

混牧林経営に関する基礎的研究 第6報

総 括 論 議

井 上 楊 一 郎⁽¹⁾・神 長 毎 夫⁽²⁾Yôichirô INOUE and Tsuneo KAMINAGA : Studies on
Management of Forest Grazing (Report 6)
General discussion including the Report 1 to 5

要 旨：従来の混牧林は壮老齢林の下草利用の範囲にとどまっていたが、最近は更新直後の幼齢林を対象とするものが多くなったので、本研究は森林の更新法と畜種とを組み合わせ、5試験地を設定し、各試験地において放牧強度と放牧季節の2要因を取りあげ、林木の成長、植生の推移、家畜の発育などに対する反応について知ろうとした。

5試験地の試験結果については、第1～第5報によって報告済みであるが、放牧強度についての内容の吟味は行なわなかったため、本報告では一括して検討し、飼料植物の供給量と必要量との関係を放牧強度指数によってあらわし、各試験の実際の放牧圧の程度を把握し、また各試験の放牧強度が互いに比較できるようにした。この結果、放牧強度に対する林木や植生や家畜の反応は顕著にあらわれ、重度放牧はいずれにも悪影響を与えたが、ぼうが更新では嗜好性高位樹種を対象としては放牧強度による被害の調節は不可能であった。放牧季節に対する林木や植生の反応は、春～秋の全季放牧がもっとも悪影響をおよぼすが、単に季節だけ切離しては考えられず、強度と深い関係があった。

I 研 究 目 的

本研究の目的については、すでに第1報(1962)において述べたとおりである。いまこれを要約してみれば、混牧林においては林木と家畜の2つの素材を用いて、木材および畜産物を収穫しようというものであるが、これら両者の収穫量を左右するものとしては、つぎのような要因が考えられる。すなわち、林業側からは対象樹種と林齢、植付本数、植付様式、除伐枝打ち、林床植生、林地の地形などが主要なものとなり、一方畜産側からは放牧畜種と月齢、放牧強度、放牧季節、放牧方式、放牧施設などがあげられる。

ところで、わが国における混牧林経営の慣行は古いが、従来の形態は壮齢林内の下草利用の域を脱せず、したがって研究面においても単なる林地の牧養力の吟味や、放牧家畜の行動の追跡にとどまっている。しかし、最近における混牧林経営は、森林の更新と結びついた形態をとるようになり、したがって幼齢林の放牧利用技術の究明が必要になってきたが、現在までこのような分野の研究はほとんどなされていない状態である。

したがって本研究においては、前記のような収穫量を左右する諸要因についての吟味を行なおうとしたものであるが、諸外国における研究成果を整理してみれば、これら諸要因のうちとくに重要なものとして、放牧強度および放牧季節の2要因をあげることができた。そこで、本研究においてもこれら2要因に焦点を合わせ、放牧家畜の行動を解析し、林木の成長、植生の推移、畜産物の取得についての基礎的な資

1973年3月27日受理

(1) 経 営 部 (2) 東 北 支 場

料を集めようとしたものである。なお、放牧家畜の行動記録および休牧後の林木調査には、東北支場経営第 3 研究室および経営部営農林牧野研究室の各位が協力した。

II 研究設計と実行経過

1. 研究の組立

本研究の組立素材としては、森林の更新法、家畜の種類、放牧圧の程度、放牧季節の 4 種類をとりあげた。すなわち、森林の更新法については針葉樹の新植と広葉樹のぼうが更新の 2 種類とし、家畜としては肉用牛と綿羊の 2 種類とした。放牧圧については軽度放牧と重度放牧の 2 種類、放牧季節については春～秋の全季放牧と、春、夏、秋のみの季節放牧の 2 種類とした。

設定した放牧試験地は、上記の更新法と畜種を組み合わせで 4 種類としたが、広葉樹ぼうが更新と肉用牛との組み合わせについては、本州北部地帯および北海道中部地帯に 1 か所ずつ設けたので、試験の種類は下記のように 5 種類となった。

- A. 針葉樹人工植栽（カラマツ）——肉用牛
- B. 針葉樹人工植栽（カラマツ）——綿 羊
- C. 広葉樹ぼうが更新（ミズナラ）——肉用牛
- D. 広葉樹ぼうが更新（ヤチダモ）——肉用牛
- E. 広葉樹ぼうが更新（コナラ）——綿 羊

ついで、放牧圧と放牧季節の 2 要因については、これらの A～E 各試験地にとりいれて、林木の成長、植生の推移、畜産物の取得などとの関連について究明を続けた。なお、放牧圧については軽度牧区と重度牧区の 2 牧区としたが、実際の放牧圧については研究結果の項で述べることにする。放牧季節については各試験地の位置により若干の差があるが、基本的な組合せはつぎのようである。

- A-1 軽度牧区——春～秋の全季放牧
 - 2 " ——春季放牧（夏～秋休牧）
 - 3 " ——夏季放牧（春秋休牧）
 - 4 " ——秋季放牧（春～夏休牧）
- B-1 重度牧区——春～秋の全季放牧
 - 2 " ——春季放牧
 - 3 " ——夏季放牧
 - 4 " ——秋季放牧

以上をまとめてみると、各試験地の組立はつぎのようになる。なお、広葉樹（コナラ）ぼうが更新と綿羊の組合せによる試験については全季放牧はなく、5 月下旬～10 月下旬までの約 155 日間を 4 分割して、A～D 区の 4 季の季節放牧とした。また、広葉樹（ヤチダモ）ぼうが更新と肉用牛の組合せによる試験については、重度の季節放牧が欠けている。

第1試験地	第2試験地	第3試験地	第4試験地	第5試験地
カラマツ— 黒毛和種牛	カラマツ—緬 羊	ミズナラ— 日本短角種牛	ヤチダモ— 日本短角種牛	コ ナ ラ—緬 羊
軽度—全季放牧区	同 左	同 左	同 左	軽度—A区
“ —春季放牧区	“	“	“	“ —B区
“ —夏季放牧区	“	“	“	“ —C区
“ —秋季放牧区	“	“	“	“ —D区
重度—全季放牧区	“	“	“	重度—A区
“ —春季放牧区	“	“	(欠)	“ —B区
“ —夏季放牧区	“	“	(欠)	“ —C区
“ —秋季放牧区	“	“	(欠)	“ —D区
禁 牧 区	“	“	同 左	同 左
計 9牧区	9牧区	9牧区	6牧区	9牧区

2. 試験地の概況

(1) 各試験地の位置

試験地は下記のように東北地方以北に限られ、南端は福島県中部、北端は北海道釧路市東部となっているが、これは當場営農林牧野関係の試験地の所在地に規制されたためであるが、わが国の家畜の分布現況からみれば、これらの試験地の位置はあまり片寄っていないようである。

第1試験地 岩手県岩手郡西根町

第2試験地 北海道川上郡標茶町

第3試験地 岩手県岩手郡松尾村

第4試験地 北海道江別市西野幌

第5試験地 福島県田村郡都路村

第1試験地は岩手山(標高 2,041m)の北東山麓地帯に設定し、岩手山頂までは5 kmの位置にある。第2試験地は釧路市の東北方約20 kmの厚岸町上尾幌市街の北方約5 kmにあり、第3試験地は松尾疏黄鉾山(現在磨鉾)の南方約4 kmにあり、八幡平に近い。第4試験地は札幌市の東方約18 kmの當場野幌試験地内に設定し、第5試験地は東北線郡山駅と常磐線大野駅を結ぶ路線のほぼ中央にある、當場都路試験地(現在廃止)に設定した。

(2) 地況と植生

第1試験地(カラマツ—黒毛和種牛, 岩手県下)

標高約505~540mの地帯で、一般に平坦~緩傾斜の丘陵状の地形をなし、地質は第3紀新火山系に属する。試験開始約10年前はアカマツ天然生林であったが、伐採と同時に天然下種更新を図ったが不成功に終わった跡地を、地ごしらえして1960年にカラマツを植栽し試験地を設定したものである。植生はクマイザサの出現頻度が高く、主要飼料草類となっているが、その他にもイネ科草類や雑草類の密度が比較的高く、本試験地の植生はクマイザサ—イネ科草類—双子葉雑草類で構成されている。

第2試験地(カラマツ—緬羊, 北海道東部)

標高70~80mの丘陵地帯で、一般に10度内外の緩傾斜地が多く、地質は第4期洪積層で、雌阿寒岳アトサトヌプリの火山放出物を母材とする。胸高直径1~10 cmのダケカンバやミズナラその他の広葉樹が、1 haあたり約5,500本みられる若い2次林であったが、1957年にこれらを皆伐してカラマツを1 ha

あたり 2,500 本の割で植栽し、試験地を設定した。ミヤコザサ、ヤマカモジグサ、スゲ類、双子葉雑草類などが主体となっているが、とくに雑草類とミヤコザサが優勢である。

第 3 試験地（ミズナラ—日本短角種牛，岩手県下）

標高 750～800m の地帯で、全域が一様に南面の 15～20 度の傾斜地となっている。第 3 紀新火山系に属し、堅密度堅、やや乾性の火山灰土じょうである。林齢 40 余年生のミズナラを主とする壮齡林で、立木本数は 1 ha 2,000 本であったが、1956 年に皆伐してぼうが更新作業をとり、試験地を設定した。林床はヤマカモジグサを主とするイネ科草類、スゲ類、雑草類が優占し、部分的にクマイザサが分布する。

第 4 試験地（ヤチダモ—日本短角種牛，北海道中部）

標高 60m の平坦地で、地質は第 4 期洪積層、土じょう型は大部分が Bcw 型で、下層土は結合度の強い埴土で透水性はきわめて悪い。1920 年ころの風害跡地に発生した広葉樹 2 次林で、ヤチダモやシナノキなどが優勢であり、直径 15 cm 以下の小径木が 83% を占める。1956 年に皆伐し、ぼうが更新作業をとり試験地を設定した。クマイザサ、スゲ類、雑草類などが主要草類となっているが、シダ類や低木類も相当に高い密度で混生している。

第 5 試験地（コナラ—緬羊，福島県下）

標高 380～480m、平均傾斜度 20° 内外の波状形の地形を呈している。コナラが全立木本数の 84% を占めているが、直径 2～3 cm 級のものが多い。1953 年にこの林地の約半分に対して皆伐ぼうが更新作業をとり、残り半分はそのまま存置し、放牧はこの皆伐地と林地の両者を含めて実行した。林床はキク科を主とした雑草類や、サイトウガヤその他のイネ科草類、また低木類の優勢な植生である。

3. 実行経過

1952 年から混牧林施業についての予備試験の目的をもって、コナラ林に対する緬羊放牧（第 5 試験）を開始した。そして本試験の最終年の 1956 年に、農林水産技術会議によって混牧林に関する特別研究が認められ、ミズナラぼうが林に対する日本短角種牛の放牧（第 3 試験）と、ヤチダモぼうが林に対する日本短角種牛の放牧（第 4 試験）を開始し、これより 1 年おけて 1957 年にカラマツ新植林に対する緬羊放牧（第 2 試験）を、同じく特別研究によって開始した。ついで 1962 年から経常研究によって、カラマツ新植林に対する黒毛和種牛の放牧（第 1 試験）を始めた。以上をまとめてみればつぎのようである。

1952～1956 年	第 5 試験実行（林試研報第 173 号，1965 年報告）
1956～1960 年	第 3 試験実行（林試研報第 139 号，1962 年報告）
1956～1960 年	第 4 試験実行（林試研報第 148 号，1963 年報告）
1957～1961 年	第 2 試験実行（林試研報第 172 号，1965 年報告）
1962～1965 年	第 1 試験実行（林試研報第 212 号，1968 年報告）

III 研究結果と考察

1. 放牧強度の判定と各放牧試験の比較

1) 放牧強度指数 (grazing intensity index)

放牧強度については、軽度放牧 (light grazing) および重度放牧 (heavy grazing)、あるいは中庸度放牧 (moderate grazing) などと一般には相対的に呼ばれることが多い。そして、これらの各強度を判定する要因としては、植物（草地植生のコンディションとトレンド）および動物（家畜の発育と取得量）が

あり、これらを測度として判定されるのであるが、要は「草地植生のコンディションを長期間にわたって良好に維持し、しかも畜産物の取得が期待できる」ことを中心とし、このことからの距離でもって、軽度、中庸度、重度などと判定される。

したがって、まず草地植生の状態診断を必要とするのであるが、このような草地の健康度診断についての手法は、わが国ではまだ確立されていない状況にあり、先進国である諸外国で実行されている手法も、わが国の草地植生の複雑性から適用できないものも少なくない。したがって本研究においては、健康度診断を侵入種 (invader) の動き、草地として好ましくない植物 (undesirable plants) や、家畜との関連で草地を代表する植物 (indicator plants) などの動向と推移によって判定することにした。

一方、家畜側については標準発育値はあるが、これは屋内における完全飼養 (舎飼) によって得た値であり、山地の放牧牛を対象としていないので、この標準発育値から家畜の判定をすることは無理が多い。しかし、日増体重量や放牧地からの取得体重量を測度としてみれば、家畜側からの健康度の階級づけは不可能ではないので、本研究ではこれらを測度としてみた。

ところで、軽度とか、重度とか、あるいは中庸度であるということは、要は「供給可能な飼料植物量」と「家畜が必要とする飼料植物量」とのバランスから判定されるもので、もし前者が大で後者が小のときには「軽度放牧」となり、これと逆に前者が小で後者が大のときには「重度放牧」、そして両者がバランスがとれているときには「中庸度放牧」である、ということになる。

つぎに、「供給可能な飼料植物量」については、放牧可能な面積、飼料植物の収量、適正な利用率の3者によって決定され、一方「家畜が必要とする飼料植物量」については、1 cow day あたりの飼料植物消費量、総 cow day の両者によって決定される。したがって、つぎのような計算によって必要量と供給量のバランスが求められる。そして本研究においては、この計算によって得られた値を放牧強度指数 (grazing intensity index) と名づけたが、以下省略して G. I. I. とよぶことにする。

(放牧可能面積×飼料植物収量×適正利用率)/(1 cow day あたり飼料植物消費量×総 cow day)

ここで問題となるのは、供給量の要因の一つである適正利用率、および必要量の要因となる 1 cow day の消費量の2点である。そこで、前者の適正利用率については utilization scale method (VALENTINE, 1938, 1946) を用いて、本試験において吟味した結果に基づいて、肉用牛の場合は 65% とした。なお、緬羊については資料が不足であるが、一応これを 30% として試算してみた。つぎに、後者の 1 cow day の消費量については、諸外国における実験例および本試験の観察などによって、家畜の体重の 13~15% を一応の目安としたが、本試験に供した肉用牛は一般に体重 400 kg 内外の成雌牛であるので、日消費量を 50 kg とした。緬羊の場合には家畜単位のうえから肉用牛の 1/7 単位とし、日消費量を 7 kg とした。

いまかりに放牧地面積を 2.0 ha、飼料植物収量を 1 ha あたり 6 ton、cow day を 120 とすれば、放牧強度指数 (G. I. I.) はつぎのような値となる。

$$(6,000 \text{ kg} \times 2.0 \times 0.65) / (50 \text{ kg} \times 120) = 1.3$$

そして、このような計算によってつぎのように放牧強度を決定した。

- ① G. I. I. が 1.2 以上のとき……………軽度放牧
- ② “ 1.2~0.8 のとき……………中庸度放牧
- ③ “ 0.8 以下のとき……………重度放牧

2) 各試験についての判定と比較

		第 1 試験	第 2 試験	第 3 試験	第 4 試験	第 5 試験
放牧地面積 (ha)	軽度牧区(L) 重度牧区(H)	3.40 1.62	3.98 2.02	3.81 1.20	2.21 1.24	8.50 5.70
飼料草収量 (kg/ha)	L H	2,405 2,520	5,463 5,947	4,017 1,615	4,156 4,140	2,437 1,848
Cow (sheep)* day	L H	122.8 101.0	788.0* 738.0	177.5 85.9	86.1 69.0	534.4* 513.0
G. I. I.	L H	0.87 0.53	1.18 0.70	1.12 0.29	1.39 0.97	1.66 0.88

