

搾乳牛の集約放牧技術の確立に関する研究 —メドウフェスク草地を焦点として—

須藤 賢司

目 次

I. 序論	45
1. 本研究の背景	45
1) 社会的背景	45
2) 技術的背景	46
2. 本研究の目的と構成	47
1) 集約放牧草地の産乳性の検証と放牧草採食量に影響する要因の解明	47
2) 集約放牧条件下におけるメドウフェスク草地の特性解明	47
3) 集約放牧草地の利用方式	48
II. メドウフェスクおよびペレニアルライグラス草地の集約放牧利用による産乳性と その比較（産乳性試験）	48
1. 目的	48
2. 材料および方法	49
1) 試験期間	49
2) 供試草地とその管理・利用	49
3) 供試牛と飼養管理	50
4) 調査項目	51
5) 放牧草採食量の推定，摂取飼料の構成および産乳成績の算出	51
6) データの処理	52
3. 結果	52
4. 考察	55
5. 小括	58
III. 搾乳牛の放牧草採食量に放牧草の量と栄養価，併給飼料摂取量，乳量および 草種が及ぼす影響（採食量試験）	58
1. 目的	58
2. 材料および方法	58
1) 放牧草採食量に対する放牧草の量と栄養価，併給飼料摂取量，乳量の影響	58
2) 放牧草採食量および放牧草からのTDN摂取量に対する割り当て草量と草種 の影響	59
3. 結果	60
1) 放牧草採食量に対する放牧草の量と栄養価，併給飼料摂取量，乳量の影響	60
2) 放牧草採食量および放牧草からのTDN摂取量に対する割り当て草量と草種 の影響	62

4. 考 察	63
1) 放牧草採食量の算出方法	63
2) 重回帰式に基づく放牧草採食量に影響する要因の検討	63
(1) 放牧草の量と栄養価の影響	63
(2) 併給飼料摂取量と乳量の影響	64
(3) 放牧草採食量向上の可能性	64
3) 放牧草採食量および放牧草からのTDN摂取量に対する割り当て草量と草種の影響	64
5. 小 括	65
IV. メドウフェスク集約放牧草地の収量, 栄養価, 永続性に草地の管理方法が及ぼす影響(草種特性試験)	65
1. 目 的	65
2. 材料および方法	65
3. 結 果	68
4. 考 察	73
1) メドウフェスク集約放牧草地の特性と利用草高	73
2) 集約放牧条件下におけるメドウフェスクの適正利用草高	73
3) メドウフェスク草地の永続性と採草兼用利用	73
5. 小 括	74
V. 総合考察および結論	74
1. 搾乳牛の放牧に必要なメドウフェスク草地およびペレニアルライグラス草地の面積	75
1) 草高と草量との関係	75
2) 利用率と1㎡当たり放牧草採食量	75
3) 休牧日数と牧区数	76
4) 割り当て草量	77
5) 昼夜放牧に必要な面積	77
6) 時間制限放牧に必要な面積	78
(1) 半日放牧	78
(2) 3時間放牧	78
2. メドウフェスクおよびペレニアルライグラス草地の集約放牧利用方式(搾乳牛40頭規模)	78
1) 放牧可能面積約18ha	78
2) 放牧可能面積約11ha	78
3) 放牧可能面積約8ha	79
(1) 放牧期間を通じて放牧時間を一定とする場合	79
(2) 季節により放牧時間を変更する場合	79
3. 結 論	79
VI. 摘 要	79
謝 辞	81
引用文献	82
略号説明	85
Summary	86

I. 序 論

1. 本研究の背景

1) 社会的背景

1961年の農業基本法制定後、日本の農政において畜産は選択的拡大作目とされ、酪農分野では第1表に総括したとおり（農林水産省統計情報部，2002・農林統計協会，1971）、経営規模拡大と乳牛の育種改良などの施策により生乳生産量の増大が図られた。すなわち、1961年から2001年までに、乳用牛飼養頭数は88万頭から173万頭へと1.9倍、1戸当たり飼養頭数は2.1頭から53.6頭へと25.5倍、生乳生産量は211万tから830万tへと3.9倍に増加した。この間、飼料作物作付け面積は371万haから953万haへと2.6倍、飼料作物収穫量は910万tから3,726万

tへと4.1倍に増加したものの、全畜種込みの主要濃厚飼料輸入量も1964年の477万tから1999年には1,870万tへと3.9倍に達した。この結果、可消化養分総量（TDN）ベースでの飼料自給率は1964年から1999年の間に69.6%から40.4%へと約30ポイント低下し、1999年における純国内産飼料自給率は26.6%であった。一方、1kg当たり乳牛用配合飼料の農家購入価格は1965年から2001年までに、34.7円から47.0円へと1.4倍、生乳100kg当たり生産費は1961年から2001年までに2,902円から6,776円へと2.3倍の上昇にとどまった。以上のように農業基本法制定後、畜産物の増産は相対的に低費用で実現されたものの、その背景には濃厚飼料を中心とする安価な輸入飼料の利用増大があり、土地基盤から遊離した頭数規模拡大による糞尿過剰の問題が派生した。たと

第1表 農業基本法制定時（1961年）と現在（2001年）の酪農に関わる畜産統計値.

Table 1. The stock raising statistics values concerned with the dairy of the time of the Agricultural Basic Law establishment (1961) and present (2001).

	1961年 (A)	2001年 (B)	比率(B/A) Ratio
乳用牛頭数（万頭） Number of dairy cattle (×10,000 head)	88	173	1.9
1戸当たり飼養頭数（頭） Number of dairy cattle per a dairy farm (head)	2.1	53.6	25.5
生乳生産量（万t） Amount of milk production (×10,000 t)	211	830	3.9
飼料作物作付け面積（万ha） Area under cultivation of forage crop (×10,000ha)	371	953	2.6
飼料作物収穫量（万t） Yield of forage crop(×10,000t)	910	3,726	4.1
主要濃厚飼料輸入量（万t） ¹⁾ Amount of imported main concentrate (×10,000t)	477	1,870	3.9
飼料自給率（TDNベース，%） ²⁾ Feed self-sufficiency rate (TDN basis,%)	69.6	40.4	
乳牛用配合飼料農家購入価格（円/kg） ³⁾ Price of formula feed for a lactating cow which dairy farm purchased (yen/kg)	34.7	47.0	1.4
生乳100kg当たり生産費（円） Production cost per 100 kg milk(yen)	2,902	6,776	2.3

¹⁾ : 1964年と1999年の統計値.

Statistics values taken in 1964 and 1999.

²⁾ : 1964年と1999年の統計値で、輸入原料から派生した濃厚飼料は国内供給分に含む.

1999年の純国内産飼料自給率は26.6%.

Statistics values taken in 1964 and 1999. The concentrate derived from imported materials is included in a part for domestic supply. Genuine feed self-sufficiency rate in 1999 were 26.6%.

³⁾ : 1965年（30kg袋）と2001年（ばら）の価格.

Price in 1965 (30 kg sack) and 2001 (in bulk).

えば、1999年の試算では、耕地面積当たりの家畜排泄物発生量が窒素換算で250kg/haを越える県が全国に7県あった（農林水産省生産局畜産部畜産企画課，2001）。近年では、輸入飼料に起因する口蹄疫やBSE（牛海綿状脳症）が発生し、また、従来は見過ごされていた河川や地下水の汚染など外部不経済（菱山，1992）も顕在化しつつあり、これらの問題への対応如何では畜産経営の存続が脅かされるまでに至っている。

このような状況下、農業基本法に代わり食料・農業・農村基本法が1999年に施行され、食料・飼料自給率の向上や自然循環機能の維持増進等の項目が掲げられた。環境への調和と資源循環に配慮した持続的農業生産に対する関心と意識が社会全体で高まりつつあることが背景にある。生産費の削減、農家所得の向上、労働時間の低減、糞尿の適切かつ効率的な処理と農地への還元等のための技術改善とあわせ、現代の生乳生産方式は新時代への適応を迫られている。

以上の社会経済条件を背景に、北海道を中心とする自給飼料基盤に恵まれた地帯では、所得率の向上と家族労働軽減などの観点から、典型的な土地利用型畜産である放牧主体の生乳生産方式が徐々に見直され、舎飼い方式から放牧飼養に転換する経営も出現しつつある。2001年北海道酪農・畜産計画では、その基本方向において、土地基盤に立脚したゆとりある経営体の育成を図るための施策として放牧の推進を柱の一つとしている。2001年における北海道の牧草作付け面積は57万ha、収穫量は1,951万tであり（農林水産省統計情報部，2002）、これらは日本の牧草作付け面積ならびに収穫量のそれぞれ、71%、64%を占め、北海道東部および北部を中心に草地酪農地帯が形成されている。また、道内の草地開発面積は1958年以降1996年までの間に26万haに達

した（北海道農政部酪農畜産課，1999）。しかし北海道全体では、乳用牛1頭当たり飼料作物作付け面積（農林省経済局統計調査部，1963・農林水産省生産局畜産部畜産企画課，2001）ならびに搾乳牛1頭当たり飼料自給率（農林水産省生産局畜産部畜産企画課，2001）が依然として低下傾向にあり、1999年においてそれぞれ47a, 55.5%（TDNベース）であった（第2表）。よって、飼料自給率の低下を阻止もしくは向上させる資源循環型の安定的な生乳生産方式を確立し、かつ酪農経営にゆとりをもたらすことのできる技術の開発が求められており、本研究が対象とする搾乳牛の集約放牧技術はこの一翼を担うものである。

2) 技術的背景

家畜の放牧飼養は舎飼い方式とは異なり、植物生産と動物生産の場を同じくする畜産物生産方式であり、家畜による牧草の採食や糞尿の排泄は草地で行われる。よって、自給飼料の収穫・調製・給与や牛舎からの糞尿搬出に関わる作業および機械・施設費が軽減される点が有利である。また、家畜が牧草を直接採食するため、飼料の収穫から給与に至る過程での養分の損失（荒，1989・小池ら，1975）がほとんど発生しない。反面、草地からの飼料供給と家畜による消費が直結しているため、植物-動物間に相互作用が生じ、その関係は複雑であるとともに、一方の条件変化がもう一方へ与える影響が大きい。よって、放牧技術の改善には両者の関係を定量的に把握することが必要である。

草地生産と家畜生産との間にはトレードオフとなる現象が少なくなく、最終生産物を安定的かつ効率よく得るためには両者のバランスを取る必要がある（大久保，1990）。この点を乳牛放牧用草地の利用に則して述べれば以下のとおりとなろう。単位面積当たり放牧頭数や牧草の季節生産性への配慮を欠

第2表 北海道における乳用牛1頭当たり飼料作物作付け面積と搾乳牛1頭当たり飼料自給率（TDNベース）。

Table 2. Area under cultivation of forage crop per a dairy cattle and feed self-sufficiency rate per a lactating cow (TDN basis) in Hokkaido.

年 Year	飼料作物作付け面積 (a) Area under cultivation of forage crop	飼料自給率 (%) Feed self-sufficiency rate
1961	64	
1965		78.4
1999	47	55.5

いた粗放な放牧方式では、草量と放牧草の栄養価の変動が大きい。このため、泌乳能力の向上により、高栄養価粗飼料の安定的供給が求められる現在の乳牛飼養体系に対応できない。また、乳牛の乾物要求量と供給される放牧草量が時期により乖離し、草量の不足あるいは過剰が発生する。草量の不足は放牧牛の乾物摂取量の低下や過放牧による草地植生の衰退を招き、乾物（養分）摂取量の不足は乳量・乳質の不安定化やボディコンディションスコア（BCS）（FERGUSONら、1994）の低下などの問題となって現れる。一方、草量の過剰は牧草の徒長を誘発し、このような場合には栄養価と嗜好性の低下や踏み倒しによる利用率の低下を生じ、放牧草採食量の不安定化あるいは減少の要因となる。また、倒伏や踏み倒しによる大量のリターの発生は牧草の再生にも悪影響を及ぼし（早川と佐藤、1970）、草地の茎数密度の低下、裸地の発生、雑草の侵入等の原因となる。このように、草地生産と家畜生産のバランスを軽視する粗放な放牧方式では、現在の高能力化した乳牛の性能を持続的に充分発揮させることは難しい。

塩谷ら（1990）は超集約的な放牧方式をスーパー放牧と称して在来型の放牧に対置し、その理論と北関東地方における実証試験の結果について報告している。そこでは、肥育素牛の放牧を対象に、草種はペレニアルライグラス（*Lolium perenne* L.）（Pr）とし、草地の乾物収量を12 t/ha以上とするため年間窒素施肥量は150–200kg/haに設定すること、草高30cm以下での放牧草利用によりTDN含有率を65%以上に維持すること、草地は放牧・採草兼用利用を行い、掃除刈りを励行すること、濃厚飼料は無給与とし、1日2回の転牧と時間制限放牧を行うこと等が技術上のポイントとして挙げられ、1ha当たりの増体量は1000kg/年に達したと述べられている。

以上の点を踏まえると、1乳期の乳量が8,000–9,000kgにも達する現代日本の乳牛を安定的に放牧飼養するためには、集約放牧の導入が不可欠と考えられる。そのために必要な技術は、搾乳牛の集約放牧に適した草種を選定した上、その特性を解明することにより草地利用を高度化し、草地の永続性を高めつつ高栄養価の放牧草を放牧期間を通じて安定的に供給可能とする草地管理技術、ならびに、草地から供給される高栄養価の放牧草が放牧家畜によって効率的に利用されることが可能な家畜管理技術である。両技術は集約放牧技術のきわめて重要な部分で

あり、最終的には融合されて集約放牧技術が確立される。なお、本技術開発に際しては、肥育素牛のスーパー放牧試験において得られた成果を農家段階での搾乳牛放牧に適合するよう調和させるとともに、技術の普及を促進する観点から、施肥量や放牧方法など、簡素化が可能と考えられる部分は簡素化することとした。

2. 本研究の目的と構成

1) 集約放牧草地の産乳性の検証と放牧草採食量に影響する要因の解明

集約放牧を実施するためには、草地管理と家畜管理とを定量化された数値に基づいて合理化・高度化する必要がある。よって、本研究では搾乳牛の集約放牧技術の確立に向け、本放牧方式における産乳性を検証するとともに、放牧草採食量をはじめとする集約放牧条件下における草地と搾乳牛に関わる係数の収集と整理を行うための試験を実施した。なお、日本で飼養される乳牛の大部分はホルスタイン種であり、乳牛の品種に関する地域性はほとんどみられない。これに対して、栽培される永年牧草種は自然条件、特に気温の影響を受け（大久保、1990）、越冬性・越夏性の点から地域性が非常に大きい。そこで本研究が対象とする地帯区分は、寒地型牧草が安定的に越夏可能であり、かつ乳牛頭数・草地面積ともに多い北海道、東北および中部高冷地とする。

2) 集約放牧条件下におけるメドウフェスク草地の特性解明

集約放牧技術のポイントの一つに高栄養草種の利用がある（落合、1995）。寒地型牧草種ではPrが栄養価と嗜好性（小林ら、1985）および再生力に優れ、集約放牧に最も適するとされている（石田、1993）。しかし、Prは耐寒性が劣り、北海道東部など少雪土壌凍結地帯では越冬が困難である（能代と平島、1978）。また、オーチャードグラス（*Dactylis glomerata* L.）（Og）は耐寒性ではPrよりも優れる（能代と平島、1978）が、その栄養価はライグラス類よりも低いとされる（SHELDRIK, 2000）。このため、これらの地帯では耐寒性と栄養価ならびに嗜好性に優れるチモシー（*Phleum pratense* L.）（TY）が多く利用され、晩生品種「ホクシュウ」利用による放牧・採草兼用利用法が提示されている（池田ら、1999・池田ら、2000・酒井ら、1996）。しかし、TYは夏以降の再生力に劣り、ケンタッキーブルーグラス（*Poa pratensis* L.）（Kb）等の地下茎型イネ科牧草を主と

する雑草の侵入を招きやすい(木曾と能代, 1994)。また、放牧利用前後の草丈に対して十分な配慮が必要であり、Prなみの放牧強度の設定や放牧専用利用は植生維持の観点から避けるべきとされている。このように、少雪土壤凍結地帯において集約放牧利用が可能な草種についてはその利用方式に十分な適性を有するものではなく、先進的な放牧酪農家をはじめとして、Prに準ずる放牧利用が可能な草種・品種開発への期待が大きい。そこで本研究では、Prの導入が困難な少雪土壤凍結地帯における集約放牧用草種として期待されているメドウフェスク (*Festuca pratensis* Huds.) (Mf) に着目した。澤田(1995)はMfの草種特性について、耐寒性、再生力、栄養価に優れ、草型はOgやTYに比べ小型で株化しにくく、短草状態を維持しやすいこと、また、夏および秋の生産割合が高いことを指摘している。よって、前述した少雪土壤凍結地帯における集約放牧用草種の耐寒性と再生力に関する問題は、Mf草地の利用により解決できる可能性がある。しかし、Mf主体草地の搾乳牛による集約放牧に関する報告はなく、その産乳性や維持年限については明らかではない。

ヨーロッパにおいてMfはPrの栽培に適さない草地における重要な寒地型牧草とされており、高標高地帯や大陸性気候地帯における輪作草地では混播草種として利用されている(VIRKAJÄRVIとJÄRVENRANTA, 2001)。EU諸国の統計では、1994年に飼料用として消費されたイネ科牧草の種子量736,000 tのうち、Mfが4,500 tであり、全消費量の6.1%を占め、その量はPr、イタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* Lam.) に次いだ(MARSHALLとHIDES, 2000)。また、北欧および東欧においてMfはTYとともに重要かつ一般的なイネ科牧草種とされている(BAKKENら, 1998・ZIMMERMANNとNÖSBERGER, 1999)。

一方、北海道農政部の調査によると、2001年の北海道内における牧草種子の流通量1,003 tのうち、TYが73%と大半を占め、これ以外のイネ科牧草ではOgが6.5%、Prが1.5%、Mfが1.1%の割合であった。1983年における北海道内の牧草種子流通量にMfが占める割合は4.6%であったので、近年のMfの利用割合は20年前に比べて減少していると認められる。これは、従来、Mfは混播の際のイネ科牧草補助草種として位置付けられていたことが一因であろう。すなわち、主体草種がTYやOgの草地では主体草種が経年的に株化することにより裸地が生じやす

く、相対的に小型なMfには、そのような株化による収量低下や裸地の発生を回避するなどの草地植生の維持機能が期待されていた。しかし昨今は、主体となるイネ科草種の育種改良により各品種の出穂期等その特性が明確にされ、各品種の特性を引き出せる栽培法が指向、実施されるようになった。このため、いずれかの草種が維持されることを期待して混播するというような方法では改良品種の特性を生かせないとする考え方がされるようになり(SHELDRIK, 2000)、Mfの利用減少につながったと考えられる。また、既述のとおり日本ではMfを主体とする草地利用法が提示されていなかったことも、種子流通量減少の理由の一つであろう。

以上の点を踏まえ、本研究では主体となる供試草種をMfとPrとし、Mfの集約放牧条件下における特性をPrと比較しつつ調査し、その適正な集約放牧利用法を確立するための試験を実施した。

3) 集約放牧草地の利用方式

集約放牧では高栄養価の放牧草を常時供給するため、放牧期間を通じて短草利用が行われる。このためには、牧草の季節生産性による春季の余剰草発生への対策として、採草兼用利用の実施あるいは単位面積当たり放牧頭数の調節を要する。この際には、放牧期間中の草地利用計画(放牧計画)の立案が重要となり、時期別の必要牧区数や1牧区面積、採草時期や採草面積の適正な算定が必要である。本研究の最終的な目的は、前述の1)および2)の目的により実施する試験から得られる集約放牧条件下における産乳性、放牧草採食量、草種特性に関する結果をもとに、集約放牧草地の利用方式をMfとPr草地の集約放牧計画として提示することである。

II. メドウフェスクおよびペレニアルライグラス草地の集約放牧利用による産乳性とその比較(産乳性試験)

1. 目的

産乳性試験では搾乳牛の昼夜放牧に集約放牧利用を行う草地を組み込み、集約放牧方式導入下における産乳性(乳量・乳質)を明らかにすることとした。その際、集約放牧草地の草種はMfとPrとした。Mfは少雪土壤凍結地帯向け草種として期待されるものの、本草種を主体とした草地の集約放牧利用による産乳性が明らかにされていないため、その解明に主眼をおいた。また、集約放牧に最適とされるPrを対

照草種とし、Mf草地とPr草地における産乳性を比較した。さらに、両草地に放牧された搾乳牛の栄養状態、放牧草と併給飼料の割合など飼料構成についても比較検証した。産乳性は1頭当たりおよび単位面積当たりの生産量として評価することを試みた。これは、産乳量を1頭当たりで評価することが多い日本においても、土地利用型畜産である放牧酪農では、作物栽培と同様、土地生産性も重要な指標と考えられるためである。

2. 材料および方法

1) 試験期間

札幌市の農林水産省北海道農業試験場（現、独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構北海道農業研究センター、以下同じ）内において、1995年から1999年まで5年間、毎年5月上旬から10月末も

しくは11月上旬まで、約180日間にわたり搾乳牛を放牧した（第3表）。ただし、放牧期間中に供試牛のうち1頭が乾乳となった1995年は、放牧を11月2日まで継続したものの、データ解析の対象とする試験期間を5月9日から9月18日までの132日間とした。

2) 供試草地とその管理・利用（第1図）

供試草地は大別して昼間放牧地と夜間放牧地とから構成された。

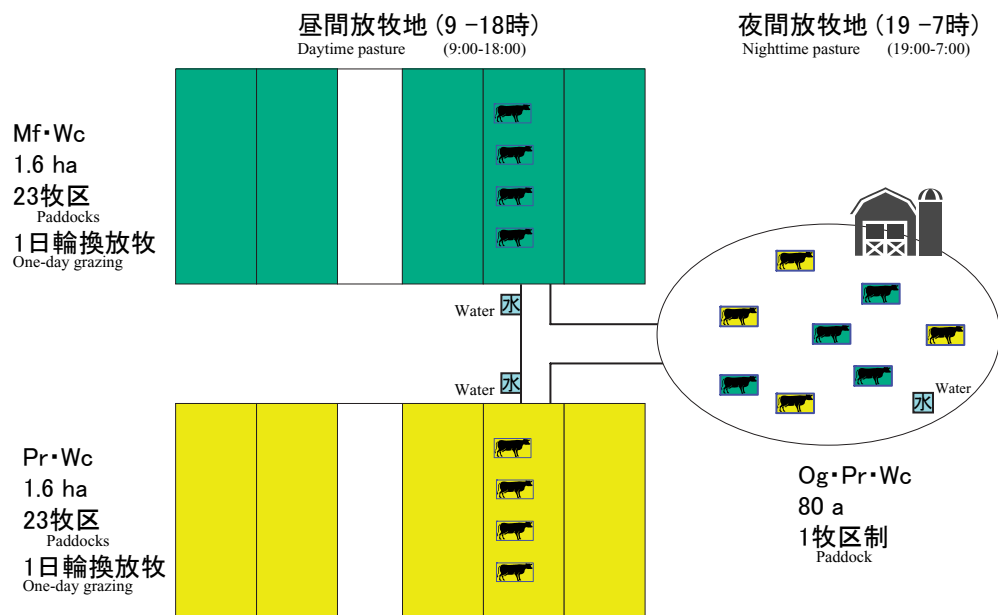
昼間放牧地は、1994年夏、グリホサート液剤により前植生を枯殺後、造成（炭酸苦土石灰施用→耕起→元肥施用→播種→鎮圧）した。播種草種はMf（品種は「トモサカエ」）およびPr（品種は「フレンド」）とし、各草地の面積は1.6haとした。また、両草地ともシロクロローバ（*Trifolium repens* L.）(Wc)（品

第3表 各年の放牧期間と放牧日数.

