり、春季では乳脂肪生産量も昼夜放牧区において少なかった(表7)。乳脂肪の生産には、反芻胃内で産生される酢酸が主に利用されるといわれており¹⁰⁴⁾、酢酸は反芻胃内における繊維質の消化によって産生され、乳脂肪生産と繊維質摂取との間には関連があることが指摘されている^{104, 106)}。一般に、草丈が短い状態で利用される放牧草の繊維質含量は牧草サイレージに比べて繊維質含量は少なく^{23, 109)}、昼夜放牧において乳脂肪生産が劣る原因の1つとして、繊維質摂取量の違いによるものと考えられた。

これらのことから昼夜放牧において乳生産を安定的に推移させるためには、併給飼料の給与により季節の進行にともなう放牧地からのTDN摂取量の減少を補い、また、繊維質摂取量を増加させることが必要であると考えられる。しかし、試験3で示したように併給飼料の繊維質含量の増加にともない、放牧地からのDM摂取量は減少することが示され、併給飼料の繊維質含量を高めることにより乳脂肪生産は改善できるかもしれないが、放牧地からのTDN摂取量を減少させ乳生産全体としてはむしろ低下することも考えられる。Phillips and Leaver

⁹¹⁾は放牧飼養の泌乳牛に牧草サイレージを給与することにより、乳脂肪生産量は増加したが、乳蛋白質生産量は減少したと報告している。そこで試験4では、昼夜放牧における乳生産を安定的に推移させる飼料の給与方法を明らかにするため、併給飼料からのTDN給与量の違いが、また、併給飼料の繊維質含量の違いが養分摂取量ならびに乳生産、主に乳蛋白質ならびに乳脂肪生産におよぼす影響について検討した。

2. 試験方法

(1)併給飼料からのTDN給与量の違いが昼夜放牧における乳生産におよぼす影響(試験4-1)

試験期間は1991年6月3日から10月25日までとし、3週間毎にI期(6月3日～6月23日)、II期(6月24日～7月14日)、III期(7月15日～8月4日)、IV期(8月5日～8月25日)、V期(8月26日～9月15日)、VI期(9月16日～10月6日)、VII期(10月7日～10月25日)に分けた。I期～V期では14:00～18:00と21:00～8:00までの1日15時間の昼夜放牧を実施し、併給飼料は放牧および搾乳時間以外に採食できるようにした。また、VI、VII期では10:00から18:00までの8時間放牧させ、夜間は併給飼料を牛舎内で給与した。

試験処理は併給飼料からのTDN給与量の違いにより、HT、MT、LT区の3処理設けた(表35)。I～V期では、HT区は日本飼養標準⁸⁰⁾に示されているTDN要求量の50%を、MT区では40%を、LT区では30%を併給飼料から給与した。放牧時間を昼間の8時間としたVIおよびVII期では、放牧地からのDM摂取量が減少すると考えられるため、HT、MT、LT区における併給飼料からのTDN給与量を、それぞれTDN要求量の70、60、50%に増加した。TDN要求量の基準は、1乳期9000kgの乳生産量を想定し、泌乳前期(分娩後100日目まで)、泌乳中期(分娩後101～200日目まで)、泌乳後期(分娩後201日目以降)におけるFCM量をそれぞれ34.5、29.5、24.0kg/日とし、設定した乳量に必要なTDN量を日本飼養標準⁸⁰⁾から算出した。併給飼料には牧草サイレージ、トウモロコシ、大豆粕およびビートパルプを供試した。併給飼料の配合割合を表35に示した。

供試牛は各処理区に2産次以上のホルスタイン種泌乳牛を、それぞれ8頭ずつ配置する予定であったが、分娩や乾乳時期の変更や肢蹄の疾患等の理由により設計どお

りには実施できなかった(表36)。

表35 各処理区の併給飼料の配合割合と給与量 (試験4-1)

処理区 乳期 ^{§1}	H T			M T			L T		
	前期	中期	後期	前期	中期	後期	前期	中期	後期
	kg/日								
設定乳量	34.4	29.6	23.9	34.4	29.6	23.9	34.4	29.6	23.9
I~V期 ^{§2}	%								
併給飼料からのTDN摂取割合 ^{§3}	50	50	40	40	40	40	30	30	30
併給飼料の配合割合									
トウモロコシ	53.3	70.0	68.3	47.1	65.8	68.3	36.9	60.0	59.2
大豆粕	13.3	7.8	0.0	11.8	7.9	0.0	9.2	6.7	0.0
ビートパルプ	14.3	0.0	0.0	17.6	0.0	0.0	23.1	0.0	0.0
牧草サイレージ	19.1	22.2	31.7	23.5	26.3	31.7	30.8	33.3	40.2
	kg/日								
DM給与量	10.5	9.0	6.3	8.5	7.5	6.3	6.5	6.0	4.9
VI、VII期 ^{§2}	%								
併給飼料からのTDN摂取割合 ^{§3}	70	70	60	60	60	60	50	50	50
併給飼料の配合割合									
トウモロコシ	41.5	50.6	42.3	36.2	45.0	42.3	28.7	37.6	32.6
大豆粕	10.4	5.6	0.0	9.1	5.0	0.0	7.2	4.2	0.0
ビートパルプ	9.6	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0	12.8	0.0	0.0
牧草サイレージ	38.5	43.8	57.7	43.8	50.0	57.7	51.3	58.2	67.4
	kg/日								
DM給与量	15.6	13.7	10.4	13.7	12.0	10.4	11.7	10.3	8.9

§1：前期、分娩後100日目まで、中期、分娩後101日～200日目まで、後期、分娩後201日目以上。

§2：I～V期、6.03～9.15、VI、VII期、9.16～10.25。

§3：設定乳量に必要なTDN摂取量（日本飼養標準^{§0}）に対する併給飼料からのTDN給与割合。

表36 各試験期における供試牛の頭数 (試験4-1)

処理区 乳期 ^{§1}	H T			M T			L T		
	前期	中期	後期	前期	中期	後期	前期	中期	後期
	頭								
試験期 ^{§2}									
I	1	1	1	2	4	3	2	3	3
II	4	1	1	1	4	2	4	3	3
III	3	0	1	0	2	3	4	3	3
IV	2	1	1	3	2	1	2	4	2
V	4	0	2	3	1	1	2	1	4
VI	1	3	1	3	1	0	3	1	5
VII	2	3	1	3	0	0	2	2	4

§1：前期、分娩後100日目まで、中期、分娩後101日～200日目まで、後期、分娩後201日目以上。

§2：試験期、I期、6.03～6.23、II期、6.24～7.14、III期、7.15～8.04、IV期、8.05～8.25、V期、8.26～9.15、VI期、9.16～10.06、VII期、10.07～10.25。

放牧地はオーチャードグラス主体草地5.99haとチモシー主体草地3.52haの合わせて9.51haを供試し、Ⅰ、Ⅱ期ではオーチャードグラス主体草地の4.04haを14牧区に分けて放牧利用し、チモシー主体草地3.52haを含む残りの5.47haは、1番草を採草利用した後、Ⅲ期から14牧区に分けて放牧利用した。滞牧日数は各牧区とも1日とし、毎日、転牧した。放牧地は試験開始前に一度馴致放牧のため利用した後、試験に供した。併給飼料は放牧ならびに搾乳時以外に牛舎内で摂取できるようにし、水および鉱塩(日本全業工業KK)は放牧地ならびに牛舎内のいずれにおいても自由に摂取できるようにした。

放牧地からのDM摂取量の推定は、試験Ⅰの方法と同様であり、糞中へのDM排泄量を推定するため、1日2回、8:30と20:30に酸化クロムペレットを50gずつ給与した。

糞は、各期の3週目に5日間、酸化クロムペレット給与時に採取した。供試牛の乳量は毎日測定し、乳成分含量および体重は毎週1回測定した。採血は、各期の3週目に実施した。

各飼料中の化学成分含量、糞中のクロム含量、各乳成分含量および血液性状の測定方法は、試験Ⅲと同じ方法で測定した。

(2)併給飼料のNDF含量の違いが昼夜放牧における乳

生産におよぼす影響(試験4-2)

試験期間は1992年6月2日から10月16日までとし、3週間毎にⅠ期(6月2日~6月22日)、Ⅱ期(6月23日~7月13日)、Ⅲ期(7月14日~8月3日)、Ⅳ期(8月4日~8月24日)、Ⅴ期(8月25日~9月14日)、Ⅵ期(9月15日~10月5日)とし、Ⅶ期は草量の不足のため、10月6日~10月16日の2週間とした。

試験処理は、併給飼料のNDF含量の違いにより、HF、MF、LF区の3処理設けた(表37)。併給飼料として、牧草サイレージ、トウモロコシ、大豆粕およびビートパルプを供試し、それらを組み合わせて併給飼料中のNDF含量がHF、MF、LF区で、それぞれ35、30、25%となるように配合した(表37)。併給飼料からのTDN給与量は、試験4-1と同様に、あらかじめ設定した乳量水準に基づいて決定した。すなわち、泌乳前期(分娩後100日目まで)、泌乳中期(分娩後101~200日目まで)、泌乳後期(分娩後201日目以降)におけるFCM量をそれぞれ34.5、29.5、24.0kg/日とし、日本飼養標準⁸⁰⁾からTDN要求量を算出し、各処理区とも泌乳前期、中期、後期でTDN要求量の55、45、35%を併給飼料から摂取できる量とした。

供試牛は各処理区に2産次以上のホルスタイン種泌乳牛を、それぞれ8頭ずつ配置する予定であったが、分娩や乾乳時期の変更や肢蹄の疾患等の理由により設計どお

表37 各処理区の併給飼料の配合割合と給与量(試験4-2)

処理区 乳期 ^{§1}	H F			M F			L F		
	前期	中期	後期	前期	中期	後期	前期	中期	後期
設定乳量	kg/日								
	34.4	29.6	23.9	34.4	29.6	23.9	34.4	29.6	23.9
	%								
併給飼料のNDF含量	35	35	35	30	30	30	25	25	25
併給飼料からのTDN摂取割合 ^{§2}	55	45	35	55	45	35	55	45	35
併給飼料の配合割合									
トウモロコシ	40.1	45.8	50.9	48.0	54.2	60.4	56.0	62.3	69.2
大豆粕	10.2	4.7	0.0	12.2	6.0	0.0	14.1	7.5	0.0
ビートパルプ	3.9	3.5	3.6	4.0	3.6	3.8	4.1	3.8	3.8
牧草サイレージ	45.7	46.0	45.5	35.8	36.2	35.8	25.8	26.4	27.0
	kg/日								
DM給与量	12.7	8.5	5.5	12.3	8.3	5.2	11.9	8.0	5.2

§1: 前期, 分娩後100日目まで、中期, 分娩後101日~200日目まで、後期, 分娩後201日目以上。

§2: 設定乳量に必要なTDN摂取量(日本飼養標準⁸⁰⁾)に対する併給飼料からのTDN給与割合。

りには実施できなかった(表38)。

放牧地はオーチャードグラス主体草地7.13haとチモシ-主体草地4.66haの合わせて11.79haを供試し、I、II期ではその内5.94haを15牧区に分けて放牧利用し、残りの5.85haは、1番草を採草利用した後、III期から14牧区に分けて放牧利用した。放牧時間は14:00~18:00と21:00~8:00までの1日15時間とし、放牧ならびに搾乳時間以外は、牛舎内で併給飼料を摂取できるようにした。滞牧日数は各牧区とも1日とし、毎日、転牧した。放牧地は試験開始前に一度馴致放牧のため利用した後、試験に供した。水ならびに鉱塩(日本全業工業KK)は放牧地ならびに牛舎内のいずれにおいても自由に摂取できるようにした。

放牧地からのDM摂取量の推定は、試験3の方法と同様であり、糞中へのDM排泄量を推定するため、1日2回、8:30と20:30に酸化クロムペレットを50gずつ給与した。

糞は、各期の3週目に5日間、酸化クロムペレット給

与時に採取した。供試牛の乳量は毎日測定し、乳成分含量および体重は毎週1回測定した。採血は、各期の3週目に実施した。但し、VII期については採糞、採血ともに第2週目に実施した。

各飼料中の化学成分含量、糞中のクロム含量、各乳成分含量および血液性状の測定方法は、試験3と同一の方法で実施した。

3. 結 果

(i)併給飼料からのTDN給与量(試験4-1)

各試験期における気温、降水量および日照時間の結果を表39に示した。日平均気温はIV期で最も高く17.5℃であり、最高気温が30℃を越えた日はIII期およびV期でそれぞれ1日のみであり、日平均気温が25℃を越えた日はみられなかった。

表36に各試験期における供試牛の頭数を示した。試験

表38 各試験期における供試牛の頭数(試験4-2)

処理区 乳期 ^{§1}	H F			M F			L F		
	前期	中期	後期	前期	中期	後期	前期	中期	後期
	頭								
試験期 ^{§2} I	1	2	4	2	2	1	2	1	4
II	0	3	4	1	4	0	1	3	3
III	1	3	3	0	3	3	0	2	4
IV	1	3	2	0	3	3	1	2	4
V	1	2	3	0	3	2	2	2	4
VI	2	1	4	1	1	3	2	0	6
VII	2	1	4	2	1	3	2	0	5

^{§1}: 前期, 分娩後100日目まで、中期, 分娩後101日~200日目まで、後期, 分娩後201日目以上。

^{§2}: 試験期, I期, 6.02~6.22、II期, 6.23~7.13、III期, 7.14~8.03、IV期, 8.04~8.24、V期, 8.25~9.14、VI期, 9.15~10.05、VII期, 10.06~10.16。

表39 各試験期における気温、降水量および日照時間(試験4-1)

試験期 ^{§1}	I	II	III	IV	V	VI	VII
気 温	℃						
日平均気温	13.7	14.1	16.0	17.5	17.2	13.6	10.0
期間最高気温	27.5	29.8	30.7	28.0	31.3	28.0	19.7
期間最低気温	6.9	6.1	6.5	9.5	7.4	2.6	-2.3
平均降水量	mm/日						
	1.7	3.9	8.5	5.9	4.2	5.0	6.6
平均日照時間	時間/日						
	2.0	2.9	2.2	2.8	4.6	4.9	2.5

^{§1}: 試験期, I期, 6.03~6.23、II期, 6.24~7.14、III期, 7.15~8.04、IV期, 8.05~8.25、V期, 8.26~9.15、VI期, 9.16~10.06、VII期, 10.07~10.25。

期により、各処理区の供試牛の乳期が異なったため、結果は処理区ごとにⅠ～Ⅴ期とⅥ、Ⅶ期に分けてまとめて示すとともに、Ⅰ～Ⅴ期については、さらに乳期ごとに分けて示した。

表40には放牧草の、表41には併給飼料の化学成分ならびにTDN含量を示した。試験3までの結果と同様に、試験期の進行にともない放牧草のTDN含量が低下する

傾向がみられ、Ⅰ～Ⅲ期までは70%以上あったが、Ⅳ期以降は70%以下になりⅥ、Ⅶ期では64%まで低下した。

Ⅰ～Ⅴ期における併給飼料のTDN含量は、HT、MT、LT区でそれぞれ83、82、80%であり、CP含量は各処理区ともほぼ等しく泌乳前期、中期、後期でそれぞれ16、13、10%前後であった。また、併給飼料中のNDF含量はいずれの乳期においてもHT、MT、LT区の順に多く

表40 放牧草の化学成分、TDN量ならびに放牧地の草量、草丈（試験4-1）

試験期 ^{§1}	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ
DM中%							
O M	91.2	90.1	89.2	88.9	89.9	89.2	89.7
C P	18.2	20.9	21.6	21.1	19.5	19.8	19.9
NDF	54.8	53.4	50.4	50.7	50.4	50.8	50.0
ADF	28.9	30.4	29.0	29.0	28.8	28.8	26.9
TDN	73.4	72.1	70.9	67.6	67.6	64.2	64.2
kgDM/m ²							
草量	155.9	129.5	125.2	117.7	151.9	115.4	87.4
cm							
草丈	48.1	40.3	37.3	46.2	31.6	32.4	25.4

§1: 試験期, Ⅰ期, 6.03~6.23、Ⅱ期, 6.24~7.14、Ⅲ期, 7.15~8.04、Ⅳ期, 8.05~8.25、Ⅴ期, 8.26~9.15、Ⅵ期, 9.16~10.06、Ⅶ期, 10.07~10.25.

