

第I章 緒 言

1. 研究の目的

わが国における酪農の黎明期である明治時代では、水田作にたい肥は不可欠ではなく、また、飼料基盤が弱かったなどの理由により、耕種と畜産が密着した混合経営は成立せず、畜産経営は都市近郊を中心に発展した⁵²⁾。さらに、1928年に保稅工場制度が創設され、輸入飼料の無税という保護を受けていたため、第二次世界大戦前における酪農経営は土地基盤に立脚したというよりも加工型畜産として発展してきた⁷¹⁾。第二次世界大戦後、輸入飼料の不足により、飼養頭数は減少し、政府は戦後復興期における農業政策として、1953年に有畜農家創設特別措置法を、1954年には酪農振興法を公布した。これらの政策はそれまでの加工型畜産に対する反省を踏まえ、国土に立脚した畜産振興を基本方針としており、飼料基盤整備の重要性を強調している⁷¹⁾。戦後の厳しい食料事情下において、わが国にはじめて土地基盤に立脚した酪農の発展が迫られたのである。一方、石井⁴⁹⁾は戦後の農地改革により、それ以前の地主的土地所有制度から農民的土地所有制度が成立し、農地に家畜を結び付けて飼養する自由がはじめて農民に与えられと述べている。この時期、家畜の飼養農家戸数と飼養頭数は併進的に増加し、農地における牧草ならびに飼料作物の栽培面積も拡大した⁴⁹⁾。たとえば自給飼料の生産拡大が行政によって指導され、里山の草地化を進め草食家畜を山に上げていく「草地農業」が真剣に議論されたのもこの時期である⁴⁹⁾。

しかし、1955年前後から、経済の高度成長にともなう貿易自由化への対処などの問題を抱えるようになり、戦争中に廃止された保稅工場制度が1953年に復活し、1961年に制定された農業基本法において畜産は選択的拡大作目に指定され、再び加工型畜産として発展するようになった⁷¹⁾。その後、新酪農村事業に代表されるように飼養規模の拡大が進み、さらに近年、農産物の輸入自由化により農業生産においても経済原則が導入され国際競争力がより強く求められるようになり、規模拡大による大量生産や安価な飼料の購入などにより生産費低減を図りながら、現在に至っている。このような背景から近年のわが国の酪農は、飼養頭数や個体乳量の増加により乳生産量を増加させきたが、飼料基盤は輸入飼料（特に、濃厚飼料）への依存割合が高まりつつある。

牛乳の生産価格の国際競争は、年々、激化すると予想

され、さらなる生産費の低減が求められている。重回帰分析により北海道根釧地域における牛乳生産費の規定要因を検討した本庄の報告⁴⁴⁾によると、自給飼料生産費と購入飼料費で牛乳生産費の大半を説明できると述べている。また、日本とイギリスの酪農経営を比較した報告¹⁰¹⁾によると、両国間の土地生産性には差はないが、日本では機械導入費や労働費が高く、その結果、牛乳生産費が高くなっていると指摘している。一方、加工型畜産の発展や飼養規模の拡大は、有機物の局所的蓄積という環境問題や飼養管理時間の増加などの問題を生じさせており、安価な飼料の購入による加工型畜産や規模拡大により生産費を低減させるためには解決すべき問題が多い。飼料自給率が低いことは、畜産基盤が脆弱であるということだけではなく、膨大な窒素化合物の集積による環境汚染や土地利用の粗放化にともなう耕後退を促し、自国の自然や国土の荒廃につながる⁴⁹⁾。

農水省は1993年に「新しい食料・農業・農村政策の方向」を提示し、新しい農業政策の理念と方向とを示した⁷⁹⁾。このプランの特徴は、大規模法人経営を主たる農業生産力の担い手として想定し、スケールメリットの実現による生産コスト低減を求め、経営体としての自主的改善努力を基底に捉えている。同時に環境保全問題を取り上げ、環境への負荷の軽減に配慮した農業の確立を強調している。一方、水間⁷²⁾は日本型畜産の構築の必要性を唱え、そのための課題として、1) 国土飼料資源と畜産の結合、2) 畜産廃棄物の有効利用、3) 家畜福祉への対応、4) 集約畜産の頭羽数の上限の検討などを挙げている。このように戦後の輸入飼料の厳しい制限によって生じた国土に立脚した畜産の展開の必要性が、環境保全という面から再び求められるようになってきた¹⁰⁰⁾。E C（欧州共同体）の5カ国における家畜に由来する環境汚染防止対策を比較した報告¹⁰⁰⁾によると、オランダ、デンマークおよびドイツでは単位面積あたりの家畜飼養頭数の上限を設定し、オランダ、デンマーク、ドイツ、イギリスおよびフランスでは農地への糞尿の施用量の上限を規制している。このように、現在、これまでの生産効率一辺倒からそれに代わるべき農業が世界的に求められている⁷²⁾。

基本的に農業は、有限の化石エネルギーを利用する工業生産に対して無限の太陽エネルギーを利用する再生産の可能な生産形態である。農業生産において反芻家畜に

よる食料生産は、人類が直接利用できない物質（繊維質）や人類にとって利用価値の低い物質（非蛋白質態窒素化合物）から食料を生産するという特徴を有している。近年の急速な人口増加傾向から、将来、世界的に食料不足が予想される中、反芻家畜による食料生産の重要性はさらに高まると思われる。穀類などは人類が直接利用したほうがエネルギー効率はよく、反芻家畜による食料生産は、繊維質などの人類との競合が生じない物質を基本飼料として展開されるべきである。

草地から生産される牧草は反芻家畜にとって主要な飼料源であり、牧草は放牧によって直接家畜に利用されるか、乾草やサイレージに調製されたのち家畜に利用される。草地の採草利用は冬季間の貯蔵飼料を確保するという意味において重要な利用形態であるが、採草・調製は、化石エネルギーの使用と労働力の投入を必要とするとともに、調製・貯蔵中における牧草のDM量ならびに栄養価の低下を招きやすい。これに対して草地の放牧利用は、草地に生育している牧草を家畜が直接採食することで、糞尿を草地に還元するため、飼料の調製・給与や施肥作業に費やす化石エネルギー量は少なく、かつ牧草の栄養価を損なわずに家畜に摂取させることができるという利点を持っている。一方、放牧ならびに採草利用を比較した場合、草地からの牧草生産量は窒素施肥量によって異なり⁵⁰⁾、窒素施肥量が少ない条件下では採草利用よりも放牧利用のほうがより多くの牧草を生産することが示されている^{20, 51)}。これらのことから肥料や化石エネルギーなどの生産資材の投入を抑制した条件下では、草地の採草利用に比べ放牧利用のほうがより高い生産量を期待できると考えられる。Holtmanら⁴³⁾は酪農における生産素材に必要なエネルギー量の支配的要因は、肥料や飼料添加物などの窒素化合物の生産に要するエネルギーであると述べている。

さらに経済的な評価においても、採草利用に比べ放牧利用のほうが飼料生産費用が安いことがニュージーランド³⁸⁾やイギリス⁵⁶⁾において示されている。Dziewulska¹⁸⁾は、ヨーロッパでは労働力の低減のため所有する草地面積が大きい農家ほど、草地の採草利用割合は少なく、放牧利用割合が多いと述べている。日本においても牛乳生産費の削減対策の1つとして、草地の放牧利用割合を高める必要があるとの指摘がなされている⁴⁴⁾。Riveros⁹³⁾は、草地が放牧利用される状況は気候、土壌ならびに経済的要因によって影響を受け、土壌や地形条件が悪く、また、年間の作物の生育期間が短い地域では、放牧が一般的な土地の利用形態であると述べている。

極地を除く世界の土地面積に対する草地面積の割合は

約25%前後であり⁴⁶⁾、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いる²⁹⁾。草地を放牧利用している代表的な地域として、モンゴルからヨーロッパまで約6000km続くステップ地帯、チベット高原、ヒマラヤ山脈の周辺地域、地中海周辺地域、オーストラリア大陸、南アメリカのパンパス、グランチャコならびにカンボス草原、サハラ砂漠の南部地域およびアフリカ大陸の東部地域などが挙げられる⁹³⁾。一方、ヨーロッパ西部の大西洋ならびに北海沿岸地域においても草地の放牧利用割合が高く、ベルギー、イギリス、オランダ、ノルマンディ、旧西ドイツ北部地域では、草地の65~80%は放牧地として利用されている¹⁸⁾。Dziewulska¹⁸⁾は、これらの地域は年間を通して降水量が多く、また、メキシコ湾流の影響を受け、冬期間の温暖な気象条件のため年間の放牧可能期間が長いことが草地の放牧利用割合が高い理由であると述べている。このように、気温、降水量、日照時間などの気象条件により食用作物の栽培が制限されている地域では、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になっている。

北海道における各地域の気象要因を比較してみると（表1）、北海道中央部の長沼町ならびに南西部の大野町に比べ、東部の中標津町では農耕期間の積算平均気温が低く、積算日照時間も少ない。北海道東部の太平洋側沿岸および根室地域の内陸部の5~7月はオホーツク海高気圧の影響を受け、気温、日照時間および日照率が減少する⁶³⁾。北海道における気候条件の地域間差は草地の分布に反映しており、北海道中央部、南西部に比べ寒冷寡照条件下にある東部では畑作地面積は極めて少なく、根室、釧路地域では農耕地の95%以上は草地として利用されている³³⁾。また、これらの地域の年間降水量は1000~1200mm前後で、冬季間に少なく牧草の生育期間の5~10月にかけて多い⁶³⁾。根室地域の中標津町における気

表1 北海道の各地域における農耕期間の平均気温、降水量および日照時間の積算値³⁷⁾

地 域	農耕期間(5~9月)積算値		
	平均気温	降 水 量	日照時間
	℃	mm	時間
渡島支庁 大野町	2603	557	849
空知支庁 長沼町	2572	422	943
上川支庁 旭川市	2585	481	907
十勝支庁 芽室町	2450	510	619
根室支庁 中標津町	2193	678	519
宗谷支庁 浜頓別町	2141	488	718

温、降水量および日照時間の平年値を表2に示した。平年値でみるかぎり中標津町における旬別の平均気温は、盛夏の7～8月においても20℃を越えない。降水量は冬季間少なく、夏季間、特に7～8月にかけて多く、逆に日照時間は冬季間は多いが夏季間は少ない。このように中標津町の農耕期間における気候は、低温、多湿ならびに寡照という特徴を有している。

表2 北海道東部中標津町（試験実施場所）における気温、降水量および日照時間の平年値³⁷⁾

月・旬	平均気温	最高気温	最低気温	降水量 ³¹⁾	日照時間 ³¹⁾
	℃			mm	時間
1上	-7.4	-1.3	-13.5	19	41.0
中	-8.1	-1.9	-14.3	17	48.9
下	-9.7	-3.0	-16.5	16	58.4
2上	-9.3	-2.4	-16.3	8	59.7
中	-8.6	-2.0	-15.3	14	64.7
下	-6.1	-0.7	-11.7	14	47.1
3上	-6.0	-0.1	-11.9	18	56.2
中	-2.6	1.8	-8.2	28	52.7
下	-1.1	3.6	-5.8	22	60.6
4上	2.3	7.3	-2.7	19	54.1
中	4.4	9.9	-1.2	16	48.1
下	6.0	11.3	0.7	39	43.7
5上	7.8	13.9	1.8	25	42.8
中	9.5	15.6	3.5	45	49.0
下	10.4	16.3	4.6	18	49.8
6上	12.3	17.1	7.5	32	35.7
中	12.2	16.7	7.6	34	29.3
下	13.5	18.2	8.8	38	34.9
7上	14.4	18.8	9.9	42	33.9
中	14.8	18.3	11.3	66	12.5
下	18.6	22.8	14.3	42	30.1
8上	19.1	23.7	14.5	31	32.4
中	19.6	23.8	15.5	54	30.9
下	17.9	21.6	14.2	74	29.6
9上	17.0	21.2	12.8	69	30.4
中	14.5	19.0	10.0	57	35.6
下	13.0	18.0	7.9	51	39.2
10上	10.9	16.5	5.9	42	48.6
中	9.3	14.7	3.9	48	38.6
下	6.5	12.1	0.9	25	47.2
11上	5.5	10.8	0.2	38	37.9
中	2.4	7.4	-2.6	25	51.1
下	0.2	5.2	-4.9	27	41.7
12上	-1.0	4.1	-5.9	22	48.1
中	-4.6	0.6	-9.9	10	40.3
下	-5.0	-0.1	-10.0	17	46.7

³¹⁾：降水量ならびに日照時間の値は各旬の合計値。

このように中標津町をはじめ根室・釧路地域では、牧草の調製期間は降水量が多く日照時間が少ないため、草地の利用形態に占める乾草調製の割合は20%以下であり、草地の50%以上はサイレーン調製に利用されている⁵³⁾。さらに、これらの地域では農家1戸当たりの草地所有面積が多く、乳牛飼養農家1戸あたりの草地面積は、根室、釧路地域でそれぞれ52.2ha、45.0haであり³³⁾、草地基盤に基づいた大規模な酪農地帯となっている。

これらのことから北海道東部の太平洋側沿岸の地域では、寒冷寡照という気候の特徴のため牧草生産に基づいた家畜生産が最適な土地の利用形態であると考えられる。さらに、冬季間の貯蔵飼料の生産の必要性はあるものの、反芻家畜による食料生産の意義ならびに労働力や飼料生産費等の経済性を考慮すると、これらの地域において草地の放牧利用は最も適した土地の利用形態であると考えられる。しかし、北海道全体はもとより根室、釧路地域においても泌乳牛の放牧飼養形態は、年々減少傾向にあり^{53,83)}、その原因として放牧飼養では養分要求量に見合った栄養管理ができない、放牧期における乳生産が不安定などが挙げられている⁶²⁾。小倉⁸²⁾は放牧期を通して高い養分摂取量を安定的に摂取させることは困難であるが、放牧飼養時における乳生産を安定的に推移させるためには、草地からの牧草生産の季節生産性を平準化するとともに放牧地からの採食量の変動に見合った併給飼料の給与方法の確立が必要であると述べている。Phillips⁸⁹⁾も放牧地からのDM摂取量は様々な要因によって変動するため、放牧飼養時における乳生産を安定的に維持するためには併給飼料の給与が必要であると述べている。

このように草地の放牧利用による牛乳生産は、寒冷寡照地域における有効な土地利用形態であり、さらに、環境への負荷、労働時間および生産費の軽減といった現在の酪農が抱えている問題を解決させる可能性が高い飼養形態であると考えられる。しかし、放牧飼養時における飼料の給与基準が提示されておらず、養分要求量に見合った栄養管理ができないため、放牧飼養における乳生産は不安定になりやすいといった問題を抱えている。

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に維持するための技術の確立を目的とし、北海道根室・釧路地域において実施した。

2. 従来の研究

1) 放牧地からのDM摂取量

放牧飼養時において乳生産を安定的に推移させるためには、放牧飼養時における養分摂取量を把握することが

必要である。これまでに放牧地からのDM摂取量に影響をおよぼす要因についてはいくつかの総説がだされている^{19, 21, 28, 57, 67, 70}。Meijs⁶⁷)は泌乳牛の放牧地からのDM摂取量に影響をおよぼす要因を、animal origin、sward origin、management originの3つに大別し、家畜側の要因として体重、乳量、乳期、妊娠等を示し、草側の要因として消化率、化学組成、草種および草量等を示し、さらに管理的要因として割り当て草量、併給飼料の給与、季節、天候、放牧方法等を示している。放牧地からのDM摂取量に影響をおよぼす家畜側の要因は、他の飼養形態と同様に主として家畜のエネルギー要求量を反映しており、体重³²)や乳量¹⁷)の増加にともないDM摂取量は増加することが報告されている。一方、牧草の消化率^{30, 74, 103}。現存草量^{14, 103, 117}。割り当て草量^{8, 59})や草丈^{41, 54, 58})などの草側の要因とDM摂取量との関係についても研究がなされてきている。Hodgsonら³¹)は、牧草のDM消化率や化学成分と放牧地からのDM摂取量との関係を調べた結果、DM摂取量に強く影響をおよぼした要因は、DM消化率であったと報告している。さらに、放牧方法^{65, 95, 117}、併給飼料^{9, 68, 69, 90, 91, 95}、季節^{16, 95})や気象条件⁹⁰)と放牧地からのDM摂取量との関係についてもこれまでに報告されている。Thomson¹⁰⁷)は濃厚飼料の給与が、Phillips⁸⁹)は粗飼料の給与が放牧地からのDM摂取量におよぼす影響について総説しており、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が示されている。

放牧地からのDM摂取量に影響をおよぼす要因の解明と同時に、泌乳牛による放牧地からのDM摂取量を予測する試みも行われ^{11, 17, 40, 69, 103}、Meijs and Hoekstra⁶⁹)やCaird and Holmes¹¹)は家畜および草側の要因の他に濃厚飼料の給与量を加味した推定式を提示した。しかし、前述のように放牧地からのDM摂取量は併給飼料の違いによって影響を受けることが示されており^{9, 68, 69, 90, 91, 95}、放牧地からのDM摂取量を推定し、放牧飼養時における養分摂取量を安定的に維持させるためには、併給飼料の影響についても考慮する必要がある。

2) 放牧利用における牧草の栄養学的特徴

茎部割合の増加や細胞壁構成成分の増加により、牧草のDM消化率は生育過程の進行にともない低下する^{23, 70, 114}。採草利用に比べ放牧利用は、若い生育ステージにおける牧草を利用するため、よりDM消化率の高い牧草を家畜に供給することができる。しかし、再生後の日数が等しくても、生育期間における気温や日射量の違いによって牧草のDM消化率は変化することが示されて

いる^{22, 48, 114}。また、生育時期が等しくても草種によってDM消化率は異なり、一般にイネ科牧草よりもマメ科牧草のほうが栄養価は高い⁴⁸。このため放牧期の進行に伴う気象条件や草種構成等の変化により、牧草の栄養価は変動するといわれている^{23, 70, 90}。

このように牧草の栄養価、特に放牧利用される牧草の栄養価は、穀類などの飼料に比べ多くの要因によって変動する。さらに、消化管内における吸収ならびに吸収後における栄養成分の利用効率も、牧草と穀類などの飼料とはいくつかの相違点がある。穀類などに比べ牧草にはセルロースやヘミセルロース等の構造性炭水化物が多く含まれ^{23, 70}、その大半は反芻胃内微生物によって分解され、おもに酢酸として反芻胃壁から吸収されエネルギー源あるいは体脂肪や乳脂肪の合成に利用される^{23, 104}。しかし、プロピオン酸に比べ酢酸のエネルギー利用効率は低く^{3, 6}、また、飼料中の粗飼料割合の増加にともない熱発生量が増加することも報告されている⁹⁸。ARC飼養標準¹⁾では飼料のエネルギー代謝率(q)の違いにより乳生産に対する代謝エネルギーの利用効率は変動すると述べている。このため牧草の生育条件の違いによる構造性炭水化物等の化学成分含量の変動は、消化性のみならず吸収後のエネルギーの利用効率にも影響をおよぼす。Van Es¹¹²)は粗飼料の違いにより、乳生産に対する代謝エネルギーの利用効率は異なると報告している。