Table 3. Grazing period and number of grazing days in each year.

年 Year	放牧開始日 Starting date of grazing	放牧終了日 Ending date of grazing	放牧日数 Number of grazing days
1995	5.9	11.2 ¹⁾	177 ¹⁾
1996	5.15	11.6	175
1997	5.6	10.31	178
1998	5.6	11.4	182
1999	5.6	11.2	180

¹⁾ : 試験期間は5.9から9.18まで132日間.
The study period was from May 9 to Sep. 18 (132 days).



第1図 供試草地と牧区配置ならびに放牧方法の概略.

Fig.1. An outline of experimental pasture, distribution of paddocks and way of grazing.

種は「ソーニャ」を混播した。播種量はMfおよびPrは20kg/ha, Wcは2kg/haとした。

昼間放牧地は1995年から草種ごとにそれぞれ23牧区(1牧区約7a)に区分し、供試牛(後述)各4頭を昼間約9時間(9-18時)放牧した。その方式は1日輪換放牧とした。昼間放牧地では放牧・採草兼用利用を実施し、放牧利用する牧区数は放牧期間を通じてMf草地, Pr草地とも同数とした。採草牧区数は試験年により異なり、6月に9-15牧区, 7月に8-13牧区であった。5年間の平均採草面積割合は6月に約50%, 7月に約45%であった。6月に採草する牧区は春の放牧開始時から6月まで禁牧し、7月に採草する牧区は春の放牧開始時から1.5ヶ月程度放牧利用後に禁牧した。

昼間放牧地の年間追肥量は各牧区とも1ha当たり窒素(N)90kg, リン酸(P_2O_5)60kg, カリ(K_2O)40kg, マグネシウム(MgO)10kgとし、放牧開始前の4月下旬, 6月ならびに7月の採草後および8月下旬に等量分施した。また、1998年4月に炭酸カルシウム($CaCO_3$)を500kg/ha散布した。

夜間放牧地としてOg・Pr・Wc主体の草地0.8haを設けた。本来、供試草地は昼夜とも同一であることが望ましいが、昼間放牧地と牛舎等管理施設の間には道路があり、夕方の搾乳後に供試牛を昼間放牧地に誘導することが困難なため、夜間放牧地を別途設定した。

夜間放牧地では、昼間放牧地において4頭2群で放牧されている供試牛を8頭1群とし、試験期間中は毎日約12時間(19-7時)放牧した(1牧区制)。夜間放牧地の1ha当たり年間追肥量は、試験1年目の1995年は窒素60kg, リン酸40kg, カリ20kg, マグ

ネシウム10kgとしたが、2年目以降は排糞による窒素とカリの蓄積を考慮し、1996年および1997年は無施肥とし、1998年ならびに1999年にはリン酸100kgと炭酸カルシウム120kgを施用した。

昼間放牧地, 夜間放牧地とも牧柵には電気牧柵を用いた。採草兼用利用を行う昼間放牧地の内柵は、設置と撤去が容易な簡易電柵とした。放牧中、供試牛がいずれの牧区に滞牧しても自由に飲水できるよう、通路または牧区に水槽を配置した。

3) 供試牛と飼養管理

毎年の供試牛はホルスタイン種搾乳牛8頭とし、平均産次と平均分娩後日数がほぼ等しくなるよう、昼間にMf草地に放牧する群(Mf区)とPr草地に放牧する群(Pr区)とに4頭ずつ割り付けた。1995-1999年における供試牛の平均産次は2.9-4.0であり、試験期間中の平均分娩後日数は132-161日であった(第4表)。

供試牛の放牧馴致は毎年4月下旬から行い、5月上旬からの本試験へ移行した。各年とも供試牛は春季分娩の個体とし、放牧試験期間中は同一個体の供試を原則としたが、疾病等発生の場合ならびに春季分娩の個体が確保できなかった際には代替牛を供試した。供試中に発情が認められた個体には随時人工授精を行った。なお、WOODの泌乳曲線(1969)に基づく、北海道農業試験場畜産部家畜育種研究室作成の乳牛一覧表によると、各年の試験期間を通して供試した個体(延べ35例)の放牧期間および舎飼い期を含む305日の推定乳量は $9,257 \pm 1,258$ kgであった。

供試牛は既述のとおり昼夜放牧とし、毎日9時と19時にミルクパーラーで搾乳した。併給飼料(グ

第4表 供試牛の平均産次と試験期間中の平均分娩後日数.

Table 4. Average calving number and average days since calving of experimental cows during the experimental period.

年/処理区 Year/Treatment	平均産次 Average calving number		平均分娩後日数 Average days since calving	
	Mf区 Meadow fescue	Pr区 Perennial ryegrass	Mf区 Meadow fescue	Pr区 Perennial ryegrass
	1995	2.6	2.7	150
1996	3.3	3.2	147	161
1997	2.9	3.0	132	152
1998	3.5	4.0	135	143
1999	3.0	3.2	134	145
平均 Avg.	3.1	3.2	140	150

ラスサイレージ、乾草、配合飼料、ビートパルプペレット、圧片トウモロコシ等)の給与は搾乳1-2時間前にフリーストール牛舎に収容し、ドアフィーダ付きの飼槽で個別に行った。配合飼料の給与にはストールフィーダも一部併用した。夜間放牧中、放牧地とフリーストール牛舎との間は開放し、自由に往来させた。固形塩(鉍塩セレニクス、日本全薬工業)を放牧地ならびに牛舎で自由摂取させた。

飼料設計は日本飼養標準(農林水産省農林水産技術会議, 1994)を基本として行った。放牧草の乾物採食量は原則として体重の2%であることを想定し、不足する養分を併給飼料として給与した。併給飼料は、前年以前同時期の放牧草の栄養価および供試牛の状態(乳成分変化、体重の増減、BCS、牛舎収用時の腹部の膨満度)を考慮して毎週見直しを行い、個体ごとにその飼料の内容を決定した。この際、TDN含有率(%)と粗蛋白質(CP)含有率(%)との比(TDN/CP比)は4.0以上を確保すること(花田, 1995)、全飼料中の中性デタージェント繊維(NDF)含有率は40%以上を確保すること⁺を目安に飼料設計した。

4) 調査項目

乳量と併給飼料の残餌量を毎日測定した。乳成分(乳脂率、乳蛋白質率、無脂固形分(SNF)率)、体重、BCSを毎週1回測定した。乳成分の測定には近赤外分光光度計(MILKO-SCAN 133B, Foss Electric)を用いた。1996-1999年には供試牛の頸静脈血を2週間間隔で朝の搾乳後9時に採取し、摂取した可溶性炭水化物と分解性蛋白質とのバランスを検討するため血液中の尿素窒素(BUN)の濃度を求め、また、エネルギーの摂取状況を把握するため血糖(Glu)と遊離脂肪酸(NEFA)の濃度を測定した。血液成分の測定には凹面回析格子多波長光度計(オートアナライザー7250, 日立製作所)を用いた。繁殖成績は解析対象とはしないものの、参考データとするため人工授精実施日を記録し、超音波診断装置(SSD620, アロカ)によって妊娠を確認した後に受胎日を確定した。放牧草と併給粗飼料のサンプルリングを月に1-2回実施し、70°Cで48時間通風乾燥した後に粉碎して、それらの乾物消化率をTILLEY

とTERREYの方法(1963)により、CPとNDFを常法(小坂, 1994)により求めた。TDN含有率は乾物消化率からHEANEYとPIGDENの式(1963)により推定した。放牧草の栄養価と成分値の推定に当たっては、昼間放牧地と夜間放牧地における放牧草採食時間の割合が3:1であったとの落合らの報告(1998)ならびに1999年に隔週測定した結果に基づき、両放牧地の放牧草の栄養価と成分に3:1の重み付けをして算出した。濃厚飼料(ビートパルプペレットを含む)の栄養価・成分は日本標準飼料成分表(農林水産省農林水産技術会議, 1995)によった。

5) 放牧草採食量の推定、摂取飼料の構成および産乳成績の算出

放牧草採食量は「供試牛は日本飼養標準の要求量と同量のTDNを摂取し、放牧による維持要求量の増加は10%とする」との前提をおき、以下の式により推定の上、得られた値を体重比で示した。

$$\text{放牧草採食量 (kg)} = (\text{TDN要求量} - \text{併給飼料によるTDN摂取量}) \div (\text{放牧草TDN} (\%) \div 100)$$

各年のMf区およびPr区における摂取飼料の構成を検討・比較するため、放牧期間中に必要な養分量のうち、放牧草もしくは粗飼料から供給された割合をそれぞれ放牧依存率、粗飼料給与率とし(第2図)、両区におけるそれらの値を算出した。

本産乳性試験に用いた併給粗飼料は供試草地から収穫した牧草ではないが、単位面積当たりの産乳量

	粗飼料 Roughage	濃厚飼料 Concentrate
放牧草 Herbage	グラスサイレージ Grass silage	配合飼料 Formula feed
	乾草 Hay	ビートパルプペレット Beet pulp pellet
	併給粗飼料 Conserved herbage	圧片トウモロコシ Flaked corn
	併給飼料 Supplement	



第2図 本研究における供試飼料と放牧依存率および粗飼料給与率の概念。

Fig. 2. Classification of feed and definitions of nutrient from grazing and roughage in this study.

⁺北海道立根釧農業試験場(1995). 根釧地域における高泌乳牛の集約放牧技術. 北海道農業試験会議資料(平成6年度). p. 31-36.

は、併給粗飼料が供試草地から収穫されたと仮定して求め、Mf区とPr区との値を検討・比較した。

以上の各項目の具体的な算出方法は以下のとおりとした。

- TDN放牧依存率 (%) = (①-②) ÷ ① × 100
 - TDN粗飼料給与率 (%) = (①-③) ÷ ① × 100
 - ①放牧期間中の供試牛4頭のTDN要求量
 - ②併給飼料によるTDN供給量, 残餌分は控除
 - ③濃厚飼料によるTDN供給量, 残餌分は控除
 - 1 ha当たり産乳量(kg/ha) = ④ × (⑤ ÷ 100) ÷ 2.0*
 - ④放牧期間中の供試牛4頭の産乳量
 - ⑤TDN粗飼料給与率
- * : 係数の2.0は、Mf区とPr区の放牧地面積(ha)であり、各昼間放牧地面積1.6haに夜間放牧地分を0.4 haずつ加えた。
- CP放牧依存率 (%) = ⑥ ÷ ⑦ × 100

⑥放牧草からのCP供給量 : 放牧草採食量 × 放牧草CP (%) ÷ 100

⑦放牧期間中の供試牛4頭のCP要求量

6) データの処理

Mf区とPr区間の差を検討するため、II-2-4)の各調査項目ならびに5)の方法によって算出された項目につき分散分析を行った。その際、放牧草および飼料の栄養価と成分に関する項目ならびに放牧草採食量の体重比については昼間放牧地の草種を因子、試験年をブロックとする乱塊法、それ以外の項目は分娩後日数を初期条件、昼間放牧地の草種を因子、試験年をブロックとする乱塊法共分散分析(吉田, 1980b)とした。

3. 結果

Mf区とPr区の産乳性に関する値を第5表に示した。1頭1日当たりの4%脂肪補正乳(FCM)量

第5表 日FCM量と乳成分の試験期間中の平均値。

Table 5. Average daily amount of 4% fat corrected milk (FCM) and milk composition during the experimental period.

処理区 Treatment 年/有意差 Year/Difference	日FCM量 (kg) Daily FCM		乳脂率 (%) Milk fat		乳蛋白質率 (%) Milk protein		SNF (%)	
	Mf区	Pr区	Mf区	Pr区	Mf区	Pr区	Mf区	Pr区
	ns		ns		ns		ns	
1995	28.2	28.6	3.72	3.83	3.35	3.35	8.86	8.94
1996	29.4	28.7	3.80	3.61	3.32	3.14	8.82	8.58
1997	34.1	32.6	3.80	3.87	3.17	3.34	8.60	8.84
1998	36.1	35.8	4.09	3.76	3.27	3.29	8.71	8.76
1999	30.4	33.4	3.79	3.98	3.16	3.23	8.66	8.62
平均 Avg.	31.6	31.8	3.84	3.81	3.25	3.27	8.73	8.75

ns : 危険率5%水準で有意差なし。

No significant difference at the 5% level.

の5年間平均値はMf区で31.6kg, Pr区で31.8kgであった。以下同様に、Mf区, Pr区の順に示すと、乳脂率は3.84%, 3.81%, 乳蛋白質率は3.25%, 3.27%, SNFは8.73%, 8.75%であった。FCM量と乳成分の平均値はいずれも良好であり、両項目ともMf区とPr区間に有意差は認められなかった。

第6表に試験期間中の放牧草および摂取飼料の栄養価と成分、ならびに放牧草採食量の体重比と全摂取飼料中のTDN/CP比の平均値を示した。放牧草のTDN含有率は69-72%と高く、5年間の平均値はMf区が70.1%, Pr区が70.3%であった。放牧草の成分はMf区, Pr区の順に5年間の平均値で、CP含有率は19.8%, 18.5%, NDF含有率は48.9%, 48.1%

であった。放牧草の栄養価と成分では、CP含有率のみMf区が有意に高かった(P<0.01)が、TDNおよびNDF含有率に関しては区間差は認められなかった。推定放牧草採食量の体重比は5年間の平均値でMf区が1.83%, Pr区が1.91%を示し、両区間に有意差は認められなかった。全飼料中のTDN/CP比はいずれの試験年、試験区においても4.0以上であった。本項目には区間差が認められ、その比の5年間の平均値はMf区では4.21を示し、これに対してPr区の場合は4.33であり、Pr区よりもMf区の値は有意に低かった(P<0.01)。毎年、全飼料中のNDF含有率は両区とも40%以上を示し、5年間平均値でMf区が42.1%, Pr区が41.9%となり、両区間に有意差は認

第6表 試験期間中の、放牧草の栄養価と成分、推定放牧草採食量の体重比、放牧草を含む全飼料中のTDN/CP比ならびにNDF含有率（平均値±標準偏差）。

Table 6. Nutritive value of herbage, ratio of estimated amount of grazed herbage to body weight, and TDN / CP ratio and NDF % in feed including grazed grass during the experimental period (means ± standard deviations).

処理区 Treatment 年/有意差 Year / Difference	放牧草のTDN(%) TDN content of herbage		放牧草のCP(%) CP content of herbage		放牧草のNDF(%) NDF content of herbage	
	Mf区	Pr区	Mf区	Pr区	Mf区	Pr区
	ns		**		ns	
1995	69.9±3.0	69.7±4.4	18.1±2.3	16.4±2.0	49.9±3.5	48.5±4.6
1996	69.7±2.5	71.5±2.8	20.1±3.3	19.5±2.0	50.2±3.7	47.4±4.6
1997	71.1±2.1	71.0±2.1	19.1±2.4	18.2±2.2	50.0±2.8	49.7±2.8
1998	69.7±3.1	69.4±3.7	19.2±2.2	17.7±3.1	48.4±3.3	48.8±4.3
1999	70.3±3.5	69.9±3.4	22.6±3.5	20.9±3.4	46.1±4.6	45.9±5.5
平均 Avg.	70.1	70.3	19.8	18.5	48.9	48.1

処理区 Treatment 年/有意差 Year / Difference	放牧草採食量の体重比 Ratio of amount of grazed herbage to body weight		全飼料中のTDN/CP比 TDN / CP ratio in feed		全飼料中のNDF(%) NDF content in feed	
	Mf区	Pr区	Mf区	Pr区	Mf区	Pr区
	ns		**		ns	
1995	1.59±0.46	1.79±0.34	4.47±0.33	4.65±0.29	42.1±3.7	41.6±4.1
1996	1.90±0.40	1.90±0.31	3.97±0.36	4.06±0.33	44.2±4.1	43.8±4.3
1997	1.82±0.42	1.88±0.36	4.25±0.34	4.31±0.32	41.7±3.2	42.6±4.6
1998	2.02±0.41	2.06±0.42	4.27±0.30	4.45±0.42	41.8±2.7	41.3±3.1
1999	1.82±0.39	1.90±0.48	4.07±0.26	4.16±0.39	40.5±3.4	40.2±3.4
平均 Avg.	1.83	1.91	4.21	4.33	42.1	41.9

ns : 危険率5%水準で有意差なし。

No significant difference at the 5% level.

** : 危険率1%水準で有意。

Significant difference at the 1% level.

められなかった。

供試牛の体重およびBCSの5年間平均値はMf区、Pr区においてそれぞれ641.7kg, 650.8kgおよび2.85, 2.90であり、両区間に有意差はなかった（第7表）。血液成分では、BUNが16.1mg/dl, 15.7mg/dl, Gluが64.7mg/dl, 64.3mg/dl, NEFAが144.8uEq/l, 127.8uEq/lであり、いずれの項目も両区間に有意差はなかった（第7表）。

第8表に120日以上供試した試験牛の繁殖成績を空胎日数により示した。各供試牛とも概ね供試期間中に受胎したが、1999年には不受胎牛が観察され、原因として、夏季の高温とコクシジウム症の発生が考えられた。

第9表に産乳性試験における放牧依存率、粗飼料給与率および1ha当たり産乳量を示した。いずれの項目ともMf区とPr区間に有意差は認められなかった。両区のTDN放牧依存率は年により46-58%の値

を示し、5年間における平均値ではMf区が49.9%、Pr区が52.1%であった。よって、本試験では放牧期間中に必要なTDNの約半量が放牧草から供給された。CP放牧依存率は5年間の平均値でMf区が71.9%、Pr区が70.2%であった。TDN粗飼料給与率は年により56-68%の値を示し、5年間の平均値ではMf区が61.4%、Pr区が62.7%であった。よって本試験では、放牧期間中に必要なTDNの約60%を粗飼料から供給することができるという結果が得られた。1ha当たり産乳量は、試験期間が短かった1995年を除き、FCM量で6,700-8,700kgであった。Mf区とPr区の1ha当たり産乳量は、1995年を含む5年間平均値で順に6,803kg, 6,987kg, 1995年を除く4年間平均値で順に7,462kg, 7,644kgであった。なお、第10表に本試験における採草時の草量と粗飼料給与量を示した。各年とも、Mf, Pr両区の6月および7月の採草時の草量の合計は粗飼料給与量を上回り、1

第7表 供試牛の体重, BCSおよび血液成分濃度の試験期間中の平均値 (平均値±標準偏差).

Table 7. Body weight, body condition score (BCS) and concentrations of blood constituents of the cows during the experimental period (means ± standard deviations).

処理区 Treatment 年/有意差 Year / Difference	体重 (kg) Body weight		BCS		BUN(mg/dl)		Glu(mg/dl)		NEFA(uEq/l)	
	Mf区	Pr区	Mf区	Pr区	Mf区	Pr区	Mf区	Pr区	Mf区	Pr区
1995	635.5±45.0	626.0±53.6	2.74±0.44	2.82±0.19						
1996	657.6±74.2	677.4±31.7	2.91±0.34	3.07±0.20	17.3±3.8	15.7±3.7	63.3±7.5	63.4±6.0	121.3±48.0	134.8±53.9
1997	628.7±54.1	662.9±52.6	2.84±0.26	2.85±0.53	15.0±4.2	14.8±4.1	67.6±4.3	67.4±5.0	110.8±60.7	107.4±49.8
1998	675.8±49.6	659.9±47.9	2.93±0.30	2.81±0.37	15.9±2.8	16.2±3.1	61.7±3.5	61.0±4.0	162.6±106.7	151.6±106.5
1999	611.0±60.5	628.0±30.5	2.83±0.34	2.94±0.33	16.1±4.5	16.1±4.2	66.2±8.2	65.4±6.5	184.5±106.6	117.4±55.7
平均 Avg.	641.7	650.8	2.85	2.90	16.1	15.7	64.7	64.3	144.8	127.8

ns : 危険率5%水準で有意差なし.

No significant difference at the 5% level.

第8表 供試牛の繁殖成績 (120日以上供試した個体のみ).

Table 8. Fertility of cows used for the experiment over 120 days.