表41 併給飼料の化学成分ならびにTDN含量（試験4-1）

処理区 乳期 ^{§1}	H T			M T			L T		
	前期	中期	後期	前期	中期	後期	前期	中期	後期
DM中%									
Ⅰ～Ⅴ期 ^{§2}									
O M	95.5	96.8	96.6	95.0	96.5	96.6	94.1	96.1	95.4
C P	16.1	12.9	9.9	15.8	13.1	9.9	15.3	12.7	10.0
NDF	26.5	22.7	27.8	30.2	24.9	27.8	36.2	28.7	32.3
ADF	15.0	12.0	15.0	17.4	13.5	15.0	21.3	16.0	18.0
TDN	83.0	84.9	82.3	81.1	83.6	82.3	78.0	81.4	79.1
Ⅵ、Ⅶ期 ^{§2}									
O M	94.7	95.4	94.7	94.3	95.0	94.7	93.7	94.5	94.0
C P	15.0	12.5	10.5	14.7	12.4	10.5	14.2	12.2	10.7
NDF	35.3	34.5	42.0	38.7	37.8	42.0	43.5	42.3	47.3
ADF	20.6	19.7	24.4	22.8	21.9	24.4	25.9	24.8	27.9
TDN	77.9	78.2	74.1	76.0	76.2	74.1	73.4	73.7	71.0

§1: 前期, 分娩後100日目まで、中期, 分娩後101日~200日目まで、後期, 分娩後201日目以上.

§2: Ⅰ～Ⅴ期, 6.03~9.15、Ⅵ、Ⅶ期, 9.16~10.25.

なった。

表42に試験期別の飼料摂取量の結果を示した。I～V期における放牧地からのDM摂取量は、HT、MT、LT区でそれぞれ、10.9、12.3、11.6kg/日であり、HT区に比べMT区において摂取量が多かった(P<0.05)。放牧時間を昼間の8時間としたⅥ、Ⅶ期における放牧地からのDM摂取量は、HT、MT、LT区でそれぞれ、9.0、9.8、8.9kg/日であり、処理間に差はみられなかった。併給飼料からのDM摂取量は、I～V期ではHT、MT、

LT区で、それぞれ9.1、7.4、5.8kg/日であり、併給飼料からのDM摂取量は各処理間に差がみられた(P<0.05)。一方、Ⅵ、Ⅶ期では、それぞれ11.6、11.3、8.5kg/日となり、HT区に比べLT区において併給飼料からのDM摂取量は少なかった(P<0.05)。全飼料からのDM摂取量は、I～V期ではHT、MT、LT区で、それぞれ20.0、19.7、17.4kg/日、Ⅵ、Ⅶ期では、それぞれ20.6、21.0、17.3kg/日であり、いずれもHTおよびMT区に比べLT区において全飼料からのDM摂取量は少なかった(P<0.05)。

表42 試験期別の分娩後日数ならびに飼料摂取量 (試験4-1)

試験期 ^{§1} 処 理	I～V期			Ⅵ、Ⅶ期		
	HT	MT	LT	HT	MT	LT
分娩後日数	119	168	157	141	99	172
飼料摂取量	kg/日					
DM 放牧草	10.9 ^B	12.3 ^A	11.6 ^{AB}	9.0	9.8	8.9
併給飼料	9.1 ^A	7.4 ^B	5.8 ^C	11.6 ^A	11.3 ^A	8.5 ^B
合 計	20.0 ^A	19.7 ^A	17.4 ^B	20.6 ^A	21.0 ^A	17.3 ^B
TDN	15.0 ^A	14.6 ^A	12.5 ^B	14.7 ^A	14.7 ^A	11.7 ^B
C P	3.5 ^A	3.4 ^A	3.1 ^B	3.3 ^A	3.6 ^A	2.8 ^B
NDF	8.1 ^{AB}	8.6 ^A	7.9 ^B	8.7 ^{AB}	9.2 ^A	8.3 ^B
飼料摂取量	g/MBS/日					
D M	160.6 ^A	166.1 ^A	140.7 ^B	167.4 ^A	183.5 ^A	139.0 ^B
TDN	120.5 ^A	123.0 ^A	101.6 ^B	119.4 ^A	128.6 ^A	94.1 ^B
DM摂取量に占める	%					
NDF摂取量の割合						
全飼料	40.3 ^C	43.1 ^B	45.6 ^A	42.2 ^A	43.7 ^A	47.7 ^B
併給飼料	26.6 ^B	27.9 ^B	32.9 ^A	35.7 ^A	37.8 ^A	44.8 ^B

§1: 試験期, I期, 6.03~6.23、II期, 6.24~7.14、III期, 7.15~8.04、IV期, 8.05~8.25、V期, 8.26~9.15、Ⅵ期, 9.16~10.06、Ⅶ期, 10.07~10.25。

A, B, C: 各試験期の異符号間に有意差あり(P<0.05)。

表43にI～V期の各処理区におけるDM摂取量について乳期別に示した。泌乳前期では放牧地からのDM摂取量はHTおよびLT区に比べMT区が多かった(P<0.05)が、泌乳中期ならびに後期では処理間に差はみられなかった。また、併給飼料は各処理区ともほぼ設計どおり摂取され、各処理区とも乳期の進行にともない併給飼料からのDM摂取量は減少した(P<0.05)。このため全飼料からのDM摂取量は、HT区では泌乳前期牛に比べ泌乳後期牛のDM摂取量は少なく(P<0.05)、LT区では乳期の違いによる差はみられなかった。

放牧地からのTDN摂取量はDM摂取量と同様な傾向を示し、I～V期ではHT、MT、LT区でそれぞれ7.4、

8.5、7.9kg/日であり、HT区に比べMT区が多かった(P<0.05)。一方、Ⅵ、Ⅶ期ではHT、MT、LT区でそれぞれ5.4、5.9、5.4kg/日であり処理間に差はみられなかった。併給飼料からのTDN摂取量は、HT、MT、LT区の順に少なくなり、I～V期では、7.6から4.6kg/日、Ⅵ、Ⅶ期では9.2から6.4kg/日へと減少した。このため全飼料からのTDN摂取量は併給飼料からのTDN摂取量を反映し、I～V期、Ⅵ、Ⅶ期のいずれにおいてもLT区に比べHTおよびMT区が多かった(P<0.05)。また、IからV期における全飼料からのTDN摂取量について乳期別にみると(表43)、泌乳前期ならびに中期ではLT区に比べHT区が多かった(P<0.05)が、泌乳後期では処

表43 I～V期における乳期別の分娩後日数ならびに飼料摂取量(試験4-1)

乳期 ^{§1} 処理区	前期			中期			後期		
	HT	MT	LT	HT	MT	LT	HT	MT	LT
分娩後日数	53	56	54	178	171	160	245	266	250
飼料摂取量	kg/日								
DM 放牧草	10.7 ^B	13.1 ^A	10.5 ^B	12.9	12.1	12.0	10.4	11.8	12.3
併給飼料	10.3 ^A	8.6 ^B	6.4 ^C	9.1 ^A	7.5 ^B	6.1 ^C	6.4 ^A	6.3 ^A	4.9 ^B
合計	21.0 ^A	21.7 ^A	16.9 ^B	22.0 ^A	19.6 ^{AB}	18.1 ^B	16.8	18.1	17.2
TDN	15.8 ^A	15.9 ^A	12.2 ^B	16.7 ^A	14.7 ^B	13.2 ^B	12.3	13.4	12.3
C P	3.8 ^A	3.9 ^A	3.1 ^B	3.7	3.4	3.2	2.7	3.0	3.0
NDF	8.2 ^B	9.5 ^A	7.7 ^B	9.0	8.3	8.1	7.2	8.0	8.0
飼料摂取量	g/MBS/日								
D M	166.3 ^B	188.5 ^A	140.1 ^C	165.2 ^A	161.2 ^{AB}	146.0 ^B	145.2 ^{AB}	152.3 ^A	136.3 ^B
TDN	125.4 ^A	137.6 ^A	101.2 ^B	125.1 ^A	121.0 ^{AB}	106.6 ^B	106.6 ^{AB}	112.6 ^A	97.4 ^B
DM摂取量に占める NDF摂取量の割合	%								
全飼料	39.1 ^C	43.6 ^B	45.9 ^A	40.9 ^B	42.3 ^A	44.4 ^A	43.0 ^B	43.8 ^B	46.5 ^A
併給飼料	26.3 ^C	31.4 ^B	36.1 ^A	23.8 ^B	25.5 ^A	29.3 ^A	28.7 ^B	28.0 ^B	33.1 ^A

^{§1}: 前期, 分娩後100日目まで、中期, 分娩後101日～200日目まで、後期, 分娩後201日目以上。

A, B, C: 各乳期間の異符号間に有意差あり (P < 0.05)。

理間に差はみられなかった。また、HT区では泌乳前期牛に比べ泌乳後期牛において全飼料からのTDN摂取量は少なかったが(P < 0.05)、LT区では乳期の違いによる差はみられなかった。

全飼料からのCP摂取量は、I～V期ではHT、MT区に比べLT区で少なかった(P < 0.05)が、Ⅵ、Ⅶ期では処理間に差はみられなかった。IからV期におけるCP摂取量について乳期別にみると(表43)、泌乳前期ではHT、MT区に比べLT区で少なかった(P < 0.05)が、泌乳中期および後期ではいずれの乳期においても処理間に

差はみられなかった。HT、MT区では泌乳前期牛に比べ泌乳後期牛のCP摂取量は少なかった(P < 0.05)が、LT区では乳期の違いによる差はみられなかった。

全飼料からのNDF摂取量はI～V期、Ⅵ、Ⅶ期のいずれにおいてもLT区に比べMT区において多かった(P < 0.05)。I～V期における摂取飼料中のNDF含量はHT、MT、LT区でそれぞれ40、43、46%であり、処理間に差がみられた(P < 0.05)。

表44に試験期別の乳生産量の結果を示した。乳量およびFCM量は、I～V期ではMT、LT区に比べHT区で

表44 試験期別の乳量、乳成分量および乳成分含量(試験4-1)

試験期 ^{§1} 処理	I～V期			Ⅵ、Ⅶ期		
	HT	MT	LT	HT	MT	LT
	kg/日					
乳量	33.5 ^A	29.0 ^B	26.9 ^B	30.4 ^A	32.1 ^A	24.5 ^B
FCM量	31.0 ^A	27.8 ^B	25.7 ^B	27.2 ^A	29.7 ^A	22.8 ^B
乳脂肪量	1.17 ^A	1.08 ^{AB}	1.00 ^B	1.01 ^{AB}	1.12 ^A	0.86 ^B
乳蛋白質量	0.98 ^A	0.83 ^B	0.80 ^B	0.94 ^A	0.92 ^A	0.75 ^B
乳糖量	1.49 ^A	1.29 ^B	1.19 ^B	1.35 ^A	1.42 ^A	1.09 ^B
S N F 量	2.81 ^A	2.41 ^B	2.26 ^B	2.59 ^A	2.66 ^A	2.08 ^B
	%					
乳脂肪含量	3.52 ^B	3.75 ^A	3.74 ^A	3.33	3.53	3.56
乳蛋白質含量	2.94 ^{AB}	2.90 ^B	3.01 ^A	3.10 ^{AB}	2.86 ^B	3.12 ^A
乳糖含量	4.45	4.44	4.41	4.43	4.42	4.42
S N F 含量	8.40	8.33	8.42	8.53	8.28	8.55

^{§1}: 試験期, I期, 6.03～6.23、Ⅱ期, 6.24～7.14、Ⅲ期, 7.15～8.04、Ⅳ期, 8.05～8.25、Ⅴ期, 8.26～9.15、Ⅵ期, 9.16～10.06、Ⅶ期, 10.07～10.25。

A, B: 各試験期の異符号間に有意差あり (P < 0.05)。

高い値を示し(P<0.05)、Ⅵ、Ⅶ期ではLT区に比べHT、MT区で多かった(P<0.05)。Ⅰ～Ⅴ期におけるFCM量は各処理区ともに乳期の進行にともない減少し、HT区では36kg/日から23kg/日、MT区では32kg/日から23kg/日、LT区では31kg/日から21kg/日に減少した(表45)。Ⅰ～Ⅴ期における泌乳前期のFCM量はHT区に比べLT区で少なく(P<0.05)、泌乳中期以降ではMT区で最も高い値を示し、LT区との間に差がみられた(P<0.05)。

Ⅰ～Ⅴ期における乳成分生産量は、乳脂肪、乳蛋白質、乳糖およびSNFのいずれもLT区に比べHT区で多かった(P<0.05)。Ⅵ、Ⅶ期ではMT区で最も多く、LT区との間に差がみられた(P<0.05)。Ⅰ～Ⅴ期における乳期別の乳脂肪量を比較すると、泌乳前期ではHT区とMT、LT区との間に差がみられた(P<0.05)が、泌乳中期では処理間に差はみられず、泌乳後期ではMT区とLT区との間に差がみられた。一方、乳蛋白質量は、泌乳前期

ではMT、LT区に比べHT区で多く(P<0.05)、泌乳中期では処理間に差はみられず、泌乳後期ではLT区に比べHT区において多かった(P<0.05)。乳糖およびSNF量は、泌乳前期ではMT、LT区に比べHT区で多かった(P<0.05)が、泌乳中期以降は処理間に差はみられなかった。

Ⅰ～Ⅴ期において乳脂肪含量はMT、LT区に比べHT区で少なく(P<0.05)、Ⅵ、Ⅶ期でも同様な傾向がみられた。しかし、乳期別にみると処理間に明確な差はみられず、泌乳前期では3.5～3.7%、泌乳中期では3.7～3.8%、泌乳後期では3.6～3.9%の範囲であった。一方、乳蛋白質含量はⅠ～Ⅴ期ならびにⅥ、Ⅶ期のいずれにおいてもHT、LT区に比べMT区で低い値を示す傾向がみられた。乳糖およびSNF含量は処理間に明確な差はみられなかった。

日本飼養標準⁸⁰⁾と比較して算出したTDNおよびCP充足率ならびに血液性状の結果を表46に示した。Ⅰ～Ⅴ期

表45 Ⅰ～Ⅴ期における乳期別の乳量、乳成分量および乳成分含量(試験4-1)

乳期 ^{§1} 処理区	前期			中期			後期		
	HT	MT	LT	HT	MT	LT	HT	MT	LT
	kg/日								
乳量	38.8 ^A	34.4 ^A	32.2 ^B	26.6	29.2	27.3	24.4 ^A	23.8 ^A	21.5 ^B
FCM量	35.7 ^A	32.2 ^B	30.7 ^B	25.3 ^{AB}	28.2 ^A	26.1 ^B	22.8 ^{AB}	23.3 ^A	20.7 ^B
乳脂肪量	1.35 ^A	1.23 ^{AB}	1.19 ^B	0.97	1.10	1.01	0.87 ^{AB}	0.92 ^A	0.81 ^B
乳蛋白質量	1.11 ^A	0.94 ^{AB}	0.93 ^B	0.84	0.85	0.83	0.74 ^A	0.72 ^{AB}	0.66 ^B
乳糖量	1.74 ^A	1.53 ^B	1.46 ^B	1.21	1.31	1.19	1.06	1.04	0.93
SNF量	3.24 ^A	2.82 ^A	2.71 ^B	2.31	2.45	2.30	2.05	1.99	1.80
	%								
乳脂肪含量	3.47	3.57	3.71	3.66	3.78	3.73	3.57	3.87	3.78
乳蛋白質含量	2.85 ^{AB}	2.73 ^B	2.90 ^A	3.16 ^A	2.91 ^B	3.07 ^{AB}	3.05	3.03	3.07
乳糖含量	4.48	4.46	4.53	4.53	4.48	4.36	4.35	4.36	4.34
SNF含量	8.34	8.19	8.43	8.69	8.39	8.43	8.40	8.39	8.40

§1: 前期, 分娩後100日目まで、中期, 分娩後101日～200日目まで、後期, 分娩後201日目以上。

A, B: 各乳期の異符号間に有意差あり(P<0.05)。

表46 試験期別の養分充足率および血液性状(試験4-1)