第 1 試験（カラマツ—黒毛和種牛）においては、飼料植物収量と cow day は軽度牧区と重度牧区との間に大きな差はみられなかったが、放牧地面積が約 1 対 2 の関係であったため、G. I. I. は軽度牧区が 0.87 で重度牧区が 0.53 となった。したがって本試験においては、軽度牧区は中庸度放牧、重度放牧がなされたことになる。なお、このような放牧強度の判定に対する植生と家畜の両面からの裏付けについては、つぎの 2 および 3 の各試験の内容についての記述の際にふれることにする。

第 2 試験（カラマツ—緬羊）においても、放牧地面積に差があり、他はほぼ同量であったが、G. I. I. についてみれば軽度牧区が 1.18 で重度牧区が 0.70 となり、軽度牧区は軽度に近い中庸度放牧がなされ、重度牧区はやや重度の放牧がなされたことになる。

第 3 試験（ミズナラー日本短角種牛）においては、放牧地面積と飼料植物収量および cow day のいずれも、軽度牧区は重度牧区の 2～3 倍を示したが、G. I. I. は軽度牧区の 1.12 に対して重度牧区は 0.29 となった。したがって、軽度牧区では中庸度放牧がなされ、重度牧区では超重度の放牧がなされたことになる。

第 4 試験（ヤチダモ—日本短角種牛）においては、軽度牧区は重度牧区よりも放牧地面積で約 80%，cow day で約 25% の増となっており、飼料植物量はほぼ同量であった。G. I. I. についてみれば軽度牧区が 1.39、重度牧区が 0.97 となり、軽度牧区では軽度放牧がなされ、重度牧区では中庸度放牧がなされたことになる。

第 5 試験（コナラー緬羊）においては、軽度牧区は重度牧区に比較して面積で約 50% 増、飼料植物量で約 30% 増となっており、sheep day はほぼ同じであった。G. I. I. は軽度牧区が 1.66 で軽度放牧、重度牧区は 0.88 で中庸度放牧であった。

以上本試験においては、軽度牧区と重度牧区という名称で 2 種類の放牧強度で実行したものであるが、この放牧強度を G. I. I. によって判定してみれば、牧区名とは必ずしも一致せず異なった放牧強度を示した例も多くみられ、実際にはつぎのような強度で維持されたことになる。なお（ ）内は設計段階での牧区名を示している。

第 1 試験 中庸度放牧（軽度区）と重度放牧（重度区）

第 2 試験 中庸度放牧（軽度区）と重度放牧（重度区）

第 3 試験 中庸度放牧（軽度区）と重度放牧（重度区）

第 4 試験 軽度放牧（軽度区）と中庸度放牧（重度区）

第 5 試験 軽度放牧（軽度区）と中庸度放牧（重度区）

したがって、第 1 と第 2 と第 3 試験が中庸度対重度で維持され、第 4 と第 5 試験が軽度対中庸度で維持された。また畜種別に G. I. I. によって軽度放牧～重度放牧の順に並べればつぎようになる。

肉用牛の場合

軽度放牧	G.I.I. 1.39	第4試験軽度区(ヤチダモ)
中庸度放牧	G.I.I. 1.12	第3試験軽度区(ミズナラ)
	" 0.97	第4試験重度区
	" 0.87	第1試験軽度区(カラマツ)
重度放牧	G.I.I. 0.53	第1試験重度区
	" 0.29	第3試験重度区

綿羊の場合

軽度放牧	G.I.I. 1.66	第5試験軽度区(コナラ)
中庸度放牧	G.I.I. 1.18	第2試験軽度区(カラマツ)
	" 0.88	第5試験重度区
重度放牧	G.I.I. 0.70	第2試験重度区

2. 各放牧試験の結果の要約

1) 針葉樹の新植更新と放牧の関係

(1) カラマツ林に対する黒毛和種牛の放牧(第1試験)

本試験においては、放牧設計では軽度放牧と重度放牧の2強度区を設定して実行したが、実際の放牧強度は軽度牧区は中庸度放牧(G.I.I. 0.87)、重度牧区は重度放牧(同 0.53)がなされている。

A. 放牧強度に対する林木の反応(林試研報 No. 212, p. 15~40)

a) カラマツのうけた傷害

放牧牛によってうけたカラマツの傷害は、ひずめや休憩による主幹の折損、側枝の折損、主幹の剥皮の3種類が基本的なもので、これらが複合してあるいは単独で発生した。傷害の程度についてはつぎのように3段階に区分し、激害と中害を被害として認めた。

激害——2, 3年生以上の主幹の折損、全側枝の50%以上の折損、相当な長さでの剥皮により活力の低下したもの。

中害——2年生の主幹が折られているがこれに代わる側枝が伸長、全側枝の25~50%の折損、剥皮は小さな円形または長楕円形にとどまっているもの。

微害——当年生の樹梢の軽微な折損、全側枝の25%以下の折損、樹皮に若干の傷こんが認められるもの。

b) 林齢別の被害発生状況

放牧強度のいかんにかかわらず、4年生林(平均樹高70~110cm)の傷害率がとくに高く、いま3年生林を1.0とすれば中庸度放牧においては4年生以降が4.0, 1.5, 0.7と推移し、重度放牧では4.6, 1.9, 1.2と推移している。つぎに放牧強度との関係では、重度放牧が各林齢とも傷害率が高く、中庸度放牧の1.0に対して重度放牧は1.6~3.0となっている。そして林齢が進むにつれて中庸度放牧では傷害率は低下したが、重度放牧では横ばい状態であった。被害率についてみれば、中庸度放牧では4年生林が2~4%, 5年生以降は1~2%であったが、重度放牧では4年生林が6~9%, 5年生以降は1~4%であった。

c) 4年間の放牧による被害状況

3～6年生林のカラマツ幼齡林に対して、4年間にわたって黒毛和種牛を放牧した結果、林木のうけた被害状況は放牧牛の休息地となった地帯においては、放牧強度とは関係なく被害率30%以上という高率となった。しかし、このような激害地の面積は放牧地面積の5%（中庸度）～12%（重度）にすぎなかった。

この休息地を除いた地帯においては、放牧強度との関係が強くあらわれ、中庸度放牧では6%弱の被害率であったが、重度放牧では15%を示した。したがって、放牧地全域についてみれば、G. I. I. 0.87 の中庸度放牧では7%の被害率にとどまったけれども、G. I. I. 0.53 の重度放牧では約18%となり、中庸度の2倍強の被害木の発生をみた。

d) 樹高成長

放牧開始年の6月の樹高を100として、終了年の10月の樹高についてみれば、中庸度全季放牧と禁牧とが400内外、中庸度季節と重度の全季および季節放牧が350～360であった。なお、中庸度春と夏放牧および重度春放牧が若干低い樹高を示したが、この原因について検討した結果、立地条件（不良土じょうと風衝）によることが多く、生物条件（放牧牛）が若干関与しているものと考察された。放牧終了後の6年生林についてみれば、禁牧の195 cmに対し、両強度の全季放牧が163～183 cm、季節放牧が153～159 cmで若干低い樹高であったが、その原因については前記のとおりである。

e) 放牧終了後7年目の林分の状況

(i) 被害の状況

3～6年生林を対象として試験放牧をつづけたが、放牧終了後7年目にあたる13年生林について再調査を行なった。したがって、本項目は林試研報 No. 212 には報告されていない。前にも述べたように、被害木が集中的に発生するのは放牧牛の休息地となった地帯であるので、被害木の調査は本地帯を中心にして行なった。結果によれば、放牧終了とともに林木は相当に回復し、被害木の面積も大幅に縮小している。すなわち、被害地面積は中庸度放牧で167 m²、重度放牧で430 m²となっており、この面積は放牧地面積の0.5～1.3%にすぎなかった。前記のように放牧中は5～12%を占めていたので、6年間の休牧による回復が目だっている。

カラマツの状況についてみれば、明らかに被害木と判定されるものが18～31本残存しているが、むしろ枯死木が多く28～93本となっており、したがって被害木と枯死木の合計が全植栽本数の1%内外となり、きわめて低い被害率にとどまっている。

(ii) カラマツの成長状況

放牧終了年（6年生林）において前記のとおり、中庸度放牧の樹高が153～183 cm、重度放牧が159～163 cmで顕著な差がなく、これに対して禁牧区が195 cmで若干高かった。ところで13年生について測定した結果によれば、禁牧区の平均樹高5.92mに対して、中庸度放牧は6.37m、重度放牧は5.67mであった。したがって、中庸度放牧と重度放牧の差が70 cmとなり、また中庸度放牧は禁牧区よりも優位であった。

つぎに、樹高階別本数分布の状況についてみれば、本数分布のもっとも多い樹高階は中庸度放牧と禁牧の両者は6.0～7.0m、重度放牧は5.0～6.0mとなっている。そして Fig. 1 のように重度放牧では5.0～7.0mの樹高階に全本数の約半数が分布しているが、中庸度放牧では6.0～8.0mの樹高階に約43%が分布している。また禁牧区においては5.0～7.0mに57%が分布している。このように、中庸度放牧の林地が若干優位な成長を示し、ついで禁牧区、重度放牧という順位であった。なお、胸高直径については、中

庸度放牧が平均 7.5 cm, 重度放牧が 6.9 cm, 禁牧区が 6.5 cm となっており, 7 cm 内外の直径を示している。

B. 放牧強度に対する植生の反応 (林試研報 No. 212, p. 40~50)

a) 相対被度による順位の推移

本試験地には約 120 種の植物が分布していたが, これらをイネ科草類, スゲ類, ササ類, シダ類, その他の草本類, 低木類, つる類, 高木類の 8 グループに分け, 各グループの放牧初年目と放牧終了後の 5 年目

の相対被度について比較してみた。放牧初年目の放牧地の植生は, 一般にササ類(クマイザサ)の被度もっとも高く, ついで低木類や高木類の稚樹などがあげられ, イネ科草類やスゲ類などがこれに準じていた。ところで 5 年目においては, 中庸度放牧においてはあまり大きな変化をみせず, 相対被度の順位もクマイザサ—高木類という放牧地が多くみられた。しかし, 重度放牧においては, いずれも高木類が第 1 位を占めるようになり, 第 2 位が低木類のものが 2 牧区, クマイザサやイネ科草類が 2 区という状態を示し, 重度放牧においては一般に草本類が大幅に減退し, 木本類が優勢となった。

b) 指標植物としてのクマイザサの動向

放牧強度の指標植物として, 本試験地においてもっとも優勢なクマイザサを用い, これの収量の推移によって植生の動向について検討した。クマイザサはいずれの牧区においても減収の傾向をたどったが, まず禁牧区においては 3 年間はほぼ横ばい状態で, 4 年めには約 20% の減収となったが原因については不明である。ついで中庸度放牧においても 3 年間はほぼ禁牧区と同様の傾向をたどったが, 4 年めには 30~40% の減収となった。ところで重度放牧においては減収が目立ち, 3 年めにおいて約 50% の減収となり, 4 年めには春と夏放牧が 80%, 秋と春~秋の全季放牧が 70% の減収を示した。

以上のように, 植物グループの相対被度の推移, およびクマイザサの動向によって植生の状態診断をしてみれば, 中庸度放牧では fair condition で維持されたのに対して, 重度放牧では poor condition へと向かって推移したものと考えられる。

C. 放牧強度に対する家畜の反応 (林試研報 No. 212, p. 10~15)

a) 取得体重量

放牧は 4 年間続けられたが, 前半の 2 年間は育成牛を, 後半の 2 年間は成牛を供試した。育成牛の場合には両強度ともほぼ同様の傾向を示し, 1 日 1 頭あたり増体重量は 300~308 g であった。成牛の場合には両強度間の差が顕著にあらわれ, 中庸度放牧では 1 日 1 頭 511 g の増体重量を示したが, 重度放牧では約半量の 272 g にすぎなかった。したがって, 1 ha あたりの取得体重量は中庸度の 29.6 kg に対し重度は 11.4 kg にすぎなかった。

b) 放牧強度と放牧牛の行動

試験放牧終了翌年の 1966 年 7 月下旬および 9 月上旬の 2 回にわたって, 放牧強度と行動との関係の吟味を行なったが, 本結果は林試研報 No. 212 では報告していない。放牧牛の行動型は, 動作分類として歩

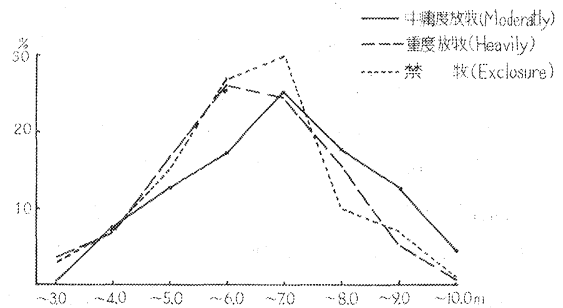


Fig. 1 樹高階別本数分布
Distributions of number of trees
in different height classes.

行、停止（起立と伏臥）、うろつきの3型とし、また目的分類として移動、採食、飲水、休息の4型として記録した。8頭の放牧牛を4頭1群として2群をつくり、1群は軽度牧区へ1群は重度牧区へ入牧させ、また1群の中から2頭を選抜して供試牛とした。放牧強度は入牧時の草量で差をつけ、重度牧区は約40日間にわたる放牧の結果、飼料植物の生産量が1haあたりわずかに1.4~1.9 tonの幼齢林地、軽度牧区は未放牧の幼齢林地で収量は3.6~4.2 tonであった。

動作分類による歩行と停止の両行動に要した時間についてみれば、まず歩行型は7月下旬においては調査時間15時間のうち、軽度牧区では24%（3.6時間）をこれに費し、重度牧区では40%（6.0時間）を示し両強度の差が大きい。しかし、9月上旬では両強度は相当に近づき、軽度牧区の64%に対し重度牧区は73%であった。したがって停止型はこれと逆に、7月においては軽度牧区の61%に対し重度牧区は52%で、9月においては両牧区とも同時間であった。

つぎに採食時間および移動距離についてみれば、7月においては採食時間は軽度牧区では5.7時間であったが、重度牧区では実に7.2時間を費し、9月においても軽度牧区の8.8時間に対して重度牧区は9.7時間となり、重度牧区における放牧牛の採食時間は軽度牧区よりも長時間をかけている。移動距離については、軽度牧区においては1,409m（7月）~1,639m（9月）であったが、重度牧区では2,227m（7月）~3,103m（9月）となっている。

このように、軽度で放牧された牛の移動距離を100とすれば、重度は7月においては158、9月では189となり、重度放牧の場合は軽度放牧の約60~90%増の距離を歩行し、移動していることになる。また採食に要した時間も軽度放牧の100に対して重度放牧は、7月においては126、9月が110となり、重度は軽度に比し10~26%の増を示している。以上のように重度放牧の場合は移動距離が長く、また採食時間も多いことが幼齢木の被害発生との関係が深いものと予想することができる。

なお、7月下旬における両牧区の、供試牛の5分ごとの位置を Fig. 2 に示したが、この図によっても重度牧区の放牧牛の移動が頻繁であり、植栽木に与える傷害が危ぐされる。

D. 放牧季節に対する反応

カラマツのうけた被害についてとくに顕著な傾向としては、秋放牧（9月上旬~10月中旬）の被害率がきわめて低いことで、重度放牧下においても放牧地全域の被害率が3.9%にとどまり、中庸度放牧の2.7%と接近していた。しかし6月下旬~8月下旬の期間では、中庸度放牧が約10%、重度放牧では約20%の被害木が発生した。放牧季節と植生推移との関係ではとくに目だった傾向はみられなかった。

（2）カラマツ林に対する緬羊の放牧（第2試験）

本試験においては、放牧設計では軽度放牧と重度放牧の2牧区を設定して実行したが、実際の放牧強度は軽度に近い中庸度放牧（G. I. I. 1.18）と、やや重度の放牧（同 0.70）の2種類でなされた。