年 Year	処理区 Treatment	個体番号 No. of cows	空胎日数 (日) Days of non-pregnant condition	受胎時期 Pregnancy time
1995	Mf区	9	75	供試前 Before experiment
		24	53	供試中 During experiment
		29	220	供試中 During experiment
		39	176	供試中 During experiment
		平均Avg.	131.0	
1996	Pr区	15	112	供試中 During experiment
		25	232	供試中 During experiment
		34	104	供試中 During experiment
		42	82	供試中 During experiment
		平均Avg.	132.5	
1996	Mf区	15	59	馴致中 During warm-up grazing
		33	76	供試中 During experiment
		42	134	供試中 During experiment
		54	82	供試中 During experiment
		平均Avg.	87.8	
1997	Pr区	12	71	供試前 Before experiment
		24	75	供試中 During experiment
		51	73	供試中 During experiment
		53	65	供試中 During experiment
		平均Avg.	71.0	
1997	Mf区	54	91	供試中 During experiment
		58	49	供試中 During experiment
		平均Avg.	70.0	
		15	110	供試中 During experiment
		63	151	供試中 During experiment
1998	Pr区	69	283	供試後 After experimentt
		平均Avg.	181.3	
		53	127	供試中 During experiment
		58	80	供試中 During experiment
		65	124	供試中 During experiment
1998	Mf区	78	37	供試中 During experiment
		平均Avg.	92.0	
		15	61	供試中 During experiment
		54	83	供試中 During experiment
		76	118	供試中 During experiment
1999	Pr区	86	67	供試中 During experiment
		平均Avg.	82.3	
		66	55	供試中 During experiment
		78	79	供試中 During experiment
		86	不受胎 Non-pregnant	
1999	Mf区	159	不受胎 Non-pregnant	
		54	115	供試中 During experiment
		58	不受胎 Non-pregnant	
		117	251	供試後 After experimentt
		156	82	供試中 During experiment

第9表 供試期間中に必要なTDNとCPのうち、放牧草から供給されたTDNとCPの割合、粗飼料（放牧草＋併給粗飼料）から供給されたTDNの割合ならびに草地から生産されたと推定されるFCM量。

Table 9. Proportions of TDN and CP supply from grazing and roughage (grazing + conserved herbage), and estimated 4 % fat corrected milk (FCM) production from pasture.

処理区 Treatment 年/有意差 Year/Difference	放牧草から供給された割合 (%)				粗飼料から供給された TDNの割合 (%)		草地から生産された FCM量 (kg / ha)	
	TDN		CP		Proportion of supply from roughage		FCM production from pasture	
	Proportion of supply from grazing		Proportion of supply from grazing		TDN basis		pasture	
	TDN basis		CP basis		TDN basis		pasture	
	Mf区	Pr区	Mf区	Pr区	Mf区	Pr区	Mf区	Pr区
	ns		ns		ns		ns	
1995	45.8	50.0	61.6	61.3	56.2	58.6	4,168	4,357
1996	54.9	58.3	81.0	82.7	64.9	68.2	6,725	6,749
1997	47.1	51.4	64.2	67.6	59.5	63.3	7,311	7,648
1998	53.0	52.8	73.5	66.3	64.2	62.3	8,708	8,473
1999	48.7	48.1	79.4	73.1	62.3	61.0	7,104	7,707
平均 Avg.	49.9	52.1	71.9	70.2	61.4	62.7	6,803	6,987

ns : 危険率5%水準で有意差なし。
No significant difference at the 5% level.

第10表 各年の6月と7月の採草時における草量の合計値と供試牛に給与された併給粗飼料の量。

Table 10. Total amount of herbage mass when conserved herbage was harvested in June and July and amount of conserved herbage fed to experimental cows at each year.

年/処理区 Year/Treatment	草量 (t/ 昼間放牧地1.6 ha) Total amount of herbage mass (t / Daytime pasture 1.6 ha)		給与量 (t/4頭・放牧期間) Amount of feed (t / 4 head・grazing period)	
	Mf区	Pr区	Mf区	Pr区
1995	7.2	8.2	1.6	1.5
1996	6.1	5.4	1.8	1.9
1997	3.4	2.9	2.5	2.4
1998	3.3	3.9	2.3	2.2
1999	2.8	3.2	2.4	2.5

ha当たり産乳量算出に当たって設定した「併給粗飼料が供試草地から収穫された」との仮定に無理はないものと判断された。

4. 考察

産乳性試験における日FCM量、乳脂率、乳蛋白質率およびSNFいずれについてもMf区とPr区間に有意差はなかった。また、TDNおよびCPベースでの放牧依存率ならびに1ha当たり産乳量についても区間差がなかった。

Mf区とPr区の産乳性に有意差が認められなかった原因について、放牧草のTDN含有率に両区間で差がなかった点が第一の要因として考えられる。放牧草採食量の体重比にも両区間に差がなく、放牧草から

のTDN摂取量に草種間差異はないか、あったとしても小さかったものと考えられる。供試品種の「トモサカエ」(Mf)は早生、「フレンド」(Pr)は晩生であり、熟期をはじめとする生育特性が異なる(須藤ら, 1996)。このため、本産乳性試験のように輪換日数を両草種間で同一としたとき、季節によって現存量やTDN含有率に若干の差が生ずる可能性が考えられる。しかし、本試験において昼間放牧地では季節により放牧利用する牧区数を変え、余剰草は採草することにより短草利用を行ったため、TDNの季節変動が最小限に抑制された。また、TDNベースの放牧依存率は50%に達したとはいえ必要TDNの半量であり、不足する養分は併給飼料により給与された。

これらの点により、産乳性試験において放牧草からの栄養摂取量に両区間で一時的な差異が生じたとしても産乳成績に大きな影響を及ぼすほどではなく、放牧期間全体ではMf区とPr区間の産乳性に関する相違が顕在化しなかったものと考えられる。

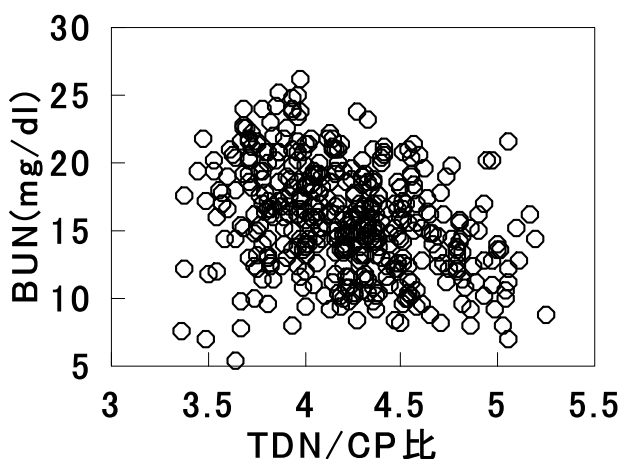
各試験年の放牧草のTDN含有率は季節変動が認められたものの、短草利用に努めたことにより、Mf区、Pr区ともに70%前後と高い値を示した。よって、集約放牧草のエネルギー濃度には、原料草段階のチモシー早刈り草(木曾と能代, 1997)以上の高い値が期待できる。乾草またはサイレージによる牧草の給与が、生草給与に比べて養分の損失が避けられない点(森本, 1985)を考慮すると、高いエネルギー濃度が求められる搾乳牛用の粗飼料源として、MfおよびPrの集約放牧草が優れていることが産乳性試験により確認できた。

放牧草のCP含有率はPr区よりもMf区において高かった。このため、全飼料中のTDN/CP比はMf区がPr区よりも低い値を示した。しかし、BUNには区間差がなかった。Mf区のTDN/CP比は相対的にPr区よりも低かったとはいえ4.0以上であり、花田(1995)が示したようにBUNに影響を及ぼすほどではなかったと考えられる。木田は、分娩後概ね50-220日の乳牛におけるBUN基準値の上限を約20mg/dlとしている(木田, 1996)。そこで、本産乳試験におけるTDN/CP比とBUNとの関係を検討したところ(第3図)、TDN/CP比が4.0以上の場合、BUNが20mg/dl

以下を示した例は90%に達した。以上の結果から、TDN/CP比を4.0以上に保持することは、放牧搾乳牛の飼料設計上の指標として有効であることが再確認された。

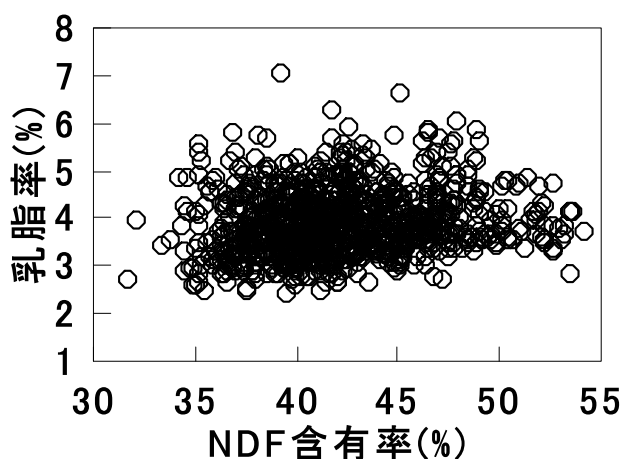
Mf区とPr区における各試験年の放牧草のNDF含有率は試験期間平均で46-50%、全飼料中のNDF含有率は40-44%を示し、両区間に差はなかった。しかし、放牧草のNDF含有率は春の放牧開始直後に両区とも40%まで低下する例が認められ、特に昼間放牧地のPr草地では40%以下となる場合もあった。日乳量が高い個体では、TDN要求量を満たすために配合飼料の増給が避けられず、放牧草のNDF含有率が低い時期には飼料全体で40%以上のNDF含有率を確保することが困難な場合があった。

一方、全飼料中のNDF含有率を40%以上に飼料設計したにもかかわらず、乳脂率が3.5%未満となる例が全測定例中の24%認められた(第4図)。乳脂率をはじめとする乳成分には個体差が大きく、全飼料中のNDF含有率が等しくとも、乳脂率に1ポイント程度の差が生じる場合がある(第5図)。このような低乳脂率個体の存在は、放牧時に低脂肪乳が発生する原因の一つとして指摘できる。また、産乳性試験では乳脂率を維持するため、NDFの補給とNDF含有率の低い配合飼料給与量を抑制する観点から、濃厚飼料の中ではNDF含有率の高いビートパルプを用いた。しかし、近年、繊維源としてのNDFの有効性は飼料により異なり、ビートパルプのNDFはその



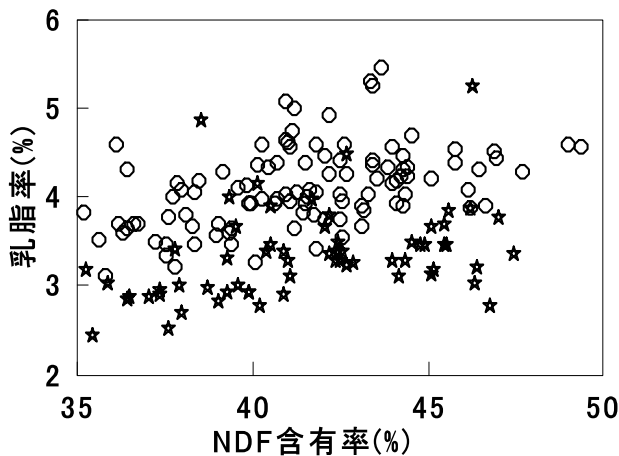
第3図 供試牛が採食した飼料のTDN/CP比とBUN濃度との関係 ($r=0.32$).

Fig.3. Relationship between TDN/CP ratio (horizontal axis) and blood urea nitrogen (BUN) concentration in cows (vertical axis).



第4図 全飼料中のNDF含有率と乳脂率との関係.

Fig.4. Relationship between NDF content in feed including grazed grass (horizontal axis, %) and milk fat (vertical axis, %).



第5図 全飼料中のNDF含有率と供試牛のうち2個体の乳脂率との関係.

Fig.5. Relationship between NDF content in feed including herbage (horizontal axis, %) and milk fat in two cows (vertical axis, %)

- : 高乳脂率個体 (r=0.48),
High-milk-fat individual
- ☆ : 低乳脂率個体 (r=0.37).
Low-milk-fat individual

有効性がアルファルファサイレージと比較して低いとする報告 (SWAINとARMENTANO, 1994) がなされている。本産乳性試験ではビートパルプのNDFを過大評価したため繊維不足が生じ、低脂肪乳が発生した可能性がある。今後、生草や併給飼料の有効NDFに関する知見の蓄積が必要であるといえよう。なお、第5図に示したように、全飼料中のNDF含有率が40%以下の場合でも乳脂率が3.5%以上に維持される個体も存在する。よって、搾乳牛の放牧飼養時における乳脂率の維持に関し採るべき対策として、飼料設計上、繊維成分の確保について充分注意することは当然ながら、乳成分に優れた種雄牛を選択し、乳成分を重視した牛群を作出することも考える必要がある。

Mf区とPr区における試験期間中の供試牛のBCS, GluおよびNEFAの平均値にも区間差は認められなかった。BCSは両区ともやや低く、若干やせ気味であった。しかし、いずれの項目とも平均値は基準値内 (木田, 1996) であり、産乳性試験において両区の供試牛に長期的なエネルギー不足はなかったものと判断される。

産乳性試験におけるTDNベースでの放牧依存率は46-58%を示し、Mf区とPr区間に有意差は認められ

なかった。また、TDNベースでの粗飼料給与率は試験1年目を除き60%以上であり、かつ最大で68.2%に達し、これらの値は北海道の酪農経営における自給粗飼料給与率53.0% (1997年) (北海道農政部酪農畜産課, 1999) を上回った。産乳性試験で得られた粗飼料給与率は最盛乳期を含む搾乳牛のみの放牧による結果であり、粗飼料給与率のより高い育成牛および乾乳牛を飼養する実際の酪農経営に本放牧方式を導入すれば、経営全体での粗飼料給与率はさらに高い水準になるものと考えられる。本産乳性試験における供試牛へのTDNの供給源は概ね放牧草5, 併給粗飼料1, 濃厚飼料4の割合であった。泌乳期間中、放牧依存率は日FCM量が高い時期に低下し、低い時期に上昇する。よって、乳牛の育種改良により種雄牛選択の範囲が拡大され、泌乳前期のピーク乳量の抑制と泌乳中後期の泌乳持続性改善が可能となれば、現行の乳量・乳質水準を維持しつつ、併給粗飼料と濃厚飼料を放牧草で代替する余地が生じ、放牧依存率をさらに向上できるであろう。

CPベースでの放牧依存率はMf, Pr区ともTDNベースの場合よりも高く、栄養比の狭い放牧草の特性を反映していた。ただし、見かけ上依存率が高い場合でも、放牧草の窒素成分はルーメン内での分解速度が速く、全てが吸収され有効利用されるとは限らないため (TANOとSHIBATA, 1984), 放牧草から供給可能な窒素成分の量と質について注意する必要がある。すなわち、見かけ上CPが充足されたとしても、放牧草由来の窒素が十分に利用されない場合、高泌乳期には蛋白質不足となる可能性がある。一方、CP要求量が低下する泌乳中後期には、TDN/CP比が低い併給飼料により窒素過剰になる場合がある。よって、ルーメン微生物による放牧草の窒素成分の取り込み量の向上 (田野と柴田, 1986) を図れるよう、泌乳中後期の併給飼料はTDN含有率が高くCP含有率が低い飼料とするなど、乳量に応じてその選択に配慮する必要がある。

産乳性試験における1ha当たり産乳量にMf, Pr区間差は認められなかった。産乳水準は試験期間が短かった1年目を除き両区ともFCM量で6,700kg以上であり、最大8,700kgと推定されたが、梅村らの報告した水準 (8,800-12,000kg) (梅村ら, 1995) には及ばなかった。梅村らの試験に比べ、本産乳性試験では気候条件の違いにより放牧期間が短かった。また、供試牛の最高日乳量水準が50kgと高く、

栄養要求量の充足を優先したため、放牧強度を上げることではなく、濃厚飼料給与量の抑制により放牧依存率を積極的に高める設定も避けた。以上の2点が本産乳性試験において1ha当たり産乳量が低かった原因として指摘できる。よって、今後さらに、併給飼料の放牧草による代替や適正な放牧強度の設定に関する研究を進めることにより放牧依存率を上げ、単位面積当たり産乳量を向上させることは可能と考えられる。

以上の結果から、産乳性試験において、1乳期の乳量が8,000–9,000kgの牛群を集約放牧により飼養可能なこと、Mf草地はPr草地と同等な産乳性を有することが明らかとなった。また、放牧期間中の飼料自給率を集約放牧の導入により60%以上に向上させられる可能性が示された。

5. 小 括

Mf草地とPr草地の産乳性の検討と比較を目的とし、放牧試験を実施した。Mf草地ならびPr草地に春季分娩牛を4頭ずつ昼間放牧し、夜間放牧地と組み合わせ、5年間にわたり毎年約180日間の昼夜放牧を行った(Mf区, Pr区)。その結果、両区牛群の日FCM量、乳成分、BCS、血液成分および放牧依存率には大差がなかった。また、両区における1ha当たり産乳量はともにFCM量で8,500kgに達し、Mf草地にはPr草地と同等の産乳性があることが明らかとなった。一方、試験1年目を除く放牧期間中の飼料自給率は、両区ともに60%以上を示し、集約放牧の効果と考えられた。

Ⅲ. 搾乳牛の放牧草採食量に放牧草の量と栄養価、併給飼料摂取量、乳量および草種が及ぼす影響(採食量試験)

1. 目 的

乳牛の放牧草採食量に影響を及ぼす要因として、MEUS(1981)は放牧草の量・消化率・草種、牛の体重・乳量水準、濃厚飼料給与量、割り当て草量、放牧方法などを挙げている。このうち草量は、その増加が必ずしも放牧草採食量の増加に結びつかないとする報告がHODGSONとJAMIESON(1981)をはじめ、多くの研究者によってなされている。一方、STOCKDALE(1985)は、草量と放牧草採食量とに正の関係が認められないとする報告の中には、草量と熟成の関係について考慮していない研究もあるとし、草量が草質に関係しない条件下では、草量の増加により放牧

草採食量の向上が期待できると述べている。よって、草量と草質の水準およびその変動の程度によっては、放牧草採食量への草量の影響が大きくなることも考えられ、これらについて再評価が必要である。日本において放牧搾乳牛を対象に草地管理条件と利用草量との関係について検討した成績には、放牧強度に着目した野中ら(1997)や春の放牧開始時の草高に焦点を当てた西道ら(2001)の報告などがあるが、概してその数は少ない。また、草量のみならず、草質、併給飼料摂取量、乳量および草種の放牧草採食量への影響を関連づけ、各要因の重みを相対的に評価した知見に乏しい。

一方、Ⅲの冒頭で述べたように、放牧草採食量には併給飼料の給与も影響する。花田(1995)は搾乳牛の放牧時の併給飼料給与法について詳細に述べており、その際に昨今の高能力化した乳牛の性能を引き出すことを前提としている。これは日本では個体乳量が重視され、放牧飼養時にも産乳能力を十分に発揮することが可能な併給飼料給与法が指向される場合が多いためであろう。これに対して、放牧草を飼料の主体とする国々では、単位面積当たりの産乳性が重視され、併給飼料給与量は最小限にとどめる例が多く(VAZQUEZとSMITH, 2000)、このような条件下では乳量水準や飼養頭数は草地の生産性に規定される傾向が強い。両者の得失は経済的側面を含め別途検討する必要があるが、いずれにせよ、放牧搾乳牛を取り巻く各種環境および社会経済条件を異にする地域で得られた知見を日本の放牧技術の改善に結びつけるためには、条件の差異を踏まえた上で、比較対照可能なデータを国内で蓄積する必要がある。

以上の観点から採食量試験では、305日乳量が平均で9,257kgの搾乳牛を供試し、放牧期間中に必要なTDNの約50%を放牧草から摂取させた産乳性試験のデータをもとに、搾乳牛の放牧草採食量に放牧草の量と栄養価、併給飼料摂取量、乳量および草種が及ぼす影響について検討し、各要因が放牧草採食量へ寄与する程度を評価した。また、それらの成績に基づいて放牧草採食量を向上させる方策について論じた。

2. 材料および方法

1) 放牧草採食量に対する放牧草の量と栄養価、併給飼料摂取量、乳量の影響

放牧草採食量の測定は産乳性試験と同時に引っ

た。供試草地と供試牛およびそれらの管理、ならびに放牧草のTDN含有率の分析方法は産乳性試験と同じであった。すなわち、供試草地は昼間放牧地と夜間放牧地とから構成された。昼間放牧地はMf主体およびPr主体の草地から成り、それぞれに供試牛を各4頭、1日輪換放牧した。余剰草は6月と7月に採草した。Og・Pr・Wcを主体とする夜間放牧地は1牧区制とし、昼間放牧地では4頭2群構成とした供試牛を8頭1群で放牧した。

放牧草採食量は群単位で測定した。体重の軽重による影響を除くため、群単位の放牧草採食量を同時に同一の牧区に放牧された供試牛の合計体重で除し、体重100kg当たりの乾物量(kg)で表した。1日の放牧草採食量は昼間放牧地と夜間放牧地それぞれにおける放牧草採食量の合計とした。放牧草採食量の具体的な測定方法は以下のとおりであった。昼間放牧地では2週間に1-2回、放牧前と放牧後に牧区の草量をライジングプレートメータ(須藤ら, 1995)で推定し、草量の減少量を4頭の供試牛の合計体重で除し、放牧草採食量とした(前後差法)。ライジングプレートメータによる測定点数は約7aの面積を有する1牧区当たり50点とした。夜間放牧地での放牧草採食量はLINEHANの式(LINEHANら, 1947)により算出した。80aの夜間放牧地内に移動ケージ(縦横1m, 高さ0.5m)を10-14個置き、概ね1ヶ月間隔でケージ内外の草量を測定することにより期間中の牧区全体の採食量を推定し、実際の測定間隔の日数および8頭の供試牛の合計体重で除した上に100を乗じ、体重100kg当たりの日放牧草採食量(kg)を求めた。草量の測定にはライジングプレートメータを用いたが、牧草が徒長しライジングプレート

メータが使用不能な場合には、地表から4cmの高さで鎌により刈り取った。ライジングプレートメータを使用した場合の草量推定式は、草種別の昼間放牧地用ならびに夜間放牧地用として別々に作成し(第11表)、それらを用いた。供試牛の体重は毎週1回測定した。

以上の方法により求めた日放牧草採食量に、昼間および夜間放牧地の草量と放牧草のTDN含有率、併給粗飼料を含む併給飼料摂取量、乳量(FCM量)が与える影響を評価するため、まず初めに各項目相互間の単相関係数を計算した。次に、放牧草採食量を目的変数、他の項目を説明変数の候補として、重回帰式を算出した。なお、併給飼料摂取量と乳量は昼間放牧地における放牧草採食量測定日を含む1週間の供試牛4頭の平均値とし、併給飼料摂取量は供試牛の体重100kg当たり乾物量(kg)で示した。変数選択の方法は変数増減法を採用し、変数追加の目安となる F_{IN} 値は2.00、変数削除の目安となる F_{OUT} 値は1.99とした(久米, 1981)。

2) 放牧草採食量および放牧草からのTDN摂取量に対する割り当て草量と草種の影響

割り当て草量の算出が可能な昼間放牧地を対象に、割り当て草量と放牧草採食量との単回帰式を、Mf, Pr草地ごとに求めた。次に二つの単回帰式について、併合が可能か否か検定した(川端, 1978)。割り当て草量は、供試牛4頭が入牧した牧区全体の草量を4頭の合計体重で除した後に100倍し、体重100kg当たりの草量(kg)で表した。

割り当て草量と放牧草からのTDN摂取量についても、放牧草採食量との関係と同様に解析した。

第11表 ライジングプレートメータ利用による草量の推定式.