一方、牧草の蛋白質は反芻胃内における分解度が高いことが知られている^{21, 23}。反芻胃内において微生物体蛋白質合成に利用されなかった窒素は、アンモニアとして反芻胃壁から吸収されるため窒素の利用効率は低下する^{1, 76}。このため放牧飼養時における牛の十二指腸へ移行する非アンモニア態窒素は摂取量よりも少なく、Beeverら⁵)やUlyattら¹¹¹)の報告では十二指腸へ到達する窒素量は摂取量の60%前後であった。Thomson¹⁰⁷)は放牧飼養時において窒素摂取量の増加にともない、十二指腸に到達する窒素量の摂取量に対する割合は小さくなると述べている。Rogersら⁹⁶)は放牧飼養の乳牛にホルムアルデヒド処理したカゼインを給与することにより乳量が向上したと報告している。

3) 放牧飼養による乳生産

Leaver⁵⁶)は放牧地からの1日1頭あたりの乳生産量は、個体の遺伝的能力と放牧地からの養分摂取量によって影響を受けると述べ、乳生産量は、草量、牧草の栄養価や水分含量などの草側の要因^{8, 41, 45, 54, 103}、放牧方法などの管理方法の差異^{13, 55, 64, 65, 66, 95}、さらに季節や天候などの環境的要因^{16, 90, 95})等によって影響を受けることが

これまでに報告されている。このように放牧飼養時では、放牧地からの養分摂取量の不安定さを反映し乳生産量も変動しやすい。

放牧飼養時における乳生産を安定的に推移させるため、エネルギー飼料や蛋白質飼料などの濃厚飼料の併給と乳生産との関係^{68, 69, 96)}、牧草サイレージ、とうもろこしサイレージおよび乾草などの粗飼料の併給と乳生産との関係^{4, 9, 90, 91)}についての研究が、欧州や豪州を中心になされてきた。これらの報告の多くは、併給飼料の給与により乳生産が安定することを示しているが、乳量ならびに乳成分量に対する反応は併給飼料の種類によって異なり、Thomson¹⁰⁷⁾はエネルギー飼料に比べ蛋白質飼料のほうが乳量の向上に対する効果は大きいと述べている。また、同じ併給飼料でも乳生産に対する反応は放牧条件などによって異なっており、併給飼料として牧草サイレージを給与したPhillips and Leaverの報告⁹¹⁾では、放牧地における割り当て草量の違いにより併給飼料の乳生産量に対する効果は異なっていた。一方、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から、過度の併給飼料の給与は放牧地からのDM摂取量を低下させ、草地からの乳生産量を低下させると考えられる。

放牧地単位面積あたりの乳生産量は、その地域の気象条件などの違いによる牧草生産量に大きく影響を受ける⁸⁵⁾。Holmesの報告³⁸⁾によるとニュージーランドやイ

ギリスでは7～11t/haであるが、日本において比較できるデータは少ない。放牧地単位面積あたりの乳生産量に関する研究^{12, 13, 55)}は、主として放牧密度との関連から行われてきた。Castleら¹²⁾は放牧地単位面積あたりの乳生産量の85%は、放牧密度と個体の乳量によって説明できたと報告している。放牧密度の増加にともない放牧地単位面積あたりの乳生産量は増加するが、放牧密度が一定のレベルを越えると個体の乳量は減少し、放牧地単位面積あたりの乳生産量も減少することが示されている³⁹⁾。King and Stockdaleの報告⁵⁵⁾によると、放牧密度が4.4頭/haから8.6頭/haの範囲において放牧密度と放牧地単位面積あたりの乳脂肪および乳蛋白質生産量との関係は2次曲線にあてはまることを示している。しかし、併給飼料の給与が放牧地からのDM摂取量に影響を与えることを考慮すると、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。

このように放牧飼養時における乳生産に関する研究は、様々な観点から行われてきた。しかし、日本をはじめイギリスやアメリカ等の飼養標準に放牧における飼料給与基準は明確に示されていない。Leaver⁵⁶⁾は温帯における乳生産の大半は放牧飼養によって実施され、研究の必要性が高いにもかかわらず、実施の困難さのため泌乳牛の放牧飼養に関する研究は少ないと述べている。

第Ⅱ章 放牧期における養分摂取量と乳生産の推移（試験1）

1. 緒 言

放牧地からの牛乳生産を規定する要因のなかで、放牧地からのDM摂取量は重要な制限要因であるといわれている⁵⁶⁾。放牧地からのDM摂取量に影響をおよぼす要因に関する総説は、これまでにいくつか出されており^{19, 21, 28, 57, 67, 70)}、放牧地からのDM摂取量は、様々な要因によって支配されていることが示されている。Meijs⁶⁷⁾は泌乳牛による放牧地からのDM摂取量の変動要因を、sward origin、animal origin、environment originの3つに大別し、sward originは主に物理的な機序によって摂取量が調節されると述べている。泌乳牛のように養分要求量の高い場合、粗飼料の摂取量は物理的な機序によって調節されるといわれている¹⁹⁾。牧草の化学成分や栄養価と放牧地からのDM摂取量との関係を検討したHodgsonらの報告³¹⁾によると、放牧草の摂取量と最も相関の高かった要因は牧草のDM消化率であった。牧草のDM消化率ならびに栄養価は、牧草の生育時期によって異なり^{23, 88, 109, 114)}、放牧地からのDM摂取量ならびに養分摂取量は、放牧時期の影響を受ける。去勢牛を放牧飼養したParkらの報告⁸⁸⁾によると、放牧期における牧草の養分含量ならびに栄養価の変動は反芻胃内溶液中の揮発性脂肪酸濃度や血液像に影響をおよぼし、春季に比べ秋季ではエネルギーおよび蛋白質の栄養状態が低下すると述べている。

一方、放牧地からの養分摂取量は環境温度や降雨など環境的要因の影響も受ける^{75, 90)}。NRC⁷⁵⁾は最高気温が25℃を越えると、放牧飼養における泌乳牛のDM採食速度は急激に減少すると述べている。環境温度の上昇は、養分摂取量の減少だけではなく、消化率や代謝エネルギーの利用効率をも低下させるため⁷⁶⁾、高温環境下では乳量や乳蛋白質含量が低下するといわれている^{42, 75, 99)}。

生産に負の影響をおよぼす環境温度は一定ではなく給与飼料条件によって異なり、粗飼料割合の高い飼料条件下ほど乳生産に影響がではじめる高温域の環境温度は低い^{76, 99)}。このため寒冷寡照地域でも、夏季間の放牧飼養条件下では環境温度が乳生産に影響をおよぼすかもしれない。

このように放牧期における放牧地からの養分摂取量はさまざまな要因によって変動し、それらが乳生産におよぼす影響の程度は放牧方法によって異なると考えられる。放牧期の違いが乳生産におよぼす影響についてはこれまでにいくつか報告されている^{16, 95)}が、放牧飼養時における飼料摂取量の把握が困難なため、わが国では季節の進行にともなう泌乳牛の放牧地からの養分摂取量と乳生産の推移を検討した報告は少ない。このため放牧飼養時における放牧地からの養分摂取量の変動に対応することができず、乳生産量の不安定、乳成分含量の低下などの問題を生じている^{62, 82)}。そこで試験1では、寒冷寡照地域における放牧期の養分摂取量ならびに乳生産の季節の進行にともなう推移を、放牧への依存度の異なる飼養条件下において個体レベルで検討した。

2. 試験方法

試験期間は1989年6月4日から8月27日までの12週間とし、試験期間を3週間ごとにⅠ期（6月4日～6月25日）、Ⅱ期（6月26日～7月16日）、Ⅲ期（7月17日～8月6日）、Ⅳ期（8月7日～8月27日）に分けた。試験処理は昼夜放牧区（W区）と時間制限放牧区（R区）の2処理設け、泌乳前期のホルスタイン種乳牛（経産牛）8頭を両区に4頭ずつ配置した。供試牛を2群に分ける際、乳生産量の条件をできるだけ等しくするため、前乳期の乳量ならびに乳成分含量を揃えるように配慮した（表3）。

表3 供試牛の試験開始時における平均分娩後日数および前乳期における乳量ならびに乳成分含量（試験1）

	供試 頭数	平 均 分娩後 日 数	前乳期における乳生産			
			乳 量	脂肪含量	蛋白質含量	SNF含量
	頭	日	kg	%		
昼 夜 放 牧 区	4	57	6860	3.86	3.05	8.74
時間制限放牧区	4	44	6610	3.94	3.07	8.79

放牧地は両区ともオーチャードグラス主体混播草地を供試し、いずれの処理区においても各牧区の休牧日数が14日になるように簡易電気牧柵でW区では30牧区、R区では15牧区に分割した。放牧密度は、W区およびR区でそれぞれ1.7頭/ha、3.8頭/haとした。W区の放牧時間は、11:00～16:00と19:30～5:30まで1日15時間とし、R区の放牧時間は5:30～8:30までの1日3時間とし、両区とも入牧毎に転牧した。両区の放牧地ともに試験開始前に、馴致放牧のため一度放牧利用してから試験に供した。

放牧草以外の給与飼料として各区とも市販の濃厚飼料6.8kgDM/日を1日2回、5:30と17:00に分けて給与した。R区では濃厚飼料の他にチモシー主体1番刈干牧草サイレージを放牧および搾乳時間以外に自由採食させた。水および固形塩(日本全葉工業)は搾乳時間以外に自由に摂取できるようにした。また、両区とも糞中へのDM排泄量を推定するために、濃厚飼料給与時に酸化クロムペレット50gを濃厚飼料に混ぜて給与した。酸化クロムペレットの配合組成は、酸化第二クロム10%、ふすま30%、米ぬか60%であった。

放牧草からのDM摂取量は、酸化クロムを指示物質として推定した糞中へのDM排泄量とめん羊を供試して求めた各飼料のDM消化率から推定した。同時に、放牧草のTDN含量を消化試験より求めた。供試牛の乳生産量は毎日測定し、乳成分分析用試料の採取および体重測定は毎週火曜日に実施した。採血は各試験期の3週目に朝の搾乳後(10:00)に実施した。

各飼料中の水分、灰分、CPおよび粗脂肪含量は森本の方法⁷³⁾に基づいて分析した。また、各飼料中のNDFおよびADF含量は、Goering and Van Soestの方法²⁴⁾に基づいて分析した。クロムの分析は比色法⁷³⁾により実施した。乳中の脂肪、蛋白質および乳糖含量は、赤外線牛乳分析器(Foss Electric社製、Milko-Scan 104型)により測定した。血液は多項目自動化学分析装置(東芝TBR-20R)により、血液中の尿素態窒素濃度を測定した。また、試験期間中の気温、降水量および日照時間の値は、北海道立根釧農業試験場場内に設置されたAMeDAS(地域気象観測システム)のデータを用いた。

3. 結果および考察

(1) 気温、降水量、日照時間

各試験期における気温、降水量ならびに日照時間の結果を表4に示した。日平均気温はIからIII期にかけて上昇し、III、IV期では20℃を上回り、最高気温が30℃を越えた日はIII期では4日、IV期では2日みられた。しかし、30℃を越えた日の最低気温はいずれも20℃以下であ

り、日較差は10℃以上あった。日平均気温を平年値(表2)と比較すると、I期は平年より低く、III期ならびにIV期では平年より高かった。降水量はIおよびIII期では平年に比べ少なく、IIおよびIV期では平年値を上回った。日照時間はII期で2.6時間と平年に比べ少なかったが、他の期間は4.6～5.3時間となり平年より長かった。

表4 各試験期における気温、降水量および日照時間(試験I)

試験期 期 間	I 6.04-6.25	II 6.26-7.16	III 7.17-8.06	IV 8.07-8.27
℃				
平均 気 温	10.2	13.4	21.5	20.1
最 高 気 温	26.1	23.8	31.9	31.2
最 低 気 温	-1.0	5.8	12.1	7.9
mm/日				
平均 降 水 量	2.3	13.9	0.2	11.9
時間/日				
平均日照時間	4.6	2.6	4.8	5.3

(2) 養分摂取量

放牧草、牧草サイレージおよび濃厚飼料の化学成分ならびにTDN含量を表5に示した。放牧草のCP含量は15～21%の範囲であり、季節間に明確な差は認められなかったが、TDN含量はI期、II期では75%前後であったのに対して、日平均気温が20℃を越えたIII期、IV期では65%前後まで低下した。このためCP含量に対するTDN含量の比はI期では5.0前後であったのに対して、IV期では3.5前後まで低下した。一方、放牧草のNDF含量およびADF含量は、それぞれ52%、30%前後であり、牧草サイレージに比べともに約10%単位ほど低い値であった。

DMおよび養分摂取量の結果を表6に示した。W区における放牧地からのDM摂取量は、I期、II期ではそれぞれ20kg/日、18kg/日であったのに対して、放牧草のTDN含量が低下したIII期、IV期では13kg/日前後となり、季節間に差がみられた($P<0.05$)。このため、W区における全飼料からのDM摂取量は、I期、II期に比べIII期、IV期において低い値を示した($P<0.05$)。一方、R区における放牧地からのDM摂取量は、試験期の違いによる差はみられず、試験期間の平均値は5.0kg/日であった。また、R区における牧草サイレージのDM摂取量も試験期の違いによる差は認められなかったため、R区における全飼料からのDM摂取量は試験期間を通じて22kg/日前後で安定的に推移した。牧草のDM消化率の低下にともない放牧地からのDM摂取量も減少することが示されており^{30, 74, 103)}、W区においてみられた季節の進

行にともなう放牧地からのDM摂取量の減少は、放牧草のTDN含量の低下によるところが大きいと考えられた。

最高気温が30℃を越える日がみられたⅢおよびⅣ期において、昼夜放牧したW区では放牧地ならびに全飼料からのDM摂取量は減少したが、時間制限放牧したR区では全飼料からのDM摂取量はⅠ、Ⅱ期の値と差はみられなかった。NRC⁷⁵⁾は高温環境がDM摂取量におよぼす

影響には、暑熱ストレスによる直接的影響と、高温にともなう牧草の品質低下による間接的影響があり、環境温度が25～27℃以上の条件下では泌乳牛のDM摂取量は減少するといわれている。NRC⁷⁵⁾は放牧飼養時では最高気温が25℃を越えると泌乳牛のDM摂取量は減少すると述べている。高温環境下の乳生産について総説した柴田の報告⁹⁹⁾では、放牧牛は歩行による熱発生量が増加す

表5 放牧草、牧草サイレージおよび濃厚飼料の化学成分ならびにTDN含量(試験Ⅰ)

試験期 期 間 処 理	放 牧 草								牧 草 サ イ レー ジ	濃厚 飼 料
	Ⅰ		Ⅱ		Ⅲ		Ⅳ			
	6.04－6.25		6.26－7.16		7.17－8.06		8.07－8.27			
	昼夜	制限	昼夜	制限	昼夜	制限	昼夜	制限		
DM中%										
OM	92.9	93.5	90.2	91.3	89.0	89.8	89.3	89.3	91.1	95.3
CP	15.4	14.5	20.7	17.0	21.3	19.0	18.8	18.0	14.9	19.2
NDF	53.2	52.9	52.1	53.8	51.5	52.0	50.7	51.0	61.4	10.0
ADF	30.3	29.0	29.7	30.9	31.6	31.4	30.6	30.7	42.0	5.0
TDN	76.3	75.6	75.0	75.0	66.1	65.6	65.5	63.7	66.7	91.4

表6 供試牛の分娩後日数および飼料摂取量(試験Ⅰ)

処 理		試験期 ^{\$1}	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
日						
分娩後日数	昼夜		57	78	99	120
	制限		44	65	86	107
kg/日						
DM摂取量						
放 牧 草	昼夜		20.2 ^A	18.1 ^A	13.2 ^B	13.2 ^B
	制限		5.4 ^{**}	4.8 ^{**}	4.9 ^{**}	4.8 ^{**}
牧草サイレージ	昼夜		0.0	0.0	0.0	0.0
	制限		10.6 ^{**}	11.9 ^{**}	11.7 ^{**}	9.6 ^{**}
濃 厚 飼 料	昼夜		6.8	6.8	6.8	6.8
	制限		6.8	6.8	6.8	6.8
全 飼 料	昼夜		27.0 ^A	24.9 ^A	20.0 ^B	20.0 ^B
	制限		22.8 ^{AB}	23.5 ^A	23.4 ^{AB}	21.2 ^B
T D N 摂 取 量	昼夜		21.6 ^A	20.0 ^A	13.0 ^B	13.0 ^B
	制限		17.3 ^{AB}	17.8 ^A	17.1 ^{AB}	15.7 ^B
C P 摂 取 量	昼夜		4.4 ^B	5.1 ^A	4.1 ^{BC}	3.8 ^C
	制限		3.7 [*]	3.9 ^{**}	4.0	3.6
N D F 摂 取 量	昼夜		11.4 ^A	10.1 ^A	7.5 ^B	7.4 ^B
	制限		10.0 ^{AB}	10.6 ^A	10.4 ^{**}	9.0 ^B
A D F 摂 取 量	昼夜		6.5 ^A	5.7 ^A	4.5 ^B	4.4 ^B
	制限		6.3 ^{AB}	6.8 ^A	6.8 ^{**}	5.8 ^B
摂取飼料中のADF含量						
	昼夜		24.1 ^A	22.9 ^B	22.5 ^C	22.0 ^C
	制限		27.6 ^{**}	28.9 ^{**}	29.0 ^{**}	27.4 ^{**}
TDN摂取量/CP摂取量						
	昼夜		4.9 ^A	3.9 ^B	3.2 ^C	3.4 ^D
	制限		4.7 ^A	4.6 ^B	4.3 ^B	4.4 ^C

\$1: 試験期, Ⅰ期: 6.04-6.25, Ⅱ期: 6.26-7.16, Ⅲ期: 7.17-8.06, Ⅳ期: 8.07-8.27.

*, **, 処理間に有意差あり (*: P<0.05, **: P<0.01).

A, B, C, D: 各試験期の異符号の試験期間に有意差あり (P<0.05).

