

九州阿蘇・九重地方におけるクヌギ混牧林に関する研究

松本光朗⁽¹⁾, 本田健二郎⁽²⁾, 黒木重郎⁽³⁾

MATSUMOTO, Mitsuo, HONDA, Kenjiro and KUROGI, Juuro : Studies on Kunugi

(*Quercus acutissima*) Grazing Forests in Aso and Kuju, Kyushu Region

要 旨：九州阿蘇・九重地方で行われているクヌギ混牧林は、シイタケ生産が盛んで原木の需要が高く、同時に放牧が盛んであるというこの地方独特の環境から生まれた土地利用形態である。本報告はクヌギ混牧林に関し、独自に行ってきた数々の試験・調査について取りまとめるのと同時に、これらの結果に基づき施業指針をとりまとめたものである。クヌギ混牧林においても針葉樹混牧林と同様に収量比数 Ry と牧養力 GC に相関があり、回帰式は $GC=96.4-84.0Ry$ で表され、放牧利用は一般には $Ry 0.5$ 、集約的な経営では $Ry 0.6$ 以下で可能と考えられた。これらを基礎に、南小国地方の一般的なクヌギ混牧林を対象とした林分収穫予想表を作成した。これは一般の収穫予想表の項目に加え、牧養力を併記したところに特徴を持つ。その他、試験・調査結果から得られた知見としては、樹高 2 m 程度までは食害を始めとする家畜による被害が発生する危険が高く放牧管理を注意深く行うこと、適切な放牧では萌芽成立本数が調節されるものの、必要があれば 3 年生頃から萌芽整理を加えることなどが上げられる。これらの結果や知見を総合し、クヌギ混牧林施業体系図として示した。

目 次

1	はじめに	4
2	クヌギ混牧林の概要	5
2.1	クヌギ混牧林の形態	5
2.2	クヌギ混牧林の構成	5
2.2.1	林を中心とした関係	5
2.2.2	草を中心とした関係	6
2.2.3	畜を中心とした関係	7
2.2.4	管理	7
2.3	クヌギ混牧林の特徴	7
2.4	問題点	8
3	南小国皆伐クヌギ混牧林試験	8
3.1	試験地の概況	8
3.1.1	位置と設定時の概況	8
3.1.2	試験区の種類	9
3.1.3	林床植生	10
3.1.4	放牧方法	10
3.2	調査方法	11

1997年2月23日受理

経営—4 Forest Management—4

(1) 九州支所育林部

(2)(3) 元九州支所育林部

3. 2. 1	林木	11
3. 2. 2	林床植生	11
3. 2. 3	林木の反応	12
	(1) 萌芽の発生と成長	12
	(2) 放牧牛による被害	14
	(3) 樹高成長	15
	(4) 直径成長	15
	(5) 施肥効果	15
3. 2. 4	林床植生の反応	16
	(1) 放牧実績	16
	(2) 出現した植物種数	17
	(3) 被度の推移	18
	(4) 草丈の推移	19
	(5) 草量の変化	20
	(6) 草類別の占有率の推移	20
	(7) 放牧牛の採食嗜好性	23
4	南小国択伐クヌギ混牧林試験	25
4. 1	調査地の概況	25
4. 2	調査方法	25
	4. 2. 1 林木	22
	4. 2. 2 林床植生	26
4. 3	林木の反応	26
	4. 3. 1 択伐前後の林況と日射量	26
	4. 3. 2 伐根直径と萌芽本数	27
	4. 3. 3 萌芽の成長	27
5	朝地クヌギ混牧林試験	28
5. 1	試験地の概況	28
	5. 1. 1 位置と設定時の概況	28
	5. 1. 2 林床植生	29
5. 2	調査方法	29
5. 3	林木の反応	30
	5. 3. 1 伐根直径と萌芽本数	30
	5. 3. 2 萌芽本数の推移	31
	5. 3. 3 萌芽の成長	31
5. 4	林床植生の反応	32

6	立田山実験林クヌギ林試験	32
6.1	試験地の概況	32
6.2	調査方法	33
6.3	林木の反応	33
6.3.1	伐根直径と萌芽本数	33
6.3.2	萌芽本数の推移	35
6.3.3	萌芽の成長	36
6.4	林床植生の反応	36
6.4.1	稈数の変化	36
6.4.2	稈高の変化	37
6.4.3	毎年刈区の地上部現存量の変化	37
6.4.4	試験4年目における地上部現存量	38
7	ササに関する試験	39
7.1	ネザサ貯蔵澱粉量の時期別変動	39
7.1.1	試料の採取と測定法	39
7.1.2	ネザサの成長と貯蔵澱粉量の変化	40
(1)	ネザサの成長	40
(2)	貯蔵澱粉量の変化	40
7.2	クヌギ混牧林地の林内光環境と林床植生	41
7.2.1	調査地の概況	41
7.2.2	調査方法	41
7.2.3	調査結果	41
(1)	林分構造の概況	41
(2)	林床植生	41
(3)	林内照度と草量の関係	43
(4)	牧養力	43
7.3	ネザサ量指数と地上部現存量	44
7.3.1	調査法	45
7.3.2	結果	45
8	総合討議	45
8.1	林分の成長と牧養力	46
8.1.1	立木密度と林内照度	46
8.1.2	収量比数と草量	46
8.1.3	収量比数と牧養力	47
8.1.4	クヌギ混牧林収穫予想表の作成	48

8.2 放牧の萌芽への影響	49
8.2.1 伐根直径と萌芽	49
8.2.2 萌芽本数の減少	50
8.2.3 株の枯死率	51
8.2.4 萌芽林の手入れ	51
8.2.5 林木への被害	51
8.2.6 林分の管理	52
8.2.7 混牧林の芽生え	52
8.3 ササを中心とした林床植生の維持と管理	53
8.3.1 ネザサ草地の放牧利用	53
(1) 放牧と土壌浸食に対する耐性	53
(2) 牧養力	53
8.3.2 ネザサの飼料資源としての評価	54
8.3.3 ネザサ草地の長期安定維持	55
(1) 休牧	55
(2) 牧区数とその配置	56
(3) 混牧林と牧草地の輪換利用	56
(4) 牧草導入効果	56
8.4 クヌギ混牧林施業体系	56
9 おわりに	57
引用文献	58
Summary	59

1 はじめに

九州地方は全国的にもシイタケ生産が盛んな地域であるが、その一方では阿蘇地方を中心に畜産が盛んな地域でもある。このような背景から、シイタケ原木生産と畜産を結び付けたクヌギ混牧林経営が行われており、これは地域特性にかなった合理的な土地利用形態の一つと考えられる。

森林総合研究所九州支所経営研究室では、昭和40年代より阿蘇・九重地域内のクヌギ混牧林及びササ生地を対象とし、林木と林床植生の二つのアプローチから調査・試験を行ってきた。本報告は、これらの結果をふまえながら、望ましいクヌギ混牧林の取り扱い技術や、ネザサを主体とする林内植生について有効利用法を明らかにし、クヌギ混牧林の施業指針を示すことを目的としている。

本報告では、まずクヌギ混牧林の概要を示した後、南小国クヌギ混牧林試験地（熊本県阿蘇郡南小国町）、朝地クヌギ混牧林試験地（大分県大野郡朝地町）、及び九州支所立田山実験林内のクヌギ林を対象とした試験の結果を示す。最後にこれらの試験・調査結果をふまえ、クヌギ混牧林施業に関する総合討議を行うという構成を取る。

稿を草するにあたり、本研究の端緒を示し指導・助言をいただいた前森林総合研究所林業経営部生産システム研究室室長岩波悠紀氏、元九州支所育林部経営研究室長安永朝海氏、元九州支所経営研究室室長鶴助治氏（現九州支所連絡調整室長）に感謝する。また、調査にあたっては関係各町村役場、森林組合、牧野組合、牧野所有者の方々より多大の援助をいただいたことをここに記して感謝の意を表す。

2 クヌギ混牧林の概要

2.1 クヌギ混牧林の形態

岩波（1994）によれば、混牧林とは木材生産と家畜の放牧を併せ行う森林と定義され、日本では Table 1 のような形態がみられる。クヌギ混牧林はシイタケ原木生産のためのクヌギ林と、子牛生産のための放牧を組み合わせた形態であり、Table 1 の中では天然林・チップ林型に位置付けられる。九州阿蘇・九重地方は放牧で有名であるが、その一方で近隣にシイタケ生産が盛んな大分県を持ち、シイタケ原木に対する需要が常に高い。このような背景のもとでクヌギ混牧林というこの地方特有の経営形態が生まれてきたものと考えられる。

クヌギ混牧林の概要は Table 2 のようにまとめられる。

2.2 クヌギ混牧林の構成

クヌギ混牧林にかかわらず、混牧林は互いに影響を及ぼす林・草・畜の3要素を持ち、それら三者の適正な管理により経営が成立する。クヌギ混牧林については、その関係を Fig. 1 のように描くことができる。この図においていくつかの主要な関係に注目して解説する。

2.2.1 林を中心とした関係

林木の成長は林内の光環境を変化させる。林木が成長するに従い林分は閉鎖して林内は暗くなり、林床植生の生産量は低下する。従って、家畜の飼養数に見合った草量を生産できるように、林の密度管理を行う必要がある。

スギ、ヒノキといった針葉樹人工林の場合はクヌギ林と比較し伐期が長いので、除間伐を繰り返し行うことにより密度管理を行う。これに対し、クヌギ林は伐期が短いので除間伐を頻繁に行うことはない。従って、クヌギ混牧林の光環境の制御を考慮した密度管理としては、植栽本数あるいは萌芽後の成立本数を適切に設定することが第一に検討されるべき事項である。

シイタケ原木生産のためには、本数が多く生産されるよう本数密度を高くすることが目的にかなっている。他方、草生産からみると低密度の方が林内が明るくなり都合がよい。この林と畜の間で全く相反する指向について、経営者は

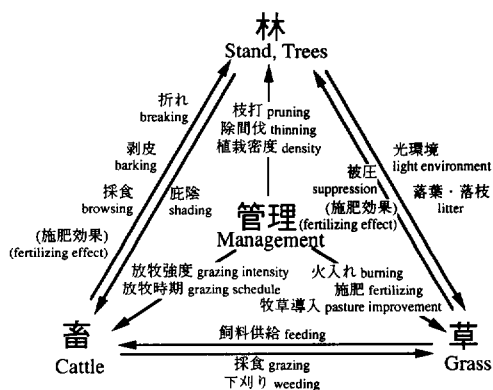


Fig. 1 クヌギ混牧林の構成

Construction of kunugi (*Quercus acutissima*) grazing forests

Table 1. 林畜複合経営の基本類型 (岩波, 1994)
Classification of grazing forest management (Iwanami, 1994)

類型区分 Type	人工林 Artificial forest		天然林 Natural forest	
	幼齡林型 Young stand type	長伐期林型 Long rotation stand type	チップ林型 Chip stand type	牧野林型 Grassland stand type
生産材の種類 Product woods	構造材 Structural timber	構造材, 造作材 Structural timber, non-structural timber	シイタケ原木, パルプ用材 Bed log, pulp	各種用材 Saw timber
樹種 Species	スギ, ヒノキ等 Sugi, Hinoki etc.	スギ, ヒノキ等 Sugi, Hinoki etc.	ナラ, クヌギ, カンバ等 Nara, Kunugi, Kanba etc.	ナラ, ブナ等 Nara, Buna etc.
更新様式 Regeneration	植栽 Plantation	植栽 Plantation	萌芽更新, (天然下種更新) Coppice, (Natural seeding)	天然下種更新 Natural seeding
植栽密度 Stand density	普通 Standard	普通~疎植 Standard-thin	— —	— —
保育方法 Care method	枝打ち, 除間伐 Pruning, Thinning	枝打ち, 除間伐 Pruning, Thinning	放置 No care	放置, 間伐 No care, Thinning
伐期齡 (年) Cutting period (years)	40.0	60~100	10~40	80~150
林床植生 Floor vegetation	野草 Wild grass	野草, 牧草 Wild grass, Pasture grass	野草, (牧草) Wild grass (Pasture grass)	野草, (牧草) Wild grass (Pasture grass)
主な放牧可能林齡 Stand age for Grazing	10 数年生まで Until age 10 and some years	全期間 Whole term	全期間 Whole term	30 年生以降 After age 30 years
林地利用の規模 Management scale	小規模 Small	小規模 Small	中規模 Middle	大規模 Large
主な林地所有形態 Ownership of stands	私有林 Private	私有林 Private	公有林, 国有林 Public, National	国有林, 公有林 Public, National
主な放牧利用者 User of pasture	個人 Individual	個人 Individual	共同 Cooperation	共同 Cooperation

Table 2. クヌギ混牧林の概要
Outline of Kunugi (*Quercus acutissima*) grazing forests

林分管理 Stand management	更新	Regeneration	萌芽更新, 人工植栽	Coppice, Plantation
	本数密度	Stand density	1000~2000 本 /ha	1 000-2 000 trees/ha
	伐期	Cutting period	10~15 年	10-15 years
	目的	Aim	シイタケ原木生産	Production of bed logs for mushrooms
草地管理 Grassland management	草種	Plant species	野草: ネザサ, ススキ等 (牧草: オーチャードグラス等)	Wild grass: <i>Pleioblastus yoshidake</i> , <i>Miscanthus siensis</i> etc. (Pasture grass: Orchardgrass etc.)
	草地管理	Management	火入れ, (牧草導入)	Burning, (Pasture improvement)
放牧管理 Grazing management	畜種	Cattle	黒毛和種牛, 褐毛和種牛	Japanese black cattle, Japanese brown cattle
	目的	Aim	繁殖, (肥育)	Breeding, (Fattening)
	期間	Period	春~秋	Spring-Autumn
	方法	Method	昼夜輪換放牧	Day and night rotation grazing

総合的に妥協点を見出す必要がある。

2.2.2 草を中心とした関係

通常のクヌギ林の場合, 幼齡時には草による被圧を避けるため下刈りが必須であり手間と経費がかかるが, 混牧林の場合は家畜の採食による下刈りの代用効果が期待できる。針葉樹人工林での下刈り代用

効果はおおよそ80%に達する（林野庁業務課，1979）。クヌギ混牧林でも下刈りの代用効果が31~40%あったことが報告されている（安永，1987）。

クヌギ混牧林においても牧養力向上を目的にしばしば牧草が導入される。牧草導入を行った場合には牧草の生産力向上のための施肥が行われるが、同時に林木の成長も促進させ、その結果林木の伐期が若干短くなる。

阿蘇地方では、侵入木の除去や害虫の駆除といった草地維持を目的として毎春に火入れが行われており、混牧林も例外ではない。火入れによって侵入したアカマツなどの幼齢木等は除去される。しかしながら、クヌギは樹皮が厚いため表面が焦げるものの枯死・焼失までには至ることは少ない。萌芽直後であって混牧林では放牧牛により採食されているため草が少なく、火が大きくならないために枯死に至らないものも多い。

なお、火入れにより樹皮に焦げの痕が残っている原木は腐りにくいということで、当地方では若干高値で取引されるという事例もみられる。

2.2.3 畜を中心とした関係

放牧牛は少なからず林木に被害を与える。代表的な被害としては、折れ、踏みつけ、剥皮、採食があげられる。針葉樹人工林の場合ではあるが、林木への被害は樹高が1.5m以下であるときに多く発生することが報告されている（松本，1990）。これは放牧牛が自分の体高よりも樹木が高いときは、避けて歩くためと考えられている。また、樹高が1.5mまでに達するまでの放牧強度の積算値と枯死率の関係には高い相関があり、放牧牛が林木に与える被害は、放牧強度と密接な関係があることが分かっている。従って、放牧強度の適切な管理により林木への被害を制御することが可能であり、許容限度を越えないような管理が必要である。

ところで、萌芽更新の場合、一般的なクヌギ林では萌芽を人為的に整理することにより本数密度を調整するが、クヌギ混牧林では放牧により萌芽本数の減少を促進し、ちょうど萌芽整理を代行するような事例がみられる。

一方、放牧牛は暑さ寒さや風を避けるために林内を利用しており、これはクヌギ林が庇陰場所や避難場所を提供しているものととらえられる。

日常的な放牧管理としては家畜の監視が主たるものであるが、昼夜放牧であることから1日1回程度の確認で良く、労働量としても少なくすむ。これは、シイタケ栽培を合わせて行っている林家では好都合である。

2.2.4 管理

混牧林の管理は、互いに密接な関係がある林・草・畜について、これらを総合的にバランスを取りながら行うことが大切である。特に、林分の密度管理は草量・牧養力に、放牧強度の管理は林木への被害に大きく影響を与えるものであり、これらを混牧林の管理の中心と考えるべきである。

2.3 クヌギ混牧林の特徴

クヌギ混牧林は、シイタケ原木の需要が高く放牧が盛んな九州・阿蘇地方という地域に密着して発生した施業形態である。また、単に林業と畜産の組み合わせというだけではなく、実際には同一経営の中

でシイタケ栽培も行われていることがしばしばみられ、林・畜・特用林産という三者を含んだ複合経営といえる。

大分県地方はシイタケ生産が非常に盛んであり、定常的にシイタケ原木が不足しているため原木価格は全国価格と比較し常時高い水準にある。そのため原木を九州圏外から仕入れることも珍しくない。このような状況の中、同一経営内で自前で原木を調達することができることは大きな利点といえる。もちろんクヌギは九州地方の郷土樹種の一つであり、この地域がクヌギの生育に適していることはいうまでもない。

さて、他の混牧林との比較では圧倒的に伐期が短いことがクヌギ混牧林の特徴としてあげられる。針葉樹人工林の標準的な伐期が40～50年であるのに対し、クヌギ混牧林の伐期は10～15年と1/3～1/4程度である。短伐期の木材生産と毎年の子牛生産により、短いサイクルで収益を得ることが可能となる。

さらに、クヌギ混牧林では、更新から伐採までのすべての期間を放牧にあてられるという特徴がある。針葉樹混牧林では、特別に強度間伐を行わない限り放牧可能なのは植栽から10年前後である。従って、それ以降は飼料供給を行えず、専ら庇陰林や運動用のスペースとして利用される。これに対してクヌギ混牧林では常時林分を飼料生産に供しているわけであり、放牧側からみれば土地の効率的な利用といえる。

技術面からみた特徴としては、クヌギ混牧林では各要素が有機的に組み合わせられていることがあげられる。クヌギが火入れに強く、他の侵入木が焼失するのにかかわらずクヌギは残る。放牧により草が少ない混牧林では萌芽直後であっても火入れによって枯死までには至りにくい。さらに、焦げた樹皮を巻き込んでいる原木に高い値が付く。この例はクヌギ混牧林の有機的なつながりを示す最たるものであり、このような有機的、効果的な関係付けが最も大きなクヌギ混牧林の特徴といえよう。

2.4 問題点

クヌギ混牧林では、林・草・畜の総合的な見地から適切な密度管理、草生産の監視、放牧強度の監視と管理を行う必要があるが、林業、草地、畜産にわたる横断的な知識と経験を持つ経営者は多くない。ここに混牧林の経営を行う上での第一の問題点がある。

また、クヌギ混牧林について、技術的側面から指針を具体的に示した報告はみられず、クヌギ混牧林における林・草・畜の関係を定量的に示した事例もみられない。混牧林経営を行う上で具体的に利用できる資料が少ないことは、林業家にしばしばみられる林内放牧に対する不安や懸念を助長している側面がある。

本報告はこのような問題点をふまえ、クヌギ混牧林の技術的指針を示すことを目的としている。

3 南小国皆伐クヌギ混牧林試験

3.1 試験地の概況

3.1.1 位置と設定時の概況

試験地は、熊本県阿蘇郡南小国町大字中原の下中原牧野組合が管理している牧野の第2牧区（面積約28ha）内に設定した。同地は熊本市の北東60km、阿蘇北外輪山に接した標高約700mに位置する。

当林分は試験地設定前には林齢6～16年生のクヌギ択伐林であったが、試験地設定に先だち1982年11月に林分を皆伐した。伐採前の林況をTable 3に示した。伐採後に伐採木の伐根直径及び伐採高をそれぞれ測定するとともに、伐根に番号を付した。

当地方の気象条件について、熊本地方气象台、南小国観測所（南小国町赤馬場1921、標高440m）の観測記録をTable 4に示した。年平均気温は12.3℃、年降水量は2470mmであった。また、4月から10月までの植物成長期間の平均気温は18.3℃、年降水量に対する成長期間の降水量百分比は81.3%と高い。降雪量は少なく根雪となることは少ない。なお、試験地は標高700mと観測所よりもやや高いため、観測所と比較して平均気温は2℃前後低く、降水量も多いものと考えられる。

3.1.2 試験区の種類

試験地はFig. 2に示すように南北に長く、傾斜25°の東向き斜面であり、南側から禁牧区（林床が野

Table 3. 伐採前の林分の現況
Stands condition before cutting

処理区	Plots	胸高直径 DBH		樹高 Height		立木密度 Density
		平均 Mean	範囲 Range	平均 Mean	範囲 Range	
禁牧区	No grazing	10.2	2～16	7.8	2～12	1 015
野草区	Wild grass	9.8	2～18	7.9	2～13	1 101
牧草区	Pasture grass	10.4	2～20	8.3	2～13	883

Table 4. 南小国の気温と降水量（1980～1989年）
Temperature and precipitation in Minamioguni (1980-1989)