試験期 ^{§1} 処理	Ⅰ～Ⅴ期			Ⅵ、Ⅶ期		
	HT	MT	LT	HT	MT	LT
養分充足率 ^{§2}	%					
TDN	97.3 ^{AB}	104.5 ^A	95.5 ^B	103.6	98.7	97.0
CP	117.5	126.9	124.5	121.5	122.8	124.5
血液性状	μEq/l					
遊離脂肪酸	254	231	254	108	98	154
	mg/dl					
尿素態窒素	15.9	16.0	16.7	10.9 ^A	13.5 ^B	12.8 ^B

§1: 試験期, Ⅰ期, 6.03～6.23、Ⅱ期, 6.24～7.14、Ⅲ期, 7.15～8.04、Ⅳ期, 8.05～8.25、Ⅴ期, 8.26～9.15、Ⅵ期, 9.16～10.06、Ⅶ期, 10.07～10.25。

§2: 日本飼養標準⁸⁰⁾に示されている養分要求量に対する摂取量の割合。

A, B: 各試験期の異符号間に有意差あり(P<0.05)。

におけるTDN充足率はHT、MT、LT区でそれぞれ97、105、96%となり、MT区とLT区との間に差がみられた($P < 0.05$)。一方、Ⅵ、Ⅶ期では処理間に差はみられず、TDN充足率は100%前後であった。Ⅰ～Ⅴ期ならびにⅥ、Ⅶ期におけるCP充足率は処理間に明確な差はみられなかった。Ⅰ～Ⅴ期における乳期別のTDN充足率についてみると(表47)、HT区では泌乳中期から、MT区では全乳期を通して、LT区では泌乳後期においてTDN充足率は100%を上回った。CP充足率は各乳期においていずれの処理区も100%を上回った。

血中遊離脂肪酸濃度は、Ⅰ～Ⅴ期ならびにⅥ、Ⅶ期において、いずれも処理間に差はみられなかったが、Ⅰ～Ⅴ期では $240 \mu\text{Eq/l}$ 前後であったのに対してⅥ、Ⅶ期では $100 \mu\text{Eq/l}$ 前後であった(表46)。Ⅰ～Ⅴ期における乳期別の血中遊離脂肪酸濃度についてみると(表47)、泌乳前

期ではHT、MT、LT区でそれぞれ339、276、 $359 \mu\text{Eq/l}$ であり、北海道共済組合連合会の示した基準値³⁴⁾に比べ高い値を示し、泌乳中期以降はHT区に比べMT、LT区において高い値を示す傾向がみられた。血中尿素態窒素濃度はⅠ～Ⅴ期では処理間に差はみられなかったが、Ⅵ、Ⅶ期ではMT、LT区に比べHT区で低い値を示した。また、血中尿素態窒素濃度は、Ⅰ～Ⅴ期に比べⅥ、Ⅶ期において低い値を示した($P < 0.05$)が、各処理区とも乳期の違いによる差はみられず、いずれも北海道共済組合連合会の示した基準値³⁴⁾の範囲内であった。

(2)併給飼料のNDF含量(試験4-2)

各試験期における気温、降水量および日照時間の結果を表48に示した。日平均気温はⅣ期で最も高く 18.4°C であり、最高気温が 30°C を越えた日はⅢ期で2日のみであ

表47 Ⅰ～Ⅴ期における乳期別の養分充足率および血液性状(試験4-1)

乳期 ^{§1} 処理区	前 期			中 期			後 期		
	HT	MT	LT	HT	MT	LT	HT	MT	LT
養分充足率 ^{§2}	%								
TDN	88.1 ^{AB}	100.4 ^A	78.4 ^B	121.3 ^A	101.7 ^B	97.9 ^B	105.2	111.8	109.2
C P	109.5 ^{AB}	126.7 ^A	103.8 ^B	145.8 ^A	121.8 ^B	125.2 ^B	121.8	133.8	143.2
血液性状	$\mu\text{Eq/l}$								
遊離脂肪酸	339	276	359	129	242	203	117	177	204
	mg/dl								
尿素態窒素	16.1	16.6	18.1	15.8	16.7	16.2	15.4	14.6	15.9

§1: 前期, 分娩後100日目まで、中期, 分娩後101日～200日目まで、後期, 分娩後201日目以上。

§2: 日本飼養標準⁸⁰⁾に示されている養分要求量に対する摂取量の割合。

A, B: 各乳期の異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)。

表48 各試験期における気温、降水量および日照時間(試験4-2)

試験期 ^{§1}	I	II	III	IV	V	VI	VII
気 温	$^\circ\text{C}$						
日平均気温	10.7	15.9	17.2	18.4	16.7	11.2	10.1
期間最高気温	21.5	28.4	30.9	29.4	28.1	21.6	18.2
期間最低気温	4.6	2.6	9.3	9.8	5.6	-0.3	-0.5
平均降水量	mm/日						
平均降水量	4.8	1.7	4.3	8.7	9.9	6.2	8.8
平均日照時間	時間/日						
平均日照時間	0.7	4.6	1.8	2.9	3.5	4.3	5.7

§1: 試験期, I期, 6.02～6.22、II期, 6.23～7.13、III期, 7.14～8.03、IV期, 8.04～8.24、V期, 8.25～9.14、VI期, 9.15～10.05、VII期, 10.06～10.16。

表49 放牧草の化学成分、TDN含量ならびに放牧地の草量、草丈（試験4-2）

試験期 ^{§1}	I	II	III	IV	V	VI	VII
	DM中%						
O M	91.6	91.0	88.7	88.3	89.6	89.6	90.8
C P	17.7	17.2	20.6	18.8	19.1	19.1	15.7
NDF	55.3	53.1	51.6	52.5	56.3	52.0	54.4
ADF	27.3	27.8	28.1	30.4	31.4	28.2	29.3
TDN	77.4	74.4	73.6	70.1	71.9	65.9	66.3
	kgDM/㎡						
草量	107.9	138.2	161.3	140.6	138.7	151.5	126.0
	cm						
草丈	37.4	42.3	47.3	42.1	36.9	33.5	27.7

§1: 試験期, I期, 6.02~6.22、II期, 6.23~7.13、III期, 7.14~8.03、IV期, 8.04~8.24、V期, 8.25~9.14、VI期, 9.15~10.05、VII期, 10.06~10.16.

表50 併給飼料の化学成分ならびにTDN含量（試験4-2）

処理区	HF			MF			LF			
	乳期 ^{§1}	前期	中期	後期	前期	中期	後期	前期	中期	後期
	DM中%									
O M		94.4	94.7	95.0	95.1	95.4	95.7	95.8	96.1	96.1
C P		13.7	11.5	9.5	14.6	12.0	9.6	15.3	12.7	12.6
NDF		36.9	36.8	36.5	31.6	31.6	31.3	26.2	28.7	26.3
ADF		24.7	24.4	23.9	20.6	20.3	19.8	16.5	16.0	16.3
TDN		70.3	70.6	71.0	74.7	75.0	75.5	79.1	81.4	79.3

§1: 前期, 分娩後100日目まで、中期, 分娩後101日~200日目まで、後期, 分娩後201日目以上.

り、日平均気温が25℃を越えた日はみられなかった。

表49に放牧草の、表50に併給飼料の化学成分ならびにTDN含量を示した。前章までの結果と同様に、放牧期の進行にともない放牧草のTDN含量が低下する傾向がみられ、春季から秋季にかけて77%から66%まで低下した。併給飼料中のNDF含量はHF、MF、LFでそれぞれ36、31、27%前後で、ほぼ設定どおりとなり、ADF含量は、それぞれ24、20、16%前後であった。一方、併給飼料のTDN含量はHF、MF、LF区でそれぞれ70、75、80%前後であった。

表51に各処理区の乳期別の飼料摂取量の結果を全試験期間まとめて示した。泌乳前期における放牧地からのDM摂取量は、HF、MF、LF区でそれぞれ、8.3、9.8、12.4kg/日であり、HF区に比べLF区においてDM摂取量は多く(P<0.05)、MBSあたりの放牧地からのDM摂取量もHF区に比べLF区において多かった(P<0.05)。泌乳中期以降についても放牧地からのDM摂取量はHF

区に比べ、LF区で多くなる傾向がみられた。一方、泌乳前期における併給飼料からのDM摂取量は、HF、MT、LT区でそれぞれ11.7、11.2、11.8kg/日であり、泌乳前期ならびに中期では併給飼料からのDM摂取量は処理間に差はみられなかった。泌乳後期では処理間に差がみられたが、その差は小さかった。泌乳前期における全飼料からのDM摂取量はHF、MF区に比べLF区で多かった(P<0.05)が、泌乳中期以降では処理間に差はみられなかった。

DM摂取量について乳期別にみると、HF、MF、LF区ともに放牧地からのDM摂取量は乳期の違いによる差はみられなかった。しかし、各処理区とも乳期の進行にともない併給飼料からのDM摂取量が減少したため、全飼料からのDM摂取量は乳期の進行にともない減少し、泌乳前期に比べ泌乳後期における全飼料からのDM摂取量は少なかった(P<0.05)。

全飼料からのTDN摂取量を処理間で比較すると、い

表51 全期間における乳期別の分娩後日数ならびに飼料摂取量 (試験4-2)

乳期 ^{§1} 処理区	前期			中期			後期		
	HF	MF	LF	HF	MF	LF	HF	MF	LF
分娩後日数	85	79	62	161	156	163	318	265	321
飼料摂取量	kg/日								
DM 放牧草	8.3 ^B	9.8 ^{AB}	12.4 ^A	9.4	9.9	11.3	10.8 ^B	11.2 ^{AB}	12.0 ^A
併給飼料	11.7	11.2	11.8	8.2	8.3	8.1	5.5 ^A	5.4 ^{AB}	5.2 ^B
合計	20.0 ^B	21.0 ^B	24.2 ^A	17.6	18.2	19.4	16.3	16.6	17.2
TDN	14.2 ^B	15.7 ^{AB}	18.2 ^A	12.8	13.5	14.7	11.6 ^B	11.9 ^{AB}	12.6 ^A
C P	3.1 ^B	3.4 ^B	4.0 ^A	2.7 ^B	2.8 ^{AB}	3.1 ^A	2.5	2.6	2.7
NDF	8.3	8.4	9.6	7.9	7.8	8.1	7.7	7.6	7.8
飼料摂取量	g/MBS/日								
D M	156.1 ^B	169.2 ^B	207.5 ^A	142.9	146.3	160.4	126.1	130.8	133.3
TDN	111.2 ^B	127.0 ^B	156.0 ^A	103.8 ^B	108.6 ^{AB}	122.1 ^A	90.1 ^B	93.7 ^{AB}	98.7 ^A
DM摂取量に占める NDF摂取量の割合	%								
全飼料	41.5	39.6	39.5	44.9	42.9	41.8	47.4	45.8	45.0
併給飼料	32.7 ^A	27.0 ^B	24.2 ^B	34.9 ^A	30.3 ^A	25.5 ^B	35.1 ^A	30.5 ^B	25.7 ^C

^{§1}: 前期, 分娩後100日目まで、中期, 分娩後101日~200日目まで、後期, 分娩後201日目以上。

A, B, C: 各乳期の異符号間に有意差あり (P < 0.05)。

ずれの乳期においてもHF、MF、LF区の順にTDN摂取量は多くなる傾向がみられ、泌乳前期における全飼料からのTDN摂取量は、HF、MF、LF区でそれぞれ14.2、15.7、18.2kg/日であり、HF区に比べLF区では全飼料からのTDN摂取量は多かった(P < 0.05)。また、泌乳後期でもHF区に比べLF区で全飼料からのTDN摂取量は多かった(P < 0.05)。一方、全飼料からのTDN摂取量は各処理区とも乳期の進行にともない減少し、泌乳前期に比べ泌乳後期においてTDN摂取量は少なかった(P < 0.05)。

全飼料からのCP摂取量はHF区に比べLF区で多くなる傾向がみられ、泌乳前期および後期ではHF区に比べLF区においてCP摂取量は多かった(P < 0.05)。

併給飼料からのDM摂取量に占めるNDF摂取量の割合は処理間に差がみられ、各乳期ともLF区に比べHF区において併給飼料からのDM摂取量に占めるNDF摂取量の割合は多かった(P < 0.05)。しかし、全飼料からのNDF摂取量は、いずれの乳期においても併給飼料のNDF含量の違いによる差はみられなかった。このためDM摂取量に占めるNDF摂取量の割合も処理間に差はみられず、HF区では42~47%、MF区では40~46%、LF区では40~45%の範囲であった。

表52に各処理区の乳期別の乳生産量の結果を全試験期間まとめて示した。泌乳前期ならびに後期では乳量およびFCM量は処理間に有意な差はみられなかった。しか

し、泌乳中期ではHF区に比べMF区において乳量およびFCM量は少なかった(P < 0.05)。

乳脂肪、乳糖ならびにSNF量は乳量と同様な傾向を示し、泌乳前期および後期では処理間に差は見られず、泌乳中期ではHF区に比べMF区において乳脂肪、乳糖およびSNF量は少なかった(P < 0.05)。乳蛋白質量は各乳期ともに処理間に明確な差はみられなかった。

乳脂肪含量は各乳期ともHF区に比べLF区において高い値を示す傾向がみられ、泌乳中期ではHF区に比べLF区において乳脂肪含量が多かった(P < 0.05)。乳脂肪含量の全乳期の平均値はHF、MF、LF区でそれぞれ3.69、3.83、4.06であり、HF区に比べNDF含量の少ない併給飼料を給与したLF区において高い値を示した(P < 0.05)。乳蛋白質含量はHF区に比べLF区で高い値を示す傾向がみられ、LF区では全乳期を通して3.2%以上の値を示し、全乳期の平均値はHF、MF、LFでそれぞれ3.14、3.16、3.41%であった。SNF含量も乳蛋白質含量と同様な傾向を示し、全乳期の平均値はHF、MF、LF区でそれぞれ8.50、8.43、8.83%であった。

日本飼養標準⁸⁰⁾に示されたTDNおよびCP要求量と比較して算出したTDNおよびCP充足率ならびに血液性状の結果を表53に示した。TDN充足率は、HF、MF、LF区の順に高くなる傾向を示し、各乳期ともHF区に比べLF区において高い値を示した(P < 0.05)。LFおよびMF

区では泌乳前期からTDN充足率は100%を上回ったのに対して、HF区では泌乳前期ならびに中期では100%以下であった。CP充足率もTDN充足率と同様な傾向を示したが、各乳期におけるCP充足率はいずれの処理区とも100%を上回った。

血中遊離脂肪酸濃度は、いずれの乳期においても処理間に有意な差はみられず、泌乳前期に比べ泌乳中期以降に低い値を示す傾向を示した(表53)。泌乳前期における血中遊離脂肪酸濃度は200~250 μ Eq/lの範囲であり、北海道共済組合連合会の示した基準値³⁴⁾の範囲内であったが、泌乳中期以降の値は140~200 μ Eq/lとなり、基準値³⁴⁾に比べ高い値であった。血中尿素態窒素濃度の値は、HF、MF、LF区でそれぞれ17.6、17.5、17.2mg/dl

であり、処理間に有意な差はみられず、いずれも北海道共済組合連合会の示した基準値³⁴⁾の範囲内であった。

3. 考 察

放牧期における乳生産を安定的に維持するためには、放牧期における養分摂取量を安定的に維持することが必要であり、時間制限放牧では適切な併給飼料の給与により、乳生産を安定的に維持できることを示してきた。そこで試験4では、昼夜放牧における泌乳牛の養分摂取量に影響をおよぼす要因と養分摂取量と乳生産との関連について検討した。

(1)飼料摂取量

表52 全期間における乳期別の乳量、乳成分量および乳成分含量(試験4-2)