るため、体内からの熱負荷は舎飼より大きいと述べている。これらのことからW区のⅢおよびⅣ期にみられた放牧地からのDM摂取量の減少の原因として、放牧草のTDN含量の低下のみならず、暑熱ストレスの影響も考えられよう。

全飼料からのTDN摂取量もDM摂取量と同様な傾向を示し、R区では16~18kg/日前後と安定的に推移した。これに対してW区ではⅠ期、Ⅱ期に比べ、放牧地からのDM摂取量が低下したⅢ期、Ⅳ期において全飼料からのTDN摂取量は減少した($P<0.05$)。このためW区における全飼料からのTDN摂取量はⅠ期、Ⅱ期ではR区よりも多かったが、Ⅲ期、Ⅳ期では逆に少なかった($P<0.05$)。

全期間におけるCP摂取量の平均値は、R区に比べW区で多かった ($P<0.05$)。CP摂取量に対するTDN摂取量の比は、R区では4.5であったのに対して、W区では3.9でありR区に比べ小さく、試験期の進行に伴い低下する傾向がみられた。日本飼養標準⁸⁰⁾によると、乳量30kg/日を生産している乳牛のCP要求量に対するTDN要求量の比は5.0前後であり、W区では放牧草のTDN含量の低下する夏季では、蛋白質摂取量に対してエネルギー摂取量が不足していた。

全期間におけるADF摂取量の平均値は、R区の方が多かった ($P<0.05$)。摂取飼料中のADF含量は、各期ともR区に比べW区で少なく ($P<0.01$)、全期間の平均値はW区、R区でそれぞれ23%、28%であった。

これらのことから本試験の放牧飼養条件下における養分摂取量の特徴として、以下の3点が示された。1) 放牧草のTDN含量は春季から夏季にかけて低下し、放牧草のTDN含量の低下にともない放牧地からのDMおよびTDN摂取量は減少する。このことは放牧への依存度の大きい飼養条件下では、放牧期における飼料摂取量の季節変動が大きくなりやすいことを示すものである。2) 季節の進行に伴い、放牧地からのCP摂取量とTDN摂取量との比は小さくなり、乳生産に要する養分要求量と比較すると、蛋白質摂取量に対してエネルギー摂取量が不足しやすいことが示された。3) 牧草サイレージを給与した時間制限放牧に比べ放牧への依存度を高めた昼夜放牧では繊維質摂取量は少なく、摂取飼料中の繊維質含量も少ない。

(3)乳生産

乳量、乳成分含量および乳成分量の結果を表7に示し

表7 乳量、乳成分量および乳成分含量 (試験1)

		处理	試験期 ^{§1}	I	II	III	IV
		kg/日					
乳 量	昼夜			34.5	33.1	31.1	29.4
	制限			33.3	33.0	31.6	29.6
F C M 量	昼夜			30.5	31.0	28.9	27.2
	制限			33.1	33.2	32.7	28.6
乳 脂 肪 量	昼夜			1.11	1.18	1.09	1.03
	制限			1.32 ^{A*}	1.33 ^{AB}	1.34 ^{AB}	1.12 ^B
乳蛋白質量	昼夜			1.04 ^A	0.94 ^{AB}	0.90 ^{AB}	0.85 ^B
	制限			0.98	0.96	0.92	0.91
乳 糖 量	昼夜			1.57	1.52	1.42	1.30
	制限			1.54	1.54	1.46	1.36
S N F 量	昼夜			2.96	2.78	2.63	2.45
	制限			2.85	2.83	2.70	2.56
		%					
乳脂肪含量	昼夜			3.23	3.57	3.52	3.50
	制限			3.96	4.04 [*]	4.23 [*]	3.78
乳蛋白質含量	昼夜			3.02	2.84	2.90	2.90
	制限			2.95	2.92	2.92	3.08
乳 糖 含 量	昼夜			4.54	4.58	4.56	4.42
	制限			4.62	4.67	4.63	4.58
S N F 含量	昼夜			8.57	8.41	8.46	8.32
	制限			8.57	8.59	8.55	8.65

§1: 試験期, Ⅰ期: 6.04-6.25, Ⅱ期: 6.26-7.16, Ⅲ期: 7.17-8.06, Ⅳ期: 8.07-8.27.

*: 処理間に有意差あり ($P<0.05$).

A, B: 各試験期の異符号間に有意差あり ($P<0.05$).

た。両区とも試験期の進行にともない乳量は減少する傾向がみられたが、試験期の間には有意な差はみられず、全期間の乳量の平均値は両区とも32kg/日であった。Ⅲ期、Ⅳ期ではR区に比べW区のTDN摂取量は少なかったにもかかわらず、乳量は両区に差がみられなかった。このためW区ではⅢ期およびⅣ期において日本飼養標準⁸⁰⁾に示されているTDN要求量を満たすことができず、Ⅲ期、Ⅳ期におけるW区のTDN充足率はそれぞれ86%、92%となった。

乳脂肪含量は両区とも試験期の違いによる差はみられなかったが、W区の乳脂肪含量は各期ともR区に比べ低い値で推移し、全期間の平均値はW区、R区でそれぞれ3.46%、4.00%であった。一般に、放牧地からのDM摂取量の増加に伴い乳脂肪含量は減少する傾向にあり、これは構造化炭水化物含量の少ない飼料からのエネルギー摂取量が増加するためといわれている¹⁰⁶⁾。Sutton¹⁰⁴⁾は飼料中のADF含量が20~25%以下になると、ADF含量の低下に伴い乳脂肪含量は低下すると述べている。これらのことからR区に比べW区の乳脂肪含量が低かった原因の1つとして、繊維質摂取量の不足によるものと考えられた。NRC飼養標準⁷⁷⁾では、乳脂肪含量を3.8%以上に維持するためには飼料中のADF含量を最低21%以上に保つ必要があるとしている。しかし、W区では飼料中のADF含量が23%であったにもかかわらず乳脂肪含量を3.8%以上に維持することはできなかった。採草利用による飼養形態に比べ、生育段階の早い時期に牧草を利用する放牧飼養において、乳脂肪含量を3.8%以上に維持するためには、繊維質給与量を増やし、飼料中の繊維質含量を高める必要があると考えられた。

乳蛋白質含量は両区とも試験期の違いによる差はみられず、WおよびR区の全期間の平均値はそれぞれ2.91、2.97%であり、両区の間には有意な差はみられなかった。また、乳蛋白質量も両区の間には有意な差はみられなかつ

た。しかし、W区では試験期の進行に伴い乳蛋白質量は減少する傾向がみられ、Ⅰ期に比べⅣ期では乳蛋白質量が減少した ($P < 0.05$)。摂取した窒素に対する乳中窒素量の割合は、W区およびR区でそれぞれ、18~23%、22~26%であり(表8)、R区に比べW区では乳蛋白質生産に対する飼料蛋白質の利用性が低かった。Thomson¹⁰⁷⁾は、放牧などにより生草を給与した場合、小腸に到達する蛋白質量は蛋白質摂取量よりも少なく、小腸への蛋白質供給の不足が乳生産の制限要因となり易いと述べている。Hamiltonら²⁵⁾はホルムアルデヒド処理により反芻胃内分解度を低下させたヒマワリ粕を放牧飼養の乳牛に給与することにより乳生産は改善されたと報告している。反芻胃内における微生物体蛋白質の合成量は、窒素源のみならずエネルギー源の影響を受け、反芻胃内微生物へのエネルギー供給が不足した場合、飼料蛋白質の一部は微生物体蛋白質に合成されず、アンモニアとして胃壁から吸収される^{1,76)}。血中尿素態窒素濃度は、R区に比べW区で高い値を示す傾向がみられ、特にⅢ期、Ⅳ期では20mg/dlを越え、北海道農業共済組合連合会の基準値(16mg/dl)³⁴⁾を上回った(表8)。放牧期における去勢牛の血液像の推移を検討したSteenらの報告¹⁰²⁾でも、秋季において血中尿素態窒素濃度の上昇を示している。また、W区では血中尿素態窒素濃度とTDN摂取量ならびにCP摂取量に対するTDN摂取量の比との間に負の相関が得られた ($r = -0.851$; $P < 0.01$, $r = -0.865$; $P < 0.01$)。さらにW区ではCP摂取量に対するTDN摂取量の比が4.0以下になり、CP摂取量に対するTDN摂取量の比の低下により血中尿素態窒素濃度は直線的に増加した。これらのことからW区において飼料蛋白質の利用性が低かった原因の1つとして、TDN摂取量の不足による反芻胃内微生物へのエネルギー供給量が減少し、反芻胃内における微生物体蛋白質の合成効率が低下し、その結果反芻胃からの窒素損失が多く、小腸へ移行する蛋

表8 窒素摂取量に対する乳中窒素量の割合および血中尿素態窒素濃度(試験Ⅰ)

処理	試験期 ^{§1}	I	II	III	IV
%					
窒素摂取量に対する 昼夜		23.3	18.1	21.5	22.0
乳中窒素量の割合 制限		26.2	23.9**	22.4	24.3
mg/dl					
血中尿素態窒素濃度 昼夜		10.8 ^A	13.8 ^A	23.7 ^B	21.6 ^B
制限		16.7	10.4*	12.4**	14.0*

§1: 試験期, Ⅰ期: 6.04-6.25, Ⅱ期: 6.26-7.16, Ⅲ期: 7.17-8.06, Ⅳ期: 8.07-8.27.

*, **: 有意差あり (*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$).

A, B: 異符号間に有意差あり ($P < 0.05$).

白質量が少なかったことによるものと考えられた。反芻胃内における微生物態蛋白質の合成量は可消化有機物や代謝エネルギー摂取量との間に正の相関があるといわれている^{2,76)}。

一方、Broster and Oldham⁷⁾は、小腸から吸収されたアミノ酸の一部は糖新生に利用され、利用される程度は宿主へのグルコース供給レベルによって異なると述べている。乳生産に対する飼料蛋白質の利用性に影響をおよぼす要因として、肝臓におけるアミノ酸からの糖新生についても考慮する必要があるであろう。TDN摂取量が要求量以下でありTDN充足率が90%前後まで低下したW区のⅢ期、Ⅳ期では、グルコース源としてより多くのアミノ酸がエネルギー源として利用されたことも、乳生産に対する飼料蛋白質の利用性が低下した原因として考慮すべきであろう。

以上のことから放牧期の進行にともない放牧草のTDN含量は低下し、放牧への依存度の高い昼夜放牧では放牧草のTDN含量の低下にともない、放牧地からのDM摂取量が減少することが示された。昼夜放牧区における放牧地からのDM摂取量の減少の原因として、高温環境による暑熱ストレスの影響も考えられた。しかし、

最高気温が30℃を越えても日較差が10℃以上あったこと、乳量、乳蛋白質含量は試験期の違いによる差はみられなかったことから、放牧地からのDM摂取量におよぼす暑熱ストレスの影響は放牧草のTDN含量の影響よりも小さかったと考えられた。

一方、牧草サイレージを併給したR区に比べW区では、試験期を通して繊維質摂取量が少なく、乳脂肪生産量ならびに乳脂肪含量ともにW区で低い値を示す傾向がみられた。このことから放牧への依存度を高めた飼養条件下では繊維質摂取量が乳脂肪生産の制限要因となっていると考えられた。また、乳生産に対する摂取した窒素の利用効率は、R区に比べW区で低く、W区では試験期の進行にともない乳蛋白質生産量は減少した。血中尿素態窒素濃度が北海道共済組合連合会が示した基準値³⁴⁾を上回ったW区のⅢおよびⅣ期において、血中尿素態窒素濃度とTDN摂取量に対するCP摂取量の比との間に負の相関($r=-0.865$, $P<0.01$)がみられた。このことから昼夜放牧において乳蛋白質生産を向上させるためには、エネルギー飼料の給与により放牧草のTDN含量の低下にともなうエネルギー摂取量の減少を補うことが必要であろう。

第三章 放牧地からの乾物摂取量におよぼす放牧期ならびに併給飼料の影響（試験2）

1. 緒言

試験1において、昼夜放牧のように放牧への依存度を高めた飼養条件下では、春季に比べ放牧草のTDN含量が低下した夏季では放牧地からのDM摂取量は減少したことから、放牧地からのDM摂取量は放牧草の栄養価の影響を受け、放牧草のTDN含量の低下にともない放牧地からのDM摂取量は低下することが示された。また、夏季は春季に比べ日平均気温も高く30℃を越える日もみられたことから、夏季間における放牧地からのDM摂取量の減少には高温環境下による暑熱ストレスの影響も関与していると考えられた。

さらに、放牧への依存度を高めた飼養条件下における養分摂取は、放牧草の化学成分組成を反映し、繊維質摂取量の不足やエネルギー摂取量と蛋白質摂取量の不均衡が生じやすいことが示された。その結果、時間制限放牧区に比べ昼夜放牧区では乳脂肪生産量、乳脂肪含量が低く、放牧草のTDN含量が低下した夏季では乳蛋白質生産量も少ないことが示された。これらのことから放牧飼養の泌乳牛にエネルギー飼料ならびに繊維質飼料を併給することにより、放牧期における乳生産は改善されると思われる。

Phillips⁸⁹⁾は、放牧飼養条件下では様々な要因によって放牧地からの養分摂取量が変動するため、放牧期における養分摂取量ならびに乳生産を安定的に推移させるためには併給飼料の給与が必要であると述べている。放牧期における養分摂取量を維持するために併給飼料を給与することは必要であるが^{45, 89)}、併給飼料を給与しても全飼料からDM摂取量は加算的には増加しないことが示されている^{9, 57, 68, 69, 89, 90, 91, 94, 95)}。放牧飼養の泌乳牛に牧草サイレージあるいは麦ワラと濃厚飼料の混合飼料を夜間自由採食させたRoberts and Kellyの報告⁹⁴⁾では、併給飼料を給与せず昼夜放牧した群と併給飼料を給与した群の全飼料からの代謝エネルギー摂取量は春季では処理間に差はみられず、乳量は併給飼料を給与したことにより低下することを認めている。

このように放牧への依存度を高めた飼養条件下では、放牧地からの養分摂取量は放牧草の栄養価あるいは環境温度等の影響を受けて変動すると考えられ、放牧期における乳生産を安定的に維持するためには、併給飼料の給与により全飼料からの養分摂取量を安定させる必要があ

る。しかし、併給飼料の給与条件などにより放牧地からのDM摂取量が変動するため、必ずしも期待どおりの養分摂取量の改善が得られるとは限らず、併給飼料を給与することにより乳生産が低下する場合もありうる。そこで試験2では、牧草の栄養価ならびに環境温度の異なる春、夏および秋季において試験を実施し、放牧期の違いが放牧地からのDMならびにTDN摂取量および乳生産におよぼす影響について検討した。さらに、併給飼料としてエネルギー飼料である濃厚飼料、繊維質飼料である牧草サイレージならびに両者の性質を兼ね備えたとうもろこしサイレージを供試し、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検討した。

2. 試験方法

(1) 試験処理

春、夏および秋季における併給飼料の給与効果を検討するために、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て3年間にわたり試験を実施した。

(試験2-1) 放牧飼養時における濃厚飼料の給与効果

放牧飼養時における泌乳牛への濃厚飼料の給与ならびに放牧季節の違いが、放牧地からのDM摂取量におよぼす影響について検討した。試験は1984年の春・夏および秋の各季それぞれ28日間実施し、各季の試験期間は、春季では6月7日から7月4日まで、夏季では7月28日から8月24日まで、秋季では9月22日から10月19日までとした。

各季とも、供試牛は分娩後日数が100日以上経過したホルスタイン種泌乳牛9頭を用い、濃厚飼料の給与水準により3頭ずつ3群に分けた。濃厚飼料は市販の濃厚飼料を供試し、濃厚飼料の給与量は、試験開始時の1日当たりの乳量の0、1/6、1/3量（原物量）を給与する3水準とした。

(試験2-2) 放牧飼養時における牧草サイレージの給与効果

放牧飼養時における泌乳牛への牧草サイレージの給与ならびに放牧季節の違いが、放牧地からのDM摂取量におよぼす影響について検討した。試験は1985年の春・夏および秋の各季それぞれ28日間実施し、各季の試験期間は、春季では5月27日から6月23日まで、夏季では7月

27日から8月23日まで、秋季では9月20日から10月17日までとした。

各季とも、供試牛は分娩後日数が100日以上経過したホルスタイン種泌乳牛9頭を用い、牧草サイレージの給与水準により3頭ずつ3群に分けた。牧草サイレージは、1984年7月10日に調製したチモシー主体の1番刈予乾サイレージを供試し、牧草サイレージのDM給与量は、0、3、6kg/日の3水準とした。

(試験2-3)放牧飼養時におけるとうもろこしサイレージの給与効果

放牧飼養時における泌乳牛へのとうもろこしサイレージの給与ならびに放牧季節の違いが、放牧地からのDM摂取量におよぼす影響について検討した。試験は1986年の春・夏および秋の各季それぞれ28日間実施し、各季の試験期間は、春季では5月27日から6月23日まで、夏季では7月31日から8月27日まで、秋季では9月15日から10月12日までとした。

各季とも、供試牛は分娩後日数が100日以上経過したホルスタイン種泌乳牛9頭を用いた。供試したとうもろこしサイレージの給与水準により3頭ずつ3群に分けた。とうもろこしサイレージは、1985年10月14日に収穫した糊熟期の飼料用とうもろこし(品種：ワセホマレ)から調製した。とうもろこしサイレージのDM給与量は、0、3、6kg/日の3水準とした。

(2)放牧方法および家畜管理

放牧地はオーチャードグラス主体混播草地を試験2-1では3.7ha、試験2-2、試験2-3では2.8haを供試し、8牧区に分けて毎日転牧して利用した。放牧地は春の試験開始前に施肥を実施し、その後、馴致放牧のために1回放牧利用した後に試験に供した。春季および夏季

の試験終了後、掃除刈りならびに施肥を実施し、夏季ならびに秋季の試験に供した。放牧地への施肥量は北海道施肥標準³⁵⁾に基づき、10a当たり窒素8kg、リン10kg、カリウム12kgとした。放牧時間は7:00から15:00までの1日8時間とし、放牧後、牛舎内で併給飼料を給与した。水および鉱塩(日本全業工業KK)は、放牧地および牛舎内のいずれにおいても自由摂取できるようにした。また、試験期間中、毎日、6:30と17:00に糞中へのDM排泄量を推定するために酸化第二クロム50gを薬包紙に包んで経口投与した。試験2-1、2-2、2-3における供試牛の概要ならびに試験開始時の草量を表9に示した。

