

氏 名(本籍) 木 慎 二 郎

学位の種類 農 学 博 士

学位記番号 農 第 3 6 3 号

学位授与年月日 平 成 元 年 3 月 9 日

学位授与の要件 学位規則第 5 条第 2 項該当

学位論文題目 乳用育成牛による人工草地の放牧利用に関する研究

論文審査委員 (主 査)

教授 伊藤 巖 教授 水間 豊

助教授 菅原 和夫

論文内容要旨

わが国における人工草地の放牧利用に関する歴史は浅く、草地畜産の先進諸国に比べると、技術的にも低い段階にとどまっている。草地の放牧利用は、耕種農業における作物生産とは多くの点で異なっているが、管理と利用が表裏一体であり、収穫の段階も生態的であるというのも大きな特色である。この点からは、草地の放牧利用に当たっては、生態的にみて合理的な放牧圧を加えていく必要があるし、放牧圧は放牧技術の中でも最も重要なものであるということが出来る。しかしながら、放牧圧の適正さについては、考え方のうえでも、実際の放牧強度のうえでも不明な点が多かった。

本研究は、乳用育成牛を対象として、草地の生産性を維持しながら利用効率の向上を図るという観点にたち、放牧強度の問題を中心に利用効率に係わる問題を、実際に放牧生態系を設定する中で解明しようとしたものである。

1. 放牧強度と草地の生産性

1) 放牧強度が草地生産と育成牛の発育に及ぼす影響

放牧強度が草地の生産と家畜の発育に及ぼす影響を解明するため、オーチャードグラス、ペレニアルライグラス、シロクロバの混播草地において、頭数増減方式により4年間にわたって検討した。

採食利用率を重放牧は80%、中放牧は60%、軽放牧は40%とすることを目標としたが、重放牧では約10%、中放牧では約5%目標を下回る結果となった。重放牧の採食利用率をこれ以上高めることは草地と家畜の両面からみて困難であった。採食利用率の相違は、放牧前後の草量などには大きな差となって表れているが、収容頭数の差は大きなものではなかった(第1図、第1表)。

オーチャードグラスを主体とする長草型牧草地において、一定以上の利用効率を保ちながら植生構造と生産性を連年にわたり維持するためには、放牧時の平均草量が1200~1300kg/10a、放牧回次ごとの採食利用率を50~60%とする中程度の放牧が優れていることが再生量や利用量に示されている(第2表)。このような放牧を行えば、オーチャードグラスとペレニアルライグラスの同程度の大きさの株が平均して分布し、その間をシロクロバが埋める形となり、植生構造が最も適正に保たれる(第2図)。これに対して、毎回の採食利用率を70%程度とする強い放牧では、ペレニアルライグラスは小型化し、ケンタッキーブルーグラスが侵入するなど短草型に移行し、草地の生産量は低下する。このため、採食利用率を高めることが逆に利用量を低下させることになる。一方、採食利用率が40%程度の弱い放牧では、利用効率が低いこと自体が問題であるが、加えて植生構造が悪化し、草質も低下する(第3図)。

放牧育成牛の日増体は、軽放牧と中放牧ではほとんど差がないが、採食利用率70%以上の強い放牧では低くなり、しかもその傾向が年々顕著になる(第4図)。その結果、面積当たりの増体量は、採食利用率70%程度の強い放牧が最低となった。採食利用率を50~60%とする中程度の放

牧では、収容頭数もかなり確保されるうえ放牧牛の増体も高く維持されており、面積当たりの増体量は最高となった（第5図）。なお、放牧育成牛の増体は草地の経年化とともに低下し、また夏季には各強度とも一様に低下した（第6図）。

以上のように、個体の発育や面積当たりの増体量からみても、採食利用率を高めれば高い生産量が得られるとするのは、放牧生態系の実際の動きを無視した機械的な考えと言わざるをえない。加えて、乳用育成牛の放牧においては、面積当たりの増体だけで放牧効果を評価するのは十分ではなく、利用されたエネルギーが維持と増体にいかに配分されるかが重要であることが明らかにされているが、この点でも採食エネルギーの30%以上が増体に配分される採食利用率50~60%の放牧が好ましいと判断された（第3表）。

これらの結果を模式的に示したのが第7図である。従来、放牧強度を高めれば、1頭当たりの増体は減るが面積当たりの増体は増すとされたてきたのは、同図(a)のように草地の生産性が低下しないことを前提条件としている。本研究の結果は、放牧強度を高めれば、同図(b)に示すごとく植生構造の悪化とそれに伴う草地生産力の低下をまねくことになり、放牧強度の基準は永年にわたる植生構造の変化によって判断されるべきことを明らかにしている。

