

無施肥のシバ優占草地放牧の黒毛和種繁殖成雌牛における 放牧密度別の生産性と栄養管理

早坂貴代史・西口靖彦・安藤 貞

Key words : beef cattle, grazing management, *Zoysia Japonica*, fixed continuous grazing, stocking rate, nutrition, behavior, supplement

目 次

I 緒 言	70	7 供試密度別のシバ草地のみで飼養可能な ウシ栄養期判定と補給飼料の摂取割合 ...	84
II 材料と方法	71	8 密度・放牧期別 TDN 摂取量の推定 ...	85
1 供試草地と供試牛	71	9 シバの飼料成分, 草量, 草高及び 放牧強度	86
2 放牧方法	72	10 補給作業と行動制御	90
3 補給飼料の栄養価測定	72	11 定時観察時の牛群行動	93
4 雌牛の補給量の決定	73	IV 考 察	95
5 気象, 体重指数, BCS, 体高, 血清 生化学成分の測定	73	1 供試密度別の放牧期別養分摂取量と栄養期別 過不足量の指針	95
6 シバの飼料成分, 草量と草高の測定	74	2 供試密度別のシバ草地のみで飼養可能なウシ 栄養期判定と補給飼料の特性	96
7 供試密度別の放牧期別養分摂取量・ 栄養期別過不足量及び草地の牧養力	74	3 雌牛と子牛の血清生化学成分	96
8 供試密度別のシバ草地のみで飼養可能な ウシ栄養期判定と補給飼料の摂取割合 ...	75	4 雌牛への補給不要の栄養管理	97
9 密度・放牧期別 TDN 摂取量の推定 ...	76	5 密度・放牧期別 TDN 摂取量に基づく 適正密度	99
10 補給方法と定時観察行動調査	76	6 気象, シバの飼料成分と草量及び放牧 強度と牧養力	99
III 結 果	76	7 雌牛の繁殖管理	101
1 調査年の気象	76	V 摘 要	102
2 雌牛の補給量の推移	77	引用文献	103
3 雌牛の体重指数と BCS の推移	77	Summary	106
4 子牛の発育	78		
5 雌牛と子牛の血清生化学成分	79		
6 供試密度別の放牧期別養分摂取量・ 栄養期別過不足量及び草地の牧養力	80		

(平成16年7月23日受理)

畜産草地部

I 緒 言

シバ (*Zoysia Japonica*) は、北海道石狩地方から九州種子島まで分布する短草型野草で、家畜の放牧、踏圧により極相として形成される優占草種である^{6,10,15}。シバの特性として、①ほふく茎でじゅうたん状に広がるために、裸地化せず、雑草の進入を防止し、定着後更新の必要がない、②石の多いやせ地や傾斜地でも定着が容易で適応性が高く、土壤保全、景観保全の効果が高い、③好日性で、気温適応性が高く、わが国の広域に水平分布する他、標高1,600~1,800mまで垂直分布する、④耐暑性、耐寒性に優れ、改良草地に比べ乾燥に強く、降雨による被害も認めない、⑤生長点が根元にあるためウシに食草されにくく、再生力が強い、などが指摘されている^{26,45}。

中国地方は古くからたたら製鉄の使役のため和牛が飼養され、シバを飼料資源とする放牧が行われてきた^{10,30}。また島根県大田市の三瓶山では、長年シバ優占草地（以下シバ草地と表記）で和牛の放牧が行われ、その景観的価値から国立公園に指定された経緯がある²。このような歴史的背景、及び年平均気温帯が13.5~16.5℃で傾斜地が多いなど当該地方の気象・地勢的条件がシバの生育や導入に好適な点から、放牧による肉用牛の繁殖子とり生産に活用されてきた。

近年では、中山間地域の高齢化・過疎化対策、また軽労化の観点から、里地・里山、遊休農林地、棚田跡地での放牧により、シバ草地を定着させ、畜産の多面的機能を高めながら、低投入、低コスト、省力で合理的な肉用牛の繁殖子とり生産の推進も求められている。

シバの可消化養分総量 (TDN) 含量は50%乾物 (DM)、可消化粗蛋白質 (DCP) 含量は5%DMとされ¹¹、その養分含量やシバ草地の栄養・家畜生産特性から、黒毛和種繁殖成雌牛（以下雌牛とする）の維持量程度の養分供給量とされている^{11,18,26,45}。しかし、養分含量 (%) が維持量程度でも摂取量が多ければ養分要求量の高い授乳期の雌牛の飼養も可能と思われるが、その詳細は不明である。

放牧牛の養分不足量に対しては、一般に補助飼料の給与 (補給) が求められている¹⁸。しかし、不足量

の把握は、ウシの体重測定などの煩雑な作業が加わり、実際はほとんど行われていない。また補給作業は、同時に放牧牛の適切な個体の栄養管理のほか健康や繁殖の管理を容易にするが、労働時間の増加につながり、補給が負担とならない適切な退牧時期の決定も必要である。

それには放牧雌牛の養分摂取量を知り、その栄養期別要求量と比較し、過不足量の情報から、管理者が補給や退牧を判断することが望ましい。そのためには、どのような放牧条件で、どの時期にどの程度の養分の過不足量を生じるかを解明する必要がある。すなわち放牧牛の養分摂取量は、放牧管理条件である放牧密度 (密度と以下表記)、草地・環境条件である放牧期 (季節) 別の草の栄養生産量、及び家畜条件であるウシの栄養期別要求量によって決定されるので、その組み合わせによる詳細な検討が求められる。

シバ草地の生産性や牧養力は、気温、降水量、土壤などの自然条件のもつ地域性、施肥条件、放牧法などによって変化する。これまで施肥や輪換放牧などにより高投入型高生産を目指した検討事例も見受けられるが^{5,14,22,35,45}。今後は省力に資する栄養・繁殖期の雌牛を放牧に選定し、連続 (定置) 放牧での無施肥のシバ草地の生産性や牧養力を評価して、できる限り補給を要しない省力で低投入型牛群栄養管理法の確立が必要と考える。

一方、放牧で補給、捕獲などのために集畜を効率的に行う場合は、これまで放牧時の条件音による行動制御に基づくウシの行動の基礎知見が得られ、制御に関わる因子の解析が行われている^{3,8,20}。だが行動制御の解明のために補給を行う実験的側面が大きく、栄養補給面を主体にしたウシの誘導等の行動 (制御) や作業実態の詳細は不明である。いつ、どの程度の補給量や作業量が必要であるか、さらにウシがいつどのような行動特性をもつかを実態として把握することは、シバ草地の生産性や牧養力を判断し、補給や退牧の必要性の適否を決める材料となる。

シバ草地における摂取量や生産量を求める場合、上田⁴⁵は、シバのケージ内の刈り取り収量からの推定は難しく、参考程度であり、実際は放牧頭数、放牧期間、体重の実績から逆算して求める必要性を述べている。同様に、著者らは地勢や植生及び生産量分

布、土壌、和牛の採食利用などが不均一なシバ草地でのケージによる摂取量調査は、その標本の刈り取り場所や数により摂取量の推定値が変動する可能性が高く、求めた摂取量は、最終的には体重増減傾向を基準に整合性をもって判断されるべきであると考え、すなわち体重増減量に相当する養分量を和牛の養分要求量からの加減による摂取量推定が、シバ草地の生産性や牧養力の評価に適当であると判断した。

本研究では、中国地方の無施肥のシバ草地に、各年に0.5, 1.0, 1.5頭/haの各密度条件で雌牛を春～秋連続放牧し、①雌牛の TDN 要求量から体重増減や補給に相当する TDN 量を加減し、放牧期別の草地からの TDN 摂取量を求め、一部実用のための補正や上限設定を行い、これをもとに粗蛋白質(CP)、カルシウム(Ca)、リン(O)の各摂取量を算出し、雌牛の栄養期別養分要求量と比較して求めた過不足量(kg/頭/日)と、さらにシバの草高から、補給や退牧の目安となる情報を得る、②各密度別にシバ草地のみ(無補給)で飼養可能なウシ栄養期水準を明示する、③子牛の発育を調べる、④雌牛とその子牛の血液性状を基に栄養診断する、⑤密度別の10aあたりの TDN 摂取量(kg)を推定し、シバ草地放牧の上限または適正な密度及び牧養力を示す、⑥シバの飼料成分、草量、草高の特性と放牧強度を示す、⑦補給作業の実際、補給に対する誘導などの行動制御、定時観察時の牛群行動を明らかにする、ことを目的とし、近年の高齢化や過疎化に対応した低コスト、省力、低投入型シバ草地放牧の牛群栄養管理法を論考する。

本稿を取りまとめるにあたり、供試牛の管理、計測及び観察業務に協力頂いた当センター業務4科職員各位、繁殖管理に尽力頂いた同畜産草地部大島一修主任研究官、助言を頂いた同畜産草地部高橋佳孝主任研究官、データ整理に助力頂いた中村範子氏、校閲を頂いた同畜産草地部土肥宏志部長、2名のレフェリーの方々に謝意を表す。

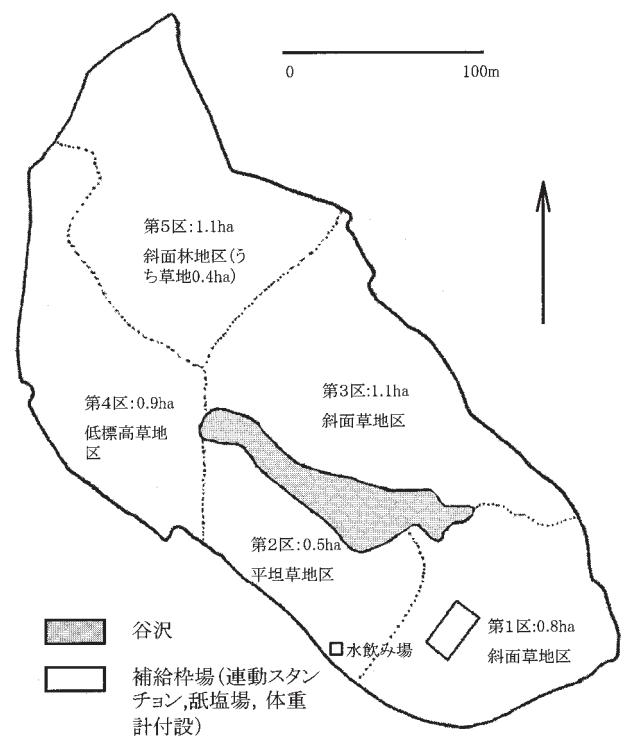
Ⅱ 材料と方法

1 供試草地と供試牛

シバ草地3.3ha、林地1.1ha(含林床シバ草地0.4ha)からなる4.4haの無施肥条件下の放牧地を供試した(第1図)。放牧地は、島根県大田市の近畿中国四国農業研究センター畜産草地部の敷地内にあり、標高50～85m、年平均気温は15℃である。行動解析上、第1図のように便宜上5区分とし、地勢、植生の概要は次のとおりである。

第1区は谷沢に向けて2～30度(平均11度)傾斜した草地(0.8ha)で、補給のための自動ロック式連動スタンション6基、舐塩場、体重測定用の秤場が設置されている。第2区は平坦な耕起造成草地(0.5ha)、第3区は谷沢に向けて4～30度(平均16度)傾斜した草地(1.1ha)で、下斜面がワラビ植生のため、毎年放牧期間中3回の刈り払いで除去した。第4区は低標高草地(0.9ha)で、一部沢水で湿潤した所はスゲ優占である。第5区は第4区に向けた5～20度(平均11度)の斜面域のアカマツ林伐採後の広葉二次林地1.1haで、一部マツ幼木の林床植生がシバ草地(0.4ha)である。

この放牧地に占めるシバの現存量は50%前後であ



第1図 供試シバ放牧草地平面図

り、シバの食草割合は37～51%と他の野草種にくらべ各季節の中で最も多い^{12,13)}。模擬食草法により推定した食草種数は、春65種、夏68種、秋64種で全123種であり、そのうち29種が春夏秋に共通し、全食草量中春82%、夏78%、秋69%と大部分を占める^{12,13)}。

供試草地の土壌は、褐色火山性土で、pH 5.0、有効態リン酸 5 mg/100 g、置換性カリウム 38 mg/100 g であり、酸性で有効態リン酸含量が低い。

供試牛群は、放牧前に妊娠を確認した黒毛和種雌牛（第1表）で、いずれも群飼養及び放牧の前歴を持つ。放牧前2か月間は同じ牛舎内でサイレージ主体飼料を給与し、日中は牛舎外の運動場に放飼したが、補給飼料と音との条件付けの学習や誘導は行っていない。供試牛群は供試草地に2001～2003年の春～秋に連続放牧し自然分娩後は子付き放牧とした。

2 放牧方法

供試密度の設定は、阿蘇のシバ草原が1.5頭/haで植生が変化せず維持される平衡関係³⁸⁾にあることを踏まえ、経験的仮定として中国地方で標準的な1.0頭/ha（1.0頭区）を中心に0.5頭/ha（0.5頭区）、1.5頭/ha（1.5頭区）とし、4.4haの放牧地で定置放牧を行った。

'01年は1.0頭区の条件下で、雌牛4頭を放牧し、そ

れぞれ5、8、9、10月に自然分娩させた（第1表）。'02年は0.5頭区の条件下で、2頭を放牧し、それぞれ5、8月に自然分娩させたが、8月分娩牛が死産のため退牧させ、代替牛として9月分娩牛を入牧させた。'03年は1.5頭区の条件下で、5～6月分娩牛3頭、8月分娩牛3頭（うち1頭は流産）の計6頭を放牧した。各年とも雌牛の人工授精は放牧期間中に行わなかった。なおシバ草地3.7ha（含林床シバ草地0.4ha）あたりの体重500kgのウシに換算した密度は、それぞれ0.52、1.05、1.66頭/haである。

入牧日は各密度とも4月18日とし、退牧日は、①ほぼ全頭が上限補給量の3kg原物/日に達する日が多くなり、体重が経常的に低下する、②補給時前に牛群が補給場所に集結する日が多くなる、③草量、草質低下により第5区林床雑かん木樹葉の採食が目立つ、の条件で決定し、0.5頭区は12月16日（放牧日数242日）、1.0頭区は12月1日（同227日）、1.5頭区は10月1日（同166日）とした。

3 補給飼料の栄養価測定

雌牛への補給はDM比（%）でトウモロコシ45、大麦35、ふすま15、大豆粕5の自家配合飼料を用い、その飼料成分（%DM）は、CP 12.6、細胞壁物質（OCW）12.2、Ca 0.03、P 0.46である（第11表参

第1表 供試黒毛和種繁殖成雌牛の概要

放牧密度 (頭/ha)	供試年	放牧期間	放牧日数	ウシ No.	入牧時年齢	産次	入牧時体重 (kg)	分娩日	子牛の 性別
0.5(0.5) ¹⁾	2002	4/18～ 12/15	242	1	4.0	3	520	5/15	♂
				2	6.0	3	435	8/19(死産)	—
				2 ²⁾	9.0	5	546	9/12	♀
1.0(1.1)	2001	4/18～ 11/30	227	3	9.1	6	506	5/19	♂
				4	6.0	3	478	8/15	♂
				5	6.8	3	466	9/18	♂
				6	9.8	4	488	10/28	♂
				7	7.3	4	548	5/23	♀
1.5(1.7)	2003	4/18～ 9/30	166	8	6.0	2	524	6/2	♂
				9	4.9	2	487	5/30	♂
				10	4.6	1	508	8/29	♂
				11	5.9	3	556	8/27	♀
				12	10.6	6	444	8/10(流産)	—
平均			212		6.9	3.5	500		

¹⁾ カッコ内の値はシバ草地3.7haあたりの体重500kgのウシに換算した放牧密度。

²⁾ 子牛死産のため退牧したNo.2の代替えとして8/19入牧。

照). 黒毛和種去勢牛 4 頭 (平均体重 277kg) を用い、ソルガムサイレージを基礎飼料とする間接法による 7 日間の全ふん採取法による消化試験を行い、実測 TDN 含量 86.9%DM を得た。ME 含量は 3.15 Mcal/kgDM (=3.62 (換算係数)×0.87) と推定した。

4 雌牛の補給量の決定

雌牛と子牛は、放牧期間を通して 1 週間ごとに、第 1 区の柵場で定時に体重を測定した。体重計 (ツルーテスト EC 2000, 最小表示 0.5kg, 精度 ± 1%) は、較正済みのものを新しく導入し、試験終了後 ('04 年 3 月) 検査での 100~600kg の誤差平均は、+0.5kg である。

補助飼料は、毎週の雌牛の体重測定値が次の方法で算定した基準体重 (BW) よりも低い時に、その測定日の翌日から 1 週間、毎日 11 時に給与した。基準体重は入牧時維持体重 (BW_0) としたが、分娩予定前 60 日以内のウシは、胎子の成長のため体重が増加することを考慮して、 $BW = BW_0 + (60 - \text{分娩予定前日数}) \times 0.83$ とした。ここで 0.83 は日増体重 (kg) とし、妊娠期 60 日間で 50kg 増体した場合の値である。なお、入牧時に分娩予定前 60 日以内の雌牛の入牧時維持体重は、 $BW_0 = \text{入牧時実体重} - (60 - \text{分娩予定前日数}) \times 0.83$ と推定した。

1 週間ごとの体重増減量 (WBWC) は、(1 週間ごとの体重測定値 - BW) とし、 $WBWC \geq 0$ の場合は、翌日から次週の体重測定日までは無給与とした。

$WBWC < 0$ の場合は、14 日間 (妊娠期は 7 日間) かけて BW に回帰するように、すなわち、 $-WBWC \div 14$ (妊娠期は $-WBWC \div 7$) を、補給量を計算するための基礎数値である日増体重 (DG) とした。日本飼養標準 (肉用牛)³³⁾ に基づく第 2 表の式を用い、DG から補給日量を決定したが、3 kg 原物 (2.6kgDM, 2.2kgTDN) を上限とした。

ここで補給上限日量を 3 kg 原物 (2.2kgTDN) / 回 / 頭としたのは、①ウシのルーメン発酵の安定を乱さない、②それ以上の給与は 2 回以上の給飼を要し多労となる、③補給量増加は放牧草の摂取量を低下させる^{1,28,33)}、④上限量はほぼ黒毛和種雌牛の授乳量 6.2 kg の TDN 量に相当し、それ以上は維持量分も補給する可能性があり、放牧の意義が少ない、という理由からである。

第 2 表 補給量 (kg 原物 / 頭 / 日) の決定

$$\begin{aligned} \text{NEG}^{1)} (\text{Mcal/日}) &= 0.0609 \times BW_0^{0.75} \times DG (\text{kg/日}) \\ &\dots (7.9.2.2)^{7)} \\ \text{kf}^{2)} &= 0.564^{3)} \\ \text{MEG}^{4)} (\text{Mcal/日}) &= \text{NEG} \div \text{kf} \dots (7.9.2.5) \\ \text{TDN 補給量} (\text{kg/日}) &= \text{MEG} \div 3.62 \\ \text{補給量}^{5)} (\text{kg 原物/頭/日}) &= \text{TDN 補給量} \div 0.87^{6)} \div 0.86^{6)} \end{aligned}$$

1) NEG は増体の正味エネルギー (NE) 量。

BW_0 は入牧時維持体重。DG は日増体重。

2) kf は代謝エネルギー (ME) の増体効率。

3) $\text{kf} = 0.564$ は、補給飼料の $\text{ME} = 3.15$ (Mcal/kg), $\text{GE} = 4.40$ (Mcal/kg) として $q = \text{ME/GE}$ を求め、 $\text{kf} = 0.78 \times q + 0.006$ から算出。

4) MEG は増体に要する ME 量。

5) 補給量 > 3 の時は 3 kg 原物を給与。

6) 0.87, 0.86 は補給飼料のそれぞれ TDN 含量、乾物率。

7) 日本飼養標準 肉用牛 (2000 年版) の引用式。

5 気象、体重指数、BCS、体高、血清生化学成分の測定

供試草地の気温は、放牧地第 1 区の屋根付き体重測定場の地上 2.0m に電子温湿度記録計 (おんどとり TR-71S, ティアンドデイ社) を設置して放牧期間中 30 分間隔で測定し、月別平均気温として集計した。降水量と日照時間は、供試草地が所在する大田気象観測所の計測値³⁹⁾ を引用した。

1 週間間隔で測定した雌牛の体重は、その間に補給した場合、第 2 表の補給日量から DG を逆算して求め、その体重から差し引き、無補給時の体重に換算し、 BW_0 を 100% とした体重指数で示した (第 3 図参照)。ここで 3 kg の上限日量の 1 週間補給を仮に無補給とすると、体重減少量が 4.9kg/週と求められ、体重指数のほぼ 1% 引き下げに相当する。

1 週間間隔で測定した雌牛の BCS (栄養度) は、和牛登録協会⁴⁸⁾ による判定 (1~3 が「やせている」、4~6 が「適正」、7~9 が「太っている」) に従った。

雌牛とその子牛の体高は、各月末に測定した。

各月末に測定した雌牛と子牛の血清生化学成分は、エネルギー代謝を示す遊離脂肪酸 (NEFA: ACS-ACOD 法 (略記: 分析法を示し、以下同じ)), 蛋白質代謝を示す尿素窒素 (BUN: ウレアーゼ・GLDH 法) とアルブミン (ALB: BCG 法), カルシウム (Ca: OCPC 法), 無機リン (iP: モリブデン酸・UV 法), ビタミン A (V.A: HPLC 法) の 6 項目である。