(3)試料採取および分析方法

各季の22日目から5日間、酸化クロム投与時に直腸から糞を採取し、糞中の酸化クロム含量を測定した。糞中へのDM排泄量および放牧草のDM摂取量は、試験1と同様の方法により推定した。放牧草のDM消化率ならびにTDN含量は、供試草地から刈り取った牧草をめん羊に給与し、消化試験を実施して求めた。試験期間中、乳量は毎日測定し、乳成分分析用の試料採取は1週間毎に実施し、乳中の脂肪、蛋白質および乳糖量を測定した。体重測定は、各季の試験開始時と14日目および試験終了時に実施した。各飼料の化学成分の分析方法、乳成分の分析方法および糞中の酸化クロム含量の分析方法は、試験1と同様の方法によって求めた。

(4)統計処理

試験結果は、併給飼料の給与水準と放牧期の影響を調べるために2元配置法¹¹⁶⁾により解析し、平均値間の差の検定はTukeyの方法¹¹⁶⁾を用いて行った。

表9 各試験における供試牛の概要ならびに試験開始時の放牧地の草量(試験2)

試 験 季 節	試験2-1(1984年)			試験2-2(1985年)			試験2-3(1986年)		
	春季	夏季	秋季	春季	夏季	秋季	春季	夏季	秋季
供 試 牛 頭 数	頭								
	9	9	9	9	9	9	9	9	8
試験開始前乳量	kg/日								
	24.0	21.6	23.5	23.8	21.2	21.1	23.0	21.9	25.8
草 量	g DM/m ²								
	114	117	123	178	198	169	177	183	181

表10 各試験期間における気温、降水量および日照時間（試験2）

試 験 季 節	試験2-1(1984年)			試験2-2(1985年)			試験2-3(1986年)		
	春季	夏季	秋季	春季	夏季	秋季	春季	夏季	秋季
気 温	℃								
日 平 均 気 温	16.2	21.5	10.5	11.3	21.4	11.5	11.5	19.9	12.3
期間最高気温	27.8	31.8	27.1	25.5	32.3	23.0	25.0	33.6	23.6
期間最低気温	3.4	7.8	-3.5	-2.0	12.2	-0.2	-1.8	11.6	-0.7
平 均 降 水 量	mm/日								
	3.0	3.9	3.3	0.4	0.1	5.0	3.4	3.2	3.0
平 均 日 照 時 間	時間/日								
	3.0	4.8	5.1	4.5	3.7	4.4	5.3	3.4	4.4

3. 結 果

(試験2-1)

各季における気温、降水量および日照時間の結果を表10に示した。春、夏および秋季の日平均気温はそれぞれ16.2、21.5、10.5℃であり、春季に比べ秋季の日平均気温は低かった。夏季における平均気温は平年値（表2）に比べ高く、日平均気温が25℃を越えた日ならびに最高気温が30℃を越えた日はいずれも6日みられた。

放牧草ならびに濃厚飼料の化学成分およびTDN含量を表11に示した。放牧草のTDN含量は、春季で最も高く、日平均気温が最も高かった夏季では春季に比べ放牧草のTDN含量は低下した。しかし、日平均気温が春季に比べ低かった秋季でも放牧草のTDN含量は春季よりも低い値を示した。このように放牧草のTDN含量は季節間に差がみられたのに対して、放牧草のCP含量は季節間に明確な差はみられなかった。濃厚飼料のTDN含量は85%であり、春季の放牧草のTDN含量よりも高かったが、NDFならびにADF含量はそれぞれ20%、9%であり放牧草の含量の半分以下の値であった。

放牧地からの飼料摂取量および全体の飼料摂取量の結

果を表12に示した。放牧地からのDM摂取量は季節間に差がみられた（ $P<0.05$ ）。濃厚飼料を給与しなかった群では、MBSあたりの放牧地からのDM摂取量は春季では142g/日であったのに対して、放牧草のTDN含量が低下した夏・秋季ではそれぞれ123g/日、120g/日と春季に比べ低い値を示し（ $P<0.05$ ）、夏・秋季では春季に比べ放牧地からのDM摂取量は約15%単位ほど低下した。また、夏季と秋季では日平均気温が10℃前後の差がみられたが、放牧地からのDM摂取量は夏季と秋季との間に差はみられなかった。一方、濃厚飼料の給与により全飼料からのDM摂取量は増加した（ $P<0.01$ ）。濃厚飼料のDM摂取量（ X ：g/MBS/日）と全飼料からのDM摂取量（ Y ：g/MBS/日）との間には以下の一次回帰式が得られ、濃厚飼料の給与量の増加にともない、全飼料からのDM摂取量は直線的に増加することが示された。

$$Y = 124.2 + 0.8X \quad r = 0.843 \quad (P < 0.01) \quad (1)$$

さらに、濃厚飼料を給与することにより全飼料からのDM摂取量は加算的に増加しないものの、濃厚飼料の給与によるSRは小さいことが示された。

春季から夏季にかけてみられた放牧地からのDM摂取量の低下のため、全飼料からのDM摂取量は季節間に有意な差がみられた（ $P<0.05$ ）。しかし、夏季および秋季において濃厚飼料を給与することにより春季における濃厚飼料無給与区のDM摂取量レベルまで改善できた。

放牧地からのTDN摂取量も、DM摂取量と同様な傾向を示し、季節間に差がみられた（ $P<0.01$ ）。濃厚飼料を給与しなかった群では、MBSあたりのTDN摂取量は春季では106g/日であったのに対して、夏・秋季ではそれぞれ86g/日、78g/日と春季に比べ低い値を示した（ $P<0.01$ ）。春季に対する夏、秋季における放牧地からのTDN摂取量の低下割合は、それぞれ18%、28%とな

表11 放牧草および濃厚飼料の化学成分ならびにTDN含量（試験2-1）

	放 牧 草			濃厚 飼料
	春季	夏季	秋季	
	DM中%			
O M	93.2	91.6	90.5	93.8
C P	20.9	21.8	17.2	16.1
NDF	53.4	53.3	48.2	19.7
ADF	28.9	29.8	27.0	8.6
TDN	74.2	71.1	65.4	84.8

り、その低下割合はDM摂取量の低下割合よりも大きい値を示した。一方、濃厚飼料の給与により全飼料からのTDN摂取量は増加した ($P<0.01$)。MBSあたりの濃厚飼料のDM摂取量 (X : g/日) と全飼料からのTDN摂取量 (Y : g/日) との関係を季節ごとに検討した結果、以下の一次回帰式が得られた。これらの式の傾きは3式

$$\text{春季 } Y = 100.2 + 0.7X \quad r = 0.927 \quad (P < 0.01) \quad (2)$$

$$\text{夏季 } Y = 86.4 + 0.6X \quad r = 0.837 \quad (P < 0.01) \quad (3)$$

$$\text{秋季 } Y = 76.3 + 0.8X \quad r = 0.961 \quad (P < 0.01) \quad (4)$$

ともほぼ等しく、このことから濃厚飼料の給与が全飼料からのTDN摂取量におよぼす影響は、季節に関係なく等しいことが示された。しかし、切片は季節間によって異なり、全飼料からのTDN摂取量は季節間に差がみられた ($P<0.01$)。すなわち夏季以降において春季と同じレベルのTDN摂取量を維持するためには、より多くの濃厚飼料の給与が必要であると考えられた。

表12 DMならびにTDN摂取量 (試験2-1)

季 節 処理 ^{§2}	春季			夏季			秋季			有意差 ^{§1}	
	0	1/6	1/3	0	1/6	1/3	0	1/6	1/3	処理	季節
kg/日											
DM 摂取量											
放 牧 草	14.9	15.0	15.0	13.5	13.9	11.8	14.4	13.3	13.5	NS	*
濃厚飼料	0.0	3.7	7.9	0.0	3.1	6.0	0.0	3.1	6.7	**	NS
合 計	14.9	18.7	22.9	13.5	17.0	17.7	14.4	16.4	20.2	**	*
TDN 摂取量											
放 牧 草	11.1	10.7	11.1	9.5	9.7	8.2	9.4	8.6	8.8	NS	**
濃厚飼料	0.0	3.2	6.7	0.0	2.7	5.1	0.0	2.6	5.7	**	NS
合 計	11.1	13.9	17.8	9.5	12.4	13.3	9.4	11.2	14.5	**	**
g/MBS/日											
DM 摂取量											
放 牧 草	141.9	123.2	129.3	123.0	120.4	97.8	119.9	112.1	110.8	**	**
濃厚飼料	0.0	30.7	67.8	0.0	27.1	49.9	0.0	26.5	55.0	**	NS
合 計	141.9	153.9	197.1	123.0	147.6	147.7	119.9	138.6	165.9	**	**
TDN 摂取量											
放 牧 草	105.5	87.7	95.5	86.2	84.3	68.4	78.1	72.7	72.2	**	**
濃厚飼料	0.0	26.0	57.8	0.0	23.4	42.4	0.0	22.5	46.8	**	NS
合 計	105.5	113.7	153.2	86.2	107.7	110.8	78.1	95.2	119.0	**	**

§1: 有意差, **: $P<0.01$, *: $P<0.05$, NS: 有意差なし ($P>0.05$).

§2: 処理, 0: 濃厚飼料無給与区、1/6: 濃厚飼料給与量、乳量の1/6給与区、1/3: 濃厚飼料給与量、乳量の1/3給与区.

表13 乳量、乳成分量ならびに乳成分含量 (試験2-1)

季 節 処理 ^{§2}	春季			夏季			秋季			有意差 ^{§1}	
	0	1/6	1/3	0	1/6	1/3	0	1/6	1/3	処理	季節
kg/日											
乳 量	24.3	26.6	28.6	17.8	22.0	20.9	20.2	20.7	23.2	NS	*
F C M 量	21.8	23.7	23.8	17.2	20.4	18.7	19.3	19.9	20.1	NS	NS
乳 脂 肪 量	0.80	0.87	0.82	0.67	0.77	0.69	0.75	0.77	0.72	NS	NS
乳蛋白質量	0.66	0.76	0.80	0.52	0.62	0.62	0.61	0.66	0.75	NS	*
乳 糖 量	1.15	1.24	1.32	0.78	1.00	0.92	0.89	0.93	1.01	NS	**
S N F 量	2.07	2.31	2.44	1.48	1.85	1.76	1.73	1.81	2.03	NS	**
%											
乳脂肪含量	3.29	3.26	2.88	3.77	3.51	3.40	3.68	3.76	3.15	*	*
乳蛋白質含量	2.69	2.88	2.81	2.97	2.82	2.97	3.05	3.20	3.23	NS	**
乳糖含量	4.73	4.66	4.61	4.39	4.55	4.41	4.39	4.48	4.38	NS	**
S N F 含量	8.51	8.68	8.54	8.38	8.37	8.46	8.55	8.78	8.78	NS	NS

§1: 有意差, **: $P<0.01$, *: $P<0.05$, NS: 有意差なし ($P>0.05$).

§2: 処理, 0: 濃厚飼料無給与区、1/6: 濃厚飼料給与量、乳量の1/6給与区、1/3: 濃厚飼料給与量、乳量の1/3給与区.

表13に乳量および各乳成分含量の結果を示した。乳量は季節間に差がみられ ($P < 0.05$)、夏、秋季に比べ春季では放牧地からの乳生産量が高いことが示された。一方、濃厚飼料の給与量の増加にともない乳量は増加する傾向がみられたが有意な差ではなかった ($P > 0.05$)。また、乳脂肪含量は春季に比べ夏季以降で高い値を示した。また、いずれの季節においても濃厚飼料の給与量の増加により乳脂肪含量は低下したため ($P < 0.05$)、FCM量および乳脂肪生産量は季節ならびに濃厚飼料の給与量の違いによる差はみられなかった ($P > 0.05$)。乳蛋白質およびSNF生産量は、乳量と同様に季節間に差がみられ ($P < 0.05$, $P < 0.01$)、夏・秋季に比べ春季において高い値を示した。

(試験 2-2)

各季における気温、降水量および日照時間の結果を表10に示した。春、夏および秋季における日平均気温はそれぞれ、11.3、21.4、11.5℃であり、春季と秋季の日平均気温はほぼ等しかった。夏季における平均気温は試験 2-1 と同様に平年値 (表 2) に比べ高く、日平均気温が25℃を越えた日は5日、最高気温が30℃を越えた日は8日みられた。

放牧草ならびに牧草サイレージの化学成分および

TDN含量を表14に示した。放牧草のTDN含量は、春季で最も高く、日平均気温が最も高かった夏季では春季に比べ放牧草のTDN含量は低下した。しかし、日平均気温が春季と同じ程度まで低下した秋季でも放牧草のTDN含量は春季よりも低い値を示した。このように放牧草のTDN含量は季節間に差がみられたのに対して、放牧草のCP含量は季節間に明確な差はみられなかった。牧草サイレージのTDN含量は65%であり、放牧草のTDN含量で最も低い値を示した夏季の値よりも低かった。一方、牧草サイレージのNDFならびにADF含量はいずれも放牧草のNDF、ADF含量を上回り、それぞれ約60%、35%であった。

放牧地および全飼料からの飼料摂取量の結果を表15に

表14 放牧草および牧草サイレージの化学成分ならびにTDN含量 (試験 2-2)

	放 牧 草			牧 草 サイレージ
	春季	夏季	秋季	
	DM中%			
O M	92.2	90.4	89.7	90.6
C P	17.8	19.5	20.0	14.2
NDF	43.0	48.2	45.0	59.8
ADF	23.6	27.6	25.3	34.5
TDN	74.4	67.6	70.5	64.9

表15 DMならびにTDN摂取量 (試験 2-2)

季 節 処理 ^{§2}	春季			夏季			秋季			有意差 ^{§1}	
	0	3	6	0	3	6	0	3	6	処理	季節
kg/日											
DM摂取量											
放 牧 草	13.2	11.1	10.0	12.0	9.5	8.4	12.9	10.9	9.0	**	**
牧草サイレーシ	0.0	3.0	4.9	0.0	3.1	5.6	0.0	3.3	6.0	**	NS
合 計	13.2	14.1	14.9	12.0	12.6	14.0	12.9	14.2	15.0	**	**
TDN摂取量											
放 牧 草	9.6	8.0	7.3	8.1	6.4	5.7	9.1	7.6	6.4	**	**
牧草サイレーシ	0.0	1.9	3.1	0.0	2.0	3.6	0.0	2.2	4.0	**	NS
合 計	9.6	9.9	10.4	8.1	8.4	9.3	9.1	9.8	10.3	**	**
g/MBS/日											
DM摂取量											
放 牧 草	121.8	97.0	89.5	109.3	80.9	71.6	107.0	87.8	72.8	**	**
牧草サイレーシ	0.0	26.3	43.6	0.0	26.4	47.4	0.0	26.7	48.3	**	NS
合 計	121.8	123.3	133.1	109.3	107.3	119.0	107.0	114.5	121.1	**	**
TDN摂取量											
放 牧 草	88.9	70.4	65.4	73.7	54.5	48.4	75.2	61.7	51.5	**	**
牧草サイレーシ	0.0	16.7	27.4	0.0	17.0	30.5	0.0	17.8	31.9	**	NS
合 計	88.9	87.1	92.9	73.7	71.5	78.9	75.2	79.5	83.4	**	**

§1: 有意差, ** : $P < 0.01$, * : $P < 0.05$, NS: 有意差なし ($P > 0.05$).

§2: 処理, O : 牧草サイレージ無給与区、3 : 牧草サイレージ給与量 3 kgDM/日、6 : 牧草サイレージ給与量 6 kgDM/日.

示した。放牧地からのDM摂取量は季節間に差がみられた ($P < 0.01$)。牧草サイレージを給与しなかった群では、MBSあたりの放牧地からのDM摂取量は春季では122g/日であった。これに対して放牧草のTDN含量が低下した夏・秋季ではそれぞれ109g/日、107g/日と春季に比べ低い値を示し ($P < 0.01$)、夏・秋季では春季に比べ放牧地からのDM摂取量は約12%ほど減少した。夏季と秋季における日平均気温には10℃前後の差がみられたが、放牧地からのDM摂取量は両者ともほぼ等しい値を示した。一方、牧草サイレージの給与により全飼料からのDM摂取量は増加した ($P < 0.01$)。MBSあたりの牧草サイレージのDM摂取量 (X : g/日) と全飼料からのDM摂取量 (Y : g/日) との間には以下の一次回帰式が得られ、いずれの季節においても牧草サイレージの給

$$\text{春季 } Y = 119.7 + 0.3X \quad r = 0.755 \quad (P < 0.05) \quad (5)$$

$$\text{夏季 } Y = 107.0 + 0.2X \quad r = 0.655 \quad (P > 0.05) \quad (6)$$

$$\text{秋季 } Y = 106.4 + 0.3X \quad r = 0.829 \quad (P < 0.01) \quad (7)$$

与量の増加にともない、全飼料からのDM摂取量は直線的に増加することが示された。しかし、これらの式の傾きは0.2~0.3であり、牧草サイレージの給与に対する全飼料からのDM摂取量の増加量は、濃厚飼料を給与した時 (0.8) に比べて少なかった。MBSあたりの牧草サイレージのDM摂取量 (X : gDM/日) とMBSあたりの放牧地からのDM摂取量 (Y : gDM/日) との間には以下の一次回帰式が得られ、この式の傾きから、牧草サイレ

$$Y = 112.3 - 0.8X \quad r = 0.877 \quad (P < 0.01) \quad (8)$$

ージ給与時におけるSRは0.8となった。すなわち牧草サイレージ給与による放牧地からのDM摂取量の減少量は

大きく、全飼料からのDM摂取量の増加量は、濃厚飼料給与時と比べ少なかった。

放牧地からのTDN摂取量も、DM摂取量と同様な傾向を示し、季節間に差がみられ ($P < 0.01$)、春季に比べ放牧草のTDN含量が低下した夏季および秋季では放牧地からのTDN摂取量は減少した。牧草サイレージを給与しなかった群におけるMBSあたりのTDN摂取量は春季では89g/日であったのに対して、夏・秋季ではそれぞれ74g/日、75g/日と春季に比べ低い値を示した ($P < 0.01$)。一方、牧草サイレージの給与は全飼料からのTDN摂取量に影響をおよぼし ($P < 0.01$)、MBSあたりの牧草サイレージのDM摂取量 (X : g/日) と全飼料からのTDN摂取量 (Y : g/日) との間には以下の一次回帰式が得られた。これらの式の傾きは3式ともほぼ等

$$\text{春季 } Y = 83.3 + 0.1X \quad r = 0.469 \quad (P > 0.05) \quad (9)$$

$$\text{夏季 } Y = 72.1 + 0.1X \quad r = 0.572 \quad (P > 0.05) \quad (10)$$

$$\text{秋季 } Y = 74.9 + 0.2X \quad r = 0.783 \quad (P < 0.05) \quad (11)$$

しく、このことから牧草サイレージの給与が全飼料からのTDN摂取量におよぼす影響は、季節に関係なく等しいことが推察された。しかし、式の傾きは0.1~0.2と小さく、放牧期における泌乳牛のTDN摂取量を向上させるという意味においては、牧草サイレージの給与効果は濃厚飼料に比べ小さいことが示された。

表16に乳量および各乳成分量、乳成分含量の結果を示した。乳量、FCM量および各乳成分量は季節の違いによる影響を受けたが ($P < 0.01$)、牧草サイレージの給与量の違いによる差はみられなかった。乳脂肪、乳蛋白質およびSNF含量に対する季節ならびに牧草サイレージの給与の影響はみられなかった。

表16 乳量、乳成分量および乳成分含量 (試験2-2)

季 節 処理 ^{§2}	春 季			夏 季			秋 季			有意差 ^{§1}	
	0	3	6	0	3	6	0	3	6	処理	季節
kg/日											
乳 量	23.1	23.5	22.0	17.5	18.6	20.0	17.3	18.4	18.1	NS	**
F C M 量	21.8	22.2	20.9	17.3	17.5	18.9	16.2	16.9	17.0	NS	**
乳 脂 肪 量	0.84	0.86	0.81	0.69	0.67	0.73	0.62	0.64	0.65	NS	**
乳 蛋 白 質 量	0.68	0.69	0.66	0.52	0.53	0.56	0.52	0.55	0.54	NS	**
S N F 量	1.98	2.00	1.90	1.48	1.55	1.66	1.43	1.56	1.53	NS	**
%											
乳 脂 肪 含 量	3.66	3.72	3.68	3.97	3.67	3.77	3.60	3.45	3.66	NS	NS
乳 蛋 白 質 含 量	2.95	2.95	2.99	3.00	2.85	2.86	2.99	2.98	3.00	NS	NS
S N F 含 量	8.58	8.53	8.63	8.48	8.31	8.38	8.28	8.44	8.45	NS	NS

^{§1}: 有意差, **: $P < 0.01$, *: $P < 0.05$, NS: 有意差なし ($P > 0.05$).