月 Month	気温 Temperature			降水量 precipitation
	平均 Mean	最高 Max.	最低 Mini.	
January	1.1	6.2	-3.4	68
February	1.8	7.2	-2.8	107
March	5.9	11.5	0.7	185
April	11.5	17.9	5.3	150
May	16.1	22.4	10.1	254
June	19.8	24.8	15.3	424
July	23.2	27.9	19.7	574
August	23.7	28.9	19.6	267
September	19.8	24.9	15.7	225
October	13.7	20.1	8.5	114
November	8.0	14.6	2.9	60
December	2.7	8.7	-1.9	42
Year	12.3	17.9	7.5	2 470

草植生のままで禁牧：0.068 ha），野草区（林床植生を野草のまま放牧利用：0.159 ha），牧草区（林床に牧草導入と肥培を続けて放牧利用：0.162 ha）の三つの処理区を配置した。土壌は火山灰を母材とした Bl_D(d) 型で，下層植生はワラビ-ネザサ型であった。

以下禁牧野草区を禁牧区，放牧野草区を野草区，放牧肥培区を牧草区と略称する。

3.1.3 林床植生

試験地設定時は，クヌギの他に低木類としてアキグミ，ツル類としてフジが部分的にみられた。

草類としては，シダ類のワラビを主に，ネザサ，ヒカゲスゲ，ミツバツチグリ，アキノキリンソウ，ヒメハギ，ノアザミなどがみられた。

牧草の導入はクヌギ林の皆伐直前（1982年9月中旬）に行った。Table 5 に示すように，オーチャードグラス，トールフェスクを主とした5草種の混播を行った。施肥は牧草導入時と，試験開始の初年目～3年目に行ったが，それ以降の施肥は不食草のワラビの繁茂が著しく，可食草類の草種が被圧されることが懸念されたため，中止せざるを得なかった。

なお，この付近一帯は毎年3月下旬に火入れが実施されており，試験中も火入れが行われていた。

3.1.4 放牧方法

この混牧林地は沢の上，中，下部の順に第1～3牧区に区割されている。放牧は下中原牧野組合の管理によって行われ，毎年5月上旬から10月中旬まで，草生をみながら第1牧区から順次，第2，第3牧区へと輪換放牧された。本試験地を設けた第2牧区への放牧は年次により多少異なるが，7月上旬から10月中旬にかけて2回，畜種は褐毛和種の成牛，子牛を一群とした約70～120頭が昼夜放牧された。ただ

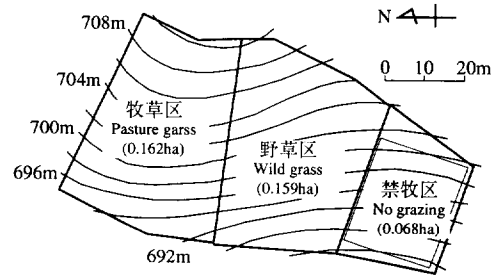


Fig. 2 南小国皆伐クヌギ混牧林試験地の配置図
Map of Minamioguni experimental site for Kunugi (*Quercus acutissima*) grazing forests with clear cutting

Table 5. 肥培区の牧草導入
Pasture improvement of the pasture grass plot

草種 Species	播種量 Amount of seeding	施肥方法 Fertilizing method	施肥量 Amount of fertilizer
	kg/10a		kg/10a
オーチャードグラス Orchardgrass	2.0	導入時：9月 At seeding : September	
トールフェスク Tall fescue	2.0	炭カル Calcium carbonate	150.0
ペレニアルライグラス Perennial ryegrass	0.5	化成肥料 Compound fertilizer (13 : 16 : 11)	50.0
レッドトップ Redtop	0.5	1年目～3年目：3月 1st-3rd year : March	
白クローバ White clover	0.2	化成肥料 Compound fertilizer (13 : 16 : 11)	50.0
Total	5.2		

し、本試験とは無関係に牧野組合の手で1985年に第2牧区内の一部に人工草地在り造成されたために、それ以降の放牧は第2牧区から開始された。このように放牧管理は牧野組合が行ったため、試験地における放牧牛の月齢、放牧頭数、放牧時期のコントロールは困難であった。

3.2 調査方法

3.2.1 林木

各処理区とも株ごとに全萌芽木を対象に、成長量及び放牧牛による被害について調査を行った。樹高については毎年放牧前（7月）と終牧後（10月）の2回、放牧牛による被害がなくなった7年生以降は終牧後に1回、測桿を用いて10cm単位で測定した。胸高直径は終牧後にノギスで2方向をmm単位で測定した。放牧牛による被害木については、被害の種類、程度及び位置などを調査した。萌芽整理は禁牧区では2年生と3年生の秋期に2回実施した。野草区及び牧草区では1～2年生に放牧牛による採食被害が大きかったために、3年生に1回、それぞれ株ごとに優勢萌芽2～4本を残して他を整理しただけであった。その後、全区にわたって若干劣勢木を除去した。

3.2.2 林床植生

放牧実績に関しては、牧野組合が管理する放牧であることから、牧野組合の放牧日誌を利用した。牧養頭日数（cow・day）の算出にあたっては、成牛1頭を1日間放牧した値を1cow・dayとして、6か月齢以下の子牛1頭は0.3に換算した。

植生調査は、各処理区内に1×1mの調査コドラートを配置して行った。コドラート数は禁牧区は7個、野草区、牧草区はおおの10個であった。

調査項目は被度と草丈とし、被度は植物種によってグループに分けて測定した。グループ及びそれらに含まれる主な植物は次のとおりである。

ササ類	ネザサ
牧草類	オーチャードグラス、トールフェスク
イネ科野草類	ススキ、トダシバ
スゲ類	ヒカゲスゲ
広葉草本類	シラヤマギク、ノアザミ、アキノキリンソウ、ヒメハギ
低木類	アキグミ、モミヂイチゴ
ツル類	フジ
シダ類	ワラビ

ただし、イネ科野草類、スゲ類、低木類、ツル類は出現種が少なく、被度も低かったことから、イネ科野草類とスゲ類を含めて「イネ科野草-スゲ類」として扱い、同じく低木類とツル類を含めて「低木-ツル類」としてまとめた。

被度は草冠部の面積により次の6階級の基準で測定した。

+	コドラート面積の	1%以下	の被覆	0.04
1'	"	1~ 5%	"	0.2
1	"	6~ 25%	"	1
2	"	26~ 50%	"	2
3	"	51~ 75%	"	3
4	"	76~100%	"	4

草丈は草類別の主要草種について放牧前後に測定した。測定の対象とした草類別の草種は、ササ類ではネザサ、牧草類ではオーチャードグラス、イネ科野草-スゲ類ではススキ、広葉草本類ではシラヤマギク、低木-ツル類ではアキグミ、シダ類ではワラビである。

草量は1×1mの移動コドラートを用い、野草区と牧草区は毎年、放牧前・後におのおの20か所を選んで調査した。禁牧区は12か所を選び、野草区、牧草区の放牧前に併せて調査を行った。地上部の刈取りにあたっては、地上5cmを目安にして刈取った。刈取った試料は持ち帰って草類別に分別して乾物重を測定した。

放牧牛は植物体のすべてを採食するものではない。放牧牛が利用し得る可食部はササ類、低木-ツル類では主としてその葉部であることから、これらの草類は葉部だけを、それ以外の植物については地上部全体を可食草量として測定した。なお、本試験地に出現したシダ類のほとんどはワラビであったため、シダ類を不食草として扱った。

3.2.3 林木の反応

(1) 萌芽の発生と成長

伐根直径と萌芽 伐採後に測定した各処理区の伐根直径は18.5~21.1cm、株密度はha当たり770~853株であった (Table 6)。萌芽当年の1株当たり萌芽本数は8.2~9.7本であった (Table 7)。

萌芽当年の各処理区ごとの放牧前の樹高は110cm前後で大差はないが、終牧後は放牧区 (野草区、牧草区) は放牧牛による採食の被害を受けたため90~99cmと低く、禁牧区の163cmに比べ60%前後の成長にとどまった。

Table 8 にみられるように、萌芽本数は伐根直径が大きくなるに従って多い傾向がみられたが、伐根直径と樹高成長については相関は低かった。

萌芽本数の推移 本試験は1983年より8か年実施したものであるが、各処理区とも当初のha当たり萌芽本数は、禁牧区6647本、野草区7937本、牧草区5960本であり、自然枯死、放牧牛の被害や、火入れの影響による枯死などによって萌芽本数は順次減少した。

Fig. 3 に、萌芽当年の春先から秋にかけて確認された萌芽の総発生本数を基準として、毎年秋に調査した萌芽本数の経年変化を示した。

禁牧区の生存木率は萌芽当年の秋には79.9%であったが、2年生時には一気に41.6%まで急減した。これは禁牧により下草が繁茂しており、火入れの際の火勢が強く焼失したものが多かったためである。一方、野草区と牧草区では禁牧区に比べて枯損木の発生が多かったが、2、3年生時に各株の優勢萌芽2、3本を残して人為的に整理したこともあり、いずれも当初3年間で21~26%の生存木率となり、その後

Table 6. 伐採時の伐根の状況
Condition of stumps at clear cutting

処理区	Plots	伐根直径 (cm) Diameter of stump		株密度 Density of stumps No./ha
		平均 Mean	範囲 Range	
禁牧区	No grazing	20.5	4~45	853
野草区	Wild grass	18.5	3~39	881
牧草区	Pasture grass	21.1	5~46	770

Table 7. 萌芽当年における萌芽の状況
Condition of sprouts at first regeneration year

処理区	Plots	萌芽本数 Number of sprouts		萌芽密度 Density of sprouts No./ha	樹高 Height	
		平均 Mean	範囲 Range		放牧前 Before grazing	放牧後 After grazing
禁牧区	No grazing	8.4	1~23	6647	110	163.0
野草区	Wild grass	9.7	1~39	7937	108	99.0
牧草区	Pasture grass	8.2	1~31	5960	103	90.0

注：樹高は萌芽木上位2本の平均値を示す。

Note: Height shows the mean of the highest two sprouts.

Table 8. 萌芽当年における伐根直径別の萌芽の本数と成長 (禁牧区)
Number and growth of sprouts in no-grazing plot at first regeneration year

伐根直径階 Class of stump diameter	株数 Number of stumps		萌芽株率 Rate of sprouting stumps	平均萌芽本数 Mean number of sprouts	最大樹高 Maximum height
cm		%	%		cm
4.0~10.9	9	15.5	100.0	5.7	130
11.0~20.9	23	39.7	95.7	5.2	154
21.0~30.9	19	32.7	89.5	7.5	185
31.0~40.9	4	6.9	100.0	10.0	160
41.0~	3	5.2	66.7	15.0	214
計 Total	58	100.0			
平均 Mean			93.1	6.7	170

は安定した。

萌芽株の減少 ここでは枯死株のうち伐採後に萌芽が全く発生しなかったものを無萌芽株, 発生した萌芽が自然消失, あるいは放牧により消失したものを途中枯死株とした。

各処理の ha 当たり株数は禁牧区 853 株, 野草区 881 株, 牧草区 770 株であった。これを基準として各処理区の枯死株率をみると, 禁牧区では萌芽当年の無萌芽株は 5.2% であり, その後 8 年生までの枯死

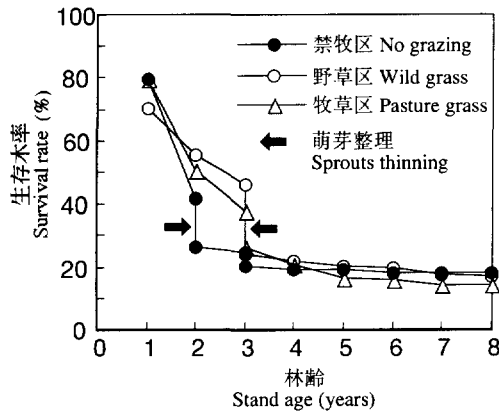


Fig. 3 萌芽本数の経年変化
Change of sprouts number

株は発生しなかった。一方、野草区では無萌芽株が7.1%、その後8年生までに発生した枯死株は11.5%であり、合計は18.6%であった。また、牧草区では無萌芽株が5.2%であり、その後の枯死株率は29.9%と高く、計35.1%の枯死株が発生した。

このように各処理区とも無萌芽株は各処理区とも5~7%であったが、萌芽発生後に萌芽が消失し枯死した株は禁牧区の0%に対し、野草区では12%、牧草区では30%と著しく高かった。

牧草区では皆伐前の1982年9月に牧草導入と施肥を行ったため、ワラビを含む下草が著しく繁茂して萌芽が被圧されたことや放牧牛による採食の被害が特に高く、これらが原因で枯死株が多発したものと考えられる。

(2) 放牧牛による被害

放牧牛による被害は4年生まで発生し、それ以降はほとんど観察されなかった。発生した被害形態は食害、枝折れ、幹折れ、根元剥皮であった。このうち食害の発生が最も多く、1~2年生の秋期に集中して萌芽の80~70%が被害を受けた。食害の発生は3年生以降徐々に減少した。平均採食高は140~150 cmで、最大採食高は270 cmであった。

Table 9には、各年次とも放牧前における成立本数を基準とし、その年次の食害を除いた被害木の発生率及び平均受傷高を示した。野草区の枝折れの発生率は1~2年生までは6~4%、3~4年生には13~10%と増加した。その平均枝折れ高は60~120 cmで、萌芽の成長とともに高くなる傾向がみられた。幹折れの発生率は毎年5~3%程度で前者に比べて少なく、平均折損高も60~140 cmで、枝折れ同様の傾向がみられた。また、根元剥皮の発生率は4~1%と比較的少なく被害も軽微であった。

牧草区についてみると、枝折れの発生は毎年8~6%程度であった。平均枝折れ高は60~130 cmで、野草区同様に萌芽木が大きくなるに従って高くなる傾向を示した。一方、幹折れの発生率は1~2年生までは8~10%と高かったが、3~4年生には4~3%と減少した。平均幹折高は50~100 cmと枝折れ高に比べて低かった。根元剥皮の発生率は野草区同様に5~1%と少なかった。

これらの諸被害の発生は1~2年生までは野草区に比べて牧草区で大きかったが、3~4年生には逆に野草区で大きい傾向がみられた。両区とも萌芽株の約50%が何らかの被害を受けた。その被害発生状況は放牧区（野草区、牧草区）全域に及び、地形的な偏りは特にみられなかった。また、この他に虫害（コムリガ）による被害が両区とも5%程度みられた。

(3) 樹高成長

8年生時における生存株を対象に、一つの株の中で萌芽当年から8年生まで継続測定した優勢萌芽木1本（現在樹高が2.0m未満の劣勢萌芽株は除外）について、算出した各処理区ごとの樹高成長をFig. 4に示した。

萌芽当年（1983）の放牧後における平均樹高は禁牧区の170cmに対し、放牧区では115~116cmと低かった。これは伐採直後から重度の放牧が行われ、放牧牛によって萌芽が採食されたためである。

禁牧区は順調に生育し、8年生の樹高は6.0mに達した。これに対し野草区では、萌芽1~2年生に放牧牛の食害によって樹高成長が停滞したため、その後の成長が遅延した。8年生の樹高は4.9mと禁牧区の80%前後にとどまり、禁牧区に追いつくことはなかった。このように、再々採食の被害を受けた萌芽は量的にも相当量が採食され、その後の伸長成長に影響があったものと考えられる。

一方、牧草区では野草区同様に放牧牛による採食被害が大きかったものの、牧草導入に付随した施肥効果のために樹高成長は促進され、その結果8年生には5.8mとなり禁牧区の樹高に接近した。

(4) 直径成長

萌芽2年生における平均胸高直径は禁牧区の2.6cmに対し、野草区では1.8cm、牧草区は2.2cmと差があった（Fig. 5）。禁牧区では萌芽5年生までは順調に成長したが、6年目以降はやや成長が緩慢となり、8年生には7.4cmとなった。野草区は牧草区に比べると本数密度も高く、食害の影響もあって8年生の平均直径は6.2cmと小さく、禁牧区に比較して70~80%の成長にとどまった。一方、牧草区は樹高同様に施肥効果が大きく、5年生以降は本数密度が少なくなった影響もあって著しい成長を示し、8年生には8.0cmとなり禁牧区を上回った。

(5) 施肥効果

禁牧区30本（18株）、野草区31本（20株）、牧草区29本（18株）の供試木について施肥効果を検討した。ここでは、胸高直径3.0cm、樹高2.0m以上を測定対象とし、1株から3本以上成立している萌芽は上位から2本を対象とした。なお、牧草区では牧草導入に付随した施肥を、牧草導入時と試験開始時の初年目から3年目まで行った。

各処理区の直径と樹高の推移をTable 10, Fig. 6, 7に示した。試験開始前では各処理区における平均直径の差はなかったものの、試験開始初年から禁牧区と牧草区の平均直径に1%水準で有意差が現れた。また、樹高生長量を比較したところ、3年目に禁牧区と牧草区において5%水準での有意差が現れた。

一般的に、施肥効果は樹高成長よりも肥大成長に顕著に現れるといわれているが、以上の結果からは混牧林における牧草導入に付随した施肥効果についても同様なことがいえることを示している。

Table 9. 放牧牛による各被害型発生率および受傷高
Rate of damage incidence by cattle and damage height

処理区 Plot	被害型 Damage type	1年目 1st year		2年目 2nd year		3年目 3rd year		4年目 4th year		計 Total
		発生率 In- cidence	受傷高 Damage height	発生率 In- cidence	受傷高 Damage height	発生率 In- cidence	受傷高 Damage height	発生率 In- cidence	受傷高 Damage height	
		%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%
野草区 Wild grass	枝折れ Branch breaking	6.4	62	4.3	85	12.6	102	9.7	122	33.0
	幹折れ Stem breaking	5.0	64	4.7	82	3.3	118	3.7	138	16.7
	剥皮 Barking	4.4		3.0		1.4		—		8.8
	計 Total	15.8		12.0		17.3		13.4		58.5
牧草区 Pasture grass	枝折れ Branch breaking	7.8	57	6.8	96	6.3	110	7.7	127	28.6
	幹折れ Stem breaking	8.0	52	9.6	85	3.5	98	3.2	82	24.3
	剥皮 Barking	4.6		2.3		1.4		0.6		8.9
	計 Total	20.4		18.7		11.2		11.5		61.8

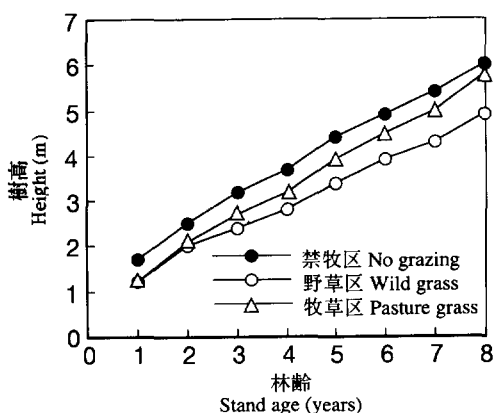


Fig. 4 樹高成長
Height growth

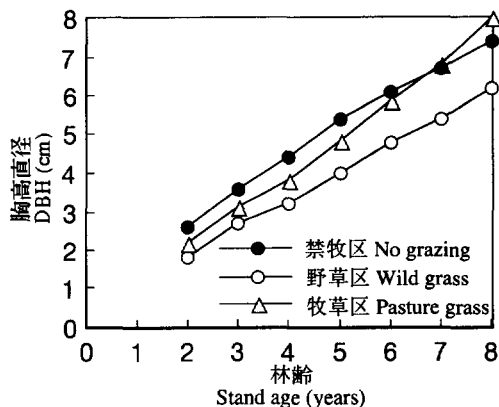


Fig. 5 直径成長
Diameter growth

3.2.4 林床植生の反応

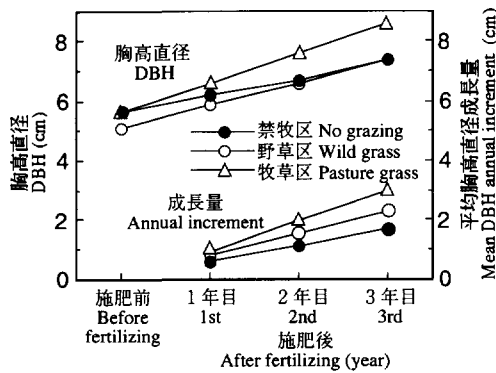
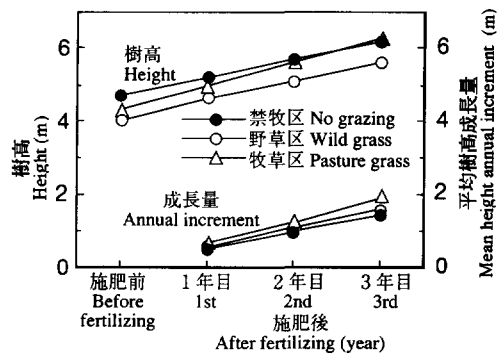
(1) 放牧実績

本試験地における8年間の放牧実績を Table 11 に示した。放牧期間は前半の4年間は7月中下旬～10月上中旬、後半の4年間は5月上旬～10月上旬であった。この間に、1985年の1回を除いて他の年次は2～4回の輪換放牧が行われた。年間の放牧日数はほぼ50～70日であり、放牧の時期的配分をみるとおおよそ7月中旬～9月中旬に集中していた。年次別の年間延放牧頭日数はcow・day換算で約125～164cow・day/haの放牧実績であった。

