

受入ID- 1520030116B00175



経 営	181
高萩試	2

# 針葉樹人工幼齡林の放牧利用 －高萩試験地の事例－

昭 和 57 年 3 月



02000-00130758-4

農林水産省林業試験場高萩試験地

試  
萩  
2

# 正誤表

貞

誤

正

3上3

渡辺貞

渡部貞

5上8

1969年3月までは

1969年3月までは

7上13

これらの牧草地は

これらの牧草地は

8下1

にそのままヒノキ

はそのままヒノキ

14下3, 4

被度は冠部被度より種別に以下

被度は草冠部面積により種別に次

19下8

なったものの

なかつたものの

22上3

ある程度伸長が

ある程度成長が

23下5

3年次までは30~46cm

3年次までは34~46cm

41下7

高さを示し

高さを指し

43上4

その後の生立木数

その後の生立木率

46上15

牧草A区の7%

牧草A区の6%

5上18

草区でも1~2%

草区でも2~3%

47下4

なお、林業では

なお、雑林家では

51図13挿入

左より「野草区」「牧草B区」「禁牧区」

53下11

牧草地では

牧草区では

55下8挿入

13m<sup>3</sup>/ha

禁牧区の幹材積は13m<sup>3</sup>/ha

57上9

出現した植物は97

出現した植物は96

6下1挿入

①高い(+)、②普通(+)、③  
低い(-)、④不食(-)

59上3

出現草種の44種

出現草種の43種

6上10

採食されたもの1種

採食されたもの2種

6上11

好性低位のもの7種

好性低位のもの6種

74上10

禁牧区の性格上

禁牧区はその性格上

76下2

A区で52ton

A区で53ton

76下2

C区は45ton

C区は46ton

77下11

(内牧草11ton)

(内牧草13ton)

78図18

牧草区

牧草A区

79下2

後半には4:6

後半には6:4

80図19

スゲ科

スゲ類

〃 "

(ヒノキの)1~10

1~6

81図20挿入

左より「牧草A区」「牧草B区」

「牧草C区」

87上1

林野庁の林内放牧

林野庁の林内放牧

87上7

妊娠牛の月今は12~27

妊娠牛の月今は17~27

90上1

れ294 cow-day

れ292 cow-day

〃上8

最高の330 cow-day

最高の329 cow-day

94下4

牧草A, B...8年次までの収

牧草A区の1~7年次, B区は1~3

97上9

5, 6年次の放牧

4, 5年次の放牧

〃上12, 13

牧草の生育が5, 6年生林

牧草の生育が4, 5年生林

99上11

その意味では、ササ類

その意味では落葉性樹林内の  
ササ類

110写真13挿入

左より「禁牧区」「野草区」「牧草区」

## 目 次

Iはじめに	2
II 試験地の設定と試験方法	4
1. 試験地の概況	4
2. 試験地の施業	5
3. 試験区の種類	5
1) 植栽樹種と植栽様式	5
2) 林床植生	6
3) 試験区の配置	7
4. 放牧方法	11
5. 調査方法	13
1) 林木について	13
2) 植生・可食草量について	14
3) 放牧牛について	16
III アカマツ林の反応	17
1. 牧草A区予備試験の結果	17
2. 生立木率	18
3. 傷害木	19
1) 傷害発生率	19
2) 傷害の種類	20
3) 受傷位置	22
4) 受傷回数	24
4. 枯死原因	25
5. 林木の成長	27
IV ヒノキ林の反応	29
1. 生立木率	29
2. 傷害木	29
1) 傷害発生率	29
2) 傷害の種類	31
3) 受傷位置	33

4) 受傷回数	34	2) 牧草導入と牧養力の向上	90
3. 枯死原因	35	VII 総合論議	92
4. 林木の成長	38	1. 林内野草地の放牧利用	92
1) 伸長成長	38	2. 牧草導入の問題点	94
2) 肥大成長	39	3. 林木植栽様式の問題点	98
3) 異型木	40		
V スギ林の反応	43	IX まとめ	101
1. 生立木率	43	X 引用文献	105
2. 傷害木	44	XI 参考写真	107
1) 傷害発生率	44		
2) 傷害の種類	45		
3) 受傷位置	46		
4) 受傷回数	48		
3. 枯死原因	48		
4. 林木の成長	52		
1) 伸長成長	52		
2) 肥大成長	54		
3) 幹材積	55		
4) 異型木	56		
VI 飼料植物の反応	57		
1. 放牧牛の採食嗜好性	57		
2. 林床植生の推移	59		
3. 可食草量	75		
1) 牧草導入と可食草量	75		
2) 林木植栽様式と可食草量	82		
VII 放牧牛の健康と牧養力	86		
1. 放牧牛の健康	86		
1) 放牧実績	86		
2) 放牧牛の成長	86		
2. 牧養力	87		
1) 各試験地の牧養力	87		

要旨：林木の植栽様式（正方形、列状、群状）と林床植生（野草、牧草）を異にするアカマツ、ヒノキ及びスギの幼令林を対象に、10カ年にわたり、黒毛和種牛（1、2年次のみホルスタイン種牛を含む）の夏期林内放牧試験を続けた。

いずれの試験地においても、林内野草の状態では、植栽木や林地に与える林内放牧の悪影響は出なかった。むしろ、スギでは成長が促進され、10年生林の段階で、樹高、胸高直径共に禁牧区の1.5倍に達した。林内野草地における放牧利用可能年限はほぼ10年であり、その間の年平均可食草量は約6 ton/ha、牧養力は約110 cow-day/haに達した。

林内牧草地の放牧では、アカマツ及びスギの食害が顕著であった。さらに、牧草導入に伴って、放牧牛数が増加したために、主幹剥皮や主幹折れが多発した。その結果、アカマツは1、2年次で $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{3}{4}$ が枯死した。ヒノキ林も枯死木が多く、6年次までに、生立木数は45～60%に減じ、残ったヒノキも異形木が多く、アカマツ同様不成績造林地に終つた。一方、スギ林では家畜被害が少なく、牧草導入に伴う施肥効果も加って、10年生林の段階で禁牧区に比較すると、樹高は2.3倍、胸高直径は2.9倍、幹材積に至っては8.4倍に達した。しかし、このように林木の成長が促進されたことは、林冠の閉鎖を早めることになり、牧草の実用的な維持年限は6、7年生林までであった。牧草導入によって、可食草量は、10年間の平均で約30 ton/ha、野草区の約5倍に達した。しかし、牧養力の伸びは野草区の2倍にとどまった。このように、牧草を導入しても、牧草地の維持年限が短かったり、林木の家畜被害軽減のために、家畜の収容頭数を制限せざるを得ないなど土地生産性が高まらないのみならず、牧草地維持管理のための機械化が出来ないなど労働生産性の面でも問題が多かった。