^{§2}: 処理, 0: 牧草サイレージ無給与区, 3: 牧草サイレージ給与量3 kgDM/日, 6: 牧草サイレージ給与量6 kgDM/日.

(試験2-3)

各季における気温、降水量および日照時間の結果を表10に示した。春、夏および秋季における日平均気温はそれぞれ、11.5、19.9、12.3℃であり、春季と秋季の日平均気温はほぼ等しかった。夏季における日平均気温は平年値(表2)に近い値であり、最高気温が30℃を越えた日は2日みられたが、日平均気温が25℃を越えた日はみられなかった。

放牧草ならびにとうもろこしサイレージの化学成分およびTDN含量を表17に示した。放牧草のTDN含量は、春季で最も高く、日平均気温が最も高かった夏季では春季に比べ放牧草のTDN含量は低下した。しかし、試験2-1、試験2-2と同様に、日平均気温が春季と同じ程度まで低下した秋季における放牧草のTDN含量は春季よりも低い値を示した。このように放牧草のTDN含量は季節間に差がみられたのに対して、放牧草のCP含量は季節間に明確な差はみられなかった。とうもろこしサイレージのTDN含量は約66%であり、各季の放牧草のTDN含量よりも低い値であった。一方、とうもろこしサイレージのNDFならびにADF含量はそれぞれ49%、

28%であり、放牧草の繊維質含量とはほぼ同程度であった。

放牧地および全飼料からの飼料摂取量の結果を表18に示した。放牧地からのDM摂取量は季節の違いによる差が認められた($P<0.01$)。とうもろこしサイレージを給与しなかった群では、MBSあたりの放牧地からのDM摂取量は春季では124g/日であったのに対して、放牧草のTDN含量が低下した夏季では94g/日と春季に比べ低い値を示し($P<0.01$)、秋季では113g/日であった。

表17 放牧草およびとうもろこしサイレージの化学成分ならびにTDN含量(試験2-3)

	放 牧 草			とうもろこし サイレージ
	春季	夏季	秋季	
	DM中%			
O M	93.4	91.3	88.6	89.9
C P	16.5	20.1	20.5	7.2
NDF	44.5	49.3	50.3	48.6
ADF	24.5	28.7	27.3	27.9
TDN	76.4	68.2	67.1	65.5

表18 DMならびにTDN摂取量(試験2-3)

季 節 処理 ^{\$2}	春季			夏季			秋季			有意差 ^{\$1}	
	0	3	6	0	3	6	0	3	6	処理	季節
kg/日											
DM摂取量											
放 牧 草	14.2	12.8	13.2	10.8	10.7	10.6	13.4	12.3	12.5	NS	**
C S ^{\$3}	0.0	3.0	5.8	0.0	2.6	5.0	0.0	2.1	3.8	**	*
合 計	14.2	15.7	19.0	10.8	13.3	15.6	13.4	14.5	16.2	**	**
TDN摂取量											
放 牧 草	10.8	9.7	10.1	7.4	7.2	7.2	9.0	8.2	8.4	NS	**
C S ^{\$3}	0.0	2.0	3.9	0.0	1.8	3.5	0.0	1.3	2.3	**	*
合 計	10.8	11.7	13.9	7.4	9.0	10.7	9.0	9.5	10.7	**	**
g/MBS/日											
DM摂取量											
放 牧 草	123.7	109.2	120.3	93.8	86.8	90.8	112.9	104.1	101.1	NS	**
C S ^{\$3}	0.0	25.3	53.7	0.0	21.1	42.7	0.0	18.0	30.5	**	*
合 計	123.7	134.5	174.0	93.8	108.0	133.5	112.9	122.2	131.5	**	**
TDN摂取量											
放 牧 草	94.4	83.2	91.9	64.2	58.6	62.0	75.8	69.5	67.9	NS	**
C S ^{\$3}	0.0	16.8	35.6	0.0	14.6	29.8	0.0	11.0	18.9	**	*
合 計	94.4	100.0	127.5	64.2	73.2	91.8	75.8	80.5	86.8	**	**

^{\$1}: 有意差, **: $P<0.01$, *: $P<0.05$, NS: 有意差なし ($P>0.05$).

^{\$2}: 処理, 0: とうもろこしサイレージ無給与区, 3: とうもろこしサイレージ給与量3kgDM/日, 6: とうもろこしサイレージ給与量6kgDM/日.

^{\$3}: CS, とうもろこしサイレージ.

一方、とうもろこしサイレージの給与が放牧地からのDM摂取量におよぼす影響は小さく、とうもろこしサイレージからのDM摂取量と放牧地からのDM摂取量との相関係数は-0.190と低かった。このため、とうもろこしサイレージを給与することにより全飼料からのDM摂取量は増加し、夏季以降とうもろこしサイレージを給与したことにより全飼料からのDM摂取量は春季の併給飼料無給与区のレベルまで改善できた。MBSあたりのとうもろこしサイレージのDM摂取量 (X : g/日) と全飼料からのDM摂取量 (Y : g/日) との間には以下の一次回帰式が得られた。この式の傾きは、秋季では0.6と低

$$\begin{aligned} \text{春季 } Y &= 118.1 + 1.0X \quad r = 0.848 \quad (P < 0.01) \quad (12) \\ \text{夏季 } Y &= 92.0 + 0.9X \quad r = 0.752 \quad (P < 0.05) \quad (13) \\ \text{秋季 } Y &= 112.1 + 0.6X \quad r = 0.524 \quad (P > 0.05) \quad (14) \end{aligned}$$

かったが、いずれの季節の式の傾きとも牧草サイレージを給与した試験2-2で得られた値 (0.2~0.3) よりも大きかった。すなわち日中8時間の時間制限放牧において泌乳牛へ併給飼料を給与する場合、牧草サイレージに比べとうもろこしサイレージを給与することにより、併給飼料の給与量が等しくても全飼料からのDM摂取量は高まることが示された。

放牧地からのTDN摂取量は季節の違いによる影響を受け ($P < 0.01$)、とうもろこしサイレージを給与しなかった群におけるMBSあたりの放牧地からのTDN摂取量は、春・夏・秋季でそれぞれ94g/日、64g/日、76g/日となり、春季に比べ夏・秋季では放牧地からのTDN摂取量は低下した ($P < 0.05$)。一方、とうもろこしサイレージの給与により全飼料からのTDN摂取量は増加し ($P < 0.01$)、MBSあたりのとうもろこしサイレージ

のDM摂取量 (X : g/日) と全飼料からのTDN摂取量 (Y : g/日) との間には以下の一次回帰式が得られた。

$$\begin{aligned} \text{春季 } Y &= 90.1 + 0.6X \quad r = 0.808 \quad (P < 0.01) \quad (15) \\ \text{夏季 } Y &= 62.7 + 0.6X \quad r = 0.749 \quad (P < 0.05) \quad (16) \\ \text{秋季 } Y &= 75.1 + 0.4X \quad r = 0.461 \quad (P > 0.05) \quad (17) \end{aligned}$$

これらの式から、夏季以降にみられた放牧地からのTDN摂取量の低下は、とうもろこしサイレージを給与することによって補うことが可能であることが示された。春季においてとうもろこしサイレージを給与しなかった群と夏および秋季にとうもろこしサイレージを給与した群のTDN摂取量には有意な差はみられなかった。また、これらの式の傾きは、牧草サイレージを給与した試験2-2で得られた値 (0.1~0.2) よりも大きく、濃厚飼料を給与した試験2-1で得られた値 (0.6~0.8) に近かった。

表19に乳量および各乳成分含量の結果を示した。乳量およびFCM量は季節の違いによる影響を受け ($P < 0.01$)、とうもろこしサイレージの給与量の増加にともない乳量 ($P < 0.05$)、FCM量 ($P < 0.01$) とともに増加した。乳脂肪および乳蛋白質含量はとうもろこしサイレージを給与することにより増加する傾向がみられ、SNF含量はとうもろこしサイレージの給与により増加した ($P < 0.05$)。このため乳脂肪、乳蛋白質ならびにSNF量は、とうもろこしサイレージの給与により増加し ($P < 0.01$)、夏季以降、とうもろこしサイレージを給与することにより、乳量および各乳成分生産量を、春季における併給飼料を給与しなかった群の生産レベルまで改善できた。

表19 乳量、乳成分量および乳成分含量 (試験2-3)

季 節 処理 ²	春季			夏季			秋季			有意差 ¹	
	0	3	6	0	3	6	0	3	6	処理	季節
kg/日											
乳 量	21.7	24.0	24.8	13.1	16.8	21.1	19.9	23.5	22.9	*	**
F C M 量	20.9	23.7	24.8	13.3	16.3	22.3	19.2	23.0	24.2	**	**
乳 脂 肪 量	0.82	0.94	0.99	0.54	0.64	0.92	0.75	0.91	1.00	**	**
乳 蛋 白 質 量	0.62	0.72	0.77	0.38	0.47	0.60	0.56	0.66	0.70	**	**
S N F 量	1.84	2.06	2.15	1.06	1.36	1.75	1.64	1.94	1.97	**	**
%											
乳 脂 肪 含 量	3.77	3.94	4.03	4.09	3.81	4.38	3.77	3.87	4.34	NS	NS
乳 蛋 白 質 含 量	2.88	2.99	3.11	2.89	2.79	2.84	2.82	2.80	3.05	NS	*
S N F 含 量	8.49	8.58	8.69	8.13	8.12	8.31	8.23	8.26	8.61	*	**

¹: 有意差, **: $P < 0.01$, *: $P < 0.05$, NS: 有意差なし ($P > 0.05$).

²: 処理, 0 : とうもろこしサイレージ無給与区、3 : とうもろこしサイレージ給与量 3 kg DM/日、6 : とうもろこしサイレージ給与量 6 kg DM/日。

4. 考 察

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であると考えられる。そこで本章では放牧地からの養分摂取量の季節変動と併給飼料の給与効果について検討した。

(1) 併給飼料無給与時における放牧地からの飼料摂取量

放牧期の違いが放牧地からのDM摂取量におよぼす影響を検討するため、併給飼料を給与しなかった区の3年間の値を季節と試験年次に分けて分散分析した(表20)。試験1において放牧期の進行にともない、放牧草のTDN含量の低下がみられたように、本試験においても春季に比べ夏季以降では放牧草のTDN含量は5~10%単位ほど減少した($P<0.01$)。生育時期の進行にともなう牧草のDM消化率、TDN含量ならびに代謝エネルギー含量の低下は、これまでに多くの報告^{22, 48, 90, 91, 95)}がある。北海道内において牧草の生育時期とDM消化率・TDN含量を自由採食条件下で検討した石栗の報告⁴⁸⁾では、イネ科およびマメ科牧草ともに春季に比べ夏季では、DM消化率の低下にともない自由採食量は減少すると述べている。この報告⁴⁸⁾によると、夏季間にみられるDM消化率ならびにTDN含量の低下は、牧草体中のリグニン含量が増加による繊維質消化率の低下などが原因であると述べている。また、生育温度や生育期間中の日射量がチモシーのDM消化率(in vitro)におよぼす影響を検討した古谷²²⁾の報告によると、生育温度の上昇や日射量の減少により牧草体中の可溶性炭水化物含量が減少し、その結果DM消化率は減少すると述べている。本試験では日射量は測定していないが、北海道では年間

の日射量の推移は5~6月最大値を示し、以降、次第に減少するといわれている⁶³⁾。Van Soest¹¹⁴⁾は牧草の栄養価と日長条件との関係について、暗期の増加は牧草の栄養価に負の影響を与えるだろうと述べている。これらの報告はいずれも採草利用条件下における報告であるが、再生期間の短い放牧利用条件下においても同様な機序により夏季以降放牧草のTDN含量は低下するものと考えられる。

反芻家畜において、粗飼料のDM消化率や代謝エネルギー含量の増加にともない自由採食量が増加することは一般に認められている¹⁹⁾ことから、夏季以降にみられた放牧地からのDM摂取量の減少の原因の1つとして、放牧草のTDN含量の低下が考えられた。放牧草のTDN含量と放牧地からのDM摂取量との間には有意な相関係数が得られたものの、その値は0.466($P<0.01$)と低かった。Meijs⁶⁷⁾は、牧草のDM消化率は自由採食量と密接な関係があるが、放牧飼養の場合、草地への放牧回数増加にともなう糞や尿による放牧地の汚染も放牧地からのDM摂取量の季節変動に影響をおよぼす要因であると述べている。放牧飼養の泌乳牛を供試したCorbetらの報告¹⁶⁾では、牧草のOM消化率が等しくても春季に比べ夏・秋季では放牧地からのDM摂取量が低下することが示されている。Roberts and Leaver⁹⁵⁾は、夏季以降にみられた放牧地からのDM摂取量の減少の原因として、不食地や枯草の増加が関与していると述べている。また、Phillips and Leaver⁹⁰⁾は降雨によるDM摂取量の減少を示しており、Butris and Phillips¹⁰⁾は牧草の水分含量の増加によりDM摂取量が低下すると報告しており、放牧草のTDN含量の低下以外の要因もDM摂取量の減少に関与していたと考えられる。

試験1において放牧地からのDM摂取量の減少に関与

表20 併給飼料無給与区における放牧地からのDMおよびTDN摂取量(試験2)

	季 節			年 次			有意差 ^{\$1}	
	春季	夏季	秋季	1984	1985	1986	季節	年次
摂取量	—kg/日—							
D M	14.1	12.1	13.6	14.3	12.7	12.8	**	*
T D N	10.5	8.3	9.2	10.0	8.9	9.1	**	**
	—g/MBS/日—							
D M	129.1	108.7	113.3	128.3	112.7	110.1	**	*
T D N	96.3	74.7	76.4	89.9	79.3	78.1	**	**
乳生産量	—kg/日—							
乳 量	23.0	16.1	19.1	20.8	19.3	18.2	**	NS
F CM量	21.5	15.9	18.2	19.4	18.4	17.8	**	NS

^{\$1}: 有意差, **: $P<0.01$, *: $P<0.05$, NS: 有意差なし ($P>0.05$)。

する要因の1つとして、高温環境下における暑熱ストレスが考えられた。試験2における各季節の日平均気温の3年間の平均値は、春、夏および秋季でそれぞれ13、21、11℃であり、春季と秋季の日平均気温はほぼ等しく、夏季では20℃を越えた。これに対して併給飼料無給与群におけるMBSあたりの放牧地からのDM摂取量は、それぞれ129、109、113g/日であり、日平均気温が春季と同じ程度まで低下した秋季においても放牧地からのDM摂取量は夏季の値と差はみられず、春季よりも低い値を示した ($P<0.05$)。これらのことから本試験の気候条件下において暑熱ストレスが放牧地からのDM摂取量への影響は否定できないものの、その影響は放牧草のTDN含量の影響よりも小さかったと考えられた。

(2)併給飼料の給与と放牧地からの飼料摂取量との関係

このように放牧飼養時において季節の進行にともない放牧地からのDMおよびTDN摂取量は減少することが示され、TDN摂取量の減少にともない乳生産量は減少する傾向がみられた ($r=0.564, P<0.01$)。このため放牧飼養時における乳生産量を安定的に維持するためには、併給飼料の給与などにより放牧期におけるTDN摂取量の季節変動を抑制しなければならない。しかし、併給飼料の給与により放牧地からのDM摂取量は減少し、その減少量は併給飼料によって異なっていた。各併給飼料のSRを比較してみると、濃厚飼料、とうもろこしサイレー、牧草サイレーでそれぞれ、0.2、0.1、0.8であり、牧草サイレーの給与は放牧地からのDM摂取量を減少させる割合が大きい。放牧飼養の泌乳牛に牧草サイレーを給与したMayneら⁶⁶⁾の報告におけるSRの値は0.84であり、Phillips and Leaver⁹¹⁾の報告では、

牧草サイレー給与時におけるSRは0.63~1.29の範囲であった。併給飼料の給与と放牧地からのDMならびにTDN摂取量との相関関係を表21に示した。その結果、併給飼料を給与したときの放牧地からの飼料摂取量は、放牧草のTDN含量よりも併給飼料の繊維質含量や併給飼料からの繊維質摂取量の影響を強く受け、併給飼料からの繊維質摂取量の増加にともない放牧地からの飼料摂取量は減少することが示された。飼料中の繊維質含量と自由採食量との間には負の相関があることはこれまでに示されている¹¹³⁾。