2) 放牧強度が不食過繁地の形成に及ぼす影響

不食過繁地（以下、不食地と略す）の面積 $Y(\%)$ と採食利用率 $X(\%)$ の間には高い相関があり、 $Y = 81.5 - 0.85 X$ の回帰式が得られた。しかし、不食地面積を10%以下にするほど放牧強度を強めると、放牧育成牛の日増体が低下し、放牧効果を低める結果となることが明らかにされた（第4表）。

3) 放牧強度が育成牛の採食行動と体重変化に及ぼす影響

乳用育成牛は放牧強度が強まると、ある程度までは採食時間を延長して草量の低下に適応しているのが見られた。しかし、草量が一定以下になると採食時間はむしろ少なくなっており、その適応性はあまり高いものではなかった（第8図）。すなわち、採食量や体重の変化からみると、採食利用率70%程度とする強い放牧においては、採食時間を延長することによって草量の不足を補うことはできないと思われる（第5表）。放牧強度の相違による行動形の変化は、採食時間よりも反芻時間に大きく表れており、草生条件と放牧牛との関係を示す指標としては反芻時間がより重要である（第8図）。

2. 不食地の形成要因

不食地の形成要因を嗅覚を麻痺させる方法などにより解明した。

放牧牛は、牛糞のみならず馬糞、羊糞、牛糞浸出液などの周囲の牧草も採食を拒否したが、牛尿

が排泄された周囲の牧草は採食した（第6表）。また、牛糞の水蒸気蒸留液を散布した牧草も牛は採食を拒否した。牛糞中に含まれる成分量に相当する化学肥料を施しても、牛による採食拒否は起こらなかった。これらの結果から、放牧地における不食地の形成は糞からの直接的な臭気が原因であることが実験的に明らかにされた。

牛糞の水蒸気蒸留液を鼻鏡付近に滴下させることにより、不食地を採食させることが可能であった。スカートの粉末を接着剤に溶解し、牛の鼻鏡、鼻翼に塗付することによっても、不食地が採食されるのが認められた。この方法で7週間にわたり放牧を続けたところ、スカート塗付牛が放牧された草地では、不食地の面積は著しく減少し、放牧牛の増体も良好であった（第7表）。すなわち、不食地の形成は排糞の臭気によることが確認されたうえ、牛の嗅覚を麻痺させることにより、不食地の抑圧が可能なが示された。

3. 放牧条件と育成牛の採食行動

輪換放牧における牛の行動と採食、増体との関係のいっそうの解明を図るため、移牧時刻を変えて放牧育成牛の採食行動の日内変動を検討した。

放牧牛の行動の日周性は、輪換時の移牧時刻によって大きく影響されている。すなわち、継続的に午前中に新しい牧区へ移される牛の採食行動は、早朝のピークは小さくなり、代償的に午前中に大きなピークが出現し、夕方のピークと合わせると3山型のパターンとなった。一方、夕刻に移牧される牛では、日中のピークはなく、早朝と夕方に採食行動のピークをもつ2山型のパターンとなった。前者の場合には、日中に採食を強いられた結果、採食行動が本来の日周性からずれたものであり、そのため採食行動のピークが3回見られるにもかかわらず、夕刻の移牧に比べると採食時間が少なくなっている（第9図）。

放牧牛の体重は、朝から夕方まで増加するが、その中では移牧直後の2～3時間において急激な増加を示しており、放牧牛はこの間に大量の牧草を採食していることが明らかになった（第10図）。また、放牧牛の体重は、日没後から翌日の日の出までの間では大きく減少しており、夜間の採食は量的にはごく僅かなものであると考えられた。

移牧後日数との関係で体重変化をみると、体重の最大値は移牧1日目に見られ、その後は次第に低下した。すなわち、輪換放牧における放牧期間を通しての増体重は、1日ごとの積算としてではなく、輪換ごとの積算としてしめされる形となっている（第11図）。

放牧牛は、輪換の周期や移牧時刻を学習し、それに基づいて行動しており、集約的な輪換放牧における移牧の行為は、給餌方式の一種とみなすべきものといえる。採食行動の本来の日周性により合致していると考えられる夕刻の移牧が、早朝の活動が終わった後になる午前中の移牧よりも増体が良かったことは、放牧牛群の管理に一つの示唆を与えている。すなわち、輪換放牧における移牧

の行為は、良好な植生構造を維持するという草地管理の面だけではなく、放牧牛群に採食の刺激を繰り返して与えているという重要な意義があり、その行為は牛の日周性に合致した形で行うべきであることが明らかにされた。