6 シバの飼料成分、草量と草高の測定

シバ草地の養分摂取量算出のためのシバの飼料成分(養分含量)、及び放牧強度を示す摂取(放牧)利用率(摂取量/生産量×100)を算出するための生産量を調べる目的で、供試草地内のシバ被度100%の場所に、固定プロテクトケージ(1×1m)8個を隣接設置し、'02年4～11月の各月末にケージ内の10か所の草高(生育状態での地際からの高さ)を計測後、地上3cmで刈り取って生草量を測定し、60℃、48時間通風乾燥させDM率を求めた。その後粉碎して、CP、Ca、P、粗脂肪、粗灰分、OCW、Ob(低消化性繊維)を測定した⁷⁾。TDN含量は、イネ科乾草の推定式⁷⁾($TDN = 85.89 - 0.456 \times Ob - 0.674 \times \text{粗灰分}$)を適用して求めた。

こうして求めたシバのケージ内の月別刈り取り草の養分含量(第13表参照)は、その刈り取りをウシの採食に見立て、各月の採食した含量に近似するものと考え、各月に初めて刈り取ったケージ内草の養分含量(第13表下線部数値)を除き、CP、Ca、Pの各摂取量等を求める基礎数値となる、採食された放牧期別シバのTDN含量と成分値を推定した(第14表参照)。なお第13表下線部数値は、その月に初めて入牧した場合のシバ成分の参考値である。

またシバの生草量、DM量、TDN量別に、現存量(各月初めて刈り取り以後の再生長過程)、月別生産量(各月の再生草量の平均)を求め、ケージ内草高も同様に求めた(第15表参照)。さらに生産量(kg/10a)がどの程度摂取利用されたかを調べるため、9節の(4)、(5)式をもとに求めた摂取量(kg/10a)の生産量に対する割合を摂取利用率と定義し、密度別に算出した(第16表参照)。

'01～'02年4～11月、'03年4～9月の各月末にシバ草地内各区1か所計5か所において、接線法(ラインインターセプション法)による放牧時のシバ草高(生育・採食状態での地際からの高さ)を調査した。すなわち20m長の各ラインに1m間隔で触れるシバの草高20計測値の5か所計100計測値の平均草高を求めた(第12図参照)。

TDN不足を引き起こす目安及び退牧の目安となる放牧時のシバ草高を検討するために、平均草高(第12図参照)に対する雌牛の栄養期別TDN過不足量の直線回帰式を求めた(第13図参照)。ここでTDN

不足を引き起こす目安は、TDN不足量0の時の草高を回帰式から逆推定して求めた。退牧の目安はその時のウシ栄養期のTDN充足率を70%としそれに該当する不足量の時の草高を同様に逆推定して求めた。

7 供試密度別の放牧期別養分摂取量・栄養期別過不足量及び草地の牧養力

2つの体重値から求めた体重増減日量は必ずしも正味の増減量と一致しない可能性もあるので、半月間の各雌牛の体重増減日量(総DBWC)を、その間の3つの体重測定値の直線回帰式の傾きとして求め、体重増減分に相当するTDN(kg/頭/日)を算出した(第3表)。その間の維持期と妊娠末期(胎子や胎盤の成長)、授乳期に要する各TDN、補給飼料のTDNから、日本飼養標準(肉用牛)³³⁾に基づき、シバ草地からの雌牛のTDN摂取量(kg/頭/日)を第3表で求め、1.5～2か月の放牧期ごとにその平均値を算出した。平均値を求めた標本数は0.5頭区が8(4～5月は6)、1.0頭区が16(同12)、1.5頭区が24(同18)

第3表 シバ草地における雌牛のTDN摂取量(kg/頭/日)の算出法

DBWC ¹⁾ (kg) = 総 DBWC - 妊娠末期増体量 ²⁾
MEM ³⁾ (Mcal/日) = $0.1119 \times BW_0^{0.75} \times 1.3$
… (7.3.2.1) ⁶⁾
NEG (Mcal/日) = $0.0609 \times BW_0 \times DBWC$
… (7.9.2.2)
kf ⁴⁾ = $0.037 \times \text{補給量 (kg原物)} + 0.340$
MEG (Mcal/日) = $NEG \div kf$ … (7.9.2.5)
維持 TDN (kg/日) = $MEM \div 3.62$
体重増減 TDN (kg/日) = $MEG \div 3.62$
妊娠末 TDN (kg/日) = 0.83 (分娩前60日間で加給)
授乳 TDN (kg/日) = $MEL^5) \div 3.62$
= $1,315 \times \text{推定乳量} \div 3.62$
= $(7.64 - 0.17 \times \text{子牛週齢}) \times 0.36$
TDN 摂取量 (kg/頭/日) = 維持 TDN + 体重増減 TDN
+ 妊娠末 TDN + 授乳 TDN - 補給 TDN

¹⁾ DBWC は体重増減日量。体重減量時は、総 DBWC < 0。

²⁾ 妊娠末期に該当時はその増体重を0.5kgとした。

³⁾ MEM は放牧維持に要する ME 量。維持の1.3倍増。

⁴⁾ シバ草地の $kf = 0.340$ ($ME = 1.88 (= 3.62 \times 0.52)$), $GE = 4.4$ として $q = ME/GE$ を求め、 $kf = 0.78 \times q + 0.006$ から算出)と補給飼料の $kf = 0.564$ をもとに、無補給時は $kf = 0.340$ 、3kg原物補給時の kf はシバ草地と補給飼料の kf の平均値0.452とした時の一次比例式。

⁵⁾ MEL は授乳中に増給すべき ME 量。

⁶⁾ 日本飼養標準 肉用牛(2000年版)の引用式。

であり、TDN 摂取量が負の場合、その時の摂取量は 0 として計算した。

ここで維持に要する ME 量 (MEM) を 1.3 倍 (第 3 表) として求めたのは、このシバ草地の DM 草量が季節を通して $94 \sim 98 \text{ g/m}^2$ 、1 日の食草時間が $7.4 \sim 10.5$ 時間と測定され¹²⁾、平均傾斜度がおおよそ 15 度以内であることから、やや厳しい放牧条件 (現存量が $80 \sim 150 \text{ g/m}^2$ 、草地の平均傾斜度が $5 \sim 15$ 度、食草時間 $6 \sim 8$ 時間の条件) と判定したからである³³⁾。

また第 3 表の k_f (ME の増体効率) の算出式は、シバ草地の $k_f = 0.340$ ($ME = 1.88$ ($= 3.62 \times 0.52$), $GE = 4.4$ として $q = ME/GE$ を求め、 $k_f = 0.78 \times q + 0.006$ から算出) と補給飼料の $k_f = 0.564$ をもとに、無補給時は $k_f = 0.340$ 、3 kg 原物補給時の k_f はシバ草地と補給飼料の k_f の平均値 0.452 とした時の一次比例式である。ここで k_f の平均値 0.452 としたのは、補助飼料 3 kg 原物 (2.2 kg TDN) 給与の場合、シバ草地の摂取量もおおよそ 2.2 kg TDN 相当と推定したからである。

このように求めた密度・放牧期別の 11 の TDN 摂取量のうちの 3 つに、各放牧期の期間と同じ 2 か月単位で平年値と差が大きい気象による影響を認めたので、実用に資するためそれらの放牧期の補正を行った (第 8 図、第 12 表参照)。

補正は、①シバ草地はおおよそ 1.5 頭/ha で草の生産量と家畜の摂取量が保たれるといわれているので^{6,38)}、それより低密度の範囲では、密度と摂取量との関係は直線的である、②第 8 図の非補正值のデータ構造をみると、密度に対する TDN 摂取量は直線的で各放牧期の傾きがほぼ同値である、という二つの理由から、密度 (頭/ha) に対する放牧期別 TDN 摂取量が、密度が高まるにつれ直線的に低下すると仮定して行った。

TDN 摂取量の上限値は、維持要求量 ($3.25 \times 1.3 = 4.2 \text{ kg}$) と黒毛和種の最大授乳量 8.0 kg の養分量 ($0.36 \times 8.0 = 2.9 \text{ kg}$) の合計要求量 7.1 kg とし、求めた TDN 摂取量がその上限値を上回った時は、 7.1 kg とした。ここで最大授乳量 8.0 kg は、①日本飼養標準 (肉用牛)³³⁾ の表 4.3.1.1 の黒毛和種の平均哺乳量が 4 週齢で最大 7 kg であること、②同じく、子牛週齢から哺乳量を求める (4.3.1) 式の潜在最大哺乳量が 7.64 kg である、点を参考に設定した。

一方、シバ草地における雌牛の CP, Ca, P 各摂取量の算出法は、上記の TDN 摂取量から次の (1) 式で求めた。

CP (Ca, P) の各摂取量 (kg/頭/日) = 乾物摂取量 (kg/頭/日) $\times$ 同 CP (Ca, P) 含量 = (TDN 摂取量 (kg/頭/日) $\div$ TDN 含量) $\times$ CP (Ca, P) 含量
……(1)式

ここで、TDN, CP, Ca, P の各含量は、第 14 表の 2 か月ごとの採食シバの平均含量を用いた。これらの含量は平年値にくらべ降水量が少なかった '02 年に測定されたが、シバの成分値は、気象が異なる年次間変動が少なく安定していると指摘されている¹¹⁾。すなわち、記録的な酷暑であった 1994 年と翌年のシバの成分値の比較では変動が少ないと報告されている。従って、第 14 表の含量は '01, '03 年の摂取量算定にも適用した。この草地のシバの食草割合は $37 \sim 51\%$ で、他の野草種の食草も認めているが、野草とシバとの栄養価が近似した成績¹⁶⁾により、野草の含量もシバと同じとみなした。

4 ~ 5 月 (4 月中旬 ~ 5 月)、6 ~ 7 月、8 ~ 9 月、10 ~ 11 月の $1.5 \sim 2$ か月間の放牧期における平均養分摂取量と 500 kg 体重の雌牛各栄養期の養分要求量との差から、各密度における放牧期・栄養期別養分過不足量のクロス表を作成した (第 7 ~ 9 表参照)。

各密度のシバ草地の牧養力 (CD/ha) は、放牧雌牛の 1 CD を 4.2 kg TDN ($= 3.27 \text{ kg} \times 1.3$ (放牧時増加係数))、放牧子牛を $0.3 \text{ CD}^{26)}$ として次の (2) 式で放牧期別に算出した (第 10 表参照)。

ha あたり CD ($\text{頭} \cdot \text{日}$) = (雌牛の TDN 摂取量 (kg/頭/日) の和 $\div 4.2 + 0.3 \times$ 子牛延べ頭数) $\div$ 放牧地面積
……(2)式

実績値である (2) 式で求めた牧養力のほかに、補正值を含む TDN (kg/頭/日) から求めた放牧期間中の TDN 摂取量 (kg/日/10 a) (第 10 図参照) に基づく牧養力を次の (3) 式で放牧期別に算出した (第 10 表参照)。

ha あたり CD ($\text{頭} \cdot \text{日}$) = TDN 摂取量 (kg/日/10 a) $\times 10 \times$ 放牧日数 $\div 4.2$ ……(3)式

8 供試密度別のシバ草地のみで飼養可能なウシ栄養期判定と補給飼料の摂取割合

飼養農家がシバ草地放牧前の栄養管理計画を行う

際、参考となる密度別の放牧期間やその平均養分摂取量及び補給飼料の平均摂取量などをまとめ、シバ草地のみで飼養可能なウシ栄養期の飼養判定や補助飼料の特性を提示した (第11表参照)。

供試密度・養分含量別の飼養判定は、「＜授乳期」は全栄養期、「＜妊娠末期」は維持・妊娠末期、「維持期」は維持期のウシがシバ草地のみでおよそ飼養できる目安であり、シバ草地由来の平均養分摂取量に対する養分要求量の充足率が、TDN で80～100%，CP, Ca, P で100%前後に該当するウシ栄養期に基づいて判定している。TDN 充足率を80～100%と比較的低く設定したのは、雌牛は TDN 要求量に対し、妊娠末期は70%，授乳期は60%の摂取量でも子牛の生時体重や発育に影響を認めておらず^{31,41,42)}、比較的低栄養でも飼養可能と判断したからである。求めたシバ草地由来の TDN 摂取量は、放牧末期に無補給時体重が BW_0 に比べおよそ10% (50kg) の低下 (第3図参照) を見込む、 BW_0 に対しおよそ10～15%の体重変動を示す平均値である。

補給飼料の摂取量は第5表から計算し、補給飼料、採食シバ及びそれらを含む全飼料の成分含量を密度別に示し、補給による各成分の向上割合 (%及び%単位) を算出した。また全養分摂取量に対する補給飼料の摂取割合 (a/b) も密度ごとに算出した (第11表参照)。

9 密度・放牧期別 TDN 摂取量の推定

1.5～2 か月ごとの0.5, 1.0, 1.5頭各区の放牧期別 TDN 摂取量 (kg/頭/日) とその補正・推定値を用い (第8図参照)、密度 x に対する TDN 摂取量 y (kg/頭/日) の一次回帰モデルで推定し (第12表参照)、密度0頭/ha (無放牧) に限りなく近似した時の放牧期別最大潜在 TDN 摂取量 (kg/頭/日) を y 切片として求めた。

求めた TDN 摂取量は、設定上限値7.1kg/頭/日を上回る放牧期は上限値とし、密度・放牧期別の1頭あたりの TDN 摂取量 (kg/日) を示した (第9図参照)。また密度別の10 a あたりの TDN 摂取量 (kg/日) (=密度 x (頭/ha) × TDN 摂取量 y (kg/頭/日) ÷ 10) を求め、放牧期別の最大 TDN 摂取量 (kg/日/10 a) とその密度を示した (第10図参照)。

第10図の TDN 摂取量 (kg/日/10 a) をもとに、

4～11月と4～9月に連続放牧を行った場合の密度別10 a あたりの DM・TDN 摂取量 (kg) を次の(4)、(5)式で放牧期ごとに求め合計した (第11図参照)。

放牧期の TDN 摂取量 (kg/10 a) = 同期の TDN 摂取量 (kg/日/10 a) × 同期の日数……(4)式

放牧期の DM 摂取量 (kg/10 a) = 同期の TDN 摂取量 (kg/日/10 a) ÷ 同期の TDN 率 × 同期の日数……(5)式

(5)式の放牧期の TDN 率は第14表の値を用いた。

10 補給方法と定時観察行動調査

11時の補給は6基の自動ロック連動スタンションのある第1区補給場 (第1図) へ、手振り鐘で音響誘導した。全頭のウシのうち1頭でも補給が必要な場合は、全頭を集畜させた。まず食餌性報酬として全頭の飼槽に0.1kgを給与し、全頭が誘導されスタンションに保定された後、補給該当牛に所定量を給与した。飼槽間には盗食防止板を設置した。

調査項目は、作業時間 (作業者の放牧地の入場から退場までの時間)、誘導時間 (手振り鐘の音響発生からウシのスタンション保定までの時間)、補給飼料の採食時間などである。

放牧期間中、毎日14～15時に定時観察 (見回り) を行い、牧区図にウシの位置と食草、佇立、横臥別行動形、観察作業時間 (観察者が放牧地に入場してから退場するまでの時間)、観察事項を記録した。牧区図の雌牛の位置から各個体間距離を求めた (第18図参照)。

Ⅲ 結 果

1 調査年の気象

密度別 (調査年) の月ごとの気象を第4表に示す。0.5頭区の'02年は、降水量の年平均値が1,439mmと平年値にくらべ308mm低く、放牧各月の降水量は平年の62%と低かった。特に摂取量を補正した6～9月は降水量369mm (平年の46%)、日照715時間 (平年の123%) で少雨干ばつであった。1.0頭区の'01年は平年値並みであった。1.5頭区の'03年6月の降水量は109mm (平年の51%) と少なかった。また7月は気温が22.2℃ (平年差-3.1℃) と低く、降水量486mm (平年の198%) と多く、日照が78時間 (平年の55%) と

第4表 放牧密度別放牧月ごとの気温、降水量と日照時間

放牧密度 (調査年)	0.5頭/ha (2002年)				1.0頭/ha (2001年)				1.5頭/ha (2003年)				平年値 ²⁾		
	放牧 日数	気温 ¹⁾ (℃)	降水量 ²⁾ (mm)	日照時 間 ²⁾ (h)	放牧 日数	気温 (℃)	降水量 (mm)	日照時 間(h)	放牧 日数	気温 (℃)	降水量 (mm)	日照時 間(h)	気温 (℃)	降水量 (mm)	日照時 間(h)
4	13	12.8	49	63	13	13.6	13	75	13	14.8	248	139	12.9	113	167
5	31	14.2	163	144	31	18.5	201	164	31	17.7	200	199	17.4	141	171
6	30	20.3	63	198	30	21.2	343	127	30	21.1	109	105	21.3	215	116
7	31	26.0	135	147	31	25.8	183	186	31	22.2	486	78	25.3	246	142
8	31	26.1	80	174	31	26.2	152	213	31	24.8	183	154	26.5	127	184
9	30	21.7	91	196	30	21.1	181	160	30	22.6	156	182	22.1	207	141
10	31	16.3	106	150	31	17.0	149	153					16.5	123	155
11	30	9.0	159	111	30	10.8	200	115					11.8	121	108
12	15	6.9	31	25									7.3	122	79
計	242		877	1208	227		1422	1192	166		1382	857			
日平均		18.0	4	5		19.7	6	5		20.5	8	5			
年平均 ²⁾		15.6	1439	1653		15.2	1923	1594		15.1	2248	1483	14.9	1747	1512

¹⁾ 供試草地内で計測。 ²⁾ 大田気象観測所で計測。

寡照であった。1.5頭区の摂取量を補正した6～7月は、気温21.7℃(平年差-1.6℃)、降水量595mm(平年の129%)、日照183時間(平年の71%)と低温多雨寡照であった。

2 雌牛の補給量の推移

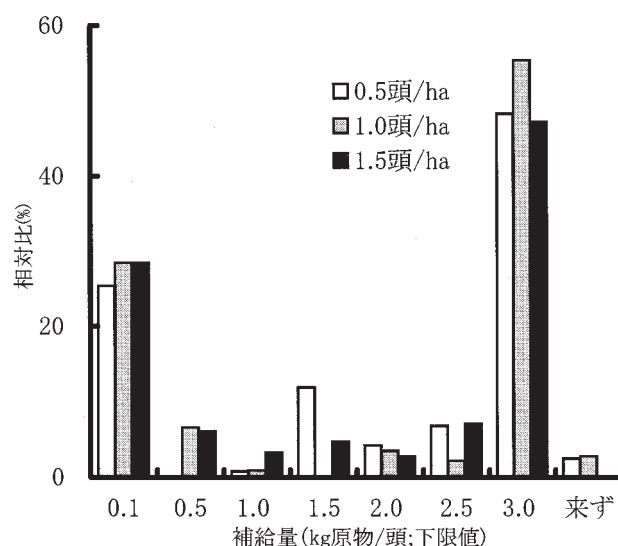
0.5頭、1.0頭、1.5頭各区における3kg原物/頭/日を上限とする自家配合飼料の補給量の半月ごとの推移を第5表に示す。

0.5頭区は、11月前半期まで補給量は少なく、11月後半期から補給上限量にほぼ達した。すなわち、前期分娩牛(No.1)は授乳6か月間、同後期牛(No.2)は授乳2.5か月間、補給量が少なかった。

1.0頭区は、8月まで補給はほとんど不要であった。10月に補給量が急増し、11月は全頭が補給上限量に達した。前期分娩牛(No.3)は授乳4か月間、同後期牛(No.4, 5)は授乳1か月間、ほとんど補給を要しなかった。

1.5頭区は、前期分娩牛(No.7～9)は放牧期間を通して補給を要し、7月前半期から補給上限量に達した。同後期牛(No.10, 11)は妊娠末期、授乳期に補給量が急増した。流産した維持期のNo.12は8月までほとんど補給を要しなかった。

補給日量(kg原物/頭)を密度別の延べ補給頭数を100%とした時の相対比で求めると(第2図)、0.1～0.5kg未満が平均28%、上限量3kgが平均49%



第2図 補給日量の放牧密度別延べ補給頭数の相対比(%)

であり、両者で全体の77%を占めた。

3 雌牛の体重指数とBCSの推移

雌牛の無補給換算体重指数とBCSの月別推移を第3図に示す。放牧期間中に授乳期の長い前期分娩(5～8月中旬)牛と維持・妊娠期が長い後期分娩(8月下旬～10月)牛では養分要求量が異なるので、両者を別々のグループに分けて示した。BW₀を100%としたので、入牧時に妊娠末期牛の入牧時体重指数は105%前後を示す。また体重指数の急減は分娩を意味する。

第5表 半月ごとの供試繁殖雌牛の補給量¹⁾ (kg原物)

放牧密度 ウシNo.	0.5頭/ha		平均/頭	1.0頭/ha				平均/頭
	1	2		3	4	5	6	
分娩月日	5/15	9/12		5/19	8/15	9/18	10/28	
4月後	1		1	6	3	3	8	5
5月前				2	1	1	3	2
5月後	18 (20) ²⁾	1	9 (10)					
6月前～7月前								
7月後	(4)		(2)					
8月前	(26)		(13)					
8月後					8 (40)			2 (10)
9月前	11 (11)	1	6 (6)	4	22 (34)	1	1	7 (9)
9月後	(11)		(6)	19 (5)	43 (51)	2	2	17 (14)
10月前	11 (11)	1	6 (6)	28 (59)	45 (65)	5 (3)	2	20 (32)
10月後	11 (15)	1	6 (8)	48 (96)	48 (105)	42 (41)	2	35 (61)
11月前	3 (8)		2 (4)	45 (156)	45 (114)	45 (86)	45 (150)	45 (127)
11月後	45 (60)	22 (30)	34 (45)	45 (195)	45 (149)	45 (154)	45 (143)	45 (160)
12月前	45 (104)	45 (138)	45 (121)					
4-12月計	143 (270)	71 (168)	107 (221)	197 (512)	259 (558)	143 (285)	106 (293)	176 (412)
4-9月計	30 (72)	2	16 (36)	31 (5)	76 (125)	6	13	32 (33)

放牧密度 ウシNo.	1.5頭/ha						平均/頭
	7	8	9	10	11	12	
分娩月日	5/23	6/2	5/30	8/29	8/27	8/10 ³⁾	
4月後	18 (55)	18 (67)	16 (18)	7 (7)	3 (3)	1 (1)	10 (25)
5月前	40 (88)	45 (147)	22 (24)	7 (7)	8 (8)	1 (2)	21 (46)
5月後	21 (53)	21 (41)	13 (14)	1 (2)	1 (2)	1 (2)	10 (19)
6月前	20 (21)	30 (52)	21 (21)	1 (2)	1 (2)	1 (2)	12 (16)
6月後	15 (29)	42 (99)	27 (29)	1 (2)	1 (2)	1 (2)	15 (27)
7月前	45 (98)	45 (142)	42 (43)	1 (2)	16 (18)	1 (2)	25 (51)
7月後	48 (150)	48 (204)	47 (60)	1 (2)	34 (35)	1 (2)	30 (75)
8月前	45 (175)	45 (155)	44 (54)	9 (10)	45 (51)	1 (28)	32 (75)
8月後	48 (171)	48 (148)	48 (63)	44 (56)	44 (81)	3 (10)	39 (88)
9月前	45 (152)	45 (169)	34 (38)	33 (33)	45 (52)	19 (19)	37 (77)
9月後	45 (142)	45 (133)	43 (42)	36 (19)	45 (49)	13 (12)	38 (69)
4-9月計	390 (1133)	432 (1358)	356 (406)	142 (154)	243 (302)	44 (52)	269 (568)

¹⁾ 3 kg/頭/日を上限. ²⁾ 体重を低下させない必要補給量. ³⁾ 流産.