本試験地を含めて当地では牧野組合によって戦前から放牧が続けられてきており、この放牧実績は数十年以上の利用を視野においた当地の潜在的な牧養力と考えてよい。

Table 10. 萌芽の成長に及ぼす施肥効果
Fertilization effect to growth of sprouts

処理区	Plots	調査木 本数 Number of examined trees	施肥前 Before fertilization		施肥後 After fertilization					
			5年生 Age 5		6年生 Age 6		7年生 Age 7		8年生 Age 8	
			直径 Diameter	樹高 Height	直径 Diameter	樹高 Height	直径 Diameter	樹高 Height	直径 Diameter	樹高 Height
禁牧区	No grazing	30	5.6	4.2	6.17	5.18	6.70	5.69	7.25	6.19
野草区	Wild grass	31	5.1	4.0	5.90	4.60	6.57	5.09	7.35	5.60
牧草区	Pasture grass	29	5.6	4.3	6.63	4.98	7.60	5.60	8.64	6.32

Fig. 6 平均胸高直径と生長量の推移
Mean DBH and annual incrementFig. 7 平均樹高と生長量の推移
Mean height and annual increment

(2) 出現した植物種数

試験地一帯はワラビ、ネザサが広く分布している。試験地の林床植生も出現頻度、被度、草丈の三つの測度から検討した結果、その植生型はワラビ・ネザサ型と判断された。

試験地内には67種の植物の出現をみた。このうち草本類は58種で、低木、ツル類は7種であった。草本類ではササ類1種、牧草類2種、イネ科野草類5種、スゲ類2種、広葉草本類は単子葉及び双子葉草本類を含めて48種、シダ類2種であった。

各処理区の固定コドラートに共通して出現頻度が30%以上であった植物種をあげると、ササ類のネザサ、イネ科野草類のススキ、トダシバ、スゲ類のヒカゲスゲ、広葉草本類のミツバツチグリ、シラヤマギク、ヒメハギ、アキノキリンソウ、シダ類のワラビであった。この他、野草区で出現頻度が高かった植物種としてアソノコギリソウ、キジムシロ、フジなどがあり、このうち、キジムシロ、フジは禁牧区でも出現率が高かった。

Table 11. 年次別の放牧実績
Annual grazing intensity

林齢 Stand age	放牧回 Grazing time	放牧期間 Grazing period	放牧日数 Grazing days	放牧頭数 Number of cattle	放牧実績 Grazing Intensity
years			days		Cow·day/ha
1	1	Jul/26-Sep/4	40	93~103	115.0
	2	Sep/29-Oct/12	13	76~85	32.0
	Total		53		147.0
2	1	Jul/28-Sep/6	40	88~105	104.8
	2	Oct/2-Oct/10	8	78~82	20.1
	Total		48		124.9
3	1	Jul/29-Sep/16	49	81~97	127.1
	Total		49		127.1
4	1	Jul/18-Sep/3	47	70~95	119.5
	2	Oct/1-Oct/6	5	73	11.1
	Total		52		130.6
5	1	May/6-May/26	20	38~91	42.2
	2	Jun/16-Jun/24	8	79~88	20.3
	3	Aug/11-Aug/29	18	77~84	43.0
	4	Sep/21-Oct/6	15	74~76	33.9
	Total		61		139.4
6	1	May/1-May/25	17	15~87	31.2
	2	Jul/25-Sep/5	43	72~87	98.5
	3	Sep/26-Oct/7	12	63~66	24.7
	Total		72		154.4
7	1	May/6-May/26	20	11~68	36.2
	2	Aug/4-Sep/6	33	78~94	85.5
	3	Sep/26-Oct/7	11	64~68	23.7
	Total		64		145.4
8	1	May/6-May/21	15	20~77	27.5
	2	Aug/2-Aug/31	29	94~111	85.0
		Sep/21-Oct/10	19	83~96	51.4
	Total		63		163.9

(3) 被度の推移

処理区別、草類別の被度の変化を Fig. 8 に示した。低木-ツル類は極めて僅少であったため除いた。

各処理区はいずれもササ類とシダ類の被度が圧倒的に高く、この二草種で地表面が覆われており、他の草類の被度は極めて低かった。

牧養力の向上を計って導入した牧草類の初年目の被度はほぼ 2 であったが、2 年目以降の急低下が目立った。広葉草本類も牧草類と同様の傾向を示した。これは施肥がシダ類の繁茂を助長したのと同時に、その後の施肥の中止が牧草の衰退をもたらしたためと考えられる。さらに牧草類は、その最適利用時期

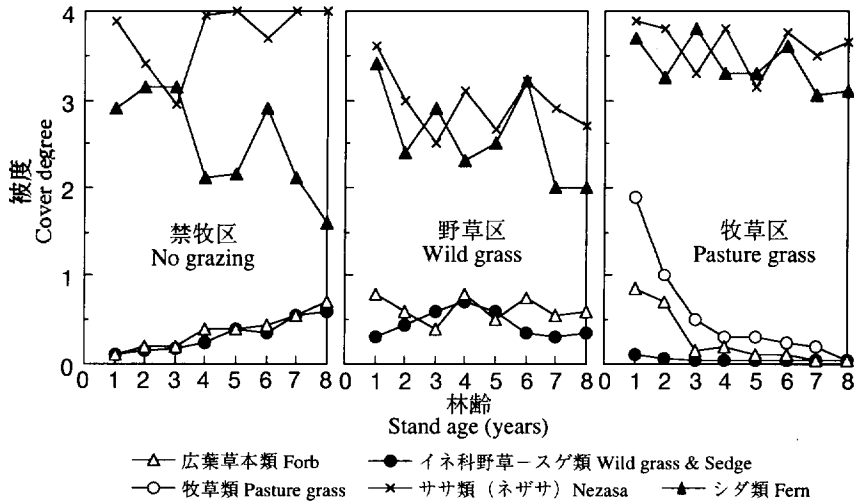


Fig. 8 被度の变化
Change of cover degree

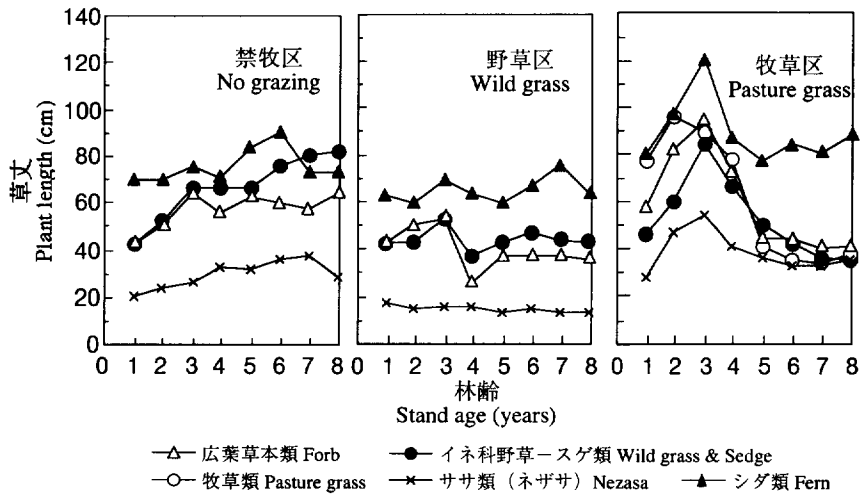


Fig. 9 草丈の変化
Change of plant length

と実際の放牧時期が一致しなかったために一層衰退を早めたと思われる。

一方、禁牧区では特にイネ科野草-スゲ類、広葉草本類の被度は年次の経過とともに高まった反面、シダ類は低下する傾向を示した。これはイネ科野草-スゲ類、広葉草本類といった可食草類に対する禁牧の効果を示している。

(4) 草丈の推移

各処理区の草丈の推移を Fig. 9 に示した。野草区ではササ類以外の草類は多少の変化がみられたが、

イネ科野草類のススキ、広葉草本類のシラヤマギクの食草種はほぼ 35~40 cm と低かった。ササ類は両草種に比べてさらに低く、15 cm 内外で推移した。

牧草区では 3 年目までは施肥の影響により野草類のいずれもが大幅に高まった中で、牧草類は 2 年目をピークに低下を示した。4~5 年目は各草種とも急低下し、その後はほぼ同じレベルで推移した。この 4~5 年目の草丈の低下は施肥中止を反映している。

一方、禁牧区では各草類とも多少の変化はみられるものの、シダ類を除いて若干高まった。このことは禁牧の効果と考えられる。さらに、食草類の主要草種であるササ類の草丈について検討した結果、初年次に対し 2, 3, 4 年次ではそれぞれ約 12%, 26%, 35% 高まった。

(5) 草量の変化

処理区別の 8 か年にわたる草量の年次変化を Table 12 に示した。牧養力(放牧可能頭日数)の指標となる可食草量についてみると、野草区の平均乾物重は 573 kg/ha であった。年次変化では前半 4 か年に比べ後半の 4 か年は若干低い傾向がみられた。牧草区では年次別可食草量は平均で 1131 kg/ha を示した。すなわち、牧草を導入して施肥することにより野草区に比べて可食草量は約 2 倍に高まった。その年次変化をみると、初年目の 1432 kg/ha から 2 年目は一気に 2366 kg/ha に高まったものの、3 年目は 1161 kg/ha とほぼ半減した。さらに草類別の変化としては、いずれも 2 年目をピークとする同様の傾向がみられた。

一方、禁牧区の可食草量は平均で 1267 kg/ha を示し、牧草区の平均可食草量よりもやや多かった。年次変化では毎年ほぼ増加の傾向を示し、初年目の可食草量 692 kg/ha に対して 8 年目は 1662 kg/ha を示した。さらに草類別にみると、イネ科野草-スゲ類、広葉草本類でも同様に増加の傾向がみられた。

可食草量の年次変化において、特に牧草区の 3 年目の急減をもたらした原因の一つとして、萌芽の成長による林内照度の低下が考えられた。そこで 3 年目の 7 月下旬に植物群落内の相対照度の測定を行い、その結果を Fig. 10 に示した。

Fig. 10 に示されているとおり、ワラビ群落の草高から 20 cm 下がると相対照度は急激に低下し、ネザサの草高に相当する地上 60 cm の相対照度は約 5%、地表面ではほぼ 0% を示した。もともと、ワラビは春季に最も早く芽を出す植物であるが、施肥によって一層春の繁茂が助長される。従って、他の草類は被圧されて草生の衰退を招くものと考えられた。一方、禁牧区の禁牧の効果については、主要草種のネザサ草量について検討した結果、禁牧 2, 3, 4 年目でそれぞれ初年目に比べて約 13%, 23%, 30% 増を示した。

(6) 草類別の占有率の推移

全草量中、可食草量の占める割合を Fig. 11 に示した。可食草量の割合は 8 か年で野草区で平均 26%、牧草区は平均 28%、禁牧区の平均 46% といずれも低かった。特に放牧区(野草区、牧草区)は平均 30% 以下を示したが、これは放牧地に共通して不食草であるワラビの繁茂が著しかったためである。年次変化をみると、野草区では比較的安定していたものの、牧草区は初年目の 43% から 2 年目は 34%、3 年目以降は 21~29% と低下した。一方、禁牧区の可食草量の割合は、初年目の 36% から上昇を続けて、7, 8 年目には 58% に高まった。

Table 12. 各処理区の年次別草量
Annual herbage

(単位 : dry weight kg/ha)

処理区 Plot	林 齢 Stand age	ネザサ Nezasa (<i>Pleioblastus yoshidake</i>)			牧草類 Pasture grass	イネ科野草- スゲ類 Wild grass Sedge	広葉草本類 Forb	低木ツル類 Vine	可食草小計 Herbage available Sub total	シダ類 Fern	合 計 Total
		稈 Culms	葉 Leaves	小計 Sub Total							
禁牧区 No grazing	1	269	540	809	—	4	71	77	692	981	1942
	2	247	514	761	—	56	187	126	883	1485	2615
	3	275	573	848	—	100	155	128	956	1440	2671
	4	518	792	1310	—	63	165	138	1158	1224	2900
	5	653	941	1594	—	225	245	68	1479	860	2992
	6	294	666	960	—	474	137	67	1344	992	2630
	7	578	923	1501	—	554	343	144	1964	779	3320
	8	430	777	1207	—	623	231	31	1662	752	2844
	平均 Mean	408	716	1124	—	262	192	97	1267	1064	2739
野草区 Wild grass	1	225	437	662	—	32	94	20	583	1238	2046
	2	150	312	462	—	113	157	93	675	1927	2752
	3	101	297	398	—	100	138	32	567	1894	2562
	4	119	318	437	—	98	175	120	711	1432	2262
	5	47	205	252	—	53	50	106	414	1248	1709
	6	121	409	530	—	33	68	63	573	1570	2264
	7	85	386	471	—	30	87	44	547	1329	1961
	8	86	378	464	—	50	42	46	516	1230	1832
	平均 Mean	117	343	460	—	64	101	65	573	1484	2174
牧草区 Pasture grass	1	463	799	1262	466	24	143	+	1432	1638	3533
	2	803	933	1736	888	187	354	4	2366	3768	6937
	3	340	450	790	328	33	350	+	1161	3718	5219
	4	401	585	986	99	44	226	7	961	2508	3870
	5	209	505	714	15	31	119	17	687	2404	3300
	6	232	542	774	12	13	139	+	706	2242	3180
	7	193	631	824	2	66	162	37	898	2020	3111
	8	217	628	845	+	45	157	11	841	2048	3106
	平均 Mean	357	634	991	226	55	206	10	1131	2543	4031

注：ネザサの稈およびシダ類は可食草量から除いた。

Note : Herbage available does not include culms of Nezasa and ferns.

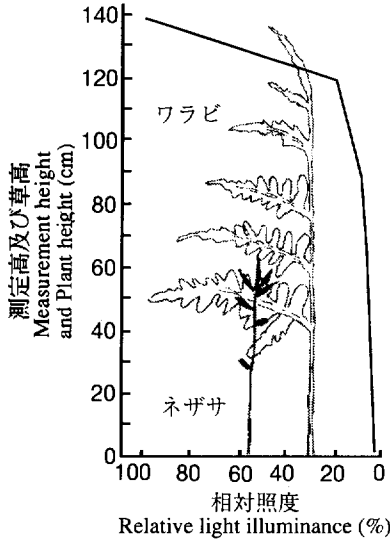


Fig. 10 牧草区における相対照度の変化
Change of relative light illuminance in the pasture grass plot

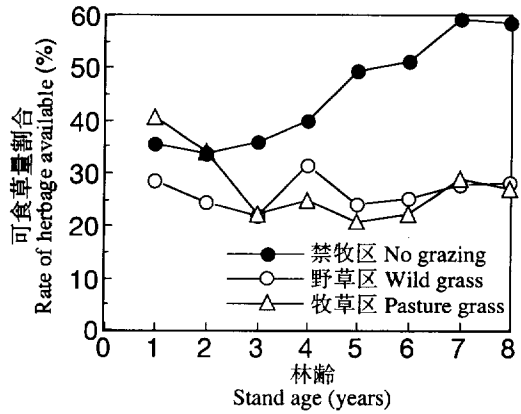


Fig. 11 可食草量の割合
Rate of herbage available

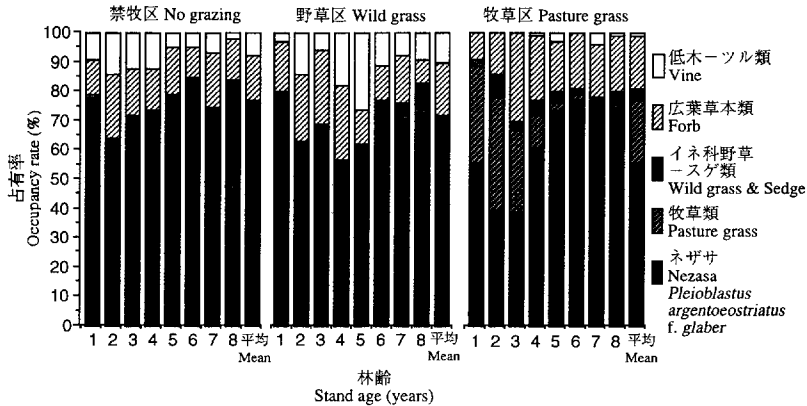


Fig. 12 草種別占有率の推移
Change of occupancy rate of plant species

次に、可食草量中に占める草類別の割合を Fig. 12 に示した。いずれの処理区においてもネザサが最も高い割合を占めていた。

禁牧区は初年目に約 80% を占めたネザサは、多少の変動を示しながらも順次低下し、6 年目以降は 50% 以下に減少した。イネ科野草・スゲ類、広葉草本類の初年目の占有割合はそれぞれ 1% 弱、10% を示したが、年次の進みにつれて増加の傾向を示し、最終年にはイネ科野草・スゲ類で 38% と大幅に増加し

て、広葉草本類も14%を示した。逆に、低木-ツル類は初年目から4か年は11~14%の範囲であったが、5年目以降は低下を示し、最終年は2%にすぎなかった。このように、ネザサ、低木-ツル類は試験の後半に低下したのに対して、イネ科野草-スゲ類、広葉草本類は初年目からほぼ増加していた。イネ科野草-スゲ類ではススキが、広葉草本類ではオカトラノオの増加が目立った。8か年間を通じた平均ではネザサと他の草類の割合はほぼ6:4であった。

野草区では初年目におけるネザサが約80%を占め、2~5年目では50%前後と低かったものの、それ以降は再び増加して70%を示した。ネザサの割合が低い時にはイネ科野草-スゲ類、広葉草本類、低木-ツル類が繁茂した。4,5年次に低木-ツル類の割合が増えたのは、そのほとんどを占めるフジが局所的に出現したことに加えて、毎年早春に行われる火入れの影響を強く受けたことがこのような変化に影響したものと考えられた。

牧草区では、初年目においてはネザサ(56%)、牧草類(33%)がほとんどを占めていた。ネザサは2,3年目は約40%に低下した後、4年目以降は再び60~75%の範囲に高まった。これに対して牧草類は3年目までは30%前後を維持したものの、その後の低下が著しく7年目ではほぼ消失した。広葉草本類は2年目15%、3年目30%に高まった後は20%内外に低下した。最終年は牧草類の消失とは逆に他の草類が高まり、8か年間の平均ではネザサが約半数を占めた。なお本区では低木-ツル類の占有割合の低さが特徴的であった。

(7) 放牧牛の採食嗜好性

南小国試験地及びその周辺における飼草の採食嗜好性はTable 13のとおりであった。これは、固定コードラートを中心に、前期4か年間の放牧開始後10日以内における放牧牛の採食程度の観察によるものである。本試験地では褐毛和種が過放牧されていたとみられ、退牧時には不食草種を除いてほとんど採食しつくされていた。調査地点に出現した在来の植物種は51種であった。

イネ科野草類 6種が出現したが、各草種ともイネ科牧草とともに放牧時からよく採食された。

ササ類 ササ類としてはネザサの1種のみであるが、嗜好性は極めて高く、放牧圧が高まるに従って稈の一部も採食された。また、ネザサは放牧、刈取りに強く、特に野草区では採食により草丈も低まり、一見シバ草地のように矮化した。

スゲ類 ヒカゲスゲの一種であるが、上述の各草類に比べて遜色のない嗜好性であった。

広葉草本類 出現草種35種のうちキク科、マメ科植物の嗜好性は高く、不食草類はみられなかった。

シダ類 ワラビ、ゼンマイの2草種であった。ワラビは採食されることは稀であるが、放牧圧が高まると一部採食されることが観察された。ゼンマイは出現頻度は低かったが、嗜好性は放牧牛によって個体差がみられ、放牧圧が高まる退牧時までには葉部はほとんど採食されることが観察された。