飼料草増を期待した林木の群状植栽区は7年次以降になると、可食草量が正方形植えよりも大きった。しかし、この時期の林地は、産草量が著しく低下するのが普通である。従って、この時期に可食草量が一時的に正方形植えよりも伸びたとしても、針葉樹幼令林が放牧利用に供し得る全期間の可食草量で比較すると、その効果は1割を越えなかった。一方、群状や列状植栽は林木の成長を著しく阻害した。

供試牛は放牧期間中に増体するなど、林内放牧でも何ら健康を損なうことはなかった。

要旨：林木の植栽様式（正方形、列状、群状）と林床植生（野草、牧草）を異にするアカマツ、ヒノキ及びスギの幼令林を対象に、10カ年にわたり、黒毛和種牛（1、2年次のみホルスタイン種牛を含む）の夏期林内放牧試験を続けた。

いずれの試験地においても、林内野草の状態では、植栽木や林地に与える林内放牧の悪影響は出なかった。むしろ、スギでは成長が促進され、10年生林の段階で、樹高、胸高直径共に禁牧区の1.5倍に達した。林内野草地における放牧利用可能年限はほぼ10年であり、その間の年平均可食草量は約6 ton/ha、牧養力は約110 cow-day/haに達した。

林内牧草地の放牧では、アカマツ及びスギの食害が顕著であった。さらに、牧草導入に伴って、放牧牛数が増加したために、主幹剥皮や主幹折れが多発した。その結果、アカマツは1、2年次で $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{3}{4}$ が枯死した。ヒノキ林も枯死木が多く、6年次までに、生立木数は45～60%に減じ、残ったヒノキも異形木が多く、アカマツ同様不成績造林地に終った。一方、スギ林では家畜被害が少なく、牧草導入に伴う施肥効果も加って、10年生林の段階で禁牧区に比較すると、樹高は2.3倍、胸高直径は2.9倍、幹材積に至っては8.4倍に達した。しかし、このように林木の成長が促進されたことは、林冠の閉鎖を早めることになり、牧草の実用的な維持年限は6、7年生林までであった。牧草導入によって、可食草量は、10年間の平均で約30 ton/ha、野草区の約5倍に達した。しかし、牧養力の伸びは野草区の2倍にとどまった。このように、牧草を導入しても、牧草地の維持年限が短かったり、林木の家畜被害軽減のために、家畜の収容頭数を制限せざるを得ないなど土地生産性が高まらないのみならず、牧草地維持管理のための機械化が出来ないなど労働生産性の面でも問題が多かった。

飼料草増を期待した林木の群状植栽区は7年次以降になると、可食草量が正方形植えよりも大きった。しかし、この時期の林地は、産草量が著しく低下するのが普通である。従って、この時期に可食草量が一時的に正方形植えよりも伸びたとしても、針葉樹幼令林が放牧利用に供し得る全期間の可食草量で比較すると、その効果は1割を越えなかった。一方、群状や列状植栽は林木の成長を著しく阻害した。

供試牛は放牧期間中に増体するなど、林内放牧でも何ら健康を損なうことはなかった。

## I はじめに

かつて、畜産的利用の対象となつた林地のはとんどは広葉樹天然林であった。戦後の急速な拡大造林は、今まで放牧利用に供されていた原野などにまでおよび、ここに、戦前にはみられなかつた針葉樹人工林と家畜との出会いが始まつた。そこで、良質な用材生産を志向する針葉樹の人工林に、家畜が放牧される意味について、林業側および畜産側の双方の立場から検討を加える必要に迫られるに至つた。それを受け、林業試験場の牧野関係の各研究室は長年にわたり、針葉樹人工林の混牧林経営に関する技術的問題点の検討を続けてきた。

この場合、対象林地が幼令林と壮・高令林とでは、混牧林経営の展開上に基本的な違いがある。すなわち、前者は林冠が未閉鎖であり、家畜側からみれば、林床は草原かそれに近い状態にあり、飼草量の面からは大いに期待される。これに対し、林木側からみれば、まだ植栽木は小さく、家畜の採食、踏付けなどの被害に最もかかりやすい段階にある。一方、後者の壮・高令林は、家畜の被害からはほとんど逸れるものの、畜産的利用を志向するためには、林床を明るくする目的で過度の間伐を必要とする。

もとより、混牧林は林・畜の複合した、より高い生産性を求めるものであるが、このような人工林の放牧利用は、林業と畜産との調和が特に重要となり、その兼ね合いを明らかにする必要がある。

そこで、経営部の混牧林研究室（前営農林牧野研究室）は高萩試験地と協同で、先ず、針葉樹幼令人工林のそれらの問題整理に当つた。先ず、樹種として、わが国の代表的なアカマツ、ヒノキおよびスギの3種を取り上げた。さらに、その牧養力を高めるために、林木の植栽様式および牧草導入の可能性を検討してきたが、その意図するのは次のような点にある。

林業では植栽木の品質を高めるために、林冠が均一且つ速かに閉鎖することが望まれており、そのために正方形植えで、植栽木数はha当たり3,000～4,000本がとられてきた。このことは、必然的に林床植生の減退を早めることになり、林地の放牧利用にとって好ましくない。そこで、林木の植栽様式を再検討することにより、どこまで林床植生の発達を促すことができるのか。さらに、それが林木の成長に及ぼす影響を検討してきた。

畜産の歴史の浅いわが国では、草地の生産性を高めるために、近年、外来の牧草導入が積極的に図られてきたが、本研究ではこれを林内にまで拡大する可能性を検討したものである。牧草類は陽光下で、その高い生産性と家畜の嗜好性や栄養価が約束されるようにつくられてきたものである。従つて、林内の庇陰下に置くことが、牧草の持つ特徴の発揮に、どのようにはねかえるのか。また、牧草の生育維持を保つための施肥や、林床植生の単純化が、家畜の採食行動や