一方、放牧飼養における乳牛へのとうもろこしサイレーの給与が放牧地からのDM摂取量におよぼす影響について総説したPhillips⁸⁹⁾の報告によると、放牧草に対するとうもろこしサイレーのSRの平均値は1.0であると述べており、本試験の結果と比べて高い値を示している。しかし、青刈牧草に牧草サイレーまたはとうもろこしサイレーを25%混合して泌乳牛のDM摂取量を調べたBryant and Donnelly⁹⁾は、とうもろこしサイレーと牧草サイレーのDM消化率が等しくても、全飼料からのDM摂取量に対するサイレーからのDM摂取量の割合が25%までは牧草サイレーに比べとうもろこしサイレー給与のほうが全飼料からのDM摂取量は多く、乳脂肪、乳蛋白質および乳糖量が増加したと報告している。とうもろこしサイレーをDMで6 kg/日給与した群のとうもろこしサイレーのDM摂取割合は23~32%の範囲であった。とうもろこしサイレーに比べ牧草サイレーのほうがNDFならびにADF含量は多かった。

一方、Van Soest¹¹³⁾は、粗飼料の自由摂取量によって飼料の容積と消化管内滞留時間は重要な要因であると

表21 併給飼料の給与と放牧地からの飼料摂取量との相関関係 (試験2)

	放牧地からの飼料摂取量			
	DM摂取量		TDN摂取量	
	kg/日	g/MBS/日	kg/日	g/MBS/日
放牧草TDN含量, %	0.204	0.316*	0.448	0.524**
“ ADF含量, %	0.332**	0.127	0.048	0.012
併給飼料TDN含量, %	-0.194	-0.307*	-0.200	-0.297*
“ ADF含量, %	-0.613**	-0.651**	-0.546**	-0.569**
“ TDN摂取量, kg/日	-0.093	-0.186	-0.081	-0.162
“ “ , g/MBS/日	-0.106	-0.169	-0.087	-0.142
“ ADF摂取量, kg/日	-0.594**	-0.618**	-0.511**	-0.523**
“ “ , g/MBS/日	-0.593**	-0.520**	-0.505**	-0.491**

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

述べている。Liuら⁶⁰⁾は、自由摂取量は反芻胃内における内容物の通過速度と消化速度の積に関連していると述べている。Varga and Hoover¹¹⁵⁾の報告によると、牧草サイレージに比べとうもろこしサイレージの方が反芻胃内の消化速度定数が大きいことを示している。これらのことからとうもろこしサイレージに比べ牧草サイレージは繊維質含量が多く、さらに消化管内に滞留する時間が長いため、牧草サイレージの方がSRの値が大きくなったと考えられた。粗飼料の自由採食量の指標としてFUを採用しているINRA飼養標準⁴⁷⁾では、牧草サイレージに比べとうもろこしサイレージのFUが低い値を示している。

Forbes¹⁹⁾は飼料中の粗飼料割合が50%以上では、反芻家畜の自由摂取量は物理的要因によって制限を受けると述べている。近年、反芻胃内における飼料粒の微細化と自由採食量との関係がわが国でも論じられるようになり、低質な粗飼料源において飼料粒の微細化速度と自由採食量との間に正の相関があることが示されている⁸⁴⁾。Pondら⁹²⁾は放牧飼養時における乳牛の消化管部位別の飼料粒の粒度分布とDM摂取量との関連について検討している。

このように日中8時間の時間制限放牧において、春季に比べ夏季以降では放牧地からのDM摂取量の減少がみられ、試験1における昼夜放牧と同様に、放牧への依存度を高めた放牧条件では、放牧地からのDMおよびTDN摂取量の季節変動が大きいことが示された。また、放牧地からの養分摂取量の季節変動に対して、併給飼料を給与することにより全飼料からのDMおよびTDN摂取量の減少を抑えることが可能であることが示された。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、その減少割合は併給する飼料によって異なることが示された。とうもろこしサイレージを給与した場合、放牧地からのDM摂取量の減少割合は小さく、夏季および秋季に給与することにより乳生産レベルを春季の併給飼料無給与区のレベルまで改善できた。これに対して牧草サイレージを給与した場合、放牧地からのDM摂取量の減少割合は大きかった。このため夏季および秋季に牧

草サイレージを6 kgDM/日給与してもMBSあたりのTDN摂取量ならびに乳生産量を春季の牧草サイレージ無給与群のレベルまで向上させることができなかった。Phillipsの総説⁸⁹⁾によると、牧草サイレージのSRの値は放牧条件により変化し、割り当て草量が十分な場合、SRの値はさらに高くなると述べている。これらのことから放牧への依存度をさらに高めた場合、乳生産に対する牧草サイレージの給与効果はさらに低くなると考えられる。Leaver⁵⁷⁾は乳生産に対する牧草サイレージの給与効果は、割り当て草量が制限され、かつ牧草サイレージの栄養価も良好な条件下において期待できると述べている。

一方、濃厚飼料を給与した場合、放牧地からのDM摂取量の減少割合は小さく、夏季および秋季に濃厚飼料を給与することにより全飼料からのDM摂取量を春季の濃厚飼料無給与区のレベルまで向上させることができた。しかし、濃厚飼料の給与によりTDN摂取量は増加したものの、乳生産に対する明確な改善効果は認められなかった。試験1においても春季では時間制限放牧区に比べ昼夜放牧区においてTDN摂取量は多く、NDF摂取量はほぼ等しかったものの、乳量には差はみられず、乳脂肪量はむしろ時間制限放牧区のほうが多かった。乾草と濃厚飼料の混合比率を変えた飼料を子牛に給与した関根らの報告⁹⁷⁾では、飼料中の濃厚飼料割合の増加にともない細胞壁構成成分の消化率が低下することが示されている。Thomson¹⁰⁷⁾は穀類を主体としたエネルギー源の給与は、反芻胃内における繊維質の消化の低下を招き、乳生産に対する改善効果は小さいと述べている。また、トウモロコシとビートパルプの比率を変えた濃厚飼料を放牧飼養の泌乳牛に給与したMeijsの報告⁶⁸⁾では、ビートパルプの比率を高めた飼料を給与した群において飼料摂取量、乳量および乳脂肪量ともに高い値を示している。このことから放牧+濃厚飼料という組み合わせにおける乳脂肪生産量の低下の原因として、繊維質摂取量の不足とともに反芻胃内における繊維質の消化性についても考慮する必要があると考えられた。

第Ⅳ章 時間制限放牧における併給飼料の給与法（試験3）

1. 結 言

これまでに放牧地からの養分摂取量は放牧季節によって変動し、昼夜放牧のような放牧への依存度が高い飼養条件下では放牧期における乳生産は不安定になりやすいことを示してきた。このため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、併給飼料の給与の必要性が示された。試験2では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ついて検討した。その結果、放牧地からのDM摂取量は併給飼料の種類の違いによる影響を受け、併給飼料の給与によりDM摂取量は必ずしも加算的に増加しないことが示された。試験2において牧草サイレージの給与による放牧地からのDM摂取量の減少量は大きく、SRは0.8であった。これに対して濃厚飼料やとうもろこしサイレージの給与が放牧地からのDM摂取量におよぼす影響は小さく、放牧飼養時において濃厚飼料やとうもろこしサイレージの給与は牧草サイレージの給与に比べ、全飼料からのDM摂取量を向上させる効果が大きいことが示された。しかし、作物の栽培期間の気温が低く、日照時間が短い地域では、とうもろこしの栽培はリスクが大きい。また、放牧期にとうもろこしサイレージを給与するためには、収穫後6～12月もの間サイロ内で貯蔵しなければならない⁸⁹⁾。これらのことから寒冷寡照地域では放牧期におけるとうもろこしサイレージの給与は現実的でないと思われる。また、反芻家畜による食料生産の意義を考慮すると、放牧飼養時における濃厚飼料の多給は好ましくないと思われる。

一方、時間制限放牧のようにDM摂取量に占める放牧地からのDM摂取量の割合が小さい場合、放牧地からのDM摂取量の季節変動は小さく、牧草サイレージを給与することにより放牧期における全飼料からの養分摂取量は安定的に推移し、昼夜放牧に比べ乳生産も安定的に推移することが試験1において示された。これらのことから時間制限放牧において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牧草サイレージを給与することは有効であると考えられる。

放牧地における泌乳牛の採食行動と入牧後の経過時間との関連を検討した報告¹¹⁷⁾によると、入牧後2時間は活発な採食行動がみられ、採食量や草地の利用性の向上によって短時間の時間制限放牧の有効性を述べている。しかし、前述のように放牧飼養時における牧草サイレー

ジの給与は放牧地からのDM摂取量を減少させることが予想される。短時間の時間制限放牧において牧草サイレージを多量に給与することにより乳生産は安定的に推移するが、牧草サイレージの多給は草地からのDM摂取量を減少させ、草地の利用性に対して負の影響を与えかねない。

これらのことから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DM摂取量におよぼす影響を明らかにする必要がある。そこで試験3では、時間制限放牧における牧草サイレージと放牧地からのDM摂取量との関連を検討するとともに、養分摂取量と乳生産との関連について検討を行い、時間制限放牧飼養における乳生産向上のための牧草サイレージを中心とした飼料給与方法について考察する。

2. 試験方法

(i) 3時間制限放牧における牧草サイレージの給与が養分摂取量ならびに乳生産におよぼす影響（試験3-1）

試験期間は1989年6月4日から8月27日までの12週間とし、試験期間を各3週間ずつⅠ期（6月4日～6月25日）、Ⅱ期（6月26日～7月16日）、Ⅲ期（7月17日～8月6日）、Ⅳ期（8月7日～8月27日）に分けた。供試牛はホルスタイン種泌乳牛（経産牛）を各期10頭ずつ用いた。乳期の終了などにより試験期毎に供試牛の入れ替えをした。各試験期における供試牛の乳期別頭数を表22に示した。

放牧地はオーチャードグラス主体混播草地2.6haを供

表22 各試験期における供試牛の平均分娩後日数ならびに乳期別の供試頭数（試験3-1）

試 験 期 ^{§1}	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
	— 日 —			
分娩後日数	124	146	167	187
頭 数	— 頭 —			
泌乳前期 ^{§2}	4	4	2	2
泌乳中期 ^{§2}	4	2	4	3
泌乳後期 ^{§2}	1	4	4	4

^{§1}：試験期、Ⅰ期、6.04～6.25、Ⅱ期、6.26～7.16、Ⅲ期、7.17～8.06、Ⅳ期、8.07～8.27。

^{§2}：乳期、前期、分娩後1～100日目まで、中期、分娩後101日～200日目まで、後期、分娩後201日目以降。

試し、各牧区の休牧日数が14日になるように簡易電気牧柵で15牧区に分割した。放牧時間は、5:30～8:30までの1日3時間とし、入牧毎に転牧した。放牧地は試験開始前に馴致放牧のため一度利用してから試験に供した。放牧草以外の飼料は、牧草サイレージと市販の濃厚飼料を給与した。牧草サイレージはチモシー主体1番刈予乾サイレージを供試し、放牧および搾乳時間以外は自由に採食できるようにした。濃厚飼料の給与量は分娩後日数によって決定し、分娩後100日目まで、101日～200日目までおよび201日目以降の1日当りのDM給与量を、それぞれ6.8、5.1、3.4kgとした。濃厚飼料の給与時刻は、5:00と17:00とし、1日2回に分けて等量ずつ給与した。濃厚飼料給与時に、糞中へのDM排泄量を推定するために酸化クロムペレット（酸化クロム含量10%）を50gずつ給与した。水および鉱塩（日本全業工業KK）は搾乳時間以外は自由に摂取できるようにした。

放牧地からのDM摂取量は、糞中へのDM排泄量をめん羊を供試した消化試験から求めた放牧草のDM不消化率で除して求めた。乳量は毎日測定し、乳成分含量測定用の試料採取および体重測定は毎週1回火曜日に実施し、乳中の脂肪、蛋白質および乳糖含量を測定した。また、各試験期の3週目の火曜日の朝の搾乳後（10:00）に血液を採取し、尿素態窒素濃度ならびに遊離脂肪酸含量を測定した。給与飼料の化学成分および栄養価、放牧草の摂取量、乳量、乳成分の測定方法は試験1と同様とした。また血液中の尿素態窒素、遊離脂肪酸の測定は多項目自動化学分析装置（東芝 TBR-20R）により実施した。

(2) 6時間制限放牧における牧草サイレージの給与が養分摂取量と乳生産におよぼす影響（試験3-2）

試験期間は1990年5月21日から9月10日までの16週間とし、I期は予備期1週間を含む4週間とし（5月21日～6月18日）、以降は3週間ごとにそれぞれII期（6月19日～7月8日）、III期（7月9日～7月29日）、IV期（7月30日～8月19日）、V期（8月20日～9月10日）に分けた。供試牛はホルスタイン種泌乳牛（経産牛）を各期10頭ずつ用いた。乳期の終了などにより試験期毎に供試牛の入れ替えをした。各試験期における供試牛の乳期別頭数を表23に示した。

放牧地はオーチャードグラス主体混播草地2.8haを簡易電気牧柵で30牧区に分けて供試した。放牧時間は5:30～8:30と15:30～18:30までの1日6時間とし、入牧毎に転牧した。放牧草以外の飼料は試験3-1と同様に牧草サイレージと市販の濃厚飼料を供試した。牧草サイレージは放牧および搾乳時間以外は自由に摂取できる

ようにした。濃厚飼料は8:30、15:00、20:30の1日3回に分けて給与し、8:30と20:30には酸化クロムペレットを50gずつ給与した。水および鉱塩（日本全業工業KK）は搾乳時間以外は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、給与飼料の化学成分および栄養価の測定、乳量および乳成分含量の測定、血液中の尿素態窒素および遊離脂肪酸の測定ならびに体重の測定方法は試験3-1と同様とした。

表23 各試験期における供試牛の平均分娩後日数ならびに乳期別の供試頭数（試験3-2）

試験期 ^{§1}	I	II	III	IV	V
	— 日 —				
分娩後日数	150	153	181	206	249
頭 数	— 頭 —				
泌乳前期 ^{§2}	3	3	2	0	0
泌乳中期 ^{§2}	5	5	5	4	2
泌乳後期 ^{§2}	2	2	3	5	5

^{§1}: 試験期、I期、5.21～6.17、II期、6.18～7.08、III期、7.09～7.29、IV期、7.30～8.19、V期、8.20～9.10.

^{§2}: 乳期、前期、分娩後1～100日目まで、中期、分娩後101日～200日目まで、後期、分娩後201日目以降.

3. 結 果

(1) 3時間制限放牧（試験3-1）

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24に示した。日平均気温は、III期で最も高く21.5℃であり、最高気温が30℃を越えた日は、III期で4日、IV期で1日みられた。また、日平均気温が25℃を越えた日はIII期で2日みられ、7月下旬から8月上旬の平年値（表2）に比べ、夏季間の気温は低い値で推移した。

表24 各試験期における気温、降水量および日照時間（試験3-1）

試験期 ^{§1}	I	II	III	IV
気 温	— ℃ —			
日 平 均 気 温	10.2	13.4	21.5	20.1
期間最高気温	26.1	23.8	31.9	31.2
期間最低気温	-1.0	5.8	12.1	7.9
	— mm/日 —			
平 均 降 水 量	2.3	13.9	0.2	11.9
	— 時間/日 —			
平均日照時間	4.6	2.6	4.8	5.3

^{§1}: 試験期、I期、5.21～6.17、II期、6.18～7.08、III期、7.09～7.29、IV期、7.30～8.19、V期、8.20～9.10.

放牧草、牧草サイレージおよび濃厚飼料の化学成分ならびにTDN含量、さらに各試験期における放牧地の草量および草丈を表25に示した。放牧草のTDN含量は、I期、II期では約75%であったのに対して、III期、IV期ではそれぞれ66%、64%となり、春季に比べ夏季において放牧草のTDN含量は低下した。牧草サイレージのTDN含量は66%であり、NDFおよびADF含量はいずれも放牧草に比べ約10%単位ほど多かった。

DMおよび養分摂取量を表26に示した。放牧地からのDM摂取量はI期で6.0kgとやや高い値を示したが、放

牧期の違いによる有意な差は認められず、全期間の平均値は5.0kg/日であった。一方、牧草サイレージからのDM摂取量は、I～III期では11kg/日前後であったのに対して、IV期では9.5kg/日と他の期に比べ少なかった($P<0.05$)。濃厚飼料からのDM摂取量は、試験期の違いによる差はみられず、全期間の平均値は5.6kg/日であった。このため全飼料からのDM摂取量は、I期からIII期までは有意な差はみられず21kg/日以上であったが、IV期では19.8kg/日とIおよびII期に比べ少なかった($P<0.05$)。

表25 放牧草、牧草サイレージおよび濃厚飼料の化学成分ならびにTDN含量と放牧地の草量 (試験3-1)

試験期 ^{\$1}	放 牧 草				牧 草 サイレージ	濃 厚 飼 料
	I	II	III	IV		
	DM中%					
O M	93.5	91.3	89.8	89.3	91.1	95.3
C P	14.5	17.0	19.0	18.0	14.9	19.2
NDF	52.9	53.8	52.0	51.0	61.4	10.0
ADF	29.0	30.9	31.4	30.7	42.0	5.0
TDN	75.6	75.0	65.6	63.7	66.7	91.4
	g DM/m ²					
草 量	145.0	75.0	72.2	211.5		
	cm					
草 丈	36.3	38.5	40.6	45.3		

^{\$1}: 試験期、I期, 6.04~6.25、II期, 6.26~7.16、III期, 7.17~8.06、IV期, 8.07~8.27。

表26 試験期ならびに乳期別の飼料摂取量 (試験3-1)

	試 験 期 ^{\$1}				乳 期 ^{\$2}		
	I	II	III	IV	前期	中期	後期
	kg/日						
飼料摂取量							
D M 放 牧 草	6.0	4.5	4.8	4.7	5.1	4.8	5.1
G S ^{\$3}	10.7 ^A	11.6 ^A	10.8 ^A	9.5 ^B	11.2	10.6	10.2
濃厚飼料	5.8	5.7	5.5	5.6	6.8 ^A	5.6 ^{AB}	4.7 ^B
合 計	22.5 ^A	21.8 ^A	21.1 ^{AB}	19.8 ^B	23.1 ^A	20.9 ^{AB}	20.1 ^B
TDN	16.9 ^A	16.3 ^A	15.3 ^{AB}	14.5 ^B	17.3 ^A	15.4 ^B	14.6 ^B
C P	3.6	3.6	3.6	3.3	3.8 ^A	3.4 ^{AB}	3.3 ^B
NDF	10.3 ^A	10.1 ^A	9.7 ^A	8.8 ^B	10.2	9.6	9.5
ADF	6.5 ^A	6.5 ^A	6.3 ^A	5.7 ^B	6.2	6.6	6.1
	g/MBS/日						
飼料摂取量							
D M	175.3 ^A	170.5 ^A	163.8 ^{AB}	151.6 ^B	177.9 ^A	166.8 ^{AB}	152.4 ^B
TDN	131.9 ^A	127.6 ^A	118.7 ^{AB}	110.6 ^B	133.4 ^A	123.1 ^{AB}	111.1 ^B