Table 11. Linear calibrations to estimate dry matter herbage mass by using a rising plate meter.

草地種別 Pasture type	推定式 Linear calibrations
昼間放牧地 Daytime pasture	
Mf	$Y = 11.87X - 52.00$
Pr	$Y = 11.38X - 49.27$
夜間放牧地 Nighttime pasture	$Y = 11.11X - 60.24$

X: ライジングプレートメータ値, Y: 草量 (g/m²).
Value of rising plate meter Herbage mass

3. 結果

1) 放牧草採食量に対する放牧草の量と栄養価, 併給飼料摂取量, 乳量の影響

供試牛の放牧草採食量, 昼間および夜間放牧地の草量と放牧草のTDN含有率, 併給飼料摂取量ならびに乳量から構成されるデータセットについて, 各項目のサンプル数, 最大値, 最小値, 平均値, 標準偏差, 変動係数を第12表, 各項目間の単相関係数を第13表に示した。データセットを構成するサンプル数は128であったが, 放牧草のTDN含有率を欠くデータセットが45あったため, 全項目が完備されたデータセット数は83であった。

平均草量は昼間放牧地で164.1 g/m²であり, 夜間放牧地で示された99.2 g/m²よりも多かった。草量の変動係数は夜間放牧地の25.9%に対して昼間放牧地は40.4%を示し, 草量変動の割合は夜間放牧地よりも昼間放牧地の方が大きかった。これに対し, 放牧草のTDN含有率の変動係数は昼間放牧地で6.0%, 夜間放牧地では6.6%を示し, いずれも草量の変動係数よりも小さかった。したがって, 本試験では1日輪換放牧を実施した昼間放牧地のみならず, 定置放牧とした夜間放牧地においてもTDN含有率の変動

を抑制できたといえる。

昼間放牧地ならびに夜間放牧地における体重100 kg当たり平均放牧草採食量は順に1.41 kg, 0.34 kgであり, 放牧草採食量の81%は昼間放牧地での摂取によるものであった。昼間放牧地および夜間放牧地の放牧草採食量の合計は1.75 kgとなり, 体重100 kg当たり併給飼料摂取量の1.64 kgとほぼ同水準と見なされ, 産乳性試験で放牧依存率が概ね50%であったことを支持する結果が得られた。

n = 83およびn = 128の両データセットにおいて, 放牧草採食量と正の相関関係が認められた項目は昼間および夜間放牧地の草量であり, 負の相関関係が認められた項目は夜間放牧地のTDN含有率, 併給飼料摂取量, 乳量であった。昼間放牧地のTDN含有率については放牧草採食量との間に相関関係は認められなかった。放牧草採食量との相関係数が最大値を示した項目は昼間放牧地の草量であり, その値はn = 83のデータセットで0.65, n = 128のデータセットで0.70であった。

放牧草採食量を推定する重回帰式(式1-3)を第14表に示した。式1は全測定項目を完備するn = 83のデータセットを用い, 説明変数の候補を昼間お

第12表 調査項目のサンプル数, 最大値 (Max), 最小値 (Min), 平均値, 標準偏差 (s.d.) および変動係数 (CV).

Table 12. Items investigated and their numbers of samples, maximum values (Max), minimum values (Min), mean values, standard deviations (s.d.) and coefficient of variation (CV).

調査項目 Items	サンプル数 Number of samples	Max	Min	平均 Avg.	s.d.	CV
草量 (g/m ²) Herbage mass						
昼間放牧地 Daytime pasture	128	456.6	4.3	164.1	66.3	40.4
夜間放牧地 Nighttime pasture	128	147.3	11.1	99.2	25.7	25.9
放牧草のTDN含有率 (乾物%) TDN content of herbage (Dry matter%)						
昼間放牧地 Daytime pasture	83	79.0	59.4	70.9	4.2	6.0
夜間放牧地 Nighttime pasture	83	75.3	56.0	68.1	4.5	6.6
併給飼料摂取量 (乾物kg/体重100kg) Intake of supplement (Dry matter kg/body weight 100kg)	128	3.17	0.45	1.64	0.46	27.8
日FCM量 (kg/頭) Daily FCM yield (kg/head)	128	42.7	18.0	31.3	5.2	16.4
放牧草採食量 (乾物kg/体重100kg) Herbage intake (Dry matter kg/body weight 100kg)	128	3.84	0.16	1.75	0.68	38.8
昼間放牧地 Daytime pasture	128	3.64	0.00	1.41	0.67	45.6
夜間放牧地 Nighttime pasture	128	0.57	0.04	0.34	0.12	36.2

第13表 調査項目間の単相関係数.

Table 13. Correlation coefficients between data for items investigated.

	草量 Herbage mass		放牧草のTDN含有率 TDN content of herbage		併給飼料摂取量 Intake of supplement	日FCM量 Daily FCM yield
	昼間放牧地 Daytime pasture	夜間放牧地 Nighttime pasture	昼間放牧地 Daytime pasture	夜間放牧地 Nighttime pasture		
n=83						
草量 Herbage mass						
夜間放牧地 Nighttime pasture	0.01					
放牧草のTDN含有率 TDN content of herbage						
昼間放牧地 Daytime pasture	-0.26*	-0.29**				
夜間放牧地 Nighttime pasture	-0.16	-0.36**	0.21			
併給飼料摂取量 Intake of supplement	-0.22*	-0.38**	0.16	0.36**		
日FCM量 Daily FCM yield	-0.14	-0.15	0.20	0.52**	0.77**	
放牧草採食量 Herbage intake	0.65**	0.31**	-0.18	-0.24*	-0.39**	-0.26*
n=128						
草量 Herbage mass						
夜間放牧地 Nighttime pasture	0.08					
併給飼料摂取量 Intake of supplement	-0.21*	-0.37**				
日FCM量 Daily FCM yield	-0.18*	-0.10			0.73**	
放牧草採食量 Herbage intake	0.70**	0.32**			-0.40**	-0.28**

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

第14表 供試牛の放牧草採食量（乾物）推定のための重回帰式.

Table 14. Multiple regression equations to estimate dry matter herbage intake of cows.

式 Equation No.	サンプル数 Number of samples	重回帰式 Equation	寄与率 Ratio of contribution
1	83	$Y = 0.5012 + 0.006675 X_1 + 0.005801 X_2 - 0.2363 X_3$	0.54
2	128	$Y = 0.6032 + 0.006582 X_1 + 0.005217 X_2 - 0.2771 X_3$	0.59
3	128	$Y = 0.5580 + 0.006691 X_1 + 0.006655 X_2 - 0.01818 X_4$	0.58

Y : 放牧草採食量, X₁ : 昼間放牧地の草量, X₂ : 夜間放牧地の草量, X₃ : 併給飼料摂取量,
Herbage intake Herbage mass of daytime pasture Herbage mass of nighttime pasture Intake of supplement
X₄ : 日FCM量.
Daily FCM (4% fat-corrected milk) yield 変数の単位は第12表に同じ.

よび夜間放牧地の草量と放牧草のTDN含有率, 併給飼料摂取量および乳量として算出した。その結果, 両放牧地の草量と併給飼料摂取量が変数として選択され, 放牧草のTDN含有率と乳量は選択されなかった。また, 寄与率は0.54であった。そこで, 放牧草

のTDN含有率の値を一部欠くものの, サンプル数の多いn=128のデータセットを対象に, 昼間および夜間放牧地の草量, 併給飼料摂取量ならびに乳量を説明変数の候補として, 放牧草採食量を推定する重回帰式を算出した。その結果, 式1と同様に両放牧

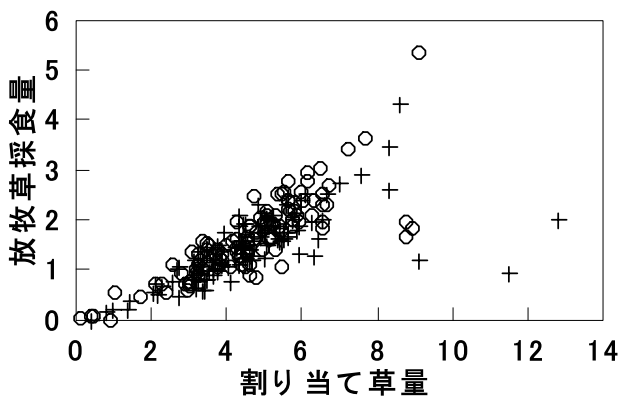
地の草量と併給飼料摂取量が変数として選択され、寄与率は0.59に上昇した(式2)。乳量はこの場合も変数に選択されなかった。一方、変数選択を行わず、昼間および夜間放牧地の草量ならびに乳量を説明変数として重回帰式を算出した場合の寄与率は0.58であった(式3)。

2) 放牧草採食量および放牧草からのTDN摂取量に対する割り当て草量と草種の影響

集約放牧を実施した昼間放牧地における割り当て草量(乾物)と放牧草採食量および放牧草からのTDN摂取量との関係を求めたところ(第6, 7図), 割り当て草量が8 kg以下の場合とこれ以上の場合と

では採食量の増減の様相が異なった。すなわち、割り当て草量8 kg以下では、割り当て草量の増加に伴い放牧草採食量が増加したが、割り当て草量8 kg以上では、割り当て草量が増加したにもかかわらず、放牧草採食量が低下する例が認められた。そこで、割り当て草量が8 kg未満のデータを対象に、割り当て草量と放牧草採食量およびTDN摂取量との関係を示す単回帰式を草種(Mf, Pr)別に算出し、第15表に示した。その結果、昼間放牧地における放牧草採食量とTDN摂取量は、Mf草地, Pr草地ともに割り当て草量によって70-80%説明可能であった。

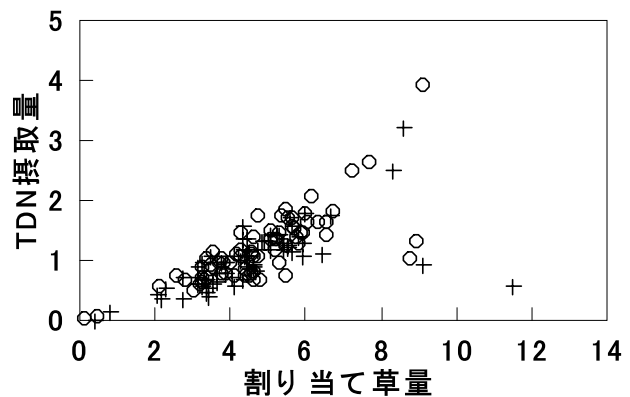
第15表に示した放牧草採食量ならびに放牧草から



第6図 割り当て草量(乾物kg/体重100kg)と供試牛の放牧草採食量(乾物kg/体重100kg)との関係.

Fig.6. Relationships between herbage allowance (horizontal axis, dry matter herbage mass kg/100 kg body weight) and herbage intake of cows (vertical axis, dry matter kg/100 kg body weight).

○ : Mf草地, + : Pr草地.
Meadow fescue pasture Perennial ryegrass pasture



第7図 割り当て草量(乾物kg/体重100kg)と供試牛の放牧草由来TDN摂取量(乾物kg/体重100kg)との関係.

Fig.7. Relationships between herbage allowance (horizontal axis, dry matter herbage mass kg/100 kg body weight) and TDN intake of cows from herbage (vertical axis, kg/100kg body weight).

○ : Mf草地, + : Pr草地.
Meadow fescue pasture Perennial ryegrass pasture

第15表 MfおよびPr草地において、割り当て草量(X:乾物kg/体重100kg)から供試牛の放牧草採食量(Y_D:乾物kg/体重100kg)と放牧草由来のTDN摂取量(Y_T:kg/体重100kg)を推定するための単回帰式.

Table 15. Single regression equations to estimate herbage intake of cows (Y_D, dry matter kg/body weight 100kg) and TDN intake of cows from grazing (Y_T, kg/body weight 100kg) using data of herbage allowance (X, dry matter herbage mass kg/body weight 100kg) in meadow fescue (Mf) and perennial ryegrass (Pr) pastures.

草地種別 Pasture type	式 Equation	寄与率 Ratio of contribution
Mf	$Y_D = -0.3211 + 0.4286 X$	0.79
Pr	$Y_D = -0.2162 + 0.3783 X$	0.75
Mf	$Y_T = -0.2433 + 0.3047 X$	0.73
Pr	$Y_T = -0.1602 + 0.2668 X$	0.71

のTDN摂取量を推定する草種別の各二つの回帰式が併合可能か否か検定を行った結果（第16表）、回帰係数は双方とも草種間で共通化でき（ $P < 0.05$ ）、放牧草採食量推定式では0.4064、放牧草からのTDN摂取量推定式では0.2883であった。回帰定数は放牧草採食量推定式ではMf草地が-0.2223、Pr草地が-0.3366と求められ、Mf草地用がPr草地用よりも大き

かった（ $P < 0.05$ ）のに対し、放牧草からのTDN摂取量推定式では-0.2085で共通化が可能であった（ $P < 0.05$ ）。ただし、放牧草からのTDN摂取量推定式の場合、回帰定数が同一であるとする帰無仮説は危険率10%水準では捨てられた。

4. 考 察

1) 放牧草採食量の算出方法

第16表 割り当て草量（ X ：乾物kg/体重100kg）から供試牛の放牧草採食量（ Y_D ：乾物kg/体重100kg）と放牧草由来のTDN摂取量（ Y_T ：kg/体重100kg）を推定する単回帰式において、草種別（Mf, Pr別）の式の併合を試みた結果と併合後の単回帰式。

Table 16. The result which tried pooling of single equations for Mf (meadow fescue) and Pr (perennial ryegrass) pasture. Those single equations were made to estimate herbage intake of cows (Y_D , dry matter kg/body weight 100 kg) and TDN intake from grazing of cows (Y_T , dry matter kg/body weight 100kg) using data of herbage allowance (X , dry matter herbage mass kg/body weight 100kg).

推定対象 Items of estimation	併合の可否 Propriety of pooling		併合後の単回帰式 Equations after pooling	対象草地 Objective pasture
	回帰係数 Regression coefficient	回帰定数 Intercept of regression line		
Y_D	○	×	$Y_D = -0.2223 + 0.4064 X$ $Y_D = -0.3366 + 0.4064 X$	Mf Pr
Y_T	○	○	$Y_T = -0.2085 + 0.2883 X$	Mf・Pr共通 Both Mf and Pr

○：併合可, ×：併合不可.
Pooling possible Pooling impossible

放牧草採食量は、採食量試験においては放牧地草量の測定により、産乳性試験においては供試牛の維持と産乳に要するTDN要求量から日本飼養標準を用いて逆算により求めた。その理由は次のとおりである。

採食量試験では供試牛を取り巻く草地と飼料等の条件が放牧草採食量に及ぼす影響を評価することに重点を置いたため、目的とする放牧草採食量はより直接的な方法を用い、1日単位で測定することとした。一方、TDN要求量から逆算する方法は放牧草採食量を間接的に推定する方式であり、草量や併給飼料摂取量などの試験条件が推定値に反映される程度について明らかではない点が多かったため、採食量試験では採用しなかった。これに対して産乳性試験では、Mf, Pr両草地の産乳性や飼料構成等を1放牧期間単位で比較することを目的とし、放牧草採食量の短期間の変動にとらわれる必要性が少なかった。また、試験期間中に毎日測定された乳量や補助飼料摂取量のデータを全て解析に生かせるため、TDN要求量からの逆算により放牧草採食量を推定する方法を採った。両方法により求めた体重100kg当

たりの放牧草採食量の平均値は、産乳性試験のMf区において1.83kg、Pr区において1.91kgを示したのに対し、採食量試験では両区込みの値で1.75kgであった。算出方法が異なるため単純な比較は困難であるが、放牧期間中の平均値で見ると、双方の方法により求めた放牧草採食量に大きな違いはなかったといえよう。ただし、TDN要求量からの逆算では供試牛のエネルギー出納が負の場合に放牧草採食量を過大に推定するため、注意が必要である。両方法により算出した放牧草採食量に仮に違いが生じるとすれば、その主たる原因は算出方法の差異によるものと推察されるが、TDN要求量からの逆算による方法において生じる前述の放牧草採食量の過大評価もその一因と考えられる。

2) 重回帰式に基づく放牧草採食量に影響する要因の検討

(1)放牧草の量と栄養価の影響

採食量試験において搾乳牛の放牧草採食量は、昼間放牧地、夜間放牧地にかかわらず草量の増加に伴い増加し、特に昼間放牧地において草量との相関係

数が高いことが明らかとなった。放牧草のTDN含有率との関係では、昼間放牧地においては相関がなく、夜間放牧地においては負の相関関係が認められたものの、その係数は低かった。また、放牧草採食量を推定する重回帰式に放牧草のTDN含有率は説明変数として選択されなかった。したがって、放牧草採食量への放牧草のTDN含有率の影響は草量よりも小さかったといえる。MEIJS (1981) は放牧草の消化率と放牧草採食量との関係について、乾物消化率70%以上では両者の関係が弱く、70%以下では正の関係にあると述べている。70%の乾物消化率はTDN含有率で66%に相当する (HEANEYとPIGDEN, 1963)。第12表に示したとおり、本試験において放牧草のTDN含有率は昼間放牧地で平均70.9%、夜間放牧地で平均68.1%を示し、66%を上回った。本試験では、日平均乳量31.3kgの供試牛の栄養要求量を満たすため、TDN摂取量中に占める放牧草由来のTDNの割合は放牧期間平均で約50%であった。よって、本成績とMEIJSが述べている放牧草主体の条件下で得られた結果との単純な比較は困難であるが、少なくとも放牧草のTDN含有率が低いために放牧草採食量が規制されたとは考えにくい。一方、採食量試験において重回帰分析に供したデータセット (n=83)のうち、放牧草のTDN含有率が65%を越える例が昼間放牧地では90%、夜間放牧地では77%を占め、変動係数はそれぞれ6.0%、6.6%であった。これに対し草量の変動係数は昼間放牧地で44.4%、夜間放牧地で25.9%と大きく、放牧草のTDN含有率の変動は相対的に草量よりも小さかった。以上の2点が、採食量試験において放牧草採食量への放牧草のTDN含有率の影響が小さかった原因と考えられる。なお、夜間放牧地において放牧草採食量とTDN含有率が負の相関を示した原因は、夜間放牧地においてTDN含有率が高い場合に草量が少なかったためと考えられる。

放牧草採食量の説明に最も有効であった変数は昼間放牧地の草量で、n=83のデータセットではその42%、n=128のデータセットではその49%を説明できた。これに夜間放牧地の草量と併給飼料摂取量を説明変数として加えると、n=128のデータセットでは放牧草採食量の59%を草量と併給飼料摂取量で説明可能であった。以上の結果から、短草利用により放牧草のTDN含有率が70%程度以上に保たれる場合、搾乳牛の放牧草採食量はTDN含有率の高低よりも草量の多寡に影響され、変動することが明らか

となった。

(2)併給飼料摂取量と乳量の影響

CURRANとHOLMES (1970) はFCM量が 15.6 ± 3.4 kgのデータセットを用い、供試牛の乳量増加に伴う放牧草採食量の増加を報告しているが、本成績では乳量 (FCM量で 31.3 ± 5.2 kg) と放牧草採食量との間に負の相関関係が認められた。また、乳量は放牧草採食量を説明する重回帰式の説明変数として選択されなかった。そこで、放牧草採食量と乳量との関係への他の変数の影響を除くため、両変数間の偏相関係数を算出したところ、値は -0.02 となり有意ではなかった。したがって、放牧草採食量への乳量の影響はなかったといえる。一方、放牧草採食量と併給飼料摂取量との偏相関係数は -0.19 を示し有意 ($P < 0.01$) であった。以上の結果について、本試験では乳量に応じて濃厚飼料給与量を増したため、乳量と併給飼料摂取量との間に高い相関関係 ($r = 0.77$) が生じ、濃厚飼料の増給による放牧草採食量の減少が見かけ上乳量の増加に起因するかのように見えたと解釈することが妥当であろう。

(3)放牧草採食量向上の可能性

Ⅲ-4-1)-(1)、(2)より、集約放牧条件下における搾乳牛の放牧草採食量には、乳量に関わらず、放牧地の草量の変化が最も影響を与えることが明らかとなった。よって、放牧草採食量を維持向上させるためには、放牧地の草量を確保することに留意する必要がある。本試験では昼間放牧地において発生する余剰草を採草するため、5-7月に一部の牧区を禁牧し、6月と7月に採草した。このため、この期間に放牧利用する牧区の草量は、全牧区を放牧に仕向けた8-10月とは異なり、草地の牧草生産性のみならず、採草面積割合による影響も受けた。すなわち、昼間放牧地における試験期間平均草量は 164.1 g/m^2 であったが、6-7月にはこの値を下回る例が当該時期の草量測定値の60%を占めた。よって、放牧開始直後で草量が少ない時期を含む5月は除くとしても、6-7月は採草面積を減らすことにより放牧地の草量低下を防止できた可能性がある。よって、本採食量試験の条件には、搾乳牛の放牧草採食量を増進させる余地が残っており、搾乳牛が必要とするTDNをより多く放牧草から供給すること、すなわち、放牧依存率の向上が可能であったと推察される。

3) 放牧草採食量および放牧草からのTDN摂取量に

対する割り当て草量と草種の影響

HOLMESとWILSON (1984) は割り当て草量の水準が低い場合、その増加が放牧草採食量の増加に顕著に影響するが、高い場合にはその効果が減少すると述べている。本成績も同様の結果を示し、割り当て草量 (kg/体重100kg) が8 kg未満の範囲では、割り当て草量と搾乳牛の放牧草採食量ならびに放牧草からのTDN摂取量との間に正比例の関係が認められた。また、割り当て草量が8 kg以上の場合、割り当て草量の増加が必ずしも放牧草採食量を増加させない例が認められた。本採食量試験では割り当て草量が8 kg以上の場合のサンプル数が少なく、出穂など他の要因の影響も考えられるため、割り当て草量増加の効果が減衰し始める値を求めるためにはさらにデータの蓄積が必要である。ただし、集約放牧方式を導入し短草利用に努めた場合、割り当て草量が8 kg以上となる例は少ないと思われる。