A. 放牧強度に対する林木の反応（林試研報 No. 172, p. 12~24）

a) カラマツのうけた傷害

放牧羊によってうけたカラマツの傷害は、すべて採食によるもので、踏圧やなすりつけなどによる主幹や側枝の折損は、全然みられなかった。なお、採食による傷害の原因は、単に放牧羊にとどまらず、ノウサギや野ネズミもあげられるので、これらは分離して測定した。採食の程度によって激、中、微の3段階に区分し、激害とは全側枝の50%以上の採食および中害であっても主幹が採食されているもの、中害とは全側枝の25~50%の採食および微害であっても主幹が採食されているもの、微害とは全側枝の25%以

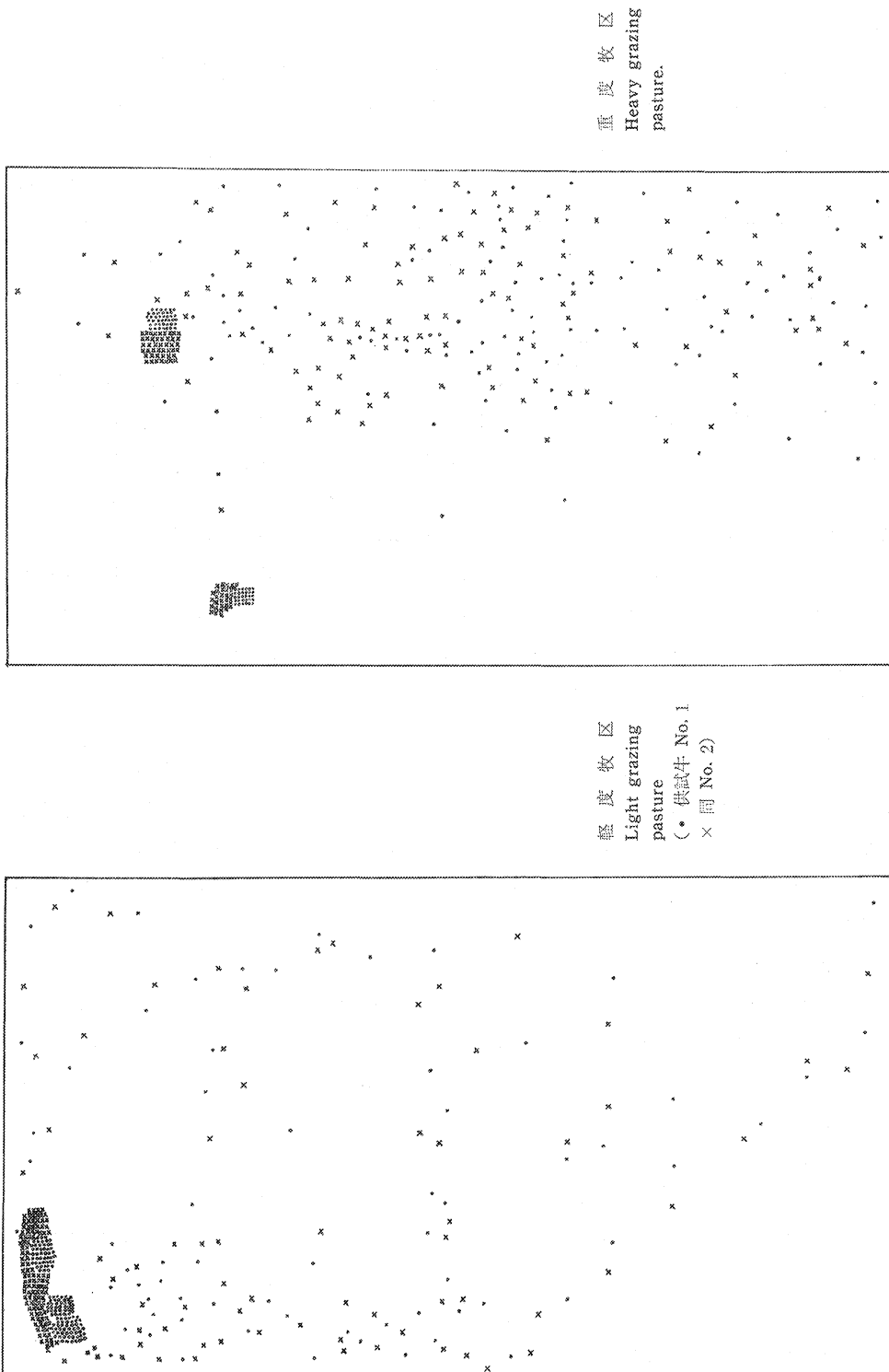


Fig. 2 放牧牛の5分ごとの位置
Pattern of moving cattle for every five minutes.

下の採食とした。そして、激害木と中害木を被害木と判定した。

b) 林齢別の被害発生状況

放牧羊による被害木の発生は2~3年生林までで、4年生以降はほとんどみられなかった。すなわち、中庸度放牧の場合では2年生林が平均約5%、3年生林が2%、4年生林では1%以下の被害率であった。これに対して重度放牧は2年生林が24%、3年生林が23%、そして4年生林で1%以下となった。なお、これらの各林齢の平均樹高についてみれば、2年生林が65 cm、3年生林が120 cm、4年生林が185 cm、そして5年生林が250 cmとなっており、放牧羊による被害の発生率は樹高が65~120 cmの間が高く、185 cmに伸長すれば激減するが、これは放牧羊の grazing height を示しているものと思われる。

c) 放牧羊の移動頻度と被害

カラマツ幼齢林に放牧された緬羊の移動範囲は一般に狭く、局所的に集中する傾向がみられる。すなわち、ひ陰舎その他の放牧施設周辺に濃密に集合し、これら施設から遠隔の地域や湿地帯などは希薄であった。このような移動度によって、放牧地を高、中、低の3地域に分類してみると、中庸度放牧では高地域は全放牧地の23%、中地域が12%、重度放牧では高地域が33%、中地域が20%を占めていた。

このような高~中地域では、カラマツは再々の採食をうけて高い被害率を示した。たとえば6年生林についてみれば、もっとも本数分布の高い根元径級5.0~7.0 cmの樹高は、高地域の307 cmに対し低地域は356 cmで約50 cmの差がみられ、また径級7.5~9.0 cmでは高地域の349 cmに対し低地域は446 cmで、約1 mの差となっている。また、高地域では主幹が二又や三又になったり刈込んだような球型を呈する異常な樹型のものが多く、低地域の発生率は21%であったが高地域では35%となった。もっともこのことには、ノウサギと野ネズミも関与していた。

d) 樹高成長

放牧初年めにおいては両強度間の差は小さかったが、4年め(5年生林)においては中庸度の平均樹高260 cmに対し、重度は225 cmで中庸度の約87%にとどまっていた。また5年生林について、樹高階別本数分布の状況についてみれば、中庸度放牧では250~290 cmにもっとも多く分布しているが、重度放牧では210~250 cmとなっており、また禁牧区は両者の中間に位置し250 cmであった。したがって、中庸度放牧は重度放牧に比し優位に成長をつづけた。

B. 放牧強度に対する植生の反応(林試研報 No. 172, p. 24~33)

本試験地には141種の植物が分布していたが、イネ科草類やスゲ類などを除いた草本類(雑草類)が、全種類の72%を占め優勢であった。これら雑草類を対象として、草地の状態診断上好ましくないグループを拾いあげると、まず1年生草本類があり、ついで繁殖型がD₂型(Disseminule typeの2)に属するものがあげられる。

このような「好ましくない雑草類」の出現頻度の推移についてみれば、放牧2~4年めが中庸度放牧では12~15%であったが、重度放牧では19~25%を示し出現の頻度が高かった。つぎに、被度の推移についてみれば、中庸度放牧では被度の増大と減少の種類がほぼ同数で動きが小さかったが、重度放牧では増大種類が多く被度率も高くなり、好ましくない雑草類が優勢となった。収量についてみれば、中庸度放牧では全雑草類も好ましくない雑草類もしだいに減収となり、これに代わりミヤコザサが優勢となったが、重度放牧では全雑草類は4年間の動きが小さく、好ましくない雑草類の減収も僅少であった。このように重度放牧においては好ましくない雑草類が優勢で、状態診断上からは poor condition と判定され、中庸

度放牧は健康な植生を維持し fair condition と判定された。

C. 放牧強度に対する家畜の反応 (林試研報 No. 172, p. 7~12)

放牧羊は順調に生育し、当才羊では G. I. I. 0.70 の強度であっても、同 1.18 の場合とほぼ同様の發育を示し、成羊においても同じ傾向であった。ただ、カラマツの樹高が相当に伸長した場合の子付母羊の放牧は問題があるようで、母羊と子羊がお互いに位置の確認が困難となるため、子羊は期待したほどの増体重量を示さなかった。

D. 放牧季節に対する反応

中庸度放牧下では季節間の差は顕著でなかったが、重度放牧下では秋放牧がカラマツ被害木が多発し、春放牧は低率であった。放牧季節と被害との関係については、被害を誘発する要因の一つとして林床の飼料植物の質と量とがあげられ、2か年にわたって秋放牧がとくに高率であったのは、飼料植物の量の不足によるもので、再々の降霜により雑草類は枯死するものが多かったが、カラマツの葉片は黄葉にいたらず、したがってこれを食いちぎる機会を多くした。しかし、このような晩秋の採食は樹高成長にはあまり悪影響を与えなかった。なお、重度放牧においても、春放牧は中庸度放牧に近い樹高を示している。放牧季節と植生推移についてはほとんど関係がみられなかったが、重度放牧の夏と秋放牧がとくに不健康な植生であった。

2) 広葉樹のぼうが更新と放牧の関係

(1) ミズナラ林に対する日本短角種牛の放牧 (第3試験)

本試験においては軽度牧区と重度牧区の2牧区を設定したが、実際の放牧強度は G. I. I. 1.12 の中庸度放牧と、同 0.29 の重度放牧の2種類でなされ、とくに重度放牧においては G. I. I. が約 0.3 という超重度の放牧であった。

A. 放牧強度に対する林木の反応 (林試研報 No. 139, p. 52~66)

a) 傷害の種類と樹種群

放牧牛によってうけた広葉樹ぼうがの傷害は、すべて採食によるもので、踏圧やなすりつけによる折損などはみられなかった。したがって、放牧牛の嗜好性を無視することができないので、その程度によって樹種を3群に分けた。すなわち、カエデ類やサクラ類などは嗜好性高位の樹種群に属し、嗜好性低位の樹種群としてはヤマハシノキ、ホオノキ、サワグルミその他があげられる。そして、これら以外の樹種は嗜好性中位の樹種群に属するが、本試験地においてはこの中位樹種群の本数構成率がとくに高率を占めており、その代表種としてミズナラがあげられる。

b) 採食率

発生した全ぼうが本数に対する採食ぼうが本数の百分率を採食率とした。はじめに嗜好性高位樹種群についてみれば、放牧強度別、ぼうが年齢別のいずれも差がみられず、約 70~100% という高率で採食された。嗜好性中位樹種群については、放牧強度による差が判然とみられ、中庸度放牧では平均 34% (1年生) ~10% (4年生) であったが、重度放牧においては 91~85% という高率を示した。また4年生のぼうがを対象として、頂芽を採食されたものを測定したが、中庸度放牧では平均 7% にとどまったが、重度放牧では 60% でその差が顕著であった。本試験地の主要樹種であるミズナラについてみれば、採食率は前記中位樹種群とほぼ同様の数値を示し、このことは中位樹種群はほとんどミズナラによって占められているためである。つぎに、ミズナラの枯損率についてみれば、中庸度放牧においては平均約 2% で僅少であっ

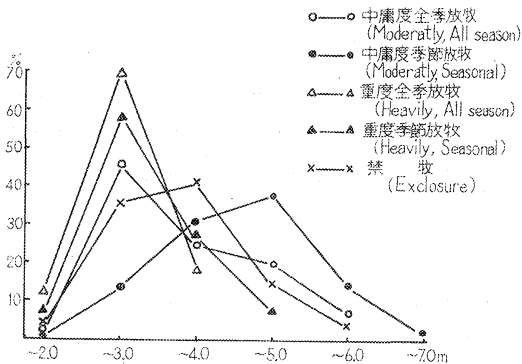


Fig. 3 樹高階別本数分布
Distributions of number of trees
in different height classes.

205 cm で、中庸度放牧の平均に近い樹高を示したが、中庸度の秋放牧および夏放牧は禁牧区よりも約 30 cm 高い樹高を示した。なお、放牧季節との関係がとくに重度放牧においてみられたが、後に述べる。

d) 放牧終了後 12 年めの成長状況

試験放牧は 4 年生林までで、5 年生林から休牧したが、12 年めにあたる 16 年生について再調査を行った。なお、本項目は林試研報 No. 139 では報告されていない。前記のように本試験地は松尾硫黄鉱山の南方 4 km の位置にあり、風向によっては鉱山の排煙にさらされ、また同鉱山は 1970 年に廃鉱となったが、そのころにうけたと思われる激しい煙害によって、大部分のミズナラの 1~3 年生の樹梢部が枯死しており、満足な資料を得ることが不可能であったが、傾向としてはつぎのようである。

両放牧強度の平均樹高についてみれば、中庸度放牧では全季放牧が 3.4 m、季節放牧は 4.1 m でやや優位であった。これに対して重度放牧では全季放牧が 2.6 m で各放牧区のうちでもっとも低く、季節放牧は 3.0 m であった。また、禁牧区は中庸度全季放牧と同じく 3.4 m であった。したがって、樹高の順位は 4 年生林と全く同様で、そのまま維持しつづけた。

樹高階別本数分布の状況を Fig. 3 に示した。これによれば、最高樹高階が 6~7 m の放牧区は中庸度季節放牧だけで、ついで 5~6 m が中庸度全季放牧と禁牧の 2 区、4~5 m が重度季節放牧、重度全季放牧は 3~4 m で最低であった。本数分布のもっと高い樹高階についてみれば、中庸度季節放牧では 4~5 m に全本数の 40% 弱が分布し、ついで禁牧区が 3~4 m に約 40% 分布し、さらに 2~3 m の樹高階には中庸度全季放牧が 45%、重度季節放牧が 60% 弱、重度全季放牧では実に 70% が分布している。このように、樹高階別の本数分布の状況によっても、中庸度季節放牧がもっとも優位にあり、また重度全季放牧が最低であった。しかし、16 年生のぼうが林としては全般に樹高は相当に低く、これは前に述べたように硫黄鉱山の煙害によるものと考えられる。

B. 放牧強度に対する植生の反応 (林試研報 No. 139, p. 24~52)

各植物の出現頻度の推移についてみれば、出現の様相が比較的ならされており、いちように、しだいに頻度は高率となったが、重度放牧では局部的に濃密になったり、または希薄になるような傾向が若干みられた。つぎに、本数密度については各放牧区とも本数増加を示したが、これは森林伐採直後の林床植生の推移の様相を示したものであろう。つぎに、これら本数密度の高率となった草本類を、牧養上およびぼう

たが、重度放牧では再々の採食にあって枯死する株が多く、約 25% という高率を示した。

c) 樹高成長

ミズナラについて樹高成長の状況をみれば、採食の程度と樹高との間には深い関係がみられ、放牧初年めの秋において中庸度放牧の平均樹高 84 cm に対し、重度放牧では 51 cm にすぎず、すでに 33 cm の差がみられた。放牧 4 年め (4 年生林) においては、中庸度放牧では 189~239 cm、平均 218 cm であったが、重度放牧においては 78~158 cm、平均 120 cm で、中庸度放牧の 55% にすぎなかった。なお禁牧区は

が更新上から好ましくない短草類(シバ, ヌカボその他)と, 好ましい短草類(ヤマカモジグサ, ヒメノガリヤスその他)に分類してみれば, 一般に中庸度放牧では好ましい短草類が増加し, 重度放牧はこれと逆の推移をたどった。したがって, 中庸度放牧下の林地では好ましい短草型へと移行し, 植生を good condition へと導いたが, 重度放牧では好ましくない短草型へと推移して poor condition と判定された。