低木類 2種類のうちアキグミはほとんど採食されなかった。しかし、放牧圧が高まるに従って、一部採食されることが観察された。

ツル類 出現種4種のうちフジは放牧時に新葉の一部が採食された。しかし、飼料草が不足するにつれてかなりの採食が観察された。

Table 13. 放牧中の採食嗜好性
Palatability on grazing

	植物名 Plant name		嗜好性 Palatability
イネ科野草類 Wild grass	ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i>	++
	トグシバ	<i>Arundinella hirata</i>	++
	アブラススキ	<i>Spodiopogon cotulifer</i>	++
	ヌカホ	<i>Agrostis exarata</i>	++
	コブナグサ	<i>Arthraxon hispidus</i>	+
	イチゴツナギ	<i>Poa sphondylodes</i>	++
ササ類 Bamboo	ネザサ	<i>Pleioblastus argenteostriatus</i> f. <i>glaber</i>	++
スゲ類 Sedge	ヒカゲスゲ	<i>Carex humilis</i> subsp. <i>chlorostachys</i>	++
広葉草本類 Forb	シラヤマギク	<i>Aster scaber</i>	++
	アキノキリンソウ	<i>Solidago Virgaurea</i> subsp. <i>asiatica</i>	++
	ノアザミ	<i>Cirsium japonicum</i>	++
	ヤマアザミ	<i>Cirsium spicatum</i>	+
	ニガナ	<i>Ixeris dentata</i>	++
	ヒメジョオン	<i>Erigeron annuus</i>	++
	ヒメムカシヨモギ	<i>Erigeron canadensis</i>	+
	ハバヤマボクチ	<i>Synurus excelsus</i>	+
	アソノコギリソウ	<i>Achillea alpina</i> subsp. <i>subcartilaginea</i>	+
	キジムシロ	<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>	++
	ミツバツチグリ	<i>Potentilla Freyniana</i>	+
	ワレモコウ	<i>Sanguisorba officinalis</i>	+
	ヒメハギ	<i>Polygala japonica</i>	++
	オカノトラノオ	<i>Lysimachica clethroides</i>	+
	コナスビ	<i>Lysimachica japonica</i> f. <i>subsessilis</i>	±
	ヤマハッカ	<i>Rabdosia inflexa</i>	±
	ウツボグサ	<i>Prunella vulgaris</i> subsp. <i>asiatica</i>	+
	リンドウ	<i>Gentiana scabra</i> var. <i>Buergeri</i>	+
	カワラマツバ	<i>Galium verum</i> var. <i>asisticum</i> f. <i>nikkoense</i>	+
	カワラナデシコ	<i>Dianthus superbis</i> subsp. <i>longicalycinus</i>	+
	フングロセンノウ	<i>Lychnis miqueliana</i>	+
	オトギリソウ	<i>Hypericum erectum</i>	+
	メドハギ	<i>Lespedeza cuneata</i>	++
	ヌスビトハギ	<i>Desmondium racemosum</i>	++
	タチツボスミレ	<i>Viola grypoceras</i>	++
	スミレ	<i>Viola mandshurica</i>	++
	トウダイグサ	<i>Euphorbia helioscopia</i>	±
	サイヨウシャジン	<i>Adenophora triphylla</i> subsp. <i>triphylla</i>	±
	ツリガネニンジン	<i>Adenophora triphyll</i> subsp. <i>aperticampanulata</i>	±
	ノチドメ	<i>Hydrocotyle maritima</i>	+
エゾノギンギシ	<i>Rumex obtusifolius</i>	±	
ヤマラッキョウ	<i>Allium thunbergii</i>	±	
シライトソウ	<i>Chionographis japonica</i>	++	
ユウスゲ	<i>Hemerocallis Thunbergii</i>	+	
キンラン	<i>Cephalanthera falcata</i>	+	
シダ類 Fern	ワラビ	<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	-
	ゼンマイ	<i>Osmunda japonica</i>	±
低木類 Shrub	アキグミ	<i>Elaeagnus umbellata</i>	-
	ミネヤナギ	<i>Salix Reinii</i>	+
ツル類 Vine	ツルウメモドキ	<i>Celastrus orbiculatus</i>	+
	サルトリイバラ	<i>Smilax China</i>	+
	フジ	<i>Wisteria floribunda</i>	±
	ヘクソカズラ	<i>Paederia scandens</i>	±

4 南小国択伐クヌギ混牧林試験

一般のクヌギ林では普通一斉皆伐による萌芽更新が行われている。しかしながら、地方によっては本数密度の低い放牧林において択伐が行われている。そこで、従来から行われてきた南小国地方の択伐林を対象に、択伐と皆伐更新の違いが萌芽の発生、成長に及ぼす影響を、林内光環境との関連に注目して萌芽3年生までについて比較検討した。

4.1 調査地の概況

調査地は3章の南小国皆伐クヌギ混牧林試験地に隣接しており、標高660m、傾斜17°、北東向斜面の放牧林地内に面積0.098haの択伐区を設けた。また比較のため放牧野草区内に0.10haの調査区を設け、これを皆伐区とした。両プロットとも土壌はBl_{D(d)}型で、下層植生はワラビーネザサ型であった。

択伐区の林齢は14~17年生で、1983年11月に択伐を実施した。一方、皆伐区は林齢6~16年生の択伐林を1982年11月に伐採した。

4.2 調査方法

4.2.1 林木

皆伐区については胸高直径12.0cm以上の立木の伐根を調査対象とした。萌芽の測定は3章の試験地と同様に放牧前（7月）と終牧後（10月）に同一手法で行った。光環境の調査としては、択伐区内の固定した測点（伐前18か所、択伐後8か所）の地上1.0mにサンステーションを設置し、定期的に3~7日間日射量を測定した（Fig. 13）。

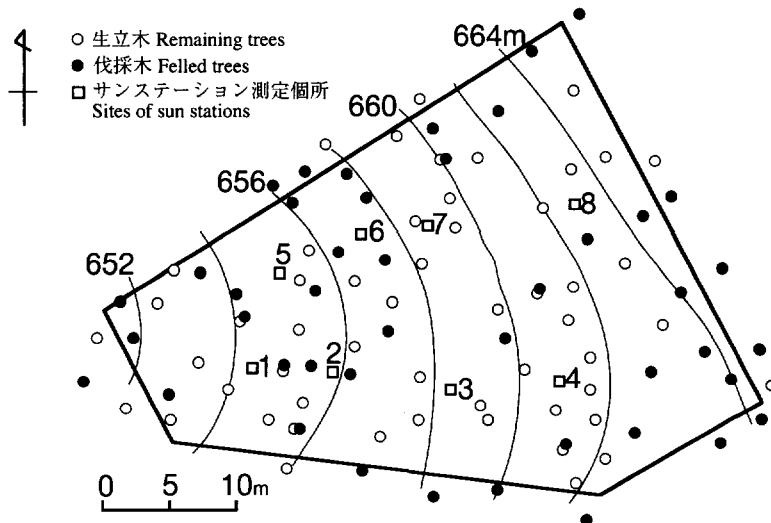


Fig. 13 南小国択伐クヌギ混牧林試験地の立木位置図

Stand disposition map of Minamioguni experimental site for Kunugi (*Quercus acutissima*) grazing forests with selective cutting

4.2.2 林床植生

この調査地は前章の試験地から連続した放牧林地で、牧柵による区画はなかった。従って、放牧実績は Table 11 に示された林齢 2~4 年の値が相当する。

4.3 林木の反応

4.3.1 択伐前後の林況と日射量

択伐区の択伐前後の林況を Table 14 に示した。平均胸高直径 12.7 cm, 平均樹高 9.8 m, 立木密度 949 本/ha, 林分蓄積 63.5 m³/ha の林分であり、これを本数で 41%, 材積で 62% の択伐を行った。

また、択伐区における相対積算日射量の推移を Fig. 14 に示した。択伐前の 1983 年 4 月下旬 (開葉前) における平均相対積算日射量は 71%, 5 月下旬 (開葉後) 33%, 6 月下旬 (夏至) 29% であった。択伐後の 1984 年~1986 年の開葉前 (5 月上旬) は 71~74%, 開葉後 53%, 6 月下旬 50~54% であり、択伐後は択伐前に比べて 20% 程度増加した。

Table 14. 択伐区の林況
Stand condition of selective cutting plots

区 分	Group	胸高直径 DBH		樹高 Height		本数密度 Stand density	材 積 Volume
		平均 Mean	範囲 Range	平均 Mean	範囲 Range		
		cm	cm	m	m	No./ha	m ³ /ha
全林木	Total	12.7	6~20	9.8	5~14	949	63.5
伐採木	Felled trees	15.5	12~20	11.3	7~14	388	39.2
残存木	Remaining trees	10.8	6~14	8.9	5~12	561	24.3

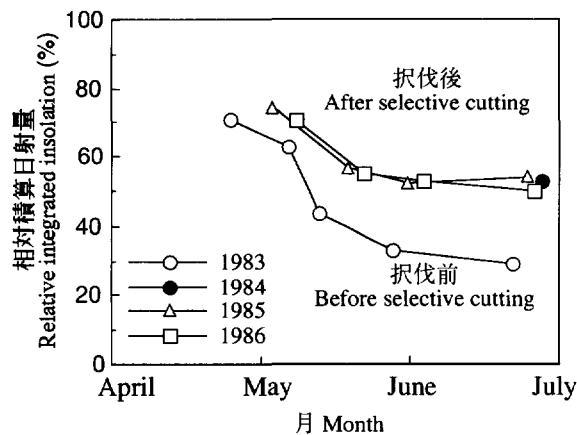


Fig. 14 択伐区における相対積算日射量の推移
Change of relative integrated insolation in the selective cutting plots

4.3.2 伐根直径と萌芽本数

伐採区及び皆伐区の伐根直径と萌芽本数に相関はみられなかったが、萌芽当年の1株当たり萌芽本数は、皆伐区平均12.7本、択伐区平均4.9本と明らかな違いがみられた（Table 15）。また、枯死株の率は皆伐区13.8%に対し択伐区29.0%と、皆伐区に比べて択伐区の枯死株率が極めて高かった。これらは、択伐区と皆伐区の光環境の差が影響していると考えられる。

4.3.3 萌芽の成長

1株の中で優勢萌芽2本を用いて樹高成長を比較すると、萌芽当年における皆伐区と択伐区の樹高は大差はなかったものの、2年生以降では日射量不足のために択伐区の成長が停滞し、両者間に顕著な差がみられた（Table 16）。

つぎに萌芽3年生の萌芽木の生育状況を Table 17 に示した。なお、皆伐区は3年生に萌芽整理を行ったので整理後の本数を用いた。樹高が2.0m未満の萌芽は皆伐区35%、択伐区72%、2.0m以上は前者65%（平均直径2.8cm、樹高3.0m）、後者28%（平均直径1.6cm、樹高2.2m）であった。平均樹高は皆伐区2.4m、択伐区1.5mで皆伐区の63%程度の成長にとどまった。

この林内光環境の影響をさらに明らかにする目的で、上述の択伐区内の相対積算日射量が50%以上と50%未満の箇所に分し、萌芽の樹高成長を比較検討した（Table 18）。なお、50%以上の個所は Fig. 13 に示す No. 2, 5, 6 の3か所で、他の5か所は50%以下であった。

萌芽当年の放牧前及び終牧後の樹高の差はなかった。2年生以降は50%以上でいずれも優った。本試験地は放牧地内にあるため、放牧牛の食害を受けて萌芽の成長が阻害された。特に、日射量が低いため

Table 15. 伐根直径と萌芽本数
Diameter of stumps and number of sprouts

プロット	Plot	調査株数 Number of sprouts	伐根直径 (cm) Stump diameter		萌芽本数 (No./stump) Number of stumps	
			平均 Mean	範囲 Range	平均 Mean	範囲 Range
皆伐区	Clear cutting	29	26.6	18~39	12.7	2~39
択伐区	Selective cutting	31	26.4	18~39	4.9	1~13

Table 16. 上位2本による平均樹高
Mean of highest two sprouts

プロット	Plot	(単位: cm)					
		萌芽当年 First year of sprouting		2年生 2nd year		3年生 3rd year	
		放牧前 Before grazing	終牧後 After grazing	放牧前 Before grazing	終牧後 After grazing	放牧前 Before grazing	終牧後 After grazing
皆伐区	Clear cutting	107	101	188	206	247	261
択伐区	Selective cutting	100	85	154	149	174	173

Table 17. 萌芽 3 年目における萌芽の生育状況
Condition of sprouts at age 3

プロット Plot		萌芽高 Height (m)				胸高直径 DBH (cm)			
		<1.0	1.0 ≤ 2.0	2.0 <	Total	<1.0	1.0 ≤ 3.0	3.0 <	Total
皆伐区 Clear cutting	Number	1.0	23.0	45.0	69.0	28.0	23.0	18.0	69.0
	%	1.4	33.3	65.2	100.0	40.6	33.3	26.1	100.0
択伐区 Selective cutting	Number	12.0	37.0	19.0	68.0	49.0	19.0	—	68.0
	%	17.6	54.5	27.9	100.0	72.1	27.9	—	100.0

Table 18. 日射量と樹高成長
Insolation and height growth

(単位: cm)

日射量 Insolation	調査株数 Number of examined trees	1 年生 Age 1		2 年生 Age 2		3 年生 Age 3	
		放牧前 Before grazing	終牧後 After grazing	放牧前 Before grazing	終牧後 After grazing	放牧前 Before grazing	終牧後 After grazing
50% 以上	9	100	86	158	160	190	214
50% 未満	13	100	84	152	141	161	145

に成長の劣る 50% 以下では、このような食害が重なって 2 年生以降の樹高がさらに停滞した。

このように萌芽本数、樹高のいずれも択伐区に比べて皆伐区で優った。橋詰 (1985) はクヌギ苗を用いた苗畑実験から、クヌギ苗を健全に生育させるためには 50% 以上の相対照度を必要とすることを指摘している。このように、萌芽を健全に育成するためには強度の択伐が必要と考えられる。

5 朝地クヌギ混牧林試験

大分県の南西部に位置する朝地町の温見地域は、全国的にみてもシイタケ生産と肉用牛の生産が盛んで、林畜複合経営が定着している地域である。また、南小国地方に比べてより集約的にクヌギ林の管理放牧が行われている。これらの現実林分の実態を把握し、望ましいクヌギ林の取り扱い技術を明らかにするための基礎資料の収集を目的とした。

5.1 試験地の概況

5.1.1 位置と設定時の概況

調査地は大分県大野郡朝地町大字梨小字志屋の志屋牧野組合が共同利用している放牧林で、総面積 67 ha は三つの牧区に分割されている。各牧区とも 2000 本/ha 前後のクヌギ造林地であり、植栽林と萌芽林からなる。この中の第 3 牧区 (41 ha) 内において、植栽林と萌芽林の 10 年生の林分を 1985 年 11 月に伐採した。伐採時の植栽林は平均胸高直径 9.2 cm, 平均樹高 7.6 m, 立木密度 1581 本/ha, 林分蓄積 51.3 m³/ha であった。一方、萌芽林は胸高直径 9.4 cm, 樹高 8.9 m, 立木密度 2269 本/ha, 林分蓄積 89.3 m³/ha の林分であった。この伐採跡地に伐根株がそれぞれ萌芽株が 50 株含まれる大きさの調査区を設定

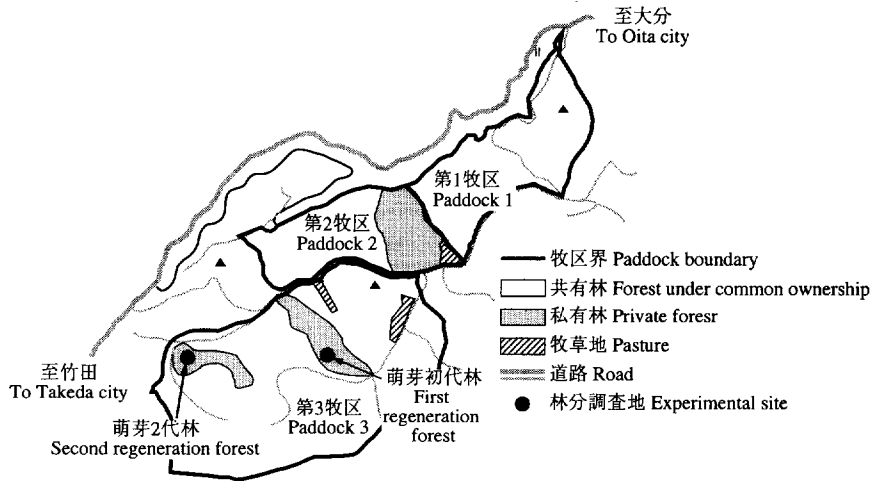


Fig. 15 朝地クヌギ混牧林試験地位置図

Map of Asaji experimental site for Kunugi (*Quercus acutissima*) grazing forests

し、植栽林の伐採跡地を萌芽初代林（0.039 ha）、萌芽林の伐採跡地を萌芽2代林（0.030 ha）とした。

萌芽初代林は標高 540 m、萌芽2代林はその上部 560 m に位置し、両試験地とも南東向緩斜面で、土壌は萌芽初代林が $B_{D(4)}-I_m$ 、萌芽2代林は $Bl_{D(4)}$ 型で、下層植生はいずれもネザサ-ススキ型であった (Fig. 15)。

放牧は毎年 4 月下旬から 12 月下旬まで行われ、この間に 2~3 回、延 20~30 日前後、黒毛和種の成牛 10~25 頭が昼夜放牧された。

5.1.2 林床植生

放牧地内の植生についてみると、人工草地在り造られているクヌギ林内の一部を除けば大部分はネザサ、ススキを主とした野草が優先しており、他の草類は少なかった。萌芽初代林と萌芽2代林は近い位置にあるが、過去における草地利用の経緯が異なっている。すなわち、萌芽初代林はクヌギの植栽以前には一部牧草導入により放牧牛の飼料用採草地として利用され、一方萌芽2代林は採草地（カヤ刈場）であった。しかし、現在は両試験地ともネザサ、ススキが優占しており、萌芽初代林が過去に草地改良を行った経緯からイネ科牧草がわずかに出現するほかは、両試験地の植生の違いはみられなかった。

ネザサ、ススキの他に、草本類ではチガヤ、キンミズヒキ、ヌスビトハギ、ヨモギ、シダ類ではワラビ、低木・ツル類ではガマズミ、モミヂイチゴ、ヤマノイモ、スイカズラ、ヤマブドウなど 30 数種を数えた。しかし、これらはネザサ、ススキに比べれば極めて少なく、下草植生を牧養型でみると両試験地は明らかにネザサ-ススキ型と判断された。

5.2 調査方法

林木に関する調査は、南小国皆伐クヌギ混牧林試験地と同様の調査方法によった。ここでは毎年終牧前（11 月）に 1 回、胸高直径、樹高及び被害木について調査した。また、萌芽整理は行わなかったが、

Table 19. 伐根直径と萌芽本数
Diameter of stumps and number of sprouts

区分	Plot	調査株数 Number of examined stumps	伐根直径 Diameter of stumps		萌芽本数 Number of sprouts	
			平均 Mean	範囲 Range	平均 Mean	範囲 Range
			cm	cm		
萌芽初代林	First regeneration	50	14.2	4.2-26.5	8.2	2~22
萌芽2代林	Second regeneration	50	15.6	6.0-31.5	7.6	1~15

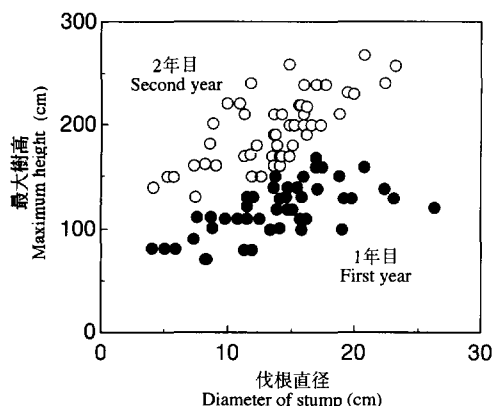


Fig. 16 伐根直径と最大樹高 (萌芽初代林)
Diameter of stump and maximum height (first
regeneration by coppice)

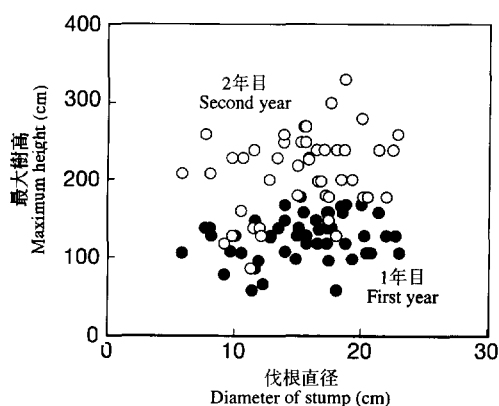


Fig. 17 伐根直径と最大樹高 (萌芽2代林)
Diameter of stump and maximum height (sec-
ond regeneration by coppice)

被圧木を2年生以降に若干整理した。

また、両試験地を設定した第3牧区内は人工草地が一部に造成されていたため、放牧も4月下旬から開始されていた。加えて、試験地内は所有者によって毎年放牧期間中の夏場に下刈りされた。

5.3 林木の反応

5.3.1 伐根直径と萌芽本数

伐根直径の平均値などは Table 19 に示すとおりで、萌芽初代林及び2代林の伐根直径には有意な差はなかった。なお、伐採高は両林分とも低く 5.0 cm 以下であった。

萌芽当年の1株当たりの平均萌芽本数は、萌芽初代林と萌芽2代林の間で差はみられなかった。また伐根直径と萌芽本数との関係については、萌芽初代林では正の相関がみられたものの、萌芽2代林ではこれらの有意な相関関係は認められなかった。

伐根直径と、その伐根の中での最大樹高の関係を Fig. 16 及び 17 に示した。萌芽初代林では萌芽本数同様に伐根直径が大きくなるほど樹高も高くなる傾向が認められたが、萌芽2代林では個体間のバラツキが大きく、そのような傾向はみられなかった。

5.3.2 萌芽本数の推移

本試験は1986年より5か年実施したものである。両試験地の萌芽当年（1986）における萌芽本数は、萌芽初代林では10462本/ha、萌芽2代林は12733本/haであった。この萌芽本数を基準としてその後の本数の推移をみると、Fig. 18に示すように両試験地とも2年生までに約半数に近い萌芽が消失し、生存木率は52～51%まで減少した。その後順次両試験地とも類似した減少傾向をたどり、5年生時の生存木率は萌芽初代林で23%、萌芽2代林では21%となり、生存木本数は前者で2436本/ha、後者では2667本/haとなった。

5年生時における1株当たりの平均成立本数は萌芽初代林では1.9本、萌芽2代林では1.6本であった。また、1～2本立ちの株は前者で77%（このうち1本立ちが31%）、後者は87%（同48%）と前者に比べて高かった。また、当初の株数は萌芽林で1282株/ha、萌芽2代林は1667株/haに相当したが、萌芽当年における無萌芽株は0%であった。その後5年生までに枯死した株は、前者では0%、後者も4%と少なかった。