割り当て草量から放牧草採食量を推定するMf草地ならびにPr草地別の二つの回帰式において、回帰係数を共通化できたが、回帰定数は共通化できなかった。すなわち、回帰定数はMf草地用の回帰式で -0.2223 、Pr草地用の回帰式で -0.3366 となり、Mf草地用がPr草地用よりも0.11大きかった。よって、割り当て草量が等しい場合、放牧草採食量はPr草地よりもMf草地において体重100kg当たり0.11kg多いといえる。しかし、放牧搾乳牛の併給飼料設計上、草種がMfかPrかについて配慮する必要性はほとんどないであろう。その理由は、放牧草採食量の草種による差は体重650kgの個体で0.72kgにすぎず、また、放牧草からのTDN摂取量には草種間差が認められなかったためである。

以上の結果より、割り当て草量が8 kg未満の範囲では、Mf、Pr両草地ともに割り当て草量の増加に伴い、放牧草採食量のみならず放牧草からのTDN摂取量も増加することが明らかとなった。よって、集約放牧条件下で草地を短草利用する際、放牧牛の放牧草からの栄養摂取量を確保する上で最も留意すべき点は割り当て草量の不足を回避することといえる。

5. 小 括

搾乳牛の放牧草採食量に影響する要因を解明するため、前後差法およびLINEHANの方法により群単位で放牧草採食量を測定した。放牧草のTDN含有率と供試牛の放牧草からのTDN摂取割合は、放牧期間平

均でそれぞれ、68%以上、約50%であった。種々の要因のうち、放牧草採食量に最も大きな影響を与える要因は草量であった。放牧草採食量は草量の増加に伴い増加し、併給飼料摂取量の増加に伴い減少した。放牧草の採食量に対するそのTDN含有率と草種による影響は小さく、乳量の影響は認められなかった。1日輪換放牧を行った草地において割り当て草量 (kg/体重100kg) が8 kg未満の場合、割り当て草量と放牧草からのTDN摂取量との間に正比例関係が認められた。

IV. メドウフェスク集約放牧草地の収量、栄養価、持続性に草地の管理方法が及ぼす影響 (草種特性試験)

1. 目 的

集約放牧を実施する際には放牧草の消化率を高めるため短草利用が行われ、Pr草地では草丈20cm程度での利用が適正とされている (川崎, 1992)。しかし、草種によっては短い草丈で利用頻度が増すと再生力が減退し、草地の持続性が低下する。このため、TY草地のように草丈30cm程度とやや高めの利用草高の設定が必要とされる場合もある (酒井ら, 1996)。このように、集約放牧時には基本的に草地を短草利用するものの、草種の再生特性に応じて利用草高を設定する必要がある。

IIの産乳性試験において、Mf草地とPr草地の産乳性は同等であることが示された。しかし、Mfを主体とする草地の適正な放牧利用草高をはじめ、Mf草地の集約放牧条件下における収量、栄養価および持続性などについては明らかにされていない。また、放牧草地の植生変化には採草兼用利用の有無が影響することが示されており (加納ら, 1995・高橋ら, 1995)、この面からの持続性への影響についての評価も欠かせない。

そこで草種特性試験では、集約放牧条件下のMf草地における収量、栄養価と成分および持続性に利用草高が与える影響を、Pr草地と一部比較しつつ調査した。あわせて、採草兼用利用がMf草地の収量と持続性に及ぼす影響を検討するため、放牧利用時の草高を同一としたMf放牧専用草地と放牧・採草兼用草地との比較を行った。

2. 材料および方法

試験区の草高の制御を精密に行うために1区60㎡の小面積の放牧地 (10m×6mプロット) を設け、

放牧時の利用草高がMf草地の収量、栄養価と成分、永続性に及ぼす影響を検討した。各プロットはMfまたはPrとWcの混播草地とし、1994年の夏に札幌市の北海道農業試験場内に造成した。造成方法と経過は産乳性試験の昼間放牧地の場合と同様であり、第17表上段に各試験区の概要を示した。すなわち、造成時の播種量はイネ科牧草種25kg/ha、Wc 2 kg/haとし、播種草種の品種は、Mfが「トモサカエ」、Prが「フレンド」、Wcが「ソーニャ」とした。土壤改良資材として炭酸苦土石灰を1,200kg/ha投入し、元肥量は窒素：リン酸：カリを24：63：28kg/haとした。造成後一部で発生した発芽不良部にはMfまたはPrを

追播した。造成当年の10月下旬には管理放牧を実施した。造成翌年以降の年間追肥量とそれを等量分施した月は第18表のとおりであった。すなわち、1回当たりの施肥量は窒素：リン酸：カリを30：30：32 kg/haとし、1995-1996年は年2回、1997年は年3回、1998-2001年は年4回施用した。なお、試験地の土壌は褐色森林土で、1995-2001年の年平均気温は7.5℃(第19表)、年平均降水量は1,044mmであった(第20表)。

プロットでの放牧試験(プロット放牧試験)は造成翌年の1995年から2001年まで、毎年5-10月に行った。各プロットにはホルスタイン種未経産牛(平

第17表 プロット放牧試験における各プロットの概要.

Table 17. An outline of each experimental plot in plot grazing test.

プロット Plot	主体となるイネ科 草種・品種名 Sown grass species ・ variety	利用方法 Management	放牧時草高 (cm) Sward height when grazed	造成年 Established year	播種量 (kg/ha) Sowing rate	元肥量 (kg/ha) Fertilizer rate when established	土壤改良資材量 (kg/ha) Amount of soil conditioner when established
ML	Mf・トモサカエ Meadow fescue・Tomosakae		20				
MH	Mf・トモサカエ Meadow fescue・Tomosakae	放牧専用 Grazing	25-30	1994	イネ科草種：25 Gramineae Wc：2 White clover (品種：ソーニャ) Variety: Sonja	窒素：24 N リン酸：63 P ₂ O ₅ カリ：28 K ₂ O	炭酸苦土石灰：1200 Calcium carbonate magnesium mixture
P	Pr・フレンド Perennial ryegrass・Friend		20				
M1	Mf・トモサカエ Meadow fescue・Tomosakae	兼用利用 (採草6月) Harvesting in June and grazing	25-30	1996	Mf：30 Meadow fescue Wc：2 White clover (品種：ソーニャ) Variety: Sonja	窒素：40 N リン酸：110 P ₂ O ₅ カリ：60 K ₂ O	炭酸カルシウム：1000 Calcium carbonate
M2	Mf・トモサカエ Meadow fescue・Tomosakae	兼用利用 (採草6, 7月) Harvesting in June and July and grazing	25-30				

第18表 各年の総追肥量 (kg/ha) と分施した月.

Table 18. Total amount of topdressing (kg / ha) and months in which fertilizer was applied at each year.

年 Year	窒素 N	リン酸 P ₂ O ₅	カリ K ₂ O	分施月 Month
1995 - 1996	60	60	64	6, 7
1997	90	90	96	4, 6, 9
1998 - 2001	120	120	128	4, 6, 7, 9

第19表 各年における月平均気温と年平均気温.

Table 19. Monthly and annual mean temperature at each year.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	月平均 Monthly avg.
1 Jan.	-4.7	-5.4	-4.5	-7.7	-4.8	-4.8	-8.1	-5.7
2 Feb.	-4.3	-5.1	-3.7	-5.4	-5.4	-5.4	-7.6	-5.3
3 Mar.	-0.6	-1.2	-1.3	0.1	-2.1	-1.3	-1.6	-1.2
4 Apr.	6.0	4.2	5.7	7.6	5.4	5.1	6.5	5.8
5 May	11.9	9.4	10.7	12.0	10.7	12.8	11.9	11.3
6 June	14.5	14.4	14.6	14.3	16.4	15.7	15.3	15.0
7 July	20.0	19.1	20.5	19.1	20.9	20.9	19.3	20.0
8 Aug.	20.0	19.5	19.1	20.0	23.5	22.5	19.5	20.6
9 Sep.	16.1	16.8	15.6	18.1	18.4	17.6	15.8	16.9
10 Oct.	11.8	10.3	9.5	12.0	10.6	10.3	10.6	10.7
11 Nov.	4.4	2.9	5.8	1.9	4.1	2.6	3.6	3.6
12 Dec.	-1.6	-2.1	-0.9	-3.4	-2.6	-4.1	-5.3	-2.9
年平均 Annual avg.	7.9	6.9	7.7	7.4	8.0	7.7	6.7	7.5

第20表 各年における月降水量と年降水量.

Table 20. Monthly and annual precipitation at each year.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	月平均 Monthly avg.
1 Jan.	66.5	104.0	33.5	77.5	89.5	104.0	51.0	75.1
2 Feb.	26.0	59.5	84.0	37.5	51.0	98.5	34.5	55.9
3 Mar.	35.5	52.0	24.0	46.5	56.0	104.0	89.5	58.2
4 Apr.	75.0	22.5	13.0	16.0	19.0	146.0	29.5	45.9
5 May	94.0	105.0	76.5	73.5	100.0	102.0	26.0	82.4
6 June	50.0	34.5	31.0	98.5	47.0	52.0	31.0	49.1
7 July	96.0	88.5	89.5	80.5	181.5	179.5	103.0	116.9
8 Aug.	193.0	107.0	191.5	127.5	145.5	133.5	119.0	145.3
9 Sep.	100.5	102.0	166.5	220.5	143.0	230.5	241.5	172.1
10 Oct.	98.0	136.0	84.5	79.5	76.5	27.5	69.0	81.6
11 Nov.	108.5	90.0	106.0	69.0	56.5	83.5	42.0	79.4
12 Dec.	114.5	49.5	38.5	97.0	77.0	87.0	112.0	82.2
年合計 Annual precipitation	1057.5	950.5	938.5	1023.5	1042.5	1348.0	948.0	1044.1

均体重530kg) 4頭を、MfまたはPrが規定の草高に達するごとに入牧させ、活発な採食が止むまで1時間程度放牧した。通常、供試牛はプロットに隣接する草地で昼夜放牧飼養したが、プロットへの入牧前には、飲水可能な通路に6-14時間閉じこめ、空腹状態とした。各プロットへの入牧時草高は、Mfでは20cm (ML区)と25-30cm (MH区), Prでは20cm (P区)とした。プロット内に排泄された糞は小型のシャベルを用いて除去し、不食地の発生防止に努めたが、不食過繁地が目立つ場合には小型のモアにより不食地の過繁草を刈り取った。

1996年には、第17表下段に示したとおり採草時期を6月および6月、7月とする採草兼用利用を想定したMfのプロットを増設した。播種量はMf30kg/ha, Wc2kg/haとし、土壌改良資材として炭酸カルシウムを1,000kg/ha投入し、元肥量は窒素：リン酸：カリで40：110：60kg/haとした。造成後の各年の追肥は1994年に造成したプロットと同様とした。増設したプロットは1997年から2001年まで、1994年に造成したプロットと同様にプロット放牧試験に供試した。増設したプロットの試験処理として、年1回6月に採草後、草高25-30cmで放牧する区 (M1区)と年2回6月、7月に採草後、草高25-30cmで放牧する区 (M2区)とを設けた。

各プロットとも毎回の入牧前と退牧後に草高、草丈および草量を測定した。草高と草丈の測定点数は毎回20点とし、草量はライジングプレートメータにより推定した。第11表のMfならびにPr草地における草量推定式により得られた草量値から各プロットにおける収量と乾物重増加速度を算出した。収量は採食量と最終利用回次から10月末の終牧までの再生量および採草量の合計とした。なお、採草量の測定に際し、出穂茎によりライジングプレートメータが使用困難な場合は、50cm四方のコドラートでプロット内の5ヶ所において牧草を地表から4cmの高さで刈り取り、70℃で48時間乾燥後、その草量を求めた。また、春の初回放牧利用までの乾物重増加速度は根雪の終日の翌日からの経過日数により算出し、根雪の終日が4月23日と遅かった1996年は、4月の乾物重増加速度を0gとした。草高、草丈、草量、利用率について、全ての測定データを込みにし、各処理を因子(水準数5)とする1元配置分散分析を行い、Tukeyの方法により多重検定した(吉田, 1980a)。

1995-1999年には各プロットの放牧草を概ね1回

おきの放牧時にサンプリングし、TDN, CP, NDFの各含有率(%)を産乳性試験と同様の方法で求めた。

毎年秋には各プロット内の草種の出現頻度と草種割合を調査し、その結果に基づいて草地の永続性について検討した。頻度(%)は各プロット内に8mの調査ラインを1本設定し、10cm間隔の調査地点ごとに出現した草種を全て記録した上、草種ごとの出現地点数を調査地点数で除して求めた。草種割合は、各プロット内6ヶ所を50cm四方のコドラートを用いて地表から4cmで刈り取り、それらを混合後、草種別に分類し、枯死部を除く各草種の乾物重量割合で表した。

3. 結果

ML区ではMfが早期に衰退したため、永続性以外の項目は1999年に、永続性については2000年において調査を打ち切った。

各プロットの入牧前と退牧後の草高、草丈、草量および利用率について調査期間中の平均値を第21表に示した。草高20cm利用としたML区とP区間とに入牧前の草高に関して有意差はなかったが、入牧前の草丈では25.8cmを示したML区が、23.4cmのP区よりも長かった。草高25-30cmでの放牧専用利用としたMH区における退牧後の草高と草丈(順に10.9, 15.1cm)は、他のプロットにおける退牧後の草高と草丈(順に7.3-8.4, 9.7-11.3cm)よりも有意に高い値を示したが、MH区以外のプロット相互間には有意差は認められなかった。

入牧前の草量はML区が115.7g/m², P区が120.7g/m²を示し、MH区の168.9g/m²およびM1区の166.1g/m²よりも有意に少なかった。M2区は140.0g/m²と両者の中間の値を示したが、M2区の入牧前草量と他のプロットの入牧前草量との間に有意差は認められなかった。退牧後の草量に関しては、その草量が32.4g/m²を示したML区において他のプロット(52.0-61.6g/m²)よりも有意に少なかった以外に、プロット間差は認められなかった。

各プロットの利用率は、71.7%を示したML区が他のプロット(56.6-63.7%)よりも有意に高かったが、他のプロット相互間に有意差は認められなかった。

各プロットにおける試験年次ごとの収量と放牧回数を第22表に示した。造成後5年目の1999年まで、ML区の乾物収量は5-7t/haを示し、その量はP

第21表 各プロットの放牧前と退牧後の草高、草丈、草量ならびに各プロットの利用率（平均値±標準偏差）.

Table 21. Plant height, plant length and dry matter herbage mass before and after grazing, and average efficiency of utilization in each plot (average ± standard deviation).

プロット Plot	草高 (cm) Plant height		草丈 (cm) Plant length		草量 (g/m ²) Herbage mass		利用率 (%) Efficiency of utilization	調査年 Period of investigation
	放牧前 Before	退牧後 After	放牧前 Before	退牧後 After	放牧前 Before	退牧後 After		
ML	21.2±2.3 ^{a1)}	7.3±2.4 ^a	25.8±4.2 ^b	9.8±3.0 ^a	115.7±34.5 ^a	32.4±14.4 ^a	71.7±10.8 ^a	1995 - 1999
MH	27.0±3.3 ^b	10.9±4.7 ^b	32.8±4.8 ^c	15.1±7.4 ^b	168.9±40.4 ^b	61.6±23.3 ^b	63.1±13.6 ^b	1995 - 2001
P	20.5±1.8 ^a	8.0±2.0 ^a	23.4±2.6 ^a	9.7±2.4 ^a	120.7±33.5 ^a	52.0±20.5 ^b	56.6±11.7 ^b	1995 - 2001
M1	26.4±1.5 ^b	8.3±2.0 ^a	31.2±3.0 ^c	11.3±3.0 ^a	166.1±33.7 ^b	60.6±18.4 ^b	63.7± 8.3 ^b	1997 - 2001
M2	25.7±1.7 ^b	8.4±2.0 ^a	31.6±3.2 ^c	10.4±2.7 ^a	140.0±22.9 ^{ab}	57.0±17.0 ^b	59.4±10.2 ^b	1997 - 2001

¹⁾: 同列内の異符号間に危険率5%水準で有意差あり.

Values in the same column with different superscript letters are significantly different (P<0.05).

第22表 1995-2001年における各プロットの乾物収量と放牧回数.

Table 22. Dry matter yields and grazing frequencies in each plot from 1995 to 2001.

プロット Plot		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
ML	収量 (t/ha) Yield	5.6	5.3	6.1	6.7	6.2	—	—
	放牧回数 Grazing frequency	9	7	5	6	6	—	—
MH	収量 (t/ha) Yield	8.6	6.8	7.4	8.9	8.1	7.3	5.7
	放牧回数 Grazing frequency	8	5	5	5	6	8	4
P	収量 (t/ha) Yield	5.5	5.1	7.3	6.8	6.1	7.5	6.0
	放牧回数 Grazing frequency	11	8	7	8	8	9	6
M1	収量 (t/ha) Total yield	—	—	8.0	8.2	7.3	9.6	8.5
	(採草収量) ¹⁾ Harvesting yield	—	—	(3.3)	(3.7)	(2.9)	(4.9)	(4.2)
	放牧回数 Grazing frequency	—	—	4	4	4	5	4
M2	収量 (t/ha) Total yield	—	—	7.9	7.9	7.4	8.7	6.5
	(採草収量) Harvesting yield	—	—	(6.0)	(5.4)	(5.2)	(5.5)	(4.5)
	放牧回数 Grazing frequency	—	—	2	3	2	4	2

¹⁾: (採草収量) は内数.

Total yield includes harvesting yield.

区とほぼ同等であった。また、ML区やP区の収量は、MH区（7-9 t/ha）の65-82%の水準であった。1997-2001年のM1、M2区の乾物収量は7-10 t/haであった。放牧専用利用のMH区と放牧・採草兼用利用のM1、M2区の収量を比較したとき、年により多寡は様々であり、MH区がM1、M2区を上回る場合も認められた。M1、M2区において、全収量

中に採草収量が占める割合は5年間の平均値でM1区が46%、M2区が69%であった。採草収量は2回採草を行うM2区の方が採草1回のM1区よりも多いが、放牧分も含めた全収量では各年ともM1区がM2区を上回った。

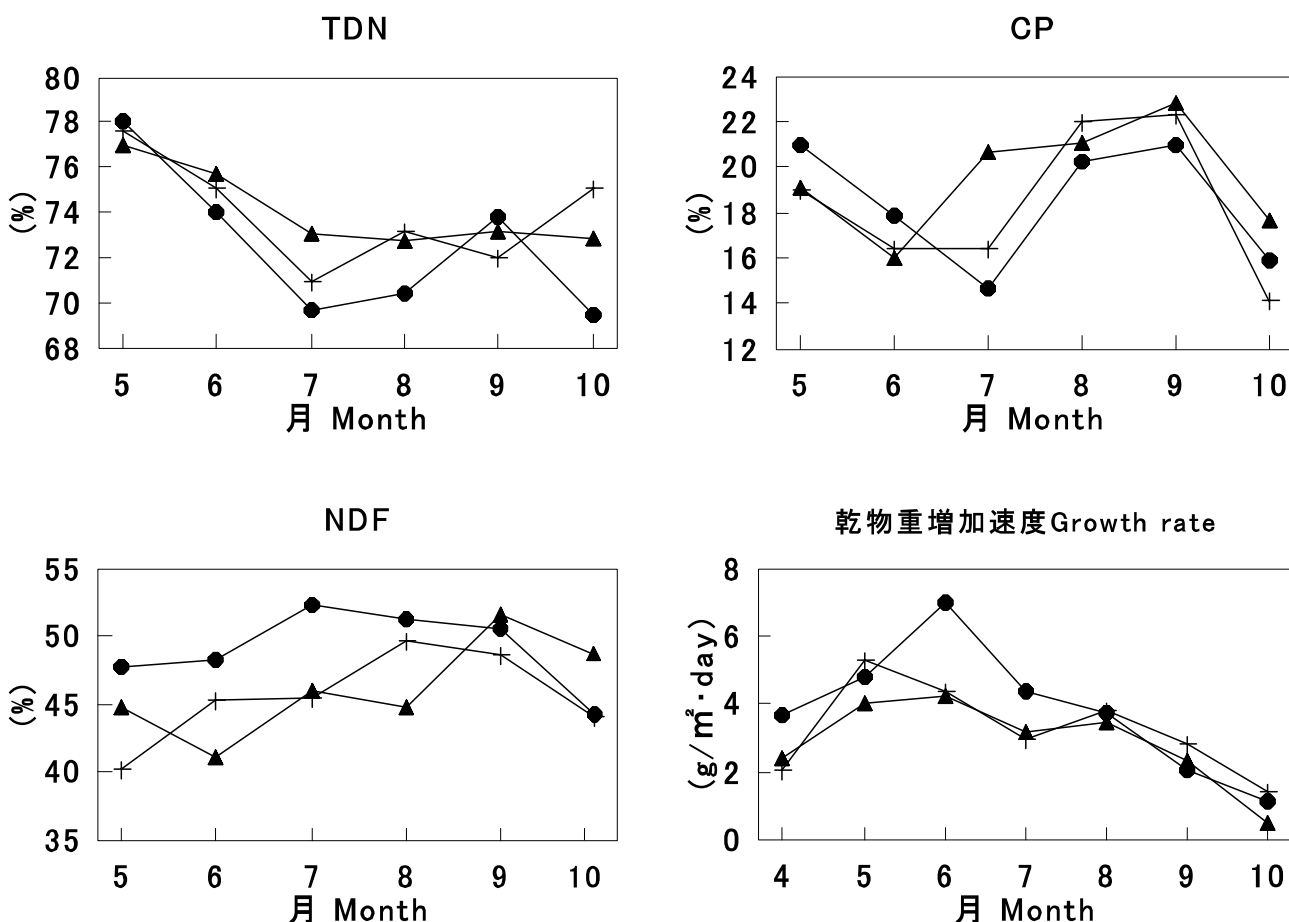
放牧回数については、P区がML区よりも毎年1-2回多く、利用草高を同じとしても、MfとPrで

は異なる結果となった。また、ML区とMH区の比較では、年によりML区が1-2回多い場合もあるが、1997年と1999年においてその回数は同じであった。

試験期間中のML, MH, P区におけるTDN, CP, NDFの各含有率および乾物重増加速度の季節変化を1995-1999年の月別平均値として第8図に示した。TDN含有率は各プロットとも5-6月に74.0-78.0%と高く、以後は69.7-75.1%の範囲で推移した。年平均値はML区が74.1%, MH区が72.6%, P区が74.0%を示し、ML区とP区のTDN含有率はほぼ同水準であった。MH区のTDN含有率はML区よりも7月と10月に3.4ポイント低かったが、最低値は10月の69.5%にとどまり、絶対値では高水準の値を維持していた。CP含有率は14.2-22.8%の範囲で推移し、各プロットとも5, 8, 9月 (ML区は7

月)に19.0-22.8%と高い値を示した。年平均値はML区が19.5%, MH区が18.4%, P区が18.4%であった。NDF含有率はML区とP区が40.1-51.7%の範囲, MH区が44.3-52.3%の範囲で推移し、5-8月にMH区がML区やP区よりも高い傾向にあった。一方、ML区では5月, P区では6月に40-41%と低い値を示した。年平均値はML区が46.2%, MH区が49.1%, P区が45.6%であった。

日乾物重増加速度の月別平均値は0.5-7.0 g/m²の範囲で推移し、MfやOgの混播草地を供試してスプリングフラッシュを積極的に発現させた佐藤と平島(1985)の報告に比べ、その増加速度は平準に推移した。各プロットの最大値はML, MH区が6月, P区が5月に認められ、順に4.2, 7.0, 5.3 g/m²であった。また、各プロットとも10月に最低値(0.5



第8図 ML, MH, P区における放牧草のTDN含有率, CP含有率, NDF含有率ならびに乾物重増加速度の月別平均値 (1995-1999年). 各区の概要は第17表にあり.