林木の成長に与える影響の解明を行つた。

本研究は元営農林牧野研究室長井上楊一郎が設計し、試験期間中の調査と試験地および家畜の管理は高萩試験地の岡野誠一、渡辺貢、松本栄重が受けもち、本場の混牧林研究室（前営農林牧野研究室）から山脇泉、岩元守男が主要な調査に参加した。さらに、とりまとめは岩波悠紀と岡野誠一が行つた。

## II 試験地の設定と試験方法

### 1 試験地の概況

試験地は茨城県多賀郡十王町大字友部にある林業試験場高萩試験地に隣接する国有林で、東京営林局（高萩営林署管理）と林業試験場との共同試験地として使用している255林班は小班内に設定した。同地は日立市の北約10kmに位置し、海岸から約2.5km、標高50m内外にある。付近一帯は阿武隈山塊が太平洋岸低地に移行する接触地帯で、丘陵状の里山である。

試験地は、かつて大迫らが原野における牛馬放牧の所要面積の算定に関する試験（1912～1919）<sup>7.19)</sup>を実施した跡地で、1haごとに土墨で区画されている。試験終了後再利用されなかつたために、アカマツが侵入しその成長が順調に進んでいた。

伐採時（1968年）の調査によると、1ha当たりの立木数は、アカマツが約880本、コナラ等の落葉広葉樹が約240本で、1ha当たりの幹材積は、アカマツが239m<sup>3</sup>、落葉広葉樹が11m<sup>3</sup>を示した。

試験地設定時には、高木類としてアカマツの他に、アカシデ、クリ、ヤチダモ、ウワミズザクラ、ウリハダカエダ、ヌルデ、ヤマウルシ、リョウブなど、低木類としてヒサカキ、ヤマツジ、コアジサイなどがみられた。その林床にはアズマネザサを中心に、ススキ、ミツバツチグリ、オケラ、オカトラノオ、アキノキリンソウ、シラヤマギク、ワレモコ、ワラビ、ヒカゲスゲ、ツタウルシなどがみられた。このような林床の裸地率は15～20%程度で、林床植生は比較的よく発達していた。

試験期間中における林試高萩試験地の気象観測記録を表1に示す。年平均気温は13.3℃、

	気温(℃)			降水量 (mm)
	平均	最高	最低	
1月	3.4	8.4	-1.7	55
2 "	3.9	8.3	-0.5	70
3 "	6.0	11.0	0.9	104
4 "	11.4	16.0	6.7	160
5 "	15.6	20.1	11.1	166
6 "	18.7	22.0	15.3	193
7 "	22.9	26.4	19.3	107
8 "	24.2	27.6	20.7	157
9 "	21.0	24.5	17.4	210
10 "	15.8	19.9	11.7	171
11 "	10.8	15.5	6.1	127
12 "	5.3	9.9	0.7	40
年	13.3	17.5	9.0	1560

中止によって、植生がススキ型からアズ

マネザサ型に変わったために、補助飼料を与えながらの周年放牧が行われるようになった。

### 2 試験地の施設

アカマツ林の伐採作業は1968年7月にはじまり、翌年の3月上旬までに搬出を終了した。放牧牛の保護のために、試験地の周辺に約10m幅の帯状庇陰林としてアカマツを残した以外は皆伐した。伐採跡地の整理作業は、伐木の搬出作業が終了した牧区から順次行った。整理作業の手順は、林床に繁茂していた低木類を刈払ったうえ、それらは散積する伐採枝条とともに適宜集積して焼却した。

1969年3月までは、次の放牧用諸施設をもうけた。試験地の外周は有刺鉄線(3段張り)で囲ったが、各牧区の分割は電気牧柵(2段張り)を用いた。木戸は各牧区1カ所ずつを沢沿いに設けた。水飲み場も各牧区の庇陰林のなかに1カ所ずつ配置し、近くの湧水を6馬力のポンプで揚水し、ピニールパイプで各水飲み場に給水した。また、放牧牛の管理のために、放牧看視舎(鉄骨製プレハブ19.4m<sup>2</sup>)1棟と、体重測定用の体衡器も現地に設置した。

### 3 試験区の種類

本研究では幼令人工林内の牧養力を高めるために、林木の植栽様式の検討と、林床植生の牧草化を試みた。従って、試験区の設計は両者の組合せとなっている。

#### 1) 植栽樹種と植栽様式

当初はアカマツ及びスギの2樹種の試験とし、1969年3月中旬から4月上旬にかけて植栽し、その年の5月上旬から放牧を開始した。しかし、牧草導入試験地のアカマツは放牧による被害が大きく、成林の見込みを失ったために放牧4年次で試験を中止し、その跡地はヒノキ(1973年植栽、同年より放牧)を対象とした試験に切替えた。

各樹種とも、植栽密度を3,000本/haに保ちながら、植栽様式は図1の通り、正方形植え、列状植え、群状植えの3種とした。すなわち、正方形植えが林業経営の常道であるが、林床により多くの陽光を与えるために、列状植えをとり、さらに群状の1群5本植えにして、開空度の拡大を図ったものである。

正方形植えの植栽間隔は東西方向、南北方向とも1.8mである。これに対し、列状植えでは、東西方向は0.9mの等間隔であるが、南北方向は1.8mと3.6mが交互する二条並木植えである。一方、群状植えの1群は0.9m×0.9mの正方形の4隅と中央部に植栽されたものであり、それぞれの隣接群間に、東西方向に2.7m、南北方向に3.6mの間隔がある。なお、植栽1カ月後に調査した各区の枯死木率は0.5%内外で、良好な苗木の活着を示した