5.3.3 萌芽の成長

試験地の放牧強度は60～90 cow·day/haと比較的弱度であったため、放牧牛による諸被害は少なかった。萌芽当年には食害と踏みつけによる根元折れと曲がりがわずかにみられた。採食の度合は株単位での被食率は20～30%程度であった。2年生には新たに幹折れと梢頭部の先折れが生じたが、その被害率は本数で5～10%と少なく、3年生以降は極めて少なかった。また、採食の被害は軽微で、南小国皆伐クヌギ混牧林試験地のように萌芽の成長に影響を及ぼすことはなかった。採食高は140～150cmで、最大180cmであった。

一つの株の中で優勢萌芽1本を用い樹高及び胸高直径の成長を、Fig. 19及び20に示した。萌芽当年における萌芽初代林、萌芽2代林の平均樹高はそれぞれ1.2m、1.3mとほとんど差はなかった。その後

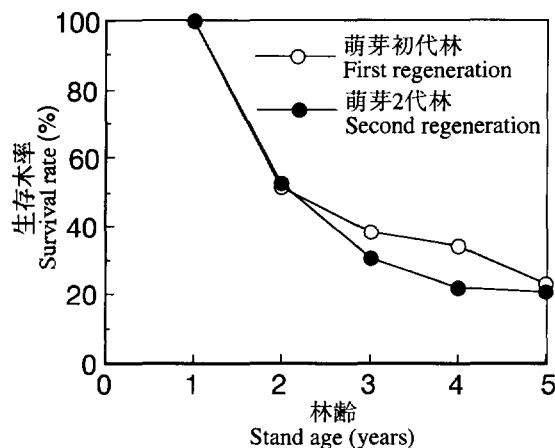


Fig. 18 萌芽生存率の推移

Change of survival rate of sprouts

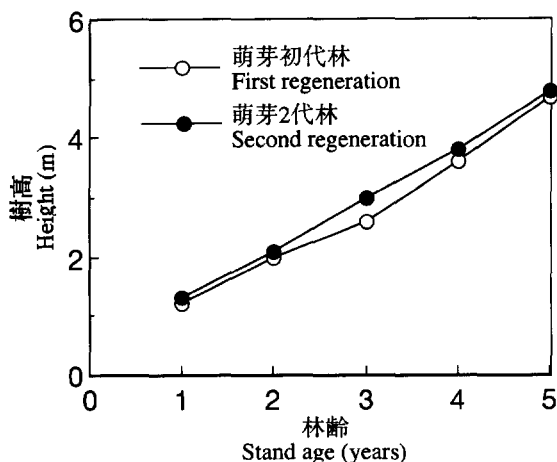


Fig. 19 萌芽林の樹高成長
Height growth of coppice stands

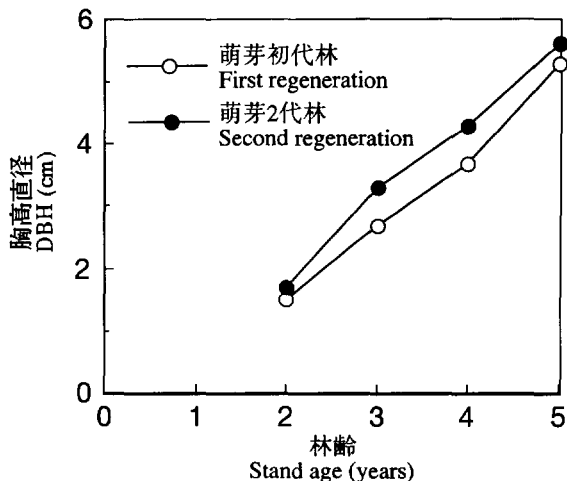


Fig. 20 萌芽林の胸高成長
Diameter growth of coppice stands

両者はほぼ直線的に成長し、5年生時にも4.7mと4.8mと差はなかった。一方、萌芽2年生における平均胸高直径は萌芽初代林1.5cm、萌芽2代林1.7cmであったが、3年生以降は前者に比べ後者が0.4~0.6cm高かった。この差は本数密度の違いによるものと考えられる。

5.4 林床植生の反応

両試験地の周辺における林床植生のネザサ、ススキは粗~中密度ながらも、林床を全面的に覆っており、草高は100cm前後であった。

聞き取り調査によれば、放牧地内の生草量は10ha当たり約2tが得られていた。また、放牧は下草の状況をみながら行われているため年次によって幅があるが、試験地の放牧日数はおよそ20~30日間であり、放牧実績を概算した結果60~90cow·day/haと比較的弱度の放牧とみられた。

6 立田山実験林クヌギ林試験

ササは一般的に造林上大きな障害となるが、一方畜産側からみると家畜が好食する重要な粗飼料源の一つである。この試験では、クヌギ林の林床に純群落をなしているチマキザサ生地において、刈取りの時期と強度を組み合わせた試験を行い、クヌギ林内のササ生地の取り扱いに関する方法を検討することを目的とした。

6.1 試験地の概況

試験地は森林総合研究所九州支所、立田山実験林2林班り小班(標高84m)、林齢23年生のクヌギ植栽林を1982年11月に伐採し設定した。伐採時の平均樹高は9.1m、平均胸高直径は9.3cm、立木密度2715本/haの林分であった。

Fig. 21 に示したように試験区は東西に細長く、傾斜10~15°の南西向斜面である。この中を三つに区

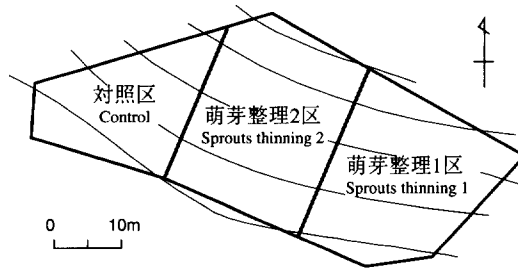


Fig. 21 立田山実験林クヌギ林試験地の配置図
Map of Tatsuta-yama experimental site for Kusunagi (*Quercus acutissima*) forests

分し、萌芽整理区1（萌芽整理を萌芽当年から実施：0.053 ha）と萌芽整理区2（萌芽整理を2年生から実施：0.057 ha）及び対照区（無処理区 0.034 ha）を設置した。土壌は安山岩を母材とした $B_{1D(a)}$ 型である。林床にはチマキザサが一面に分布していたが伐採前に刈り払いを行った。

6.2 調査方法

各試験区とも毎年11月に、株ごとに全萌芽について、萌芽高は測桿で5cm単位で、胸高直径は測定可能な萌芽木のみを、ノギスを用いmm単位で2方向を測定した。整理区1については萌芽当年の秋から、整理区2は2年生の秋から株ごとに劣勢萌芽を順次整理し、3年生までに優勢萌芽2本を残した。

林床植生に関する試験は林木の調査を開始した4年後（1986年）、すなわち萌芽4年生のクヌギ林で開始した。林床植生はチマキザサの純群落であり、他の低木、草本類は極めてわずかであった。

まず試験地を試験A（7月下旬刈）、試験B（10月下旬刈）に分け、各試験についてそれぞれ10×13mの不刈区、初年刈区（調査初年のみ刈取り）、毎年刈区（毎年刈取り）の処理区を設けた。これらの試験A、B毎に、処理区毎の各コドラート内におけるチマキザサの年齢別の稈数と稈高を毎年測定した。稈高は当年生の稈を対象に、上層の平均的なササを20本測定した。初年刈区、毎年刈区の刈取ったササは、年齢別に分けて枝も含めた稈部と葉部（新、旧葉）別に乾物重を測定した。なお、試験A、Bとも初年刈区の刈取りは初年目にとどめて以後は放置した。毎年刈区は刈取り処理を毎年繰り返した。

6.3 林木の反応

6.3.1 伐根直径と萌芽本数

各試験区の伐根直径はTable 20に示したように、平均伐根直径は12.5cm、平均伐採高は4.0cm、平均株数は2694株/haであった。

萌芽当年における1株当たり萌芽本数をTable 21に示した。なお、最大樹高とは同一株内における最大萌芽の樹高を示す。平均は5.0本であり、各株の中の最大樹高を比較すると各試験区とも平均1.4mで、その成長には差はなかった。また、無萌芽株、つまり伐根から萌芽が発生することなく枯死した株が試験区全体では20%あった。

次に伐採後も生存していた株の割合を伐根直径階別にみると、その値は伐根直径が大きくなるに従っ

Table 20. 伐採時の伐根直径と株密度
Diameter of stumps and stump density at cutting

区 分	Plot	伐根直径 Diameter of stumps		株密度 Stump density
		平均 Mean	範囲 Range	
		cm	cm	No./ha
萌芽整理 1 区	Sprouts thinning 1	13.0	6~30	2 528
萌芽整理 2 区	Sprouts thinning 2	12.2	4~30	2 614
対照区	Control	12.1	4~28	3 088
全 体	Total	12.5	4~30	2 694

Table 21. 萌芽当年における萌芽の状況
Condition of sprouts at first regeneration year

区 分	Plot	調査株数 Number of examined stumps	萌芽本数 Number of sprouts		萌芽密度 Number of sprouts	最大樹高 Maximum height
			平均 Mean	範囲 Range		
					No./ha	cm
萌芽整理 1 区	Sprouts thinning 1	134	5.0	1~24	9 792	144
萌芽整理 2 区	Sprouts thinning 2	149	4.5	1~20	8 684	139
対照区	Control	195	5.4	1~17	15 382	144
全 体	Total	388	5.0	1~24	10 674	142

Table 22. 伐採当年における伐根直径階別の萌芽の状況
Number and growth of sprouts at first regeneration year

伐根直径階 Diameter of stumps	調査株数 Number of examined stumps		萌芽株率 Rate of sprouting stumps	平均萌芽本数 Mean sprouts	最大樹高 Maximum height
cm	%		%	No./stump	m
4~10.9	175	45.1	72.6	4.3	1.20
11.0~14.9	114	29.4	83.3	4.6	1.43
15.0~20.9	72	18.5	87.5	5.8	1.72
21.0~24.9	15	3.9	93.3	7.1	1.74
25.0~30.9	12	3.1	91.7	7.6	1.81
Total	388	100.0			
Mean			79.9	5.0	1.42

て高くなる傾向がみられた (Table 22)。このことは伐根直径が小さいほど無萌芽株が多くなることを意味しており、10 cm 以下の伐根の 27% が無萌芽であった。伐採前の無萌芽株のほとんどは成長不良のために下層木 (平均胸高直径 6 cm, 平均樹高 6.0 m) として被圧され、なかには梢頭部が 1~2 m 枯れ上っていたものもあった。つまり、このようになりに樹勢が弱く、根株の活力が低下して萌芽を分岐する余力も持たないために、無萌芽株として枯死するに至ったものと考えられた。

伐根直径の大小と1株当たりの萌芽本数の関係は、伐根直径が大きいものほど萌芽本数も多くなる傾向もみられた。ただし、伐根直径が15~30 cmの範囲では、1株当たりの萌芽本数及び平均樹高には大差はなかった。

6.3.2 萌芽本数の推移

本試験は1983年より8か年実施したものであり、萌芽当年の萌芽本数を基準にして、その後の萌芽本数の推移をFig. 22に示した。なお、萌芽整理区1は萌芽整理区2と、ほぼ類似した成長を示したので、省略した。また、萌芽当年における萌芽本数は、整理区2では8684本/ha、対照区では15382本/haであった。なお、萌芽整理区2を以下整理区と呼称する。

整理区で実施した萌芽整理は2年生の秋期に28.1%、3年生に8.7%計36.8%であった。その上、自然枯死が2年生までに32.1%、3年生には3.4%で計35.5%が枯死したので、萌芽は3年生までに合計72.3%が消失または整理されたことになり、生存木率は27.7%まで減少した。一方、対照区は2年生までに31.2%、3年生に21.6%の計52.8%が自然枯死したため、生存木率は47.2%まで落ちた。4年生以降両試験区とも順次減少し、8年生までに整理区では79.2%、対照区では78.6%が消失または整理された。従って、8年生の生存木率で20.8%、対照区では21.4%となり、前者で1807本/ha、後者は3294本/haとなった。

また、対照区の1株当たり萌芽本数の推移をFig. 23に示した。1株当たり萌芽本数は、萌芽当年には1~17本(3~4本の株が、全体の41%)まで分布していたが、3年生になると8本以上成立している株はなくなった。さらに6年生には1~2本の株が82%を占め、5本以上の株はなくなった。かくして、8年生には1本立ちが69%、2本立ちが25%となり、最高でも3本立ちであった。一方、整理区では萌芽整理後の3年生には1本立ちが62%、2本立ちが38%であったが、8年生には1本立ちが72%を占めた。このようにクヌギ萌芽木は自然放置しても萌芽の成長に伴い1株当たりの成立本数は次第に減少し、6~8年生には1株当たり1~2本立ちとなった。

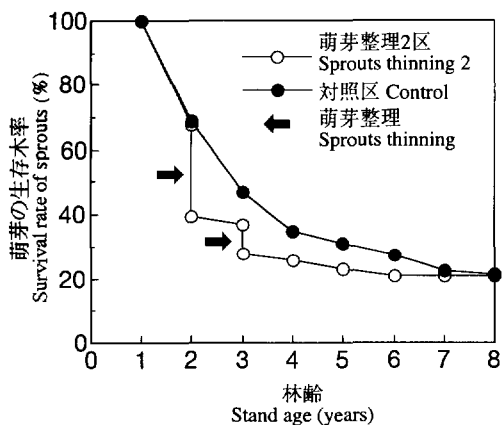


Fig. 22 萌芽生存率の推移
Change of survival rate of sprouts

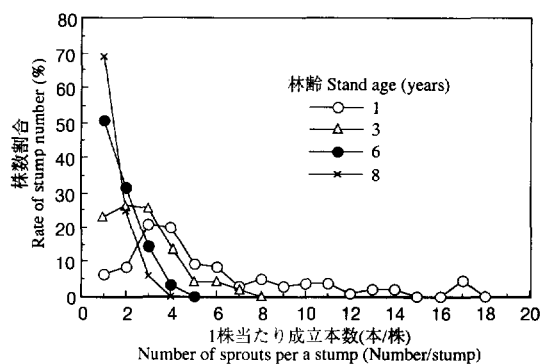


Fig. 23 対照区における1株当たり萌芽本数の推移
Change of sprout number per a stump in the control plot

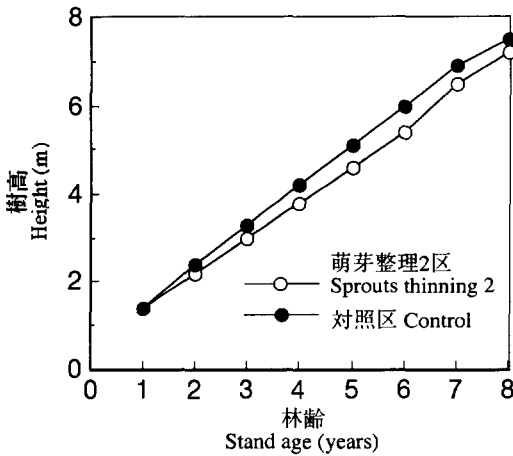


Fig. 24 樹高成長
Height growth

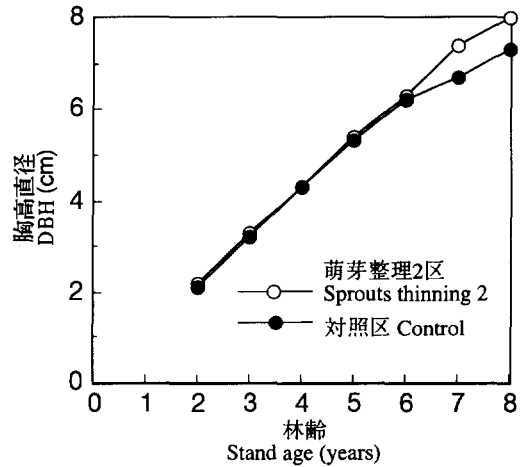


Fig. 25 直径成長
Diameter growth

6.3.3 萌芽の成長

各株の中の優勢萌芽 1 本を用いて算出した平均樹高及び平均胸高直径の成長を Fig. 24 及び 25 に示した。

萌芽当年においては両試験区ともに平均樹高は 1.4 m と差はなかった。その後本数密度の高い対照区でわずかに高く、8 年生の樹高は整理区で 7.2 m、対照区で 7.5 m を示した。

また、両試験区の平均胸高直径は 6 年生まではほとんど差がなかったものの、それ以降になると、本数密度の高い対照区の肥大成長は抑制され、8 年生時には 7.3 cm であった。一方、整理区では順調に成長し 8.0 cm を示した。また、全萌芽木を対象にした場合でも 8 年生時の平均胸高直径は、整理区の 7.7 cm に対して本数密度の高い対照区では 6.8 cm と小さかった。

さらに、萌芽 8 年生時における直径階別本数割合をみると、Fig. 26 に示すように胸高直径 6.0 cm 未満の萌芽は整理区の 21.3% に対し、対照区では 32.2% と多かった。シイタケ原木が生産できる直径 10 cm 以上の萌芽木については、前者の 16.6% に対し、後者では 10.7% と少なかった。整理区は胸高直径、樹高とも比較的大きさがそろっているのに比べ、対照区では密度の影響を受け肥大成長が抑制され、小径木の割合も多く樹高に比べて胸高直径のバラツキが大きい傾向がみられた。

これらの結果は、シイタケ原木林としても直径のバラツキの小さい林分を育成するためには萌芽整理や除伐等の適切な密度管理の重要性を示している。

6.4 林床植生の反応

6.4.1 稈数の変化

年次別の稈数の変化を Table 23 に示した。試験 A, B を通じて、初年目における各処理区の全稈数はいずれも約 110~190 本/m² を示した。ここで特に、新生稈数の変化をみると、各処理区の初年目は全稈数の約 43~54% を占めた。年次変化で新生稈数が最多の年次をみると、試験 A, B とも不刈区は 2 年

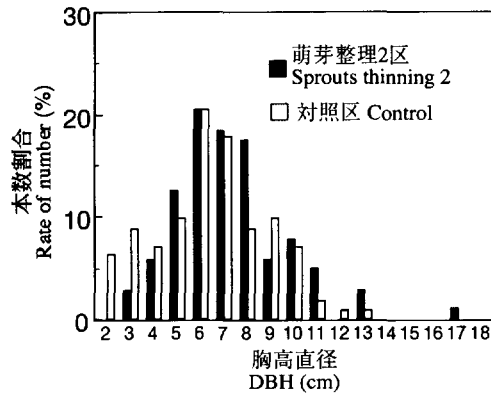


Fig. 26 胸高直径階別の本数割合
Distribution of DBH

目、初年刈区は3年目であったのに対して、毎年刈区は試験 A が3年目に、試験 B では4年目に現れた。つまり、不刈区に対して刈払い区ではその後の新生稈の発生量が増加したことを意味しており、初年刈区よりも刈払い強度の強い毎年刈区はさらに新生稈の多発が後年まで続いたことになる。このことは傷害に対するネザサ再生の特徴的な反応と考えられる。

6.4.2 稈高の変化

当年生稈の年次別の稈高を Fig. 27 に示した。試験 A, B とも不刈区の平均稈高は約 140 cm を維持した。これに対し、初年刈区の初年目の平均稈高は試験 A, B で約 144 cm, 124 cm であり、試験 A が高かった。年次変化では両試験で緩急の違いは若干みられるが、ほぼ V 字型を示した。すなわち、刈取り翌年の稈高は急低下が目立ち、刈取り中止以後はほぼ直線的な回復を示して、4年目の平均稈高は両試験とも初年目の値に近いレベルに達した。毎年刈区の初年目の平均稈高は試験 A で約 155 cm, 試験 B では 133 cm で、初年刈区と同様に試験 A が高かった。その年次変化では、刈取り翌年に急低下を示した以後は漸減し、4年目の平均稈高は初年目に対して試験 A で約 20%、試験 B では 36% となり、7月刈は 10月刈に比べて稈高に及ぼす影響は大きかった。

6.4.3 毎年刈区の地上部現存量の変化

地上部現存量の変化を Fig. 28 に示した。初年目における試験 A (7月刈り)、試験 B (10月刈り) の地上部現存量の平均は乾重でそれぞれ 0.91 kg/m², 0.74 kg/m² を示した。年次変化は、両試験地とも稈高と同様に、刈取りの翌年に急減し、以後漸減を示した。初年目と比べた4年目の地上部現存量は、試験 A が約 10%、試験 B では 20% を示した。このように、刈取りによって地上部現存量は急減した。この傾向は今堂ら (1985) によるネザサ放牧草地に関する報告と同様であり、特に7月刈りの影響が大きいのは、ササ体内の貯蔵養分が最も少ない時期に刈取られるためと考えられた。

Table 23. 稈数の変化
Change of number of culms

(単位: Number/m²)

プロット Plot	項目	Group	試験 A (7月刈り) Test A : Cutting in July				試験 B (10月刈り) Test B : Cutting in October			
			年	Year	年	Year				
			1	2	3	4	1	2	3	4
不刈区 No cutting	新生稈数 Number of new culms		98	173	141	85	74	92	82	44
	全稈数 Total number		181	260	283	233	154	169	183	150
初年刈区 Cutting at first year	新生稈数 Number of new culms		81	172	328	129	56	159	217	69
	全稈数 Total number		189	172	386	321	108	159	268	223
毎年刈区 Annually cutting	新生稈数 Number of new culms		68	143	284	201	62	160	207	235
	全稈数 Total number		138	143	284	201	124	160	207	235