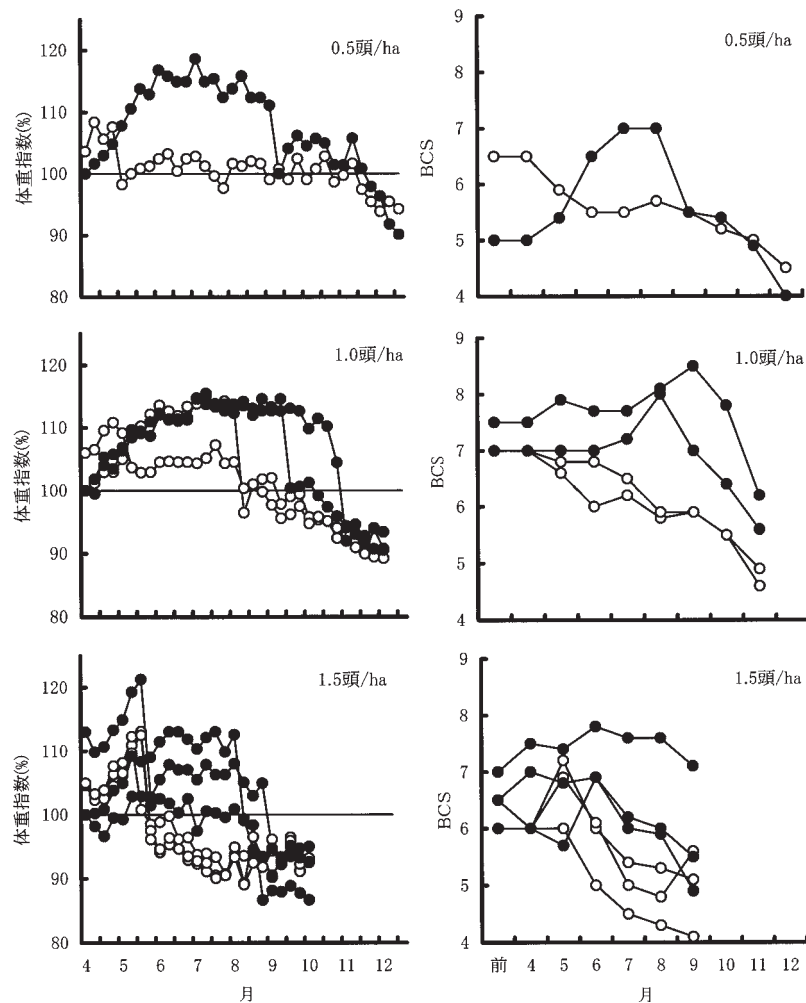
前期牛 (○印) が体重指数100%以上の期間は, 入牧から0.5頭区が11月まで, 1.0頭区が9月まで, 1.5頭区が5月までであった. 前期牛の BCS は分娩後退牧まで漸減した.

後期牛 (●印) が体重指数100%以上の期間は, 入牧から0.5頭区が11月まで, 1.0頭区が10月まで, 1.5頭区が9月までであり, 指数が110%を上回り, 前期牛よりも高く推移した. 後期牛の BCS は維持・妊

娠末期に漸増傾向を示したが, 分娩後退牧まで低下した.

4 子牛の発育

子牛の体重と体高の推移を, 全国和牛登録協会 (2004年) による正常発育曲線⁴⁹⁾の平均値とともに, 出生を前期 (5～8月中旬: ○印) と後期 (8月下旬～10月: ●印) の子牛に分けて第4図に示す.



第3図 放牧密度別の雌牛の体重指数と BCS の月別推移

注) 分娩が前期(5月～8月中旬)の牛は○印, 後期(8月下旬～10月)の牛(流産したNo.12を含む)は●印で示す。入牧時維持体重を100%とする体重指数は無補給時に換算。

体重は、0.5頭区の前期子牛が6か月齢(10月中旬)まで、1.0頭区の前期子牛が5.5か月齢(10月初旬)まで正常値を上回ったが、それ以降に停滞して正常値を下回った。それ以外の子牛は放牧期間中正常値をほぼ上回った。子牛全頭の日増体重(DG: 平均±標準偏差)は、雄牛で $0.85\text{kg} \pm 0.15$ 、雌牛で $0.76\text{kg} \pm 0.12$ であった。体高は、0.5頭区と1.0頭区が4か月齢(8月中旬)まで正常値をやや上回って推移し、それ以降に下回った。それ以外の子牛は放牧期間中正常値をほぼ上回った。

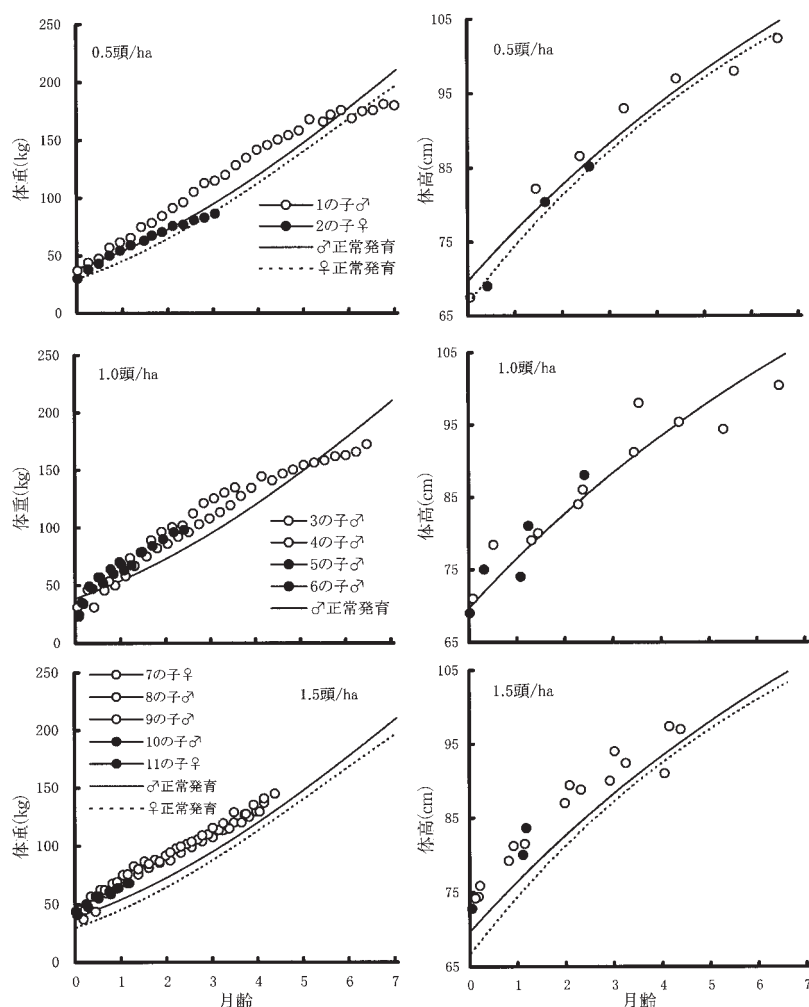
子牛の発育値は親雌牛の補給の効果が考えられるので(第5表)、授乳時に補給をほとんど必要としなかった0.5頭区における5月15日出生から4.8か月間のNo.1の雄子牛、及び1.0頭区における5月19日出生

から4.1か月間のNo.3の雄子牛の平均 DG を求めたところ、それぞれ 0.85kg 、 0.98kg であった。

5 雌牛と子牛の血清生化学成分

雌牛の血清中 NEFA, BUN, ALB を第5図に、同 iP, V.A を第6図に示す。第3図と同様に、授乳期の長い前期(5～8月中旬)分娩牛(□印)と維持・妊娠期が長い後期(8月下旬～10月)分娩牛(■印)とに分けて示した。

雌牛の血清中 NEFA は各牛分娩後の最初の月に上昇した。血清中 BUN(mg/dL)は前期牛が平均7.5に対し、後期牛が同8.8と高い傾向にあり、また平均で0.5頭区が7.2、1.0頭区が7.8、1.5頭区が9.0と密度が高まるにつれ上昇する傾向を示したが、血清中



第4図 放牧密度別子牛の体重と体高の推移

注1) 出生が前期(5月～8月中旬)の子牛は○印、
後期(8月下旬～10月)の子牛は●印で示す。

2) 正常発育曲線は全国和牛登録協会による推定値。

ALBはそのような傾向を認めなかった。BUNとALBは6～8月に低い傾向を認め、補給が増加する放牧末期(0.5頭区は11月、1.0頭区は9月、1.5頭区は7月以降)に高くなる傾向を示した。雌牛の血清中iP及びV.Aは、放牧後期に前期牛が高まり、後期牛が低下する傾向にあった。

子牛の血清生化学成分は、密度別、月別で特徴的な傾向や違いを認めなかった(第7図)。

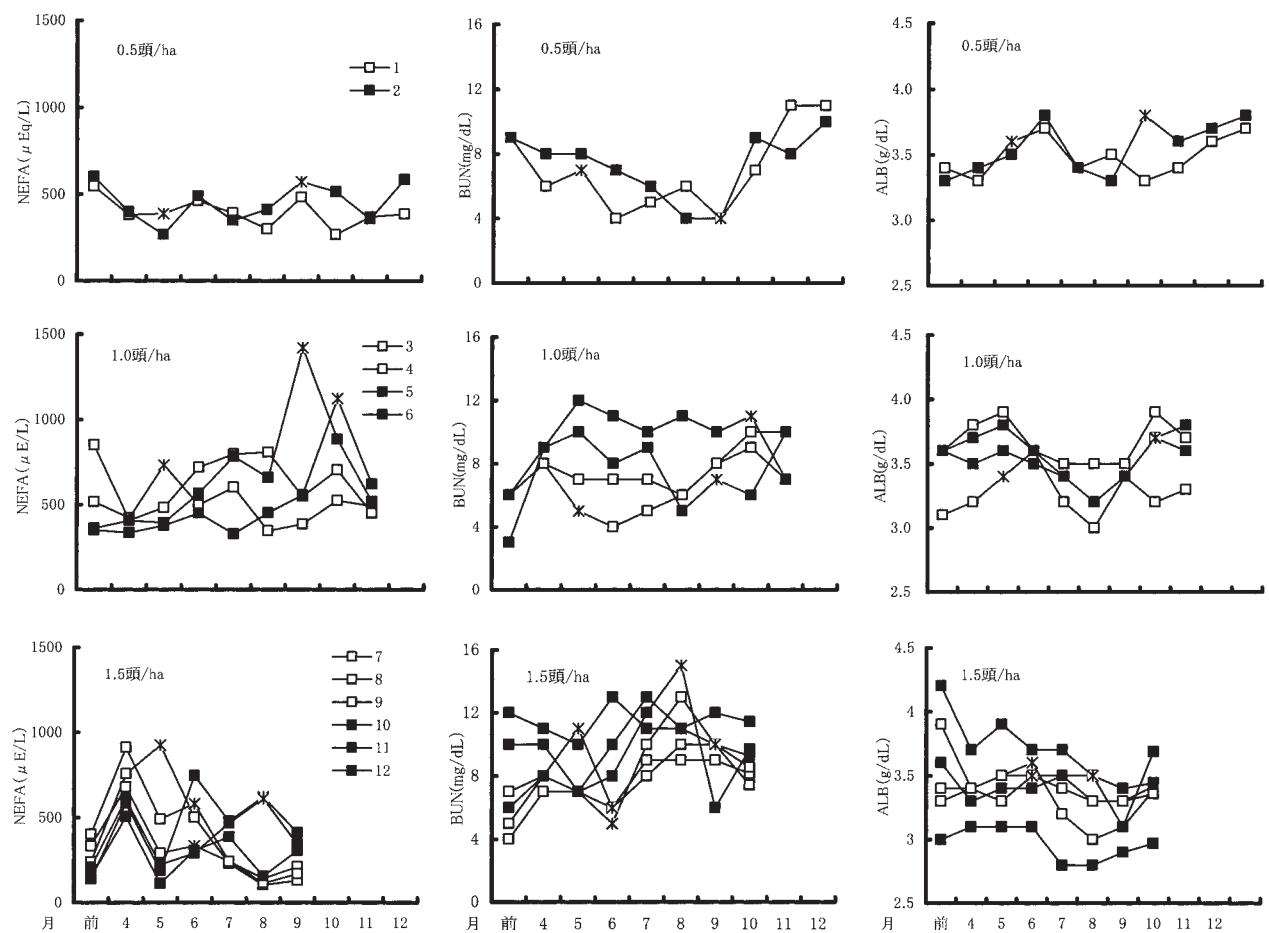
雌牛と子牛の血清生化学成分の基本統計値を第6表に示す。変動係数(CV)(%)は、NEFAとBUNが28～48と大きく、iPとV.Aが12～21と中位、ALBとCaが5～11と小さかった。雌牛と子牛の成分平均値比較で、iP(mg/dL)は雌牛の4.7に対し子牛が8.1と有意($P < 0.01$)に高く、V.A(IU/dL)は雌

牛の93に対し子牛が66と有意($P < 0.01$)に低かった。NEFA($\mu\text{Eq/L}$)は雌牛の472に対し子牛が330と有意($P < 0.01$)に低かった。ALB(g/dL)は雌牛の3.4に対し子牛が3.6と有意($P < 0.05$)に高かったが、BUNは両者に違いを認めなかった。

6 供試密度別の放牧期別養分摂取量・栄養期別過不足量及び草地の牧養力

第3表で求めたTDN摂取量のうち平年値と差が大きい気象の影響を受けた値は、8節で述べる補正・推定を行い、上限設定後、(1)式でCP、Ca、Pの各摂取量を求めた。

各摂取量は、密度が高まるにつれ低下し、放牧期が進むにつれ漸減する傾向を示した(第7～9表)。



第 5 図 放牧密度別の雌牛の血清中遊離脂肪酸 (NEFA)，尿素窒素 (BUN) およびアルブミン (ALB) 各含量の月別推移

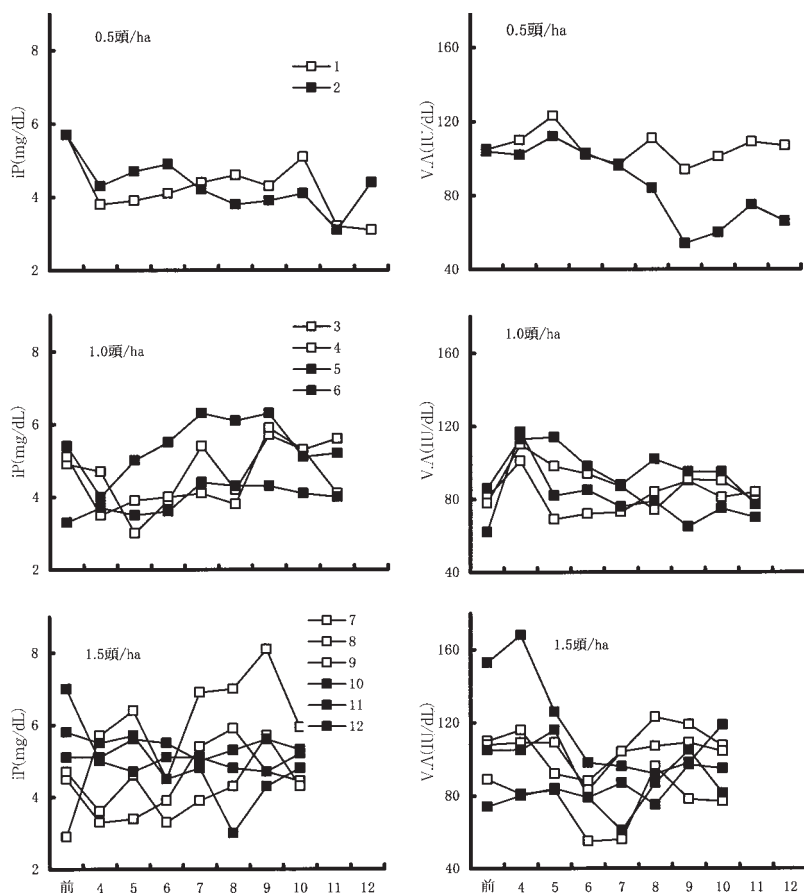
注 1) 分娩が前期 (5 月～8 月中旬) の牛は□印，後期 (8 月下旬～10 月) の牛 (流産した No.12 を含む) は■印で示す。

2) * は分娩後最初の月の測定値を示す。

第 6 表 雌牛と子牛の血清生化学成分値

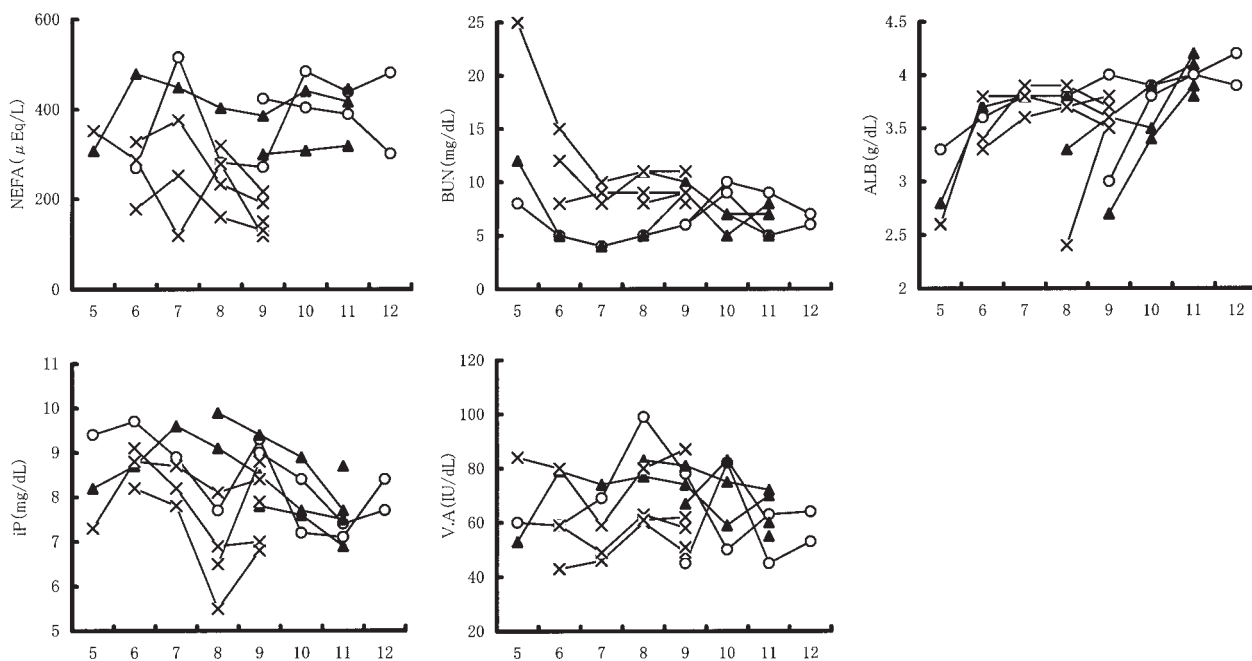
		遊離脂肪酸 (NEFA) μEq/L	尿素窒素 (BUN) mg/dL	アルブミン (ALB) g/dL	カルシウム (Ca) mg/dL	無機リン (iP) mg/dL	ビタミン A (V.A) IU/dL
雌牛 (標本数 n = 86)	平均値	472	8.5	3.4	9.4	4.7	93
	範囲	105～1420	4.0～15.0	2.8～3.9	7.8～10.3	3.0～8.1	54～168
	標準偏差	228	2.4	0.2	0.5	1.0	19
	変動係数 (CV : %)	48	28	7	5	21	20
子牛 (標本数 n = 43)	平均値	330	8.5	3.6	10.5	8.1	66
	範囲	118～516	4.0～25.0	2.4～4.2	9.4～12.4	5.5～9.9	43～99
	標準偏差	110	3.6	0.4	0.7	1.0	14
	変動係数 (CV : %)	33	42	11	7	12	21
雌牛と子牛の有意差検定 ¹⁾		**	NS	*	**	**	**

¹⁾ * : P < 0.05 ** : P < 0.01 NS : P > 0.05



第6図 放牧密度別の雌牛の血清中無機リン (iP) およびビタミンA (V.A) 各含量の月別推移

注) 分娩が前期 (5月～8月中旬) の牛は□印, 後期 (8月下旬～10月) の牛 (流産したNo.12を含む) は■印で示す。



第7図 子牛の血清生化学成分の月別推移

注) 0.5頭/haの子牛は○印, 1.0頭/haは▲印, 1.5頭/haは×印で示す。

また養分不足量は授乳期>妊娠末期>維持期, の順であり, 高密度または放牧期が進むにつれ増加した. さらに TDN と P は, CP と Ca に比べ不足の程度が大きかった.