ので、補植することなく放牧試験を開始した。

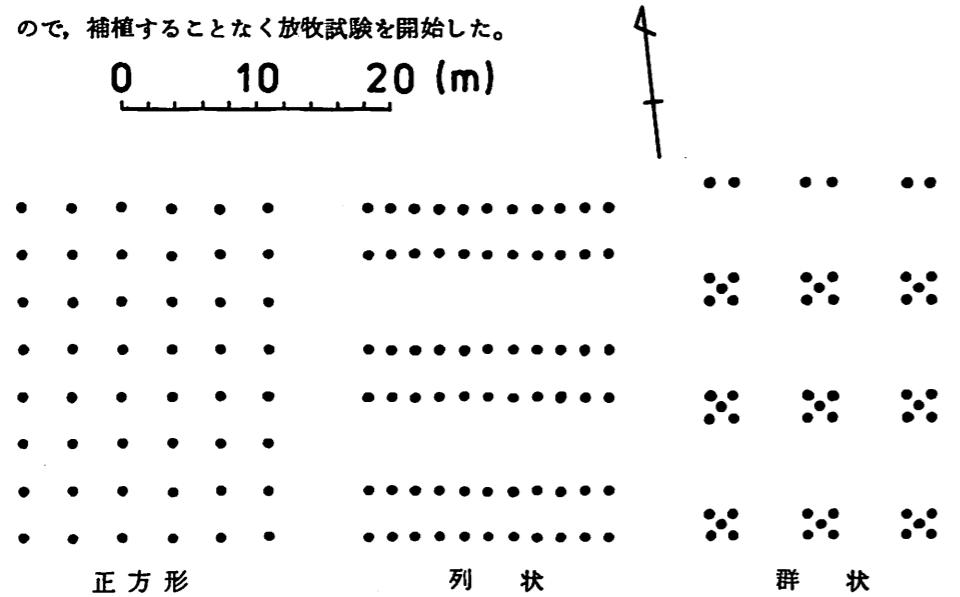


図1 林木の植栽様式

## 2) 林床植生

林床植生は野草のままで利用する場合と、改良草地、すなわち牧草を導入して利用する場合に分かれ、さらに後者は牧草A、B、C区の3タイプに分けた。これらの改良草地は、10a当り4tonの収量を目指し、表2に示した基準で牧草の播種と施肥を行った。

表2 牧草区の牧草導入基準

区名	導入草種	播種量 (kg/10a)	播種期 1)	施肥量(kg/10a) <sup>2)</sup>	
				造成年	次年以降
牧草A区	オーチャードグラス	1.5	1968.9	6月: 40	
	ペレニアルライグラス	1.5		7月: 40	
	イタリアンライグラス	0.5		9月: 40	
	ラジノクローバー	0.5		(炭カル: 150)	
牧草B区	ケンタッキーブルーグラス	1.5	1969.3	3月: 60	
	レッドトップ	1.0		7月: 30	
	トールオートグラス	1.0		9月: 30	同上
	ホワイトクローバー	0.5		(炭カル: 150)	
牧草C区	バヒアグラス	1.5	1969.4	4月: 60	
	ダリスグラス	1.5		7月: 30	
	ローズグラス	1.0		9月: 30	同上
	トールフェスク	2.8	1972.9	(炭カル: 150)	
	イタリアンライグラス	1.2			

注 1)：林木の植栽は1969年3～4月

2)：使用した草地化成肥料の成分比：8-11-8

牧草A区はオーチャードグラス、ペレニアルライグラス、イタリアンライグラス、ラジノクローバーを播種した。これは長草型牧草地として、高収量で嗜好性も高く早春から利用度の高い集約型の牧草地の形成を狙ったものである。牧草B区は短草型牧草地として放牧に強く、粗放な管理でも収量が維持され、旱魃にも堪えることを期待して、ケンタッキーブルーグラス、レッドトップ、トールオートグラス、ホワイトクローバーを播種した。牧草C区は当初盛夏期に旺盛な生育を示し収量の高いことを期待して暖地型牧草のバヒアグラス、ダリスグラス、ローズグラスの3種を播種した。しかし、造成2年次には野草の回復が目立ち、3年次には南向斜面にダリスグラスと若干のバヒアグラスが残存したほかは、野草類が著しく侵占するに至った。そこで、4年次の9月中旬に寒地型牧草のトールフェスクとイタリアンライグラスを全面的に追播し、草地の生産を安定させた。

これらの牧草地は、造成年に10a当り炭カル150kgと、N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>及びK<sub>2</sub>Oの成分比が8:11:8の化成肥料120kgを散布した。翌年からは化成肥料120kg/10aを3回に分けて6月及び9月に追肥した。すなわち、翌年以降の年間施肥量はN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>Oの成分量で9.6、13.2、9.6kg/10aに相当する。なお、スギの試験地については、スギの成長に伴って試験期間の後半には、牧草収量が急速に低下したので、施肥は8年次まで実施し、1977及び1978年は無施肥とした。

## 3) 試験区の配置

試験地の地形を図2に示す。試験地はほぼ東西に長く、約400m×150mの長方形で

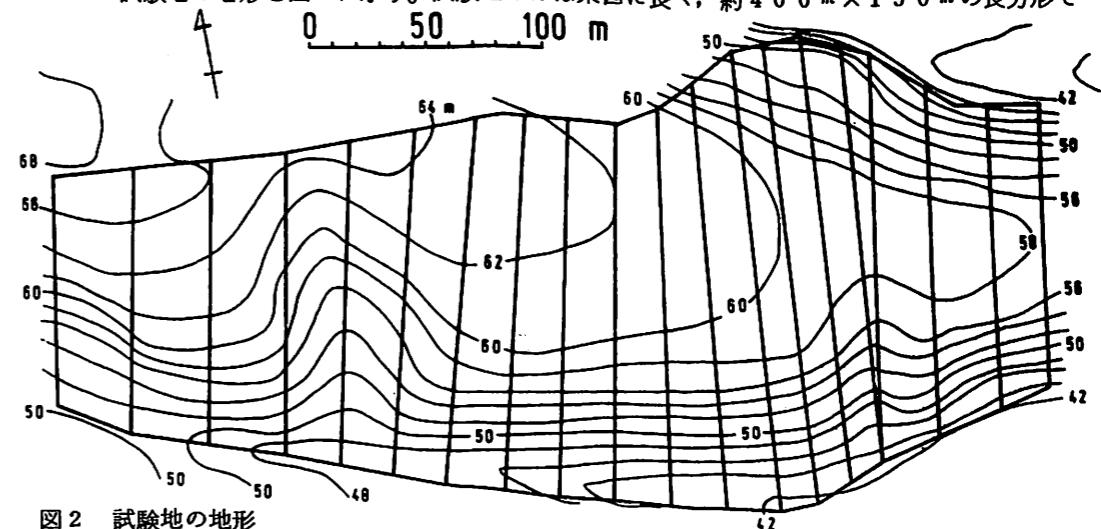


図2 試験地の地形

ある。その西側から約 $\frac{2}{3}$ までは、北半分がほぼ平坦の台地であり、南半分は $15^{\circ}$ 以内の緩い南向き斜面となっている。一方、東側の残り約 $\frac{1}{3}$ は中央部が台地状で、その南及び北側はそれぞれ $10\sim 20^{\circ}$ 内外の緩傾斜地となっている。地質は第3紀洪積層に属し、関東ローム類似の火山灰土で、土壤型は台地状のところがBb型、傾斜地はBd型である。