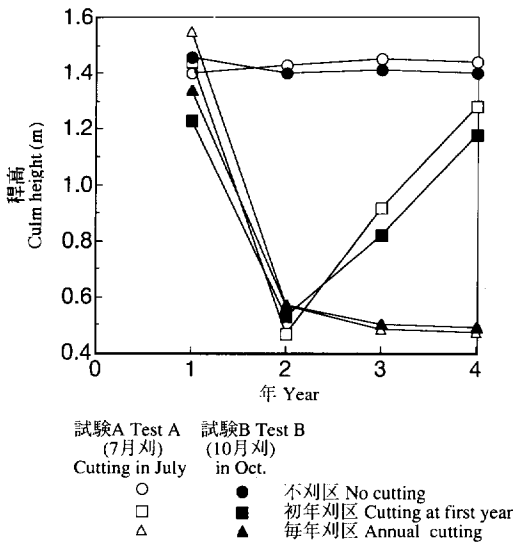


Fig. 27 稈高の変化
Change of culm height

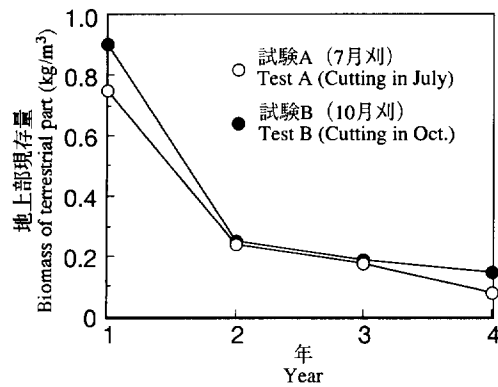


Fig. 28 毎年刈区の地上部現存量の変化
Change of biomass of terrestrial part in annually cutting plots

6.4.4 試験4年目における地上部現存量

試験終了年(調査4年目)に全刈りした処理区別の地上部現存量を Table 24 に示した。各処理区の全重量の平均は乾物重で 0.095 kg/m²(試験 A-毎年刈区) ~ 1.83 kg/m²(試験 A-不刈区) の範囲を示した。地上部全重量中に占める稈部と葉部の割合は、試験 A, B ともに不刈区で 7:3, 初年刈区で 6:4, 毎年刈区は 4:6 と、刈り強度の高まりにつれて葉部の割合は高まった。この傾向についても今堂ら(1985)による報告と同様であった。

一般的にササ類の場合、家畜の主たる飼料部分は葉部である。本試験地におけるチマキザサの新葉は 4月中旬~7月上旬に生産される。その葉は当年発筍の新生稈と旧稈より発生した新枝に着生する。葉は

Table 24. チマキザサ 4 年目の地上部現存量
Biomass of terrestrial part of Chimakizasa (*Sasa senanensis*) at 4th year

(単位: kg/m²)

稈齢 Age of culm (years)	項目	Part	試験 A (7 月刈) Test A : Cutting in July			試験 B (10 月刈) Test B : Cutting in October		
			不刈区 No cutting	初年刈区 Cutting at first year	毎年刈区 Annual cutting	不刈区 No cutting	初年刈区 Cutting at first year	毎年刈区 Annual cutting
			当年生 0	稈	Culm	0.302	0.388	0.036
	新葉	New leaf	0.154	0.201	0.059	0.076	0.089	0.092
	小計	Total	0.456	0.589	0.095	0.225	0.221	0.146
1 年生 1	稈	Culm	0.505	0.393	—	0.389	0.318	—
	新葉	New leaf	0.084	0.063	—	0.085	0.101	—
	旧葉	Old leaf	0.090	0.159	—	0.055	0.113	—
	小計	Total	0.679	0.615	—	0.529	0.532	—
2 年生以上 2 and over	稈	Culm	0.525	0.051	—	0.289	0.038	—
	新葉	New leaf	0.056	0.010	—	0.031	0.005	—
	旧葉	Old leaf	0.111	0.016	—	0.047	0.015	—
	小計	Total	0.692	0.077	—	0.367	0.058	—
計 Total	稈	Culm	1.332	0.832	0.036	0.827	0.488	0.054
	葉	leaf	0.495	0.449	0.059	0.294	0.323	0.092
合計	Total		1.827	1.281	0.095	1.121	0.811	0.146

2 年を経過するとそのほとんどは黄化、枯死して脱落する。従って、旧葉の主たるものは前年葉である。

試験 A、試験 B における全葉重量の平均は、不刈区でそれぞれ乾物重で約 0.50 kg/m²、0.30 kg/m²であった。これに対して、初年刈区はそれぞれ 0.45 kg/m²、0.32 kg/m²、同様に毎年刈区は 0.06 kg/m²、0.09 kg/m²を示した。つまり、初年刈区的全葉重量は刈払い後 3 年にして試験 A、B ともに不刈区とほぼ同じレベルに回復したのに対して、毎年刈区は約 5% (試験 A)、13% (試験 B) にすぎなかった。

7 ササに関する試験

7.1 ネザサ貯蔵澱粉量の時期別変動

植物体内の貯蔵養分は植物自体の成長は勿論のこと、刈払いや放牧などによる傷害の再生源として欠くことのできないものである。ここでは、貯蔵養分としての澱粉量の時期別変動を取り上げ、成長と関連付けて検討した。

7.1.1 試料の採取と測定法

試料用のネザサは南小国クヌギ混牧林試験地の禁牧区内から採取した。ササ試料は毎月 20 日前後に 1 か所 (0.2×1.5 m) を任意に選んで掘取り水洗の後、地下茎はごく短茎の一部と枯死茎を除き、当年生、2 年生、3 年生及び 4 年生以上に 4 区分した。地上稈は 15~20 本を選んで測定した。これらの試料を縦割りにした後、岩波ら (1980) による方法に準じてヨード液 (0.05%) に 1.5 時間浸漬し、その染色度合を肉眼で観察し、0 (全く染まらないもの) ~5 (完全に染色) の 6 階級の相対値で表した。

7.1.2 ネザサの成長と貯蔵澱粉量の変化

(1) ネザサの成長

試験地一帯は牧野組合が毎年3月に火入れを行うため、地上稈はすべて当年生である。ネザサの発筈は5月上旬にみられるが、その伸長状況を Fig. 29 に示した。地上稈の成長は発筈してほぼ2か月後の6月下旬に終わる。稈高は約25cmと比較的低かった。伸長の最盛期は5月下旬～6月中旬とみられ、この時期の稈高は伸長生長完了時の約85%を示した。

なお、地下茎の伸長はほぼ6月下旬より始まった。従って、茎年齢の区分は前年の7月から翌年6月までを1年齢階とした。

(2) 貯蔵澱粉量の変化

貯蔵澱粉量の変化を Fig. 30 に示した。地下茎について各年齢を込みにした平均でみると、4月から減少し7月に最低値3を示した後上昇に転じ、10～4月の間は5に近い値で安定していた。これは5～7月において地上稈の生長のために地下茎貯蔵澱粉量が減少したものと考えられる。

これを茎年齢別にみると、年齢が1年以上では同傾向を示したのに対し、当年茎だけは7～9月にかけて貯蔵澱粉量が0に近くなるなど大きく異なった動態がみられた。これは新地下茎の伸長のために貯蔵澱粉が消費されたものと考えられる。これらの同様な結果は岩波ら(1980)、上田ら(1958)も報告している。

次に地上稈に注目すると、貯蔵澱粉量の変化は地下茎と同調しており、その量は全期を通じて地下茎よりも2～3低かった。同様な結果は黒木ら(1986)も報告しており、これはネザサの一般的な性質と考えられる。また、季節変化としては6月に貯蔵澱粉量が減少したが、これは地上稈の生長が旺盛なためであり、7～8月における急増は生長完了後の葉部の同化作用による影響と考えられる。

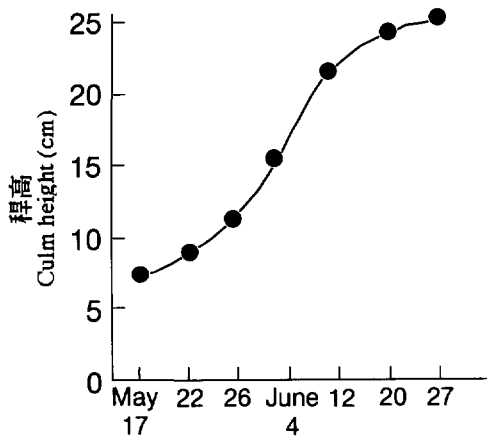


Fig. 29 ネザサの伸長
Growth of Nezasa (*Pleioblastus yoshidake*)

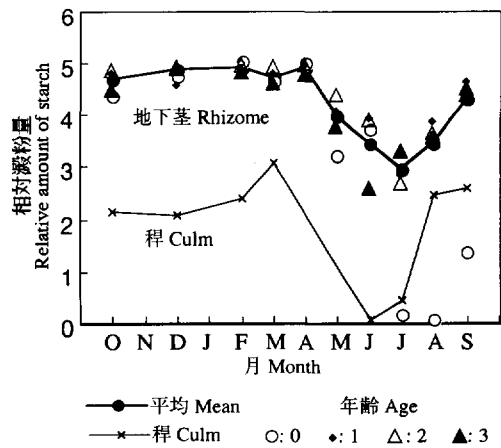


Fig. 30 貯蔵澱粉量の変化
Change of stock starch

7.2 クヌギ混牧林地の林内光環境と林床植生

7.2.1 調査地の概況

調査地として南小国下中原牧野組合の第1, 第3牧区内及び大分県大野郡朝地町志野の放牧林地を対象とした。以下それぞれ南小国, 朝地と略称する。

調査地の標高及び傾斜は南小国で660~760 m及び11~26°, 朝地では560~580 m及び8~24°であった。南小国一帯は毎年3月中・下旬に火入れが行われるが, 朝地では必要に応じ2年または3年に1回ごとに火入れが行われた。

林床植生は南小国ではネザサ優占型とススキ優占型に分かれたが, 朝地は一帯がネザサが優先型であった。ネザサ, ススキの他に, 各調査に共通して出現頻度が比較的高い草種はオカトラノオ, ワラビであった。また, 南小国の林内ではトダシバ, スゲ類, ヨモギ類, ハギ類なども部分的に出現した。

7.2.2 調査方法

調査は各林分について面積0.02 haの円形(直径15.96 m)プロットの標準地を選び, 胸高直径, 樹高, 樹冠直径について毎木調査を行った。調査プロット数は南小国で10個, 朝地は4個である。

植生調査は, 林分調査の各プロット内において1 m² (1×1 m)の移動コドラートを用いて無作為に10か所を選び, 草類別に被度, 草丈乾物重を秤量した。

林内照度の測定はミノルタデジタル照度計T-1Hを使用し, 植生調査の10か所それぞれについて曇天の日の11~14時に実施した。これら一連の調査は1988~1989年の8月中下旬に行った。

7.2.3 調査結果

(1) 林分構造の概況

各調査林分の概況をTable 25に示した。南小国は択伐林であり, 林齢が6~19年生の2~3層の林型であった。一方, 朝地の林分は皆伐による萌芽林であり林齢は10~12年であった。

両調査地とも平均胸高直径は8~14 cm, 平均樹高は6~11 mであった。本数密度は南小国に比べて朝地が高く, 樹冠占有度も高かった。本数密度と樹冠占有度との相互の関係はあまりみられなかったが, これは本数密度が低くても樹冠の広がりが大きかったためと考えられる。

なお, Table 25の牧養力は草量から推定したもので, その方法は(4)牧養力において示す。

(2) 林床植生

阿蘇・九重地域一帯はネザサ, ススキが広く分布しているが, 調査林分によって両草種の優占度が異なった。植生構造を草冠部の被度, 草丈, 草量などから検討した結果, ススキやワラビを伴うネザサ型と, ネザサやワラビを伴うススキ型に大別された。

植生調査の結果はTable 26に示した。南小国ではネザサ型とススキ型の両者がみられたが, 朝地ではネザサ型のみであった。

各調査地の草量合計は乾物重で154~436 g/m²と幅が広く, 草生量はススキ型草地在ネザサ型草地に比べて多かった。全草量中に占める可食草量の割合は約63~100%であり, 可食草量率が低い林分では不食草のワラビの割合が高かった。

朝地を例に主要草種の平均草丈をみると, ネザサが約20~70 cm, ススキは120~170 cm, ワラビは

Table 25. 調査林分一覧表
List of research sites

調査地 Site	番号 Plot No.	標高 Altitude	方向 Slope direction	傾斜 Angle of slope	平均直径 Mean diameter	平均樹高 Mean height	本数密度 Stand density	断面積 Basal area	材積 Volume	樹冠占有率 Rate of crown coverage	収量比数 Ry	平均相対照度 Relative light illuminance	上層木樹高 Predominant height	平均草量 Mean herbage	牧養力 Grazing capacity
		m		°	cm	m	trees/ha	m ² /ha	m ³ /ha	%		%	m	g/m ² Cow·day/ha	
南小国 Minamioguni	1	730	E	20	10.4	7.9	1 100	9.81	41.2	73	0.37	34.4	8.7	335.3	80
	2	760	E	23	9.5	6.5	1 300	10.01	35.9	71	0.35	36.7	7.7	301.3	71
	3	740	NW	26	13.5	9.2	650	10.50	46.1	70	0.33	32.3	10.5	288.5	70
	4	760	NE	22	11.4	8.2	850	9.24	39.0	70	0.34	43.8	9.4	435.9	118
	5	750	SE	21	11.9	8.2	1 050	12.85	56.6	69	0.44	32.3	10.0	186.9	28
	6	750	NW	26	9.9	6.6	950	7.91	28.4	53	0.27	56.7	7.7	350.9	89
	7	770	SE	11	14.0	9.7	1 000	16.04	74.9	68	0.49	24.9	11.2	234.7	55
	8	670	S	24	9.7	6.4	1 700	15.00	55.3	76	0.46	34.3	8.2	243.0	50
	9	670	S	22	7.5	5.6	1 050	5.36	19.8	60	0.28	53.7	7.5	230.9	48
	10	660	NW	26	8.5	6.4	1 350	8.90	35.4	66	0.43	30.5	8.7	227.8	39
朝地 Asaji	11	580	S	16	7.7	7.6	3 450	16.91	73.8	91	0.73	5.8	8.6	215.2	48
	12	570	S	9	11.8	8.2	1 200	14.03	59.0	94	0.45	6.1	9.5	262.3	39
	13	560	SE	8	8.2	8.9	2 500	14.09	69.3	89	0.73	18.5	10.1	153.9	37
	14	570	SW	24	7.9	7.7	2 250	11.84	51.7	69	0.62	44.7	9.1	184.2	50
久住 Kuju	15	600	NE	6	7.6	8.8	3 200	15.82	77.3		0.81	4.1	10.0	65.7	—
	16	570	ES	6	10.8	11.3	2 500	25.49	152.5		0.91	7.6	13.1	252.9	—

Table 26. 調査林分の林床植生
Floor vegetation of research sites

調査地 Site	番号 Plot No.	優占植生 Dominant plant	準優占植生 Sub dominant plant	草量 Herbage			食草率 Rate of herbage available
				可食草 Available	不食草 Unavailable	計 Total	
				dry weight g/m ²			%
南小国 Minamioguni	1	ススキ	ネザサ	258	77	335	77.0
	2	ススキ	ネザサ	233	68	301	77.4
	3	ススキ	ネザサ	205	83	288	71.2
	4	ススキ	ネザサ	352	84	436	80.7
	5	ネザサ	ワラビ	118	69	187	63.1
	6	ススキ	ネザサ	284	67	351	80.9
	7	ネザサ	ススキ	197	38	235	83.8
	8	ネザサ		184	59	243	75.7
	9	ネザサ		178	53	231	77.1
	10	ネザサ	ワラビ	149	79	228	65.4
朝地 Asaji	1	ネザサ		215	0	215	100.0
	2	ネザサ		262	0	262	100.0
	3	ネザサ		154	0	154	100.0
	4	ネザサ	ススキ	183	1	184	99.5

Note : ススキ *Miscanthus sinensis*
 ネザサ *Pleiblastus argenteostriatus* f. *glaber*
 ワラビ *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*

80~90 cm を示し、ネザサ、ススキの草丈の変化は大きかった。

草類別の構成は Fig. 31 に示すように、植生型によって明らかに違いがみられた。すなわち、南小国の林床植生はネザサとススキの2草種で全草量の60~70%を占める一方、朝地の林分ではネザサの1種で80%強を占めた。

(3) 林内照度と草量の関係

Table 25 の各調査林分の林内平均相対照度と Table 26 の草量を用い、両者の関係を植生型別にみると Fig. 32 のように図示された。本調査の相対照度は55%以下であったが、この条件ではネザサ型植生地の草量は照度に影響されなかった。これはネザサの耐陰性が高いためである。一方、ススキ型植生地の草量はネザサ型よりも多いものの、ススキの耐陰性の低さのために相対照度30%以下においてはススキ型植生は存在しなかった。

(4) 牧養力

各調査林分の牧養力を推定し Table 25 に示した。これは、Table 26 の可食草量をもとに、草地の利用率を65%、1頭1日当たりの採食乾重量を18.2 kg (生草量で48 kg) として換算したものである。Fig. 33 はこれを植生型別に図示したものであり、ネザサ型約40~55 cow·day/ha、ススキ型57~118 cow·

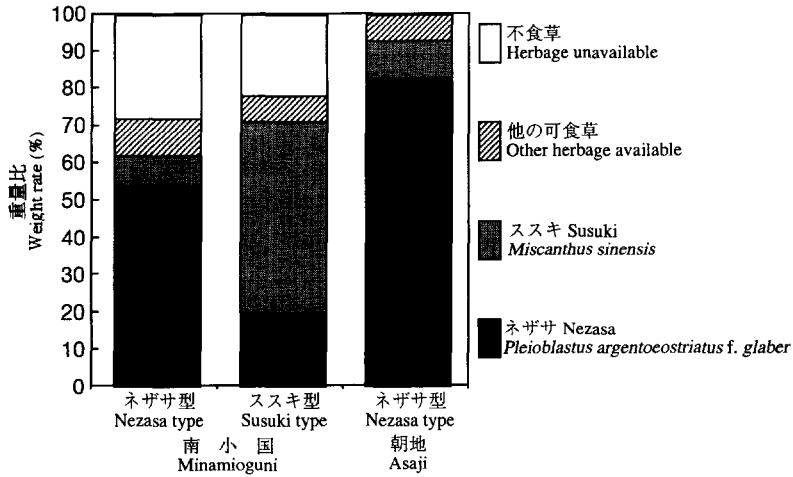


Fig. 31 草類別の重量構成
Weight composition of plant species

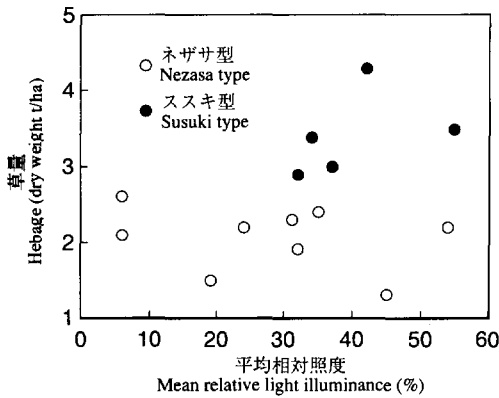


Fig. 32 林内平均相対照度と草量
Relative light illuminance and herbage

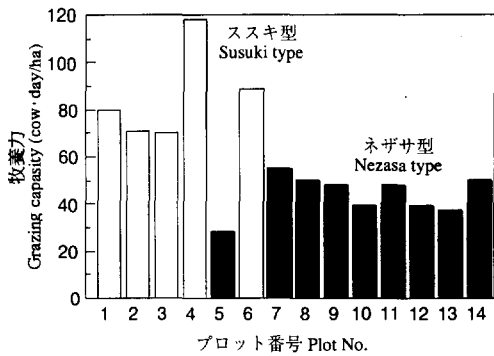


Fig. 33 調査地の牧養力
Grazing capacity of research sites

day/ha と、ススキ型はネザサ型に比べて2倍程度の高い牧養力であることが分かる。ただし、前述したように両者は耐陰性を異にしており、同等な光環境での比較ではないことに注意する必要がある。

7.3 ネザサ量指数と地上部現存量

当地のクヌギ混牧林を構成する最重要草種はネザサであり、ネザサの地上部現存量を簡便に推測できる手法の開発が望まれている。そこで、ネザサの平均稈長と稈密度から地上部現存量推定の可能性を検討した。

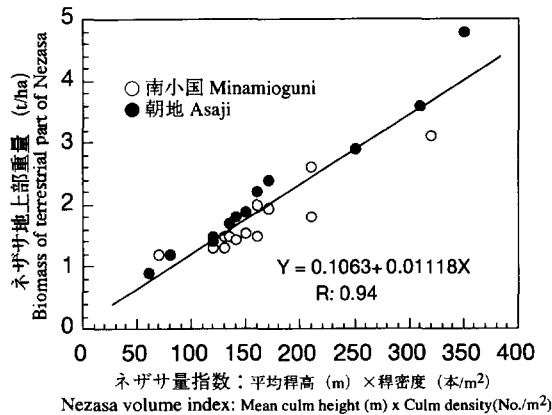


Fig. 34 ネザサ量指数と地上部現存量
Nezasa volume index and biomass of terrestrial part

7.3.1 調査法

調査地は南小国町下中原の第1, 3牧区及び朝地町内のクヌギ混牧林である。1989年8月中下旬, 0.5×0.5mのコドラートを用い, 両地区の林内ネザサ生地においてそれぞれ12か所, 13か所を任意に選び, 地表部から刈取って稈高, 本数, 地上部重量(乾物重)を測定した。