C. 放牧強度に対する家畜の反応 (林試研報 No. 139, p. 12~21)

1頭1日あたり増体重量は, 中庸度放牧では485~937g, 平均708gで相当に高い値を示したが, 重度放牧においては272~400g, 平均300gにすぎず, 中庸度放牧は重度放牧の2.1倍の増体重量を示した。放牧地から取得した体重量についてみれば, 1haあたり中庸度では31~54kg, 平均44.5kgであったが, 重度では34~49kg, 平均41.3kgとなり, 単位面積あたりに換算してもなお重度放牧は不利であった。

D. 放牧季節に対する反応

ぼうがの採食率について, 嗜好性中位樹種であるミズナラを対象としてみれば, 中庸度放牧では春>秋>夏の傾向があり, これは樹葉の嗜好性と林床の飼料植物の質の季節的変化と関係があるものと思われる。しかし, 重度放牧においてはほとんど季節間の差がなくなり, 各季節とも高率を示した。なお嗜好性高位の樹種もこれと同じ傾向を示し, 両強度とも高い採食率となった。

ぼうが高については, 両強度とも秋>夏>春の順位となり, とくに春放牧が悪影響を与えたが, これは春季の採食率が高かったことも一因であろうが, さらにこの時期は成長の盛んな時でもあり, さらに1回の採食量も多量であったことにもよるであろう。なお, 春~秋の全季放牧は春放牧よりもさらに樹高成長に与えた影響が大きかったが, これは季節放牧においては適当に休牧期間があるのに対して, 全季放牧では春~夏の間に自由放牧となり, ぼうがは適時採食されたことによるものと思われる。放牧季節と植生推移の間には顕著な傾向はみられなかった。

(2) ヤチダモ林に対する日本短角種牛の放牧 (第4試験)

本試験においては, 軽度牧区と重度牧区の2牧区を設定して実行したものであるが, 実際の放牧強度は軽度牧区は G. I. I. 1.39 で軽度放牧がなされたが, 重度牧区は G. I. I. 0.94 で中庸度と判定され, 放牧強度は軽度放牧と中庸度放牧の2種類であった。

A. 放牧強度に対する林木の反応 (林試研報 No. 148, p. 26~39)

a) 樹種群構成

林木のうけた傷害はすべて採食によるものであったので, 第3試験にならって嗜好性によって各樹種を高位, 中位, 低位の3群に分けた。本数構成率の点から各群についてみれば, 嗜好性高位樹種群が80~92%, 平均86%を占めて圧倒的に多く, 中位群が6%, 低位群が8%であった。高位群の中ではヤチダモがもっとも多数を占め, ついでシナノキやオヒョウなどがみられた。したがって本試験は, ヤチダモを主林木とする嗜好性高位樹種によって構成されるぼうが林を対象として, 肉用牛を放牧したものである。

b) 採食率

第3試験の結果と同様に, 嗜好性高位の樹種は放牧強度のいかんにかかわらず高い採食率を示し, 放牧4年めにいたっても100%に近かった。主林木であるヤチダモは4年間の放牧中, 軽度放牧においても平均90%の採食率を示し, 非常に高率であった。嗜好性中位群は放牧強度との関係が若干認められ, 放牧初年めが軽度放牧の31~38%に対し中庸度放牧は70%, 4年めにおいても21~23%に対し74%であった。

c) 樹高成長

主林木であるヤチダモの4年めの樹高についてみれば、軽度秋放牧が257 cmでもっとも高く、いまこれを100とすれば禁牧区が96、軽度夏放牧が80、同春放牧が75、同全季放牧が62となり、中庸度全季放牧がとくに低く27にすぎなかった。したがって、軽度放牧下の林地では秋>夏>春>全季の順位となる。嗜好性中位群については、放牧1~2年めには中庸度放牧は軽度放牧に比較して相当に劣勢であったが、4年めには両強度ともほぼ同様になり、200 cm内外の樹高を示した。以上のように、ヤチダモなどのような嗜好性高位の樹種については、放牧強度との関係が深く、中庸度であっても軽度に比較すれば成長は相当劣っていた。なお放牧季節との関係を見捨てることはできず、これについては後に述べる。

B. 放牧強度に対する植生の反応 (林試研報 No. 148, p. 12~26)

植生推移と放牧強度との関係について、種構成、頻度、密度、草丈などを測定してみたが、顕著な傾向はみられずいずれも fair condition で維持された。ただ、植生推移の傾向の似ているグループとして、禁牧区と軽度春放牧と同夏放牧、軽度全季放牧と中庸度全季放牧、軽度秋放牧の3グループに分けることができた。飼料植物の収量についても放牧強度との関係は薄く、いずれもしだいに増収の傾向を示し、これを構成する植物グループの順位についても、特徴はみられなかった。このように、雑草類(イネ科、スゲ、ササ、シダの各草類以外の草本類)の優占する林地に、軽度~中庸度で放牧がなされた場合の植生の健康度は、ほぼ同様であった。

C. 放牧強度に対する家畜の反応 (林試研報 No. 148, p. 9~12)

供試牛は飼養頭数の関係から各放牧区に固定することが不可能で、6放牧区の輪換放牧法をとったので、放牧強度との関係については明らかにできなかった。放牧牛の生育は順調で、飼養した月齢15~42か月の期間の放牧中の増体重量は、1日あたり432~761 g、平均564 gを示し、放牧地からの取得体重量は平均1年1 haあたり41.1 kgであった。

D. 放牧季節に対する反応

放牧季節とぼうがの成長との間には比較的深い関係が認められ、春季の放牧と春~秋の全季放牧のぼうが高はとくに低く、放牧による悪影響が顕著であるが、秋季や夏季放牧では禁牧区に近いまたは同等の成長を示している。ところで、本試験地を設定した野幌地方の広葉樹ぼうがの伸長状態をみれば、一般に7月上旬までの間に年間の70~80%成長し、8月末には伸長を停止し、10月上旬に落葉をはじめる。本試験の春放牧は6月下旬~7月下旬の間になされているので、ぼうがの成長の最盛期にあたり、夏放牧は成長後期から停止期に、秋放牧は停止期から落葉期にあたっている。したがって、放牧強度が軽度~中庸度で維持された場合には、放牧季節が強く影響するものと考えられる。

放牧季節と植生推移との関係については、軽度~中庸度の放牧下においてはいずれも fair condition で維持されるが、推移の傾向については若干の関係がみられ、8月までの早期放牧と禁牧区、9月以降の晩期放牧、および6~10月の継続放牧の3型に分けることができた。

(3) コナラ林に対する緬羊の放牧 (第5試験)

本試験においては、軽度牧区と重度牧区の2牧区を設定して実行したが、実際の放牧強度は軽度牧区では G. I. I. 1.66 という相当に軽度の放牧がなされ、重度牧区は G. I. I. 0.88 で中庸度放牧であった。

A. 放牧強度に対する林木の反応 (林試研報 (No. 173, p. 10~18))

a) 樹種構成と傷害

本試験地はコナラがとくに優勢な林地で、全木数の約70~80%を占めており、これにつぐ樹種としてはクスギ、クリその他があるが、いずれも10%以下である。ところで放牧羊によってうけたぼうがの傷害は、すべて採食によるものであって、踏圧などによる折損やはく皮はみられなかった。したがって、放牧羊の嗜好性が重要な要因となるが、コナラは綿羊にとっては嗜好性中位の樹種に属し、本試験は嗜好性中位樹種を主林木とするぼうが林を対象として、放牧がなされたことになる。

b) 採食率

放牧強度は前記のように軽度と中庸度であったが、このような放牧強度下においては、両強度間の採食率にはほとんど差がみられず、ほぼ同様の傾向であった。すなわち、1年生ぼうがについては5月下旬~7月上旬の早期放牧下においては、両強度とも80%内外の高率で採食され、7月上旬以降は7~15%に急に下降した。そして翌2年生からは散発的に採食される程度で、採食率も0~8%にとどまり、ほとんど採食されなかった。したがって、放牧強度と採食率との関係は薄く、放牧強度に関係なく採食は1年生ぼうがの春季に集中していた。

c) 樹高成長

放牧終了年の5年生ぼうがの樹高についてみれば、軽度放牧が292~373 cm、平均342 cm、中庸度放牧では287~341 cm、平均303 cm、禁牧区が326 cmとなり、3者間には大差はなかった。まず、採食は前述のように1年生の春季に集中していたが、軽度放牧においては春放牧が他の季節よりも低い樹高を示したが、中庸度放牧ではそのような傾向がみられず、結局放牧強度が軽度~中庸の場合には、むしろ立地条件による差が生物条件よりも強くあらわれるものと思われる。また、本試験における採食率は、採食ぼうが本数をもとにしたもので、採食された量については不明であるので、採食率とぼうが高を結ぶことが困難でもある。

B. 放牧強度に対する植生の反応 (林試研報 No. 173, p. 18~33)

本試験地には144種の植物が分布し、グループとしては雑草類の優勢な植生型であった。植生推移の様相を本数密度についてみれば、両強度とも放牧当初にくらべて5年めには高密度となり、とくにスゲ類の増加が顕著であった。当初優勢であった雑草類は、軽度放牧下では変化が小さく、中庸度放牧では若干減少したが、両強度の差は顕著でなかった。収量についてみれば、当初優位であった雑草類が5年後には、イネ科草類やスゲ類、ササ類や木本類などによって置きかえられたが、放牧強度間や放牧季節間の差はほとんどなかった。このような推移は森林伐採後の様相を示すものであって、放牧強度が軽度~中庸のために生物要因が強く働かなかったものと考ええる。

C. 放牧強度に対する家畜の反応 (林試研報 No. 173, p. 8~10)

成雌羊は37~40 kgで入牧したが、放牧中に両強度とも6 kgの増体重量を示した。仔羊は10~12 kgで入牧し、放牧中の増体重量は15~17 kgであった。このように両強度とも放牧中の減量はなく、成羊では20%、仔羊は2.3倍の増量を示し、両強度とも発育の障害はなかったが、両強度間の差はみられなかった。

D. 放牧季節に対する反応

ぼうがの採食については、一般に春季がもっとも採食され、とくに1年生ぼうがにこの傾向が強い。しかし、ヤマザクラのような嗜好性高位の樹種では季節間の差がほとんどなかった。ぼうがの樹高との関係では前記のように顕著な傾向がみられず、植生推移との関係についても特徴がなかった。

3. 総 括 論 議

1) 放牧家畜によってうけた林木の傷害

放牧家畜が幼齡林木に与える直接的な傷害は、採食による樹葉と若枝の欠除、踏圧による主幹のはく皮と折損、なすりつけによる主幹や側枝の折損などがある。本研究においては、これらの各種傷害が単独に、あるいは複合して発生したが、いまこれを整理してみればつぎのようになる。

(1) 採食による傷害

ミズナラぼうが林に対する肉用牛（日本短角種）の放牧、ヤチダモぼうが林に対する肉用牛（日本短角種）の放牧、コナラぼうが林に対する緬羊放牧、カラマツ人工林に対する緬羊放牧の4試験においてこのような採食傷害が発生し、カラマツ人工林に対する肉用牛（黒毛和種）の放牧では発生しなかった。そして採食傷害は単独に発生し、他の傷害たとえば主幹や側枝の折損などとの併発はみられなかった。

したがって本研究によれば、広葉樹のぼうが林に対する肉用牛および緬羊放牧の場合には、採食傷害の発生を予定しておかねばならず、また針葉樹人工林（カラマツ）については、緬羊放牧の場合に採食傷害を考慮しなければならない。なお緬羊の場合は、広葉樹、針葉樹の別なく採食傷害が発生したが、一般は緬羊の飼料植物に対する嗜好性の幅は山羊とともに広く、とくに樹葉類に対する嗜好性の高い家畜とされているため、本研究においてもカラマツが採食の対象となったものと考えられる。しかし、針葉樹種の中でもアカマツやヒノキなどについての緬羊の採食事例はみられず、針葉樹といっても現段階ではカラマツに限られているものと思われる。

(2) 踏圧およびなすりつけによる傷害

カラマツ人工林に対する肉用牛（黒毛和種）の放牧の場合にのみ発生し、他の4試験ではみられなかった。なお、本研究に限らず林野庁において実行中の肉用牛生産育成実験事業においても、針葉樹人工林に対する肉用牛の放牧の場合には、樹種をとわずこのような踏圧となすりつけによる主幹のはく皮や折損、側枝の折損などが発生している。

しかし、肉用牛の針葉樹種に対する嗜好性は皆無というわけではなく、要は放牧地である林床に分布する飼料植物の量と質によって、嗜好性は左右されるものであるから、かりに林床植物が質量的に相当に不満足の状態にある場合には、針葉樹は飼料植物としての依存度が高くなり、採食傷害の発生も予想される。このことは本研究に引続き実行中の混牧林施業に関する応用的研究（未発表）によっても明らかで、たとえばアカマツは林床が自然草地の場合には採食されないが、人工草地の場合には相当な高率で採食し、アカマツ幼齡林に激害を与えたが、これは飼料植物の質によるものである。したがって、針葉樹といえども肉用牛放牧の場合は採食傷害が予想されることになるが、本研究におけるカラマツ幼齡林に対する黒毛和種の放牧の例では、全くみられなかった。

(3) 傷害の程度

本研究においては、一応傷害の程度のいかんにかかわらず、きわめて軽微のものをも傷害木として測定した。しかし、カラマツ人工林に対する肉用牛および緬羊放牧の試験においては、その程度によって激害、中害、微害の3階級に分類して測定したが、その内容については各試験の要約において述べたとおりである。そして、激害木と中害木は林木の成長がはなはだしく損なわれ、将来の正常な成長を期待できないであろうと推測し、これを被害木として取り扱った。しかし微害木については、そのようなおそれがないものとして、被害木としては扱わなかった。広葉樹ぼうが林に対する肉用牛および緬羊放牧の試験にお

いては、このような階級を設けなかったが、ぼうがの頂芽が採食されたものについては測定し、これを被害木と同様に扱った。

しかし、1～6年生の幼齢林の時期の傷害の程度によって、将来の成長状況を予測することは非常に困難であり、しかも今後なされる除伐や枝打ちなどの保育作業の際の傷害木の取り扱いの問題、さらに間伐についても同様の問題があり、主伐にいたるまでの施業方針によって、あるいは1～6年生の時期の比較的低率の被害木の発生は、無視できる程度のものかもしれない。しかし、本研究においては測定時の傷害状況によって、上記のように階級づけを行ない、各傷害木を測定し、一応傷害の判定をしたものである。現に高林齢にいたった場合に、被害率が幼齢林(放牧中の)の時期よりも相当に低下している例もみられた(カラマツ人工林に対する肉用牛の放牧)。

2) 放牧強度に対する林木、植生、家畜の反応

(1) 肉用牛の放牧

G. I. I. すなわち放牧強度指数によって各試験の放牧強度についてみれば、軽度放牧がなされたのはヤチダモぼうが林の1例のみであった。中庸度放牧はミズナラぼうが林とカラマツ人工林およびヤチダモぼうが林の3例、そして重度放牧はカラマツ人工林とミズナラぼうが林の2例であった。

A. 軽度放牧の場合

a) 嗜好性高位樹種を主林木とするぼうが林に対する放牧

ヤチダモを主とするぼうが林に、G. I. I. 1.39 という軽度で日本短角種牛が放牧された。しかし、ヤチダモのように放牧牛の嗜好性の高い樹種を対象としては、たとえ G. I. I. 1.39 という相当に軽度の放牧であっても、採食率は80%以上を示し、きわめて高い採食頻度でぼうがは食いぢぎられた。したがって、嗜好性の高い樹種を対象としては、放牧強度による採食のコントロールは不可能であることが本試験で明らかになった。

ただ本試験における採食率とは、採食ぼうが本数の全ぼうが本数に対する比率であって、実際に放牧牛の体内にはいったぼうがの量については、測定困難のためなされていない。したがって、採食率が高くて放牧牛によって持ち去られた量は少量の場合もあり得るわけであり、またぼうがの成長に関与するのはこの持ち去り量であると考ええる。