0.5頭区は, 10~11月に TDN と P の不足傾向を認めたが, 4~11月平均では雌牛の全栄養期ではほぼ養分充足した(第7表). 1.0頭区は, 8~11月に TDN と P の不足傾向を認めたが, 4~9月平均では全栄養

期ではほぼ養分充足し, 4~11月平均では維持・妊娠末期ではほぼ養分充足した(第8表). 1.5頭区は, 6~11月に養分不足を認めたが, 4~9月平均では維持・妊娠末期ではほぼ養分充足した(第9表).

各密度の放牧結果の生産実績値である(2)式で求めたシバ草地の牧養力(CD/ha)は, 放牧経過に伴い低下し, 0.5頭区が181, 1.0頭区が273, 1.5頭区が240で, 平均243であった(第10表). また(3)式で求めた

第7表 放牧密度0.5頭/haにおける雌牛の放牧期別養分摂取量と栄養期別過不足量¹⁾

養分項目	放牧期 ²⁾	平均養分摂取量 ³⁾ (/頭/日)	栄養期別過不足量 (/頭/日) ⁴⁾ (=平均養分摂取量-養分要求量 ⁵⁾)		
			維持期	妊娠末期	授乳期(範囲)
TDN (kg)	4~5月 ⁶⁾	7.1	2.9	2.0	1.0 (0.4~1.6)
	6~7月	7.1	2.9	2.0	1.0 (0.4~1.6)
	8~9月	5.1	0.9	0.0	-1.0 (-1.6~-0.4)
	10~11月	3.0	-1.2	-2.1	-3.1 (-3.7~-2.5)
	4~11月平均	5.5	1.3	0.4	-0.6 (-1.2~0.0)
	4~9月平均	6.4	2.2	1.3	0.3 (-0.3~0.9)
CP (kg)	4~5月	1.5	1.0	0.8	0.5 (0.4~0.7)
	6~7月	1.4	0.8	0.7	0.5 (0.3~0.5)
	8~9月	1.1	0.6	0.4	0.2 (0.0~0.3)
	10~11月	0.7	0.1	0.0	-0.3 (-0.4~-0.2)
	4~11月平均	1.1	0.6	0.4	0.2 (0.0~0.3)
	4~9月平均	1.3	0.8	0.6	0.3 (0.2~0.5)
Ca (g)	4~5月	38	23	9	10 (6~14)
	6~7月	39	24	10	11 (7~15)
	8~9月	36	21	7	8 (4~12)
	10~11月	22	7	-7	-6 (-10~-2)
	4~11月平均	33	18	4	5 (1~9)
	4~9月平均	38	23	9	10 (6~14)
P (g)	4~5月	29	13	9	7 (5~9)
	6~7月	26	10	6	4 (2~6)
	8~9月	14	-2	-6	-8 (-10~-6)
	10~11月	7	-9	-13	-15 (-17~-13)
	4~11月平均	18	2	-2	-4 (-6~-2)
	4~9月平均	23	7	3	1 (-1~3)

¹⁾ 中国四国地方における無施肥のシバ草地連続放牧で適用可.

²⁾ 各放牧期の平均草高 (cm) は第12図から4~5月が6.1, 6~7月が6.7, 8~9月が7.2, 10~11月が4.3.

³⁾ 平均 TDN を求めた標本数は4~5月が6, それ以外が8. 但し TDN が7.1kgを超えたものはこれを上限値とする.

⁴⁾ 負の数値は不足量(アミ部分). 正の数値は蓄積量.

⁵⁾ 日本飼養標準 肉用牛(2000年版)に基づき, 体重500kgの繁殖雌牛について, TDN 要求量は維持期4.2kg, 妊娠末期5.1kg, 授乳期6.1kg (5.5~6.7kg)として計算. CP 要求量は維持0.52kg, 妊娠末期0.70kg, 授乳時0.96kg (0.82~1.10kg)として計算. Ca 要求量は維持15g, 妊娠末期29g, 授乳時28g (24~32g)として計算. P 要求量は維持16g, 妊娠末期20g, 授乳時22g (20~24g)として計算.

⁶⁾ 4月中旬~5月とする.

第8表 放牧密度1.0頭/haにおける雌牛の放牧期別養分摂取量と栄養期別過不足量¹⁾

養分項目	放牧期 ²⁾	平均養分摂取量 ³⁾ (/頭/日)	栄養期別過不足量 (/頭/日) ⁴⁾ (=平均養分摂取量-養分要求量 ⁵⁾)		
			維持期	妊娠末期	授乳期 (範囲)
TDN (kg)	4～5月 ⁶⁾	7.1	2.9	2.0	1.0 (0.4～1.6)
	6～7月	6.0	1.8	0.9	-0.1 (-0.7～0.5)
	8～9月	3.7	-0.5	-1.4	-2.4 (-3.0～-1.8)
	10～11月	2.1	-2.1	-3.0	-4.0 (-4.6～-3.4)
	4～11月平均	4.5	0.3	-0.6	-1.6 (-2.2～-1.0)
	4～9月平均	5.4	1.2	0.3	-0.7 (-1.3～-0.1)
CP (kg)	4～5月	1.5	1.0	0.8	0.5 (0.4～0.7)
	6～7月	1.1	0.6	0.4	0.2 (0.0～0.3)
	8～9月	0.8	0.3	0.1	-0.2 (-0.3～0.0)
	10～11月	0.5	-0.1	-0.2	-0.5 (-0.6～-0.4)
	4～11月平均	0.9	0.4	0.2	0.0 (-0.2～0.1)
	4～9月平均	1.1	0.6	0.4	0.1 (0.0～0.3)
Ca (g)	4～5月	38	23	9	10 (6～14)
	6～7月	33	18	4	5 (1～9)
	8～9月	26	11	-3	-2 (-6～2)
	10～11月	16	1	-13	-12 (-16～-8)
	4～11月平均	27	12	-2	-1 (-5～3)
	4～9月平均	32	17	3	4 (0～8)
P (g)	4～5月	29	13	9	7 (5～9)
	6～7月	22	6	2	0 (-2～2)
	8～9月	10	-6	-10	-12 (-14～-10)
	10～11月	5	-11	-15	-17 (-19～-15)
	4～11月平均	16	0	-4	-6 (-8～-4)
	4～9月平均	20	4	0	-2 (-4～0)

1),4),5),6) 第7表と同じ。

2) 各放牧期の平均草高 (cm) は第12図から4～5月が5.7, 6～7月が6.9, 8～9月が5.5, 10～11月が3.0。

3) 平均 TDN を求めた標本数は4～5月が12, それ以外が16, 但し TDN が7.1kgを超えたものはこれを上限値とする。

牧養力は、0.5頭区が148, 1.0頭区が246, 1.5頭区が257で、平均225であった。

シバ草地の潜在的な(最大の)牧養力は、第11図にある上限 TDN 摂取量 (kg/10a) である119 (4～11月), 108 (4～9月) を基に、500kgの肉用成雌牛の TDN 要求量を4.2kg/頭/日とすると、1.5頭/haにおいて放牧期間4～11月で283, 同4～9月で257と算定された。

7 供試密度別のシバ草地のみで飼養可能なウシ栄養期判定と補給飼料の摂取割合

シバ草地のみで飼養可能なウシ栄養期を飼養判定した結果(第11表)、養分別では、TDN が妊娠末期

水準, CP と Ca が授乳期水準, Pが維持期水準のウシが、密度別では TDN を基準にして、0.5頭区(放牧期間4～11月)と1.0頭区(同4～9月)が授乳期水準, 1.0頭区(同4～11月)と1.5頭区(同4～9月)が妊娠末期水準のウシがおおよそ飼養可能と判定した。

補給飼料はシバ(草地由来)にくらべ Ca 以外の養分含量が高かったが、全飼料の CP 含量を4～11月期で1% (0.2%単位) 高めたのにすぎないのに対し、全飼料の TDN 含量と P 含量をそれぞれ6% (2.9%単位), 20% (0.03%単位) 向上させ、全摂取量に占める補給飼料の TDN・P 摂取量の割合 (a/b) が平均10%と、同 CP 摂取量の平均5%にくらべ高

第9表 放牧密度1.5頭/haにおける雌牛の放牧期別養分摂取量と栄養期別の過不足量¹⁾

養分項目	放牧期 ²⁾	平均養分摂取量 ³⁾ (/頭/日)	栄養期別過不足量 (/頭/日) ⁴⁾ (=平均養分摂取量-養分要求量 ⁵⁾)		
			維持期	妊娠末期	授乳期 (範囲)
TDN (kg)	4～5月 ⁶⁾	6.8	2.6	1.7	0.7 (0.1～1.3)
	6～7月	4.6	0.4	-0.5	-1.5 (-2.1～-0.9)
	8～9月	2.3	-1.9	-2.8	-3.8 (-4.4～-3.2)
	10～11月	1.2	-3.0	-3.9	-4.9 (-5.5～-4.3)
	4～11月平均	3.5	-0.7	-1.6	-2.6 (-3.2～-2.0)
	4～9月平均	4.3	0.1	-0.8	-1.8 (-2.4～-1.2)
CP (kg)	4～5月	1.4	0.9	0.7	0.5 (0.3～0.6)
	6～7月	0.9	0.4	0.2	-0.1 (-0.2～0.0)
	8～9月	0.5	0.0	-0.2	-0.5 (-0.6～-0.4)
	10～11月	0.3	-0.3	-0.4	-0.7 (-0.9～-0.6)
	4～11月平均	0.7	0.2	0.0	-0.2 (-0.4～-0.1)
	4～9月平均	0.9	0.4	0.2	-0.1 (-0.2～0.1)
Ca (g)	4～5月	36	21	7	8 (4～12)
	6～7月	25	10	-4	-3 (-7～1)
	8～9月	16	1	-13	-12 (-16～-8)
	10～11月	9	-6	-20	-19 (-24～-15)
	4～11月平均	21	6	-8	-7 (-11～-3)
	4～9月平均	25	10	-4	-3 (-7～1)
P (g)	4～5月	28	12	8	6 (4～8)
	6～7月	17	1	-3	-5 (-7～-3)
	8～9月	7	-9	-13	-15 (-17～-13)
	10～11月	3	-13	-17	-19 (-21～-17)
	4～11月平均	12	-4	-8	-10 (-12～-8)
	4～9月平均	16	0	-4	-6 (-8～-4)

^{1),4),5),6)} 第7表と同じ。²⁾ 各放牧期の平均草高 (cm) は第12図から4～5月が4.7, 6～7月が5.0, 8～9月が4.3。³⁾ 平均 TDN を求めた標本数は4～5月が18, それ以外が24, 但し TDN が7.1kgを超えたものはこれを上限値とする。

かった (第11表)。

8 密度・放牧期別 TDN 摂取量の推定

0.5, 1.0, 1.5頭各区の放牧期ごとの TDN 摂取量 (kg/頭/日) を第3表で求め, 第8図に示し, 摂取量に対応して2か月単位で平年値と差が大きい気象の影響を認めた0.5頭区 ('02年) の6～7月 (少雨干ばつによる低下), 8～9月 (少雨干ばつにもかかわらず上昇) の補正と1.5頭区 ('03年) の6～7月 (低温多雨寡照による低下) の補正, さらに未測定 of 1.5頭区 ('03年) 10～11月の推定を行った。「材料と方法」の7節で論述したように, 実用に資するための補正は, 密度 (頭/ha) に対する放牧期別の1日1頭あた

りの TDN 摂取量 (kg) が, 高密度に伴い直線的に低下すると仮定して行った (第8図)。

すなわち, 4～5月 (○印) の-3.0kgTDN/密度 (0.5～1.5頭各区の密度に対する TDN の直線回帰による傾き), 8～9月 (●印) の-2.8kgTDN/密度 (1.0, 1.5頭各区の密度に対する TDN の直線式による傾き) から, 6～7月 (△印) を-2.9kgTDN/密度と推定し, 6～7月 (△印) の0.5頭区の TDN 摂取量を5.3から7.5に, 同1.5頭区を2.7から4.6に補正した (第8図)。8～9月 (●印) の0.5頭区は, -2.8kgTDN/密度から, 8.0から5.1に補正した。また10～11月 (▲印) の1.5頭区は, -1.8kgTDN/密度 (0.5, 1.0頭各区の密度に対する TDN の直線式に

第10表 放牧密度および期別の牧養力 (CD/ha)

放牧期 放牧日数	4～5月 (44)	6～7月 (61)	8～9月 (61)	10～11月 (61)	12月 (15)	計
放牧密度	CD (頭・日)/ha					
0.5頭/ha	50	40	60	29	2	181
1.0頭/ha	85	86	59	43	—	273
1.5頭/ha	106	68	66	—	—	240
平均	80	65	62	36	2	243
0.5頭/ha	37	52	37	22	—	148
1.0頭/ha	74	87	54	31	—	246
1.5頭/ha	108	99	50	—	—	257
平均	73	79	47	26	—	225

注) 上段は実績値で(2)式, 下段は計算値で(3)式で算出.

よる傾き) から外挿して1.2と推定した.

これらを第12表に示すと, 密度が0に近づいた時の最大潜在 TDN 摂取量 (kg/頭/日) (b)は, 4～5月が11.4, 6～7月が8.9, 8～9月が6.5, 10～11月が3.9であった. TDN 摂取量が0の時の放牧密度 (頭/ha) (b/a) は, 4～5月が3.8, 6～7月が3.1, 8～9月が2.3, 10～11月が2.2であった.

第12表の TDN 摂取量のうち, 設定した TDN 上限値7.1kg/頭/日を超える0.5頭区の4～5月と6～7月, 1.0頭区の4～5月の TDN 値を上限値とした上での密度別1頭あたりの TDN 摂取量 (kg/日) を第9図に示す.

第9図の TDN 摂取量 (kg/頭/日) に放牧密度を乗算して10aあたりに換算した TDN 摂取量 (kg/日) は (第10図), 1.0～2.0頭/haの範囲で, 放牧期ごとの最大値を認め, 4～5月が2.0頭/haで1.1kg, 6～7月が1.5頭/haで0.7kg, 8～9月が1.2頭/haで0.4kg, 10～11月が1.0頭/haで0.2kgであった.

4～11月に連続放牧した時の(5)式をもとに求めた密度別 DM 摂取量 (kg/10a) は, 0.5頭/haで127 (4～9月で107), 1.0頭/haで209 (同181), 1.5頭/haで最大となり239 (同215) であった (第11図, 第16表). 同じく4～11月に連続放牧した時の(4)式をもとに求めた密度別 TDN 摂取量 (kg/10a) は, 0.5頭/haで62 (4～9月で53), 1.0頭/haで103 (同90), 1.5頭/haで最大となり119 (同108) であった.

9 シバの飼料成分, 草量, 草高及び放牧強度

第13表から4～11月のシバの平均養分含量 (% DM) は TDN 47.1, CP 9.1, Ca 0.29, P 0.16であり, 第14表から採食シバの平均含量は, TDN 48.7, CP 10.2, Ca 0.31, P 0.16と推定された. 第13, 14表に示す成分 (養分) 含量 (%) は, 放牧の経過に伴い, DM, OCW, Ob, 粗灰分が漸増し, TDN が4月の55から11月の45まで漸減した. CP は4月が12と高く, 6月に8と低かった. Ca は期間を通して変化が少なく, Pは放牧後半で低下した.

第15表によると, '02年測定のカージ内草量 (kg/10a) のうち4～11月の DM 量は, 現存量 (各月刈り取り以後の再生過程) が223～422 (TDN 量で99～191) で平均332 (同155), 生産量 (各月の再生草量の合計) が372 (同185) で5月が最大94 (同51) であった. だが6月生産量54 (同28) は5月や7月とくらべ明らかに少なく, 主に少雨干ばつ (第4表) の影響を認めた. 各月現在の無刈り草量 (第15表下線部数値) は8月にピーク値355 (同160) を示した.

4～11月の DM 生産量372kg/10a (4～9月の同生産量359kg/10a) (第15表) に対する DM 摂取量 (kg/10a) (第11図) の割合 (%), すなわち放牧強度を示す摂取利用率は, 0.5頭/haで34 (4～9月で30), 1.0頭/haで56 (同50), 1.5頭/haで最大となり64 (同60) であり, TDN 換算でも同じ利用率を示した (第16表).

'02年測定のカージ内草高 (cm) のうち現存高 (各月刈り取り以後の再生過程) は1.8～15.9で平均

第11表 放牧密度別の補給の摂取割合とシバ草地のみで飼養可能なウシ栄養期

含量 (%DM)		TDN	CP	Ca	P
全飼料 (A + B)	シバ ¹⁾ (A) (4 ~ 11月)	48.7	10.2	0.31	0.16
	シバ (A) (4 ~ 9月)	49.7	10.2	0.29	0.18
	補給飼料 (B)	86.9	12.6	0.03	0.46
	0.5頭/ha (4 ~ 11月)	50.0	10.3	0.31	0.18
	1.0頭/ha (4 ~ 9月)	50.4	10.2	0.29	0.19
	1.0頭/ha (4 ~ 11月)	53.1	10.4	0.31	0.21
	1.5頭/ha (4 ~ 9月)	57.9	10.4	0.29	0.22
	平均 (4 ~ 11月)	51.6	10.4	0.31	0.19
	平均 (4 ~ 9月)	54.1	10.3	0.29	0.21
	平均/シバ (4 ~ 11月) (%)	106	101	100	120
平均-シバ (4 ~ 11月) (%単位)		2.9	0.2	0.00	0.03
平均/シバ (4 ~ 9月) (%)		109	101	100	114
平均-シバ (4 ~ 9月) (%単位)		4.4	0.1	0.00	0.03
放牧密度 (放牧期間)	摂取量 (/日/頭)	TDN (kg)	CP (kg)	Ca (g)	P (g)
0.5頭/ha (4 ~ 11月) (227日)	シバ草地由来	5.5	1.10	33	18
	補給飼料 ²⁾ (a)	0.2	0.05	0	1
	計 (b)	5.7	1.15	33	19
	a / b (%)	4	4	0	5
	飼養判定 ³⁾	<授乳期	<授乳期	<授乳期	維持期
1.0頭/ha (4 ~ 9月) (166日)	シバ草地由来	5.4	1.10	32	20
	補給飼料 (a)	0.1	0.00	0	1
	計 (b)	5.5	1.10	32	21
	a / b (%)	2	0	0	5
	飼養判定	<授乳期	<授乳期	<授乳期	<妊娠末期
1.0頭/ha (4 ~ 11月) (227日)	シバ草地由来	4.5	0.90	27	16
	補給飼料 (a)	0.6	0.08	0	3
	計 (b)	5.1	0.98	27	19
	a / b (%)	11	9	1	16
	飼養判定	<妊娠末期	<授乳期	<授乳期	維持期
1.5頭/ha (4 ~ 9月) (166日)	シバ草地由来	4.3	0.90	25	16
	補給飼料 (a)	1.2	0.07	0	3
	計 (b)	5.5	0.97	25	19
	a / b (%)	22	7	1	14
	飼養判定	<妊娠末期	<授乳期	<授乳期	維持期
平均	シバ草地由来	4.9	1.00	29	18
	補給飼料 (a)	0.5	0.05	0	2
	計 (b)	5.4	1.05	29	19
	a / b (%)	10	5	0	10
	総合飼養判定	<妊娠末期	<授乳期	<授乳期	維持期
要求量 ⁴⁾ (/日/頭)		TDN (kg)	CP (kg)	Ca (g)	P (g)
維持		4.2 ⁵⁾	0.52	15	16
妊娠末期		5.1	0.70	29	20
授乳 (平均)		6.1	0.96	28	22
授乳 (範囲)		5.5~6.7	0.82~1.10	24~32	20~24