乳期 ^{§1} 処理区	前期			中期			後期		
	HF	MF	LF	HF	MF	LF	HF	MF	LF
	kg/日								
乳量	31.6	31.3	30.5	27.6 ^A	24.1 ^B	25.0 ^{AB}	20.0	19.3	18.1
F C M量	30.2	30.8	30.1	25.2 ^A	22.7 ^B	25.1 ^{AB}	19.5	19.0	18.4
乳脂肪量	1.17	1.22	1.19	0.95 ^{AB}	0.87 ^B	1.00 ^A	0.77	0.76	0.74
乳蛋白質量	0.97	0.94	0.97	0.79	0.75	0.83	0.66	0.61	0.63
乳糖量	1.44	1.42	1.40	1.18 ^A	1.02 ^B	1.16 ^{AB}	0.88	0.81	0.78
S N F量	2.72	2.67	2.66	2.25 ^A	2.01 ^B	2.24 ^{AB}	1.73	1.61	1.59
	%								
乳脂肪含量	3.73	3.90	3.93	3.43 ^B	3.62 ^B	4.05 ^A	3.84	4.03	4.12
乳蛋白質含量	3.07	3.01	3.22	2.88 ^C	3.13 ^B	3.31 ^A	3.32 ^{AB}	3.25 ^B	3.51 ^A
乳糖含量	4.54	4.51	4.61	4.26 ^B	4.24 ^B	4.63 ^A	4.38	4.21	4.31
S N F含量	8.61	8.52	8.76	8.14 ^C	8.37 ^B	8.93 ^A	8.69 ^{AB}	8.46 ^B	8.82 ^A

^{§1}: 前期, 分娩後100日目まで、中期, 分娩後101日~200日目まで、後期, 分娩後201日目以上。

A, B, C: 各乳期間の異符号間に有意差あり (P < 0.05)。

表53 全期間における養分充足率ならびに血液性状(試験4-2)

乳期 ^{§1} 処理区	前期			中期			後期		
	HF	MF	LF	HF	MF	LF	HF	MF	LF
	%								
養分充足率 ^{§2}									
TDN	92.2 ^B	100.8 ^{AB}	122.7 ^A	95.1 ^B	109.0 ^A	112.3 ^A	103.0 ^B	107.8 ^{AB}	116.0 ^A
CP	106.1 ^B	112.4 ^B	142.2 ^A	105.5 ^B	122.4 ^A	126.6 ^A	122.6 ^B	132.5 ^{AB}	140.5 ^A
	μ Eq/l								
血液性状									
遊離脂肪酸	220	203	253	191	180	142	204	174	188
	mg/dl								
尿素態窒素	19.5	15.6	17.5	17.4	18.0	17.6	17.1	17.7	17.0

^{§1}: 前期, 分娩後100日目まで、中期, 分娩後101日~200日目まで、後期, 分娩後201日目以上。

^{§2}: 日本飼養標準⁸⁰⁾の養分要求量に対する摂取量の割合。

A, B: 各乳期の異符号間に有意差あり (P < 0.05)。

放牧地からのDM摂取量と放牧草のTDN含量との相関係数は0.265と低く、併給飼料として濃厚飼料のみを給与した試験1でみられたような高い相関は得られなかった。このため放牧期間における放牧地からのDM摂取量は10~12kg/日前後で比較的安定して推移した。しかし、試験1と比較すると春季における放牧地からのDM摂取量は低く、牧草サイレージを加えた粗飼料全体からの摂取量(12~16kg/日)と比較しても試験1より低かった。この原因の1つは、試験2で示した濃厚飼料と牧草サイレージのSRの違いによるものと思われる。Phillips and Leaver⁹¹⁾の報告では、全飼料からのDM摂取量に対する牧草サイレージの給与効果は、春季ではみられなかったが、夏季では牧草サイレージの給与により全飼料からのDMおよび代謝エネルギー摂取量は増加したことを示している。このように放牧草のTDN含量の異なる春季と夏季では、併給飼料の給与に対する放牧地からのDM摂取量の反応は異なると考えられた。

一方、これまでに放牧地からのDMならびにTDN摂取量は、併給飼料の違いによっても影響を受け(試験2)、6時間制限放牧においては併給飼料のNDF含量が高まるにしたがい、放牧地からのDM摂取量は減少する(試験3)ことを示した。試験4においても併給飼料のNDF含量の増加にともない放牧地からのDMならびにTDN摂取量は減少する傾向がみられ、全飼料からのTDN摂取量を一定レベルに維持させるためには、併給飼料の給与量のみならず併給飼料のNDF含量についても考慮する必要が示された。そこで、全飼料からのTDN摂取量(Y: g/MBS/日)に対する放牧草のTDN含量(X_1 :%)と併給飼料からのTDN摂取量(X_2 : g/MBS/日)、併給飼料のNDF含量(X_3 :%)との関係式を求めた結果、以下の式が得られた。この式から昼夜放牧において全飼料

$$Y = 8.97 + 1.33X_1 + 0.93X_2 - 1.20X_3$$

$$R^2 = 0.561 \quad (P < 0.01) \quad (22)$$

からのTDN摂取量を安定的に維持させるためには、放牧草のTDN含量の変化に見合った併給飼料からのTDN給与が必要であり、さらに併給飼料中のNDF含量の設定が必要であることが示された。Phillips⁸⁹⁾は総説の中で、放牧草を自由に採食できる条件下において、牧草サイレージの給与は一般に全飼料からのDM摂取量を減少させると述べている。しかし、Coppockら¹⁵⁾は、牧草サイレージまたは乾草の給与により全飼料からのDM摂取量は増加したと報告しており、牧草サイレージを組み合わせた併給飼料の給与は、放牧草のTDN含量や併給飼料のNDF含量などを考慮することにより、より効果

的なものとなると考えられた。Leaver⁵⁷⁾は、牧草サイレージの給与が乳生産におよぼす影響は、牧草サイレージや放牧草の品質によって異なると述べている。

これらのことから昼夜放牧においても放牧草のTDN含量の変動に対応した併給飼料からのTDN給与量ならびに併給飼料のNDF含量を設定することにより、放牧期におけるTDN摂取量を安定的に維持させることが可能であると考えられた。

(2) 乳生産量の推定

時間制限放牧では1乳期約8000kgの乳生産が可能であることを示したが、同様にして昼夜放牧における可能乳生産量を推定してみた。FCM量(Y: kg/日)と分娩後日数(X: 日)との間には以下の式が得られた。この式から

$$Y = 33.66 - 0.05X \quad r = 0.793 \quad (P < 0.01) \quad (23)$$

分娩後50、150および250日目のFCM量は、それぞれ31.2、26.2、21.2kg/日となった。これをもとに300日間のFCM量を算出すると、7860kgという結果が得られ、昼夜放牧においても1乳期で約8000kgの乳生産に対応できることが示された。

一方、試験4-1において併給飼料からのTDN摂取量の違いによりFCM量に差がみられたように、FCM量とTDN摂取量との間には正の相関がみられた。また、泌乳前期では体重の減少がみられ、FCM量と1日あたりの体重変化量との間に負の関係が示されたことから、昼夜放牧におけるFCM量を推定するためにはこれらのことを加味する必要がある。そこでFCM量(Y: kg/日)と分娩後日数(X_1 : 日)、TDN摂取量(X_2 : g/MBS/日)さらに1日あたりの体重変化量(X_3 : kg/日)との関係式を以下に示した。この式から体重の変化がない場合、分

$$Y = 27.41 - 0.04X_1 + 0.04X_2 - 0.86X_3$$

$$R^2 = 0.671 \quad (P < 0.01) \quad (24)$$

娩後50、150、250日目における全飼料からのTDN摂取量が145、120、95g/MBS/日のときの推定FCM量はそれぞれ31.2、26.2および21.2kg/日となる。このようにTDN摂取量の増加にともないFCM量は増加するが、併給飼料からのTDN摂取量の増加は放牧地からのTDN摂取量の減少につながりかねない。併給飼料の給与によりFCM量を高める際には前述のような併給飼料に対する配慮が必要である。

(3) 乳蛋白質生産

試験1において蛋白質摂取量に対するTDN摂取量の

比が4.0以下になると、血中の尿素態窒素濃度が上昇し、乳生産に対する摂取窒素の利用性が低下することを示した。TDN摂取量の低かったLT、HF区における蛋白質摂取量に対するTDN摂取量の比は、それぞれ4.1、4.7であり、両区における血中の尿素態窒素濃度も16.7、17.6mg/dlであり基準値³⁴⁾の範囲内であった。また、乳蛋白質生産に対する摂取窒素の利用効率は24~27%と試験1の昼夜放牧区(21%)に比べて高い値を示した。これらのことから放牧飼養時においてTDN摂取量を増加させ蛋白質摂取量との比を4.0以上に保つことにより、アンモニアとして反芻胃からの窒素損失を抑制し、乳生産に対する摂取蛋白質の利用効率の低下を防ぐことが可能であると考えられた。反芻胃内におけるOMやデンプンの分解量の増加により、小腸への微生物体窒素の供給量は増加することが認められており^{2,76)}、TDN摂取量の増加にともなう窒素の利用効率の改善は、小腸への微生物体窒素の移行量の増加によるものと考えられた。Thomson¹⁰⁷⁾は、放牧飼養時における牛では窒素摂取量の増加にともない、摂取量に対する十二指腸への非アンモニア態窒素の移行割合は低下すると述べ、生草を羊に給与したUlyatt and Egan¹¹⁰⁾は、窒素摂取量の増加にともない窒素摂取量に対する十二指腸への窒素移行量の割合は減少すると報告している。また、Leaver⁵⁶⁾は小腸への窒素移行量が乳生産の制限要因となりやすいと述べている。

一方、小腸から吸収されたアミノ酸は、蛋白質合成のみならずグルコース源としても利用される^{7,23,42)}。併給飼料からの穀類の摂取量の増加にともないプロピオン酸供給量が増加し⁸⁷⁾、糖新生に利用されるアミノ酸が減少し、その結果、乳生産に対する窒素利用効率が改善されたとも考えられる。アミノ酸要求量の高い離乳牛に揮発性脂肪酸組成の異なる精製栄養素を反芻胃内に投与し、揮発性脂肪酸組成と窒素蓄積量との関連を検討したObitsuら⁸¹⁾は、プロピオン酸割合が低い場合、離乳後、一時的に窒素蓄積量が低下すると報告している。

乳蛋白質生産量は乳期の進行にともない減少し、分娩後日数(X:日)と乳蛋白質量(Y:kg/日)との間に以下の一次回帰式が得られた。この式から分娩後100、200およ

$$Y = 1.0291 - 0.0013X \quad r = 0.763 \quad (P < 0.01) \quad (25)$$

び300日目の乳蛋白質量を推定すると、それぞれ0.90、0.77、0.64kg/日となった。北海道乳牛検定協会資料³⁶⁾によると、3産次における1乳期の乳量階層が8000~9000kgの牛群における分娩後100、200、300日目の乳蛋白質量は、それぞれ0.94、0.77、0.53kg/日であった。

これらのことから併給飼料からのTDN摂取量を増加させ、蛋白質摂取量に対するTDN摂取量の比を4.0以上にすることにより、乳生産に対する摂取蛋白質の利用効率を改善させ、乳蛋白質生産量を増加させることが可能であることが示された。さらに、昼夜放牧においても1乳期の乳生産量が8000kgの泌乳能力を持つ牛群の乳蛋白質生産量を北海道の平均レベル³⁶⁾に保つことが可能であることが示された。

(4)乳脂肪生産

時間制限放牧と昼夜放牧の比較において、昼夜放牧区では繊維質摂取量が少なく、また、摂取飼料中の繊維質含量が少ないため乳脂肪量や乳脂肪率が低いと考えてきた。しかし、試験4では、乳脂肪含量と摂取飼料中のNDF含量との相関は低く($r=0.098$)、牧草サイレージからのNDF摂取量と乳脂肪量との相関係数も低かった($r=0.201$)。試験1における昼夜放牧区では摂取飼料中のNDF摂取量の割合は39%であり、NDF摂取量は9.1kg/日、乳脂肪量は1.11kg/日であった。これに対して泌乳前期において摂取飼料中のNDF含量が39%と低い値を示したHT、MF区のNDF摂取量はそれぞれ8.2、7.8kg/日であり、乳脂肪量はそれぞれ1.35、1.21kg/日であった。このように試験1に比べ試験4ではNDF摂取量は少なかったものの、乳脂肪量は多かったことから、試験4の飼養条件下では、酢酸などの繊維質に由来する乳脂肪生産の原料供給だけが乳脂肪生産の制限要因になっていたとは考えられにくい。

乳腺細胞内における乳脂肪合成過程において必要な補酵素であるNADPHの多くはグルコースから合成され^{23,42)}、トリグリセライドの合成に必要なグリセロール3リン酸の一部もグルコースから合成される⁴²⁾。このようにグルコースは乳糖の合成のみならず、乳脂肪の合成にとっても重要な役割を果たしており⁸⁷⁾、乳腺細胞へのグルコース供給の不足により乳脂肪生産量は減少すると考えられる。Tyrrellら¹⁰⁸⁾は粗濃比の違いによって酢酸の利用効率は変化すると報告しており、MacRae and Lobleby⁶¹⁾はNADPH合成に対して十分なグルコースが供給されることにより、体脂肪合成に対する酢酸の利用効率は改善されると報告している。乳脂肪量とTDN摂取量との相関係数は0.496であり、NDF摂取量との相関係数よりも大きい値を示し、LT区に比べHT区において乳脂肪生産量が多かった原因の1つとして乳腺細胞へのグルコース供給量の違いが考えられた。

(5)乳糖生産量と乳脂肪ならびに乳蛋白質生産量との関係

Holmes and Wilson⁴²⁾ は、乳糖は乳量を決定する重要な要因であると述べており、乳中の脂肪および蛋白質含量は乳糖の合成量によって影響されると考えられる。すなわち乳糖の合成量の増加にともない乳量は増加するが、乳脂肪および乳蛋白質の合成量が乳糖と同じ割合で増加しなければそれらの成分含量は低下するであろう。乳糖量と乳脂肪量、乳蛋白質量との間には一次回帰式が得られ、各処理における式の定数を表54に示した。乳糖量に対する乳脂肪量との関係において、式の傾きがHT区に比べLT区で低く、HF区とLF区の傾きには大きな差はみられなかった。このことから乳糖量の増加に対する乳脂肪の増加量は、併給飼料のTDN供給量を高めることにより大きくなり、本試験の条件下においては乳脂

肪含量に対する影響は繊維質よりもエネルギー供給量のほうが大きかったと考えられた。

一方、乳蛋白質生産についてみると、式の傾きはHT区に比べLT区で低く、HF区とLF区の傾きには大きな差はみられなかった。このことから乳蛋白質含量におよぼす影響は、エネルギー供給量の違いによる影響を受けていたと考えられた。前述のように放牧飼養時における乳蛋白質生産は、小腸への蛋白質移行量によって制限されやすく、反芻胃へのエネルギー供給不足による微生物態窒素合成量の低下あるいはプロピオン酸からのグルコース供給不足によるアミノ酸からの糖新生の促進などにより制限を受けると考えられた。

表54 乳糖量と乳脂肪および乳蛋白質量との一次回帰式の回帰定数^{§1} (試験4)

処 理	Y : 乳脂肪量 (kg/日)			Y : 乳蛋白質量 (kg/日)		
	a	b	r	a	b	r
H T	0.148	0.685	0.838**	0.173	0.358	0.973**
M T	0.215	0.673	0.833**	0.239	0.461	0.931**
L T	0.161	0.370	0.885**	0.110	0.307	0.978**
H F	0.170	0.675	0.959**	0.195	0.522	0.959**
M F	0.222	0.655	0.860**	0.205	0.517	0.944**
L F	0.181	0.715	0.956**	0.204	0.542	0.948**

§1 : $Y = a + bX$, X : 乳糖量 (kg/日).