ところで本試験のように採食率80%以上という状態では、やはりぼうがの成長を阻害しており、たとえば4年生林について放牧を禁じた林地の樹高を100とすれば、季節放牧は75、春～秋の継続放牧は実に42という状態で、採食率は樹高成長と深い関係のあることを示している。したがって、採食率が80%という高率であることは、量的にも相当量が持ち去られ、樹高成長にかなりの影響をおよぼしたものと考察される。

さらにこの程度の放牧強度下においては、放牧季節との関係を無視することができない。すなわち、採食率では春、夏、秋の3季節に顕著な差がみられないが、樹高成長については禁牧区を100とすれば秋放牧が92、夏放牧が72、春放牧が61としだいに低下し、さらに春～秋の継続放牧では42にすぎなかった。したがって、軽度放牧であっても嗜好性の高い樹種を対象とした場合は、春～秋の継続放牧がもっとも樹高成長に悪影響をおよぼして危険であり、ついで春放牧があげられるが、秋放牧は季節間ではもっとも安全である。このことは、採食率が同率であっても春季は1回の採食量が多いためであるのか、それともぼうがの成長の最盛期に採食されるためであるのか不明であるが、そのいずれか、または両方によるものと

考察される。また春～秋の継続放牧がもっとも危険であるのは、休牧期間がないために随時採食されるためと考えられ、輪換放牧の必要性を示唆している。一般に輪換放牧は草生維持を考慮した放牧方式であるが、混牧林施業においてはさらに林木の成長の保護と促進のために、林床が自然草地の場合には1～2回、人工草地の場合には草生状態によるけれども、4～7回の輪換放牧がのぞましいものとする。

つぎに植生推移との関係についてみれば、植生の condition や trend からみてとくに顕著な傾向がみられず、軽度放牧下においては fair～good condition で維持されている。したがって軽度の放牧は牧養力（草地生産力）を低下させず、混牧林地としてはのぞましい植生を維持させることが可能である。ただ、放牧季節によって植生推移の様相が若干異なっていたが、これは1年生草本と多年生草本の成長のピークが、夏季を境界として入れかわるため、放牧季節がこれと関係してくるものと思われる。しかし、このような傾向は放牧強度が軽度であるからであって、もし重度放牧が継続された場合には、1年生と多年生草本の両者とも相当な打撃をうけることになるので、上記のような放牧季節による傾向は消されてしまい、poor condition へと推移することは明らかである。

放牧牛の生育は順調で、日増体重量も約430～760gで、日本短角種の山地放牧として問題はなく、1年1haあたり41kgのcattle gainを示している。したがって、畜産物（この場合は体重量）の生産量も順当であったとみることができるであろう。

以上のように、G. I. I. 1.39 という相当に軽度の放牧がなされた混牧林地においては、植生の健康状態からみても、また畜産物の生産の面からも、好ましい結果をもたらしたが、その林地が嗜好性高位の樹種が主林木となっている場合には、林木育成の面では問題がある。すなわち、放牧強度によってぼうが採食の程度をコントロールすることが不可能であるからである。したがって、放牧期間の配分法、牧区数の増加などが被害を低下させる手段として考えられ、前記のように被害率は春～秋の継続放牧＞春放牧＞夏放牧＞秋放牧の順位であるので、まず1牧区による継続放牧は行わず、ついで春季は放牧期間を短くし、そのために数牧区を設定し、これら数牧区による短期輪換法をとることがのぞましいものと考えられる。夏放牧と秋放牧については、夏放牧は若干の注意を要するが、秋放牧は問題が少ない。

B. 中庸度放牧の場合

a) 嗜好性高位樹種を主林木とするぼうが林に対する放牧

本事例は前記Aのa)との組合せで実行したもので、ヤチダモを主とするぼうが林にG. I. I. 0.94という中庸度の放牧がなされたものである。ところで前記のように、G. I. I. 1.39という相当の軽度であっても、ヤチダモのような嗜好性高位の樹種は、放牧季節によっては相当の被害をうけており、ましてG. I. I. 0.94となればさらに被害が増大することが予想される。

現に採食率については軽度放牧との差は顕著でないけれども、ぼうが高についてみれば禁牧の100に対して、中庸度の全季放牧は実に34という状態で、前記軽度の全季放牧の42よりもさらに低い樹高を示した。したがって、前にも述べたように採食率は同じであっても、中庸度全季放牧は1回の採食量が軽度よりも多量であり、しかも春～秋の継続放牧のため休牧期間のないことが、このような低い樹高を示すようになったものと考えられる。

したがって、たとえG. I. I. 0.94の中庸度の放牧であっても、嗜好性高位の樹種を対象としてはぼうがの成長を阻害することは明らかである。なお嗜好性中位樹種（本事例においてはミズナラ、ホオノキなど）については、放牧によってぼうがの成長を阻害することはほとんどなく、前記の軽度放牧との間の差

も顕著でなく、両強度ともほぼ同様の傾向がみられる。

つぎに、中庸度放牧下における植生の推移や放牧牛の発育については、前記の軽度放牧の場合とほぼ同様の結果を示したので、Aのa)を参照せられたい。

このように、嗜好性高位のヤチダモなどを主林木とするぼうが林を対象としての肉用牛の放牧は、たとえば G. I. I. が約 1.4 の相当に軽度の放牧であっても、ぼうがの成長を阻害する放牧季節が認められたのであるから、まして G. I. I. 0.94 という強度で春～秋の継続放牧がなされた場合には、林木のうける被害が大きいことは当然である。したがって、混牧林施業上からは、なるべく軽度の放牧がなされなければならないことが前提となり、さらにその際に放牧技術について配慮しなければならないが、このことについては前記 A の a) において述べたので参照せられたい。

b) 嗜好性中位樹種を主林木とするぼうが林に対する放牧

本事例はミズナラぼうが林を対象として、G. I. I. 1.12 という軽度に近い中庸度では日本短角種牛が放牧されたものである。ところが、ミズナラのように、嗜好性の中位の樹種を主とするぼうが林を対象とした場合においても、放牧牛による採食の傷害の発生は認められ、中庸度放牧下においても、ミズナラの1年生ぼうがは34%の採食率を示した。また4年生林においては10%であったが、とくに樹高成長との関係の深い頂芽の採食率(つまり被害率)は7%であった。このように、軽度に近い中庸度の放牧がなされても、ミズナラのような嗜好性中位の樹種も採食の対象となることはあきらかで、放牧牛が飼料植物として樹葉に依存する度合の大きいことを示しており、一般には山羊、綿羊について牛があげられることが多い。

しかし、このような採食の程度では、ぼうがの樹高成長にはほとんど悪影響を与えていない。すなわち、4年生ぼうがについてみれば、禁牧区の205 cm に対して、中庸度放牧では189～239 cm、平均218 cm となっており、放牧季節によっては(秋放牧や夏放牧)禁牧区よりも高い樹高を示した。そしてこのような傾向は、その後16年生林において測定した結果においても認めることができた。なお、中庸度放牧が禁牧区よりも若干すぐれた成長を示したことについては、採食によって適度なぼうがと雑低木の整理がなされたこと、放牧牛の排糞尿によって林地が肥培されたこと、などの生物要因によるものであるか、あるいは立地要因によるものであるかは、現段階では実験的に確認していないので不明である。

このような中庸度の放牧がなされた場合の、放牧季節とミズナラのぼうがとの関係についてみれば、採食率の順位は1年生林で春>全季>夏>秋となっていたが、全季と夏と秋の差は小さく、とくに春季が高率を示した。また4年生林においても採食率は春が高率であり、結局樹高成長についてみれば秋>夏>全季>春の順位となり、採食率に対応していた。したがって、嗜好性中位のミズナラを対象とした中庸度放牧の場合においても、春季放牧はぼうがの樹高成長を若干阻害するおそれがある。なおこのような放牧季節とぼうが成長との関係は、本事例においても嗜好性高位の樹種についてもみられ、このことについては前記 B の a) においてもふれた。

中庸度放牧下における植生の推移については、放牧開始時のスゲまたは短草型が、4年間の放牧によってヤマカモジグサやヒメノガリヤスなどを主とする短草型へと移行し、放牧地としては非常に好ましい trend を示し、植生の状態は good condition と判定された。つぎに、放牧牛の発育についてみれば、1日1頭あたり平均780 g の増体重量を示し、これは山地に放牧された日本短角種牛としては良好な発育をしたことになり、1 ha あたりの取得体重量も44.5 kg で比較的高い数値であった。

以上のように、ミズナラやブナその他の嗜好性中位の樹種のぼうが林を対象として、放牧強度を中庸度（本事例では G. I. I. 1.12）に保って放牧した場合には、植生の状態はきわめて健康であり、その推移も牧養上から好ましい方向へと進行し、一方放牧家畜もまた順調な発育を続け、混牧林地からの畜産物生産量（本事例においては体重量）も相当量が期待できた。ところで林木に与えた影響であるが、ぼうがは放牧牛によって採食はされるけれども、樹高成長を阻害することはなく、むしろ放牧を禁じた林地よりも若干高い樹高を示した。しかし、放牧季節によっては悪影響が認められ、春季の放牧は成長を損なうおそれが多分にみられるので、ぼうが高が grazing height 以下にある場合には、牧区の設定数と輪換方法などについて留意することが必要であり、このことについては前記 A の a) および B の a) において述べているので参照せられたい。

c) カラムツ幼齡人工林に対する放牧

林齢3～6年生のカラムツ幼齡林を対象として、G. I. I. 0.87 という中庸度といっても重度にやや近い放牧強度で、黒毛和種牛が放牧された。中庸度放牧であってもカラムツは被害をうけたが、すべて踏圧やなすりつけによる折損やはく皮などの傷害で、樹葉や若枝の採食傷害は発生しなかった。

被害は3～6年生の各林齢において発生したが、とくに4年生林（平均樹高70～110 cm）において多発した。しかし、被害率についてみればわずかに2～4%という状態であり、また5、6年生林では2%以下であった。ただ、放牧牛が休息地（bed ground）として利用した地域一帯は、中庸度放牧といえども被害率が高く、枯死したカラムツも多数発生した。そこでこのような休息地も含めて、4年間にわたって中庸度放牧がなされた混牧林地全域についての被害の発生状況についてみれば、6.8 ha の混牧林地に植栽されたカラムツの本数は約18,300本であったが、このうち被害木と判定されたものが1,245本あり、したがって被害率は6.8%となる。このように、放牧強度が中庸度であるときには、3～6年生の幼齡林を対象とした放牧であっても、この程度の低い被害率にとどめることが可能であり、混牧林施業上の問題点は少ないものと考察される。なお、放牧季節に分けてみれば春と夏放牧の被害率が若干高く（10%）、秋放牧は比較的低率（3%）であったが、このことは6～8月のころはカラムツの樹幹や側枝が軟弱なことによるものであると考えられる。

つぎに樹高成長の状況を6年生林についてみれば、放牧を禁じた林地の195 cmに対して、春～秋の継続放牧が183 cm、そして季節放牧が153 cm となり、継続放牧は禁牧とほぼ同じ成長を示したが、季節放牧は禁牧よりも約20%低い樹高となっている。これは季節の中でも、とくに夏放牧と春放牧の両区が低樹高であることによるものであるが、その原因を検討した結果、まず立地条件（不良土じょうおよび風衝地）があげられ、そして前記の生物条件（被害率）が若干これに関連しているものと判定された。

ところで、7年間の休牧がつづいた13年生林について、樹高および胸高直径について再調査を行なった。その結果によれば、中庸度放牧を行なった混牧林地のカラムツ樹高は6.37 mで、放牧を禁じた林地の5.92 mよりもやや高く、また胸高直径については混牧林地の7.5 cmに対し禁牧林区は6.5 cmであった。また、樹高階別の本数分布状況をみても、混牧林地では7 mをピークとして6～8 mに多数分布しているが、禁牧林地では7 mをピークとするが6～7 mに半数以上が分布している。したがって、本事例のように、G. I. I. 0.87 という中庸度放牧がなされた混牧林地においては、13年生林の成長状況は放牧を禁じた林地よりも若干優位の傾向がみられるようである。

本試験地の植生型は、放牧当初はクマイザサー木本類—イネ科草類という型であったが、4年間の放牧

によってもこのような型は変動せずに推移し、牧養力の低下はみられなかった。たとえばクマイザサの収量についてみれば、禁牧林地ではほとんど横ばい状態を示し、混牧林地では2〜3年間はむしろ増収となり、4年めで若干の減収をみた。このように放牧と植生推移との関係については、混牧林地の植生の健康状態は、fair~good condition で維持されている。つぎに放牧牛の発育状態についてみれば、日増体重量は511gとなっており、山地に放牧された黒毛和種牛としては若干低目ではあるが標準に近い発育を示し、また1haあたりの取得体重量も30kgであった。

以上のように、カラマツ幼齡林を対象として黒毛和種牛を配した混牧林においては、G. I. I. 0.87 という中庸度の放牧がなされた際には、林床植生の健康度を不良化することなく、牧養力の低下もみられず、一方放牧牛も順調な発育をつづけ、毎年1haあたり30kgの体重を混牧林地から取得することができた。ところで、林木に与えた影響についてみれば、カラマツはやはり被害をうけたが、休息地周辺の地域に集中しており、他の地域では低率であり、結局混牧林地全体としてみればきわめて低い被害率にとどまった。したがって、樹高成長についても6年生林のころは放牧を禁じた林地とほぼ同等または若干低かったが、13年生林においては放牧を禁じた林地よりもむしろ樹高、胸高直径ともに優位であった。この原因については、あるいは立地条件によるものであるかもしれないが、3〜6年生林にわたって中庸度の放牧が続けられたことにより、放牧牛による適度な草本類や木本類の整理、すなわち下刈りに準じた機能を果たしたこと、または排糞尿による林地の肥培、なども考えられるが現段階では明らかにされていない。なお、試験放牧は6年生林で打ち切ったが、その後の林況、とくに林床植生から判定して、混牧林としての利用は10〜12年生までは可能のように推察され、この際には適度な除伐と枝打ちを執行することにより、牧養力を高めるとともに放牧牛の移動行動を容易にすることが可能であろう。したがって、放牧強度が中庸度である場合には、カラマツ人工林を対象とした混牧林は、更新後約10年間は放牧可能として施業計画をたてることが可能であり、この際に保育作業との関係を重視し、これを吟味しながら進めることが必要である。なお、保育作業の吟味については、本試験地を利用し引続き実行中である。

C. 重度放牧の場合

a) カラマツ幼齡人工林に対する放牧

本事例は前記Bのc)との組合せで実行したものであるが、G. I. I. についてみれば0.53という重度の放牧がなされている。ところで、前記のようにG. I. I. が0.87の放牧であっても、踏圧やなすりつけによる被害木が休息地周辺に集中して発生しており、まして重度の放牧となればそれ以上の高率となることが予想され、現に中庸度放牧の1.9〜3.6倍の被害率となっており、4年生林では6〜9%、5〜6年生林では2〜4%を示した。

放牧の終了した6年生林について、激害をうけた休息地周辺地域をも含めた混牧林地全域についての被害率についてみれば、混牧林地面積が3.24ha、これに植栽されたカラマツの本数は約9,320本であったが、このうち1,659本が被害をうけており、被害率は17.8%となる。これを前記の中庸度放牧の場合と比較してみれば2.6倍となっており、重度放牧のなされた混牧林地ではこのように20%に近い被害木が発生し、危険性の高いことを示している。つぎに、放牧季節に分離して被害率を検討してみれば、秋季の放牧は極端に低率で4%にすぎないけれども、春季や夏季および春〜秋の継続放牧では、実に20〜21%の高率となっている。したがって、G. I. I. 0.53の重度放牧であっても、秋季放牧は中庸度放牧とほぼ同様の被害にとどまるけれども、その他の季節は重度の放牧の悪影響が判然とあらわれている。なお、秋季