Fig.8. Monthly averages of total digestible nutrients (TDN) content, crude protein (CP) content, neutral detergent fiber (NDF) content and growth rates in ML, MH and P plots (1995-1999). Explanations of plots are shown in Table 17.

▲: ML区, ●: MH区, +: P区.

—1.4g/m²) が記録された。草高20cm利用下でMfとPrの乾物生産速度を比較したとき、春と秋にMfはPrよりも低い傾向にあった。

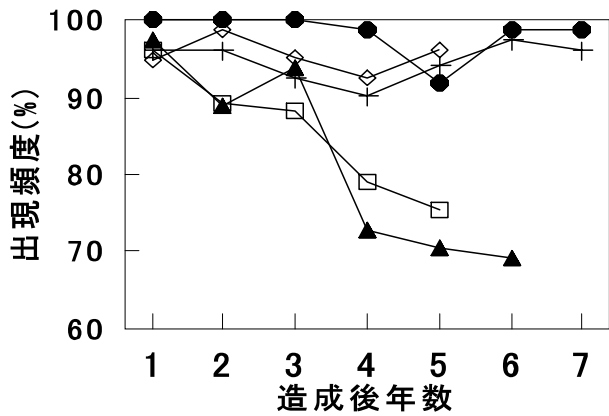
各プロットの頻度と草種割合について、造成後の年数を横軸とし、主な出現草種における値をそれぞれ第9, 10図に示した。

播種したMfまたはPrの頻度は、MH区、P区、M2区で調査終了時まで90%以上に維持されたが、ML区とM1区では造成後4年目において80%以下に大きく低下した。Wcの頻度はM1, M2区を除き、造成後経年的に減少したが、6年目から増加に転じた。Kbの頻度はM1, M2区で造成後3年目、ML区で5年目、MH区で6年目から増加したが、P区では

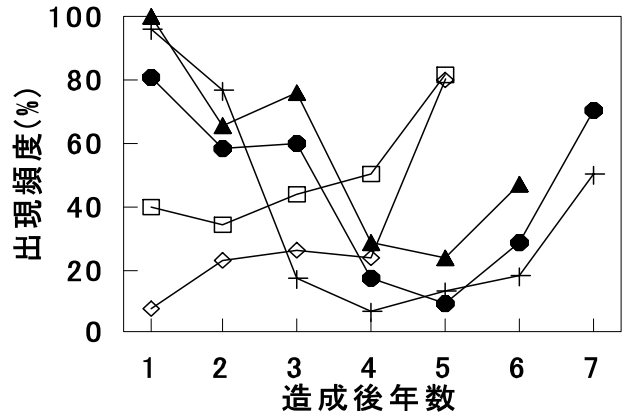
7年目においても2%と低い値に維持されていた。ML, M1, M2区では、造成後2-3年目から侵入したPrの頻度が上昇し、特にML区において顕著で、5年目には57%に達した。これに対し、MH区へのPrの侵入は認められなかった。

草種割合により各プロットの植生の変化をみた場合、ML区は利用6年目にMfの割合が22%に低下し、優占草種がMfからPrに変化した。MH区では造成後5年目以降、Kbの侵入が増加傾向にあるが、7年目においてもMfの割合が66%に維持された。M1, M2区はMH区よりも経年的に早く侵入草の割合が増加した。Wcは頻度が高くとも、重量構成上の寄与は小さかった。

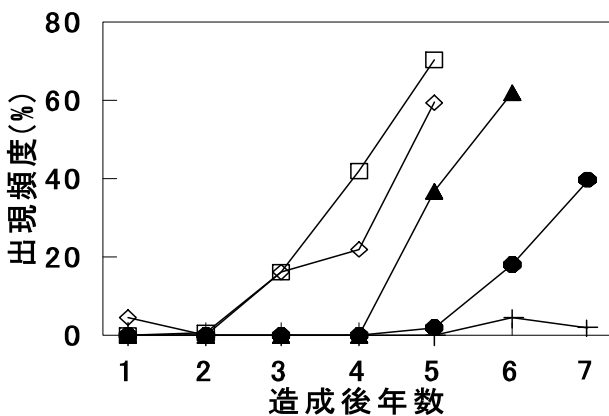
播種したMfまたはPr Sown Mf or Pr



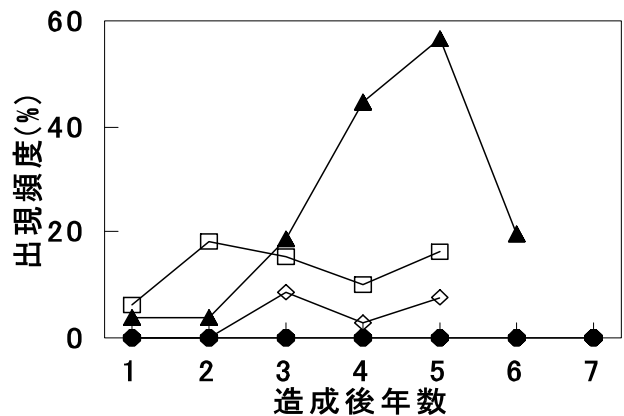
Wc



Kb



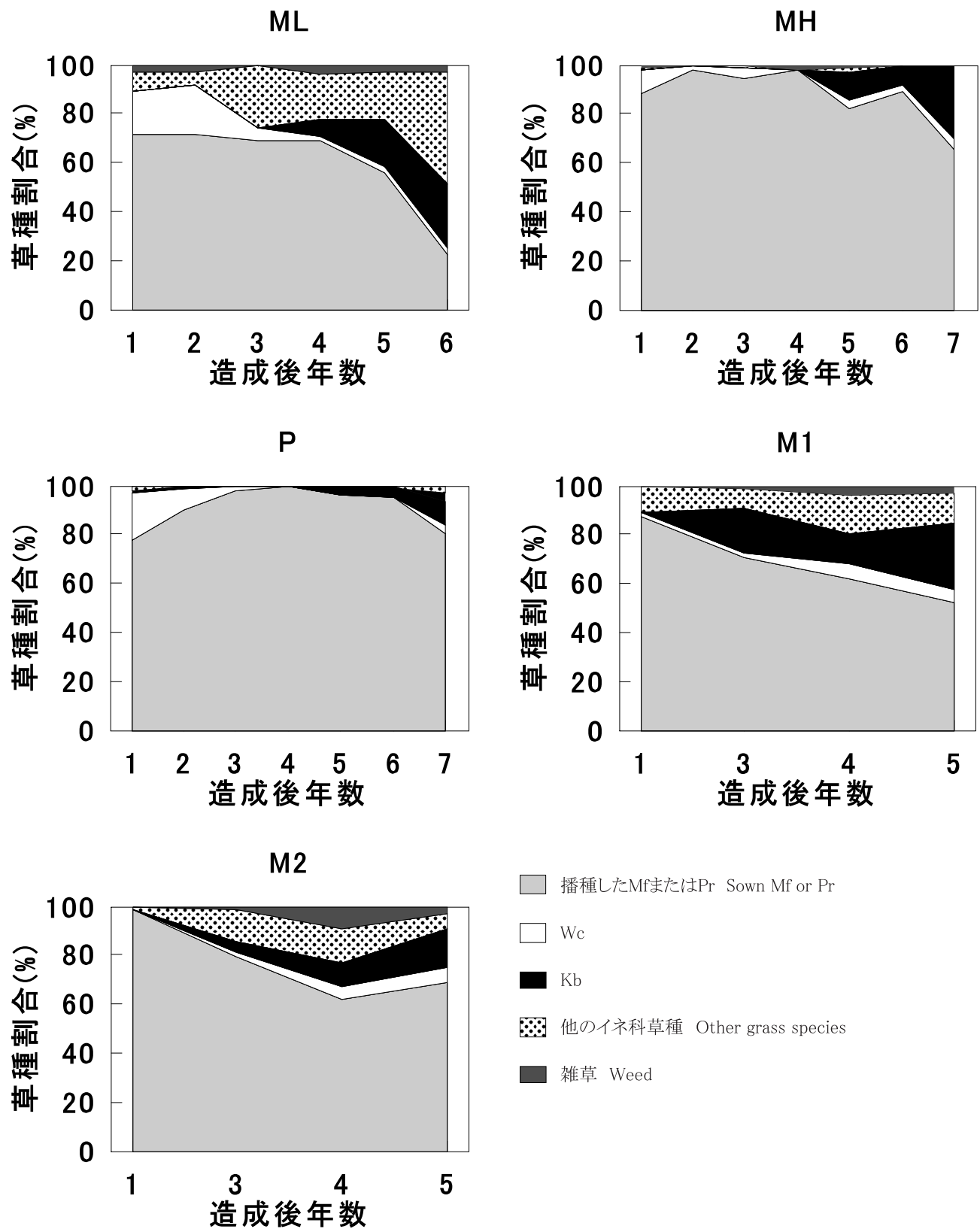
非播種Pr Unsown Pr



第9図 ML, MH, P, M1, M2区における造成後年数と主要草種の出現頻度の変化。各区の概要は第17表にあり。

Fig.9. Frequency changes (vertical axis) in major species in ML, MH, P, M1 and M2 plots after establishment (horizontal axis, year). Explanations of plots are shown in Table 17.

▲ : ML区, ● : MH区, + : P区, □ : M1区, ◇ : M2区.



第10図 ML, MH, P, M1およびM2区における造成後の草種割合の変化.
各区の概要は第17表にあり.

Fig.10.Changes in botanical compositions (vertical axis) in ML, MH, P, M1 and M2 plots after establishment (horizontal axis, year). Explanations of plots are shown in Table 17.

4. 考 察

1) メドウフェスク集約放牧草地の特性と利用草高

Mfを草高20cmで放牧利用した結果、収量や放牧草の栄養価はPrと同等であったが、永続性に問題が認められ、この点について考察する。

ML区とP区の草高、草丈、草量、利用率を比較したとき、放牧前の草高と草量には有意差が認められなかったが、草丈はML区が有意に長かった。また、退牧後の草高、草丈に両区間で有意差がなかったにもかかわらず、ML区の草量は有意に低く、利用率は有意に高かった。これらの結果から草高20cmで利用した際のMfとPrの草型の差異が示唆される。すなわち、Prの葉が基底部から草冠部まで比較的均一に直立した状態で分布していたのに対し、Mfの葉はPrよりも相対的に基底部に少なく、草冠部にやや傾斜した状態で多く分布していたと考えられる。このため、放牧前の草高、草量に差がなく、退牧後の草高（喫食草高）が同じであれば、MfはPrよりも多く採食され、利用率が高くなるものと推察される。採食量試験でMf草地の放牧草採食量がPr草地よりも高い結果を示した原因もこの草型の差異によるものと考えられる。なお、澤田と佐藤（1990）はMfの採食利用性がトールフェスクやOgよりも優れたこと、GOODINGとFRAME（1997）はMfの採食利用性がPrに劣らないことを報告しており、Mfが採食利用性に優れた草種であることはこれらの知見と草種特性試験の結果からも明らかである。

一方、再生の観点からは、退牧後草量が多いPrがMfよりも有利と考えられる。この点は第22表に示したように、P区の年間放牧回数はML区よりも多かったこと、すなわち、Mfの休牧日数はPrよりも長かったことにより裏付けられる。ML区におけるこのような少ない草量での再生開始と休牧日数の長期化は侵入草の発芽定着に有利な条件をもたらし、ML区でMfの永続性が低下した要因になったと考えられる。これに対してMH区では、入牧前の草高が27cmと高かったために喫食草高はML区よりも高くなり、退牧後にP区なみの草量が残された。MH区ではこの状態で再生が始まるため、侵入草との競争上、ML区よりはMfが有利な条件にあり、この結果MH区ではMf主体の植生が維持されたと考えられる。JONES（1983）は集約放牧を想定した刈り取り試験において、Mfは刈り高が5cmの場合よりも8cmの場合に永続性が優れたことを報告しており、こ

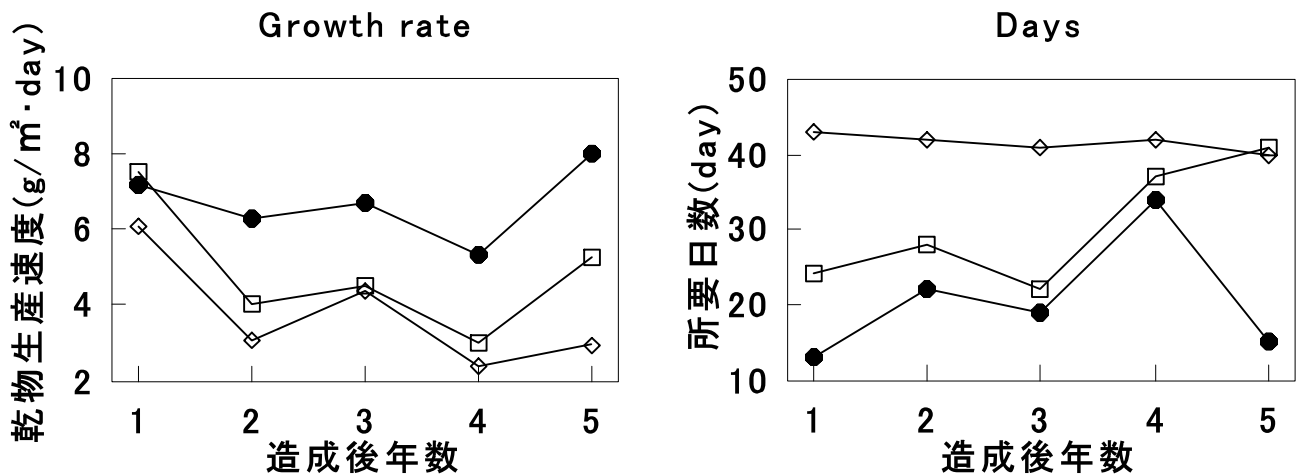
のことは前述の考察を支持するものと考えられる。

2) 集約放牧条件下におけるメドウフェスクの適正利用草高

MH区のTDN含有率はML区よりも低下したが、最低値であっても69.5%を示し、その含有率は高い水準であると見なされた。また、MH区のCP含有率やNDF含有率がML区に比べ顕著に悪化することもなかった。放牧草のTDN含有率がMH区程度の水準である場合、放牧搾乳牛の放牧草採食量および放牧草からのTDN摂取量に大きく影響する要因は草量であり、TDN含有率の影響は小さいことは採食量試験で明らかにされた。また、YAYOTAら（2002）はイネ科牧草優占草地の放牧利用前草高を20cmならびに30cmとして搾乳牛を放牧した試験において、放牧草採食量は草高30cm区が20cm区よりも多く、個体乳量や放牧草由来の乳量には草高の影響が認められなかったとしている。よって、Mfの永続性を勘案したとき、本草種の集約放牧条件下での利用草高はPrよりも高い25-30cmが望ましく、その際の収量は草高20cm利用のPr草地を上回り、牧草の栄養価ならびに成分も両草種を草高20cmで利用した場合に比して、特に問題になる点はないものと結論される。

3) メドウフェスク草地の永続性と採草兼用利用

放牧・採草兼用利用がMf草地の永続性に及ぼす影響について検討するため、MH区に対するM1、M2区の成績の比較を行った。Kbの侵入は採草利用が伴うことにより、早まる結果となった。また、6、7月に2回採草したM2区よりも6月に1回採草したM1区でKb等の侵入が促進される傾向にあった。この原因を探るため、1番草採草日（MH区は1番草採草日に直近の放牧利用日）から次の利用日までの日乾物重増加速度と日数について調べた（第11図）。造成後2年目以降、この期間の日乾物重増加速度はM1区とM2区がMH区を下回った。また、造成後3年目まで、M2区における次の利用日までの日数はMH、M1区よりも長かった。以上の結果から、1番草採草兼用利用は採草後の日乾物重増加速度が放牧専用利用よりも低下するため、非播種草の侵入を受け易いこと、1、2番草採草兼用利用は1番草採草後から次の利用日までの日数が1番草のみの採草兼用利用よりも長いために、侵入草種がMfに庇陰され定着しにくかったことが推察された。また、ZIMMERMANNとNÖSBERGER（1999）は、クリーピングフェスク（*Festuca rubra* L.）やOgなど多草種からなる



第11図. MH, M1およびM2区における1番草採草日(MH区は1番草採草日に直近の放牧利用日)から次回利用日までの乾物生産速度と所要日数の造成後年数による変化. 各区の概要は第17表にあり.

Fig.11.Changes by years (horizontal axis, year) of growth rate and numbers of days between the date of first cut and the date of next use (vertical axis) in MH, M1 and M2 plots. Only the date of first cut in the MH plot corresponded to the date grazing was carried out, which was the closest to the dates of first cut in M1 and M2 plots. Explanations of plots are shown in Table 17.

● : MH区, □ : M1区, ◇ : M2区.

採草地においてMfが衰退する原因として、Mfは光と水に対する競合力が弱いことを挙げている。草種特性試験では、試験を実施した1995-2001年の月平均降水量(第20表)が生育期間中に最も低い値を示した6月に1番草を刈り取ったため、刈り取り後に再生する際に水分不足が生じ、このことが植生の維持に悪影響を及ぼしたとも考えられる。

草種特性試験の結果は、Mf草地の集約放牧利用において、採草兼用利用に草地の持続性を改善する効果がないことを示している。また、収量の点では第22表に示したとおり、本草地の放牧専用利用は放牧・採草兼用利用に比べ、必ずしも劣る成績ではないことが示された。一方、本試験における供試品種の「トモサカエ」は、採草時に穂と稈の割合が高く、草高20cm利用下においても出穂することが観察された。したがって、草地管理上、出穂茎や不食過繁地の除去のため、採草兼用利用もしくは掃除刈りなどの何らかの形での刈り取りは欠かせない。よって、Mf草地の集約放牧利用において、利用方式を放牧専用とするか、放牧・採草兼用利用とするかの選択は、持続性以外の点、たとえば草地管理や放牧管理の簡便性などの視点で行えばよいといえる。なお、余剰草の採草利用を伴う集約放牧方式へのMfの適応性をより高める意味では、草型を改善し、再生力

や葉部割合を向上させた新品種の開発が望まれる。

5. 小 括

集約放牧条件下におけるMf草地の収量、栄養価、持続性に利用草高が与える影響を明らかにするため、小面積での放牧試験を行った。また、Mf集約放牧草地の持続性に採草兼用利用が与える影響もあわせて調査した。その結果、Mf草地を草高20cmで放牧専用利用した場合、同様な利用をしたPr草地に比べ収量と栄養価は同等であり、かつ利用率は上回ったが、持続性に問題が認められた。Mf草地を草高25-30cmで放牧専用利用した場合、20cmでの利用に比べ栄養価がやや低下するものの収量は33%増加し、持続性に優れていた。また、採草兼用利用に持続性を改善する効果は認められなかった。

V. 総合考察および結論

Vでは、搾乳牛の集約放牧技術を確立するための一環として、Mf草地とPr草地を中心とする集約放牧草地の適正な利用方式を論じ、両草地の利用方式を比較の上、類似点と相違点を明らかにする。本研究では草種特性試験において、Mfを集約放牧利用する際に適正な利用草高は25-30cmであることを明らかにした。このことから、Mfでは草高27cm、Prでは草高20cmでの利用を前提として、搾乳牛の昼夜放牧

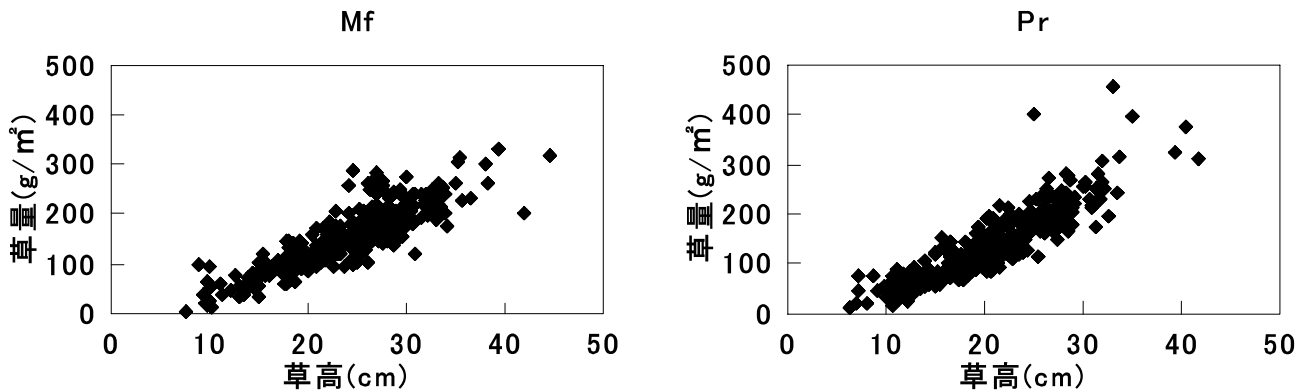
および時間制限放牧に必要な面積を算出し、集約放牧草地の具体的な利用技術を提示する。

1. 搾乳牛の放牧に必要なメドウフェスク草地およびペレニアルライグラス草地の面積

1) 草高と草量との関係

放牧に必要な面積を求めるに当たり、Mf草地を

草高27cm、Pr草地を草高20cmで利用する際の1㎡当たり草量を始めに算出した。採食量試験の昼間放牧地ならびに草種特性試験のプロット放牧試験で得られた結果に基づき、Mf草地およびPr草地における草高と草量との関係を第12図に示した。両草地における草高と草量の間には正比例関係が認められ、第12



第12図 Mf草地およびPr草地における草高 (X) と草量 (Y) との関係。

Fig.12.Relationship between plant height (horizontal axis, X) and herbage mass (vertical axis, Y) in meadow fescue (Mf) and perennial ryegrass (Pr) pasture.