** : $P < 0.01$.

第Ⅵ章 総合考察および結論

乳牛の放牧飼養による乳生産は、貯蔵飼料の給与による飼養形態と比べ、飼料の調製や給与、草地への施肥に投与する化石エネルギー量が少ない。また、採草利用と比べ、放牧利用は生育時期が早い段階で牧草を利用するため、栄養価の高い粗飼料を乳牛に給与できるという特徴を持っている。このように草地の放牧利用は生産資材の投入を抑制した条件下では、採草利用よりも有効な草地の利用形態である。草地の放牧利用は世界的にみて極めて重要な位置を占めており²⁹⁾、食用作物の栽培に適していない気象条件下の地域では反芻家畜による草地の放牧利用が主要な土地の利用形態となっている。日本においても北海道太平洋側東部に代表されるような寒冷寡照地域では、食用作物の安定的な栽培が困難であり、草地利用に基づいた食料生産が行われている。しかし、放牧地からの養分摂取量を把握することは困難であり、さらに、放牧地からの養分摂取量は様々な要因によって変動するため、放牧飼養時において乳牛の要求する養分を過不足なく、かつ安定的に給与することは難しい。養分摂取量の不足や変動は、乳生産の低下のみならず、分娩後の初回発情の遅延や受胎率の低下などの繁殖障害の問題を引き起こす結果を招くといわれている⁴²⁾。さらに、近年の個体の泌乳能力の向上にとともに、養分摂取量の不足や不均衡による生産病の発生件数が増加しつつあり、泌乳能力にみあった飼料の給与方法の提示が求められている。

これらのことを背景に、本研究では、寒冷寡照地域における有効な土地利用形態である草地の放牧利用において安定的な乳生産技術の確立を目的とし、放牧飼養時における泌乳牛の養分摂取量を個体レベルで把握し、養分摂取量と乳生産との関連について検討した。総合考察では、本研究で得られた結果から泌乳牛の放牧飼養時における併給飼料の給与が個体レベルならびに土地面積あたりの乳生産におよぼす影響について考察した。

1. 放牧草のTDN含量の推定

試験1から試験4で得られた結果を用いて放牧草のTDN含量ならびに放牧地からのTDN生産量と各要因との相関係数を表55に示した。放牧草のTDN含量は59～78%の範囲で変動し、放牧期の進行にともない放牧草のTDN含量は減少し、放牧期(X:6月1日を1日目とした経過日数)と放牧草のTDN含量(Y:%)との間には

表55 放牧草のTDN含量および放牧地のTDN生産量と各要因との相関係数 (n=52) ^{§1}

要 因	TDN含量(DM中%)	TDN生産量(kg/10a)
6月1日からの経過日数(日)	-0.759**	-0.150
草 量 (g DM/㎡)	-0.230	0.882**
草 丈 (cm)	-0.525**	0.464**
放牧草の化学成分含量 (DM中%)		
O M	0.566**	0.073
C P	-0.360**	-0.298*
NDF	-0.281*	0.193
ADF	-0.375**	0.752**
再生期間の気象条件 ^{§2}		
平均気温(℃)	-0.270	0.346*
平均降水量(mm)	-0.149	0.253
平均日照時間(時)	-0.027	-0.332*

^{§1}: 試験1, 2, 3, 4の結果から算出。

^{§2}: 刈り取り前2週間の気象条件。

*: P<0.05, **: P<0.01.

以下の回帰式が得られた。

$$Y = 75.34 - 0.10X \quad r = -0.759 \quad (P < 0.01) \quad (26)$$

Minson⁷⁰⁾は、牧草のDM消化率の季節変動は気温、光および水分条件の変化によるものであり、高温条件は牧草中の繊維質含量を増加させ、DM消化率を低下させると述べている。古谷²²⁾は気温の増加にともなうチモシーのDM消化率の低下の原因として、呼吸作用の増大による可溶性炭水化物の減少を挙げている。しかし、再生期間中の日平均気温と放牧草のTDN含量との相関係数は-0.270と低かった。石栗⁴⁸⁾オーチャードグラスのDM消化率ならびにTDN含量の季節変化は、生育期間の気温の変化と必ずしも一致しなかったと述べている。Van Soest¹¹⁴⁾は日長条件も牧草の栄養価に影響をおよぼし、日長時間の減少は牧草の栄養価に負の影響をおよぼすであろうと述べている。日長時間を15および22時間としてチモシーのDM生産量ならびにDM消化率を比較した報告によると²²⁾、日長時間の増加にともないDM生産量、DM消化率ともに増加した。放牧期の進行にともない、放牧草中のOM含量は減少し (r=-0.431, P<0.01)、ADF含量は増加する傾向がみられ (r=0.368, P<0.01)、放牧期の進行にともない放牧草の可溶性炭水化

物含量は減少したことになる。これらのことから放牧期の進行にともない放牧草のTDN含量が低下した原因として、気温と日長条件の両者が関与しており、牧草体の呼吸作用の増加や光合成による同化作用の減少により可溶性炭水化物が減少したと思われる。

一方、放牧草のTDN含量と草丈との間にも負の相関 ($r = -0.525, P < 0.01$) がみられ、草丈の伸長にともない放牧草のADF含量は増加し ($r = 0.833, P < 0.01$)、OM含量は減少した ($r = -0.711, P < 0.01$)。Hoogendoornら⁴⁵⁾は、草丈が高い場合、茎部割合は増加し、DM消化率が減少することを示している。このことから放牧期の進行や草丈の伸長は、放牧草のOM含量の減少と繊維質含量の増加を招き、その結果放牧草のTDN含量は減少するものと考えられた。放牧期ならびに草丈と放牧草のTDN含量との間には、以下の回帰式が得られた。

$$Y = 90.07 - 0.07X_1 - 0.45X_2$$

$$R^2 = 0.683 \quad (P < 0.01) \quad (27)$$

Y : 放牧草のTDN含量 (%)
 X₁ : 6月1日からの経過日数
 X₂ : 放牧草の草丈 (cm)

CP摂取量に対するTDN摂取量の割合が4.0以下になると、乳蛋白質生産に対する摂取蛋白質の利用効率が低下することを試験1および試験4において論じた。勿論、このことは蛋白質の反芻胃内分解度や反芻胃内における微生物体窒素の合成効率あるいは小腸から吸収されたアミノ酸の乳蛋白質生産に対する利用効率について考慮しなければならないことである。イネ科牧草に比べマメ科牧草の蛋白質の反芻胃内分解度は低いことが示されている^{21, 23)}。しかし、本試験では消化管内における飼料蛋白質の消化や吸収後の利用効率については検討していない。そのためエネルギーと蛋白質の適正な比率をCP摂取量に対するTDN摂取量の比として求め、その比が4.0を下回ると乳生産に対する窒素の利用効率が低下することを示した。放牧期における放牧草のTDN含量は季節の進行にともない減少したのに対して、CP含量は逆に増加した ($r = 0.667, P < 0.01$)。放牧草のTDN含量 (X : %) と放牧草のCP含量に対するTDN含量の比 (Y) との間には以下の式が得られた。この式から放牧草中の

$$Y = -1.93 + 0.08X \quad r = 0.707 \quad (P < 0.01) \quad (28)$$

CP含量に対するTDN含量の比が4.0以上になるのは、放牧草のTDN含量が74%以上の時であり、上記の放牧期と放牧草のTDN含量との関係式 (26) から、6月中旬

以降では放牧草中のCP含量に対するTDN含量の比は4.0以下になる。

2. 放牧飼養時におけるDM摂取量の推定

Meijsの総説⁶⁷⁾では、放牧地からのDM摂取量は、草地側の要因、家畜側の要因および環境的要因によって変動すると述べている。このため放牧飼養時における乳生産を安定的に維持するためには、放牧期間における放牧地からの養分摂取量の変動に対応した併給飼料の給与が必要となる。泌乳牛の生産レベルから放牧地からのDM摂取量を推定する試みは、Holmes and Jones⁴⁰⁾によってなされており、Curran and Holmes¹⁷⁾は、生産レベルに飼料側の要因を取り入れて推定している。しかし、これらの推定式には草地側の要因が加味されていない。一方、Meijs and Hoekstra⁶⁹⁾やStockdaleら¹⁰³⁾は、草地側の要因から放牧地からのDM摂取量を推定している。さらにCaird and Holmes¹¹⁾は乳量、体重、分娩後経過週、濃厚飼料摂取量、割り当て草量さらに草丈が放牧地からのDM摂取量に対して影響をおよぼす重要な要因であると述べ、これらの要因を用いて自由採食量の推定式を提示している。

併給飼料の給与に対する放牧地からのDM摂取量は併給飼料によって異なり、併給飼料の給与により全飼料からのDM摂取量は、必ずしも加算的に増加しないことを本試験において示した。濃厚飼料やとうもろこしサイレージに比べ牧草サイレージを給与した場合、SRの値は大きく、併給飼料のNDFおよびTDN含量と放牧地からのDM摂取量との間には、それぞれ負、正の相関がみられた。併給飼料の給与が放牧地からのDM摂取量におよぼす影響に関する総説は、Leaver⁵⁷⁾やPhillips⁸⁹⁾によって報じられているが、それらの要因を加味した放牧飼養時における泌乳牛による飼料摂取量の推定式は提示されていない。

そこで本研究で得られた結果から、併給飼料の影響を考慮した放牧飼養時における泌乳牛の全飼料からのDM摂取量の推定式を策定した。これらの式を用いて放牧飼

$$\begin{aligned} \text{時間制限放牧} \quad Y &= -3.29 + 0.69X_1 + 1.39X_2 \\ &\quad + 7.48X_3 + 0.67X_4 - 1.26X_5 \\ R^2 &= 0.719 \quad (P < 0.01) \quad (29) \\ \text{昼夜放牧} \quad Y &= 3.19 + 0.74X_1 + 1.01X_2 + 0.71X_4 \\ &\quad - 1.74X_5 \\ R^2 &= 0.513 \quad (P < 0.01) \quad (30) \end{aligned}$$

Y : MBSあたりの全飼料からのDM摂取量 (g/日)
 X₁ : FCM量 (kg/日)

- X_2 : 放牧草のTDN含量 (%)
 X_3 : 放牧時間 (時)
 X_4 : MBSあたりの併給飼料からのDM摂取量 (g/日)
 X_5 : 併給飼料のNDF含量 (%)

養時における飼料摂取量を、日本飼養標準⁸⁰⁾に示されたDM摂取量の推定式、ならびに他の推定式の値と比較した(表56)。DM摂取量の推定値の比較に際して、併給飼料からのDM摂取量ならびにNDF含量の数値は、各試験における平均値を用いた。その結果、時間制限放牧における全飼料からのDM摂取量の推定値は、日本飼養標準⁸⁰⁾やNealら⁷⁸⁾の推定値より高い値を示し、混合飼料を給与した早坂ら²⁷⁾の推定値と近い値となった。一方、昼夜放牧における全飼料からのDM摂取量の推定値は時間制限放牧の推定値よりも低い値であったが、日本飼養標準⁸⁰⁾の推定値とほぼ同様な値を示した。これらのことから放牧飼養時において、併給飼料のNDF含量やDM摂取量を考慮することにより日本飼養標準⁸⁰⁾に示されたDM摂取量を維持できることが示された。

3. 放牧飼養時における乳生産量の推定

時間制限放牧時ならびに昼夜放牧時において併給飼料を給与することにより、放牧期における養分摂取量を安定的に維持することが可能であることを示してきた。そこで養分摂取量と乳生産との関係式を求め、放牧飼養時における併給飼料の給与量から乳生産量を推定した。

全飼料からのTDN摂取量の増加にともない乳量は増加した ($r=0.517, P<0.01$) が、放牧時間や放牧草のTDN含量が異なると、全飼料からのTDN摂取量を併給飼料からのTDN摂取量からだけでは説明できない。放牧地からのTDN摂取量は放牧時間 ($r=0.605, P<0.01$)

や放牧草のTDN含量 ($r=0.452, P<0.01$) との間に相関がみられた。そこで全飼料からのTDN摂取量を推定するための変数として、併給飼料からのTDN摂取量、放牧時間ならびに放牧草のTDN含量を用いた。一方、乳量はTDN摂取量以外に乳期や体重の増減など生理的要因によって影響を受けるため、乳量の推定にこれらの

$$Y = 19.89 - 0.04X_1 - 0.72X_2 + 0.06X_3 + 0.11X_4 + 0.16X_5$$

$$R^2 = 0.688 \quad (P < 0.01) \quad (31)$$

- Y : FCM量 (kg/日)
 X_1 : 分娩後日数 (日)
 X_2 : 日体重変化量 (kg/日)
 X_3 : 併給飼料からのTDN摂取量 (g/MBS/日)
 X_4 : 放牧草のTDN含量 (%)
 X_5 : 放牧時間 (hr)

項目も変数として組み込んだ。

この式を用いて放牧飼養時において1乳期FCM生産量8000kgの泌乳能力を持つ乳牛に適用する併給飼料の給与モデルを作成し、表57、58、59に示した。

4. 放牧地単位面積あたりの乳生産

これまで個体レベルでの乳生産について検討し、放牧飼養時におけるDM摂取量ならびに乳生産を安定的に維持させるための併給飼料の給与方法について述べてきた。しかし、併給飼料の給与は放牧地からのDM摂取量を減少させ、過度の併給飼料の給与は草地からの乳生産量の低下につながる。土地基盤に立脚した乳生産の重要性を考慮すると、併給飼料の給与が放牧地単位面積あたりの乳生産量におよぼす影響についても検討する必要がある。

表56 DM摂取量の推定値の比較^{§1}

推定式	乳量 (kg/日)	推定値			給与飼料
		20	25	30	
本研究 試験3 ^{§2}		20.4	20.9	21.3	3時間制限放牧
試験3 ^{§3}		22.8	23.2	23.7	6時間制限放牧
試験4 ^{§4}		18.2	18.6	19.1	昼夜放牧
日本飼養標準 ⁸⁰⁾		16.9	18.3	19.7	
Nealら ⁷⁸⁾		18.3	19.3	20.3	サイレージ+穀類
早坂ら ²⁷⁾		22.0	23.1	24.2	混合飼料

^{§1}: 体重=650kgとして算出した。

^{§2}: 併給飼料給与量=125g DM/MBS/日、併給飼料NDF含量=44%、放牧草TDN含量=70%。

^{§3}: 併給飼料給与量=115g DM/MBS/日、併給飼料NDF含量=42%、放牧草TDN含量=70%。

^{§4}: 併給飼料給与量=58g DM/MBS/日、併給飼料NDF含量=28%、放牧草TDN含量=70%。

放牧地からの乳生産量について各試験の試験期ごとにまとめて示した(表60)。放牧地からのFCM生産量は、全飼料からのTDN摂取量に対する放牧地からのTDN摂取量の割合をFCM量に乗じて算出した。放牧地からのFCM生産量は13~79kg/日/haと変動幅が大きく、平均値は昼夜放牧時では38.5kg/日/ha、時間制限放牧では23.4kg/日/haであった。放牧飼養時における草地単位面積あたりの乳生産量は、気象条件等の違いによって単純には比較はできないが、北海道における値は年間2~8t/ha⁸⁵⁾であるのに対して、イギリスおよびニュージーランドでは7~11t/haと高い値を示している³⁸⁾。北海道における放牧可能日数を150日とすると、放牧地単位面積あたりの年間乳生産量は、昼夜放牧、時間制限放牧時でそれぞれ5.8、3.5t/haとなる。

表61に放牧地単位面積あたりの乳生産量と各要因との相関関係を示した。放牧草のTDN含量や放牧密度、個体のFCM生産量などの増加により放牧地単位面積あたりのFCM生産量は増加する傾向がみられた。Castleら¹²⁾は草地からの年間乳生産量の85%は放牧密度と牛群

の泌乳能力によって説明できると報告している。放牧密度を高めることにより放牧地単位面積あたりの乳生産量は増加するが、個体の乳生産量は低下することはこれまでに示されている^{39,42,56)}。さらに全飼料からのTDN摂取量に対する放牧地からのTDN摂取量の割合と放牧地単位面積あたりの乳生産量との間には正の相関がみられ($r=0.597, P<0.01$)、併給飼料を給与した条件下では、放牧地からのTDN摂取割合が放牧地単位面積あたりの乳生産量の向上にとって重要な要因となる。放牧地からのTDN摂取割合と放牧時間ならびに併給飼料からのTDN摂取量との相関係数は、それぞれ0.978($P<0.01$)、0.918($P<0.01$)であった。これらのことから個体量、放牧密度ならびに放牧時間または併給飼料からのTDN摂取量を用いて放牧地単位面積あたりの乳生産量を推定した。式(32)を用いて、放牧時間、個体の

$$Y_{(1)} = -74.79 + 1.63X_1 + 13.03X_2 + 2.51X_3 \\ R^2 = 0.861 \quad (P < 0.01) \quad (32)$$

$$Y_{(2)} = -21.20 + 2.03X_1 + 15.06X_2 - 0.65X_4 \\ R^2 = 0.930 \quad (P < 0.01) \quad (33)$$