4. 放牧育成牛の夏季における発育停滞

第1項では、各放牧強度とも夏季には牛の発育が停滞するのが見られた。そこで、育成牛に対して飛来昆虫の防除や補助飼料の給与を行い、その原因を検討した。

育成牛は、良質の飼料が十分にあれば、炎天下に曝されている場合でも良好な増体を示した。アブ、サシバエの飛来は、牛の採食行動を妨げ、採食量を低下させた(第8表)。これらの結果から、放牧育成牛の夏季における発育停滞の原因は、第1には放牧草の栄養価とくにTDN含量の低下であり、第2には飛来昆虫の増加による採食量の減少であることが明らかになった。北海道においては、暑熱の直接的な影響は少ないものと思われた。すなわち、夏季の発育停滞の防止対策としては、良質の牧草を豊富に供給することが第1であり、乳用育成牛の放牧においても時によっては補助飼料の給与も必要であると考えられる。

5. 晩秋放牧における草量・草質と育成牛の発育及び牧養力

第1項では、各放牧強度とも秋における草量の低下が顕著であった。これに対応するため、晩秋用放牧草地の備蓄方法と草量、草質との関係、あるいは育成牛の発育との関連について検討した。

オーチャードグラスを主体とする草地を対象とする場合、窒素量で8kg/10aの追肥を行えば、8月下旬～9月上旬からの備蓄でも11月中旬における乾物量は300kg/10aに達した。このような方法で備蓄した牧草は、葉身の枯死割合が少なく、栄養比が4～5の消化性の良好な牧草となっている(第9表)。この場合、オーチャードグラスでは多数の出穂茎や穂孕み茎が見られ、形態的にも1番草に近いものとなっており、このことが草量を高め、草質を良くしている原因であると考えられる。これに対して、十分な追肥をしても8月中旬以前の盛夏期から備蓄した場合は、乾物量はやや多くなるものの枯葉の多いフォグゲージ状の牧草となった。

乾物率の高いフォグゲージ化した牧草は、家畜の嗜好性が低く、採食量も少なかった。これに対して、盛夏期を過ぎてから追肥を十分に行って備蓄した牧草は、乾物率は低いが、家畜による嗜好性が高く、乾物摂取量、栄養摂取量も多かった(第9表)。

晩秋草の草量の確保と草質の改善を図るため、備蓄時における刈取前施肥という方法を試みた。その結果、2番草を刈り取る前に窒素肥料を追肥しておくことにより、その後再生してくる牧草では消化率やTDN含量が高く維持されたままDCP含量が低くなるのが認められた(第12図)。

すなわち、刈取前の窒素追肥によって、栄養比の中の広い、低蛋白・高エネルギー型の晩秋草が得

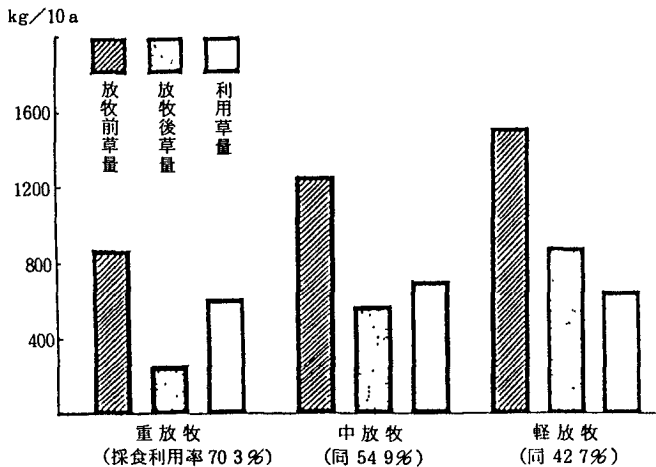
られることが分かった。また、刈取前追肥は備蓄時期が8月下旬～9月上旬になる場合には晩秋草の草量確保にも効果があった。一方、刈取前の施肥は夏季に再生してきた牧草の草勢回復と栄養価の改善にも効果があった（第10表）。

春から秋までの放牧と晩秋放牧を合わせた年間の牧養力は、備蓄のための休牧を7月下旬～8月中旬から行うよりも、8月下旬～9月上旬から休牧する晩期備蓄において高かった（第11表）。