¹⁾ 厳密にはシバ主体草であるが、採食されたシバの平均養分含量 (第14表) で示す。

²⁾ 体重減少時に日本飼養標準肉用牛 (2000年版) に基づき2.2 kgTDN を上限に給与。

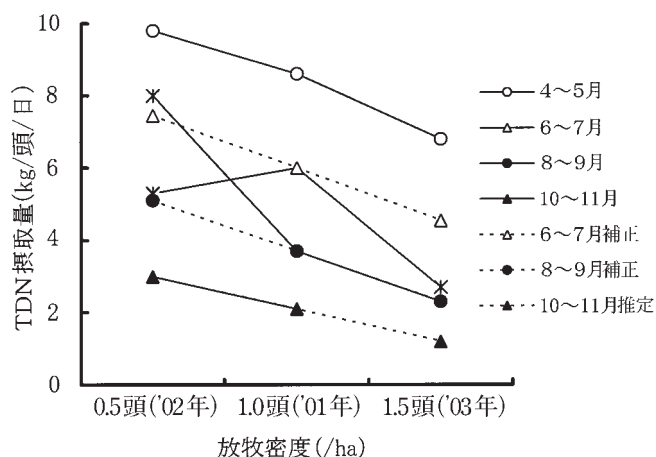
³⁾ 「<授乳期」は全栄養期, 「<妊娠末期」は維持・妊娠末期「維持期」は維持期のウシがシバ草地のみでおよそ飼養可能なことを示す。要求量に対し TDN 80~100%, CP, Ca, P 100%前後で判定。

⁴⁾ 日本飼養標準肉用牛 (2000年版) に基づき, 500kg体重の成雌牛の要求量。

⁵⁾ =3.27kg×1.3 (放牧時増加係数)。

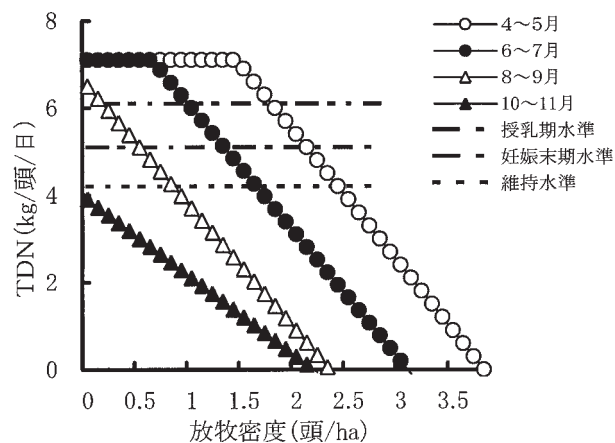
第12表 一次回帰モデルによる放牧密度に対する各放牧期の TDN 摂取量の推定

放牧期	放牧密度 調査年	0.5頭/ha	1.0頭/ha	1.5頭/ha	$y = ax + b$ ¹⁾		
		2002年	2001年	2003年	a	b ²⁾	b/a ³⁾
4～5月 ⁴⁾		9.8	8.6	6.8	-3.0	11.4	3.8
6～7月		7.5 ⁵⁾ (5.3)	6.0	4.6 (2.7)	-2.9	8.9	3.1
8～9月		5.1 (8.0)	3.7	2.3	-2.8	6.5	2.3
10～11月		3.0	2.1	1.2 (-)	-1.8	3.9	2.2

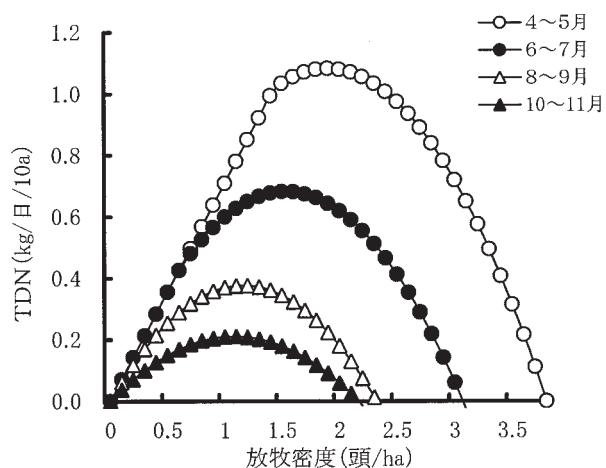
¹⁾ y : TDN 摂取量 (kg/頭/日), x : 放牧密度 (頭/ha).²⁾ b : y 切片 (x = 0) で最大潜在 TDN 摂取量 (kg/頭/日).³⁾ b/a : y = 0 の時の放牧密度 (頭/ha).⁴⁾ 4月中旬～5月とする.⁵⁾ () 値は気象の影響を受けた TDN 値で, ゴシック数値は補正値あるいは推定値.

第8図 放牧密度に対する放牧期別の1頭あたり TDN 摂取量 (kg/日) と補正・推定値

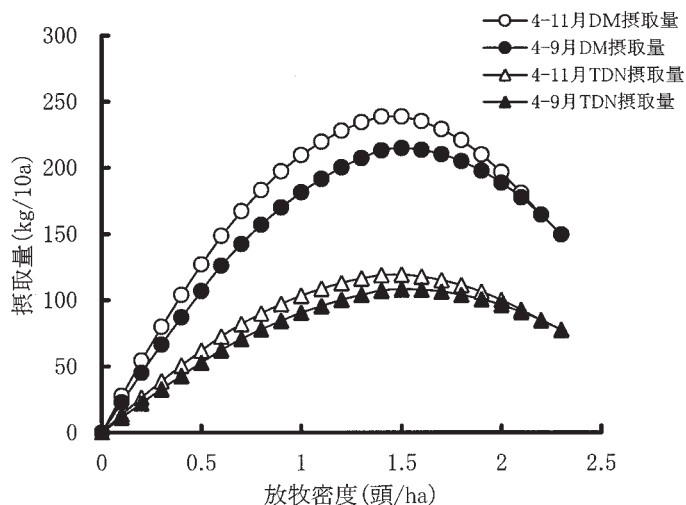
注) *印は気象の影響を受けた放牧期を示す.



第9図 放牧密度別の1頭あたりの TDN 摂取量 (kg/日) の推定



第10図 放牧密度別の10aあたりの TDN 摂取量 [放牧密度 (頭/ha) × TDN 摂取量 (kg/頭/日) ÷ 10]



第11図 放牧期間中の放牧密度別10aあたりの乾物 (DM) ・ TDN 摂取量 (kg) の推定

第13表 シバの月別養分含量（2002年）

養分含量 (%DM) ¹⁾	ケージ No.	刈り取り月								平均
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	
TDN ¹⁾	1	55.0	53.8	52.2	46.8	45.9	46.3	46.8	—	49.6
	2	—	<u>53.7</u>	51.4	45.1	46.1	45.1	45.9	—	47.9
	3	—	—	<u>50.5</u>	46.1	45.7	45.9	45.5	—	46.7
	4	—	—	—	<u>45.9</u>	45.9	46.4	44.7	—	45.7
	5	—	—	—	—	<u>45.0</u>	46.0	45.7	—	45.5
	6	—	—	—	—	—	<u>44.7</u>	45.5	—	45.1
	7	—	—	—	—	—	—	<u>44.5</u>	—	44.5
	8	—	—	—	—	—	—	—	<u>44.5</u>	44.5
	平均	55.0	53.8	51.4	46.0	45.7	45.7	45.5	44.5	47.1
CP	1	12.2	10.4	9.8	10.4	10.8	11.2	10.5	—	10.8
	2	—	<u>8.5</u>	8.3	9.0	9.2	9.9	9.7	—	9.1
	3	—	—	<u>6.5</u>	9.3	9.2	9.8	10.0	—	9.0
	4	—	—	—	<u>7.0</u>	9.7	10.2	10.1	—	9.3
	5	—	—	—	—	<u>5.9</u>	9.8	9.9	—	8.5
	6	—	—	—	—	—	<u>6.3</u>	9.7	—	8.0
	7	—	—	—	—	—	—	<u>6.5</u>	—	6.5
	8	—	—	—	—	—	—	—	<u>4.1</u>	4.1
	平均	12.2	9.5	8.2	8.9	9.0	9.5	9.5	4.1	9.1
Ca	1	0.33	0.24	0.28	0.26	0.36	0.34	0.33	—	0.31
	2	—	<u>0.21</u>	0.25	0.30	0.31	0.35	0.38	—	0.30
	3	—	—	<u>0.25</u>	0.27	0.29	0.34	0.33	—	0.30
	4	—	—	—	<u>0.26</u>	0.26	0.31	0.33	—	0.29
	5	—	—	—	—	<u>0.27</u>	0.32	0.33	—	0.31
	6	—	—	—	—	—	<u>0.32</u>	0.33	—	0.33
	7	—	—	—	—	—	—	<u>0.38</u>	—	0.38
	8	—	—	—	—	—	—	—	<u>0.33</u>	0.33
	平均	0.33	0.23	0.26	0.27	0.30	0.33	0.34	0.33	0.29
P	1	0.22	0.22	0.19	0.18	0.17	0.07	0.07	—	0.16
	2	—	<u>0.20</u>	0.19	0.17	0.14	0.14	0.07	—	0.15
	3	—	—	<u>0.15</u>	0.17	0.14	0.13	0.07	—	0.13
	4	—	—	—	<u>0.11</u>	0.13	0.13	0.15	—	0.13
	5	—	—	—	—	<u>0.09</u>	0.12	0.13	—	0.11
	6	—	—	—	—	—	<u>0.13</u>	0.18	—	0.16
	7	—	—	—	—	—	—	<u>0.13</u>	—	0.13
	8	—	—	—	—	—	—	—	<u>0.07</u>	0.07
	平均	0.22	0.21	0.18	0.16	0.13	0.12	0.11	0.07	0.16

¹⁾ TDN (%) = $85.89 - 0.456 \times \text{Ob}$ (低消化性繊維) $- 0.674 \times \text{粗灰分}$

注) 下線部数値は採食成分に近似しない可能性があるため、第14表の成分値計算から除外した。

第14表 採食されたシバの放牧期別の TDN (%DM) と成分 (%DM) の推定値

TDN と成分	4～5月	6～7月	8～9月	10～11月	平均
DM 率 (%)	33.4	42.1	42.4	43.3	40.3
TDN ^{1),2)}	54.4	48.9	45.9	45.7	48.7
CP ²⁾	11.3	9.3	10.0	10.0	10.2
NFC	9.5	5.7	2.3	3.3	5.2
粗脂肪	2.2	1.8	1.4	1.0	1.6
粗灰分	5.9	6.4	6.2	6.4	6.2
OCC	21.0	14.9	11.8	12.3	15.0
OCW	73.1	78.7	82.0	80.8	78.7
Oa	12.9	7.1	3.6	2.6	6.6
Ob	60.3	71.7	78.5	78.7	72.3
Ca ²⁾	0.29	0.27	0.32	0.34	0.31
P ²⁾	0.22	0.18	0.13	0.11	0.16

¹⁾ TDN 摂取量 (kg/10 a) から DM 摂取量 (kg/10 a) を求める換算値に使用.

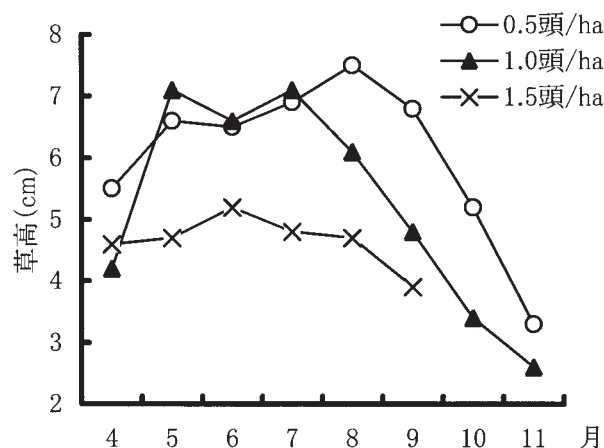
²⁾ CP, Ca, P 各摂取量算出の基礎数値に使用.

注) DM: 乾物, NFC: 非構造化炭水化物, OCC: 細胞内容物, OCW: 細胞壁物質 (総繊維), Oa: 高消化性繊維, Ob: 低消化性繊維.

6.0, 月別生産高(各月再生草の草高平均)は平均5.4で7月にピーク値7.1を示した(第15表). 各月現在の無刈り草高(萌芽後の生長過程)は9月にピーク値15.9を示した.

放牧時のシバ草高 (cm) は, 4～11月平均で0.5頭区が6.0 (4～9月平均で6.6), 1.0頭区が5.2 (同6.0), 1.5頭区がー (同4.7) であり, 密度が高まるにつれ低下した(第12図). 月別推移では, 9月以降各密度とも草高が低くなる傾向を示した. 0.5頭区の5月が低温, 6～7月が少雨干ばつ(第4表)でシバ草高が平均6.7cmと低下し, 気象が平年並みの1.0頭区の同期6.9cmと同程度であった. 8～9月は少雨干ばつであったが, 7月の降水量が135mmとやや増加し, 摂取量も低下したのか8月に草高が7.5cmと伸びた. また1.5頭区の6～7月は高密度による摂取量の増加の他に, 低温多雨寡照(第4表)のためか5.0cmと, 1.0頭区の同期の6.9cmよりもかなり低かった.

シバ草高が食草で1cm短くなると, 個体あたりのTDN 摂取量が1.2kg低下し(第13図), TDN 摂取量の不足を起こすシバ草高 (cm) は, 維持期で4.4 ($5.36 \div 1.22$) 以下, 妊娠末期で5.1 ($6.26 \div 1.22$) 以下, 授乳期で6.0 ($7.26 \div 1.22$) 以下であった. また退牧の目安(各栄養期の TDN 充足率70%とする)は, 維持期で3.4 ($(5.36 - 1.26) \div 1.22$), 妊娠末期で



第12図 放牧密度別放牧時シバ草高の月別推移

3.9 ($(6.26 - 1.53) \div 1.22$), 授乳期で4.5 ($(7.26 - 1.83) \div 1.22$) であった.

10 補給作業と行動制御

補給のための作業時間(作業者の放牧地の入場から退場までの時間)は全平均19分で, 0.5頭区と1.5頭区が18分, 1.0頭区が21分であり, 密度間に有意差がなく, 15～25分が全体の79%を占めた(第14図).

密度別の補給作業の実績を第17表に示す. 補給日数, 補給量の合計は, 1.5頭区>1.0頭区>0.5頭区の順であり, 放牧経過に伴い, 誘導時間が短くなり補給量と採食時間が増加した. 放牧後期は3kg上限量

第15表 シバの月別の草量 (kg/10 a) と草高 (cm) (2002年)

草量と 草高	区 分	刈 り 取 り 月								合計
		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10月	11月	
生草量	現存量 ¹⁾	122	267	99	205	59	14	18	0	783
		—	<u>283²⁾</u>	139	209	128	35	15	0	525
		—	—	<u>382</u>	243	173	64	15	0	878
		—	—	—	<u>650</u>	209	99	37	0	995
		—	—	—	—	<u>769</u>	111	46	0	926
		—	—	—	—	—	<u>672</u>	52	0	724
		—	—	—	—	—	—	<u>484</u>	0	484
		—	—	—	—	—	—	—	<u>350</u>	350
	月別生産量 ³⁾	122	267	119	219	142	64	30	0	964
DM 量	現存量	39	94	43	79	25	6	7	0	293
		—	<u>116</u>	64	85	56	16	6	0	343
		—	—	<u>175</u>	94	71	29	6	0	375
		—	—	—	<u>276</u>	81	42	16	0	415
		—	—	—	—	<u>355</u>	47	20	0	422
		—	—	—	—	—	<u>333</u>	23	0	356
		—	—	—	—	—	—	<u>231</u>	0	231
		—	—	—	—	—	—	—	<u>223</u>	223
	月別生産量	39	94	54	86	58	28	13	0	372
TDN 量	現存量	21	51	23	37	12	3	3	0	149
		—	<u>62</u>	33	38	26	7	3	0	169
		—	—	<u>89</u>	44	32	13	3	0	181
		—	—	—	<u>127</u>	37	20	7	0	191
		—	—	—	—	<u>160</u>	22	9	0	191
		—	—	—	—	—	<u>149</u>	11	0	159
		—	—	—	—	—	—	<u>103</u>	0	103
		—	—	—	—	—	—	—	<u>99</u>	99
	月別生産量	21	51	28	40	27	13	6	0	185
草高 ⁵⁾	現存高 ⁶⁾	5.5	5.6	5.3	5.7	3.4	2.8	2.4	3.3	4.3 ⁴⁾
		—	<u>9.0⁷⁾</u>	6.7	7.0	5.6	4.2	2.5	2.9	4.8
		—	—	<u>10.7</u>	8.6	7.5	5.7	3.1	1.8	6.2
		—	—	—	<u>11.6</u>	9.6	7.5	3.6	1.8	6.8
		—	—	—	—	<u>14.8</u>	8.7	4.6	1.8	7.5
		—	—	—	—	—	<u>15.9</u>	6.5	3.1	8.5
		—	—	—	—	—	—	<u>10.9</u>	3.1	7.0
		—	—	—	—	—	—	—	<u>7.7</u>	7.7
	月別生産高 ⁸⁾	5.5	5.6	6.0	7.1	6.5	5.8	3.8	2.5	5.4 ⁴⁾

¹⁾ 最初の月が刈り取らなかった（無刈り）草量，次の月以降再生草量で，各月初めて刈り取り以後の再生長過程を示す。

²⁾ 下線部数値は各月現在の無刈り草量で，萌芽後の生長過程を示す。

³⁾ 下線部数値を除いた各月再生草量の平均とする。

⁴⁾ 平均値。

⁵⁾ 生育状態でのケージ内10か所の平均高。

⁶⁾ 最初の月が無刈り草高，次の月以降再生草の草高で，各月初めて刈り取り以後の再生長過程を示す。

⁷⁾ 下線部数値は各月現在の無刈り草高で，萌芽後の生長過程を示す。

⁸⁾ 下線部数値を除いた各月再生草の草高の平均とする。

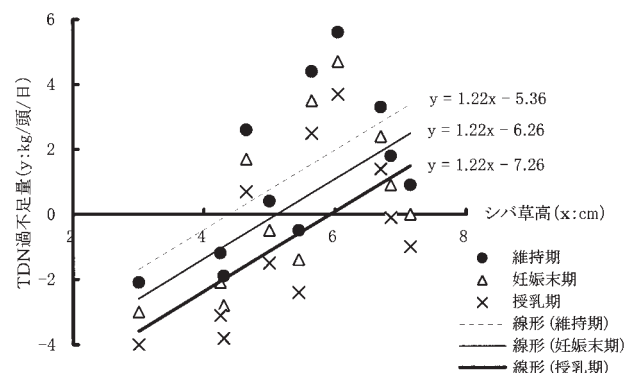
第16表 放牧期・密度別の摂取利用率 (%)

放牧期	放牧密度 (頭/ha)	0.5	1.0	1.5	
4 ～11月	摂取量 (kg/10 a)				生産量 (kg/10 a)
	DM	127	209	239	372
	TDN	62	103	119	185
	摂取利用率 (摂取量/生産量) (%)				
	DM	34	56	64	
	TDN	34	56	64	
4 ～ 9 月	摂取量 (kg/10 a)				生産量 (kg/10 a)
	DM	107	181	215	359
	TDN	53	90	108	179
	摂取利用率 (摂取量/生産量) (%)				
	DM	30	50	60	
	TDN	30	50	60	

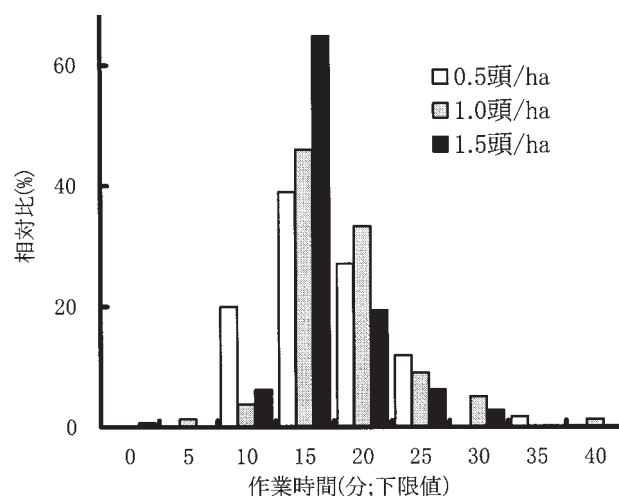
で補給が続く日が多く、ウシは補給場周辺に集結し、音響誘導がほとんど不要であった。4～5月の補給期は、ヒトがウシを補給場へ誘導し、時刻、補給場、音響、視認（青い飼槽箱）の補給誘導の馴致過程でもあるために、ヒトによる誘導補助率（ヒトの誘導を要した日数÷補給日数）は高かったが、1.5頭区は1.0頭区、0.5頭区にくらべ低かった。補給場から集畜前の牛群が視認できる率は、枡場への給飼前集結の観察事例を含め、平均で0.5頭区が71%、1.0頭区が91%、1.5頭区が79%であった。

ウシの補給場までの誘導時間は、既述のように放牧後期の補給時にすでに補給場に集結したため、0～1分が0.5頭区で47%、1.0頭区で62%、1.5頭区で45%と最も多く、8分までの累積度数は1.0頭区と1.5頭区は0.5頭区よりも常に高かった（第15図）。