表57 3時間制限放牧時におけるFCM生産量

分娩後日数	1日あたりの体重 変化量	放牧草のTDN 含量	併給飼料からの TDN摂取量	推定FCM量
日	kg/日	%	g/MBS/日	kg/日
50	-0.5	65	100	31.9
50	-0.5	65	125	33.4
50	-0.5	70	100	32.4
50	-0.5	70	125	33.9
50	0.0	65	100	31.5
50	0.0	65	125	33.0
50	0.0	70	100	32.1
50	0.0	70	125	33.6
50	0.5	65	100	31.2
50	0.5	65	125	32.7
50	0.5	70	100	31.7
50	0.5	70	125	33.2
150	-0.5	65	100	27.9
150	-0.5	65	125	29.4
150	-0.5	70	100	28.4
150	-0.5	70	125	29.9
150	0.0	65	100	27.5
150	0.0	65	125	29.0
150	0.0	70	100	28.1
150	0.0	70	125	29.6
150	0.5	65	100	27.2
150	0.5	65	125	28.7
150	0.5	70	100	27.7
150	0.5	70	125	29.2
250	-0.5	65	100	23.9
250	-0.5	65	125	25.4
250	-0.5	70	100	24.4
250	-0.5	70	125	25.9
250	0.0	65	100	23.5
250	0.0	65	125	25.0
250	0.0	70	100	24.1
250	0.0	70	125	25.6
250	0.5	65	100	23.2
250	0.5	65	125	24.7
250	0.5	70	100	23.7
250	0.5	70	125	25.2

表58 6時間制限放牧時におけるFCM生産量

分娩後日数	1日あたりの体重 変化量	放牧草のTDN 含量	併給飼料からの TDN摂取量	推定FCM量
	kg/日	%	g/MBS/日	kg/日
日				
50	-0.5	65	75	30.9
50	-0.5	65	100	32.4
50	-0.5	70	75	31.4
50	-0.5	70	100	32.9
50	0.0	65	75	30.5
50	0.0	65	100	32.0
50	0.0	70	75	31.1
50	0.0	70	100	32.6
50	0.5	65	75	30.1
50	0.5	65	100	31.6
50	0.5	70	75	30.7
50	0.5	70	100	32.2
150	-0.5	65	75	26.9
150	-0.5	65	100	28.4
150	-0.5	70	75	27.4
150	-0.5	70	100	28.9
150	0.0	65	75	26.5
150	0.0	65	100	28.0
150	0.0	70	75	27.1
150	0.0	70	100	28.6
150	0.5	65	75	26.1
150	0.5	65	100	27.6
150	0.5	70	75	26.7
150	0.5	70	100	28.2
250	-0.5	65	75	22.9
250	-0.5	65	100	24.4
250	-0.5	70	75	23.4
250	-0.5	70	100	24.9
250	0.0	65	75	22.5
250	0.0	65	100	24.0
250	0.0	70	75	23.1
250	0.0	70	100	24.6
250	0.5	65	75	22.1
250	0.5	65	100	23.6
250	0.5	70	75	22.7
250	0.5	70	100	24.2

表59 昼夜放牧時におけるFCM生産量

分娩後日数	1日あたりの体重 変化量	放牧草のTDN 含量	併給飼料からの TDN摂取量	推定FCM量
	kg/日	%	g/MBS/日	kg/日
日				
50	-0.5	65	50	30.8
50	-0.5	65	75	32.3
50	-0.5	70	50	31.4
50	-0.5	70	75	32.9
50	0.0	65	50	30.4
50	0.0	65	75	31.9
50	0.0	70	50	31.0
50	0.0	70	75	32.5
50	0.5	65	50	30.1
50	0.5	65	75	31.6
50	0.5	70	50	30.6
50	0.5	70	75	32.1
150	-0.5	65	50	26.8
150	-0.5	65	75	28.3
150	-0.5	70	50	27.4
150	-0.5	70	75	28.9
150	0.0	65	50	26.4
150	0.0	65	75	27.9
150	0.0	70	50	27.0
150	0.0	70	75	28.5
150	0.5	65	50	26.1
150	0.5	65	75	27.6
150	0.5	70	50	26.6
150	0.5	70	75	28.1
250	-0.5	65	50	22.8
250	-0.5	65	75	24.3
250	-0.5	70	50	23.4
250	-0.5	70	75	24.9
250	0.0	65	50	22.4
250	0.0	65	75	23.9
250	0.0	70	50	23.0
250	0.0	70	75	24.5
250	0.5	65	50	22.1
250	0.5	65	75	23.6
250	0.5	70	50	22.6
250	0.5	70	75	24.1

表60 放牧地単位面積当たりのFCM生産量

試験年	放牧時期	放牧時間	草量	割り当て		放牧密度	放牧地からのFCM生産量
				草量	草量		
		時間	g DM/㎡	kgDM/頭/日	頭/ha	kg/日/ha	
1989	6.04- 6.25	3	145	27.9	3.5	25.6	
1989	6.26- 7.16	3	75	13.0	3.8	22.1	
1989	7.15- 8.06	3	72	12.5	3.8	20.8	
1989	8.07- 8.27	3	212	40.7	3.5	17.5	
1989	6.04- 6.25	15	143	54.8	1.7	38.6	
1989	6.26- 7.16	15	85	26.1	2.2	46.8	
1989	7.15- 8.06	15	119	36.4	2.2	32.3	
1989	8.07- 8.27	15	169	51.7	2.2	29.7	
1990	5.21- 6.18	6	87	16.2	3.6	43.4	
1990	6.19- 7.08	6	68	11.6	3.9	37.7	
1990	7.09- 7.29	6	163	30.5	3.6	20.8	
1990	7.03- 8.19	6	158	32.9	3.2	13.2	
1990	8.20- 9.10	6	144	38.5	2.5	16.6	
1991	6.03- 6.23	15	156	34.3	4.7	79.0	
1991	6.24- 7.14	15	129	26.5	4.2	67.7	
1991	7.15- 8.04	15	125	36.2	2.7	42.5	
1991	8.05- 8.25	15	118	36.0	2.4	33.6	
1991	8.26- 9.15	15	152	43.0	1.9	28.9	
1991	9.16-10.06	8	115	19.2	1.9	21.8	
1991	10.07-10.25	8	87	14.1	1.9	18.3	
1992	6.02- 6.22	15	108	35.2	3.2	48.1	
1992	6.23- 7.13	15	138	41.5	3.2	47.3	
1992	7.14- 8.03	15	161	34.8	2.2	28.1	
1992	8.04- 8.24	15	141	30.3	1.9	24.7	
1992	8.25- 9.14	15	139	38.7	1.9	24.3	
1992	9.15-10.06	15	151	41.7	2.0	24.1	
1992	10.07-10.16	15	126	62.4	2.0	20.7	

表61 放牧地単位面積あたりの乳生産量と各要因との相関係数^{*1}

要 因	放牧地単位面積あたりのFCM生産量(kg/日/ha)
併給飼料からのTDN摂取量 (kg/日)	-0.432*
放牧草のTDN含量 (%)	0.534**
個体のFCM量 (kg/日)	0.461*
放牧地からのTDN摂取割合 (%)	0.604**
草量 (kgDM/㎡)	-0.109
割り当て草量 (kgDM/頭/日)	-0.012
放牧密度 (頭/ha)	0.443*
放牧時間 (時間)	0.484*
現存草量の採食利用率 (%)	0.379*

*¹: 試験1, 3, 4の結果から算出.

*: P<0.05, **: P<0.01.

Y : 放牧地単位面積あたりの乳生産量 (kg/日/ha)

X₁ : FCM量 (kg/頭/日)X₂ : 放牧密度 (頭/ha)X₃ : 放牧時間 (時間)X₄ : 併給飼料からのTDN摂取量 (g/MBS/日)

FCM量ならびに放牧密度から放牧地単位面積あたりのFCM生産量を推定した(表62)。さらに、推定された生産量を維持するための併給飼料からのTDN摂取量を以下の手順で算出した(表62)。

$$Y_{(1)} = Y_{(2)}$$

$$X_4 = 82.45 + 0.62X_1 + 2.71X_2 - 3.86X_3 \quad (34)$$

以上、個体乳量、放牧密度ならびに放牧時間から放牧地単位面積あたりのFCM生産量を推定し、その推定値を維持するための併給飼料からのTDN摂取量を示してきた。単位面積あたりのFCM生産量は、Castleら¹²⁾が指摘したように放牧密度が強く関与している。表60の数値を用いて放牧密度ならびに割り当て草量と個体のFCM生産量との相関係数を求めるとそれぞれ0.213 (P>0.05)、-0.335 (P>0.05)となった。このことから本研究における放牧密度の範囲では、放牧密度が個体のFCM生産量の制限要因になっていたとは考えにくく、放牧密度をさらに高めることにより単位面積あたりの乳

生産量は向上すると考えられた。しかし、本研究では放牧密度が飼料摂取量ならびに乳生産におよぼす影響についての試験は実施していない。また、牧草の再生速度の季節変動を考慮すると、放牧期を通して放牧密度を一定に保つことは困難であり、季節別の適切な放牧密度の設定については今後の課題となった。

5. 結論

本研究は、寒冷寡照地域における放牧飼養による乳生産を高い水準で維持するための技術の確立を目的とし、泌乳牛の放牧飼養時における併給飼料の給与方法について北海道根釧地域において実施した。本研究の結果から以下のように結論される。

(1)放牧期における養分摂取量の特徴として、季節の進行

表62 放牧地からのFCM生産量の推定と併給飼料からのTDN給与基準

個体のFCM 量	放牧時間	放牧密度	放牧地からのFCM 生産量		併給飼料からの TDN給与量
			kg/日/ha	kg/150日/ha	
24	3	2.5	5.1	766	92.5
24	3	3.0	11.8	1764	93.9
24	3	3.5	18.4	2761	95.2
24	6	2.5	12.6	1896	80.9
24	6	3.0	19.3	2893	82.3
24	6	3.5	25.9	3891	83.7
24	15	2.5	35.2	5284	46.2
24	15	3.0	41.9	6282	47.6
24	15	3.5	48.5	7280	48.9
26	3	2.5	8.4	1255	93.8
26	3	3.0	15.0	2253	95.1
26	3	3.5	21.7	3250	96.5
26	6	2.5	15.9	2385	82.2
26	6	3.0	22.5	3382	83.5
26	6	3.5	29.2	4380	84.9
26	15	2.5	38.5	5773	47.4
26	15	3.0	45.1	6771	48.8
26	15	3.5	51.8	7769	50.2
28	3	2.5	11.6	1744	95.0
28	3	3.0	18.3	2742	96.4
28	3	3.5	24.9	3739	97.7
28	6	2.5	19.2	2874	83.4
28	6	3.0	25.8	3871	84.8
28	6	3.5	32.5	4869	86.1
28	15	2.5	41.7	6263	48.7
28	15	3.0	48.4	7260	50.0
28	15	3.5	55.1	8258	51.4
30	3	2.5	14.9	2233	96.2
30	3	3.0	21.5	3231	97.6
30	3	3.5	28.2	4229	99.0
30	6	2.5	22.4	3363	84.7
30	6	3.0	29.1	4361	86.0
30	6	3.5	35.7	5358	87.4
30	15	2.5	45.0	6752	49.9
30	15	3.0	51.7	7749	51.3
30	15	3.5	58.3	8747	52.6
32	3	2.5	18.1	2722	97.5
32	3	3.0	24.8	3720	98.8
32	3	3.5	31.4	4718	100.2
32	6	2.5	25.7	3852	85.9
32	6	3.0	32.3	4850	87.3
32	6	3.5	39.0	5847	88.6
32	15	2.5	48.3	7240	51.2
32	15	3.0	54.9	8238	52.5
32	15	3.5	61.6	9236	53.9

にともなう放牧地からのTDN摂取量やCP摂取量に対するTDN摂取量の比が減少した。放牧期における養分摂取量を安定的に推移させるためには、併給飼料の給与にあたりこれらの点を考慮しなければならない。

(2)併給飼料の給与により全飼料からのDMならびにTDN摂取量は増加するが、必ずしも加算的に増加せず、放牧飼養時における併給飼料のSRは併給飼料によって異なる。併給飼料として牧草サイレージを組み合わせた条件下では、併給飼料の繊維質含量と放牧地からのDM摂取量との間には負の相関がみられることから併給飼料を給与する際には併給飼料の繊維質含量について考慮すべきである。

(3)放牧草のTDN含量が低下する夏季以降におけるFCMおよび乳蛋白質生産量の減少は、併給飼料からのTDN摂取量を増加させることにより防止することができる。

一方、併給飼料として牧草サイレージを用いる場合は、乳脂肪生産量が繊維質摂取量よりもTDN摂取量によって制限を受けることが明らかになった。これらのことから放牧期における乳量、乳蛋白質さらに乳脂肪生産の変動を抑制するためには、放牧草のTDN含量の低下にともなう放牧地からのTDN摂取量の減少を、併給飼料の給与により補うことが重要である。

(4)放牧地単位面積あたりのFCM生産量と放牧草のTDN含量、個体のFCM生産量ならびに放牧密度との間には正の、併給飼料からのTDN摂取量との間には負の相関がみられ、放牧期において併給飼料を過剰給与した場合、放牧地単位面積あたりのFCM生産量は低下する。

(5)以上の結果に基づき、放牧飼養において1乳期FCM 8000kgの泌乳能力を持つ乳牛に適用する併給飼料の給与モデルを提示した。

第Ⅶ章 摘 要

1. 寒冷寡照地域における放牧飼養による乳生産を高い水準で維持するための技術の確立を目的とし、北海道根釧地域において泌乳牛の放牧飼養時における併給飼料の給与法に関する試験を実施した。

2. 試験1では泌乳牛8頭を昼夜放牧区ならびに時間制限放牧区に4頭ずつ分け、放牧飼養時における季節の進行にともなう養分摂取量ならびに乳生産の推移を検討した。放牧草のTDN含量は季節の進行にともない減少し、昼夜放牧区では放牧草のTDN含量が低下した夏季において放牧地からのDM摂取量が減少したのに対して、時間制限放牧区では放牧地からのDM摂取量の季節変動は小さかった。乳量は昼夜放牧と時間制限放牧区との間に差はみられなかったが、時間制限放牧区に比べ昼夜放牧区では乳脂肪含量は低く、夏季間では乳蛋白質生産量も昼夜放牧区において低かった。

3. 試験2では併給飼料として濃厚飼料、牧草サイレージおよびとうもろこしサイレージを供試し、放牧飼養時における併給飼料の違いが放牧地からのDM摂取量ならびに乳生産におよぼす影響について春、夏および秋季の3季において検討した。放牧地からのDM摂取量は春季に比べ夏・秋季で少なく、いずれの季節においても併給飼料を給与することにより全飼料からのDM摂取量は増加した。しかし、併給飼料の給与による全飼料からのDM摂取量は必ずしも加算的に増加せず、さらに併給飼料の給与が放牧地からのDM摂取量におよぼす影響は併給飼料によって異なった。併給飼料のSRは濃厚飼料、牧草サイレージおよびとうもろこしサイレージでそれぞれ0.2、0.8、0.1であった。放牧地からのDM摂取量におよぼす要因を検討した結果、併給飼料給与時では放牧草のTDN含量よりも併給飼料の繊維質含量のほうが放牧地からのDM摂取量との間に高い相関係数が得られた。

4. 試験3では3時間ならびに6時間制限放牧における牧草サイレージの給与が、放牧地からの飼料摂取量ならびに乳生産におよぼす影響について検討した。3時間制限放牧では放牧地からのDM摂取量に対する放牧期、放牧草のTDN含量ならびに併給飼料の影響は小さく、放牧期を通して全飼料からのDMおよびTDN摂取量は安

定的に推移した。一方、6時間制限放牧では放牧草のTDN含量の低下ならびに併給飼料の繊維質含量の増加により放牧地からのDM摂取量は減少した。放牧地からのDM摂取量の減少は牧草サイレージからのDM摂取量の増加によって補われたが、牧草サイレージによる補償は完全ではなかった。全飼料からのTDN摂取量とFCM生産量との間には正の相関がみられ、3時間制限放牧では放牧期の違いによるFCM生産量の差はみられなかったが、6時間制限放牧では全飼料からのTDN摂取量が減少した夏季においてFCM量は低下した。