^{\$1}: 試験期、I期, 6.04~6.25、II期, 6.26~7.16、III期, 7.17~8.06、IV期, 8.07~8.27。

^{\$2}: 乳期、前期, 分娩後1~100日目まで、中期, 分娩後101日~200日目まで、後期, 分娩後201日目以降。

^{\$3}: 牧草サイレージ。

A, B: 試験期または乳期間において異符号間に有意差あり ($P<0.05$)。

放牧地ならびに牧草サイレージからのDM摂取量は分娩後日数の違いによる影響はみられず、分娩後100日目まで、101日目～200日目と201日目以降の乳牛の放牧地からのDM摂取量はそれぞれ5.1、4.8、5.1kg/日であり、牧草サイレージからのDM摂取量はそれぞれ11.2、10.6、10.2kg/日であった。濃厚飼料は分娩後日数に応じて給与したため、濃厚飼料からのDM摂取量は分娩後日数の経過とともに減少した。分娩後100日目までと101日目～200日目と201日目以降の乳牛の全飼料からのDM摂取量はそれぞれ23.1、20.9、20.1kg/日となり、泌乳後期に比べ泌乳前期において全飼料からのDM摂取量は多かった ($P<0.05$)。

放牧地からのTDN摂取量は試験期の進行にともない減少する傾向がみられ、Ⅳ期ではⅠ期に比べ放牧地からのTDN摂取量は少なかった ($P<0.05$)。牧草サイレージからのTDN摂取量は、Ⅰ～Ⅲ期では、7.1kg/日以上であったのに対して、Ⅳ期では6.4kg/日とⅡ期に比べ少なかった ($P<0.05$)。全飼料からのTDN摂取量は、Ⅰ、Ⅱ、ⅢおよびⅣ期でそれぞれ16.9、16.3、15.3、14.5kg/日となり、Ⅳ期ではⅠおよびⅡ期に比べ少なかった ($P<0.05$)。一方、全飼料からのTDN摂取量は分娩後100日目までと101日目～200日目と201日目以降でそれぞれ17.3、15.4、14.6kg/日となり、泌乳後期に比べ泌乳前期において全飼料からのTDN摂取量は多かった ($P<0.05$)。

全飼料からのCP摂取量はⅣ期で少ない値を示したが、試験期の違いによる有意な差はみられず、CP摂取量に対するTDN摂取量の比は4.3～4.7の範囲であり、試験Ⅰの時間制限放牧区と同じ範囲であった。全飼料からのCP摂取量は、泌乳後期に比べ泌乳前期において多かった ($P<0.05$)。一方、NDFおよびADF摂取量は、いずれもⅠ～Ⅲ期に比べⅣ期で少なく ($P<0.05$)、DM摂取量とはほぼ同様な傾向を示した。しかし、DM摂取量に占めるNDFおよびADF摂取量の割合は、試験期の違いによる差はみられず、それぞれ46、30%前後であった。また、NDFおよびADF摂取量は、いずれも乳期の違いによる差はみられなかった。

乳量および乳成分含量を表27に示した。乳量およびFCM量ともにⅠ期に比べⅢ、Ⅳ期において減少する傾向がみられたが有意な差ではなく ($P>0.05$)、全期間における乳量ならびにFCM量の平均値はそれぞれ26.8、26.9kg/日であった。分娩後100日目までと101日目～200日目と201日目以降における乳量はそれぞれ、33.8、25.4、21.7kg/日であり、FCM量はそれぞれ33.3、25.7、22.2kg/日であり、いずれも乳期の進行にともない減少した ($P<0.05$)。各乳成分量は試験期の違いによる差はみられず、また、各乳成分含量も試験期の違いによる差はみられなかった。全期間における乳脂肪、乳蛋白質、乳糖およびSNF含量の平均値はそれぞれ4.07、3.09、4.57、8.66%であった。

表27 試験期ならびに乳期別の乳量、乳成分量および乳成分含量 (試験3-1)

	試験期 ^{§1}				乳期 ^{§2}		
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	前期	中期	後期
	kg/日						
乳量	28.3	27.8	26.3	26.4	33.8 ^A	25.4 ^B	21.7 ^C
FCM量	28.6	28.1	27.0	26.4	33.3 ^A	25.7 ^B	22.2 ^C
乳脂肪量	1.14	1.12	1.09	0.97	1.32 ^A	1.04 ^B	0.93 ^C
乳蛋白質量	0.86	0.83	0.79	0.78	0.97 ^A	0.78 ^B	0.70 ^C
乳糖量	1.28	1.29	1.20	1.13	1.56 ^A	1.16 ^B	0.98 ^C
SFN量	2.42	2.40	2.25	2.16	2.87 ^A	2.20 ^B	1.90 ^C
	%						
乳脂肪含量	4.06	4.06	4.17	4.00	3.92	4.11	4.18
乳蛋白質含量	3.07	3.03	3.04	3.21	2.87 ^A	3.09 ^{AB}	3.27 ^B
乳糖含量	4.51	4.63	4.59	4.56	4.62	4.58	4.53
SNF含量	8.58	8.67	8.62	8.76	8.49	8.67	8.80

^{§1}: 試験期、Ⅰ期、6.04～6.25、Ⅱ期、6.26～7.16、Ⅲ期、7.17～8.06、Ⅳ期、8.07～8.27。

^{§2}: 乳期、前期、分娩後1～100日目まで、中期、分娩後101日～200日目まで、後期、分娩後201日目以降。

A,B,C: 試験期または乳期間において異符号間に有意差あり ($P<0.05$)。

表28 試験期ならびに乳期別のTDNおよびCP充足率ならびに血液中の遊離脂肪酸、尿素態窒素濃度（試験3-1）

	試験期 ^{§1}				乳期 ^{§2}		
	I	II	III	IV	前期	中期	後期
養分充足率 ^{§3}	%						
TDN	116.6	113.2	109.4	109.5	102.5 ^A	114.6 ^{AB}	118.5 ^B
CP	131.5	132.8	137.9	138.4	117.8 ^A	137.4 ^B	148.0 ^B
血液性状	$\mu\text{Eq/l}$						
遊離脂肪酸	260 ^A	239 ^{AB}	108 ^B	125 ^{AB}	271 ^A	147 ^B	135 ^B
尿素態窒素	mg/dl						
	10.1 ^A	11.1 ^A	13.0 ^{AB}	15.3 ^B	11.2	12.4	13.3

^{§1}：試験期、I期，6.04～6.25、II期，6.26～7.16、III期，7.17～8.06、IV期，8.07～8.27.

^{§2}：乳期、前期，分娩後1～100日目まで、中期，分娩後101日～200日目まで、後期，分娩後201日目以降.

^{§3}：日本飼養標準⁸⁰⁾に示された養分要求量に対する養分摂取量の割合.

A,B:試験期または乳期間において異符号間に有意差あり ($P < 0.05$).

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28に示した。試験期の違いがTDNおよびCP充足率におよぼす影響は認められず、いずれの試験期においてもTDN充足率の平均値は100%を上回り、CP充足率の平均値は135%前後で推移した。分娩後100日目までと101日目～200日目と201日目以降におけるTDN充足率はそれぞれ102、115、119%であり、泌乳前期においてもTDN充足率は100%を上回った。

血中遊離脂肪酸濃度はI、II期では250 $\mu\text{Eq/l}$ 前後であったのに対して、III、IV期では115 $\mu\text{Eq/l}$ 前後であった。分娩後100日目までと101日目～200日目と201日目以降における血中遊離脂肪酸濃度は、それぞれ271、147、135 $\mu\text{Eq/l}$ であり、いずれも北海道農業共済組合連合会が示した分娩後日数別の基準値³⁴⁾をやや上回る値であった。一方、血中尿素態窒素濃度の値はI、II期に比べIII、IV期において高い値を示す傾向がみられたが、いずれも北海道農業共済組合連合会が示した基準値³⁴⁾の範囲内であった。また、分娩後100日目までと101日目～200日目と201日目以降における血中尿素態窒素濃度の値は、それぞれ11.2、12.4、13.3 mg/dl であった。

(2) 6時間制限放牧（試験3-2）

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29に示した。日平均気温は、IV期で最も高く19.1℃であった。最高気温が30℃を越えた日ならびに日平均気温が25℃を越えた日は、試験期間中1日もみられず、夏季間の気温は平年値（表2）に比べ低い値で推移した。

放牧草、牧草サイレージおよび濃厚飼料の化学成分ならびにTDN含量を表30に示した。試験3-1と同様に、放牧草のTDN含量はI期で最も高く、その後試験期の進行にともない減少した。牧草サイレージのTDN含量は約70%であり、NDFおよびADF含量のいずれも放牧草に比べ高い値を示した。

DMおよび養分摂取量を表31に示した。放牧地からのDM摂取量はI期では11.0 kg/日 と最も高く、試験期の進行にともない放牧地からのDM摂取量は減少する傾向がみられ、I期に比べII期以降における放牧地からのDM摂取量は少なかった ($P < 0.05$)。一方、牧草サイレージからのDM摂取量はI、II期に比べ放牧地からのDM摂取量が低下したIII、IV期で増加した ($P < 0.05$)。し

表29 各試験期における気温、降水量および日照時間（試験3-2）

試験期 ^{§1}	I	II	III	IV	V
気温	$^{\circ}\text{C}$				
日平均気温	13.3	14.9	17.5	19.1	16.7
期間最高気温	27.2	26.6	29.3	28.4	27.6
期間最低気温	-0.8	5.8	9.8	10.2	8.7
平均降水量	mm/日				
	3.3	4.8	5.1	3.8	7.0
平均日照時間	時間/日				
	5.3	4.2	3.1	3.3	3.2

^{§1}：試験期、I期，5.21～6.17、II期，6.18～7.08、III期，7.09～7.29、IV期，7.30～8.19、V期，8.20～9.10.

かし、Ⅴ期における牧草サイレージからのDM摂取量は7.9kg/日とⅠ、Ⅱ期の値との間に差はみられなかった。濃厚飼料からのDM摂取量は試験期の違いによる差はみられなかったものの、供試牛の平均分娩後日数が249日となったⅤ期では4.9kg/日と他の期に比べやや少なかった。このようにⅠ期からⅢ期までは放牧地からの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ため、粗飼料および全飼料からのDM摂取量は試験期の違いによる差はみられず、それぞれ17～18、23～24kg/日の範囲であった。しかし、ⅣおよびⅤ期では放牧地からのDM摂取量の減少を牧草サイレージ

からのDM摂取量の増加によって完全に補完することはできず、全飼料からのDM摂取量はそれぞれ20.9、19.5kg/日となり、Ⅰ期に比べ少なかった ($P < 0.05$)。

分娩後100日目まで、101日目～200日目と201日目以降の乳牛の放牧地からのDM摂取量は、それぞれ9.4、7.9、6.4kg/日であり、乳期の進行にともない減少した ($P < 0.05$)。しかし、牧草サイレージからのDM摂取量は、分娩後100日目まで、101日目～200日目と201日目以降で、それぞれ7.8、9.1、10.1kg/日となり、乳期の進行にともない増加する傾向がみられた。このため粗飼料からのDM摂取量の合計は分娩後100日目まで、101日目～200

表30 放牧草、牧草サイレージおよび濃厚飼料の化学成分ならびにTDN含量と放牧地の草量 (試験3-2)

試験期 ^{§1}	放 牧 草					牧 草 サイレージ	濃 厚 飼 料
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ		
	DM中%						
O M	90.7	90.4	90.4	89.3	89.5	90.0	95.3
C P	19.4	18.9	16.3	23.6	21.4	11.8	19.2
NDF	54.2	52.7	57.8	57.6	58.2	61.4	10.0
ADF	28.9	29.3	33.5	31.2	32.3	42.0	5.0
TDN	71.6	68.4	65.2	63.3	61.5	70.3	91.4
	g DM/m ²						
草 量	86.6	68.2	163.5	158.5	144.4		
	cm						
草 丈	32.9	35.7	39.3	41.3	43.4		

^{§1}: 試験期、Ⅰ期、5.21～6.17、Ⅱ期、6.18～7.08、Ⅲ期、7.09～7.29、Ⅳ期、7.30～8.19、Ⅴ期、8.20～9.10。

表31 試験期ならびに乳期別の飼料摂取量 (試験3-2)

	試 験 期 ^{§1}					乳 期 ^{§2}		
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	前期	中期	後期
	kg/日							
飼料摂取量								
D M 放牧草	11.0 ^A	8.5 ^B	6.4 ^{BC}	4.5 ^D	6.8 ^C	9.4 ^A	7.9 ^{AB}	6.4 ^B
G S ^{§3}	7.1 ^B	8.4 ^B	11.8 ^A	11.1 ^A	7.9 ^B	7.8	9.1	10.0
濃厚飼料	5.4	5.7	5.6	5.3	4.9	6.8 ^A	6.0 ^{AB}	4.2 ^B
合 計	23.5 ^A	22.7 ^{AB}	23.8 ^A	20.9 ^{BC}	19.5 ^C	24.0 ^A	23.0 ^A	20.6 ^B
TDN	18.0 ^A	17.3 ^A	18.0 ^A	15.1 ^B	13.9 ^B	18.5 ^A	17.4 ^A	15.0 ^B
C P	4.0 ^A	3.7 ^{AB}	3.6 ^B	3.6 ^B	3.4 ^B	4.0 ^A	3.8 ^A	3.4 ^B
NDF	10.8 ^{AB}	10.2 ^{BC}	11.5 ^A	9.9 ^{BC}	9.3 ^C	10.6	10.6	10.2
ADF	6.4 ^{AB}	6.3 ^{BC}	7.3 ^A	6.4 ^{BC}	5.8 ^C	6.4	6.5	6.4
	g/MBS/日							
飼料摂取量								
D M	188.7 ^A	179.0 ^A	182.9 ^A	159.9 ^A	148.6 ^B	193.7 ^A	180.8 ^A	156.6 ^B
TDN	144.9 ^A	136.3 ^A	138.2 ^A	115.8 ^B	105.7 ^B	148.8 ^A	136.6 ^A	114.1 ^B

^{§1}: 試験期、Ⅰ期、5.21～6.17、Ⅱ期、6.18～7.08、Ⅲ期、7.09～7.29、Ⅳ期、7.30～8.19、Ⅴ期、8.20～9.10。

^{§2}: 乳期、前期、分娩後1～100日目まで、中期、分娩後101～200日目まで、後期、分娩後201日目以降。

^{§3}: 牧草サイレージ。

A, B, C, D: 試験期または乳期間において異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)。

日目と201日目以降でそれぞれ17.2、17.0、16.4kg/日となり、乳期間に差はみられなかった。全飼料からのDM摂取量は分娩後100日目まで、101日目～200日目ならびに201日目以降でそれぞれ24.0、23.0、20.6kg/日となり、泌乳後期に比べ泌乳前期および中期において高い値を示した ($P<0.05$)。

放牧地からのTDN摂取量は、試験期の進行にともない減少する傾向を示し、Ⅲ期以降ではⅠ期に比べ放牧地からのTDN摂取量は少なく ($P<0.05$)、特にⅣ期では2.8kg/日と少なかった。牧草サイレージからのTDN摂取量はⅠ期に比べⅢ、Ⅳ期で多かった ($P<0.05$)。このため全飼料からのTDN摂取量は、Ⅰ、ⅡおよびⅢ期では17～18kg/日であったが、Ⅳ、Ⅴ期では14～15kg/日となりⅠ～Ⅲ期に比べ少なくなった ($P<0.05$)。一方、全飼料からのTDN摂取量は分娩後100日目まで、101日目～200日目と201日目以降でそれぞれ18.5、17.4、15.0kg/日となり、泌乳後期に比べ泌乳前期および中期において高い値を示した ($P<0.05$)。

全飼料からのCP摂取量は、Ⅰ期で4.0kg/日と他の試験期に比べ高い値を示した ($P<0.05$) が、Ⅱ期以降は試験期の違いによる差はみられず3.4～3.7kg/日の範囲であった。CP摂取量に対するTDN摂取量の比はⅠ～Ⅲ期に比べⅤ期において低い値を示したが、各期とも4.1以上の値であった。NDFおよびADF摂取量は、牧草サ

イレージの摂取量の増加にともない増加する傾向がみられ、いずれもⅢ期において最も高い値を示した。DM摂取量に占めるNDFおよびADF摂取量の割合は、それぞれ45～48%、27～31%の範囲であった。

乳量および乳成分含量を表32に示した。乳量およびFCM量はⅠ、Ⅱ期では両者とも29kg/前後であったのに対して、全飼料からのTDN摂取量が少なく、また供試牛の平均分娩後日数が200日を越えたⅣ、Ⅴ期では乳量およびFCM量ともに21～23kg/日となり、Ⅰ、Ⅱ期に比べ乳量は少なかった ($P<0.05$)。分娩後100日目まで、101日目～200日目ならびに201日目以降における乳量は、それぞれ33.2、28.7、19.9kg/日であり、FCM量はそれぞれ31.4、28.0、19.9kg/日であり、いずれも乳期の進行にともない減少した ($P<0.05$)。各乳成分量ともにⅠ、Ⅱ期に比べⅣ、Ⅴ期において低い値を示し ($P<0.05$)、乳期の進行にともない減少した ($P<0.05$)。一方、各乳成分含量は試験期の違いによる明確な差はみられず、乳脂肪、乳蛋白質、乳糖ならびにSNF含量の全期間の平均値は、それぞれ、3.86、3.22、4.54、8.76%であった。乳脂肪および乳蛋白質含量は乳期の進行にともない増加した ($P<0.05$) のに対して、乳糖含量は泌乳前期および中期に比べ泌乳後期において低下した ($P<0.05$)。

表32 試験期ならびに乳期別の乳量、乳成分量および乳成分含量 (試験3-2)