7.3.2 結果

ネザサの平均稈高(m)と稈密度(本/m²)の積を「ネザサ量指数」とし, 地上部重量との関係をFig. 34に示した。両者の間には高い相関があり, (1)式の回帰直線が得られた。これにより地上部重量をネザサ量指数から算出できることが分かった。

$$Y = 0.1063 + 0.01118X \quad (R : 0.94) \quad (1)$$

X: ネザサ量指数 [平均稈高(m)×稈密度(本/m²)], Y: 地上部重量(t/ha)

ネザサ量指数は60~350, 地上部現存量は0.9~4.8t/haの範囲にわたっているが, ネザサ指数110~170, 地上部重量1.5~2.5t/haに多くが集中していた。両地区の比較では朝地町内の地上部重量は南小国町内のネザサ量に比べて若干多い傾向がみられた。地上部重量に対する稈・葉の割合はほぼ4対6で葉の割合が高く, 両地区の比較ではほとんど差異はみられなかった。

8 総合討議

前章まではいくつかのクヌギ混牧林試験について個別に述べたが, 本章ではこれらの結果をふまえ, クヌギ混牧林における林分の成長と牧養力, 放牧の萌芽への影響, 並びに林床植生の維持と管理について総合的に検討する。

8.1 林分の成長と牧養力

8.1.1 立木密度と林内照度

クヌギ混牧林地の林分の疎密度と林内光環境との関係を把握するため、林分の疎密度の推定方法を検討した。林分の疎密度を表す指標として林内密度管理図における収量比数（以下 R_y と表す）を取り上げ、 R_y と林内相対照度との関係を調べた。 R_y は林分の相対的な疎密度を表しており、収量比数と林内相対照度との間には高い相関があることが安藤（1983 a）、上中ら（1983）によって認められている。一方、照度の測定は非常に難しく計測の季節、時刻、天候などによって測定値が敏感に変異することが知られている（安藤、1983 b）。

R_y は各プロットの本数密度と上層木樹高（樹高の高い方から半数の樹高を上層木樹高とした）から広葉樹（クヌギ、ナラ類）人工林分密度管理図（九州・四国地方）（林野庁、1979）に示されている係数を用いて(2)式により算出した。

$$R_y = \frac{0.057424 H^{-1.005549} + 13421.6 H^{-3.016648} / 606827.1 H^{-2.011099}}{0.057424 H^{-1.005549} + 13421.6 H^{-3.016648} / N} \quad (2)$$

R_y : 収量比数, H : 上層樹高 (m), N : 本数密度 (本/ha)

検討資料の具体的な測定値は Table 25 に求め、算出した R_y と林内相対照度との関係は Fig. 35 に示すように高い相関がみられた。照度の測定値が大きく外れた朝地の 2 か所を除外し、回帰式を求めたところ(3)式のように表された。

$$\log RI = 2.152 - 1.577 R_y \quad (r : 0.92) \quad (3)$$

RI : 相対照度 (%), R_y : 収量比数

8.1.2 収量比数と草量

(2)式で算出した R_y と各調査地の林内草量との関係を Fig. 36 に示した。回帰式は(4)式のように求められ、相関係数は 0.673 と低いものの、 R_y が増すにつれ草量が減少する傾向は明らかであった。

$$HA = 413.5 - 339.9 R_y \quad (r : 0.67) \quad (4)$$

HA : 平均草量 (g/m^2)

井上ら（1969）はクヌギ混牧林の疎密度と草生量との関係は疎密度 0.3（照度比 0.7）内外で最大となり、その平均草量は無庇陰地の 1.1 倍～1.3 倍となると報告しており、一般には疎密度 0.3 前後の林分を庇陰林、疎密度 0.6 内外のものを混牧林として区別することができようとして述べている。林況から判断すると、この疎密度 0.3 の林分は $R_y 0.2$ に相当する。また、南小国皆伐クヌギ混牧林試験地の禁牧区内で 2 年間（1989～1990）寒冷紗を用いて行った庇陰試験の結果では、サンステーションによる平均相対積算

日射量が50%付近(40~60%)で最も高い草量を示した。この相対照度50%に相当するRyは(2)式からおおむねRy 0.30に相当した。これらの結果を総合すると、クヌギ混牧林の下草量はRyが0.2~0.3前後で最も多くなるものと考えられる。

8.1.3 収量比数と牧養力

針葉樹林における混牧林利用に関して収量比数と牧養力には密接な関係があることは、岩波ら(1986)、松本ら(1984)、松本(1990, 1994)によって報告されているが、広葉樹林についてはまだ明らかにされていない。そこでこの方法をクヌギ林にも適用し、Ryと牧養力の関係を検討したところ(5)式を得た。

$$GC = 96.4 - 84.0 Ry \quad (r: 0.52) \quad (5)$$

GC: 牧養力 (cow·day/ha)

Ryと牧養力の関係をFig.37に示した。高い相関係数は得られなかったが、Ryが増すにつれ牧養力が低下する傾向は明らかであった。これによりRyから牧養力を推定することができることになる。

ところで、Fig. 37はネザサ型とススキ型を込みにしている。7.2.3章の(3)及び(4)で述べたように、Ryが低く明るい林内ではススキ型が主体となり牧養力も高いが、Ryが高く林内が暗くなるとネザサ型が主体となり牧養力が低くなる。このように植生型が異なった場合でも(5)式のように同一な関係式にまとめられることは興味深い。

さて、針葉樹混牧林の放牧利用限界は、経験的にスギ、ヒノキ林ではRy 0.5、カラマツ林ではRy 0.6付近といわれている(岩波, 1994)。Table 25のように、クヌギ混牧林においても南小国の実態をみると針葉樹林同様にRy 0.5程度までが放牧利用の限界とも考えられるが、集約的な経営を行っている朝地ではRy 0.45~0.73といった高いRyにおいて放牧されている実態がある。これはシイタケ原木生産と放

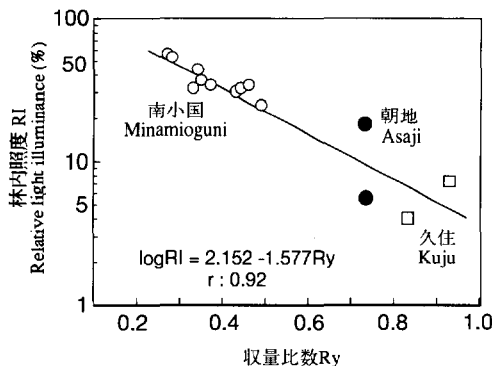


Fig. 35 クヌギ混牧林における収量比数と相対照度 Ry and relative light illuminance in Kunugi (*Quercus acutissima*) grazing forests

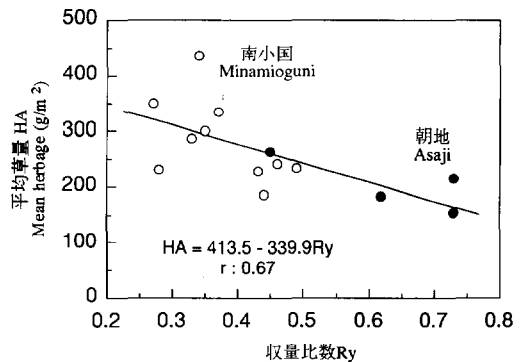


Fig. 36 クヌギ混牧林における収量比数と下草量 Ry and herbage in Kunugi (*Quercus acutissima*) grazing forests

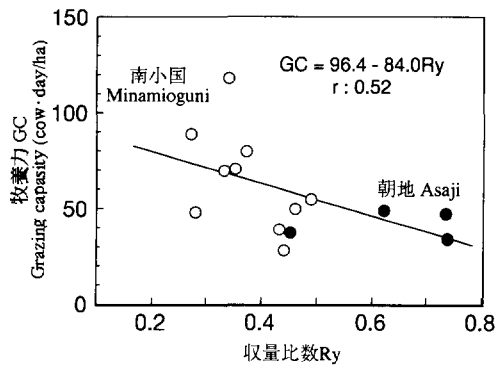


Fig. 37 クヌギ混牧林における収量比数と牧養力
Ry and grazing capacity in Kunugi (*Quercus acutissima*) grazing forests

牧のバランスをどこに求めるかという経営目的の差異ととらえられる。このようなことから、一般的なクヌギ混牧林経営ならば Ry 0.5 まで、集約的な経営ならば Ry 0.6 までを放牧利用の限界と考えるのが妥当であろう。

8.1.4 クヌギ混牧林収穫予想表の作成

これまでの議論のように、クヌギ混牧林を放牧利用の立場からみると、牧養力の維持を目的に Ry が 0.5 程度までの疎林が望ましいが、その一方シイタケ原木生産の立場からすると、シイタケ原木に適した胸高直径は 8~14 cm でありその生産本数が重要であるから、本数密度が高い方が生産目的にかなっている。このように、クヌギ混牧林の場合、放牧とシイタケ原木生産の立場によって望ましい本数密度は相反している。経営者はこの両者の立場を勘案して混牧林全体として適切な本数密度を設定することになる。

ここでは、それほど集約的ではない一般的なクヌギ混牧林経営を想定することとし、Ry が 0.3~0.5 の範囲内にある南小国皆伐クヌギ混牧林試験地の資料を主として利用し、クヌギ混牧林収穫予想表の作成を行った。

林齢に対する主林木平均樹高及び林齢に対する ha 当たり本数の関係は、主として南小国皆伐クヌギ混牧林試験地の調査資料から検討し(6), (7)式を得た。

$$\log H = 0.1276 + 0.6646 \log A \quad (r: 0.967) \quad (6)$$

$$\log N = 3.4536 - 0.3530 \log A \quad (r: 0.993) \quad (7)$$

H: 主林木平均樹高 (m), A: 林齢 (年), N: 本数密度 (本/ha)

平均胸高直径は、(6)式及び(7)式で算出した平均樹高と本数密度を用いて(8)式から求められる。

$$\log D = 0.2652 + 1.1589 \log H - 0.0867 \log N \quad (r: 0.997) \quad (8)$$

D: 平均胸高直径 (cm), H: 主林木平均樹高 (m), N: 本数密度 (本/ha)

断面積合計は(8), (9)式から求められた平均断面直径と本数密度を用いて(10)式から求められる。

$$d_b = 0.204 + 1.027 D \quad (r: 0.997) \quad (9)$$

$$G = \frac{\pi \cdot d_b^2 \cdot N}{40000} \quad (10)$$

d_b : 平均断面直径 (cm), G: 断面積合計 (m^2)

林分蓄積は(6), (10)式で算出された主林木平均樹高と断面積合計から(11)式を用いて算出される。

$$\log V = 0.12216 + 0.5274 \log H + 1.0227 \log G \quad (r: 0.998) \quad (11)$$

V: 林分蓄積 (m^3/ha)

上層木樹高は主林木平均樹高から(12)式で求められる。

$$H_u = 2.37 + 0.88 H \quad (r: 0.944) \quad (12)$$

H_u : 上層木樹高 (m)

このようにして算出したクヌギ混牧林収穫予想表を Table 27 に示した。この収穫予想表は、一般的な収穫予想表に加えて収量比数 R_y 及び牧養力が示されている点が特徴的である。なお、本予想表は主として南小国地方に適用されるものである。

8.2 放牧の萌芽への影響

8.2.1 伐根直径と萌芽

萌芽の発生は伐採時期、伐根直径、伐採高、伐根の年齢によって異なり、立地条件や環境条件などの影響を受けることが知られている(橋詰, 1985)。1株当たりの萌芽の本数は南小国と朝地試験地で多少差がみられたが、平均すると8本前後であった。一方、立田山実験林内のクヌギ林は林齢が23年生と高く、南小国や朝地に比べて生育状況や環境条件が異なることもあり、萌芽本数は平均5本と少なかった。

伐根直径の大小と1株当たり萌芽本数及び萌芽の成長との関係は、伐根直径が大きくなるに従って萌芽本数も多く萌芽の伸長量も高いという傾向も若干みられたが、相関はいずれも小さかった。クヌギ混牧林は伐期が10~15年程度と萌芽力が旺盛な時期に伐採することもあり、1株当たりの萌芽本数や萌芽の伸長量には大きな差はないと考えてよい。

Table 27. クヌギ混牧林収獲予想表
Yield table for Kunugi (*Quercus acutissima*) grazing forests

地位中 Site : Middle								
林齢	平均直径	平均樹高	本数密度	断面積	材積	上層木樹高	収量比数	牧養力
Stand age	Mean diameter	Mean height	Stand density	Basal area	Volume	Predominant height	Ry	Grazing capacity
year	cm	m	No./ha	m ²	m ³	m	cow·day/ha	
1	1.3	1.3	2842	0.5	0.7	3.5	0.18	81
2	2.3	2.1	2225	1.2	2.4	4.2	0.20	80
3	3.1	2.8	1928	1.7	3.9	4.8	0.22	78
4	3.9	3.4	1742	2.4	6.2	5.4	0.25	75
5	4.7	3.9	1610	3.2	8.9	5.8	0.26	75
6	5.5	4.4	1510	4.1	12.3	6.2	0.28	73
7	6.2	4.9	1430	4.8	15.2	6.7	0.30	71
8	6.9	5.3	1364	5.7	18.9	7.0	0.31	70
9	7.5	5.8	1308	6.4	22.3	7.5	0.34	68
10	8.2	6.2	1261	7.4	26.9	7.8	0.35	67
11	8.9	6.6	1219	8.4	31.6	8.2	0.37	65
12	9.5	7.0	1182	9.2	35.8	8.5	0.38	65
13	10.1	7.4	1149	10.1	40.5	8.9	0.39	64
14	10.8	7.8	1119	11.2	46.3	9.2	0.41	62
15	11.4	8.1	1093	12.2	51.6	9.5	0.42	61
16	12.0	8.5	1068	13.2	57.3	9.9	0.44	59

注：株数は 800 株/ha

Note : Number of stumps is 800 stumps/ha.

8.2.2 萌芽本数の減少

切株から発生した萌芽は成長するに従って、株内・株間の競争により劣勢萌芽は自然淘汰される。また、放牧や、火入れ、虫害、風害などによる枯死が加わって次第に成立本数は減少する。

朝地試験地（萌芽初代林と萌芽 2 代林）では 2 年生までに約半数に近い萌芽が枯損し、生存木率は 52～51% を示した。その後の 5 年生時には 23～21% まで減少した。一方、立田山実験林クヌギ林で、萌芽整理をしなかった対照区の生存木率は 2 年生時には 69%、5 年生時には 31% となり、8 年生時には 21% まで減少した。

これに対して、重度の放牧が行われた南小国試験地の放牧区（野草区と牧草区）の生存木率は、2 年生時には 56～50% を示した。禁牧区ではさらに枯損が多く、42% まで急減した。これは、当地方では毎年火入れが行われており、下草が放牧区に比べて多く火勢が強かったために萌芽が枯損したものと考えられる。その後、人為的に禁牧区では 2～3 年生時に 19%、放牧区は 3 年生時に 12～22% の整理を行ったため、各処理区とも 3 年生時の生存木率は 26～21% まで減少した。その後も順次減少し 5 年生には 20～17% となり、8 年生時には 18～14% まで減少した。

このようにいずれの牧区においても 1 株当たり萌芽本数は萌芽の成長とともに減少した。放牧を行った場合は、2～5 年生までに急激に減少したものの、6～8 年生には約 20% 前後と安定した。各試験地と

も1株当たり1~2本立ちの株が80%以上を占めた。

8.2.3 株の枯死率

クヌギ林を伐採すると切株から多くの萌芽が発生するが、中には萌芽が全く発生しない無萌芽株や萌芽後に枯死する株が生じる。このように、伐採を繰り返すごとに株数は減少するが、これを株減り現象と称している。枯死株は「無萌芽株」と「途中枯死株」に区分できる。前者は放牧とは全く無関係に、最初から萌芽が発生しない株であるが、後者は自然に、または放牧などが原因で萌芽が生育途中で消失したものである。ここでは無萌芽株と生育期間中に枯死した途中枯死株に分けて考察する。

南小国試験地における枯死株率は、無萌芽株について各処理区とも5~7%であった。萌芽林で8年生時までには枯死した途中枯死株は、禁牧区の0%に対し野草区では12%、牧草区では30%と放牧区では著しく高かった。特に、牧草区では牧養力を高めるための牧草導入が枯死株の多発に結び付いた。放牧区（野草区と牧草区）全体でみると18%であった。

朝地試験地（萌芽初代林と萌芽2代林）は南小国試験地に比べ比較的弱度の放牧のために無萌芽株は0%であり、その後5年生までの途中枯死株率も萌芽初代林で0%、萌芽2代林では4%と低率であった。

一方、放牧利用はされていないが、林齢の高い立田山実験林クヌギ林の枯死株率は無萌芽株が20%、その後の途中枯死株も8年生時までには18%に達し、全体（無萌芽株+途中枯死株）で38%といずれも高かった。

クヌギ混牧林の枯死株率は放牧強度に大きく左右されるが、当地方のクヌギ混牧林では一世代に10~30%程度の枯死株が生じているものと考えられた。ところで、伐採による枯死率は林齢、伐採時期、伐採回数、環境条件などによって異なるが、クヌギ萌芽林は適期に伐採しても普通10~30%の枯死株が生じるという報告がある（橋詰、1985）。このことは、九州阿蘇九重地域のクヌギ林では放牧利用にもかかわらず枯死株率は通常の林分と変わらなかったことを意味しており、枯死株の発生については特に懸念する必要はないといえる。

8.2.4 萌芽林の手入れ

林内に草が多く火入れの際に萌芽焼失の危険が高い場合、萌芽が3年生位になるまでは火入れ前に株周辺の草を刈り払えば焼失を予防することができる。また、立木密度が高い場合は、除伐にあわせて下枝を払うことにより放牧牛による被害の軽減を図ることもできる。

8.2.5 林木への被害

南小国試験地は放牧牛による諸被害が発生した。当試験地では萌芽当年から125~164 cow·day/haという重度の放牧が行われたが、Table 27の収穫予想表では牧養力を60~72 cow·day/haとしていることから、過放牧が被害発生の一因であると考えてよい。

放牧牛が萌芽に与える被害の原因は、採食、踏み付け、体軀や角のなすりつけによるもので、主な被害型を発生率の大きい順に並べると食害、枝折れ、幹折れ、剥皮であった。この中で最も萌芽の成長に影響を及ぼしたのは食害であり、頂芽を採食された場合には成長が阻害されるなど大きく影響を及ぼした。食害の危険性は樹高が2m内外までの採食可能な範囲内にあるときに最も高かった。針葉樹人工林

における放牧では食害はそれほど発生しないことから、食害はクヌギ混牧林における特徴といえる。

これに対して軽微な幹折れ、枝折れ等の被害木は枯死するまでには至ることなく、その多くは時間の経過とともに自然に回復できるものであった。樹幹解析法による調査では、このような過去の被害がクヌギの成長に及ぼす影響は少ないものと報告されている（日本林業技術協会、1986）。もっとも、シイタケ原木は樹皮が直接の利用対象となるため、多少の曲がりや外傷跡などはシイタケ栽培にとって致命的なものではなく、被害の大きいものは除伐の対象となるのでいずれにしても大きな問題とはならない。

8.2.6 林分の管理

放牧牛による林分への被害は基本的に放牧強度に左右される。混牧林の管理としては、シイタケ原木生産という目的を達成できるような被害にとどめるための放牧強度及び放牧計画が要求される。

放牧牛による被害の中で最も目立った食害の発生は、放牧強度や地況、林況によって大きく左右される。食害は立木の樹高が2m内外までの採食可能な範囲内にあるときに最も危険であった。従って、伐採直後から萌芽2~3年生位までは、放牧の時期、放牧頭数、放牧日数などを考慮した放牧管理が育林上からも重要と考えられる。

萌芽整理は南小国及び朝地地方のクヌギ混牧林では特に行っておらず、放牧牛の見廻りなどの都度、劣勢木を若干除伐する程度である。また、自然に放置しても1~2本立ちとなるため一般に萌芽整理は行われていないのが現状である。しかしながら、立田山実験林クヌギ林の調査結果でも明らかなように、シイタケ原木生産を主目的とし直径のバラツキが小さい林分を要求するならば、萌芽整理や除伐といった初期の密度調整が必要であろう。ところで、長期にわたってクヌギ混牧林を継続すると、短期間の伐採の繰り返しによる地力の減退が懸念される。クヌギは養分要求度の高い樹種であることもあり、少なくとも3年間継続施肥を行うことによって十分地力の回復が期待できるが、同時に伐期の短縮も可能である。事実、朝地地方のクヌギ混牧林では、場所によって伐期が2、3年早いといわれている。これは同地の混牧林で一時的に牧草導入が行われ、そのための施肥が行われているためである。短伐期経営の繰り返しによるクヌギ林の地力減退の対策としても、このような牧草導入は効果的である。