補給時の誘導状況を第18表に要約する。主に放牧後期の補給場への事前集結のために全補給日数284日の56%が音響誘導不要であった。また放牧前期は補給の条件付け過程であり、ヒトによる誘導が多いために284日のうち全頭誘導が5%、特定個体誘導が4%を占めた。誘導できず放牧地に残留した個体は延べ12個体あり、7例は補給量が0.1kgのウシであり、5例は分娩前後7日以内のウシであった。親雌牛の補給場への誘導で、補給時の76%がその子牛も同伴し、親牛の補給中、近くに待機した。第18表を密度別にみると、音響誘導不要及びウシによる自律誘導（集結）の割合（%）が、それぞれ0.5頭区で34、80、



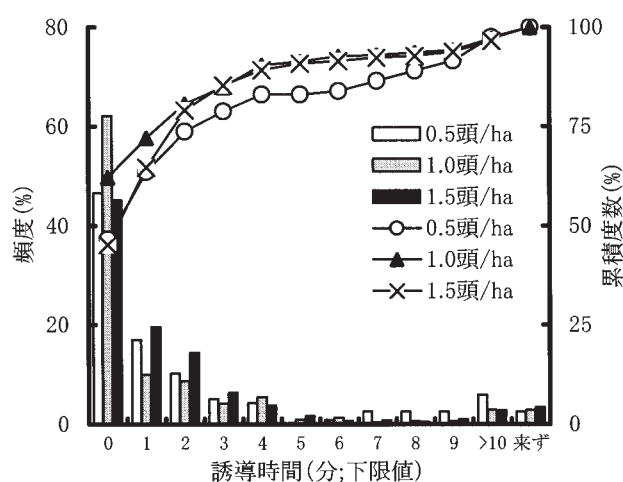
第13図 シバ草高とウシ栄養期別 TDN 過不足量との関係



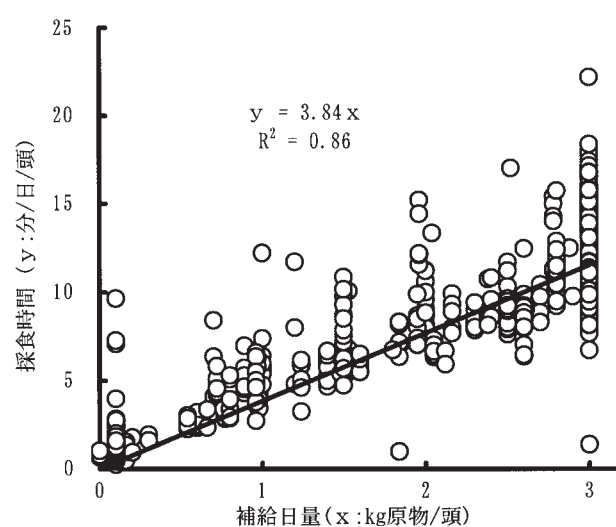
第14図 放牧密度別補給のための作業時間の相対比 (%)

第17表 シバ草地（4.4ha）放牧時の補給作業

放牧密度 (頭/ha)	補給期間	補給日数	補給量 (kg原物) ¹⁾	誘導時間 (分) ¹⁾	採食時間 (分) ¹⁾	誘導補助率 (%) ²⁾	視認率 (%) ³⁾
0.5	5/17~23	7	1.3	8.6	6.3	86	57
	9/6~14	9	1.8	4.6	7.0	56	67
	10/4~10	7	0.8	1.6	3.5	14	71
	10/27~1	5	1.1	2.3	4.9	0	60
	11/15~12/15	31	2.6	0.8	11.5	0	77
	平均	12	1.9	2.4	8.7	20	71
	計	59	107 ⁴⁾				
1.0	4/30~5/2	3	0.5	2.5	4.3	100	100
	5/10~12	3	0.1	4.0	1.4	67	100
	8/20~23	4	0.6	5.3	3.6	75	100
	9/11~10/2	21	1.1	2.7	4.9	19	81
	10/9~11/30	48	2.6	0.5	10.7	0	94
	平均	16	1.9	1.4	8.1	15	91
	計	79	176 ⁴⁾				
1.5	4/25~5/22	28	1.5	2.0	6.4	4	82
	6/5~9/30	118	2.0	1.8	7.5	2	78
	平均	73	1.7	1.9	7.3	2	79
	計	146	269 ⁴⁾				

¹⁾ 1日1頭あたり。²⁾ 人の誘導を要した日数÷補給日数×100³⁾ 補給時給飼場から牛群が視認できた日数÷補給日数×100⁴⁾ 放牧期を通して1頭あたり。

第15図 放牧密度別誘導時間の頻度分布 (%) と累積度数 (%) (未満型)



第16図 補給日量と採食時間との相関

1.0頭区で61, 85, 1.5頭区で63, 99と、高密度（多頭数）ほど高かった。

補給飼料の採食時間（分/頭/日）は補給日量（kg原物/頭）の増加とともに長くなり、1 kg増あたり3.8分増加した（第16図）。上限3 kg給与で11.5分と推定されたが、個体間の変動が大きかった。平均採食速度は、261 g原物/分、224 gDM/分であった。

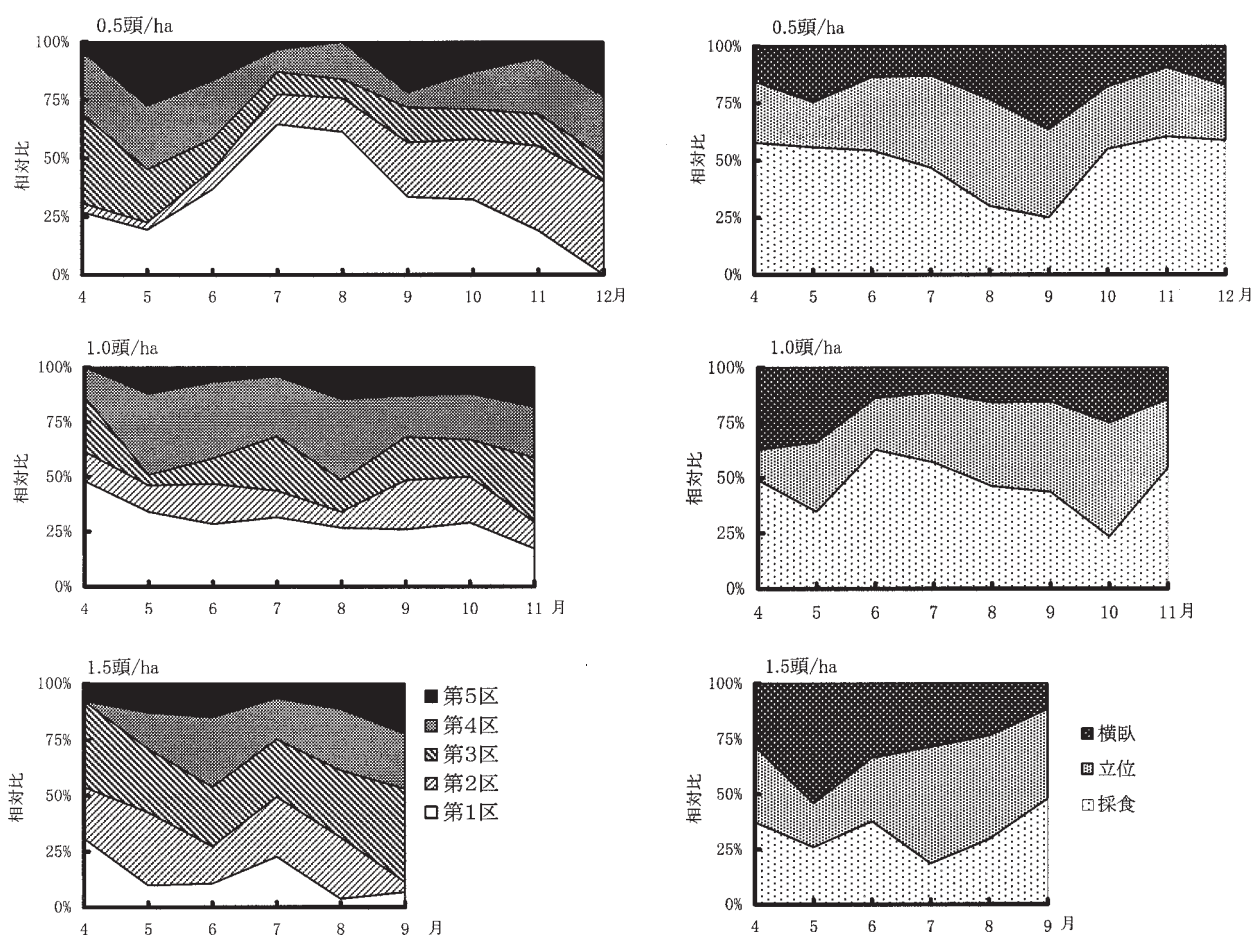
11 定時観察時の牛群行動

観察作業時間（観察者が放牧地に入場してから退場するまでの時間）の平均は11.4分で、密度別では0.5頭区が10.8分、1.0頭区が11.5分、1.5頭区が12.2分であった。

放牧期間中毎日14~15時の定時観察（見回り）におけるウシの放牧地内滞在牧区と行動形の月別相対比を第17図に示す。雌牛の全牧区に対する各牧区利

第18表 補給時の誘導状況 (単位; 日数)

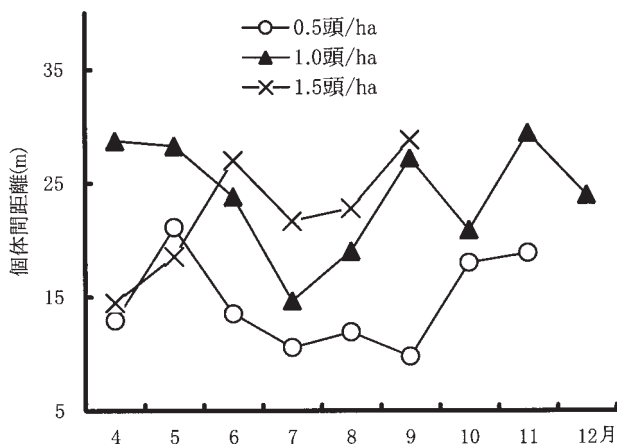
放牧密度 (頭/ha)			0.5	1.0	1.5	計
音響 (手振り鐘) 計	使用		39 (66) ¹⁾	31 (39)	54 (37)	124 (44)
	不要		20 (34)	48 (61)	92 (63)	160 (56)
	計 (補給日数)		59 (100)	79 (100)	146 (100)	284 (100)
ウシによる	自律誘導 (集結)		47 (80)	67 (85)	145 (99)	259 (91)
ヒトによる	全 頭 誘 導		9 (15)	5 (6)	0 (0)	14 (5)
	特定個体誘導		3 (5)	7 (9)	2 (1)	12 (4)
	計 (補給日数)		59 (100)	79 (100)	146 (100)	284 (100)
子牛同伴	有	り	41 (73)	68 (93)	77 (66)	186 (76)
	一 部	無 し	4 (7)	3 (4)	1 (1)	8 (3)
	無	し	11 (20)	2 (3)	39 (33)	52 (21)
計 (補給時子牛在牧日数)			56 (100)	73 (100)	117 (100)	246 (100)

¹⁾ 合計に対する割合 (%)

第17図 雌牛の牧区内位置と行動形 (毎日14~15時見回り調査) の月別相対比の推移

用率 (%) は、平均で第1, 3, 4区が23, 第2区が19, 第5区が12であった。0.5頭区での7~8月の第1区の高い利用は、第1区内の牧柵沿いの庇陰木での休息のためであった。各密度とも放牧末期は、

林区の第5区の利用が増える傾向にあり、樹葉採食が増加する傾向を観察した。各密度とも7~8月は横臥形が少なく、放牧末期は食草形が増加する傾向を示した。



第18図 放牧密度別の雌牛の平均個体間距離
(毎日14～15時調査)の放牧月別推移

2個体の全組み合わせによる雌牛の平均個体間距離の月別推移では、0.5頭区が1.0頭区、1.5頭区よりも短かった。また各密度とも7～8月が他の月よりも短かった(第18図)。

Ⅳ 考 察

1 供試密度別の放牧期別養分摂取量と栄養期別過不足量の指針

放牧牛の養分摂取量は、主に密度、放牧期(月、季節)、ウシの栄養期の三つで決定されるので、密度ごとに放牧期、栄養期別の養分摂取量の過不足をクロス表で示せば、退牧や補給の判断の基準となる。そこで密度ごとに放牧期別の推定養分摂取量を示し、ウシの栄養期別の養分要求量との差から、その過不足量の指針を提示することが本研究の目的の一つである。

シバ草地放牧の指針作成のための試験は年ごとに密度を変えて実施したため、平年値との差が大きい気象の影響を3つの放牧期に認めたので、過去の知見^{6,38)}とデータ構造(第8図)に基づく補正を行った。こうした補正・推定値を含むTDN摂取量にさらに上限値を設定後、CP、Ca、Pの各摂取量を計算し、各密度の放牧期・ウシ栄養期別の養分過不足量を提示した(第7～9表)。

この養分摂取量は、主に日本飼養標準(肉用牛)³³⁾の養分要求量及び体重増減値に相当するTDN摂取量に基づき算出されている(第3表)。養分要求量は標準値、体重増減値は消化管内容物増減量の影響の

可能性を含む厳密には見かけ値であり、補正・推定による真の値との誤差も含めて、第7～9表の摂取量や過不足量はおよその目安値として受け止めたい。

第7～9表のうち、0.5頭区の4～5月と6～7月、1.0頭区の4～5月では、TDN摂取量(/頭/日)の上限値7.1kgとし、この時期のCP、Ca、P各養分摂取量もこの数値に基づいて計算した。一般に放牧牛の乾物摂取量は概ね1.5～3.5%であり³³⁾、成熟時体重に近づくにつれてその割合は減少傾向を示すといわれているが、シバ草地での雌牛の上限採食量は不明であり、今後の解明が必要である。ここでは8.0kgを授乳する体重500kgの黒毛和種雌牛のTDN要求量7.1kg(乾物換算体重比で2.6～2.9%)を上限摂取量とした。

第7～9表によるとどの時期のどの栄養期のウシ(500kg標準体重)が養分過不足を示しているかをおよそ定量的に知ることができる。また4～9月及び4～11月の放牧期間を通しての平均過不足量も把握できる。

基本的には、放牧経過に伴い養分摂取量が低下し不足量が多くなるので、どの時期から補給や退牧を行うかの判断が必要であり、第7～9表から利用者各自が判断することになる。

第7～9表は、第4表から年平均気温15℃前後、同降水量1,700mm前後(1,439～2,248mm)での計測値に基づくので、この気候区に概略該当する中国四国地方におけるシバ草地放牧の過不足量の指針として活用できると考えるが、この地方での実用過程で訂正を要するのが妥当な場合や他の地方では、TDN不足や退牧の目安となる汎用指標として放牧圧を表す放牧時のシバ草高が有効である。

第13図から、TDN不足を起こすシバ草高は、維持牛で4.4cm以下、妊娠末期牛で5.1cm以下、授乳牛で6.0cm以下である。また第5表の補給量と第12図の草高との関連から、1.5頭区が放牧期間を通して補給量が多く、草高が5cm以下であったのに対し、0.5頭区、1.0頭区が9月まで5cm以上で補給量が少なかったので、およそ5cmが入牧時体重より体重が低下するTDN不足の目安として確認される。退牧の目安は、その時のTDN充足率を70%とすると、維持期3.4cm、妊娠末期3.9cm、授乳期4.5cmとなるので、およそ維持牛3cm、妊娠末期牛4cm、授乳牛5cmと推定する。

第3図, 第7～9表によると, ①放牧経過に伴い, 雌牛の養分摂取量 (/頭/日) は低下, 体重は減少し, 高密度ほど顕著である, ②雌牛の TDN, P 摂取量は CP, Ca 摂取量よりも不足する, 傾向を認めた.

①の雌牛の放牧後期における体重減少は, 8月以降の生産草量の低下(第15表), 低 TDN や高 OCW, 高 Ob 等の草質低下(第14表)や排ふん尿汚染による不食過繁草地増加によって可食草が減少するなどの草の条件が主に関係する. そのために放牧経過に伴い, TDN 摂取量低下に基づく牧養力 (CD/ha) の低下(第10表), 補給量の増加(第5表), 最大潜在 TDN 摂取量や収容可能な上限密度の低下を認めた(第12表).

②は, 6節で考察するようにシバの TDN や P の各平均含量が, CP, Ca のそれに比べ維持期の雌牛の必要含量を満たしていない点とその主因と考えられる²⁷⁾. 特に雌牛の P 摂取不足は, シバの平均 P 含量が 0.16%DM (第13表) と, 維持の雌牛 (体重 500 kg) に必要な飼料中の P 含量 0.25%DM³³⁾ よりも低いことにその理由が求められる. その背景として, 供試草地在褐色火山性土からなり, 有効態リン酸が 5 mg/100 g と低い点や, 土壌 pH も 5.0 と低いためにシバの P 吸収阻害も考えられる. 一般的に野草地放牧は P 欠乏が生じ, その補給が指摘されている^{8,19,27)}.

補給量増加により, 放牧草の食草量や食草時間は低下するといわれている^{1,25,28,33)}. シバ草地における低下の程度が計数的に不明で補正はできないが, 第7～9表の養分摂取量は 3 kg 以内給与でも, 程度は不明だがその関与が推察され, 補給量が増加した放牧後期は, 仮に無補給にした時のシバ草地の推定摂取量とくらべるとやや過小評価の可能性はある.

2 供試密度別のシバ草地のみで飼養可能なウシ栄養期判定と補給飼料の特性

シバは一般に雌牛の維持量程度の養分供給量とされているが^{11,18,26,45)}, シバの養分含量が維持量程度でもウシの摂取量は多く, 維持量以上の養分供給が可能なが明らかとなった.

第11表によると, 0.5～1.5頭/haにおいて, 養分含量別では TDN が妊娠末期水準, CP と Ca が授乳期水準, P が維持期水準, 密度別では TDN を基準に 0.5～1.0頭/haが授乳期水準, 1.0～1.5頭/haが妊

娠末期水準のウシが飼養可能と判定した. 総合飼養判定では, TDN を基準に, シバ草地はおおよそ妊娠末期水準 (4.9kgTDN/頭/日) の養分供給を有すると結論できる. この TDN に対する雌牛の飼養判定は, 子牛の生時体重や発育などの繁殖生産に支障を来さない下限の TDN 充足率 60～70%^{31,41,42)} を上回る 80～100%で行っており, 無補給時体重が BW₀ よりも放牧末期でおおよそ 10% (50kg) の低下を許容する科学的条件や飼養実態に沿った条件で判定している.

シバと補給飼料の合計養分摂取量に対する補給飼料の養分摂取平均割合 (%) は, CP が 5, Ca が 0 と低い一方, TDN と P が 10 と高く, 結果で示したように補給飼料は全飼料の TDN と P の含量向上に寄与した(第11表). これは 6節で述べるように, シバが雌牛の養分要求量をまかなえる CP と Ca の成分含量を有することを示す一方, シバ草地放牧で補給する場合は, TDN と P の含量が高い飼料構成で行うのが適当であることを示している.

供試補給飼料の養分含量は, TDN と P 含量の高いシバ草地の補給飼料としての機能を有しており, 補給量も「材料と方法」の 4 節に述べたように 2.2kg TDN/頭/日の上限値は妥当と考えるので, 第11表は密度別の補給飼料の成分値や補給量の指針値としての活用が可能と考える.

第7～9表と第11表の指針は, まず第11表を放牧前の栄養管理計画の参考にして, 各密度のシバ草地で飼養可能なウシや補給の条件などを総合的に検討し, その後第7～9表で放牧期別の飼養可能な栄養期の検討や, 放牧中に放牧期別のモニタリングに利用するという関係が妥当である.

3 雌牛と子牛の血清生化学成分

血清中 NEFA は貯蔵脂肪の動員によるエネルギー不足を補償する生体反応に関連し, その増加は短期的なエネルギー不足などの指標である⁴⁷⁾. そのため雌牛の CV が 48% と大きかった (第6表). 雌牛の分娩後に上昇を認めたが, TDN 摂取量が不足傾向の放牧後期の上昇がみられず, シバ草地の食草のみでなく補給飼料摂取の影響 (第11表から補給の摂取割合は平均 10%) が反映した結果と推察される (第5図).