放牧の被害が低率であることについては、前記の B の c) においてもふれている。

つぎに樹高成長の状況を6年生林についてみれば、禁牧区の195 cmに対して159~163 cmとなっており、放牧を禁じた林地の樹高の80%強の樹高にあたり、このことは前記のような20%に近い被害率が原因になっているようにも考えられる。また、7年間の休牧が続いた13年生林についての調査結果によれば、重度放牧を行なった混牧林地の平均樹高は5.67m、平均胸高直径は6.9 cmであったが、これを放牧を禁じた林地と比較してみれば、樹高ではこれの95%にあたり、胸高直径はほぼ同様であった。したがって、7年間の休牧によって重度放牧がなされた林地のカラマツは、相当な回復をみせており、樹高ではわずかに5%の減、胸高直径はほぼ同様という成績を示すようになった。

混牧林地の林床植生は、クマイザサ—木本類—イネ科草類という型であったが、4年間にわたる重度の放牧によって、草本植物が非常に減少し、木本類の優勢な型へと移行した。またクマイザサの収量の推移についてみれば、放牧3年目ですでに初年目の半量となり、4年目には70~80%の減収となった。すなわち、重度の放牧のためにクマイザサに対する依存度を高め、頻繁にこれを採食しつづけたために、このような急激な減収を招いたものと考えられる。したがって、林床は低木類や高木類の稚樹が優勢となり、クマイザサをはじめとして草本類が衰退し、混牧林地としては poor condition へと推移したものと判定される。

放牧牛の発育にも重度放牧は悪影響を与えた。すなわち、日増体重量は272 gというきわめて低い数値を示し、前記中庸度放牧の場合の約半量にすぎなかった。したがって、単位面積あたりの取得体重量も少なく、1 haあたり11.4 kgであったが、これは前記中庸度放牧の場合の38%にすぎなかった。

カラマツ3~6年生の幼齡林に対して、G. I. I. 0.53 という重度の放牧がなされた場合の、林木と植生と家畜に対する反応は以上のようなものであるが、林木については問題はあまり大きくなく、植生と家畜には問題が残されているものと考えられる。すなわち、カラマツがうけた被害は、たしかに6年生林の時期には秋放牧を除けば20%の被害率を示し、無視することはできないが、13年生林について再調査をした結果によれば、被害木と枯損木の合計が約1%となっており、7年間の休牧中に大幅に回復している。また樹高成長についてみても、6年生林においては混牧林地は禁牧林地の80%の樹高にとどまっていたが、13年生林についてみれば樹高は放牧を禁じた林地とほぼ同等であり、胸高直径も同様の結果となっている。したがって、放牧期間中に限定せずその後の休牧期間も含めて長期的にみれば、放牧を行なわないカラマツ林と混牧林として維持したカラマツ林との間に、被害の程度および成長の点からみてもあまり大きな開きがなく、カラマツ林の育林上の問題はそれほど大きくないものと考察される。

しかしながら、畜産物の生産量は非常に少なかった。すなわち、日増体重量は黒毛和種の成牛としては、約270 gという数値は非常に低く、土地からの取得量も1 ha 約11 kgにすぎず、前記の中庸度放牧の場合の半量またはそれ以下であり、G. I. I. 0.53 という放牧強度ではやはり期待したほどの増体重量も取得体重量もみられなかった。さらに、林床植生を牧養上からみると、悪化の方向へと進行させた。すなわち、飼料源としてももっとも貴重な草本類を衰退させ、クマイザサは放牧当初の70~80%の量に減収してしまった。このことは前記の畜産物の生産量の僅少と深い関係のあることはいうまでもない。

したがって、G. I. I. 0.53 の重度放牧は林業側からみれば長期的にみてもまず許容できるとしても、畜産側からみれば肉用牛の発育を阻害し、畜産物生産量が少なく、また肉用牛飼養の場である林地植生を悪化させる結果となり、混牧林として施業する場合には、このような重度の放牧は避けなければならないもの

と考察される。

b) 嗜好性中位樹種を主林木とするぼうが林に対する放牧

本事例は前記 B の b) との組合せで実行したもので、G. I. L. は 0.29 という超重度の放牧がなされた。したがって、前記のように中庸度放牧下においてさえも、ミズナラなどの嗜好性中位樹種が採食被害をうけている状況であり、まして超重度の放牧下においては相当に高い被害率が予想されるのは当然である。すなわち、ミズナラのぼうがは 1 年生においては 89~96% という高率で採食され、4 年生においても 81~96% で 1 年生とほとんど変わりがなく、大部分のぼうがが採食されており、しかも樹高成長と関係の深い頂芽が採食されたぼうが(すなわち被害とみなされるもの)は 56~71% で相当に高率であった。

このような重度の放牧がなされた場合には、放牧季節間の差はほとんど消されてしまい、各季節とも高率であったが、ただ 4 年生ぼうがの被害率については秋放牧が比較的他の季節よりも低率であった。また、再々にわたる採食のために、重度放牧の混牧林地においてはミズナラの枯死株が 25% の発生をみており、これを中庸度放牧の 2% と比較すれば、その差はきわめて大きかった。

以上のような激しい採食状況は、ぼうがの成長に悪影響を及ぼし、すでに 1 年生ぼうがの時期に相当の差がみられた。すなわち放牧を禁じた林地の樹高の 66% にとどまり、このような差は放牧中ちぢまらず、最終年の 4 年生林においては禁牧林地の 59% にすぎなかった。さらにその後、12 年間にわたって休牧の続いた 16 年生における再調査の結果によっても、重度放牧のなされた林地の樹高は 2.6~3.0m で、禁牧林地の 3.4m と比べて 0.8~0.4m の差がみられた。ところで、採食率については放牧季節間の差は顕著でなく、重度放牧下においては各季節とも高率であったことは前に述べたとおりであるが、樹高成長については季節間の差が比較的顕著にあらわれ、4 年生林についてみれば秋>夏>春>春~秋の継続放牧の順位となり、いま秋放牧の樹高を 100 とすれば 87, 66, 50 となり、春~秋の継続放牧は秋放牧の半分にすぎず、春放牧もまた 66 にとどまっていた。このように、採食率が同じであっても樹高成長については差が生ずること、継続放牧が放牧方法上問題があること、春季放牧の悪影響が大きいことなどについては、今までにたびたび述べているので参照せられたい。

放牧牛の発育は、中庸度放牧と比較すれば相当に劣っていた。すなわち、日増体重量は 272~400g、平均 330g にすぎず、日本短角種牛としては低い数値を示し、中庸度放牧の 47% にすぎなかった。また 1 ha あたりの取得体重量は 41.3kg で中庸度放牧の 8% 減となっている。4 年間にわたって重度放牧がなされた林地の植生推移についてみれば、このような混牧林地はシバやヌカボなどを主とする短草型へと進行した。しかし、これらの短草類はぼうが更新を目的とする林地としても、また混牧林地としても好ましいものではなく、したがって植生は好ましくない短草型へと移行し、健康度は poor condition と判定された。

以上のように G. I. L. 0.29 という超重度の放牧は、主林木であるミズナラのぼうがの被害率を高くし、そのために樹高成長をいちじるしく阻害し、16 年生林にいたっても 1~4 年生林の時期の重度放牧の悪影響が残っており、中庸度放牧や禁牧との差がちぢまらなかった。本来、ミズナラは嗜好性は中位の樹種であるが、重度の放牧によってミズナラのぼうがは飼料植物としての価値を高める結果となり、その結果以上のような悪影響をもたらしたものであり、たとえ嗜好性中位であっても、重度の放牧はさげねばならないことを示している。さらに重度放牧は植生の状態を不健康にし、牧養力を低下させる結果となり、また放牧牛の発育を不良にして畜産物の生産量が思わしくない結果を招く。したがって、重度の放牧は林業側からも畜産側からも問題が多く、混牧林施策を行なううえに注意しなければならない。

(2) 緬羊の放牧

G. I. I. によって各試験の放牧強度についてみれば、軽度放牧はコナラぼうが林を対象とした 1 例のみで、中庸度放牧はコナラぼうが林とカラマツ人工林の 2 例、そして重度放牧はカラマツ人工林の 1 例であった。なお、緬羊はすべてコリデール種であった。

A. 軽度放牧の場合

a) 嗜好性中位樹種を主林木とするぼうが林に対する放牧

本事例はコナラを主林木とするぼうが林に、G. I. I. 1.66 という本研究においてはもっとも軽度の放牧がなされたものである。しかし、放牧羊によるコナラぼうがの採食害は明らかにみられ、コナラは飼料植物の 1 種としてあげることができる。ただ、採食率の点からみれば 1 年生の春季 (5~7 月) がとくに高率であって、80% を越えたけれども、他の季節は 10% 以下であり、また 2 年生以降では春季にまれに採食される程度で、夏季や秋季はほとんど採食されないという状態であった。したがって、コナラは放牧羊の採食の対象とはなるが、1 年生の春季に限られており、G. I. I. 1.66 という軽度の放牧ではコナラはむしろ嗜好性低位樹種とみても差し支えないであろう。

なお、1 年生の 5~7 月に集中して採食された原因については、この時期のコナラのぼうがはすこぶる軟弱で採食されやすかったことにもよるであろうが、森林伐採直後の春季の林床植生の状態は、飼料草類の生育がまだ十分でないために、この時期に限り放牧強度は重度であったものと推察され、そのためにコナラぼうがに対する、飼料としての依存度を高めたことにもよると考察される。

このような採食の程度では、コナラの成長に対する悪影響はほとんどみられず、放牧を禁じた林地の 5 年生林の樹高 330 cm に対し、軽度放牧の林地では 340 cm であった。なお、1 年生の時期に集中して採食された春放牧が約 290 cm で、他の季節よりも若干低い樹高を示したが、採食による生産的な条件によるものであるか、あるいは立地条件によるものであるか不明である。

放牧開始当時の林床は、雑草類 (イネ科、スゲ類、シダ類、ササ類などを除く草本類) の優勢な植生状態であったが、しだいにイネ科草類、ササ類、木本類などの優勢な型へと推移していった。このことは、森林伐採後の植生推移の一般的な様相を示すもので、とくに G. I. I. 1.66 という軽度の放牧であり、また家畜が緬羊であることから当然の動向と考えられる。また、放牧羊にとっては嗜好性の非常に高い雑草類については、4 年間にわたってほとんど増減なく維持されており、このことは放牧強度が軽度であったためと考えられる。放牧羊の発育上の問題はみられず、放牧中に成羊では 20% の増体重量を示し、子羊では 2.3 倍の増量となり放牧中に 15~17 kg の増体重量を示した。

このように、軽度の放牧がなされる場合には、伐採当年からのコナラぼうが林を対象とした混牧林施業は問題がなく、コナラは放牧を禁じた林地と同様の成長を示し、ぼうが更新を妨げることはない。また林床植生の健康度および牧養力についても、悪影響を与えることはなく、植生は good condition で維持された。さらに放牧羊は成・子羊ともに順調な生産を続け、畜産物 (本事例においては体重量) の収穫量も普通であった。

しかし、G. I. I. が 1.66 という相当な軽度で放牧がなされており、混牧林地としては実際にはきわめて広い面積が要求されることが多い。したがって、土地の集約利用の面ではこのような軽度の放牧は問題があり、G. I. I. を引下げるが必要と考えるが、このことについてはつぎに述べる。

B. 中庸度放牧の場合

a) 嗜好性中位樹種を主林木とするぼうが林に対する放牧

本事例は前記 A の a) との組合せで実行したものであるが、G. I. I. は 0.88 の中庸度放牧であったが、前記の A の a) の約半分の指数となっており、中庸度といっても若干重度に近かった。ところで前記の軽度放牧の場合には、コナラのぼうがの採食は1年生の5~7月にほぼ限定されていたが、中庸度放牧においても全くこれと同様の傾向を示し、1年生の7~10月の放牧および2年生以降ではほとんど採食されなかった。したがってコナラぼうがの採食の程度は、G. I. I. が 0.88 であっても 1.66 の場合とほぼ同様であった。樹高成長についてみれば5年生林で 303 cm となっており、放牧を禁じた林地の 326 cm に比較して若干低いが、その差は僅少であった。したがって G. I. I. 0.88 の中庸度放牧であっても、主林木であるコナラのぼうが更新を妨げることはほとんどなく、放牧を禁じた林地とほぼ同程度の成長を期待することができた。

つぎに、中庸度放牧と植生推移との関係についてみれば、当初優勢であった雑草類がしだいにイネ科草類、ササ類、木本類におき換えられていったが、このような動向は前記の軽度放牧とほぼ同様の結果であった。ただ、中庸度放牧においては雑草類の減収が目立ち、軽度放牧では増減があまりなかった。中庸度放牧の場合に雑草類が減収となったことについては、緬羊は雑草類に対する嗜好性が非常に高いために、G. I. I. 0.88 という強度のもとでは雑草類の採食頻度が相当に高くなり、したがって減収を招いたものと考察される。しかし、植生の健康度の点では問題はなく、fair~good condition で維持された。放牧羊の発育については前記の軽度放牧の場合と全く同様であり、中庸度においても順調な発育を示した。

前記 A の a) では G. I. I. 1.66 という相当な軽度放牧がなされた混牧林についての林木、植生、家畜などの反応について述べ、いずれも満足な結果を得ているが、いま G. I. I. を約半分に低下させた 0.88 という放牧強度においても、軽度放牧とほぼ同様の結果が得られた。もっとも 0.88 といってもこれは中庸度放牧の範囲に入っており、したがって中庸度放牧においてもコナラぼうが林を対象とした混牧林施業上の問題はほとんどないものとする。したがって、軽度放牧の項でとりあげた土地の集約利用については、かりに飼料植物の収量を一定にすれば、前記軽度放牧の半分の混牧林地においても経営が可能であることになり、G. I. I. 0.88 が一応の目標としてあげることができるであろう。なお、本研究においては G. I. I. 0.8 以下の重度放牧の事例がないので、このような重度の放牧がなされた場合のコナラの成長、植生と家畜の状況について知ることが不可能であるが、他の事例などを勘案してみれば、やはり重度放牧は危険をとまうことが多く、G. I. I. にして 0.8 内外にとどめることがのぞましいと考察される。

b) カラムツ幼齡人工林に対する放牧

本事例はカラムツの2~5年生の幼齡林に、G. I. I. 1.18 の中庸度放牧を行なったものであるが、中庸度といっても軽度放牧に近い状態であった。しかし、放牧羊はカラムツの樹葉や若枝を採食し、カラムツは緬羊にとっては飼料植物の一つであることを示している。ところで、採食は主として2~3年生林に限られ5年生林ではみられず、また2~4年生林の被害率(全本数に対する激害本数の比率)についてみれば6~1%という状態であり、カラムツは飼料植物ではあるが採食による被害は、中庸度の放牧下においては軽微であった。なお、採食された2~4年生のカラムツの樹高は 65~185 cm であったが、もっとも採食率が高かったのは 65~120 cm の時期であり、これにより放牧羊の grazing height を想定できるものとする。

このような被害をうけたカラムツの樹高成長の状況を、放牧終了年にあたる5年生林についてみれば平

均 260 cm を示し、放牧を禁じた林地の 250 cm とほぼ同様の成長を示したが、樹高階別の本数分布の状況をみれば、禁牧林地では本数分布のピークが 210~250 cm であるのに対し、中庸度放牧の林地では 250~290 cm であって、放牧を禁じた林地よりも混牧林地が若干優勢であった。しかしその原因については、放牧による生物的な条件であるのか、あるいは立地条件によるものであるか不明である。なお、放牧季節間の差については顕著でなく、G. I. I. 1.18 の中庸度放牧であれば放牧季節についての問題はないものと考えられる。

ところで、林地に放牧された緬羊の移動範囲は比較的狭く、肉用牛のように林地全般を利用することはなく、移動頻度の非常に高い地域や、ほとんど移動しない地域などがみられた。そして、移動頻度の高い地域は中庸度放牧では全林地の 20% 強を占めていたが、このような地域では被害が比較的多く、再々の採食によって樹型が異常になったものも発生した。ところで、このような地域は一般に看視舎や庇陰舎などの建物や、牧道や木戸などの放牧施設の周辺に多くみられた。したがって、被害を低率にとどめるためには、このような放牧にともなう施設はできるだけ植林地外へ離して設定するようにし、また場合によっては施設周辺については植栽を行なわないことも考えられてよいであろう。