5. 試験4では昼夜放牧における併給飼料からのTDN給与量の違いならびに併給飼料の繊維質含量の違いが養分摂取量ならびに乳生産におよぼす影響について検討した。併給飼料からのTDN摂取量の増加にともない全飼料からのTDN摂取量は増加し、FCM、乳蛋白質および乳脂肪生産量は増加した。一方、併給飼料の繊維質含量の増加にともない、放牧地からのDMおよびTDN摂取量は減少したが、FCM、乳蛋白質量は処理間に差はみられなかった。また、併給飼料の繊維質含量の低下にともない乳脂肪ならびに乳蛋白質含量が増加する傾向がみられた。

6. 分娩後日数とFCM量との関係式から1乳期のFCM生産量を推定した結果、本試験の飼養条件下では時間制限放牧、昼夜放牧ともに1乳期FCM生産量は約8000kgと推定された。

7. 試験1～4の結果をもとに放牧地単位面積あたりのFCM生産量に影響をおよぼす要因について検討した。その結果、放牧地単位面積あたりのFCM生産量は、放牧草のTDN含量、個体のFCM量ならびに放牧密度との間には正の、併給飼料からのTDN摂取量との間には負の相関がみられた。

8. 以上の結果に基づき、放牧飼養において1乳期FCM8000kgの泌乳能力をもつ乳牛に適用する併給飼料の給与モデルを提示した。

謝 辞

本研究をとりまとめるにあたり、終始懇切なるご指導を賜り、かつご校閲の労をおとりいただいた北海道大学農学部教授朝日田康司博士に衷心から感謝の意を表す。また、北海道大学農学部教授上山英一博士ならびに同助教授大久保正彦博士には、ご校閲の労をおとりいただき、有益なるご助言を賜った。さらに帯広畜産大学名誉教授源馬琢磨博士ならびに同助教授岡本明治博士にはとりまとめの機会とご激励をいただいた。ここに深甚なる謝意を表す。

本研究は北海道立根釧農業試験場で実施したものであり、研究実施期間中に在任された北海道立根釧農業試験場元場長田辺安一氏、同元場長岩淵晴朗博士、同元場長中川 渡博士、同元場長国井輝男氏（現、北海道立滝川畜産試験場場長）、同場長清水良彦氏、同元主任研究員坂東 健博士（現：北海道立天北農業試験場主任研究員）、同元主任研究員米田裕紀氏（現、北海道立中央農業試験場研究参事）、同主任研究員八田忠雄氏、同元主任研究員塚本 達氏（現、北海道立新得畜産試験場主任研究員）、同元主任研究員裏 悦次氏（現、北海道立天北農業試験場研究部長）、同主任研究員田中正俊氏、同主任研究員前川 奨氏、同総括専門技術員片山正孝氏からは、多大なるご便宜とご激励をいただいた。さらに同元酪農第一科長杉本亘之博士（現、北海道立滝川畜産試験場家さん科長）、同元酪農第一科長遠谷良樹博士（現、北海道立新得畜産試験場酪農科長）、同元酪農第一科研究職員石田 亨氏（現、北海道立天北農業試験場草地飼料科）、

同酪農第一科研究職員峰崎康裕氏、同酪農第一科研究職員西村和行氏、同元酪農第一科研究職員戸刈哲朗氏（現、北海道立滝川畜産試験場めん羊科）、同酪農第一科研究職員藤田真美子氏、同酪農第二科研究職員扇 勉氏、同酪農第二科研究職員高橋雅信氏、同元酪農第二科研究職員上村俊一博士（現、鹿児島大学農学部）、同元酪農第二科研究職員山田 渥氏（現、北海道立滝川畜産試験場養豚科長）、同元酪農施設科研究職員玉木哲夫氏（現、北海道立中央農業試験場機械科長）、同酪農施設科研究職員高橋圭二氏からは絶大なるご助言、ご協力をいただいた。

供試牛ならびに草地の管理においては北海道立根釧農業試験場管理科諸氏から絶大なるご協力をいただいた。また、研究予算の管理および執行などの事務的な手続きにおいては同総務課諸氏から絶大なるご協力をいただいた。気象データは同作物科中島和彦氏から提供していただいた。さらに、試料の分析については同酪農第一科臨時職員昼八智子氏はじめ研究実施期間中に在任された臨時職員諸氏のご協力に負うところが大きい。ここに、以上の各位に深く感謝の意を表す次第である。

研究実施場所の北海道立根釧農業試験場はわが国有数の酪農地帯である北海道中標津町に位置しており、研究実施期間中、地域の方々からは多大なご教示を賜った。ここに深くお礼を申し上げるとともに、北海道立根釧農業試験場ならびに根釧地域のさらなる発展を祈念する次第である。

引用文献

- 1) Agricultural Research Council, The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock, Commonwealth Agricultural Bureaux, London, 1980.
- 2) Agricultural Research Council, The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock, supplement no. 1. Commonwealth Agricultural Bureaux, London, 1984.
- 3) Armstrong, D. G. and K. L. Blaxter, The utilization of acetic, propionic and butyric acids by fattening sheep, *Br. J. Nutr.*, 11 : 413-425, 1957.
- 4) Aston, K., S. R. Daley and B. G. Gibbs, Effects of offering silage overnight in early grazing season to autumn-calved cows. *Anim. Prod.*, 44 : 173-181, 1987.
- 5) Beever, D. E., H. R. Losada, S. B. Cammell, R. T. Evans and M. J. Haines, Effect of forage species and season on nutrient digestion and supply in grazing cattle, *Br. J. Nutr.*, 56 : 209-225, 1986.
- 6) Blaxter, K. L. and J. L. Calpperton, Prediction of the amount of methane produced by ruminants, *Br. J. Nutr.*, 19 : 511-522, 1965.
- 7) Broster, W. H. and J. D. Oldham, Protein quantity and quality for UK dairy cow, in *Recent Developments in Ruminant Nutrition* (W. Haresign and D. J. A. Cole, eds.), 184-214, Butterworth, London, 1981.
- 8) Bryant, A. M., Effect of herbage allowance on dairy cow performance, *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.*, 40 : 50-58, 1980.
- 9) Bryant, A. M. and P. E. Donnelly, Yield and composition of milk from cows fed pasture herbage supplemented with maize and pasture silage, *N.Z. J. Agric. Res.*, 17 : 299-30, 1974.
- 10) Butris, G. Y. and C. J. C. Phillips, The effect of herbage surface water and provision of supplementary forage on the intake and feeding behaviour of cattle, *Grass and Forage Sci.*, 42 : 259-264, 1987.
- 11) Caird, K. and W. Holmes, The prediction of voluntary intake of grazing dairy cows, *J. Agric. Sci., Camb.*, 107 : 43-54, 1985.
- 12) Castle, M. E., E. MacDaid and J. N. Watson, Some factors affecting milk production from grassland at the Hannah Institute, 1951-71, *J. Br. Grassland Soc.*, 27 : 87-92, 1972.
- 13) Castle, M. E. and J. D. Watson, A comparison of continuous grazing system for milk production, *J. Br. Grassland Soc.*, 33 : 123-129, 1975.
- 14) Combellas, J. and J. Hodgson, Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. 1. The effects of variation in herbage mass and daily herbage allowance in a short-term trial, *Grass and Forage Sci.*, 34 : 209-214, 1979.
- 15) 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.
- 16) Corbet, J. L., J. P. Langlands and G. W. Reid, Effect of season of growth and digestibility of herbage on intake by grazing dairy cows, *Anim. Prod.*, 5 : 119-129, 1963.
- 17) Curran, M. and W. Holmes, Prediction of the voluntary intake of feed by dairy cows. 2. Lactating grazing cows, *Anim. Prod.*, 12 : 213-224, 1970.
- 18) Dziejulska, A., The spatial differentiation of grasslands in Europe, in *Managed Grasslands Regional Studies* (A. I. Breymer, ed.), 1-13, Elsevier, Amsterdam, 1990.
- 19) Forbes, J. M., *The Voluntary Food Intake of Farm Animals*, Butterworth, London, 1986.
- 20) Frame, J. and I. V. Hunt, The effects of

- cutting and grazing on herbage production from grass swards, *J. Br. Grassland Soc.*, 26: 163-171, 1971.
- 21) Freer, M., The control of food intake by grazing animals, in *Grazing Animals*(F. H. W. Morley, ed.), 105-124, Elsevier, Amsterdam, 1981.
- 22) 古谷政道, チモシー育種における *in vitro* 乾物消化率の選抜に関する研究, 北海道立農業試験場研究報告, 63: 1-68, 1987.
- 23) Gill, M., D. E. Beever and D. F. Osbourn, The feeding value of grass and grass products, in *Grass, Its Production and Utilization*, second edition(W. Holmes, ed.), 89-129, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1989.
- 24) Goering, H. K. and P. J. Van Soest, Forage fiber analyses(apparatus, reagents, procedures and some applications), in *Agriculture Handbook*(USDA, ed.), no.379: 2-9, U. S. Government Printing Office, Washington, D. C., 1970.
- 25) Hamilton, B. A., J. A. Ashes and A. W. Charmicheal, Effect of formaldehyde-treated sunflower meal on the milk production of grazing dairy cattle, *Aust. J. Agric. Res.*, 43: 379-387, 1992.
- 26) 原 悟志・出岡謙太郎・大坂郁夫・黒沢弘道・小倉紀美, トウモロコシサイレージと牧草サイレージを用いた混合飼料給与が乳牛の採食量および乳生産に及ぼす影響, 北農, 59: 166-171, 1992.
- 27) 早坂貴代史・宮谷内留行・宮本 進・荒井輝男・鷹取雅仁・田中 慧・佐々木久仁雄・三浦祐輔, 混合飼料給与による泌乳前期のホルスタイン種乳牛の乾物摂取量, 日畜会報, 60: 419-426, 1989.
- 28) Hodgson, J., Grazing behaviour and herbage intake, in *Grazing*(J. Frame, ed.), 51-64, British Grassland Society, Berkshire UK., 1986.
- 29) Hodgson, J., *Grazing Management Science into Practice*, 1-5, Longman Handbooks in Agriculture, New York, 1990.
- 30) Hodgson, J. and W. S. Jamieson, Variations in herbage mass and digestibility, and the grazing behaviour and herbage intake of adult cattle and weaned calves, *Grass and Forage Sci.*, 36: 39-48, 1981.
- 31) Hodgson, J., J. M. Rodriguez Capriles and J. S. Fenlon, The influence of sward characteristics on the herbage intake of grazing calves, *J. Agric. Sci., Camb.*, 89: 743-750, 1977.
- 32) Hodgson, J. and J. M. Wilkinson, The relationship between live-weight and herbage intake in grazing cattle, *Anim. Prod.*, 9: 365-376, 1967.
- 33) 北海道 企画振興部 統計課, 第101回 北海道統計書, 55-68, 北海道, 札幌, 1994.
- 34) 北海道農業共済組合連合会 家畜臨床講習所, 家畜診療巡回車検診結果からみた乳牛の血液成分値と飼養管理技術および疾病との関係について, 北海道農業共済組合連合会, 札幌, 1990.
- 35) 北海道 農務部, 北海道施肥標準, 北海道 農務部, 札幌, 1983.
- 36) 北海道乳牛検定協会, 乳牛の泌乳曲線, 北海道乳牛検定協会, 札幌, 1989.
- 37) 北海道立農業・畜産試験場, 平成5年度主要作物作況-北海道立農業・畜産試験場における-, 北農, 61: 77-107, 1994.
- 38) Holmes, W., Milk production from managed grassland, in *Managed Grassland Analytical Studies*(R. W. Snaydon, ed.), 91-112, Elsevier, Amsterdam, 1987.
- 39) Holmes, W., Grazing management, in *Grass, Its Production and Utilization*, second edition(W. Holmes, ed.), 130-172, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1989.
- 40) Holmes, W. and J. G. W. Jones, The efficiency of utilization of fresh grass, *Proc. Nutr. Soc.*, 23: 88-99, 1964.
- 41) Holmes, W., C. J. Hoogendoorn, M. P. Ryan and A. C. P. Chu, Some effects of herbage composition, as influenced by previous grazing management, on milk production by cows grazing on ryegrass/white clover pastures. 1. Milk production in early spring: Effects of different regrowth intervals during the preceding winter period, *Grass and Forage Sci.*, 47: 309-315, 1992.

- 42) Holmes, W. and G. F. Wilson, Milk Production from Pasture (revised edition), Butterworth Agricultural Books, Wellington, N.Z., 1987.
- 43) Holtman, J. B., L. J. Connor, R. E. Lucas and F. J. Wolak, 酪農諸方式における素材-エネルギー 必要量, 食料生産とエネルギー (W. Lockerretz編, 高橋保夫監訳), 93-104, 農林統計協会, 東京, 1980.
- 44) 本庄康二, 草地型酪農経営における生産費規定要因と低コスト化対策, 北海道立根釧農業試験場, 昭和63年度農業経営研究成績書, 1-33, 1989.
- 45) Hoogendoorn, C. J., W. Holmes and A. C. P. Chu, Some effects of herbage composition, as influenced by previous grazing management, on milk production by cows grazing on ryegrass/white clover pastures. 2. Milk production in late spring/summer: Effects of grazing intensity during the preceding spring period, Grass and Forage Sci., 47: 316-325, 1992.
- 46) Humphreys, L. R., Future directions in grassland science and its applications, in Proceedings of the XVI International Grassland Congress, 1705-1710, France, 1989.
- 47) Institut National de la Recherche Agronomique, Ruminant Nutrition, Recommended Allowances and Feed Table (R. Jarrige, ed.), John Libbey, London, 1989.
- 48) 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: 1-86, 1991.
- 49) 石井啓雄, 家畜と土地のかかわり, 臨床獣医, 9: 757-762, 1991.
- 50) 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: 1-77, 1988.
- 51) Jackson, M. V. and T. E. Williams, Response of grass swards to fertilizer N under cutting or grazing, J. Agric. Sci., Camb., 92: 549-562, 1979.
- 52) 鎌田悦男・小宮山鐵郎・渡辺昭三・阿部恒夫, 畜産と畜産技術, 畜産ハンドブック (姫野健太郎・横山 昭・津田恒之・朝日田康司・黒崎順二・澤崎 担・扇元敬司・中江利孝 編), 講談社サイエンスエッセイブック, 東京, 1984.
- 53) 片山正孝, 根釧地域における牧草の生産と利用, 北海道の草地と畜産, 30-32, 平成4年度 日本草地学会大会運営委員会, 札幌, 1992.
- 54) Kibon, A. and W. Holmes, The effect of height of pasture and concentrate composition on dairy cows grazed on continuously stocked pasture, J. Agric. Sci., Camb., 109: 293-301, 1987.
- 55) King, K. R. and C. R. Stockdale, The effects of stocking rate and fertilizer on the productivity of irrigated perennial pasture grazed by dairy cows, 2. Animal production, Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 20: 537-542, 1980.
- 56) Leaver, J. D., Milk production from grazed temperate grassland, J. Dairy Res., 52: 313-344, 1985.
- 57) Leaver, J. D., Effects of supplements on herbage intake and performance, in Grazing (J. Frame, ed.), 79-88, British Grassland Society, Berkshire, UK., 1986.
- 58) Le Du, Y. L. P., R. D. Baker and R. D. Newberry, Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. 3. The effect of grazing severity under continuous stocking, Grass and Forage Sci., 36: 307-318, 1981.
- 59) Le Du, Y. L. P., J. Combellas, J. Hodgson and R. D. Baker, Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. 2. The effect of level of winter feeding and daily herbage allowances, Grass and Forage Sci., 34: 249-260, 1979.
- 60) Liu, J. X., M. Okubo and Y. Asahida, Relationship between voluntary intake of straws and hays and fibrous materials digestion in the rumen, Jpn. J. Zootech. Sci., 59: 977-984, 1988.
- 61) MacRae, J. C. and G. E. Loble, Some factors which influence thermal energy losses during the metabolism by ruminants, Livestock Prod. Sci., 9: 447-456, 1982.
- 62) 前川 奨, 根釧地域における放牧利用の実態, 北海道草地研究会報, 27: 17-26, 1993.
- 63) 松田 一, 北海道の気候の地域性, 北海道農業における気象情報と先端的利用 (堀口郁夫 監修), 28-33, 日本農業気象学会北海道支部, 札幌,