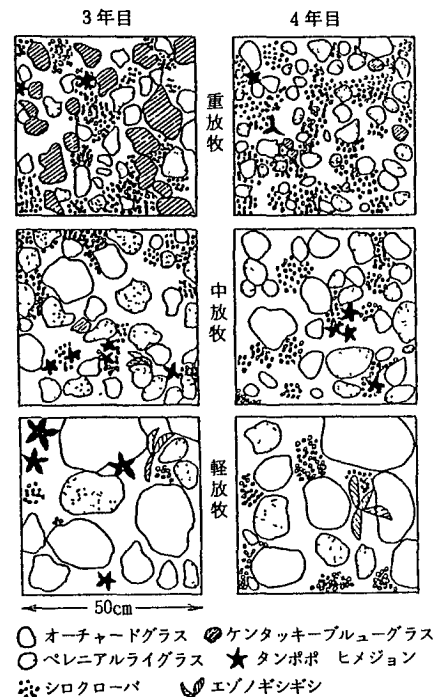
6. 総括

放牧方式は土地条件，気象条件に合致したものでなければならないが，本研究の全体構成とその成果を寒地型牧草地帯における乳用育成牛の放牧体系という視点でまとめたものが第13図である。

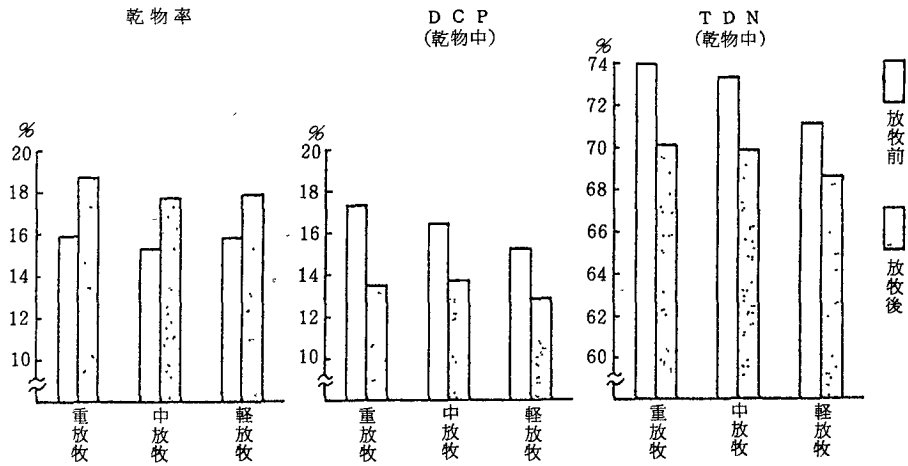
公共草地においては，乳用育成牛の放牧飼養が過半を占めているが，これまで一定の利用効率をあげながら，しかも生産性を連年維持していくための適正放牧圧は明らかにされていなかった。そこでまず，植生構造を適正に保ち，草地の生産性を永年にわたり維持するための適正な放牧強度を明らかにした。次いで，放牧における効率的利用の阻害要因として，不食過繁地の形成と夏季における放牧牛の発育停滞の問題を取り上げ，その要因を解明するとともに対策技術について検討した。また，放牧牛の採食行動と体重変化について検討し，輪換放牧の家畜管理上における位置づけを明確にした。さらに，わが国では牧草の季節生産性の変動が著しく，とくに秋の草量低下が問題であるが，これに対しては晩秋用放牧草地の備蓄方法について検討し，草量の確保と草質の改善に有効な方法を明らかにした。



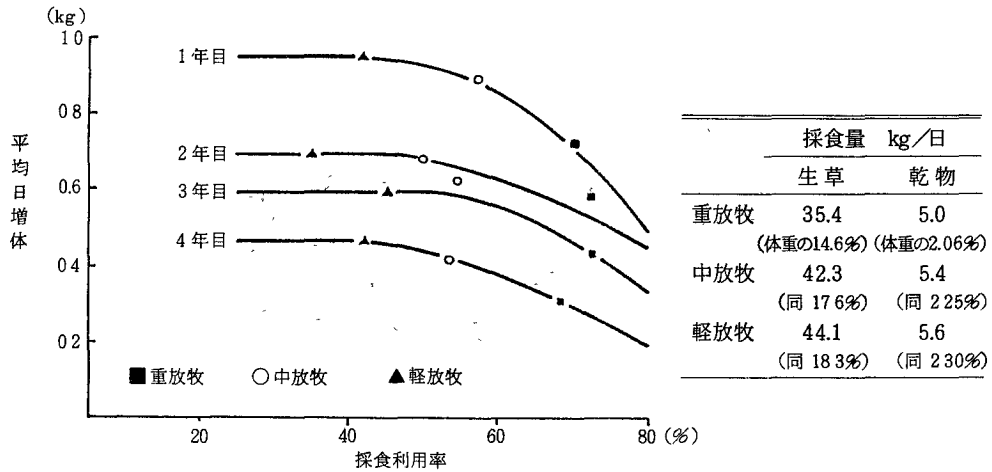
第1図 放牧強度別の放牧前後の草量と採食利用率
(4年間，6牧区，各回の平均)