	試 験 期 ^{§1}					乳 期 ^{§2}		
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	前期	中期	後期
	kg/日							
乳 量	29.2 ^A	29.1 ^A	26.2 ^{AB}	22.9 ^B	21.0 ^B	33.2 ^A	28.7 ^B	19.9 ^C
F C M 量	28.1 ^A	28.8 ^A	25.0 ^{AB}	22.3 ^B	21.5 ^B	31.4 ^A	28.0 ^B	19.9 ^C
乳 脂 肪 量	1.09 ^A	1.13 ^A	0.97 ^{AB}	0.87 ^B	0.88 ^B	1.21 ^A	1.10 ^A	0.80 ^B
乳 蛋 白 質 量	0.92 ^A	0.93 ^A	0.84 ^{AB}	0.73 ^B	0.70 ^B	1.00 ^A	0.92 ^A	0.66 ^B
乳 糖 量	1.34 ^A	1.33 ^A	1.21 ^{AB}	1.04 ^B	0.94 ^C	1.54 ^A	1.32 ^B	0.89 ^C
S N F 量	2.55 ^A	2.55 ^A	2.30 ^{AB}	1.99 ^B	1.86 ^B	2.87 ^A	2.53 ^B	1.75 ^C
	%							
乳 脂 肪 含 量	3.76	3.92	3.70	3.82	4.17	3.63 ^B	3.82 ^{AB}	4.01 ^A
乳 蛋 白 質 含 量	3.16	3.21	3.20	3.20	3.37	3.02 ^C	3.19 ^B	3.34 ^A
乳 糖 含 量	4.58	4.56	4.58	4.50	4.48	4.63 ^A	4.59 ^A	4.45 ^B
S N F 含 量	8.74	8.77	8.78	8.70	8.85	8.66	8.78	8.79

^{§1}: 試験期、Ⅰ期、5.21～6.17、Ⅱ期、6.18～7.08、Ⅲ期、7.09～7.29、Ⅳ期、7.30～8.19、Ⅴ期、8.20～9.10。

^{§2}: 乳期、前期、分娩後1～100日目まで、中期、分娩後101日～200日目まで、後期、分娩後201日目以降。

A,B,C: 試験期または乳期間において異符号間に有意差あり ($P<0.05$)。

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33に示した。TDN充足率はⅢ期に比べⅡ期で低い値を示した ($P<0.05$) が、いずれの試験期においてもTDN充足率は100%を上回っており、全期間の平均値は123%であった。また、TDN充足率は泌乳後期に比べ泌乳前期において低い値を示した ($P<0.05$) が、分娩後100日目まで、101日目~200日目および201日目以降において、それぞれ117、119、131%であり、泌乳前期においても100%を上回っていた。一方、CP充足率も試験期の違いにより差がみられたものの、いずれの試験期においても100%を上回り、全期間の平均値は143%であった。また、CP充足率は乳期の違いにより差がみられた ($P<0.05$) が、泌乳前期においても100%を上回っていた。

各期における血中遊離脂肪酸濃度の平均値は106~162 $\mu\text{Eq/l}$ の範囲であり、Ⅲ期に比べⅠ期において高い値を示した ($P<0.05$) (表33)。TDN摂取量の最も少なかったⅤ期では137 $\mu\text{Eq/l}$ であり、TDN充足率が最も小さかったⅡ期では130 $\mu\text{Eq/l}$ であった。また、分娩後100日目まで、101日目~200日目と201日目以降における血中遊離脂肪酸濃度は、それぞれ190、119、113 $\mu\text{Eq/l}$ であり、いずれも北海道農業共済組合連合会が示した分娩後日数別の基準値³⁴⁾の範囲内であった。一方、血中尿素態窒素濃度の値は、Ⅰ~Ⅲ期に比べⅣ、Ⅴ期で高い値を示したが、いずれも北海道農業共済組合連合会が示した基準値³⁴⁾の範囲内であった。また、分娩後100日目まで、101日目~200日目と201日目以降における血中尿素態窒素濃度の値は、それぞれ13.3、14.6、15.8 mg/dl であり、分娩後100日目までの群に比べ分娩後200日以上群において高い値を示した ($P<0.05$)。

4. 考 察

(1) 時間制限放牧における放牧地からの飼料摂取量

昼夜放牧や8時間制限放牧などのように放牧への依存度が高い場合、放牧地からのDM摂取量の季節変動が大きいことはこれまでに示してきた。しかし、3時間制限放牧では放牧地からのDM摂取量に対する試験期の違い、放牧草のTDN含量、併給飼料のDM摂取量やTDN含量、乳生産量や分娩後日数などの影響は小さかった(表34)。3時間制限放牧では、DM摂取量に占める放牧地からの摂取量の割合は21~27%と低く、放牧への依存度が小さい場合、放牧地からのDM摂取量の季節変動は小さいことが示された。3時間制限放牧では試験期間を通じて放牧地からのDM摂取量は安定して推移し、全期間における粗飼料からのDM摂取量は、 $15.7 \pm 1.7 \text{ kg/日}$ 、 $121.5 \pm 12.3 \text{ g/MBS/日}$ であった。

3時間制限放牧に比べ6時間制限放牧では、放牧地からのDM摂取量は放牧草のTDN含量や併給飼料などの影響を受け、季節の進行にともない放牧地からのDM摂取量は減少する傾向がみられた(表34)。さらに6時間制限放牧では放牧地からのDM摂取量と牧草サイレージからのDM摂取量との間には負の相関関係 ($r=-0.647$, $P<0.01$) がみられ、放牧地からのDM摂取量の低下は牧草サイレージからのDM摂取量の増加により補われた。このためⅠ~Ⅳ期における全飼料からのDM摂取量には有意な差はみられなかったものの、Ⅴ期ではⅠ期に比べ全飼料からのDM摂取量は少なかった。このことから放牧地からのDM摂取量の減少は、牧草サイレージによって補うことが可能であるが、その補完は必ずしも完全ではないと考えられた。

表33 試験期ならびに乳期別のTDNおよびCP充足率ならびに血液中の遊離脂肪酸、尿素態窒素濃度 (試験3-2)

	試 験 期 ^{§1}					乳 期 ^{§2}		
	I	II	III	IV	V	前期	中期	後期
養分充足率 ^{§3}	%							
TDN	124.8 ^{AB}	117.5 ^B	133.5 ^A	123.4 ^{AB}	116.5 ^{AB}	116.6 ^B	119.3 ^B	131.3 ^A
C P	148.4 ^{AB}	135.5 ^B	143.5 ^{AB}	162.3 ^A	161.6 ^A	132.4 ^B	140.2 ^A	166.5 ^A
血液性状	$\mu\text{Eq/l}$							
遊離脂肪酸	162 ^A	130 ^{AB}	106 ^B	111 ^{AB}	137 ^{AB}	271 ^A	147 ^B	135 ^B
	mg/dl							
尿素態窒素	13.0 ^C	14.1 ^{BC}	13.3 ^{BC}	18.3 ^A	15.8 ^{AB}	13.3 ^B	14.6 ^{AB}	15.8 ^B

^{§1}: 試験期、Ⅰ期、5.21~6.17、Ⅱ期、6.18~7.08、Ⅲ期、7.09~7.29、Ⅳ期、7.30~8.19、Ⅴ期、8.20~9.10。

^{§2}: 乳期、前期、分娩後1~100日目まで、中期、分娩後101日~200日目まで、後期、分娩後201日目以降。

^{§3}: 日本飼養標準⁸⁰⁾に示された養分要求量に対する養分摂取量の割合。

A,B,C: 試験期または乳期間において異符号間に有意差あり ($P<0.05$)。

表34 時間制限放牧における放牧地からのDMおよびTDN摂取量と各要因との相関関係（試験3）

要 因	3 時間制限放牧		6 時間制限放牧	
	DM摂取量	TDN摂取量	DM摂取量	TDN摂取量
6月1日からの経過日数	-0.270	-0.499**	-0.671**	-0.762**
放牧草のO M含量	0.348*	0.543**	0.674**	0.716**
〃 NDF含量	-0.057	0.268	-0.630**	-0.668**
〃 ADF含量	-0.395*	-0.528**	-0.576**	-0.682**
〃 TDN含量	0.153	0.388*	0.722**	0.786**
併給飼料DM摂取量	-0.138	-0.047	-0.536**	-0.524**
〃 NDF含量	-0.143	0.089	-0.685**	-0.652**
〃 ADF含量	-0.167	-0.105	-0.639**	-0.620**
〃 TDN含量	0.173	0.408**	0.758**	0.763**
放牧地草量	-0.138	-0.116	-0.635**	-0.687**
分娩後日数	-0.023	-0.080	-0.396*	-0.433**
F C M 量	0.155	0.188	0.389*	0.437**

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

一方、放牧地からのDM摂取量と牧草サイレージからのDM摂取量との間に負の相関がみられたことは、牧草サイレージの摂取量の増加により放牧地からのDM摂取量を必要以上に低下させたとも考えられる。全飼料からのDM摂取量は併給飼料の給与量とは正の相関がみられたが、併給飼料のNDF含量とは負の相関がみられた。そこで6時間制限放牧において併給飼料からのDM摂取量と併給飼料のNDF含量さらに放牧草のTDN含量が飼料全体からのDM摂取量におよぼす影響を重回帰分析により検討した。その結果、以下の回帰式が得られた。

$$Y = -112.38 + 0.84X_1 - 1.44X_2 + 3.77X_3$$

$$R^2 = 0.798 \quad (P < 0.01) \quad (19)$$

Y : 全飼料からのDM摂取量 (g/MBS/日)

 X_1 : 併給飼料からのDM摂取量 (g/MBS/日) X_2 : 併給飼料のNDF含量 (%) X_3 : 放牧草のTDN含量 (%)

この式から6時間制限放牧において、併給飼料の給与による放牧地からのDM摂取量の減少をできるだけ抑えつつ、全飼料からのDM摂取量を一定レベルに保つためには、牧草サイレージを自由採食させるよりも放牧草のTDN含量の変動に応じて牧草サイレージと濃厚飼料の給与量を設定することが必要であると考えられた。例えば、全飼料からのDM摂取量を全期間の平均値である174 g/MBS/日（試験期間の全平均値）を維持するためには、併給飼料のNDF含量が42%（試験期間の全平均値）で、放牧草のTDN含量が70、65%のとき、併給飼料からのDM給与量はそれぞれ99、121 g/MBS/日で十分である

ことがわかる。このことから試験3-2のⅣ期でみられた放牧地からのDM摂取量の減少やⅤ期でみられた全飼料からのDM摂取量の減少は、併給飼料の構成割合を変えることにより改善できるものと考えられた。

Phillips and Leaver⁹¹⁾ は、昼夜放牧に対して夜間牧草サイレージを自由採食させた結果、全飼料からのDM摂取量は春季では差がみられなかったが、秋季では夜間に牧草サイレージを給与したことによりDM摂取量は増加したと報告している。一方、Phillipsの総説⁸⁹⁾ では放牧飼養時における牧草サイレージ給与によるSRの平均値は1.17と高い値を示しており、牧草サイレージの給与により全飼料からのDM摂取量は必ずしも増加しないことが伺われる。Varga and Hoover¹¹⁵⁾ は、青刈牧草に比べ牧草サイレージの反芻胃内通過速度が遅いことを示している。粗飼料の自由採食量の指標としてFUを採用しているINRA飼養標準⁴⁷⁾ においても、青刈牧草に比べ牧草サイレージの方がFUの値が大きく、牧草の生育期間の増加にしたがいFUの値は大きくなることが示されている。これらのことから牧草サイレージの給与により放牧期におけるDM摂取量の変動を抑制するためには、単に繊維質含量の観点からだけでは十分とは考えにくく、消化管内における内容物の消化動態の面からの研究が必要であろう。

3時間と6時間制限放牧を比較した場合、全飼料からのDM摂取量はいずれの乳期においても両者の間に明確な差はみられず、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DM摂取量は、それぞれ約23.5、22.0、20.4 kg/日であった。日本飼養標準⁸⁰⁾ に示されてい

る泌乳牛のDM摂取量の式を用いて、本試験における各乳期の体重とFCM量から泌乳前期（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DM摂取量を算出すると、それぞれ20.5、18.5、17.5kg/日となる。とうもろこしサイレージと乾草を粗飼料源とし、粗飼料割合が55%の混合飼料を給与した早坂らの報告²⁷⁾では、泌乳前期のDM摂取量の平均値は23.8kg/日であり、FCM量は32.6kg/日であった。また、とうもろこしサイレージと牧草サイレージを粗飼料源とし、粗飼料割合70%の混合飼料を給与した原らの報告²⁶⁾では、泌乳前期（分娩後23週まで）、泌乳後期（分娩後44週まで）のDM摂取量はそれぞれ20.5、17.4kg/日であり、FCM量はそれぞれ30.6、20.4kg/日であった。このことから時間制限放牧に牧草サイレージを組み合わせた飼養条件におけるDM摂取量は、日本飼養標準の値⁸⁰⁾を上回り、混合飼料を給与する飼養形態と同程度のレベルに達することが示された。

(2)時間制限放牧における乳生産

TDN摂取量とFCM量の間には正の相関がみられ、3時間制限放牧では試験期の違いがFCM量に影響をおよぼさなかった。一方、6時間制限放牧ではTDN摂取量が減少したⅣ、Ⅴ期においてFCM量は減少した。この原因については放牧草のTDN含量の低下だけではなく、供試牛の平均分娩後日数が200日を越えたことも考慮すべきであろう。乳期の進行にともなうDM摂取量の減少は、濃厚飼料の給与量の違いによるところが大きい。Ⅳ、Ⅴ期におけるTDN摂取量の減少は、さきに述べたように併給飼料の給与方法を改善することにより向上するものと思われる。日本飼養標準⁸⁰⁾のTDN要求量に対するTDN充足率は、各試験期ならびに各乳期とも100%を上回っており、エネルギー摂取量は満たされていたと考えられ、このことは1日当たりの体重変化量や血中遊離脂肪酸含量からもうかがえる。特にエネルギー出納が負になりやすい泌乳前期（分娩後100日目まで）における体重の変化量（3時間放牧：-0.01kg/日、6時間放牧：0.62kg/日）や血中遊離脂肪酸濃度（3時間放牧：271μEq/l、6時間放牧：190μEq/l）の値から、泌乳前期の牛に対しても安定的な乳生産を維持できると考えられた。

TDN摂取量1kg当たりのFCM生産量は、3時間および6時間制限放牧でそれぞれ 1.70 ± 0.26 、 1.53 ± 0.28 kg FCM/kg TDNとなり、いずれも試験期の違いによる差はみられなかった。大久保ら⁸⁶⁾によって示された方法によって求めたGEEは、3時間および6時間制限放牧でそれぞれ35.3、31.7%となり、いずれも試験期の違い

による差はみられなかった。大久保らの報告⁸⁶⁾ではFCM生産量が15.6～17.8kg/日のとき、GEEの平均値は33.0%であったのに対して、混合飼料を給与した原ら²⁶⁾の報告からGEEを算出した結果、FCM量は24.5～26.6kg/日と本試験とはほぼ同じであったが、GEEは34～44%と高い値を示した。Holmes and Wilson⁴²⁾は放牧飼養時における維持の代謝エネルギー量は、舎飼飼養に比べ20～30%多く必要であると述べているが、算出基礎は示されていない。

放牧期における乳生産の問題点の1つとして乳成分含量の低下、特に乳脂肪生産や乳蛋白質生産の低下が指摘されており、試験1においても同様なことが示された。Sutton¹⁰⁴⁾は飼料中のADF含量が20～25%以下の場合、乳脂肪含量と摂取飼料中の繊維質含量との間には正の相関があると述べている。試験1で示したように、昼夜放牧に比べ時間制限放牧に牧草サイレージを組み合わせた飼養条件下では繊維質含量が高く、乳脂肪含量も増加した。摂取飼料中のNDFおよびADF含量はそれぞれ3時間放牧では、46.9%、29.1%、6時間放牧では45.7、29.5%であり、試験1における昼夜放牧の値（NDF:39%、ADF:23%）に比べ繊維質含量は多かった。乳脂肪生産の原料の供給は飼料と体脂肪からの2つの経路があり^{42, 104)}、泌乳初期ではエネルギー摂取量の不足により体脂肪からの脂肪酸供給が多くなることが、乳中の脂肪酸組成の変化から指摘されている¹⁰⁵⁾。試験3ではTDN充足率が100%を上回っていたことから、昼夜放牧に比べ時間制限放牧において乳脂肪量が改善された理由として、体脂肪由来によるものとは考えられにくく、繊維質摂取量の増加による飼料由来の乳脂肪生産原料の供給量が多くなったためと考えられた。

一方、試験1において昼夜放牧ではエネルギー摂取量と蛋白質摂取量との不均衡により、乳蛋白質生産に対する摂取窒素の利用効率が低下することを示した。分娩後100日目までの牛の3時間および6時間制限放牧におけるCP摂取量に対するTDN摂取量の比率はそれぞれ4.55、4.62であり、試験1の昼夜放牧群の値（3.9）よりも高かった。同様に、乳蛋白質生産に対する摂取窒素の利用効率を比較してみると、3時間および6時間制限放牧では、それぞれ24.9、24.5%であり試験1の昼夜放牧区の値（21%）よりも高かった。このことから放牧飼養時において摂取飼料中のTDNとCP摂取量の比率を高めることにより、乳蛋白質生産に対する摂取した窒素の利用性が改善されるものと考えられた。このことは昼夜放牧に比べ時間制限放牧において血中の尿素態窒素濃度が低かったことからもうかがえる。

このように時間制限放牧に牧草サイレージを組み合わせた飼養条件下では、放牧期における養分摂取量ならびに乳生産を安定的に維持させることが可能であると考えられる。そこでこのような飼養条件下においてどの程度の泌乳能力の乳牛に対応できるか検討してみた。その結果、分娩後日数（X）とFCM量（Y：kg/日）との間には以下の回帰式が得られた。3時間および6時間制限放

$$\begin{aligned} \text{3時間制限放牧} \quad Y &= 35.74 - 0.06X \\ r &= -0.839 \quad (P < 0.01) \quad (19) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{6時間制限放牧} \quad Y &= 36.26 - 0.06X \\ r &= -0.847 \quad (P < 0.01) \quad (20) \end{aligned}$$

牧ともほぼ等しい式が得られ、共分散分析の結果¹¹⁶⁾、2式の切片ならびに傾きに差はないと判断されたため、両式を1つの式にまとめた。この式から、分娩後50、150および250日目のFCM量は、それぞれ32.8、26.8、20.8

$$\begin{aligned} Y &= 35.78 - 0.06X \\ r &= -0.844 \quad (P < 0.01) \quad (21) \end{aligned}$$

kg/日と推定され、この値をもとに分娩後1～100日目、101～200日目、201～300日目のFCM量を求め、それらの和を300日間のFCM量とした。その結果、時間制限放牧における300日FCM量は8040kgとなり、時間制限放牧に牧草サイレージを組み合わせた飼養方法は、FCM量が8000kgの泌乳能力を持った乳牛に対応できるものと推察された。1乳期、8000kgの乳生産は、濃厚飼料のDM給与量が1.6tという条件下で得られたものである。これらの値は、とうもろこしサイレージを主体とした混合飼料を給与した原らの報告²⁶⁾と同程度であり、牧草サイレージを主体とした飼養条件下における和泉の報告⁵⁰⁾に比べ少ない濃厚飼料で1乳期8000kgの乳生産が可能であることが示された。