試験区はアカマツ、ヒノキ、スギのそれぞれについて、表3のとおり5種類となり、それらの面積はいずれも約0.33haである。さらに、同一放牧区内に、研究対象の林木を正方形、列状及び群状に植栽した。

これらの試験区の配置は図3～5のとおりである。アカマツの試験は禁牧区の1カ所に対し、牧草A、B、C区は各2カ所ずつ設置したが、スギの試験はいずれの処理区も1カ所ずつである。野草区は同一牧区を2分し、アカマツとスギを植栽した。すなわち、これはアカマツ、スギの共通の試験区であり、3牧区を設けた。前述のようになく、アカマツの牧草A、B、C区は4年次で廃止し、その跡地にそのままヒノキ牧草A、B、C区に置きかえた。

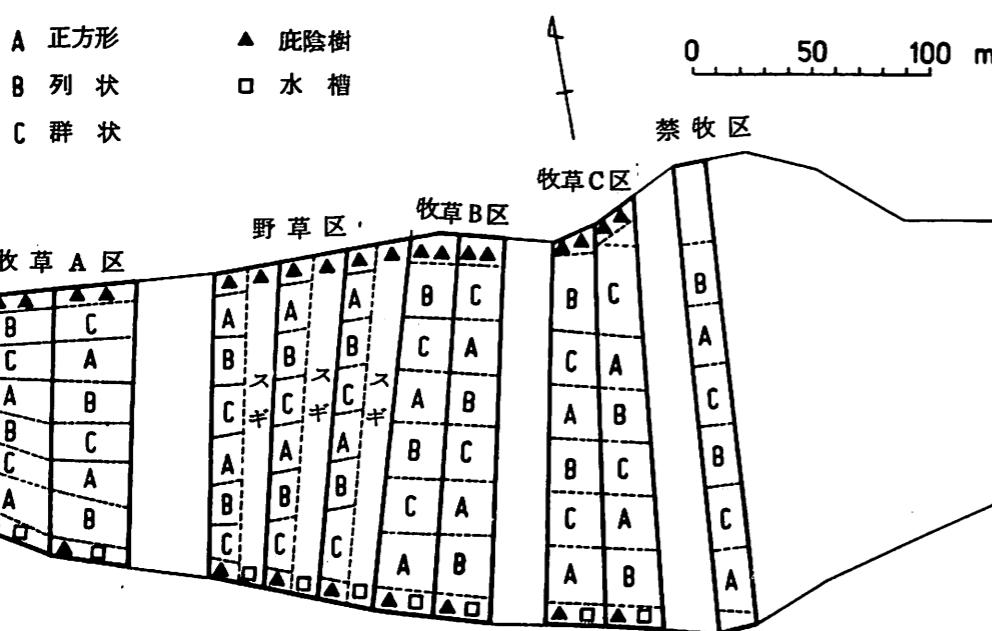


図3 アカマツ試験地における試験区の配置

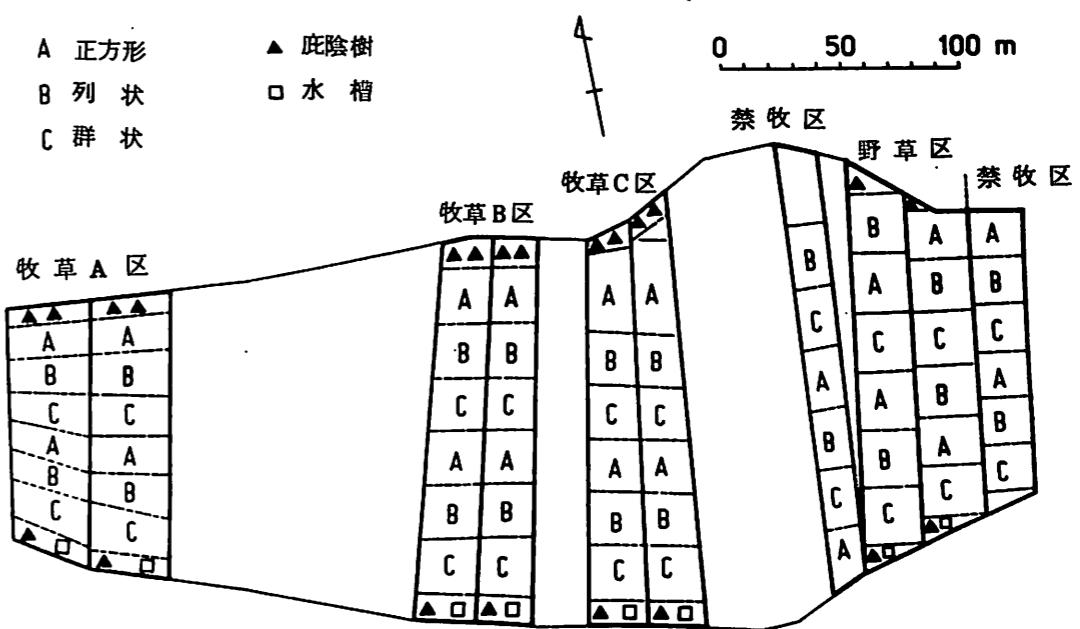


図4 ヒノキ試験地における試験区の配置

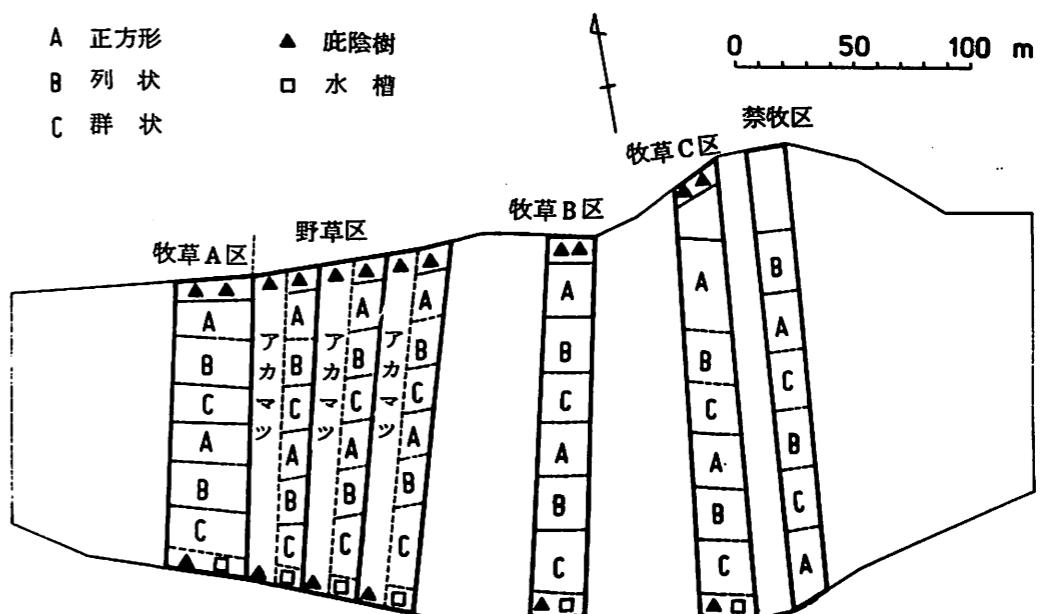


図5 スギ試験地における試験区の配置

ヒノキ試験の禁牧区及び野草区は、隣接したアカマツ林を伐採し、新たに試験区を2カ所ずつ設けた。なお、アカマツの禁牧区及び野草区については、5年次以降もそのまま試験を続けた。

アカマツ、ヒノキ、スギのそれぞれの試験区は、試験期間中表4～6に示したような林業上の、または草地管理上の各施業を実施した。

表4 アカマツ試験地の各施業実施期間

区	項目	施業実施年次									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
禁牧区	下刈り	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	枝打ち					○	○				
野草区	放牧	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ワラビ刈払い	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	雑灌木刈払い	○	○	○	○						
	枝打ち			○	○	○					
牧草区	放牧	○	○	○	○						
	施肥	○	○	○	○						
	ワラビ刈払い	○	○	○	○						
	掃除刈り	○	○	○	○						
	枝打ち										

表5 ヒノキ試験地の各施業実施期間

区	項目	施業実施年次					
		1	2	3	4	5	6
禁牧区	下刈り	○	○	○	○	○	○
	枝打ち					○	
野草区	放牧	○	○	○	○	○	○
	ワラビ刈払い	○	○	○	○	○	○
	雑灌木刈払い	○	○	○	○	○	○
	枝打ち					○	
牧草区	放牧	○	○	○	○	○	○
	施肥	○	○	○	○	○	○
	ワラビ刈払い <sup>1)</sup>	○	○	○	○	○	○
	掃除刈り <sup>1)</sup>	○	○	○			
	枝打ち						○

注1) 牧草C区は4～6年次も実施

表6 スギ試験地の各施業実施期間

区	項目	施業実施年次									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
禁牧区	下刈り	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	枝打ち					○				○	○
野草区	放牧	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ワラビ刈払い	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	雑灌木刈払い	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	枝打ち			○	○	○				○	○