中庸度放牧と植生推移との関係を、牧養上好ましくない草類、すなわちヒメムカシヨモギその他の 1 年生草本類、およびキンミズヒキその他草地植生が不健康な状態で優勢となる草本類によって吟味した。ところで、中庸度放牧ではこれら好ましくない草類の出現頻度はしだいに低下し、被度はほとんど動かず、収量はしだいに減収となった。したがって、植生の状態は fair condition と判定することができる。放牧羊の発育についてはとくに問題はなく、成羊・子羊ともに順調な発育を示したが、ただ樹高が緬羊の体高をはるかに越える林地においては、授乳中の母羊と子羊を同時に放牧することは、子羊と母羊の位置の確認が互いに困難となり、子羊の発育が若干低下するようにみられたので注意が必要であろう。

以上のように、G. I. I. 1.18 という軽度に近い中庸度で放牧がなされた場合には、カラマツは若干採食されるけれども被害率はきわめて低く、樹高成長にも悪影響を与えることなく、放牧を禁じた林地と混牧林地はほぼ同様の成長を示した。また中庸度放牧下においては、植生の健康状態を損ねることはなく、放牧羊もまた順調な発育を期待することができた。しかし、放牧施設の設定には十分の配慮が必要であり、軽度に近い中庸度であっても、このような施設周辺のカラマツは激害をまめかねないので、混牧林施業上からは前に述べたような手段が必要と考える。また子付きの母羊の放牧についても前に述べたような問題があり、林分の状況、放牧開始時期などについて吟味するとともに、低木類の刈払いなど保育についても配慮することが必要であろう。

C. 重度放牧の場合

a) カラマツ幼齡人工林に対する放牧

本事例は前記 B の b) との組合せで実行したものであり、G. I. I. 0.70 という重度放牧が 2~5 年生のカラマツ人工林を対象にしてなされたものである。はじめに、カラマツの採食被害の状況についてみれば、傾向としては前記の中庸度放牧の場合と同じく、2~3 年生林において多発し、4 年生林ではきわめて少なく、5 年生林では発生しなかった。しかし被害率は相当に高く、2 年生林においては 22~27%、3 年生林では 22~25% を示しており、G. I. I. を 0.70 まで下げると被害率は急に増大する傾向がみられた。

このような高い被害率を示した重度放牧について、これを放牧季節に分けてみると秋放牧が特殊な傾向

を示していた。すなわち、秋放牧の林地においては被害率が2年生林で44%, 3年生林で53%となっており、すこぶる高率の被害をうけている。そして、この原因として飼料草の不足をあげることができ、晩秋のころには雑草類の大部分が枯死し、したがって飼料源として、カラマツの樹葉に依存せざるを得ない状態がつづいたことによるものであり、この時期には G. I. I. 0.70 以下の相当な重度で放牧がなされたものと考えられる。

2~3年生林の時期に、以上述べたように25%内外の被害をうけたカラマツの樹高を、5年生林(放牧終了年)について測定した結果によれば、春~秋の継続放牧をした林地の平均が214 cm, 季節放牧では229 cm, 平均225 cmとなっており、放牧を禁じた林地の250 cmと比較すれば10%の減となっている。また、もっとも本数分布の多い樹高階は170~210であるが、放牧を禁じた林地のそれは210~250 cmであり、重度放牧の混牧林地は低樹高階に傾いている。つぎに、前記のような高い被害率を示した秋放牧の林地についてみれば、夏および春~秋の継続放牧の林地の差は僅少で、ただ春放牧の林地と比較すれば約20%の減となっている。したがって、高い被害率の割には樹高成長に対する悪影響が少ない傾向がみられたのであるが、このことは季節と樹高伸長との関係によるものと思われ、北海道釧路地方における9月上旬~10月中旬の放牧は、採食被害をうけてもこの季節には成長に与える支障は他の季節よりも少ないものと考えられる。

重度放牧下における植生推移の状態を、前記Bのb)にならって好ましくない雑草類についてみれば、これらの雑草類の頻度は中庸度放牧より高く、頻繁に出現しており、被度については明らかに増大しており、収量についてはわずかに減収となった程度であった。したがって、重度放牧がなされた混牧林地においては、好ましくない雑草類が比較的優勢であって、草地の健康度は poor condition と判定された。しかし、放牧羊の発育は4年間にわたって中庸度放牧との差は認められず、飼被度とも同様に標準に近い発育を示したが、前記Bのb)を参照せられたい。

以上のように、G. I. I. 0.70 という中庸度に近い重度放牧がなされた場合には、G. I. I. 1.18 の中庸度放牧とは比較にならないほど被害率が高くなり、とくに9~10月の放牧林地が高率であった。したがって、樹高成長が阻害されたけれどもその程度は非常に軽く、放牧を禁じた林地と比較して若干劣る程度にとどまっている。このような林木の反応、および植生や家畜の反応などからみて、本事例では中庸度に近い重度の放牧であったために、一応畜産物(本事例では体重量)の生産も標準に近い量が得られ、カラマツの成長も若干阻害された程度にとどまっているが、植生の健康状態は比較的不良なことなどを考えれば、カラマツの2~5年生の幼齡林を対象とした緬羊放牧は、G. I. I. を若干高くして0.8くらいの中庸度放牧が妥当のように考えられる。

また、放牧施設の設定については、前記Bのb)においてふれたが、G. I. I. 0.8 の場合においても同様の配慮が必要であり、さらに子付き母羊の放牧についてもBのb)を参照せられたい。

3) 放牧季節に対する林木の反応

放牧家畜によって林木のうける被害の点で、放牧季節が問題となるのはつぎの2点からである。すなわちひとつは、林木自体に関すること、たとえば採食被害の場合には樹葉の嗜好性と季節との関係、季節間における1回の採食量の多少などがあげられ、また踏圧被害の場合には年間成長量の季節配分の状況、季節間における樹幹や側枝の硬軟の差異などがあげられ、このような林木の状況の季節による変化によって、放牧家畜によってこうむる被害の状況も異なった結果を示すことになる。

いまひとつは林床植生の季節的变化であって、たとえば林床の自然草地は牧養上からみれば、量的には夏季（8月下旬前後）が最高を示すけれども、質的には春季（5月～7月）が最良の状態を示す。したがって、このような質と量との季節による変化によって、林木に対する反応が異なってくるのは当然のことである。しかし、厳密に言えば、このことは放牧強度の問題ともなるわけで、強度と季節とは全く分離して考えることは不可能である。

以上のように放牧季節は、採食被害の場合にもまた踏圧被害の場合においても重要な因子となるのであるが、上記のように放牧強度との関係を除外して、単に放牧季節のみについての論議は不可能であるので、つぎに強度をもとりいれて、各事例についてまとめてみることにする。

なお、放牧季節に対する、植生および家畜の反応についても論じなければならないのであるが、植生との関係については、とくにここでとりあげなければならないような顕著な傾向はみられず、ただ1年生草本類と多年生草本類の成長の盛期が、夏季を境界として交代するので、早期の放牧と晩期の放牧との間では多少異なった推移の動向を示した事例がみられたのみである。また家畜に対する反応としては、夏季放牧が他の季節よりも若干増体重量が低い傾向がみられるが、このことは混放林施業とは別の問題であるので、植生および家畜に対する反応については論じないこととする。

（1）採食による被害

A. 嗜好性高位樹種の場合

ヤチダモのような嗜好性の高い樹種を対象とした場合には、春～秋のいずれの季節においてもすこぶる高率で採食され、放牧季節間の差は全くみられなかった。また放牧強度による採食のコントロールも不可能で、中庸度放牧の場合はもちろん、軽度放牧においても中庸度とほぼ同様の結果を示した。しかし、樹高成長については季節間の差がみられ、とくに春放牧（札幌地方における6月中旬～7月下旬）と、春～秋の継続放牧（6月中旬～10月中旬）を行なった林地は不良であり、夏放牧（8月上旬～9月上旬）と秋放牧（9月中旬～10月中旬）の両混牧林地は、放牧を禁じた林地とほぼ同様の樹高を示した。

採食率（全ぼうが本数に対する採食ぼうが本数の比率）は各季節間の差がないのであるが、樹高成長については、春放牧および春～秋の継続放牧を行なった林地が不良であったことについては、すでに放牧強度に対する林木の反応の項においても述べたが、採食率は同程度であっても春季は樹葉や若枝が柔軟なために、1回の採食量が他の季節よりも多量であったこと、および林木の成長の始期～盛期にかけて、高率で採食されたことによる悪影響によるものと考えられる。また春～秋の継続放牧については、休牧期間がないために放牧牛によってぼうがは随時採食されたためと考えられる。

したがって、嗜好性の高い樹種を対象とした混牧林においては、継続放牧法はもっとも危険であるので輪換放牧法をとることにし、さらに輪換放牧においても6～7月の期間は短期輪換とし、8月以降は長期輪換とするような家畜の移動がのぞましいものと考えられる。

B. 嗜好性中位樹種の場合

はじめに、ミズナラ林に対する肉用牛の放牧の事例についてみれば、放牧季節と強度の関係が非常に深く、もし放牧強度が中庸度であるならば採食率は春>秋>夏の順位となり、春季における採食率ももっとも高く夏季は低かった。しかし、放牧強度が重度の林地においては季節間の差はほとんど消えてしまい、各季節ともすこぶる高率で採食されている。したがって、樹高成長についてみれば、中庸度放牧のなされた林地では秋>夏>春～秋の継続放牧の順位となり、しかも秋放牧と夏放牧の林地の樹高は、放牧を

禁じた林地よりも高かったが、春および春～秋の継続放牧はこれよりも劣っていた。重度放牧の林地においては、各季節とも禁牧林地と比較して相当に低い、樹高の順位は中庸度放牧と同様に秋>夏>春>春～秋の継続放牧となり、採食率は各季節ともほぼ同様に高率であったが、樹高についてはこのような差がみられた。このことについては、前記 A においてもふれた。したがって、嗜好性中位の樹種を対象としても、重度放牧の場合には嗜好性高位樹種と同様に、春季の放牧および春～秋の継続放牧については配慮することが必要であると考えられる。

つぎに、コナラぼうが林に対する緬羊放牧の場合については、採食は1年生林の春季（5月下旬～7月上旬）に限定されており、しかも放牧強度とは全然関係がなかった。このことについては、1年生林の春季というのは森林伐採の直後にあたり、そのために草本類はあまり定着しておらず、しかも活力が弱いために、期待したほどの飼料草の収量をあげることができず、結果的にはこの時期の放牧は相当に重度であったこと、および伐採当年の春季のぼうがは非常に柔軟で、緬羊の嗜好性を高めたことによるものと考えられる。しかし、この程度の採食状態では、樹高成長を阻害することではなく、各季節ともほぼ同様の樹高を示した。したがって、本事例のように嗜好性中位樹種のぼうが林を対象として、軽度～中庸度で緬羊が放牧された場合には、放牧季節上の問題はないものとする。

C. 針葉樹種の場合

カラマツ幼齢林に緬羊を放牧した事例によれば、放牧強度が中庸度の場合には、採食率については各季節間の差はみられなかったが、重度放牧の場合にはとくに、秋季（北海道釧路地方における9月上旬～10月中旬）の放牧林地の採食率が高かった。この原因は晩秋のころにいたって林床の飼料草が不足し、そのためにカラマツの樹葉が飼料としての価値を高めたためで、明らかに相当に重度の放牧がなされた結果によるものである。しかし、樹高成長には悪影響を与えることはなく、夏放牧とほぼ同様の樹高を示したが、これは採食時期が秋季であったために樹高成長に与えた影響が小さかったものと思われる。このように、放牧強度が中庸度であるかぎり、放牧季節はあまり問題となることはないが、重度放牧の場合には注意が必要で、とくに晩秋放牧には林床植生の状態を十分に勘案し、終牧期日の決定をする必要がある。

以上のように、嗜好性をともなう採食被害については対象樹種によって差を生じ、嗜好性の非常に高い樹種については放牧季節による採食率の差はみられず、春季から秋季にいたる各季節ともたえず採食されるが、樹高成長に与える影響については春の放牧と、春から秋までの継続放牧がもっとも悪影響を与える。なお、このような嗜好性の高い樹種を対象とした場合は、放牧強度によって採食率をコントロールすることは不可能である。つぎに嗜好性中位の樹種については、肉用牛の放牧の場合には、放牧強度が中庸の場合でも春放牧と春～秋の継続放牧が被害率を高くするようで、この結果樹高成長にも若干の悪影響を与えている。しかし、放牧強度が重度の場合には季節間の差がなく、各季節とも相当に高率の被害が発生するようになり、樹高成長の状況は中庸度に準ずる。緬羊放牧の場合には放牧季節についての問題はあまりみられないが、カラマツ林を対象とした場合には、季節よりもむしろ放牧強度に留意することが必要である。

(2) 踏圧、なすりつけによる被害

A. 針葉樹種の場合

カラマツ幼齢林に対する肉用牛の放牧事例によれば、各季節の中で春放牧の林地の被害率はもっとも高く、秋放牧はもっとも低率であった。そしてこのような傾向は放牧強度のいかんにかかわらず、中庸度と

重度の両強度とも同様であった。このことは、春季（6月下旬～7月下旬）においてはカラマツの樹幹や側枝は柔軟であり、ひずめや体軀による踏圧やなすりつけなどの衝撃に対して、折損やはく皮しやすい状態にあるものと推察され、秋季（9月中旬～10月下旬）になれば相当に硬化しているために、被害率が低いものと考えられる。しかし、被害率と樹高成長との関係は顕著でなく、放牧季節による樹高差はほとんどみられなかった。

以上のように、機械的な踏圧やなすりつけなどによる傷害については、これの発生の程度を左右するものはもちろん放牧強度であるけれども、放牧季節と林木の成長状態も無視することはできず、一般に危険率は春、夏、秋の順に高く、春季放牧および春～秋の継続放牧については注意を必要とする。なお、本研究においては明らかにできなかったが、春季放牧は林木の地下部にも悪影響を与え、伸長しはじめた新根を切断するおそれが多いといわれている。

IV 摘 要

1. 研究設計と実行経過

1) 研究の組立て

本研究の組立て素材として、森林の更新法、畜種、放牧強度、放牧季節の4種をとりあげた。そしてまず森林の更新法と畜種を組み合わせ、①針葉樹（カラマツ）新植と肉用牛放牧、②針葉樹（カラマツ）新植と綿羊放牧、③広葉樹（ミズナラ）ぼうが更新と肉用牛放牧、④広葉樹（ヤチダモ）ぼうが更新と肉用牛放牧、⑤広葉樹（コナラ）ぼうが更新と綿羊放牧の5試験地を設定した。ついで、これら各放牧試験については放牧強度と放牧季節の2素材をとりあげ、放牧強度は軽度と重度、放牧季節は春、夏、秋、春～秋の全季の4季とし、これらを組み合わせ、8試験牧区を設定し、これに禁牧区を加えて9牧区によって放牧試験を行なった。

2) 試験地の概況

前記①の試験は岩手県の岩手山麓で、②は北海道釧路市東方で、③は岩手県八幡平東南部で、④は北海道札幌市郊外で、⑤は福島県阿武隈山中でそれぞれ実行した。これら各試験地については、①はアカマツ天然生林の伐採跡地にカラマツを植栽し、②はダケカンバの2次林を伐採してカラマツを植栽し、③はミズナラ林を、④はヤチダモ林を、⑤はコナラ林をそれぞれ伐採して試験区を設定した。

3) 実行経過

1952～56年の5年間にわたって前記⑤についての試験を開始し（林試研報 No. 173 報告）、ついで1956～60年にわたり③と（同 No. 139 報告）、④（同 No. 148 報告）について同時に実行し、さらに1957～61年の間に、②について（同 No. 172 報告）、1962～65年には①について（同 No. 212 報告）実行したものである。