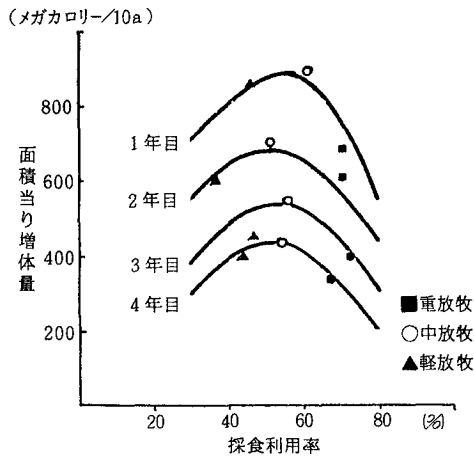
第2図 放牧強度と草生密度



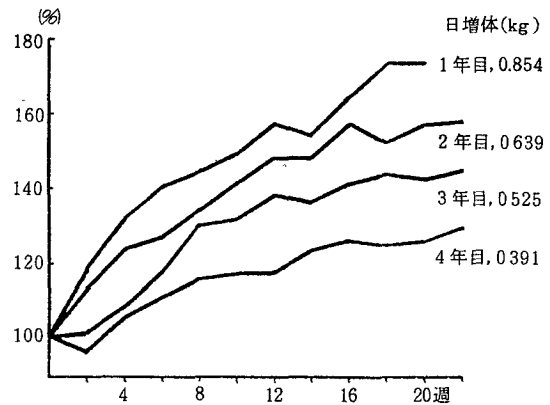
第3図 放牧前後における放牧草の成分組成



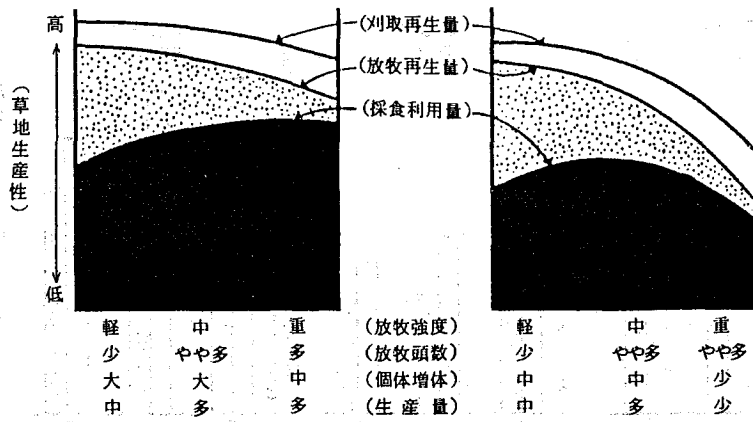
第4図 放牧強度と個体の増体との関係



第5図 放牧強度と面積当り増体の関係

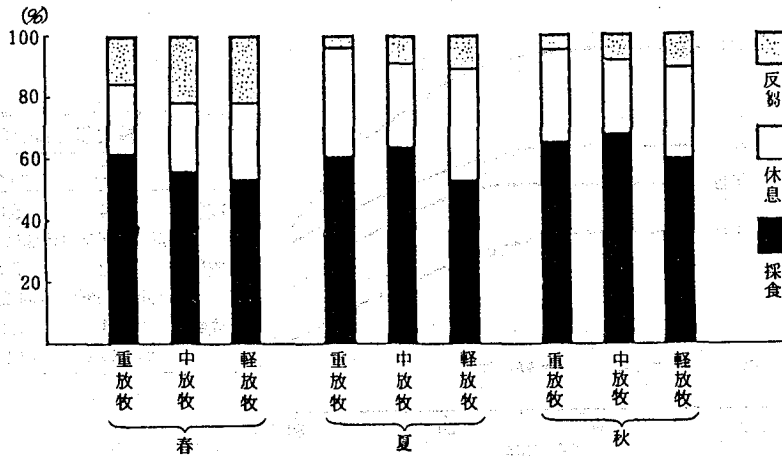


第6図 放牧育成牛の体重変化 (重, 中, 軽放牧の平均)