血清中 BUN は, 短期間の蛋白質の過剰摂取や, 糖, 炭水化物といったエネルギー給与不足で増加し,

第一胃内発酵状態を示す⁴⁷⁾。そのため雌牛の ALB の CV 7%に比べ28%と大きかった(第6表)。授乳期の長い前期分娩牛(平均7.5mg/dL)よりも維持・妊娠期の長い後期牛(同8.8mg/dL)が高い傾向(第5図)は後者の蛋白質摂取量が要求量に比べ多いことが推察される。また補給の多い高密度ほど増加する傾向(第5図)は、補給飼料による CP の増加(第11表から補給の摂取割合は0.5頭区4%, 1.0, 1.5頭区が7~9%)と草地からのエネルギー摂取不足が推察される。雌牛、子牛とも BUN はその正常値14(6~27)mg/dL⁴⁴⁾よりも低かった。

一方、血清中 ALB は長期的な蛋白質不足を反映して減少する⁴⁷⁾。雌牛は密度、補給、ウシの分娩期の影響を受けなかったが、6~8月に BUN とともに低い傾向にあり(第5図)、この間の低 CP 含量(第13表)や暑熱による摂取量不足が推察される。ALB の正常値は3.1~3.4 g/dL といわれ⁴⁴⁾、本成績(第6表)の ALB とほぼ一致し、補給の摂取割合が平均5%と比較的小さいことから、シバ草地のみからの CP 摂取量がすべての栄養期のウシの要求量を充足する判定の裏付けとなる(第11表)。

血清中 Ca は強い液性調節によって恒常性が維持され⁴⁷⁾、正常値が10.4(9~12)mg/dL⁴⁴⁾であり、雌牛、子牛とも本成績(第6表)とほぼ一致した。Ca は補給の摂取割合は0~1%とわずかで(第11表)、シバ草地放牧のみに由来する血清中 Ca 値とみてよい。

血清中 iP は摂取量に応じて変化するといわれ⁴⁷⁾、正常値は7.0(3.0~8.0)mg/dL である⁴⁴⁾。補給割合が平均10%(第11表)の条件下でも雌牛の血清中 iP は4.7(3.0~8.1)mg/dL であり(第6表)、P 欠乏の指標である4.5mg/dL³³⁾を下回る場合がある。正常値と比較してもシバの低 P 含量による低 P 摂取量を反映している(第11表)。

子牛の血清生化学成分は、親雌牛にくらべ、平均で NEFA と V.A が有意に低く、iP が有意に高かった(第6表)。子牛の V.A が雌牛より低いのは、 β カロテン(プロ V.A)を含むシバなどの食草量が少なく、母乳からの V.A 供給に依存した結果と推察される。また子牛の iP が雌牛よりも高いのは子牛のホメオスタシスにその根拠が求められている¹⁷⁾。だが維持雌牛(体重500kg)の P 要求量は0.16 g/BW^{0.75}

に対し、6か月齢までの子牛の母乳からの平均 P 供給量は0.24 g/BW^{0.75}と高く推定されるので、子牛の母乳依存による食餌的影響も iP の高くなる原因と推察する。

4 雌牛への補給不要の栄養管理

補給を条件付けた音響誘導の効果について、円通ら³⁾は、輪換放牧下で、草の質や量の低下とともに牛群の誘導時間が短縮することを報告している。本研究の連続放牧下では、草の質や量が低下する放牧後期は、補給時刻には補給場付近に集結し、音響で集結させる必要がなく、誘導は不要であった。渡辺ら⁴⁶⁾も、草量不足になる盛夏期から放牧終期にかけて給飼場に集合して補給を待つ行動を観察している。

このように補給場への事前集結のほか、補給量が呼び餌程度の0.1kgでも誘導可能であり、誘導時に親雌牛に子牛が同伴するなどの点は、補給による捕獲や行動制御の省力性に寄与する。

この行動制御の省力性に密度(放牧頭数)による違いが認められ、高密度ほど音響誘導不要及びウシによる自律誘導(集結)の割合が高く、誘導補助率が低かった(第17, 18表)。密度別の供試牛群は当センター産の閉鎖群で、放牧前2か月の同居の前歴を含み相互認識(顔見知り)関係にあり、サブグループを形成せずに、互いに視認できる個体間距離(第18図)で一群としての行動を観察している。高密度ほど補給量が多かったことが最大の原因であろうが、このような2~6頭程度の閉鎖群において、2頭では個体間距離が短く(第18図)、個体間の親密性が高く、群自体の自律行動が比較的強いのにに対し、頭数増加につれ、群内個体相互の他律行動が増え、行動制御に対し同調した群行動が多くなることも原因の一つと推察される。

さらに省力性や経済性の観点から補給の日数や日量を減らすには、密度を下げるのが最も有効である。第17表から、放牧日数に対する補給日数の割合は、1.5頭区で88%(146/166)、1.0頭区で35%(79/227)、0.5頭区で24%(59/242)と低密度ほど低下し、補給量も第5表、第11表から自明なので、低密度は放牧期間の延長と合わせて、補給面での省力的放牧管理が可能である。一方、低密度は放牧強度が低下し、0.5頭区では摂取利用率が30~34%と推定され(第

16表), 不食植物が侵入や繁茂が多くなりやすいので, 刈り払いなどの対策を考慮する必要がある。

これまでの研究は行動制御解明のために補給を行うことを主たる目的としたが, 本来の放牧牛の補給は, 草地からの養分摂取量のみでは不足する養分量を補填することが主目的である。この場合の養分とは, エネルギー (TDN) を基準とするのが一般的であり, その指標となる体重の低下をみて補給の適否を判断するのが適当である。

雌牛の体重 (指数) の低下は, 分娩時を除き, ①入牧初期, ②7~8月の夏季, ③放牧後期, に観察されている (第3図)。①は, 放牧への個体の馴れの程度が関係し, 放牧未経験牛で体重低下の程度が大きいといわれている^{30,46)}。②は暑熱による環境の条件で, この時期の気温の上昇による呼吸数増加, いわゆる馬立場の集合による食草時間の低下, アブの発生等が観察されている⁴⁶⁾。個体の集結も特徴的であり, 本研究でもこの時期の14~15時に測定した短い個体間距離 (第18図) が確認されている。③は前述のように草量や草質の低下などによる主に草地の条件である。

①や②の体重低下の程度は③にくらべ小さく, 一過性でいずれ回復するので補給の必要性は低いと考える。③の放牧後期は補給の意義はあるが, 補給量の漸増過程にもかかわらず養分摂取量不足で体重が減少する過程でもある。定時観察時にウシの食草行動の増加 (第17図), 特に樹葉採食の増加を確認したように, 放牧後期は草生の衰えを示す食草時間や食草移動距離の増加, 反すう時間/食草時間比の低下が知られている^{34,36)}。養分量の不足により, 草を求めている脱柵や放牧事故などの危険性もあるので, 補給量が増加する前に退牧する方が妥当と考える。

放牧牛の栄養管理を的確に行うには, 体重を定期に測定し, 養分, 特にエネルギーの摂取量を把握するとともに, 体重減少時にはそれに見合う補給を行うのが理想である。だが体重計の利用は施設経費, 計測などの労力面から, また体重推定尺の利用は誤差や労力面からほとんど行われていない。また体重増減量に反映する BCS は, 視覚, 触覚に基づく故に分娩前後の体重減が大きい時にその変動が大きい, 体重増減が小さい時はそれに連動する BCS を得るのは難があり (第3図), 正確な補給量を決定す

る指標として使いにくい。

放牧牛への補給は基本的に精密な栄養管理を可能とするが, 近年の農家の高齢化に伴い, 補給作業による多労化や補給飼料経費の負担は, できるだけ避けるべきであり, ウシの生理, 栄養状態をある程度維持しながら, 放牧という低コストで省力性を活かす飼養管理技術の確立が必要である。また補給により, 放牧食草の低下という栄養摂取特性, 不食地率の増加, 草地の全面利用の阻害も考慮すべきである^{1,15,25,28)}。

さらに雌牛のシバ草地放牧で CP や Ca に比べ低栄養となりやすい TDN は, その要求量の60 (授乳期)~70 (妊娠末期) %の摂取量でも体蓄積養分を動員して, 子牛の生時体重や発育にほとんど影響を及ぼさないといわれている³¹⁾。そのような低栄養水準の飼養期間も, 2産連続の妊娠期間飼養では分娩及び分娩後の繁殖機能に悪影響をもたらし, 1年1産の連産維持が困難となるが⁴²⁾, 7.5か月間の経産牛の妊娠期間低栄養飼養では悪影響を認めない⁴¹⁾とする報告がある。

TDN と同じく低栄養になりやすい P も, 血清中 iP (mg/dL) が雌牛の4.7 (3.0~8.0) に対し子牛の8.1 (5.5~9.9) と有意に高く (第6表), 正常値であることを考慮すると, 今後の詳細な検討を要するが, 放牧時の補給の必要性が低い可能性がある。

第7~9表に基づく判断として, 放牧後期の低栄養の雌牛への補給よりも, 退牧させた後に, 不足しやすい TDN や P といった栄養素を補給する選択も, 繁殖雌牛の連産性や生涯生産性の向上に効果があると考ええる。

本節では雌牛への補給が不要な放牧期間 (入牧日は4月中旬) を, ①養分のうち TDN を判断基準, ②放牧期間中の雌牛の平均 TDN 過不足量が正 (第7~9表), ③放牧末期の TDN 充足率がおよそ50%以上 (第7~9表), ④無補給換算体重指数が-90~115% (第3図), ⑤子牛の発育性 (第4図), の五つの条件下で判定する。ここで③の TDN 充足率50%以上は, 繁殖に悪影響を及ぼさない許容限界60~70%³¹⁾より低い, 2か月以内の比較的短期間であるのと, 放牧末期の上限補給量に伴う摂取量の過小評価を考慮して設定した。

五つの条件を踏まえ, 0.5頭区は, 維持・妊娠末期

牛が11月まで、授乳牛が10月まで、1.0頭区は、維持牛が11月まで、妊娠末期牛が10月まで、授乳牛が9月まで、1.5頭区は、維持牛が9月まで、妊娠末期牛が8月まで、授乳牛が6月まで補給なしで放牧可能と判定する。

但し、退牧後にエネルギー（TDN）価とP含量の高い飼料補給が望ましい。また放牧後期には、雌牛の授乳能力によっては子牛のDG低下の可能性もある。

5 密度・放牧期別 TDN 摂取量に基づく適正密度

10 aあたりのTDN摂取量(kg/日)が最大となる密度は放牧期によって異なり1.0~2.0頭/haであった(第10図)。放牧期間を通して連続放牧した時は1.5頭/haで最大DM・TDN摂取量(kg/10 a)に達したので(第11図)、これを超える密度での春~秋の無施肥の連続放牧は雌牛の養分摂取不足となり、過放牧になる可能性がある。

シバ草地は退行遷移としては荒蕪(こうぶ)期の直前の遷移段階であり、阿蘇のシバ草原はウシ1頭あたり0.6~0.7haの密度(1.4~1.7頭/ha)で草の生産量と家畜の摂取量が保たれるといわれている^{6,38)}。また体重500kg換算密度1.4~4.6頭/haの条件で放牧した成雌牛と育成牛の高橋ら⁴³⁾の成績は、放牧期間中に増体したのは1.5頭/ha以下の放牧条件であることを示し、参考値ながらこの解析結果をほぼ裏付けている。

これまで中国地方における無施肥シバ草地の標準的な密度は経験的仮定として1.0頭/haといわれているが、本成績はこの仮定を科学的に支持し、草地の生産力を永続的に維持するために、また妊娠末期水準や授乳期水準のウシの飼養を可能にするために、春~秋の連続放牧の適正放牧密度(圧)は0.5~1.5頭/haが妥当である。この適正密度では、前述のように1.5頭/ha、1.0頭/haの順で授乳牛の長期間の養分充足が難しく、0.5頭/haよりも放牧を短期にする配慮が必要である(第7~9表)。また0.5頭/haは植物種の多様性が保全²⁴⁾されるものの、摂取利用率が40%以下と弱放牧(第16表)となり、不食植物の侵入、増加を許す可能性が高いので注意を要する。

密度が高まるにつれ、第9図のように1頭あたりの摂取量(または増体量)が、ある上限で一定また

は直線的に低下し、第10、11図のように単位面積あたりの摂取量(または増体量)がある密度で最大値を持つのは²⁶⁾、Hodgsonの総説⁴⁾、Mott²³⁾、Owen and Ridgman³⁷⁾によって指摘されている。

生長点がウシに食草されにくい根元にあるため、再生力が強く、強放牧に耐え、裸地化しにくい⁴⁵⁾特性があるシバ草地について、1.5頭/haを超える密度で蹄傷、踏圧、採食によるシバの再生力の低下、それに伴う摂取量の低下がどの程度生じ、裸地や草地崩壊に至る密度はどのあたりであるかは、家畜生産上実用すべき密度ではないにせよ検討すべき課題である。裸地や草地崩壊に至る密度に関して、前述の高橋の成績⁴³⁾によると、維持期雌牛の密度3.0~4.6頭/ha(摂取利用率56~88%)で7年間放牧(夏期休牧)してもシバ草地崩壊がないことを示している。本成績の第9図及び第12表によると、TDN摂取量(kg/頭/日)が0となる授乳牛を含む密度は2.2~3.8頭/haと推定され、草地を悪化させる可能性がある密度範囲と推察される。

第9図は雌牛の密度・放牧期別TDN摂取量(kg/頭/日)を示すが、放牧期ごとに密度を変える場合、図中の500kgの雌牛の栄養期別TDN摂取量水準(維持期4.2kg、妊娠末期5.1kg、授乳期6.1kg)から、TDNが不足しない正の増体量となる密度を知ることができる。たとえば、授乳期は、密度(頭/ha)が4~5月1.8以下、6~7月1.0以下であれば正の増体重で放牧可能となり、8月以降は摂取量が不足すると判定できる。

6 気象、シバの飼料成分と草量及び放牧強度と牧養力

シバの飼料成分と草量の調査は、'02年(0.5頭区)に行っている。この年は、調査地域の平年値(年平均気温14.9℃、同降水量1,747mm)にくらべ、気温は15.6℃と平年並みであったが、干ばつで年降水量が1,439mmであった(第4表)。この気象は、「日本の気候表」(気象庁、2001年)によると、年平均気温15℃、同降水量1,000~1,600mmの瀬戸内気候区に該当する。緒言に述べたようにシバの特性は、改良草地にくらべ乾燥に強く⁴⁵⁾、また飼料成分は年次間変動⁴¹⁾が小さいといわれているが、シバの草量は6月に少雨干ばつで少ないものの(第15表)、およそ瀬戸内気候

区の条件での参考値としたい。

仁島ら²⁷⁾は、在来シバの飼料成分(%DM)を、500 kg体重の維持期の雌牛に必要な飼料中成分(%DM)と比較して、CPは7.7~9.1(必要基準値7.6)と十分満たすが、Caは0.19~0.28(同0.24)とやや不足し、Pは0.10~0.12(同0.25)と著しく不足すると報告している。日本標準飼料成分表³²⁾でもシバのPは0.10%DMと低い。本成績のシバの飼料成分(%DM)は平均でCPが9.1(採食成分10.2)、Caが0.29(同0.31)、Pが0.16(同0.16)であり(第13, 14表)、同様の傾向であったが、Caは維持期の雌牛の必要量を十分満たしている。

シバの成分含量は、生育期間を通して安定し季節的な変動が少ないと報告されている^{11, 26, 45)}。他の草種との比較において妥当と考えるが、第13, 14表から、4~5月の放牧初期にOCW, Ob各含量が低く、TDN含量が高く、放牧経過に伴いOCW, Ob各含量が漸増する一方、TDN含量が漸減して質的な低下を認めている。一方、飼料成分のうちCP含量が夏に低いのは¹³⁾、本成績と一致している。

シバの季節生産性は、干ばつや多雨によって8月に低下したために5月に最も高い成績³⁵⁾があるが、一般に生長が最大になるのは、生殖生長が終わった後の夏の栄養生長期といわれている⁶⁾。すなわち、シバの生産量は高知県の調査¹⁵⁾では夏季に最大となり^{26, 45)}、7~8月をピークに入牧頭数を設定するのが、草地の利用上有利としている^{15, 45)}。他の施肥条件下のシバ草地の成績でも地下部を含む全乾物重や乾物増加速度が7, 8月の夏季に最大となり、生長が旺盛なことを示している²¹⁾。

第15表のシバの各月現在の無刈り草量は8月がピークであり、生産量は5月と7月に高かったものの、6~9月の主に少雨干ばつの影響でピーク値の所在が不明確であった。供試シバ草地のこれまでの月別生産量調査では、5月のシバ及び他の野草の生産量が他の月に比べ最も高く¹⁸⁾、'96~'98年の未発表データでも確認されている。他の野草種とは、4月中旬~5月中旬に出現するコメツブツメクサ⁴⁰⁾や夏秋にくらべ消化率が高いスケ類¹³⁾などである。また4~5月の放牧初期は、ふん尿による不食草だが、冬期間の休牧により生育旺盛な採食草地となる時期と推察される。

従って、ウシのTDN摂取量(第9, 10図)やシバ草地の牧養力(第10表)が夏季よりも4~5月(4月中旬~5月)に高く推定されたのは、この時期の高栄養価のシバや野草の高生産に伴う摂取量の増加によるものと推察される。さらにこの時期の高摂取量に対する家畜側の条件として、放牧前歴のある4歳以上の経産牛(第1表)であるため、放牧未経験牛でみられるような入牧後の摂取量低下がなかった点も考えられる。

一方、夏季の生産量は仮に高いにせよ、この時期の草質(DM量よりもTDN量)や嗜好性の低下及び暑熱といった環境因子などが養分(TDN)摂取量を低下させたと推察される。

生産量(kg/10a)に対する摂取量の割合(第16表)を示す摂取利用率は、放牧期間4~11月の場合、1.5頭/haで最大64%と推定された。DMとTDN換算で同じ利用率なのは、生産量、摂取量とも第13, 14表のTDN(%DM)でTDN量とDM量を相互換算しているからである。ここで用いた生産量は、ふん尿による不食草を含まない可食生産量なので、このような不食草を含む摂取利用率はこの値よりも低くなる。

高橋ら⁴³⁾は500kg体重換算密度1.5~2.0頭/ha、2.3~3.0頭/ha、3.0~4.6頭/haの生産量(kg/10a)はそれぞれ331, 317, 363、摂取量(kg/10a)はそれぞれ109~249, 182~284, 203~301と報告している。これらの数値から平均摂取利用率(%)を求めると、1.5~2.0頭/haが51(30~64)、2.3~3.0頭/haが68(51~81)、3.0~4.6頭/haが71(55~88)となる。第16表の結果とくらべ、高い密度でやや高い最大利用率に達し、1.5~2.0頭/haでは低い傾向にある。供試草地の面積、地勢(傾斜など)の条件の違いや、供試牛が高橋らの成績が維持牛であるのに対し、本成績は授乳期牛も含むことが、1.5頭/haの密度で本成績の利用率が高くなった原因と考える。

放牧強度は、牧草地の輪換放牧で入牧前草量の60~70%の利用が好適とされているが³³⁾、シバ草地の定置放牧でも適用できるか不明である。個体の摂取量の充足率のほか、不食植物の侵入・増加の抑制によるシバ植生の維持、希少種や種の多様性の保全などの点を踏まえ、それぞれ目的に応じた好適な摂取利用率となる密度と放牧期間を決定する必要がある。

本成績の上限 TDN 摂取量 (kg/10 a) から算定したシバ草地の潜在的 (最大の) 牧養力 (CD/ha) は、1.5頭/haでの4~11月放牧で283であり、後述する施肥条件下の成績^{15,35,45)}より低く、主に中国四国地方の無施肥の連続放牧条件下で適用可能な値と考える。すなわち、この牧養力は島根県の隠岐・峰の床草地の262~385、高知県宮地牧場の200~450の範囲に入るからである^{5,26)}。日本飼養標準 (肉用牛)³³⁾によると、連続 (定置) 放牧の野草地は50~300 CD/ha程度としているが、シバ草地はほぼ上限値に近い潜在牧養力をもつと判定される。だが、1.5頭/haの4~11月放牧は放牧後期に補給なしでは難しく、実用レベルの最大の牧養力は、第10表に示すように1.0頭/haでの4~11月放牧と1.5頭/haでの4~9月放牧で達成される240~273とやや低めとなる。

一般にシバ草地の牧養力 (CD/ha) は、各地で推定され100以下から600以上と変異が大きい^{5,6,26,45)}。主に地域の気象などの自然条件、施肥管理、放牧期間の違いに起因するが、放牧法や牧草混生などの栽培条件の違いもある^{5,26)}。

この中で四国地方のシバ草地の調査成績の牧養力は高く、高知畜試の調査^{15,45)}では、窒素-リン酸-カリウムを各3.2kg/10 a 施肥し、無補給条件下で600 CD/haで、同生産性は780kgDM/10 a と高く、その理由を施肥管理の他、高知県の4~9月の各月雨量が250~400mmと多い点に求めている。

また旧四国農試の調査³⁵⁾では、年間平均14.6℃、1127mmの気象条件で、窒素-リン酸-カリウムを年間14.0~3.1~13.6kg/10 a 施肥し、無補給で月1回輪換放牧した結果、1,015 CD/ha、681kgDM/10 a と高い生産力を得ている。施肥は無施肥に比べ2~3倍に生産が増加するといわれ^{6,14,22)}、これらの成績は施肥が生産力向上の主因であることを示している。

このように施肥は高生産をもたらすが、シバから他の植生に遷移する特性があり^{14,22,26)}、シバ草地は貧栄養的土壌条件で安定的に維持される低投入型放牧地²²⁾と位置づけた利活用が今後の方向と考える。

7 雌牛の繁殖管理

放牧期間中のどの放牧期 (季節) にどの栄養ステージあるいは繁殖ステージのウシを放牧するかは、省力、効率的子牛生産に関わる家畜側の条件である。

分娩が放牧前期と後期のウシとに大別すると、まず前期牛は、草地の養分供給量の最も高い4~5月と養分要求量の高い最高泌乳期とを同期化でき、子牛の滞牧日数が増える利点があるが、分娩間隔を短縮するのであれば、放牧地で発情を確認、捕獲して人工授精を行う作業 (繁殖作業) が必要となる。一方、後期牛は放牧期間中の維持・妊娠期が長く、その養分充足率も高いが、子牛のほ乳や育成を放牧雌牛に任せることができず、繁殖作業や子牛のほ乳・育成を冬の舎飼いに依存することになる。