牧草区	放牧	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	施肥	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ワラビ刈払い	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	掃除刈り	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	枝打ち									○	○

た。そこで、3年に1回、刈払機によって除去した。牧草区の掃除刈りは、放牧牛による排糞跡地に生じた不食過繁草を整理する目的で実施したものである。

なお、施肥の実施要領は前述のとおりであり、また、放牧については次項で述べる。

#### 4 放牧方法

放牧牛は地元農家飼養のものを放牧期間中だけ、毎年10～14頭借用したものである。従って、表7にみると、供試牛の品種、月令などを揃えることは困難であった。

表7 供試牛の入牧時月令と使用頭数

年次	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
	月令頭数	月令頭数	月令頭数	月令頭数	月令頭数	月令頭数	月令頭数	月令頭数	月令頭数	月令頭数
黒毛和種	8 10 11	1 2 2	10 11 12	1 2 1 1	9 2 1 2 4	1 15 20	1 1 1 1 1	14 1 1 1 1	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1
	13	1	12	1	11	2	2	12	3	17
										1 1 1 1 1
									1 1 1 1 1	1 1 1 1 1
ホルスタイン	9 16	5 2	15 12	4	1	82	1	60	1	58
										1 1 1 1 1
										1 1 1 1 1
計	10	12	12	10	11	13	12	14	14	10

注) 1969年ホルスタインは去勢牛、1970年ホルスタインは雌牛

放牧2年次までは、乳牛（ホルスタイン種）と和牛（黒毛和種）の混合放牧でいずれも育成牛を用いたが、その後は地元で乳牛の育成中のものを選択することが難かしくなった。そこで、3年次からは和牛のみの放牧とし、これも育成牛のみを集めることができ無理となつたので、成牛と育成牛を混用して放牧試験を継続した。なお、放牧試験に入る前に約1週間場内の牧草地で馴致放牧を行い、放牧環境に馴れるようにつとめた。

初回の放牧は植栽苗木の活着が認められた時点から行った。すなわち、アカマツ林は植付け後約40日、スギおよびヒノキ林で約30日経過してから入牧している。

放牧強度は飼料草の利用率約60%を目指して中庸程度の放牧とした。放牧方式は短期輪換放牧を採用した。すなわち、放牧牛数は初年次の場合10頭前後を1群とし、次年以降はほぼ5頭1群を基準に、1回の放牧日数は牧草区で約10日、野草区で5~7日を目やすにした。植生状態を考慮しながら、5月から10月の約6ヶ月間、牧草A区—牧草B区—牧草C区—野草区の順序で、放牧を繰返した。なお、放牧期間中は鉱塩のはかは、補助飼料など一切与えなかつた。アカマツ、ヒノキ及びスギの各試験地における放牧実績を整理すると、それぞれ表8、9及び10のとおりである。

表8 アカマツ試験地の放牧実績

放牧年次	野草区			牧草A区 <sup>1)</sup>			牧草B区			牧草C区		
	放牧回数	放牧延日数	放牧頭日数/ha	放牧回数	放牧延日数	放牧頭日数/ha	放牧回数	放牧延日数	放牧頭日数/ha	放牧回数	放牧延日数	放牧頭日数/ha
1	2	15	147	(5)	(47)	(589)	3	28	412	3	31	463
2	3	32	179	5	42	318	6	58	475	5	49	433
3	3	49	163	4	50	438	4	46	435	3	21	294
4	2	24	188	3	40	499	2	30	409	2	36	481
平均	3	30	169	4	45	461	4	41	433	3	34	418