2. 総 括 論 議

1) 放牧強度の判定

すでに述べたように、放牧設計における放牧強度は重度放牧と軽度放牧の2種類としたが、実際の放牧圧はかならずしも軽度と重度でなされていない。したがって、一定の規準を設けて放牧圧の程度を知ろうとし、放牧強度指数（G. I. I.）によって各試験の吟味を行なった。なお G. I. I. とは〔1 cow day あたり飼料植物消費量×総 cow day〕をもって〔放牧可能面積×飼料植物収量×適正利用率〕を除いたもの

で、この値が1.2以上のときは軽度放牧、1.2~0.8のときは中庸度放牧、0.8以下のときは重度放牧とした。このような G. I. I. によって各試験を検討すれば、前記①②③の試験においては中庸度対重度で、④と⑤は軽度対中庸度で放牧がなされている。

2) 放牧家畜によってうけた林木の傷害

林木のうけた傷害は、採食による樹葉や若枝の欠如、および踏圧やなすりつけによる主幹や側枝の折損とはく皮などであるが、広葉樹ぼうが林を対象としてはすべて採食によるもので、踏圧やなすりつけはみられなかった。針葉樹人工林においては、緬羊放牧の場合は採食にかぎられ、肉用牛放牧では踏圧となすりつけによる傷害のみであったが、かりに放牧強度が相当に重度の場合には、採食傷害も発生するおそれがある。傷害をうけた林木はすべて傷害木としたが、その程度によって激害、中害、微害に区分し、激害木と中害木とを被害木とした。広葉樹ぼうが林においては、ぼうがの頂芽が採食されたものを被害木として扱った。

3) 放牧強度に対する林木、植生、家畜の反応

(1) 肉用牛の放牧

A. 軽度放牧の場合

嗜好性高位のヤチダモぼうが林に、G. I. I. 1.39 の軽度で放牧されたが、ヤチダモはすこぶる高率で採食された。したがって樹高成長に悪影響を与え、とくに春季および春~秋季の継続放牧では、禁牧林地の樹高の1/2以下であった。したがって、輪換放牧法をとることが必要で、とくに春季においては短期輪換法がのぞましい。なお、家畜の生育は順調であり、林床植生も健康で牧養上好ましいコンデションを維持した。

B. 中庸度放牧の場合

a) 嗜好性高位のヤチダモぼうが林に、G. I. I. 0.94 の中庸度で放牧されたが、採食率はすこぶる高かった。樹高成長は明らかに悪影響をうけ、前記軽度放牧よりも低い樹高を示し、とくに春~秋季の継続放牧は禁牧地の約1/3の樹高にすぎなかった。したがって、前記軽度放牧に準じた放牧方法をとらねばならない。なお、放牧牛の発育や植生の健康状態についてはとくに問題はなかった。したがって、林業経営上からは G. I. I. 1.0 以上の放牧圧とし、放牧方法について配慮することが、このような嗜好性高位樹種を対象とした混牧林では必要と考えられる。

b) 嗜好性中位のミズナラぼうが林に、G. I. I. 1.12 の中庸度で放牧された場合には、採食は1年生ぼうがに集中した。しかし、この程度の採食では樹高成長に悪影響を与えず、むしろ放牧季節によっては禁牧林地よりも高い樹高を示し、秋季や夏季放牧がこれにあたっていた。放牧牛は順調な発育を示し、植生の健康状態も終始良好なコンデションで維持された。

c) カラマツ幼齡人工林に G. I. I. 0.87 の中庸度で放牧された場合には、カラマツの樹高が70~110 cm の時期に被害が多かったが、被害率にしてみれば非常に低率であった。ただ休息地周辺の被害は顕著であったが、4年間の放牧による林地全域の被害率は7%にとどまった。樹高成長については禁牧林地とはほぼ同様であった。放牧牛の発育は順調で、植生の健康度も適正であった。なお、放牧強度が中庸度の場合には、適度な除伐や枝打ちなどの実行により、10~12年生林まで混牧林として維持することが可能と考えられる。

C. 重度放牧の場合

a) カラマツ幼齡人工林に G. I. I. 0.53 の重度で放牧された場合には、前記中庸度放牧の 2~4 倍の被害率となった。すなわち、4 年間の放牧を行なった林地全域についてみれば、被害率は約 20% となり、危険性の高いことを示している。したがって、樹高成長にも若干の悪影響を与え、禁牧林地の 80% にあたっている。放牧牛の生育もふるわず、日増体重量は中庸度の半量にすぎず、さらに植生のコンディションを不良にし、牧養上好ましくない推移を示した。したがって、重度の放牧は林木と同様に家畜と植生についても問題があり、混牧林施業上好ましくない結果をもたらした。

b) 嗜好性中位のミズナラぼうが林に G. I. I. 0.27 という超重度で放牧された場合には、各林齢とも 100% に近い採食率となり、被害率は 70% に近く、枯死株の発生率は 25% を示した。したがって、樹高成長に悪影響を与え、禁牧林地の約 60% の樹高にとどまった。とくに春~秋季の継続放牧と春季放牧が不良であった。放牧牛の発育も不良で、日増体重量は中庸度放牧の 50% 弱にとどまり、また植生の健康度も不良で好ましくないコンディションへと推移した。したがって、嗜好性中位の樹種であっても、重度の放牧は林木、家畜、植生のいずれにも不良な結果を招くのでさけねばならない。

(2) 緬羊の放牧

A. 軽度放牧の場合

嗜好性中位のコナラぼうが林に、G. I. I. 1.66 の軽度で放牧された場合には、ぼうがの採食は 1 年生の春季に限られていた。したがって、樹高成長に対する影響は全くみられず、禁牧林地と同等の成長を示した。放牧羊の発育は順調であり、植生の推移についても放牧によるかく乱はみられなかった。

B. 中庸度放牧の場合

a) コナラぼうが林に G. I. I. 0.88 の中庸度で放牧された場合には、前記軽度放牧の場合とほぼ同様の採食状況を示し、またぼうがの成長についても同様であった。放牧羊の発育も軽度と同様で、植生推移についても若干雑草類が減少した程度で、ほぼ軽度と同傾向を示した。したがって、嗜好性中位のコナラなどの樹種を対象とした緬羊の混牧林は、G. I. I. が 0.8 内外であっても支障がないものと考えられる。

b) カラマツ幼齡人工林に G. I. I. 1.18 の中庸度で放牧された場合には、カラマツは採食されたけれども被害率はきわめて低く、したがって樹高成長に対する悪影響はみられず、禁牧林地と同等の成長を示した。ただ、放牧羊の移動範囲は比較的狭く、放牧施設などの周辺に集中し、これらの地帯では被害率が相当に高くなるため、施設設定には配慮が必要である。放牧羊は順調に発育し、植生も適正なコンディションで維持された。

C. 重度放牧の場合

a) カラマツ幼齡人工林に G. I. I. 0.70 の重度で放牧された場合には、カラマツの被害は前記中庸度の場合の数倍に達する高率となり、とくに秋季放牧が顕著であったが、このことは林床の飼料草類が枯死し、カラマツ樹葉に対する飼料としての依存度を高めたものである。しかし樹高成長に対する影響はさほど大きくなく、禁牧林地と比較して若干劣る程度にとどまった。放牧羊の発育は、中庸度の場合とはほぼ同様であったが、植生の健康度は若干悪化しているため、カラマツ幼齡林に対する緬羊の放牧強度は、G. I. I. 0.8~1.0 を目標とすることがのぞましいと考える。

4) 放牧季節に対する林木の反応

A. 採食による被害の場合

a) 嗜好性の高いヤチダモぼうが林に対する肉用牛放牧の場合には、放牧季節間による採食率の差はみられず、春～秋季をとおして高率を示し、また放牧強度によるコントロールも不可能であった。しかし、樹高成長については差がみられ、春季放牧と春～秋季の継続放牧が不良な結果をもたらした。

b) 嗜好性中位のミズナラぼうが林に対する肉用牛放牧の場合には、中庸度放牧の場合には採食率は春＞秋＞夏の順位となるが、重度放牧下においては季節間の差が消えていずれも高率を示す。そして樹高成長は両強度とも秋＞夏＞春＞春～秋の継続放牧の順位となり、中庸度の秋と夏放牧は禁牧林地よりも高い樹高を示した。

同じく嗜好性中位のコナラぼうが林に対する緬羊放牧の場合には、採食は1年生の春季にかぎられていたが、これはぼうがが軟弱で嗜好に適したことにもよるであろうが、森林伐採直後のため下草に乏しく、結果的には重度放牧がなされたことにもよる。なお、樹高成長と放牧季節との関係はみられなかった。

B. 踏圧、なすりつけによる被害の場合

カラマツ幼齡人工林に対する肉用牛放牧の場合においては、放牧強度のいかんにかかわらず、春放牧の林地の被害率をもっとも高く、秋放牧は低かった。すなわち、主幹や側枝の軟弱な春季は被害を受けやすいものとみられるが、被害率と樹高成長との関係は顕著ではなく、したがって放牧季節による樹高差はほとんどみられなかった。

Studies on Management of Forest Grazing (Report 6)

General discussion including the Report 1 to 5

Yôichirô INOUE⁽¹⁾ and Tsuneo KAMINAGA⁽²⁾

Summary

This paper deals with the effect of the grazing intensity and the grazing season on the growth of forest trees, the condition of vegetation, and the development of livestock in the forest of young growth used for grazing. The following five kinds of examinations were started in 1952: (1) grazing beef cattle in the forest of *Larix leptolepis* GORDON, (2) grazing beef cattle in the forest of *Quercus crispula* BL., (3) grazing beef cattle in the forest of *Fraxinus mandshurica* RUPR., (4) grazing sheep in the forest of *Larix leptolepis*, (5) grazing sheep in the forest of *Quercus serrata* THUNB.

The results of every examination have been published in the report entitled "Studies on management of forest grazing" I-V and, after putting the results of the five examinations together, this paper is written on the grazing intensity and the grazing season.

1. Distinction of grazing intensity

The grazing intensity was graded into three degrees, light grazing, moderate grazing and heavy grazing, according to the grazing condition. The three degrees of the grazing intensity were shown by indexes, that is, grazing intensity index (G. I. I.). The G. I. I. was obtained by dividing "grazing area \times forage yield \times proper use factor" by "feed per cow day \times all the cow days". The grazing intensity was regarded as light grazing when the G. I. I. was over 1.2, moderate grazing when the G. I. I. was from 0.8 to 1.2 and heavy grazing when the G. I. I. was below 0.8.

2. Cattle damage to forest trees

The forest trees were damaged by browsing, trampling and rubbing of cattle. The broad-leaved sprout forests were damaged by browsing, the coniferous young stands were damaged by trampling and rubbing by beef cattle, and browsing by sheep.

3. Effect of grazing intensity on forest tree, vegetation and livestock

(1) Grazing beef cattle

A. Trampling and rubbing damage by beef cattle

In the case of the moderate grazing at G. I. I. of 0.87 in the forest of young growth of *Larix leptolepis*, the beef cattle caused considerable damage to the young growth 70 to 110 cm high. The damaged trees were, however, merely seven per cent of the whole for four years of grazing. The grazing therefore had no damaging effect on the height growth of *Larix leptolepis*. The cattle showed a steady growth and the vegetation was in good condition.

In the case of the heavy grazing at G. I. I. of 0.53, however, the beef cattle caused much damage to the trees. The damaged trees were twenty per cent and about three times more than those in the moderate grazing. The grazing therefore had a harmful effect on the height growth of the trees also. The tree height was eighty per cent of that of the non-grazing forest. The cattle were undergrown and the dairy gain was only half the amount

Received March 27, 1973

(1) Forest Management Division (2) Tohoku Branch Station

of that of the moderate grazing. The vegetation also was in poor condition. Thus the heavy grazing showed an undesirable trend. Consequently, it is necessary for grazing beef cattle in a coniferous wood to keep the grazing intensity up to the G. I. I. of 0.8 to 1.0.

B. Browsing damage by beef cattle

a) Grazing in the sprout forest of highly palatable species like *Fraxinus mandshurica* the beef cattle did much browsing damage to the forest in spite of the light grazing at G. I. I. of 1.39. The grazing had a harmful effect on the height growth of the trees. Especially in the forest where spring grazing and continuous grazing from spring to fall were done, the tree height did not come up to half the height of the non-grazing forest. The cattle, however, were well grown and the vegetation was in fair condition. G. I. I. reduced by 0.94, cattle's browsing caused serious damage on the forest and arrested the height growth of the trees. The tree height of the forest where continuous grazing was done was only thirty per cent of that of the non-grazing forest. The cattle, however, made a normal growth and the vegetation remained in good condition. Consequently, grazing cattle being done in the sprout forest of highly palatable species considered from the viewpoint of forest management, G. I. I. above 1.0 and rotational grazing method should be required. Especially in spring, short rotational grazing method should be adopted.

b) Grazing at G. I. I. of 1.12 in the sprout forest of moderately palatable species like *Quercus crispula*, the beef cattle did browsing damage to one year seedlings only. No damage, therefore, was done to the height growth and, in the forest where spring or fall grazing was done, the tree height was rather higher than that of the non-grazing forest. The cattle made a normal growth and the vegetation remained in good condition. In the extra heavy grazing at G. I. I. of 0.29, however, the cattle did much browsing damage to the sprouts of from one to four year seedlings respectively. The browsing damage was put at seventy per cent and the dead stump at twenty-five per cent. The tree height was only sixty per cent of that of the non-grazing forest. The cattle were underdeveloped and the dairy gain was only fifty per cent of that in the moderate grazing. The vegetation also assumed a poor condition. Consequently, it is necessary for grazing cattle in the forest of even moderately palatable species to keep the grazing intensity up to the moderate grazing at G. I. I. of 0.8 to 1.2. The heavy grazing should be prevented also, considered from the viewpoint of silviculture, grazing cattle and grazing capacity.

(2) Grazing sheep

Browsing was the only damage sheep caused to the forest trees. There was neither trampling nor rubbing damage done by sheep.

a) In the moderate grazing at G. I. I. of 1.18 in the forest of young growth of *Larix leptolepis*, sheep's browsing did little damage to *Larix leptolepis* and had no effect on the height growth of the trees. The sheep showed a steady growth and the vegetation was in fair condition. In the heavy grazing at G. I. I. of 0.70, however, the extent of browsing damage was, especially in the fall, many times greater than that in moderate grazing. Even so, the damage had little effect on the height growth of the trees, so that the tree height was only slightly inferior to that of the non-grazing forest. The sheep made a normal growth, but the vegetational condition was somewhat worse. Consequently, it is desired that the G. I. I. for grazing sheep be from 0.8 to 1.0. As sheep cause great damage to the trees by the grazing facilities even in the moderate grazing, much care is necessary in setting up facilities for

grazing.

b) When sheep grazed in the light grazing at G. I. I. of 1.66 in the sprout forest of moderately palatable species like *Quercus serrata*, no damage occurred to the growth of trees, development of sheep and condition of vegetation. In the moderate grazing at G. I. I. of 0.88, the experiments gave the same results as those of the light grazing. Consequently, it may safely be said that the G. I. I. for sheep grazing in the forest of *Quercus serrata* is about 0.8.

4. Effect of grazing season on forest trees

(1) Browsing damage

When beef cattle grazed in the forest of highly palatable species, there was little difference in browsing damage at every grazing season and much damage was done at all grazing seasons. Spring grazing and continuous grazing from spring to fall did the most damage to the height growth of the trees.

In the moderate grazing of beef cattle in the forest of moderately palatable species, grazing seasons arranged in order of browsing intensity were spring, fall, summer, while in the heavy grazing, browsing intensity was heightened at all grazing seasons. Grazing seasons arranged in order of height growth were fall, summer, spring, from spring to fall for continuous grazing both in the moderate grazing and in the heavy one. There was no difference in sheep's taste preference for common tree species at all grazing seasons.

(2) Trampling and rubbing damage

Grazing in the forest of young growth of *Larix leptolepis*, beef cattle did much trampling and rubbing damage to the young growth in spring grazing, but did not do so much damage in fall grazing both in the moderate grazing and in the heavy one. It seems that the stem and branch of young tree are softer in spring, hence they are apt to be damaged by cattle trampling and rubbing. The relation between damage and tree height was not clear ; however, there was in fact little difference in tree height through the grazing seasons.