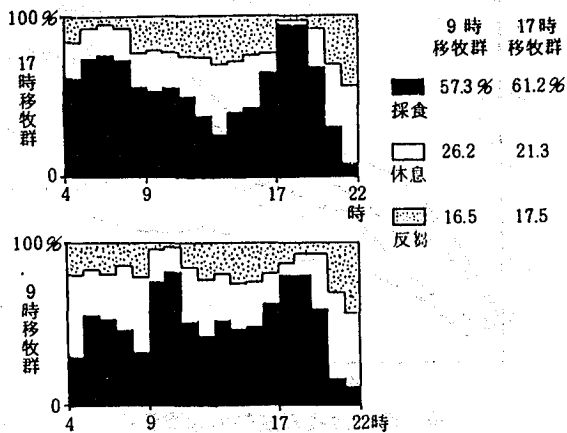


(a) 放牧強度を強めると個体の増体は低下するが面積当りの生産量は増す。
 (b) 放牧強度を強めると個体の増体も、面積当りの生産量も減る。

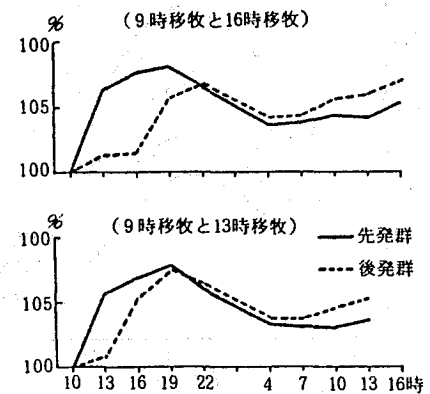
第7図 放牧強度と草地生産性の模式図



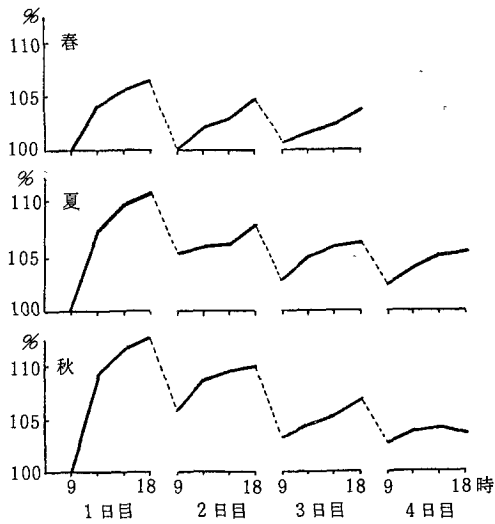
第8図 放牧強度別の育成牛の行動形割合



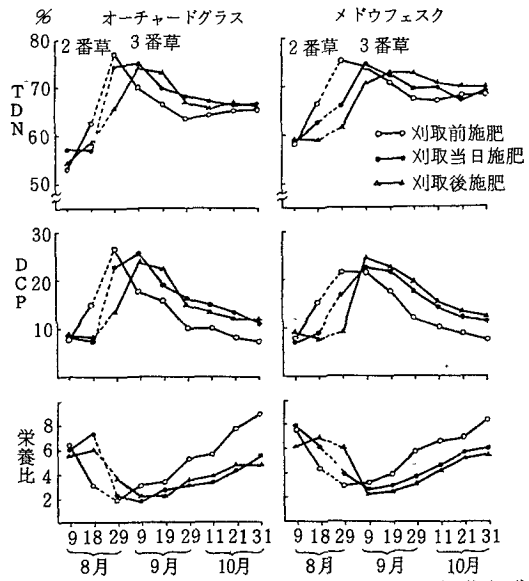
第9図 移牧時刻と行動形割合



第10図 移牧時刻と放牧牛の体重変化



第11図 移牧後日数と体重の時刻変化



第12図 栄養価と栄養比の変化 (乾物中%)

第1表 処理別の放牧頭数

年次	処理区分	延べ放牧頭数	
		実頭数	頭/10a 500kg換算頭数
1年目	重放牧	128.0	68.9
	中放牧	123.9	66.1
	軽放牧	111.4	59.7
2年目	重放牧	134.6	62.2
	中放牧	128.8	58.6
	軽放牧	112.7	53.0
3年目	重放牧	120.7	56.6
	中放牧	115.8	52.8
	軽放牧	111.3	49.7
4年目	重放牧	140.0	66.1
	中放牧	126.7	61.2
	軽放牧	111.9	53.0
平均	重放牧	130.8 (100)	63.5 (100)
	中放牧	123.8 (95)	59.7 (94)
	軽放牧	111.8 (85)	53.9 (85)

第2表 面積当たりの再生量と利用量

(草量は10a当たり)