注1) ( )内は予備試験のデータ

表9 ヒノキ試験地の放牧実績

放牧年次	野草区			牧草A区			牧草B区			牧草C区		
	放牧回数	放牧延日数	放牧頭日数/ha									
1	3	18	131	6	67	483	5	53	385	6	66	524
2	3	32	219	5	70	574	5	62	516	5	68	613
3	3	26	200	4	51	523	3	38	432	4	52	716
4	3	26	217	6	69	650	5	63	649	5	78	772
5	3	30	185	5	80	656	5	78	602	6	100	870
6	3	26	189	4	57	370	3	40	306	5	84	605
平均	3	26	190	5	66	543	4	56	482	5	75	683

表10 スギ試験地の放牧実績

放牧年次	野草区			牧草A区			牧草B区			牧草C区		
	放牧回数	放牧延日数	放牧頭日数/ha									
1	2	15	147	5	21	513	3	14	400	3	14	359
2	3	32	179	5	22	300	6	29	460	4	20	308
3	3	49	163	4	24	388	3	18	357	2	8	179
4	2	24	188	3	19	455	2	13	371	2	13	287
5	4	33	221	6	34	428	5	28	363	6	34	482
6	3	39	193	5	31	473	5	27	434	5	33	444
7	2	30	169	4	25	448	3	19	297	3	20	308
8	3	28	188	5	20	350	5	18	360	4	20	344
9	3	27	147	3	13	203	3	9	146	3	14	187
10	2	24	118	2	10	125	2	8	114	2	9	115
平均	3	30	171	4	22	368	4	18	330	3	19	301

## 5 調査方法

### 1) 林木について

各牧区とも全植栽木について、成長量や放牧牛による傷害内容について調査した。

a 樹高：放牧1年次（植栽当年）は、開牧時（5月）と終牧時（10月）の2回、2年次以降は終牧時に各個体毎に測定した。

b 胸高直径と樹型：試験終了年に各個体について測定した。

c 傷害の内容：傷害木については、傷害型、傷害の程度及び傷害の位置などについて、毎年終牧時に全個体について調査した。

放牧家畜が林木の地上部に与える傷害の原因は、①採食、②踏付け、③体軀や角のなすり付けの3つが基本で、これらが単独であったり、いくつかが重複したりする。

このような原因で生じた傷害の型は、前報と同じく次のように整理した。<sup>8)</sup>

① 食害：食いちぎりが主であり、他に軽微の剥皮や側枝折れがみられるもの。

② 剥皮：主幹の剥皮が主で、他に軽微の枝折れがみられるもの。

③ 側枝折れ：側枝が折られたもの。

④ 主幹折れ：主幹が折られたもの。

また、林木の傷害程度は、次の基準で激害、中害、微害に区分した。

① 激害：太い主幹が折られ、樹梢を失なっているもの。梢頭と基部が多少みられるものの、側枝の半分以上が折られているもの。剥皮が大きく、現に活力が弱っているもの。

② 中害：主幹が折られたものの、その後、側枝が発達しそれが主幹になる可能性のあるもの。全側枝の $\frac{1}{4}$ ～ $\frac{1}{2}$ 程度折れているもの。剥皮害が中程度であり、1～2年で癒合できるもの。

③ 微害：当年生の樹梢が多少折れているもの。全側枝の $\frac{1}{4}$ 以下の軽い折損をうけたもの。剥皮がきわめて小さく軽傷のもの。

## 2) 林床植生・可食草量について

林床植生：林床植生調査の項目としては被度と草丈を取上げ、1年おきにその年の第1回放牧の直前に調査した。調査コドラーの数は6又は12個（表11）で、その面積は禁牧

区及び野草区が $2\text{m} \times 2\text{m}$ 、牧草区

は $1\text{m} \times 1\text{m}$ とした。

被度は冠部被度により種別に以下

の基準で表示した。

表11 各試験区の植生及び可食草量の調査個所数

試験地名	アカマツ	ヒノキ	スギ			
調査項目	植生	可食草量	植生	可食草量	植生	可食草量
禁牧区	6	—	6	—	6	—
野草区	6	9	12	12	6	9
牧草区A区	12	12	12	12	6	6
牧草区B区	12	12	12	12	6	6
牧草区C区	12	12	12	12	6	6

+ : 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

調査した被度と草丈をもとに、積算侵占度： $SDR_1 = (\text{被度比数} + \text{草丈比数}) / 2$ を求めた。

被度比数は合計被度が最大の草種の値を100としたときの相対値であり、同様に、草丈比数は合計草丈が最大の草種の値を100としたときの相対値である。

可食草量：森林内では家畜の採食対象となる植物種が非常に多いので、可食草量の検討に当り、それらはいくつかのグループ分けを行った。すなわち、野草区ではササ類、ササ以外のイネ科草類、スゲ類、雜草類、木本類、ツル類に分けた。それぞれのグループに含まれる主な植物は次のようなものである。ただし、ワラビは不食草として別に扱った。

ササ類：アズマネザサ

イネ科草類：ススキ、サイトウガヤ、スズメノヒエ、ヌカボ、トダシバなど。

スゲ類：ヒカゲスゲ、シバスゲ

雜草類：ニガナ、オトギリソオ、ワレモコ、オカトラノオ、オケラ、ジャノヒゲ、ミツバツチグリ、ヒメジオン、ヒメムカシヨモギ、ノチドメ、アキノキリンソオなど。

木本類：低木性として、ガマズミ、モミジイチゴ、ヤマハギ、ムラサキシキブ、コアジサイなど、高木性として、ヤマウルシ、ヤマザクラ、ヤマモミジ、クリ、コナラ、エゴノキ、アカシデ、ヤチダモ、ヌルデ、ホオノキ、リョオブなど。

ツル類：サルトリイバラ、ノイバラ、ヘクソカズラ、フジ、アオツヅラフジ、アゲビ、ナワシロイチゴなど。

これらの植物を一括して可食草と呼称することにするが、家畜はこれらの植物体の全部を採食する訳ではない。従って、家畜が利用しうる部分の現存量が可食草量である。そこで、可食草量の調査に当り、ササ類、木本類及びツル類に関しては、その葉部だけを、それ以外の植物に関しては地上部全体を計測の対象とした。