- 1992.
- 64) Mayne, C. S., A. J. Clements and S. C. F. Woodcock, An evaluation of effects of grazing management systems involving preferential treatment of high yielding dairy cows on animal performance and sward utilization, *Grass and Forage Sci.*, 45 : 167-178, 1990.
- 65) Mayne, C. S., R. D. Newberry and S. C. F. Woodcock, The effect of flexible grazing management strategy and leader/follower grazing on the milk production of grazing dairy cows and on sward characteristics, *Grass and Forage Sci.*, 43 : 137-150, 1988.
- 66) Mayne, C. S., S. C. F. Woodcock, A. J. Clements and R. D. Newberry, The effects on milk production of grazing management systems involving preferential treatment of high yielding dairy cows, in *Grazing* (J. Frame, ed.), 114-118, British Grassland Society, Berkshire, 1986.
- 67) Meijs, J. A. C., *Herbage Intake by Grazing Dairy Cows*, Center for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 1981.
- 68) Meijs, J. A. C., Comparison of starchy and fibrous concentrates for grazing dairy cows, in *Grazing* (J. Frame, ed.), 129-137, British Grassland Society, Berkshire, UK., 1985.
- 69) Meijs, J. A. C. and J. A. Hoekstra, Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 1. Effect of concentrate intake and herbage allowance on herbage intake, *Grass and Forage Sci.*, 39 : 59-66, 1984.
- 70) Minson, D. J., *Forage in Ruminant Nutrition*, Academic Press, San Diego, California, 1990.
- 71) 水間 豊, 国際化と日本の農業, 畜産の近未来 (水間 豊 編), 2-23, 川島書店, 東京, 1991.
- 72) 水間 豊, 北海道畜産の未来を考える - 畜産の課題を考える -, 北海道畜産学会報, 35 : 43-60, 1993.
- 73) 森本 宏, 動物栄養試験法, 養賢堂, 東京, 1971.
- 74) Munro, J. M. M. and R. J. K. Walters, The feeding value of grass, in *Grazing* (J. Frame, ed.), 65-78, British Grassland Society, Berkshire, 1986.
- 75) National Research Council, *Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals*, National Academy Press, Washington, D. C., 1981.
- 76) National Research Council, *Ruminant Nitrogen Usage*, National Academy Press, Washington, D. C., 1985.
- 77) National Research Council, *Nutrient Requirements of Dairy Cattle* (sixth revised edition), National Academy Press, Washington, D. C., 1988.
- 78) Neal, H. D. St. C., C. Thomas and J. H. Cobby, Comparison of equations for predicting voluntary intake by dairy cows, *J. Agric. Sci., Camb.*, 103 : 1-10, 1984.
- 79) 農林水産省, 新しい食料・農業・農村政策の方向, 農林水産省, 東京, 1992.
- 80) 農林水産省農林水産技術会議事務局, 日本飼養標準乳牛, 中央畜産会, 東京, 1987.
- 81) Obitsu, T., K. Taniguchi and Y. Yamatani, Effects of volatile fatty acid proportions on energy and nitrogen utilization in early weaned calves nourished by intragastric infusion of nutrients, *Anim. Sci. Technol. (Jpn.)*, 64 : 568-577, 1992.
- 82) 小倉紀美, 北海道酪農技術の発展方向を探る - これからの自給飼料に求められるもの -, 北農, 58 : 142-146, 1991.
- 83) 及川 寛, 北海道における草利用の現状, 北海道の草地と畜産, 13-18, 平成4年度 日本草地学会大会運営委員会, 札幌, 1992.
- 84) Okamoto, M. and H. Miyazaki, Particle size reduction of reticulo-ruminal contents in sheep fed rice straw and ammoniated rice straw, *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 61 : 424-427, 1990.
- 85) 大久保正彦, 世界における土地利用と家畜生産の比較, 北海道家畜管理研究会報, 27 : 1-16, 1991.
- 86) 大久保正彦・前滝次郎・近藤誠司・関根純二郎・朝日田康司, 北大農場における牛乳生産のエネルギー利用効率, 北海道大学農学部農場研究報告, 24 : 69-75, 1985.

- 87) Ørskov, E. R. and M. Ryle, Energy Nutrition in Ruminants, Elsevier Science Publishers, England, 1990.
- 88) Park, K. K., L. J. Krysl, B. A. McCracken, M. B. Judkins and D. W. Holcombe, Steers grazing intermediate wheatgrass at various stage of maturity : Effects on nutrient quality, forage intake, digesta kinetics, ruminal fermentation, and serum hormones and metabolites, *J. Anim. Sci.*, 72 : 478-486, 1994.
- 89) Phillips, C. J. C., The use of conserved forage as a supplement for grazing dairy cows, *Grass and Forage Sci.*, 43 : 215-230, 1988.
- 90) Phillips, C. J. C. and J. D. Leaver, Supplementary feeding of forage to grazing dairy cows, 1. Offering hay to dairy cows at high and low stocking rate, *Grass and Forage Sci.*, 40 : 183-192, 1985.
- 91) Phillips, C. J. C. and J. D. Leaver, Supplementary feeding of forage to grazing dairy cows, 2. Offering grass silage in early and late season, *Grass and Forage Sci.*, 40 : 193-199, 1985.
- 92) Pond, K. R., W. C. Ellis, C. E. Lascano and D. E. Akin, Fragmentation and flow of grazed coastal bermudagrass through the digestive tract of cattle, *J. Anim. Sci.*, 65 : 609-618, 1987.
- 93) Riveros, F., Grsaalands for our world, in *Grasslands for Our World* (M. J. Baker, ed.), 6-11, SIR Publishing, New Zealand, 1993.
- 94) Roberts, D. J. and E. F. Kelly, Comparison of a straw/concentrate mixture with silage as a buffer feed for grazing cows, *Grass and Forage Sci.*, 45 : 103-106, 1990.
- 95) Roberts, D. J. and J. D. Leaver, Supplementary feeding of forage to grazing dairy cows, 3. The effect of three daytime stocking rates on the performance of cows offered grass silage over night, *Grass and Forage Sci.*, 41 : 71-78, 1986.
- 96) Rogers, G. L., R. H. D. Porter, T. Clarke and J. A. Stewart, Effect of protected casein supplements on pasture intake, milk yield and composition of cows in early lactation, *Australian J. Agric. Res.*, 31 : 1147-1152, 1980.
- 97) 関根純二郎・花田正明・森田 茂・諸岡敏生・近藤誠司・大久保正彦・朝日田康司, 子牛の混合飼料の消化率に及ぼす粗飼料・濃厚飼料割合の影響, *日畜会報*, 57 : 231-236, 1986.
- 98) 関根純二郎・花田正明・森田 茂・諸岡敏生・近藤誠司・大久保正彦・朝日田康司, 6 カ月齢子牛に対するオーチャードグラス乾草および混合飼料のエネルギー価査定, *日畜会報*, 57 : 485-490, 1986.
- 99) 柴田正貴, 高温環境下における乳牛の熱収支と乳生産, *日畜会報*, 54 : 635-647, 1983.
- 100) 滋賀一一・藤田秀保, 環境汚染に取り組む E C 酪農, 酪農総合研究所, 札幌, 1992.
- 101) 穴戸宏明, 北海道畜産の未来を考える - 技術開発・特に酪農技術を巡って -, 北海道畜産学会報, 35 : 61-70, 1993.
- 102) Steen, W. W., N. Gay, J. A. Boling, R. C. Buckner, L. P. Bush and G. Lacefield, Evaluation of Kentucky 31, G1-306, G1-307 and kenhy tall fescue as pasture for yearling steers, II. Growth, physiological response and plasma constituents of yearling steers, *J. Anim. Sci.*, 48 : 618-623, 1979.
- 103) Stocdale, C. R., Influence of some sward characteristics on consumption of irrigated pastures grazed by lactating dairy cattle, *Grass and Forage Sci.*, 40 : 31-39, 1985.
- 104) Sutton, J. D., Feeding and milk production, in *Milk Compositional Quality and Its Importance in Future Markets* (M. E. Castle and R. G. Gunn, eds.), 43-52, British Society of Animal Production, Edinburgh, 1984.
- 105) 高橋雅信・花田正明・上村俊一・扇 勉・藤田真美子・塚本 達, 放牧飼養条件での牛乳中の脂肪酸組成の変動, *日本畜産学会北海道支部会報*, 34巻, 1号, 27, 1991.
- 106) Thomas, C., Milk compositional quality and the role of forages, in *Milk Compositional Quality and Its Importance in Future Markets* (M. E. Castle and R. G. Gunn,

- eds.), 69-76, British Society of Animal Production, Edinburgh, 1984.
- 107) Thomson, D. J., The nitrogen supplied by and the supplementation of fresh or grazed forage, in Forage Protein in Ruminant Animal Production(D. J. Thomson, D. E. Beaver and R. G. Gunn, eds.), 53-66, British Society of Animal Production, Edinburgh, 1982.
- 108) Tyrrell, H. F., P. J. Reynolds and P. W. Moe, Effect of diet on partial efficiency of acetate use for body tissue synthesis by mature cattle, J. Anim. Sci., 48 : 598-606, 1979.
- 109) Ulyatt, M. J., The feeding value of temperate pastures, in Grazing Animals(F. H. W. Morley, ed.), 125-142, Elsevier, Amsterdam, 1981.
- 110) Ulyatt, M. J. and A. R. Egan, Quantitative digestion of fresh herbage by sheep. V. The digestion of four herbages and prediction of sites of digestion, J. Agric. Sci., Camb., 92 : 605-616, 1979.
- 111) Ulyatt, M. J., D. J. Thomson, D. E. Beaver, R. T. Evans and M. J. Haines, The digestion of perennial ryegrass and white clover by grazing cattle, Br. J. Nutr., 60 : 137-149, 1988.
- 112) Van Es, A. J. H., Feed evaluation for dairy cows, Livestock Prod. Sci., 2 : 95-107, 1975.
- 113) Van Soest, P. J., Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility, J. Anim. Sci., 24 : 834-843, 1965.
- 114) Van Soest, P. J., Nutritional Ecology of Ruminant, O & B Books, Oregon, 1982.
- 115) Varga, G. A. and W. H. Hoover, Rate and extent of neutral detergent fiber degradation of feed stuffs in situ, J. Dairy Sci., 66 : 2109-2155, 1983.
- 116) 吉田 実, 畜産を中心とする実験計画法第3版, 養賢堂, 東京, 1980.
- 117) 吉田 悟, 粗飼料の低コスト生産と利用 - 放牧利用について -, 北海道草地研究会報, 15 : 17-25, 1981.

Studies on feeding system of supplements to lactating cows grazed on grass pasture.

by
Masaaki HANADA

Summary

In cool and poor sunshine regions, an utilization of grassland by grazing ruminants is one of the best land use systems. Many researchers have suggested that utilization of pasture by lactating cows would reduce the inputs of energy and labor for the milk production. In the other hand, this system produces some problems. Herbage intake of grazing cows are affected by many factors, so that it is difficult to provide an adequate supply of nutrients for high producing cows. Milk production of grazing cows are more variable than those of confined feeding cows. Little information on feeding of supplements for high producing cows grazed on grass pasture is available, so that the number of dairy farmers using grazing system and proportion of pasture of grazing area to total grassland in Hokkaido have been declined.

The object of this study is to propose the feeding models of supplements to lactating cows grazed on grass pasture to maintain high milk production level in the cool and poor sunshine regions.

1. Changes of feed intake and milk production of cows through the grazing season.

Changes of feed intake and milk production of cows grazed for 3 or 15 hours a day through the grazing season were investigated. TDN content of herbage was lower in July and August than June, while CP content did not change through the grazing season. DM and TDN intake from pasture and proportion of TDN intake to CP intake of cows grazed for 15 hours decreased according to the decrease of TDN content of herbage. The decrease of the proportion of TDN intake to CP intake led to decrease the conversion efficiency of dietary nitrogen to milk protein. On the other hand, DM and TDN intake from pasture of cows grazed for 3 hours was not affected by TDN content of herbage. Milk yield decreased slightly according to the advance of grazing season, however no difference was found in the milk yield between the cows grazed for 3 and 15 hours. Milk fat content and milk protein yield of cows grazed for 15 hours were lower than those of cows grazed for 3 hours.

2. Effects of supplementation on herbage intake.

Effects of supplementation on herbage intake of lactating cows grazed for 8 hours a day were investigated in spring, summer and autumn. Concentrate, grass silage and corn silage were used as supplement. TDN content of herbage was lower in summer and autumn than in spring and herbage DM intake of cows with no supplements decreased according to the decrease of TDN content of herbage. Total DM intake were increased by feeding each supplements in all seasons. Supplementation to grazing cows in summer and autumn improved total DM intake to the intake level of herbage alone in spring. Herbage intake were decreased by supplementation, so that total DM intake was not always increased additively. Substitution rates, the reduction of herbage DM intake per unit consumption of supplements, of concentrate, grass silage and corn silage were 0.2, 0.8 and 0.1 respectively. Herbage DM intake was more correlative to NDF content of supplement than TDN content of herbage.

3. Effects of supplementation on milk production of cows in the time restricted grazing.

Effects of grass silage supplementation on milk production of cows grazed for 3 or 6 hours a day were investigated. In the 3 hours grazing, DM and TDN intake from pasture were not affected by either TDN content of herbage or supplementation, so that any variations of total DM and TDN intake were not found through the grazing season. In the 6 hours grazing, DM and TDN intake from pasture were decreased according to the decrease of herbage TDN content. The decrease of herbage DM intake was compensated by grass silage supplementation, though supplementation did not always improved total DM intake. There was a negative correlation between herbage DM intake and NDF content of supplement. A positive correlation was found between total TDN intake and FCM yield. There was little change of milk yield through the grazing season in the 3 hours grazing, though it decreased after summer in the 6 hours grazing. It was estimated that about 8000kg FCM per 305 days could be produced by grass silage supplementation in the time restricted grazing.

4. Effects of supplementation on milk production of cows in the whole day grazing.

Effects of amount of TDN supplementation and NDF content of supplement on milk production of cows grazed for 15 hours a day were investigated. According to the increase of TDN intake from supplement, herbage DM intake decreased slightly, however total DM and TDN intake increased significantly. The increase of TDN intake from supplement led to increase FCM, milk fat and milk protein yields. According to the increase of NDF content of supplement, DM and TDN intake from pasture decreased, while it did not affect FCM yield. The increase of NDF content of supplement did not improve milk fat yield. Milk fat and protein contents showed the trends to increase according to the decrease of NDF content of supplement. In the whole day grazing, it was estimated that about 8000kg FCM per 305 days could be produced by supplementation to prevent the decrease of total TDN intake.

5. Effects of supplementation on FCM yield from pasture.

FCM yield from pasture was estimated with a proportion of TDN intake from pasture to total TDN intake and effects of supplementation on it were investigated. The values of FCM yield from pasture varied from 13 to 79kg/day/ha. FCM yield from pasture correlated with TDN content of herbage, FCM yield per cow and grazing density positively, and correlated with TDN intake from supplements negatively.

6. Conclusion

From these results, the following should be considered on the feeding supplements for grazing cows to maintain high milk production level and the feeding models of supplements which were applied to grazing cows produced 8000kg FCM per 305 days were proposed.

a)TDN intake from pasture and the proportion of TDN intake to CP intake are decreased according to the advance of grazing season.

b)Total DM and TDN intake are not always increased additively by supplements feeding. There is a negative correlation between NDF content of supplement and DM intake from pasture.

c)Where grass silage is offered to grazing cows, milk fat production is restricted by TDN intake rather than that of NDF intake. The decrease of FCM and milk protein yields are due to the shortage of TDN intake, so that it is important to compensate for the decrease of TDN intake from pasture with supplements.

d)There is a negative correlation between TDN intake from supplement and milk production per hectare, so that the excessive TDN supplementation leads to the reduction of milk production from pasture.