処理区分	年次	平均 前草量	平均 残草量	平均 利用量	平均 採食率	刈取		放牧 再生量 G	期間中 利用量 U	U/G	U/C
						再生量 C	再生量 G				
重放牧	前半2年	1022kg	303kg	719kg	70.4%	8003kg	5824kg	5367kg	92.2%	67.1%	
	後半2年	716	216	500	69.8	6462	4156	4005	96.4	62.0	
	平均	869	259	610	70.3	7232	4990	4686	94.6	65.6	
中放牧	前半2年	1433	648	785	54.5	8765	6249	5864	93.8	66.9	
	後半2年	1058	482	576	54.4	7149	4946	4616	93.3	64.9	
	平均	1245	565	680	54.9	7957	5597	5240	93.6	66.1	
軽放牧	前半2年	1731	1017	714	41.2	8542	5911	5315	89.9	62.2	
	後半2年	1287	719	568	44.1	7446	5046	4538	89.9	60.9	
	平均	1509	868	641	42.7	7994	5478	4927	90.0	61.8	



第13図 「乳用育成牛による人工草地の放牧利用に関する研究」の全体構成及び成果の総括

第3表 放牧頭数と増体とから計算した可消化エネルギー量 (メガカロリー/10a)

年次	重放牧			中放牧			軽放牧		
	維持	増体	計	維持	増体	計	維持	増体	計
1年目	1358 (67)	682 (33)	2040	1388 (61)	885 (39)	2273	1273 (59)	876 (41)	2149
2年目	1420 (71)	613 (29)	2033	1377 (67)	690 (33)	2067	1235 (67)	606 (33)	1841
3年目	1296 (77)	394 (23)	1690	1228 (70)	531 (30)	1759	1196 (73)	440 (27)	1636
4年目	1564 (82)	349 (18)	1913	1468 (77)	430 (23)	1898	1275 (68)	430 (32)	1704
平均	1410 (73)	515 (27)	1920	1365 (68)	634 (32)	1999	1245 (68)	588 (32)	1833

第4表 放牧強度別の不食地形成と放牧効果

処理	草量 (kg/10a)		採食 利用率 (%)	不食地 割合 (%)	同1箇所 面積 (m ²)	排糞地 割合 (%)	排糞 個数	育成牛 日増体 (g)	500kg 換算頭 数/ha
	放牧前	放牧後							
重放牧	1,076	311	71.1	7.45 (100)	0.178 (100)	3.15	93 (100)	718 (100)	677 (100)
中放牧	1,360	521	61.7	17.58 (236)	0.367 (206)	3.92	119 (128)	893 (124)	655 (97)
軽放牧	1,718	947	45.8	33.94 (456)	1.146 (644)	4.95	115 (124)	952 (133)	594 (88)

第5表 放牧育成牛の採食量 (kg/日/頭)

処理区分	生 草		乾 物	
	1 頭 当たり	体重500kg 当 たり	1 頭 当たり	体重500kg 当 たり
重放牧	29.6 ± 11.3	65.1 ± 27.3	4.44 ± 1.71	9.71 ± 3.88
中放牧	37.6 ± 16.1	83.6 ± 35.4	4.74 ± 2.31	10.08 ± 5.35
軽放牧	41.5 ± 25.6	94.3 ± 60.4	5.44 ± 3.57	12.39 ± 8.56

第6表 畜種別の糞、牛糞浸出液、牛尿と不食地面積 (1箇所平均, m²)

放牧回次	牛糞	馬糞	羊糞	牛糞浸出液	牛尿
1回目	0.586 (100)	0.501 (86)	0.475 (81)	0.223 (38)	0 (0)
2回目	0.488 (100)	0.452 (93)	0.429 (88)	0.200 (41)	0 (0)
3回目	0.374 (100)	0.351 (94)	0.285 (76)	0.061 (16)	0 (0)
平均	0.483 (100)	0.435 (90)	0.396 (82)	0.161 (33)	0 (0)

第7表 スカトール処理による不食地の抑圧と育成牛の増体効果

処理区分	不食地面積	不食地個数	1箇所の大きさ	育成牛の日増体
無処理牛の放牧	39.5% (100)	118 (100)	1.07 m (100)	0.356 kg (100)
スカトール塗付牛の放牧	19.2 (49)	76 (64)	0.81 (76)	0.518 (146)