Mf : $Y=8.478X-50.44$ (n=335, r=0.86).

Pr : $Y=9.992X-67.23$ (n=376, r=0.90).

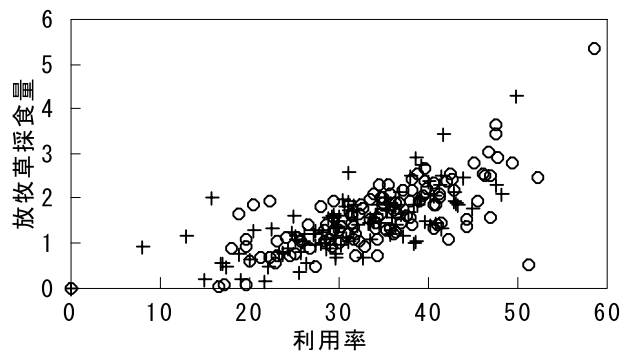
図中に示した単回帰式により、草高27cmのMf草地の草量は178 g /㎡、草高20cmのPr草地の草量は133 g /㎡ と求められた。よって、Mf草地を集約放牧利用する際の草量はPr草地よりも45g/㎡多く設定されることが示された。

2) 利用率と1㎡当たり放牧草採食量

V-1-1)で草量を求めた草地の牧草が採食される割合についてここでは考察する。採食量試験の昼間放牧地における1㎡当たりの放牧前草量に対する放牧草採食量の割合(利用率)は平均32.8%であった⁺。

これに対し、草種特性試験のプロット放牧試験における各プロットの平均利用率は56.6-71.7%と高い値を示した(第21表)。一方、野中ら(1997)や西道ら(2001)がPr草地で行った搾乳牛の放牧試験結果から算出される草地の利用率は45.7-56.7%であった。この値と比較すると、採食量試験を行った昼間放牧地は低い利用率での放牧であったと判断された。ただし、プロット放牧試験における利用率は、60㎡のプロットに空腹状態の供試牛4頭を1時間程

度取容し、効率的に放牧草を採食させて得た結果であり、一般的な搾乳牛の1日輪換放牧の場合に適用するには妥当ではないと考えられる。この点を考慮し、利用率と放牧草採食量との関係から妥当な利用率を求めることを試み、第13図に昼間放牧地における利用率と放牧草採食量との関係を示した。両者は



第13図 昼間放牧地における利用率 (X,%) と放牧草採食量 (Y, DMg/㎡) との関係。

Fig.13.Relationship between efficiency of utilization (horizontal axis, X, %) and herbage intake (vertical axis, Y, dry matter g / ㎡) in daytime pasture.

$Y=0.060X-0.431$ (r=0.73)

○ : Mf草地, + : Pr草地.

Meadow fescue pasture Perennial ryegrass pasture

⁺未発表

正比例関係にあり、利用率が20-50%の範囲では利用率の向上に伴い放牧草採食量も向上した。よって、5年間にわたる産乳性試験ならびに採食量試験において、供試牛の放牧草採食量が体重比約2%を示した点を踏まえ、本総合考察では第13図の単回帰式から体重比で2%の放牧草採食量を期待できる40%程度の利用率による放牧利用を前提に、放牧地面積を算出することとする。この場合、1 m²当たりの放牧草採食量と退牧後の草量はMf草地で順に71, 107 g/m², Pr草地で順に53, 80 g/m²となる。

3) 休牧日数と牧区数

放牧牛が退牧後、草量が入牧時の水準に回復するまでに必要な休牧日数について考察する。休牧日数は2)で求めた1 m²当たりの放牧草採食量を放牧期間中の各時期の乾物重増加速度で除した値である。第23表に乾物重増加速度と休牧日数(小数点以下四捨五入)との関係を草種別に示した。乾物重増加速度が高まれば、休牧日数は減少する。設定すべき牧

区数は休牧日数に1を加えた数となる。

乾物重増加速度は春に高く、夏以降低下するなど季節をはじめ様々な要因により変化するため(原島と平島, 1989), それに応じて必要な休牧日数および牧区数も変化する。しかし、放牧期間中、頻繁に牧区数を変えることは実務上困難である。よって、牧区数の変更は放牧・採草兼用草地が採草後放牧可能となる時期に行うことが現実的である。本研究で得られたデータを基にすれば次のとおりである。第14図に昼間放牧地のMf, Pr草地およびプロット放牧のMH, P区(第8図の一部再掲)における乾物重増加速度の月別平均値を示した。兼用草地の採草は6月と7月に行い、それぞれ6月下旬ならびに8月上旬頃から放牧利用が可能となる。第14図から乾物重増加速度は5-6月が6 g/m²・日, 7-8月が4 g/m²・日, 9-10月が3 g/m²・日とし、これらの値から算出される休牧日数および必要牧区数を第24表に草種別にまとめた。必要な牧区数は季節によ

第23表 Mf草地(草高27cm, 草量178 g/m²利用)およびPr草地(草高20cm, 草量133 g/m²利用)における乾物重増加速度と必要休牧日数との関係。

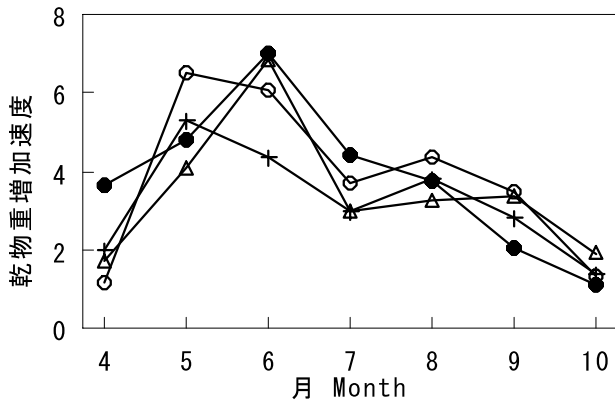
Table 23. Relationship between growth rate and days of rest in meadow fescue (Mf) pasture (grazed when plant height 27 cm, herbage mass 178g/m²) and perennial ryegrass (Pr) pasture (grazed when plant height 20cm, herbage mass 133g/m²)

乾物重増加速度 Growth rate (g/m ²)	休牧日数(日) Days of rest	
	Mf	Pr
2.0	36	27
2.5	28	21
3.0	24	18
3.5	20	15
4.0	18	13
4.5	16	12
5.0	14	11
5.5	13	10
6.0	12	9
6.5	11	8
7.0	10	8

第24表 MfおよびPr草地における時期別の乾物重増加速度, 休牧日数, 必要牧区数。

Table 24. Growth rate, days of rest and number of paddocks by season in meadow fescue (Mf) and perennial ryegrass (Pr) pasture.

季節 Season	乾物重増加速度 Growth rate (g/m ²)	休牧日数(日) Days of rest		牧区数 Number of paddocks	
		Mf	Pr	Mf	Pr
5-6月 May-June	6	12	9	13	10
7-8月 July-Aug.	4	18	13	19	14
9-10月 Sep.-Oct.	3	24	18	25	19



第14図 昼間放牧地のMf, Pr草地およびプロット放牧MH, P区における月別の乾物重増加速度 (g/m²・日) の平均値.

Fig.14.Monthly average growth rate (vertical axis,g/m²·day) in daytime pasture (meadow fescue and perennial ryegrass pasture) and plot grazing test pasture (MH plot, P plot).

- : MH区, + : P区,
MH plot P plot
- : 昼間放牧地 (Mf),
Daytime pasture (meadow fescue)
- △ : 昼間放牧地 (Pr)
Daytime pasture (perennial ryegrass)

り変化し、Mf草地で13-25、Pr草地で10-19と求められた。入牧時の草量をPr草地よりも多く必要とするMf草地は、放牧期間を通じて、Pr草地よりも休牧期間が長く、時期により牧区数を3-6多く設定する必要が認められた。

なお、本稿では札幌で測定した乾物重増加速度を用いて論議するが、地帯により乾物重増加速度は変化し、休牧日数も異なる。しかし、放牧地面積の算

出の仕方は地域性に関わりなく共通である。

4) 割り当て草量

V-1-2)において、放牧草採食量は体重比2%、すなわち体重100kg当たり2kg、利用率は40%と見積もられた。この見積もり値によれば、昼夜放牧を実施する際に確保すべき割り当て草量は体重100kg当たり5kg (2kg÷0.40) と計算される。

5) 昼夜放牧に必要な面積

V-1-4)において、割り当て草量を体重100kg当たり5kgとした。以下、本項では放牧牛の体重を650kgとして必要面積の算出を行う。この場合、割り当て草量は1日1頭当たり32.5kg (= 5kg × (650kg ÷ 100kg)) 確保する必要がある。1) で入牧時草量をMf草地では178g/m²、Pr草地では133g/m²とした。よって、32.5kgの割り当て草量を満たすために必要な草地面積は、割り当て草量を入牧時の1m²当たり草量で除して求めると、順に182.6、244.4m²/頭となる。これらは1日1頭当たり面積であるため、その値に第24表に示した必要牧区数を乗じることにより、時期別の1頭当たり必要草地面積が算出される (第25表左列)。1頭当たり必要面積は時期によって相違し、Mf草地で23.5-45.2a、Pr草地で24.1-45.8aと求められる。昼夜放牧では、各時期ともMf草地がPr草地よりも1頭当たり0.6a少ないが、実際上は大差ないといえる。9月以降、両草地とも1頭当たり45-46aの放牧地が必要であり、昼夜放牧における単位面積当たり放牧頭数は約2頭/haとなる。

第25表 Mf草地およびPr草地で放牧を実施する場合に必要な1日1頭当たり面積ならびに1頭当たりの時期別面積。
Table 25.Area per day per head and area per head by season needed for grazing in meadow fescue (Mf) and perennial ryegrass (Pr) pasture.

放牧時間 Time of grazing per day	昼夜放牧 Whole-day grazing		半日放牧 Half-day grazing		3時間放牧 3 hours-grazing	
	Mf	Pr	Mf	Pr	Mf	Pr
1日1頭当たり面積 (m ²) Area per day per head	182.6	244.4	105.9	141.7	76.7	102.6
1頭当たり面積 (a) Area per head						
5-6月 May-June	23.5	24.1	13.6	14.0	9.9	10.1
7-8月 July-Aug.	34.3	34.9	19.9	20.3	14.4	14.7
9-10月 Sep.-Oct.	45.2	45.8	26.2	26.6	19.0	19.2

6) 時間制限放牧に必要な面積

(1) 半日放牧

V-1-5)では昼夜放牧の場合を考察したが、草地面積や日常作業あるいは放牧搾乳牛の乳質維持(扇, 1995)の観点から昼夜放牧には無理がある場合や暑熱期間中に夜間のみ放牧する場合などに、半日程度の時間制限放牧が有効である。産乳性試験において供試した搾乳牛の1日当たり放牧草採食時間は約7時間であった(落合ら, 1998)ことから、半日放牧における放牧草採食時間は4時間程度と考えられる。よって、半日放牧の場合、割り当て草量は昼夜放牧時に必要な5.0kgの4/7、すなわち2.9kgと見込まれ、この際に必要な草地面積は5)と同様な過程で算出される(第25表中列)。表示したように、Mf, Pr草地とも9月以降1頭当たり26-27aの放牧地が必要であり、放牧地面積当たり飼養頭数が4頭/ha程度の経営で、半日放牧が実施可能といえる。

(2) 3時間放牧

3時間放牧は草地面積に余裕がないものの、短時間でも放牧の導入を図る場合を想定した。放牧時間

中はほとんど採食しているものと見なし、割り当て草量は昼夜放牧時の3/7である2.1kgとして必要な草地面積を求め、第25表右列に示した。1頭当たり放牧地面積は、Mf, Pr草地とも9-10月に19a必要なため、搾乳牛40頭規模の経営ならば、牛舎周辺に約8ha(≒19a×40頭)の草地があれば、1日3時間程度の放牧導入が可能といえる。一方、放牧地面積当たり飼養頭数からみた場合、5頭/haの経営が放牧導入の上限といえよう。

2. メドウフェスクおよびペレニアルライグラス草地の集約放牧利用方式(搾乳牛40頭規模)

本項では、搾乳牛頭数40頭規模での集約放牧草地の利用方式を面積規模に応じて考察し、Mf草地の集約放牧利用方式をPr草地の場合と比較しつつ提示する。第26表に1日の放牧時間別に放牧に必要な草地面積(1頭当たり面積(第25表)×40頭)と1牧区当たりの面積(9-10月に必要な草地面積を9-10月に必要な牧区数(第24表)で除す)を草種別に示した。40頭規模での放牧を実施する場合、季節により、昼夜放牧では9-18ha、半日放牧では5-11ha、3

第26表 Mf草地およびPr草地において搾乳牛40頭規模の放牧を実施する場合に必要な草地面積と1牧区当たり面積。

Table 26. Pasture area and area per one paddock needed for 40 lactating cows grazing in meadow fescue (Mf) and perennial ryegrass (Pr) pasture.

放牧時間 Time of grazing per day		昼夜放牧 Whole-day grazing		半日放牧 Half-day grazing		3時間放牧 3 hours-grazing	
		Mf	Pr	Mf	Pr	Mf	Pr
		放牧地面積 (ha) Area of pasture	5-6月 May-June	9.4	9.6	5.5	5.6
	7-8月 July-Aug.	13.7	14.0	8.0	8.1	5.8	5.9
	9-10月 Sep.-Oct.	18.1	18.3	10.5	10.6	7.6	7.7
1牧区面積 (a) Area per one paddock		72	96	42	56	30	40

時間放牧では4-8haの草地が必要である。必要とする草地面積に草種による差は、放牧時間にかかわらず、ほとんど認められない。一方、1牧区面積については、1日の放牧時間によらず、利用草高が高いMf草地においてPr草地の3/4程度となり、牧区数は第24表に示したとおり、Mf草地ではPr草地よりも約30%多く必要とする。

1) 放牧可能面積約18ha(第15図)

放牧可能な草地面積が約18haあれば、放牧期間を通じて昼夜放牧が可能となり、放牧依存率を最大限

高めた飼養体系とすることが可能である。この際の牧区数はMf草地で25、Pr草地で19であり(第24表)、1牧区面積は順に72、96aである(第26表)。乾物増加速度が高い5-7月には少ない牧区数での放牧ができる。一方、この時期には余剰草が発生するため、Mf草地では6月に12牧区8.7ha、7月に6牧区4.3ha、Pr草地では6月に9牧区8.7ha、7月に5牧区4.8haを採草する必要がある。

2) 放牧可能面積約11ha

放牧可能面積が約11haある場合、第26表から放牧

期間を通じて半日放牧が可能で、その際の牧区数は本項1)の昼夜放牧と同様である。1牧区面積は放牧時間が短いため昼夜放牧より小さく、Mf草地で42a, Pr草地で56aである(第26表)。6月と7月に採草を行う牧区数は前記1)の昼夜放牧の場合と同様で、採草面積はMf草地において6月に5.0ha, 7月に2.5ha, Pr草地において6月に5.0ha, 7月に2.8haである。

3) 放牧可能面積約8ha

(1)放牧期間を通じて放牧時間を一定とする場合

V-1-6) - (2)で述べたように、放牧可能面積が約8haあれば放牧期間を通じて3時間の時間制限放牧が可能である。その際、季節別に要する牧区数は昼夜放牧や半日放牧と同様であるが、1牧区面積は放牧時間が3時間のため半日放牧よりさらに少なく、Mf草地では30a, Pr草地では40aでよい(第26表)。6月と7月の採草牧区数も昼夜放牧や半日放牧と同様であり、採草面積はMf草地で6月に3.6ha, 7月に1.8ha, Pr草地で6月に3.6ha, 7月に2.0haとなる。

(2)季節により放牧時間を変更する場合(第16図)

放牧依存率を高めるため採草は6月のみとし、採草面積をMf草地2.5ha, Pr草地2.2haに縮小することにより、放牧可能面積が8ha規模でも5-8月は半日放牧が可能である。3時間放牧では牛舎と放牧地間の牛群の移動が深夜作業になるため夜間放牧の導入は困難であるが、半日放牧では実施可能であり、夏季の暑熱による放牧草採食時間・採食量の低下を防止することもできる。9-10月は本項(1)と同様3時間の時間制限放牧とする。ただし本方式では、半日放牧から3時間の時間制限放牧へ移行する際に1牧区面積が変わるため、牧区面積の変更が可能となるよう、内柵に電気柵等の簡易柵を利用するとともに、通路や飲水場の配置など放牧地設計への配慮が必要である。

3. 結論

本研究はMf草地の集約放牧条件下における特性をPr草地と比較しつつ解明し、搾乳牛のための集約放牧草地の利用方式を確立する目的で実施した。その諸成績から得られた結論は以下のとおりである。

Mf草地とPr草地に放牧された牛群の産乳性(乳量・乳成分), BCS, 血液成分, 放牧依存率, 1ha当たり産乳量に差異は認められなかった。また、放牧依存率約50%, 粗飼料給与率約60%の条件下で、両草

地に放牧された牛群の日平均FCM量は30kg前後を示し、また、1ha当たりの産乳量は8,500kgに達し、集約放牧により305日乳量が9,000kg水準の牛群は飼養可能と考えられた。

集約放牧の実施により放牧草の栄養価が高く保たれる場合、放牧草採食量に最も影響を与える要因は草量であり、次いで併給飼料摂取量であった。放牧草採食量に対する放牧草のTDN含有率と草種(Mf-Pr間)の影響は小さく、乳量の影響も認められなかった。よって、集約放牧草地の年間利用計画を策定する際には、放牧草採食量の低下を防止するため、放牧期間を通じて割り当て草量が確保されるよう配慮することが肝要である。

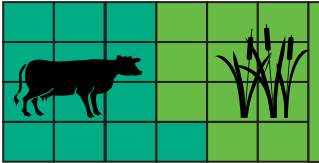
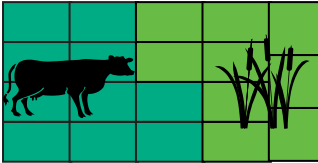
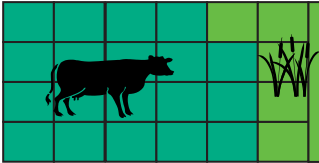
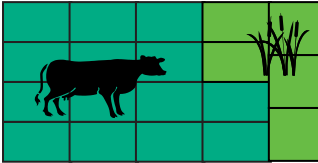
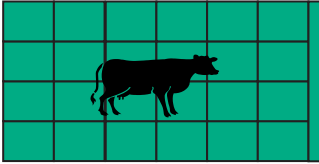
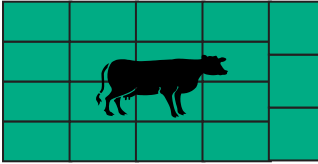
集約放牧条件下におけるMf草地の牧草生産性はPr草地と同等であり、放牧草の栄養価も草高が等しければMf草地とPr草地間に差は認められない。しかし、永続性の観点からMfはPrよりも高い25-30cmの草高で利用する必要がある。このため若干の栄養価の低下が発生するが、割り当て草量が確保されれば放牧牛の放牧草からのTDN摂取量に問題は生じない。

以上の点を踏まえ、Mf草地とPr草地の集約放牧利用方式を検討した結果、放牧に要する草地面積は両草種間で大差ないことが明らかとなった。一方、Mf草地の休牧日数はPr草地よりも長く設定する必要があるため、1日の放牧時間によらずMf草地の牧区数はPr草地より約30%多く要し、1牧区面積はPr草地よりも約25%小さくする必要性が認められた。

VI. 摘要

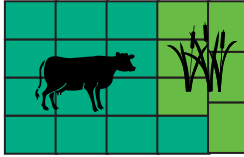

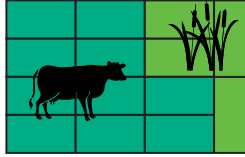
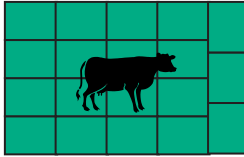
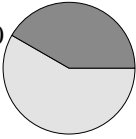
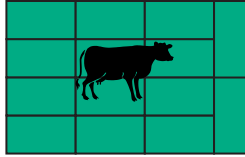
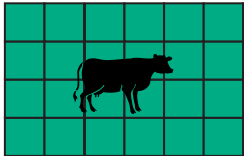
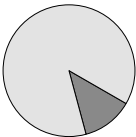
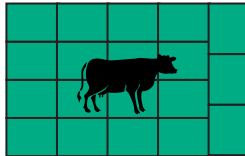
1. 本研究の目的は、北海道・東北・中部高冷地を中心とする寒地型牧草が安定的に越夏可能な地帯を対象に、搾乳牛の集約放牧技術を確立することである。そこで、本放牧方式の産乳性を検証するとともに、集約放牧草地の利用方式を数値に基づき提示するため、集約放牧条件下における草地と放牧牛に関わる係数を収集・整理した。その際、供試草種は少雪土壌凍結地帯における集約放牧用草種として期待されているものの集約放牧条件下での特性が未解明であるMf(メドウフェスク), ならびに集約放牧用として最適とされるPr(ペレニアルライグラス)とし、Mfの適正な集約放牧利用法を明らかにするための試験もあわせて行った。

2. 産乳性試験ではMf草地とPr草地において集約放牧を実施し、両草地の産乳性を比較検討した。両草

Mf草地 Meadow fescue pasture	季節 Season	Pr草地 Perennial ryegrass pasture
 <p>1牧区72a 72 a / one paddock 放牧13牧区 Grazing 13 paddocks 採草12牧区 Conserved 12 paddocks</p>	<p>5-6月 May - June</p>	 <p>1牧区96a 96 a / one paddock 放牧10牧区 Grazing 10 paddocks 採草9牧区 Conserved 9 paddocks</p>
 <p>1牧区72a 72 a / one paddock 放牧19牧区 Grazing 19 paddocks 採草6牧区 Conserved 6 paddocks</p>	<p>7-8月 July - Aug.</p>	 <p>1牧区96a 96 a / one paddock 放牧14牧区 Grazing 14 paddocks 採草5牧区 Conserved 5 paddocks</p>
 <p>1牧区72a 72 a / one paddock 放牧25牧区 Grazing 25 paddocks</p>	<p>9-10月 Sep. - Oct.</p>	 <p>1牧区96a 96 a / one paddock 放牧19牧区 Grazing 19 paddocks</p>

第15図 草地面積約18haで昼夜放牧を行う例 (搾乳牛40頭)

Fig.15.Example of 40 lactating cows whole-day grazing in about 18 ha pasture.