現状では妊娠牛を放牧し、放牧地での多労な繁殖作業を避ける傾向にあるが、その繁殖成績も放牧時で低く報告されている。すなわち放牧時の朝夕2回各30分程度の行動観察例によると発情牛発見率は78%で、放し飼い牛舎の93%に比べ低く^{29,30)}、分娩後の発情再起は、春・夏分娩牛が秋・冬分娩牛より遅く、受胎率も低いといわれている³⁰⁾。従って夏山冬里飼養方式では、野草地放牧を妊娠牛に限定し、冬の舎飼い期に分娩と授精を集中させる季節繁殖が推奨されている³⁰⁾。

この技術体系は、さらに放牧時の分娩事故の回避や、近年の飼養農家の高齢化に伴う放牧時の繁殖作業の省力化推進の観点から支持できるものである。冬の季節繁殖により、さらに春先から妊娠期の雌牛を子付きで授乳させる放牧技術の確立は、放牧地での繁殖作業をなくし、シバ草地の有効利用、省力的な子牛生産、放牧地での補給・繁殖作業の軽減化の観点から、当面推進すべき課題と考える。

これまで放牧地での繁殖作業の技術として、発情発見に去勢雄牛の利用、発情の同期化、まき牛繁殖が検討されている³¹⁾。この中で省力的なまき牛繁殖は将来さらに普及すべき技術であるが、優良種雄牛の確保が課題となる。今後、クローン技術により優良種雄牛を多数作出できれば、まき牛繁殖の普及にも役立つと思われる。

子牛の別飼い (クリープフィーディング) の必要性は、放牧による子牛の発育の遅れから検討され^{31,46)}、放牧ほ乳子牛の日増体重0.40~0.72kgに対し、別飼いは0.62~0.88kgと増体効果が指摘されている。供試シバ草地放牧での子牛の平均 DG は、雄牛で0.85 kg、雌牛で0.76kgと、正常値以上の傾向を示し (第4図)、栄養補給面からの別飼いの必要性は認めなか

った。

これは親雌牛の全摂取量に対するシバ草地からの TDN 摂取割合が平均90% (78~98%) (第11表) の条件下の DG 実績値であるが、前述のように TDN 充足率が60~70%の低栄養でも子牛の発育に与える影響が少ないことから³¹⁾、無補給(シバ草地のみ)でも正常値レベルの発育可能性がある。

1.5頭/haと0.7頭/haにおける同じシバ草地での放牧試験では、体重の推移から、1.5頭/haで授乳牛に補給を、子牛に別飼料飼料給与を求め、0.7/頭で子牛に別飼料飼料が少量でよいと考察している¹⁸⁾。本成績でいえば、授乳時の4~5か月間補給をほとんど必要としなかったNo.1とNo.3の雄子牛の平均DGは、それぞれ0.85kg, 0.98kgであり、少なくとも0.5~1.0頭/haの密度での放牧前期(5~6月)分娩の子牛は、4~5か月間雌牛への補給や別飼料が不要と考える。

以上の結果と考察から、近年の高齢化や過疎化に対応して、無施肥、無補給、季節繁殖による低コスト、省力、低投入性を重視したシバ草地連続放牧の栄養管理法を論考した。すなわち、①第11表を参考に0.5頭~1.5頭/haで密度を決定し、無補給で放牧して、養分不足量を第7~9表(中国四国地方)やシバ草高でモニタリングしながら、放牧後期の不足量が大きくなり補給を多く要する前に退牧させる、②当面は季節繁殖を意識し、妊娠牛のような放牧地で繁殖作業を必要としない栄養期の雌牛をその子牛とともに放牧させる、技術の普及が必要と考える。

V 摘 要

近年の中山間地域における肉用繁殖経営者の高齢化に対応し、低コスト、省力を重視したシバ草地放牧により肉用繁殖牛の栄養管理法を確立するために、退牧や補給の指針となる放牧密度(以下密度)・放牧期別の雌牛の養分摂取量を推定し、500kg標準体重のウシ栄養期別養分過不足量、密度別の飼養可能なウシ栄養期、雌牛と子牛の血液性状、及びシバ草地の生産性と牧養力、補給時のウシの行動などを明らかにした。無施肥条件下のシバ優占草地4.4haに黒毛和種肉用繁殖雌牛を'01~'03年の各年4月から放牧試験を行い、0.5(2頭)頭/haで12月16日、1.0(4頭)

頭/haで12月1日、1.5(6頭)頭/haで10月1日まで連続放牧した。雌牛は、放牧地で自然分娩させ、子付き放牧とし、毎週の体重計測値から入牧時体重よりも低下した場合、自家配合飼料の補給を行った。結果と考察は次のとおりである。(1)日本飼養標準のTDN要求量から、体重増減量に相当するTDN量と補給飼料によるTDN量で補正して、シバ草地からのTDN摂取量を求め、一部補正、上限設定後、これをもとにCP, Ca, Pの各摂取量を算出した。密度、放牧期別の養分摂取量とウシ栄養期別過不足量のクロス表を作成した。その結果、TDNとPは、CPとCaにくらべ不足量が大きかった。また放牧前中期に養分充足し放牧後期に養分不足量が多かったことから、中国四国地方における補給不要の省力的な放牧期間を検討した結果、0.5頭/haは、維持・妊娠末期牛が11月まで、授乳牛が10月まで可能と判定した。1.0頭/haは、維持牛が11月まで、妊娠末期牛が10月まで、授乳牛が9月まで可能と判定した。1.5頭/haは、維持牛が9月まで、妊娠末期牛が8月まで、授乳牛が6月まで可能と判定した。(2)他の地方でのTDN不足や退牧の汎用指標としては放牧圧を示すシバ草高(生育状態での最高平均)が有効で、およそ5cmが不足の目安であり、退牧の目安は維持牛が3cm、妊娠末期牛が4cm、授乳牛が5cmと推定した。(3)無施肥シバ草地連続放牧の適正放牧密度(圧)は、草地の維持と家畜生産性から0.5~1.5頭/haと考察し、ほぼ妊娠末期水準(TDN要求量4.9kg/日)のウシの養分供給が可能と総合判定した。他の養分では、CPとCaが授乳期水準、Pが維持期水準、密度別では0.5~1.0頭/haが授乳期水準、1.0~1.5頭/haが妊娠末期水準のウシの養分供給が可能と判定した。(4)補給飼料はTDNとP含量の高い構成が有効であった。補給時間は平均19分/日で、補給量が増加する放牧後期で、補給場付近に集結し音響誘導が不要となった。(5)雌牛の血清中アルブミンとCaの濃度は正常値であったが、同無機Pは正常値より低かった。(6)シバ草地の牧養力は、1.5頭/haの放牧期間4~11月で283CD/ha、同4~9月で257CD/haと算出した。10aあたりのTDN摂取量(kg/日)が最大になる密度は、放牧期によって異なり、1.0~2.0頭/haであった。連続放牧時の10aあたりの摂取量は、1.5頭/haで最大値に達し、放牧期間4~11

月で239kgDM, 119kgTDN, 同4～9月で215kgDM, 108kgTDNであった。(7)シバの10aあたりの生産量は、放牧期間4～11月で372kgDM, 185kgTDNと推定され、摂取利用率(摂取量/生産量×100)は最大で64%であった。(8)①0.5頭～1.5頭/haの密度で無施肥、無補給で連続放牧し、養分過不足量やシバ草高をモニタリングして、放牧後期に生じる養分不足に伴う補給量が多くなる前に退牧させる、②季節繁殖を意識し、放牧地での繁殖作業が不要な妊娠期の授乳牛を子付きで放牧させる方式、が低コスト、省力、低投入を目指した当面の栄養管理法として最も効果的であると考察した。

引用文献

- 1) Bargo, F, L. D. Muller, E. S. Kolver and J. E. Delahoy 2003. Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.*, 86: 1-42.
- 2) 中国農試畜産部資料H 6-7 1995. 三瓶の自然と農業を考える—減びゆく日本の草原—. 1-76.
- 3) 円通茂喜・安藤文桜・両角清一 1980. 時間制限放牧における育成牛群の行動制御 III. 条件音による牛群の誘導とその効率化. *草地研報* 16: 128-142.
- 4) Hodgson, J. 1990. *Grazing managements: science into practice*. Longman Scientific & Tecnical, England. 96.
- 5) 井村 毅 1998. シバ草地の利用と家畜の生産性. 草地試験場平成10-2 資料 シバ (*Zoysia japonica*) の活用と今後の研究方向. 平成10年度草地飼料作関係問題別研究会. 41-49.
- 6) 石田良作 1990. 我が国におけるシバ及びシバ型草地研究の成果と展望. *日本草地学会誌*. 36 (2): 210-217.
- 7) 自給飼料品質評価研究会編 2001. 改訂 粗飼料の品質評価ガイドブック. 日本草地畜産種子協会. 1-196.
- 8) 近畿中国農業試験研究推進会議事務局編 1995. 複雑急傾斜地における黒毛和種繁殖牛の牛群制御技術の開発 in 平成5年度近畿中国地域「地域重要新技術」成果報告, 59-90.
- 9) 近畿中国四国農業研究センター編 2003. 中国中山間地域を活かす里地の放牧利用—遊休農林地活用型肉用牛営農システムの手引き—. 1-75.
- 10) 北原徳久 1987. シバ草地の造成および放牧利用. 畜産の研究. 41 (11): 1276-1280.
- 11) 小迫孝実・西村宏一・林 義朗 1996. シバの各種繊維分画含量および推定栄養価の季節変動. 畜産研究成果情報. 10: 69-70.
- 12) Kosako, T, S. Ogura, Y. Hayashi and H. Dohi 1999. Utilization of native foliage by beef cattle in *Zoysia*-type grassland. *Proceedings of the International Workshop on Conservation and Utilization of Land Resources in Less Favored Areas with Special Emphasis on the Roles of Livestock and Technology*. 108-113.
- 13) 小迫孝実・小倉振一郎・林 義朗・土肥宏志・早坂貴代史・西口靖彦・安藤 貞 2002. シバ型草地放牧の季節別の採食草種, 飼料成分および *in vitro* 消化率. 近中四農業研究成果情報. 551-552.
- 14) 今堂国雄・丸岡 詮 1982. シバ草地の生産性. *九州農業研究*. 44: 171-172.
- 15) 光富 伸 1981. 野シバ草地の牧養力と利用技術. 第8回放牧研究会話題提供資料. 1-30.
- 16) 小山信明・谷本保幸・千田雅之 2004. 中国中山間地における耕作放棄地の放牧利用. *近中四農研研報*. 3: 47-55.
- 17) Kumagai, H., N. Ishida, R. Kawashima, K. Otsuki, M. Kawano, H. Hosoyamada, R. Inoue and Y. Kishida 1990. A study on the mineral status of prepartum and postpartum breeding beef cows and newborn calves. I. Phosphorus, calcium and magnesium 36 (4): 434-443.
- 18) 萬田富治・島田和宏・竹之内直樹・大島一修・林 義朗・中西直人・高橋佳孝・小迫孝実・大谷一郎・圓通茂喜・小路 敦・山本直之・棚田光雄・千田雅之 1998. 胚移植とシバ型草地への放牧を利用した肉用牛生産技術を基幹とする

- 地域複合営農システムの確立. 中国農試研究資料. 31: 1-107.
- 19) 松井 徹・森田 毅・春本 直・余田康朗・五十嵐良造 1987. 野草地放牧牛におけるリン栄養. 日畜会報. 58 (5): 432-434.
- 20) 三成淳夫・板垣勝正・森脇稔幸・高瀬守史 1994. 複雑急傾斜地における黒毛和種繁殖牛の牛群制御技術の開発. 島根県畜試研報. 29: 11-20.
- 21) 三田村強・縣 和一・鎌田悦男 1984. シバ草地とオーチャードグラス草地の乾物生産特性. 草地試研報. 29: 104-116.
- 22) 三田村強・小川恭男・岡本恭二・手島道明・縣 和一・鎌田悦男 1985. シバ草地に関する研究Ⅳ. シバ草地の植生並びに現存量に及ぼす施肥の影響. 草地試研報. 30. 91-104.
- 23) Mott, G. O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. Proceedings of the 8th International Grassland Congress, Reading. 606-611.
- 24) Naito, K. 1999. Conservation of plant diversity in grassland under grazing management. Proceedings of the International Workshop on Conservation and Utilization of Land Resources in Less Favored Areas with Special Emphasis on the Roles of Livestock and Technology. 84-91.
- 25) 中丸輝彦・衣斐弘彦・野村幸男・大江哲雄・上田信一 1969. 放牧を中心とした肉用牛の集団飼育試験(第7報)―とくに育成雌牛の放牧における補食の効果―. 岐阜県種畜場試験報告. 12: 37-56.
- 26) 日本畜産草地協会 2000. 草地管理指標 ― 草地放牧利用編 ― 放牧牛の管理編 ― 農林水産省畜産局 ―. 5, 62-72.
- 27) 仁島 毅・鎌田隆義・高見平吉 1995. 在来シバと飼料作物との飼料成分含量の比較. 島根畜試研報. 30: 18-23.
- 28) 農林水産技術会議事務局編 1981. 山地傾斜地における草地畜産管理システムの確立に関する研究 ― 放牧家畜に関する試験研究の成果と問題点 ―. 40-65.
- 29) 農林水産技術会議事務局編 1984. 山地畜産技術マニュアル 第1編 山地畜産の基本と共通技術. 1-283.
- 30) 農林水産技術会議事務局編 1984. 山地畜産技術マニュアル 第5編 中国 中国地域の山地傾斜地を基盤とした肉用種繁殖・育成牛の飼養技術. 1-188.
- 31) 農林水産技術会議事務局編 1985. 農林水産研究文献解題No.11 肉用牛の飼養管理技術編. 1-330.
- 32) 農林水産技術会議事務局編 1995. 日本標準飼料成分表. 中央畜産会. 1-293.
- 33) 農林水産技術会議事務局編 2000. 日本飼養標準 肉用牛. 中央畜産会. 1-221.
- 34) 太田壮洋・石川 豊・阪田昭次・藤井宏志・島村真吾・小澤 忍・細井栄嗣 1997. シバ型草地における黒毛和種繁殖雌牛の行動. 山口畜試研報. 13: 29-37.
- 35) 大槻和夫・河野道治・細山田文男・谷口長則・野田 博 1984. シバ型草地の動態に関する研究 第2報 輪換放牧で利用した短草型草地の植生の変遷と牧養力. 四国農試報. 158-185.
- 36) 岡田郁子・太田壮洋・阪田昭次・島村真吾・石川 豊・細井栄嗣・小澤 忍 2000. シバ型草地における黒毛和種繁殖雌牛の行動 (第2報). 山口畜試研報. 16: 9-17.
- 37) Owen, J. B. and Ridgman, W. J. 1968. The design and interpretation of experiments to study animal production from grazed pasture. Journal of Agricultural Science. 71: 327-335.
- 38) 鳴田 饒・川鍋祐夫・佳山良正・伊藤秀三 1973. 草地の生態学 (沼田真監修). 築地書館. 東京. 78.
- 39) 島根県松江地方気象台 2001-2003 島根県の農業気象.
- 40) 斎藤誠司・高橋佳孝・井出保行・佐藤節郎 2000. コメツブツメクサが春期のシバ草地の生産性に及ぼす影響. 近中四農業研究成果情報. 419-420.
- 41) 鈴木 修・佐藤匡美 1982. 肉牛における妊娠期の低栄養飼養が分娩後の繁殖機能及び子牛の発育に及ぼす影響 I. 血中プロジェステロン濃度, 分娩及び分娩後の繁殖機能に及ぼす影響.

- 草地試研報, 23: 79-86.
- 42) 鈴木 修・佐藤匡美 1984. 肉牛における妊娠期の低栄養飼養が分娩後の繁殖機能及び子牛の発育に及ぼす影響 III. 2産連続の妊娠期低栄養飼養が血中プロジェステロン濃度, 分娩及び分娩後の繁殖機能に及ぼす影響. 草地試研報, 27: 62-69.
- 43) 高橋繁男・高橋 俊・中神弘詞・坂上清一・山本嘉人・北原徳久・奥 俊樹 2003. 関東地区：藤荷田地区におけるシバ型放牧草地の植物および家畜生産量. in 草地の動態に関する研究 (第6次中間報告). 畜産草地研平14-8 資料, 32-44.
- 44) 田中亮一 1985. 血液化学検査. 齊藤保二ら, 獣医臨床検査. 医歯薬出版株式会社, 東京, 31-51.
- 45) 上田孝道 2000. 和牛のノシバ放牧 — 在来草・牛力活用で日本的畜産. 農文協, 東京, 1-165.
- 46) 渡辺昭三・西野武蔵・宮重俊一・寺田降慶・余田康郎・小沢 忍・加藤国雄 1972. 野草地放牧における肉用母子牛群の行動管理と放牧適応に関する研究. 中国農試報告B, 19: 1-37.
- 47) 吉田康幸 1991. 臨床病理検査による栄養状態の監視. 獣医畜産新報, 44 (8): 481-484.
- 48) 全国和牛登録協会 1992. 新・和牛百科図説. 106-108.
- 49) 全国和牛登録協会 2004. 黒毛和種正常発育曲線. 1-36.

The Productivity and Nutritional Management of Breeding Japanese Black Cows According to Stocking Rates on No-fertilized *Zoysia*-dominated Grassland

Kiyoshi HAYASAKA, Yasuhiko NISHIGUCHI and Sada ANDO

Summary

In order to establish a nutritional management method of grazing Japanese Black cows on *Zoysia*-dominated grassland on the basis of low cost and labor-saving beef calf production in consideration of aging cow-calf farmers and to draw up guidelines for the cattle productivity of grassland, the nutritional intakes and grazing periods without supplements, the plant height of *Zoysia* under condition of grazing pressure according to stocking rates of 0.5 to 1.5 cows/ha, the grazing capacity, and the optimum stocking rates under fixed continuous grazing were investigated. Animals grazed 4.4-ha of *Zoysia*-dominated grassland with no fertilization at low, middle, and high stocking rates of 0.5, 1.0, and 1.5 cows/ha in each year between 2001 and 2003. When the body weights of cows were lower than that at the start of grazing, cows were fed concentrate supplement in compensation for the weight loss by using the 2000 ed. of the Japanese Feeding Standard for Beef Cattle and the concentrates were increased up to 3 kg/day on an as-fed basis. The amounts of the nutritional excess and deficiency of a 500 kg cow according to stocking rates, grazing seasons, and the cow's nutritional level were presented in tabulated forms, and nutrition shortage was greater in total digestible nutrients (TDN) and phosphorus (P) than in crude protein (CP) and calcium (Ca). From the fact that the energy (TDN) shortage was greater in late grazing periods, the grazing periods without supplements in the Chugoku and Shikoku districts were determined: cows in the nutrition stage of maintenance are able to graze from mid-April until November under 0.5 and 1.0 cows/ha, and until September under 1.5 cows/ha; cows in the nutrition stage of pregnancy are able to graze from mid-April until November under 0.5 cows/ha, until October under 1.0 cows/ha, and until August under 1.5 cows/ha; cows in the nutrition stage of lactation are able to graze until October under 0.5 cows/ha, until September under 1.0 cows/ha, and until June under 1.5 cows/ha. The plant height of *Zoysia* was effective as a general-purpose indicator of the nutrition shortage in areas except the Chugoku and Shikoku districts: heights of 5 cm serve as a guide for the end of grazing for cows in the lactation stage; heights of 4 cm as a guide for the end of grazing for cows in the pregnancy stage; heights of 3 cm as a guide for the end of grazing for cows in the maintenance stage. The optimum stocking rates under fixed continuous grazing of no-fertilized *Zoysia*-dominated grassland ranged between 0.5 and 1.5 cows/ha in terms of grassland maintenance and cattle productivity. The average TDN intake from 0.5 to 1.5 cows/ha was the equivalent of the TDN requirement of late stage of pregnancy (4.9 kg/cow/day). On a nutrient basis, the grazing enabled cows in the maintenance stage a sufficient supply of P requirements, and cows of all nutrition stages a supply of CP and Ca requirements. On a stocking rate basis, the grazing enabled cows in the maintenance or pregnancy stage a supply of the necessary requirements between 1.0 and 1.5 cow/ha, and cows of all nutrition stages a supply of the necessary requirements between 0.5 and 1.0 cow/ha. In the case of feeding supplements to cows, feeds with high TDN and P contents were considered to be effective for compensating for low TDN and P intakes from the grassland. The grazing capacity of the *Zoysia*-dominated grassland

was estimated to be 283CD/ha from mid-April to November, and 257CD/ha to September. The stocking rates under which total TDN intakes (kg/day/10a) reached the maximum ranged from 1.0-2.0cows/ha according to grazing seasons. Under fixed continuous grazing, the maximum intake from mid-April until November was 239kgDM/10a and 119kgTDN/10a at stocking rates of 1.5cows/ha. The *Zoysia* production during the same period was estimated to be 372 kgDM/10a and 185 kgTDN/10a, the maximum use rate of which was 64%. The practices of arresting the grazing before feeding supplements in the late grazing period and of grazing pregnant cows in no need of heat detection or artificial insemination together with their calves are suggested as low cost and labor-saving nutritional management techniques.