第8表 夏季における飼養条件と育成牛の増体

飼養条件		日増体	採食量
放牧	飛来昆虫防除群 (忌避剤による防除)	0.155 kg	牧草 36.1 kg
	無防除群	-0.021 kg	牧草 38.1 kg
屋外繋留・飽食	飛来昆虫防除群 (防虫網による完全防除)	0.841 kg	サイレージ 41.2 kg 乾草 1.5 濃厚飼料 0.5
	無防除群 (天井は同様に網を張り 温湿度を同じにした)	0.575 kg	サイレージ 35.6 kg 乾草 1.5 濃厚飼料 0.5
放牧	サイレージ給与群 (サイレージ制限給与)	0.221 kg	牧草 35.6 kg サイレージ 6.8
	無給与群	-0.019 kg	牧草 37.7 kg

第9表 備蓄時期と牧草の消化率(施肥区)

備蓄月日	項目	乾物	粗蛋白質	粗脂肪	NFE	粗繊維	DCP	TDN	栄養比
7.22	組成分(%)	28.7	11.3	3.7	39.7	31.9	6.6	49.6	6.6
	消化率(%)	54.0	58.5	32.4	58.6	54.5			
	摂取量(g)	754.1	85.2	27.9	299.3	240.6	49.6	376.4	
8.5	組成分(%)	26.4	12.3	4.1	40.9	28.5	7.6	52.5	5.9
	消化率(%)	56.7	61.8	36.8	62.9	55.6			
	摂取量(g)	722.6	88.9	29.6	295.6	205.9	54.8	379.1	
8.22	組成分(%)	24.3	15.0	4.2	38.9	28.4	9.9	58.1	4.9
	消化率(%)	60.7	66.1	50.7	64.5	62.6			
	摂取量(g)	831.2	124.7	34.9	323.4	236.0	82.2	483.0	
9.5	組成分(%)	20.7	18.7	4.7	39.0	23.8	13.3	61.0	3.6
	消化率(%)	65.2	71.3	36.0	72.6	65.1			
	摂取量(g)	804.6	161.7	40.7	337.2	205.7	104.9	527.2	

注) 摂取量は綿羊体重45kg当たり/日

第10表刈取前追肥による夏季の草勢回復と晩秋草の草量確保

草種	処 理	乾物量の変化 (g/m ²)					合 計	草 丈 (cm)	出 穂 数 (本/m ²)
		夏の再生草(2番草)		秋の再生草(3番草)					
		8.9	8.18	8.29	9.29	10.31			
オド グ チャ イス	刈取前施肥	250	287	82	361	384	671	85.4	244
	刈取当日施肥	249	253	80	354	430	683	92.7	420
	刈取後施肥	254	252	56	294	406	658	74.1	160
メフ ドス ウク	刈取前施肥	227	274	90	295	359	633	-	0
	刈取当日施肥	207	228	106	326	371	599	-	0
	刈取後施肥	202	218	93	257	346	564	-	0

注) 乾物量の合計は8.18と10.31の計

第11表 放牧頭数と延べ増体

処 理	放牧延べ頭数	頭・日/10a			延べ増体 kg/10a		
		春~夏	晩秋	計	春~夏	晩秋	計
		早期備蓄	実 頭 数	680	37.3	105.3	272
	500kg換算頭数	26.8	21.4	48.2	-	-	-
晩期備蓄	実 頭 数	773	24.9	102.2	428	8.9	51.7
	500kg換算頭数	44.9	14.7	59.6	-	-	-

審査結果の要旨

わが国における人工草地の放牧利用に関する歴史は浅く、草地畜産の先進国に比較して技術的にも低い段階にとどまっている。著者は、乳用育成牛を供試して人工草地の放牧利用に関する一連の研究をおこない、つぎの成果を得た。まず、放牧強度が草地生産と家畜の発育に及ぼす影響を長年にわたって考究し、植生構造を適正に保ち、草地の生産性を永続的、安定的に維持するための適正放牧強度を明らかにした。ついで、放牧地の効率的な利用を阻害している不食過繁地の形成と夏季における放牧牛の発育停滞の問題を取り上げ、不食過繁地形成の主因は排糞からの臭気であることを明らかにし、夏季における放牧牛の発育停滞は飛来昆虫の影響とともに草質の悪化が大きく影響していることを明らかにした。放牧地の牧養力維持向上のためには、放牧期間を通じて十分な草量草質を確保しなければならないが、わが国では牧草の季節生産性の変動が著しく、とくに秋季の草量確保が問題である。このことについては従来のフォツゲージ化による晩秋放牧方式に代わる高栄養牧草の晩期備蓄方式を提起し、その有効性を実証した。

以上、わが国の寒地型牧草地帯における人工草地の放牧利用体系を確立するための研究分野で、その進展に寄与するところが大きく、審査員一同は、著者に農学博士の学位を授与するに値すると判定した。