Mf草地 Meadow fescue pasture	季節 Season 放牧時間 放牧時刻 Time of grazing per day Grazing hour	Pr草地 Perennial ryegrass pasture
 <p>1牧区42a 42 a / one paddock 放牧13牧区 Grazing 13 paddocks 採草6牧区 Conserved 6 paddocks</p>	<p>5-6月 May - June 18 半日 Half-day</p> 	 <p>1牧区56a 56 a / one paddock 放牧10牧区 Grazing 10 paddocks 採草4牧区 Conserved 4 paddocks</p>
 <p>1牧区42a 42 a / one paddock 放牧19牧区 Grazing 19 paddocks</p>	<p>7-8月 July - Aug. 20 半日 Half-day</p> 	 <p>1牧区56a 56 a / one paddock 放牧14牧区 Grazing 14 paddocks</p>
 <p>1牧区30a 30 a / one paddock 放牧25牧区 Grazing 25 paddocks</p>	<p>9-10月 Sep. - Oct. 3時間 3 hours</p> 	 <p>1牧区40a 40 a / one paddock 放牧19牧区 Grazing 19 paddocks</p>

第16図 草地面積約8haで時間制限放牧を行う例 (搾乳牛40頭) .

Fig.16.Example of 40 lactating cows rationed grazing in about 8 ha pasture.

地に春季分娩牛を各4頭ずつ昼間放牧し、夜間放牧地と組み合わせて、5年間にわたり毎年約180日間昼夜放牧した(Mf区, Pr区)。その結果、両区牛群の日4%脂肪補正乳(FCM)量, 乳成分, ボディコンディションスコア, 血液成分および放牧依存率には有意差はなかった。また、両区供試牛の放牧期間中の平均FCM量は32kgを示し、1ha当たり産乳量は両区ともにFCM量で8,500kgに達し、Mf草地にはPr草地と同等の産乳性があることが明らかとなった。一方、試験1年目を除き、両区の放牧期間中の粗飼料給与率はともに60%以上を示し、集約放牧の効果と考えられた。

3. 採食量試験では搾乳牛の放牧草採食量に影響する要因を解明するため、前後差法およびLINEHANの方法により群単位で放牧草採食量を測定した。放牧期間中の放牧草の可消化養分総量(TDN)含有率と供試牛の放牧草からのTDN摂取割合は、順に平均で、68%以上、約50%であった。放牧草採食量に最も影響を与える要因は草量であり、後者の増加に伴い前者の量が増加し、さらに、併給飼料摂取量が増すと放牧草採食量は減少した。放牧草のTDN含有率ならびに草種(Mf-Pr間)による影響は小さく、また、乳量の影響は認められなかった。1日輪換放牧を行った草地において割り当て草量(kg/体重100kg)が8kg未満の場合、割り当て草量と放牧牛の放牧草からのTDN摂取量との間に正比例関係が認められた。

4. 草種特性試験では集約放牧条件下におけるMf草地の収量, 栄養価, 持続性に利用草高が与える影響を明らかにするため、小面積での放牧試験を行った。また、Mf集約放牧草地の持続性に採草兼用利用が与える影響もあわせて調査した。その結果、Mf草地を草高20cmで放牧専用利用した場合、同様な利用をしたPr草地に比べ収量と栄養価は同等であり、利用率は上回ったが、持続性が劣った。Mf草地を草高25-30cmで放牧専用利用した場合、20cmでの利用に比べ栄養価がやや低下するものの収量は33%増加し、持続性に優れていた。また、採草兼用利用方式には持続性を改善する効果は認められなかった。

5. 以上の結果を踏まえ、MfおよびPr草地の集約放牧利用方を提示するとともに、それらの草地における生産性や管理に関して以下のとおり結論した。集約放牧条件下におけるMf草地の牧草生産性と産乳性はPr草地と同等である。よって、必要な放牧地

面積は両草種とも大差ない。しかし、Mf草地を持続的に利用するには、放牧時の草高をPr草地よりも高い25-30cmとする必要がある。このため、Mf草地ではPr草地よりも長い休牧日数を要し、所要面積は変わらなくとも、牧区数を増やさねばならない。また、草高25-30cm利用下でMf草地の放牧草の栄養価は、草高20cm利用下のPr草地よりも若干低下するが、草量が十分あるため、放牧草採食量、放牧草からのTDN摂取量へは影響しない。

謝 辞

本研究をとりまとめるに当たり、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東京農工大学農学部教授板橋久雄博士ならびに同鎌田壽彦博士に衷心から感謝の意を表す。また、宇都宮大学農学部教授菅原邦生博士、茨城大学農学部教授中村豊博士ならびに同助教安江健博士にはご多忙にもかかわらずご校閲の労をおとりいただき、かつ有益なるご助言を賜った。さらに、元東京農工大学農学部教授塩谷哲夫博士には有益なるご助言をいただいた。ここに記し、深甚なる謝意を表す。

本研究は農林水産省北海道農業試験場草地部(現、独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構北海道農業研究センター畜産草地部)において、落合一彦元放牧利用研究室長(現、独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構畜産草地研究所飼料資源研究官)ならびに小川恭男元放牧利用研究室長(現、独立行政法人農業環境技術研究所生活環境安全部植生研究グループ長)の懇切なるご指導のもとに実施したものであり、取りまとめに際しても多大なるご便宜とご激励をいただいた。また、長谷川寿保元草地部長ならびに井上康昭元草地部長には研究実施に際し多くのご指導とご便宜を賜り、研究の取りまとめに当たっては山口秀和元草地部長ならびに竹下潔畜産草地部長に論文のご校閲とご指導をいただいた。池田哲也元放牧利用研究室主任研究官(現、独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構畜産草地研究所山地畜産研究部山地畜産研究チーム長)ならびに同北海道農業研究センター畜産草地部梅村和弘放牧利用研究室長には、研究遂行に際して多くのご協力とご教示をいただいた。さらに、入省以来、上司と同僚の方々、公立場所や農家をはじめとする関係者の方々からも様々なご指導とご教示をいただき、本研究遂行の糧となった。ここに記し、

心より謝意を表する次第である。

研究業務の遂行に際しては、供試家畜ならびに草地の管理を中心に、本間毅郎氏、工藤康夫氏をはじめとする北海道農業試験場企画調整部業務第1科ならびに同3科諸氏のご理解と絶大なるご支援、ご協力をいただいた。また、試料の分析をはじめ日常の研究業務に対しては、高山昭子氏、磯野加容子氏、赤坂貴子氏をはじめとする臨時職員諸氏のご協力を得た。ここに記し、心よりお礼申し上げる。また、研究遂行および論文取りまとめに要する時間の捻出に、家族の協力があつたことを付記する。

引用文献

- 1) 荒智(1989). サイレージ・乾草の損失. 粗飼料・草地ハンドブック(高野信雄・佳山良正・川鍋祐夫監修). p. 637-644. 養賢堂. 東京.
- 2) BAKKEN, A. K., J. H. MACDUFF and M. COLLISON (1998). Dynamics of nitrogen remobilization in defoliated *Phleum pratense* and *Festuca pratensis* under short and long photoperiods. *Physiologia Plantarum*, 103: 426-436.
- 3) CURRAN, M. and W. HOLMES (1970). Prediction of the voluntary intake of feed by dairy cows. 2. Lactating grazing cows. *Anim. Prod.*, 12: 213-224.
- 4) FERGUSON, J. D., D.T. GALLIGAN and N. THOMSEN (1994). Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 77: 2695-2703.
- 5) GOODING, R. F. and J. FRAME (1997). Effects of continuous sheep stocking and strategic rest on the sward characteristics of binary perennial grass/white clover associations. *Grass and Forage Sci.*, 52: 350-359.
- 6) 花田正明(1995). 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研究. 北海道立農業試験場報告: 85. 1-66.
- 7) 原島徳一・平島利昭(1989). 草地の利用と維持管理. 粗飼料・草地ハンドブック(高野信雄・佳山良正・川鍋祐夫監修). p. 256-260. 養賢堂. 東京.
- 8) 早川康夫・佐藤康夫(1970). 永年放牧地の特性と管理. 第3報 季節生産の平準化に及ぼす草丈と代表的放牧用草種. 北海道農業試験場彙報, 97: 17-27.
- 9) HEANEY, D. P. and W. J. PIGDEN(1963). Interrelationships and conversion factors between expressions of the digestible energy value of forages. *J. Anim. Sci.*, 22: 956-960.
- 10) 菱山泉(1992). 外部経済・内部経済. 経済学辞典第3版(大阪市立大学経済研究所編). p. 106. 岩波書店. 東京.
- 11) HODGSON, J. and W. S. JAMIESON (1981). Variations in herbage mass and digestibility, and the grazing behavior and herbage intake of adult cattle and weaned calves. *Grass and Forage Sci.*, 36: 39-48.
- 12) HOLMES, C. W. and G. F. WILSON(1984). *Milk Production from Pasture*. pp. 133-134. Butterworths. Wellington.
- 13) 池田哲也・三田村強・宮下昭光(1999). チモシー(*Phleum pratense* L.) 草地における集約放牧技術の開発. 1. 短期輪換放牧したチモシー草地の家畜生産性. 日草誌, 44: 342-346.
- 14) 池田哲也・三田村強・宮下昭光(2000). チモシー(*Phleum pratense* L.) 草地における集約放牧技術の開発. 2. 放牧牛の増体に及ぼす春期余剰草サイレージの併給効果. 日草誌, 46: 143-147.
- 15) 石田享(1993). 放牧地における合理的草種・品種の組み合わせ. 北海道草地研究会報, 27: 27-32.
- 16) JONES, E. L. (1983). The production and persistency of different grass species cut at different heights. *Grass and Forage Sci.*, 38: 79-87.
- 17) 加納春平・佐藤康夫・手島茂樹・高橋俊・名田陽一・平島利昭(1995). 放牧と採草を組み合わせた草地の輪換利用による高位生産. 北海道農試研報, 161: 57-66.
- 18) 川端幸蔵(1978). ふたつの回帰式の併合. 応用統計ハンドブック(応用統計ハンドブック編集委員会編). p. 105-107. 養賢堂. 東京.
- 19) 川崎勉(1992). ペレニアルライグラスと放牧技術. ぐらーす, 36(3): 24-29.
- 20) 木田克弥(1996). 牛群検診と個体能力の向上. p. 18-44. 酪農総合研究所. 札幌.
- 21) 木曾誠二・能代昌雄(1994). チモシー(*Phleum pratense* L.) 採草地の早刈り管理法. 1. 早刈りが単播草地の乾物収量, 可消化養分総量および雑草侵入に及ぼす影響. 日草誌, 39: 429-436.
- 22) 木曾誠二・能代昌雄(1997) チモシー(*Phleum*

- pratense* L.) 採草地の早刈り管理法. 2. 早刈りがチモシー・シロクローバ (*Trifolium repens* L.) 混播草地の草種構成, 乾物収量および可消化養分総量に及ぼす影響. 日草誌, 43: 258-265.
- 23) 小林寛・国分洋一・小山喜男 (1985). 放牧草地の草質改善に関する試験. 4. ペレニアルライグラスとオーチャードグラスの栄養価の比較. 昭和58年度福島県畜産試験場試験成績報告: 127-130.
- 24) 小池一正・小槍山憲作・山内克彦・道後泰治・土屋英希・新田実 (1975). 大規模生産における刈取りから給与までの乾物損失量(率). 日草誌, 21 (別1): 87-88.
- 25) 小坂清巳 (1994). 飼料の化学分析. 粗飼料の品質評価ガイドブック (自給飼料品質評価研究会編). p. 7-9, 13-14. 日本草地協会. 東京.
- 26) 久米均 (1981). 重回帰分析. 多変量解析法・改訂版 (奥野忠一・芳賀敏郎・久米均・吉澤正著). p. 139-141. 日科技連. 東京.
- 27) LINEHAN, P. A., J. LOWE and R. H. STEWART (1947). The output of pasture and its measurement. Part II. J. Brit. Grassl. Soc., 2: 145-168.
- 28) MARSHALL, A. H. and D. H. HIDES (2000). Herbage seed production. In Grass: its productin and utilization-3rd ed. (Ed. A. HOPKINS). p.112-113. Blackwell Sciene. London.
- 29) MEIJS, J. A. C. (1981). Herbage Intake by Grazing Dairy Cows. p.43-72. Center for Agricultural Published and Documentation. Wageningen.
- 30) 森本宏 (1985). サイレージ. 改著飼料学 (森本宏編, 森本宏・吉田実・大山嘉信共著). p. 374-383. 養賢堂. 東京.
- 31) 西道由紀子・八代田真人・谷川珠子・中辻浩喜・近藤誠司・大久保正彦 (2001). 春季の放牧開始時のイネ科草高が牧草生産量および泌乳牛の利用草量に及ぼす影響. 日草誌, 47: 269-273.
- 32) 野中最子・古川研治・橋本成泰・時田光明・中辻浩喜・大久保正彦・朝日田康司 (1997). 泌乳牛の時間制限放牧下における放牧強度の違いが利用草量に及ぼす影響. 日草誌, 43: 266-271.
- 33) 能代昌雄・平島利昭 (1978). 牧草の耐凍性に関する研究. I. 北海道地方におけるイネ科牧草の凍害と雪腐大粒菌核病害. 日草誌, 23: 289-294.
- 34) 落合一彦 (1995). 「集約放牧」とは?. 集約放牧マニュアル (集約放牧マニュアル策定委員会). p. 11-12. 北海道農業試験研究推進会議. 札幌.
- 35) 落合一彦・須藤賢司・池田哲也 (1998). haあたり10頭の搾乳牛を夜間, 定置放牧した放牧草地の生産力と植生の変化. 日草誌, 44 (別): 340-341.
- 36) 扇勉 (1995). 高泌乳期における放牧の留意点. 集約放牧マニュアル (集約放牧マニュアル策定委員会). p. 91-92. 北海道農業試験研究推進会議. 札幌.
- 37) 大久保忠旦 (1990). 草地における植物生産と家畜生産の相互作用. 草地学 (著者代表大久保忠旦). p. 106-142. 文永堂出版. 東京.
- 38) 酒井治・三枝俊哉・藤田眞美子・堤光昭・能代昌雄 (1996). 根釧地域における放牧用イネ科草種・品種の利用法. 北農, 63: 402-404.
- 39) 澤田嘉昭・佐藤尚親 (1990). 肉牛放牧条件下における地下茎型イネ科牧草の生産性および採食性 (利用2年目). 北海道草地研究会報, 24: 104-106.
- 40) 澤田嘉明 (1995). 集約放牧向けの草種・品種とその使い方. メドウフェスク (MF). 集約放牧マニュアル (集約放牧マニュアル策定委員会). p. 35-37. 北海道農業試験研究推進会議. 札幌.
- 41) 佐藤康夫・平島利昭 (1985). 効率的草地生産システムの実証的研究. 第1報 草地利用方式の違いが生産量に及ぼす影響. 北海道草地研究会報, 19: 157-160.
- 42) SHELDRIK, R. D. (2000). Sward establishment and renovation. In Grass: its productin and utilization -3rd ed. (Ed. A. HOPKINS). p.15-20. Blackwell Sciene. London.
- 43) 塩谷繁・落合一彦・梅村恭子 (1990). スーパー放牧の理論と実際. 肉牛ジャーナル, 3 (11): 17-23.
- 44) STOCKDALE, C. R. (1985). Influence of some sward characteristics on consumption of irrigated pastures grazed by lactating dairy cattle. Grass and Forage Sci., 40: 31-39.
- 45) 須藤賢司・落合一彦・池田哲也 (1995). ライジングプレートメーターによる牧草現存量の推定. 日草誌, 41 (別): 259-260.

- 46) 須藤賢司・落合一彦・池田哲也・本間毅郎(1996).
メドウフェスク主体草地の特性解明. 1. 利用1年
目の結果. 日草誌, 42 (別) : 358-359.
- 47) SWAIN, S. M. and L. E. ARMENTANO(1994).
Quantitative evaluation of fiber from nonforage
sources used to replace alfalfa silage. J. Dairy Sci.,
77: 2318-2331.
- 48) 高橋俊・名田陽一・佐藤康夫・加納春平・手
島茂樹(1995). 草地利用法の変換による植生制御.
北海道農試研報, 161 : 47-56.
- 49) TANO, H. and F. SHIBATA(1984). Studies on the
utilization of pasture herbage nitrogen by rumen
microorganisms. J. Japan. Grassl. Sci., 29: 354-
361.
- 50) 田野仁・柴田章夫(1986). ルーメン内微生物
による牧草窒素の利用に関する研究. 4. 牧草から
生成されたアンモニアの微生物による取り込みに
対する牧草中窒素含量の影響. 日草誌, 32 : 149
-153.
- 51) TILLEY, J. M. A. and R. A. TERRY(1963). A two
-stage technique for the *in vitro* digestion of forage
crops. J. British Grassland Society, 18: 104-111.
- 52) 梶村恭子・塩谷繁・大槻和夫・落合一彦(1995).
搾乳牛における集約放牧の土地の生産性. 日草誌,
41 (別) : 267-268.
- 53) VAZQUEZ, O. P. and T. R. SMITH (2000). Factors
affecting pasture intake and total dry matter intake
in grazing dairy cows. J. Dairy Sci., 83: 2301-2309.
- 54) VIRKAJÄRVI, P. and K. JÄRVENRANTA (2001). Leaf
dynamics of timothy and meadow fescue under Nordic
conditions. Grass and Forrage Sci., 56: 294-304.
- 55) WOOD, P. D. P. (1969). Factors affecting the
shape of the lactation curve in cattle. Anim. Prod.,
11: 307-316.
- 56) YAYOTA, M., Y. NISHIMICHI, C. YAYOTA,
H. NAKATSUJI, S. KONDO and M. OKUBO(2002). Effect
of pre-grazing grass height on milk production
by dairy cows under rotational grazing. Grassland
Science, 48: 407-411.
- 57) 吉田実(1980a). 畜産を中心とする実験計画法.
p. 68-86. 養賢堂. 東京.
- 58) 吉田実(1980b). 畜産を中心とする実験計画法.
p. 87-100, 325-326. 養賢堂. 東京.
- 59) ZIMMERMANN, M. and J. NÖSBERGER(1999). Effects of
management intensities and sward structures on dry
-matter production of meadow fescue (*Festuca
pratensis* Huds.) in permanent grassland. J.
Agronomy and Crop Science, 182: 145-152.
- 60) 北海道農政部酪農畜産課監修(1999年). 北海
道の酪農・畜産データブック'99. デーリィマン社.
札幌.
- 61) 農林省農林経済局統計調査部(1963). 昭和36
年度家畜飼養の概況-農業調査(畜産部門)結果
第②巻.
- 62) 農林水産省農林水産技術会議編(1994). 日本
飼養標準乳牛(1994年版). 中央畜産会. 東京.
- 63) 農林水産省農林水産技術会議編(1995). 日本
標準飼料成分表(1995年版). 中央畜産会. 東京.
- 64) 農林水産省生産局畜産部畜産企画課(2001).
平成13年畜産経営の動向.
- 65) 農林水産省統計情報部(2002). ポケット畜産
統計平成13年度版. 農林統計協会. 東京.
- 66) ポケット畜産統計-畜産累年統計-(1971).
農林統計協会. 東京.

略号説明

本文および図表中に用いた略号を以下に示した。また、本文および図表中の草量ならびに飼料の栄養価・成分は乾物当たりの値である。

The abbreviations used in the text and the chart was shown below. Moreover, the values about herbage mass and nutritive value of feed in the text and a chart is a value per dry matter.

略号	正式名称
Abbreviation	Full description
草地関連 About pasture	
Kb	ケンタッキーブルーグラス (<i>Poa pratensis</i> L.) Kentucky bluegrass
Mf	メドウフェスク (<i>Festuca pratensis</i> Huds.) Meadow fescue
Og	オーチャードグラス (<i>Dactylis glomerata</i> L.) Orchardgrass
Pr	ペレニアルライグラス (<i>Lolium perenne</i> L.) Perennial ryegrass
TY	チモシー (<i>Phleum pratense</i> L.) Timothy
Wc	シロクローバ (<i>Trifolium repens</i> L.) White clover
家畜栄養関連 About animal nutrition	
BCS	ボディコンディションスコア Body condition score
CP	粗蛋白質 Crude protein
NDF	中性デタージェント繊維 Neutral detergent fiber
TDN	可消化養分総量 Total digestible nutrients
TDN/CP比	TDN含有率 (%) とCP含有率 (%) との比
TDN / CP ratio	Ratio of TDN content (%) and CP content (%)
乳関連 About milk	
FCM	4%脂肪補正乳 4 % fat corrected milk
SNF	無脂固形分 (%) Solids not fat
血液成分関連 About blood constituent	
BUN	尿素窒素 Blood urea nitrogen
Glu	血糖 Blood glucose
NEFA	遊離脂肪酸 Free fatty acid