また、継続的なクヌギ林利用は枯死株の出現による本数密度の低下をももたらすが、枯死株により不均一になった部分には適宜苗を植栽するなどして密度維持を図る必要がある。

8.2.7 混牧林の芽生え

南小国試験地ではクヌギの伐採後、試験地を含む周辺で多数の芽生えがみられたが、火入れによってその大部分は焼失した。しかしながら、これを繰り返しながらわずかに生き残った稚樹が立派に後継樹として生育しているのが散見された。また、このような稚樹の発生は朝地地方でも同様に観察された。

クヌギ混牧林は上層の林冠が疎開すると、有利な光条件が保たれる。放牧牛は林床の掻き起こし、下草の採食などの天然更新に必要な補助作業を代行しているともいえる。つまり、クヌギの芽生えや生育に適した好条件を備えているわけである。これらはシイタケ原木生産主体のクヌギ林にはみられない混牧林の利点といえる。

現状では火入れのため稚樹を利用した更新は行われていないが、このような実例からみると、クヌギ混牧林における天然更新も可能であると考えられる。

8.3 ササを中心とした林床植生の維持と管理

8.3.1 ネザサ草地の放牧利用

阿蘇、九重地域の牧野及び樹林地は広大であり、その林床植生は優占種によってススキ型、ネザサ型、ワラビ型、シバ型の四つの植生型に分類される。これらの草種は一般には混生し、さらにトダシバ、スゲ、キク科の植物なども混じって複雑な種類組成の植物群落で構成されている。当地ではススキを伴ったネザサ型草地が最も広く分布しており、阿蘇地方の牧野は古くから刈取り（採草）、放牧に利用され、俗にいう「肥後の赤牛（褐毛和種）」の重要な飼料源となっている。

ここではこれまでの調査・実験を基礎にネザサ草地の特徴について考察する。

(1) 放牧と土壌浸食に対する耐性

ネザサはメダケ属で、ササ属のチシマザサ、クマイザサなどに比べて刈取り、放牧に強いといわれている。これは、ササ属が各節に一つの芽をつけるだけであるのに対し、ネザサは一般に数個の芽をつけて数多く分岐することによる。

阿蘇地方の採草地では通常年1回（9月中旬）の刈取りを行っている。一方、放牧利用は林地も含めて5月上中旬から11月上中旬であるが、5月から11月まで連続して放牧されることは少ない。さらに、牧草地の造成が進んだ昨今では、野草地・混牧林の利用は牧草地の補完的位置付けにある。また、放牧地を区切って輪換放牧を行っている場合もあり、さらに刈取りと放牧の兼用といった利用の事例もみられる。ネザサ型草地の放牧地においては、過放牧とみられる箇所は草丈も10 cm内外と低く、一見シバ草地とみられるぐらいである。

このような過放牧とみられる放牧地の問題点の一つに土壌浸食がある。調査地においても牧草地、ススキ型草地で一部に浸食の箇所がみられた。ネザサ型草地内では、放牧牛の採食行動により牛道が階段状に発生していたが、土壌浸食は特に目立たなかった。このことは、ネザサの地下茎が関与していることが考えられる。阿蘇においてネザサ草地と牧草地の地下部重についての調査結果が報告されている（九州農試草地部草地研，1981）。これによると、ネザサの地下部重は地下茎と根を込みにして地下10 cmまでの層に約2/3が分布し、地下10~20 cmでも約1/4が分布している。また、大谷ら（1985）は、カシワの牧野樹林における地下20 cmまでのネザサの地下茎、根の分布について報告している（Fig. 38）。これによると、林内・林外におけるネザサと他の林床植物の地下部について、全重量のうち林内では4~6割、林外では6~7割が地下20 cmまでの層に分布していた。なお、ネザサの地株全重量を比較すると林内は林外の約1/4と少なかったが、このことはカシワの立木密度が比較的高いため、林内照度が低かったことによるものであろう。

このように、ネザサ型草地では比較的地下深くまでネザサ主体の地下茎が縦横に発達していて、土壌を強く緊縛している。このことが、ネザサ型草地では土壌浸食が少ない重要な理由と思われる。

(2) 牧養力

牧養力については、比較的広い土地において長期間の放牧を行って検討する必要があるが、ここでは林内、林外における可食草量の調査資料による試算と放牧実績から検討する。

黒木（1980）は阿蘇北外輪山の北西部の採草地で、クヌギが群状に生立している林内と林外において、

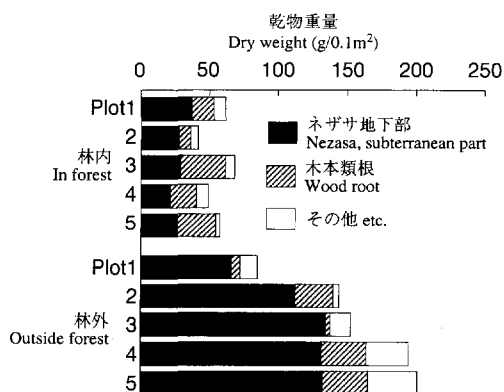


Fig. 38 林内・林外における地下部の乾物重量
Dry matter weight of rhizome and root

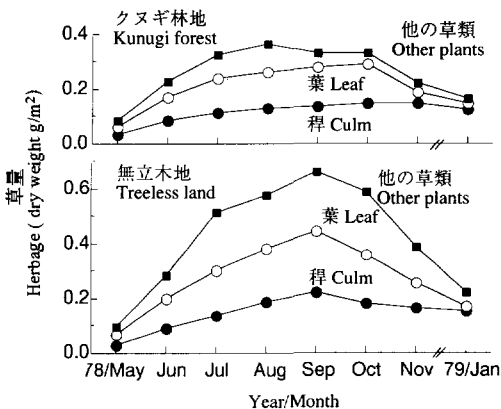


Fig. 39 ネザサの地上器官別の現存量の推移
Biomass of terrestrial part of Nezasa (*Ple-ioblastus yoshidake*)

ネザサ草地の地上部の時期別現存量を調べて報告した (Fig. 39)。地上部現存量の最大の時期は林内では 9 月、林外では 8 月であり、その月の可食草量は乾物重で林内は 3 t/ha、林外では 4 t/ha であった。この可食草量から林内の牧養力は 107 cow·day/ha、林外は 143 cow·day/ha と推定された。

熊本県阿蘇郡産山村内のカシワ樹林地のネザサ型放牧地の放牧実績は、4 か年 (1980~1983) の平均で 60 cow·day/ha であった (黒木, 1984)。大分県朝地町のクヌギ混牧林 (ネザサ型草地) の 4 か年 (1982~1985) における放牧実績は、一部の牧草地を利用して 58~88 cow·day/ha であった。また、阿蘇中岳におけるネザサ型放牧地の牧養力は 80 cow·day/ha 程度と報告されている。さらに、7.2 章の結果では、林内の牧養力はネザサ型草地で約 40~45 cow·day/ha、ススキ型草地は 57~118 cow·day/ha であった。

以上をまとめると、阿蘇・九重地方における林内のネザサ型草地の牧養力は 40~60 cow·day/ha、ススキ型草地の牧養力は 60~110 cow·day/ha とみられる。なお、黒木 (1985) によれば未立木地におけるネザサ生地の牧養力は 110~160 cow·day/ha であったことから、林内のネザサ草地の牧養力は未立木地の 1/3~1/2 程度であるといえる。

8.3.2 ネザサの飼料資源としての評価

ネザサの飼料価値については、阿蘇において 2 か年間にわたってネザサの飼料成分を調べた結果が報告されている (九州農試草地部草地研, 1981)。この成果によると、粗蛋白は春に高く以後秋に向かって減少傾向を示す。粗灰分は反対に春に少なく秋にかけて増加するほかは大差はみられない。DCP, TDN は春に高く、以後漸次減少する傾向がみられる (Table 28)。井上 (1958) によると、ススキの飼料成分は粗蛋白が 5.4%、粗脂肪 1.8%、粗繊維は 31.2% の値である。これをネザサと比べると粗繊維はススキが若干高いが、粗蛋白、粗脂肪は逆にネザサが高くほぼ 2 倍の値を示し、ネザサの飼料価値は高いことが分かる。

Table 28. ネザサの飼料成分（九州農試草地部，1981）
 Feed composition of Nezasa (*Pleioblastus yoshidake*)
 (Kyushu national agricultural experiment station, 1981)

採取月 Month	乾物率 Rate of dry matter	一般組成 Composition						
		蛋白質 Protein	粗脂肪 Crude fat	NFE	粗繊維 Crude fiber	粗灰分 Crude ash	DCP	TDN
	%							Dry weight %
May	36.2	16.3	3.1	42.8	28.3	9.7	11.5	46.1
June	35.2	12.2	3.5	44.1	30.7	9.4	8.7	45.4
July	43.6	10.5	3.3	45.5	30.2	10.5	7.4	44.3
August	45.1	9.3	3.6	46.8	28.8	11.5	6.6	43.8
September	51.0	10.0	4.1	45.8	26.9	13.4	7.1	43.4
October	52.5	10.2	4.3	43.6	27.6	14.0	7.3	43.2
平均 Mean	43.9	11.4	3.7	44.8	28.8	11.4	8.1	44.4

注：1980，81年の平均値

Note: Mean of results in 1980 and 81.

8.3.3 ネザサ草地の長期安定維持

九州の阿蘇・九重地域の混牧林においては、林床植生として飼料価値の高いネザサ型草地を長期安定的に利用することは重要である。ネザサ型草地を長期的に維持管理するためには、その生産量の低下を極力おさえることが必要である。そのためには放牧強度と時期を考慮する必要がある。

南小国試験地（第2牧区）における8か年の放牧実績は125～164 cow・day/haであった。これに対して、隣接する第1の放牧実績は5か年間で77～124 cow・day/ha，第3牧区では同じく50～70 cow・day/haであった。一方、大分県朝地町のクヌギ混牧林では4か年間で60～90 cow・day/haであった。なお、南小国試験地のある第2牧区には牧野組合によって1986年9月に一部人工草地在が造成されたが、牧柵は設置されず、後期の4か年はネザサの発筍期にあたる5～7月に放牧されたため、ネザサの生育に悪影響を及ぼした草生は衰退した。

このように不適切な放牧利用は放牧草地型のネザサ生地といえどもネザサの生育を阻害し、牧養力の低下のみならず野草地・混牧林を含めた牧野の荒廃を招くことになる。以下、ネザサ草地の長期安定利用のために必要な放牧強度の抑制、休牧などの具体的な手法について個別に考察する。

(1) 休牧

南小国試験地では8年間休牧したが、休牧4年目のネザサ量は初年目に比べてほぼ1.3倍を示した。また、カシワ樹林の林内外において4か年間休牧した区と放牧区のネザサ量を比較すると、前者は林内では約1.3倍、林外では1.4倍であり、休牧の効果が認められた（黒木，1984）。さらに、阿蘇の放牧野草地のネザサを対象に休牧年限と施肥量を変えた研究成果においても、休牧、施肥の効果が認められている（今堂ら，1985）。

このように、ネザサ型草地を休牧することにより植生の回復に効果がある。この場合休牧の期間が重要であるが、長期間の休牧は草地の利用効率を低下することにもなるので、草生の回復状況を観察しな

がら判断する必要がある。

(2) 牧区数とその配置

ネザサ草地の長期安定維持を図るためには、休牧区を組み込めるように余裕のある牧区数を設けることも重要である。林地の複雑な地形を含む広い面積のネザサ草地では、放牧牛は放牧基地の近くで比較的良い場所から採食し、その周辺を採食しながら奥地の方へと利用区域を広げていく。これを毎年繰り返すことによって、放牧牛の採食行動が集中する区域は過放牧になりやすい。従って、広い面積の林地はなるべく平均的に利用されるために、放牧牛が採食行動をしやすい条件をつくるのが好ましい。そのためには地形を考慮して適切な大きさで牧区を区切ることが必要となる。南小国や朝地では1牧区の大きさは20~30 haの規模であった。このような管理によってネザサ草地の過放牧区域や未利用区域が解消し、牧養力の向上にもつながる。

(3) 混牧林と牧草地の輪換利用

大分県朝地町のクヌギ混牧林の場合は、牧柵を設置した牧草地とネザサ草地をうまく組み合わせ、放牧時期を調整しながら有機的な放牧を行っている。そのため、ネザサ草地の衰退はほとんどみられず、草生も安定した状態と観察された。一方、南小国の第2牧区内には牧野組合によって牧草地を造成したが牧柵を設置していなかったため、放牧牛はネザサ草地も自由に行動し、ネザサを好んで採食したため草生は衰退した。これらの事例は、牧草地とネザサ草地の輪換利用の効果と、牧柵による放牧管理の必要性を示している。

(4) 牧草導入効果

南小国試験地(第2牧区)に不耕起により牧草を導入した牧草区は、牧草導入による混牧林の牧養力向上の可能性の検討を意図したものであったが、3年目において牧草収量の低下が生じた。これは林床植生がワラビ-ネザサ型であったためと考えられる。つまり、春季の芽立ちの最も早いワラビが施肥により著しく繁茂して牧草類やネザサ、他の食草類を被圧し、さらに牧草の最適利用時期と放牧時期が一致しなかったため牧草が開花・結実して衰退を招いた。従って、牧草を導入した意義は3年目で失われ、もはや牧養力を問うまではなかった。

このように、南小国試験地の不耕起による牧草導入は一時的な牧養力の向上につながったものの、長期的にみて効果は低かった。一般的にみて、混牧林では林木の被害発生を許容量に抑制するためには放牧強度の調整が必要であり、牧草導入による牧養力の向上が直ちに放牧実績の向上に結び付くわけではない。

このような事例から、ネザサ草地のクヌギ混牧林においては牧草導入の効果は低いものと考えられる。従って、むしろ野草利用に徹することにより無駄な草生産を避け、草地の長期安定性及びクヌギ林施業の確実性を指向するべきであろう。

8.4 クヌギ混牧林施業体系

これまでの議論を標準的なクヌギ混牧林施業体系として取りまとめた(Fig. 40)。これはTable 27のクヌギ混牧林収獲予想表を基礎に、8.2及び8.3章において考察した事項を、林分管理、草地管理及び放牧管理の3方向から林齢に対応する形で示したものである。

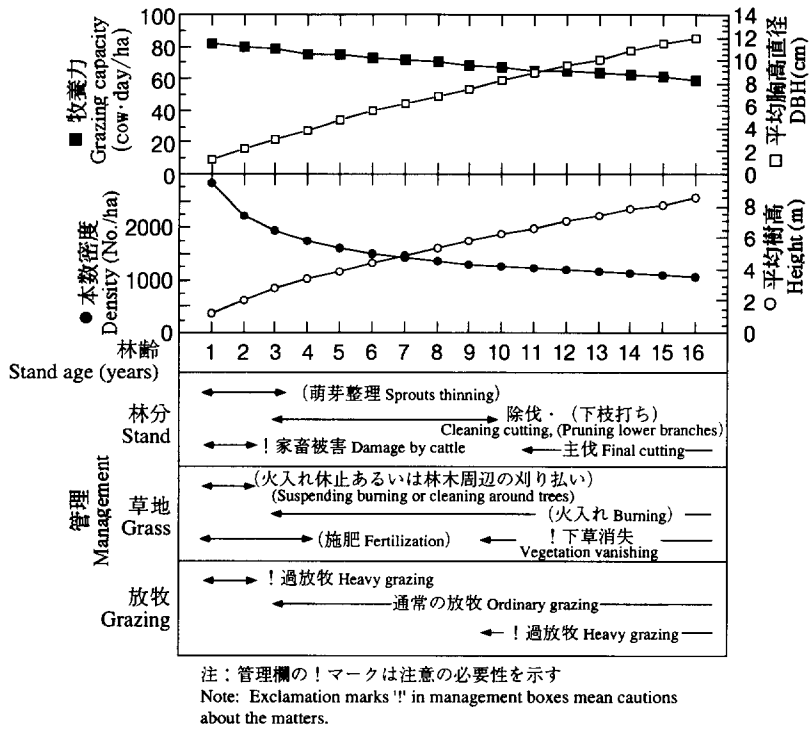


Fig. 40 クヌギ混牧林施業体系図

Management diagram for Kunugi (*Quercus acutissima*) grazing forests

9 おわりに

クヌギ混牧林施業という土地利用方式は、林・草・畜の三者がバランス良く有機的に結び付くことで成立する。九州阿蘇・九重地方は生態的にも経営的にもクヌギ混牧林施業にとって非常に適しているが、環境さえそろえば他地域でも十分成立は可能であり、多目的な土地利用方式の一つの選択肢として考えられるべき施業である。

引用文献

- 安藤 貴 (1983 a) : スギ林間伐後の林内相対照度, 林試研報, (323), 58-59
 ——— (1983 b) : 林内の光環境, 林業技術, **393**, 10-13
- 橋詰隼人 (1981) : クヌギ苗の生育と陽光量の関係, 広葉樹研究, **2**, 1-11
 ——— (1985) : シイタケ原木林の造成法, 菌蕈, **31** (7) 30-39, (8) 10-17, (9) 23-29
- 井上由扶, 穴戸元彦, 関屋雄偉, 柿原道喜 (1969) : 九州中部高原地方における牧野および牧野林の研究 (第1報), 九州大学演習林集報, **23**, 1-66
 ——— (1958) : 九州中部山岳地帯治山緑化, 研究報告, **1**, 熊本営林局, 1-125
- 岩波悠紀, 岩元守男 (1980) : アズマザサの貯蔵澱粉, 林業技術, **455**, 22
 ———, 神長每夫, 蛇沼恒夫 (1986) : 混牧林経営における林分密度管理図の活用 (1). (2). (3), 畜産の研究, **40**, 482-486, 613-618, 727-731
 ——— (1994) : 林内放牧による肉牛振興と森林・環境・国土保全, 畜産の研究, **48**, 224-230
- 上中作次郎, 尾方信夫, 安藤 貴 (1983) : ヒノキ間伐後の林内の相対照度, 林試研究, (323), 55-57
 今堂国雄, 鎌田悦男, 名田陽一, 沢村 浩 (1985) : ネザサ放牧草地の植生回復に及ぼす休牧および窒素施肥の効果, 九州農試報, **23** (4), 586-600
- 黒木重郎 (1980) : ネザサ草地の地上部現存量の時期別変化, 林試九州支場年報, **22**, 25-26
 ——— (1984) : ネザサ草地の放牧, 休牧による植生変化, 林試九州支場年報, **26**, 30
 ——— (1986) : 混牧林地におけるササ類貯蔵澱粉量の季節変動, 日林九支研論集, **39**, 153-154
- 九州農試草地部草地研 (1981) : 阿蘇地方のネザサ草地について, 九州農試年報, **51**
- 松本光朗, 岩波悠紀 (1984) : 針葉樹人工林における放牧可能年限の推定, 日林論, **95**, 125-126
 ——— (1990) : 針葉樹混牧林に関する研究 (I), 適正放牧強度の推定, 日林誌, **72** (4), 286-291
 ——— (1994) : 針葉樹混牧林に関する研究 (II), 牧草導入した混牧林における適正放牧強度の推定, 日林誌, **76** (1), 35-42
- 日本林業技術協会 (1986) : 昭和60年度林間放牧等促進普及事業 (放牧林地追跡調査報告書), 74-97
 大谷義一, 河合英二, 竹下 幸, 黒木重郎 (1985) : 牧野樹林を含む山地斜面からの土砂流出, 日林九支研論集, **38**, 336
- 林野庁業務課 (1979) : 肉用牛生産育成実験事業成績報告書, 62 pp.
- 林野庁 (1985) : 広葉樹 (クヌギ, ナラ類) 人工林林分密度管理図 (九州・四国地方), 32 pp.
- 上田弘一郎, 内村悦三 (1958) : ササの生理, 生態に関する考察, 京都大学演習林報告, **27**, 116-121
 安永朝海 (1987) : 混牧林を中心とした林畜複合経営の推進と村づくり, 林業技術, **538**, 13-17

**Studies on Kunugi (*Quercus acutissima*) Grazing Forests in Aso
and Kuju, Kyushu Region**

MATSUMOTO, Mitsuo⁽¹⁾, HONDA, Kenjiro⁽²⁾ and KUROGI, Juuro⁽³⁾

Summary

Kunugi (*Quercus acutissima*) grazing forest is a reasonable management system in the Aso and Kuju areas where cattle grazing is common and Kunugi logs are in demand as bed-logs for shiitake mushrooms. This paper reports the results of several experiments and researches on Kunugi grazing forests and proposes a guideline for their management. A correlation was found between Ry (yield index) and grazing capacity in Kunugi forests as observed in coniferous forests, and the regression equation was $GC=96.4-84.0Ry$. While Kunugi forests were suitable for ordinary grazing when Ry was under 0.5, forests were suitable for intensive grazing when Ry was under 0.6. From the results, a yield table for Kunugi grazing forests in the Minamioguni district was developed. This yield table shows grazing capacity in addition to data items on ordinary yield tables. The experiments and researches also yielded the following information. Because cattle damage such as browsing of top leaves often occurs when tree height is less than 2 meters, grazing intensity should be carefully managed for the first few years. Although appropriate grazing capacity controlled the number of sprouts automatically, thinning of sprouts is needed if there are too many sprouts after age 3. Based on these results, a management diagram for Kunugi grazing forests was developed.

Received February 23, 1997

(1) Kyushu research center

(2), (3) Former Kyushu research center