牧草区では可食植物を、イネ科牧草類、マメ科牧草類及び野草類の3つに分け、野草区の場合に準じて可食草量を測定した。

表8、9、10に示したように、野草区では年に2、3回、牧草区では2～6回放牧した。そこで、毎回の放牧直前に可食草量を測定し、その合計値をその年の可食草量とした。調査

に当り、野草区では $2\text{m} \times 2\text{m}$ 、牧草区では $1\text{m} \times 1\text{m}$ の面積の可食植物を6~12カ所（表11）地表より刈取って、その生重量を測定した。

### 3) 放牧牛について

放牧牛は開放、転牧及び終牧時に体重を測定（午前10時頃）した。また、健康診断は毎月1回定期的に受けた。

## III アカマツ林の反応

### 1 牧草A区予備試験の結果

本試験は、アカマツ植栽の前年9月に長草型牧草として、オーチャードグラス、ペレニアルライグラス、イタリアンライグラス、ラジノクローバーを播種したものである。従って、アカマツを植栽した年の初夏には、牧草の生育が著しく、アカマツを庇庇する状態にあった。このような状況のまま、5月より放牧を開始したのである。

放牧牛は牧草の採食と同時に、アカマツも採食する傾向が観察され、アカマツのほとんど全部が食害にあった（表12）。また、その傷害の程度も大部分激害に相当した。

表12 アカマツの牧草A区予備試験における家畜傷害状況

傷 害 率 (%)		傷害型別発生率 (%)	
激 害	97.7	食 害	99.1
中 害	1.9	剝 皮	0.0
(激・中害の計)	(99.6)	側 枝 折 れ	0.9
微 害	0.6	主 幹 折 れ	0.0
計	100.0	計	100.0

表13にみると、アカマツの90%は植栽当年のうちに枯死した。その内容を検討すると、下刈りの際の誤刈りによるものは5~6%にすぎず、残りの85%は放牧牛による傷害が主な原因で枯死したと推測された。このようにして、終牧時まで生存したアカマツは1割にすぎないために、本試験は1年間で中止した。

表13 アカマツの牧草A区予備試験における原因別枯死木率(%)

植 栽 様 式	畜害(その他)	下 刈	計
正 方 形	83.4	6.1	89.5
列 状	83.4	4.2	87.6
群 状	87.4	5.4	92.8
平 均	84.5	5.5	90.0

なお、試験中のアカマツ樹高は40cmにみたなかったために、牧草群落内に取残されてしまつた。さらに、旺盛な牧草の成長はアカマツの生育環境をいわゆる草いきれの状態に置くことになつた。もともと陽樹であるアカマツがこのような状況にあることは、その成長を著しく阻害する。今回はそのような視点からの調査を欠いたが、本試験で9割のアカマツを枯死させるに至つたことは、放牧牛による直接の傷害のみならず、このような条件と重なつたことが大きく影響したものと考えられた。

## 2 生立木率

本試験は1969年より4カ年続けた。ただし、改良草地の牧草A区は、前述の通り、試験初年目の枯死木発生が著しかったので、翌年改植し、改めて試験を行つたものである。従つて、牧草A区は3カ年間のデータである。また、禁牧区及び野草区は、特別の障害はみられなかつたので、そのまま10カ年間試験を継続した。

各区とも、当初より3,000本相当のアカマツが植栽されて放牧試験が始つたが、放牧牛によって傷害を受けたもの、それらが原因で枯死に至つたものが多発し、生立木数は年を追つて減少した。

そこで、試験開始時のアカマツ数を基準として、その後の生立木率の推移を整理すると、図6のようになる。

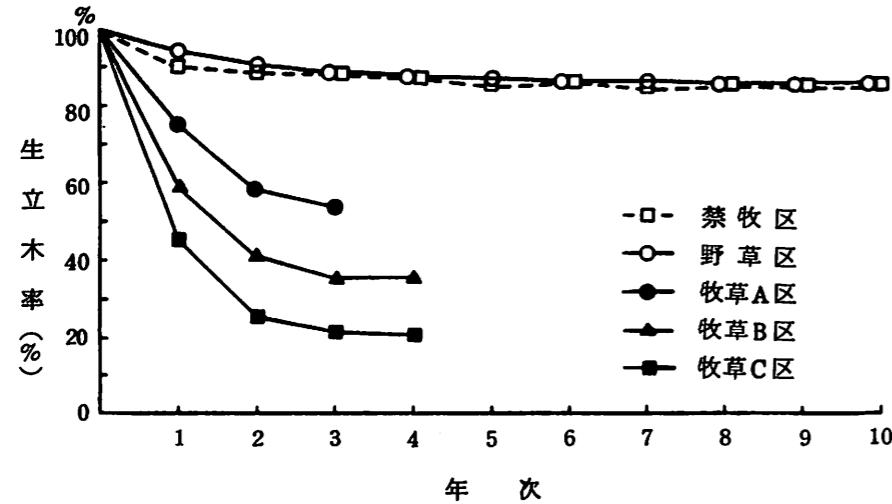


図6 アカマツ試験地の生立木率の推移

禁牧区では、生立木率が1年次の秋に90%に落ちたものの、その後の枯死木発生がほとんどみられないために、10年次の生立木率は85%を示した。一方、野草区の生立木率は

1年次に94%，2年次に90%に低下したものの、その後の減少は緩慢であり、4年次でも87%が現存した。なお、野草区に関しては10年間放牧を続けたが、10年次の生立木率は禁牧区同様85%を保つた。

これに対し、牧草区では、前述の通り枯死木の発生が著しかった。先ず、改植後の牧草A区であるが、1年次の生立木率は75%，2年次では約60%となり、3年次の秋には生立木数がほぼ半数となった。一方、牧草B及びC区では、1年次の生立木率が一気に低下し、前者で59%，後者は45%を示した。2年次以降さらにアカマツの枯死が進行し、4年次の生立木率は牧草B区で35%，C区は20%にすぎなかつた。

このように、牧養力を高めるために牧草を導入した幼令林地では色々の問題を残した。すなわち、牧草A区の予備試験のように、牧草が密に繁茂し、植栽木が牧草群落内に埋没した状態で放牧を行うと、放牧初年目でアカマツの大部分が枯死した。また、牧草の草丈がそれほど高くない牧草B、C区でも、放牧4年間にはほとんどのアカマツが枯死し、牧草B区で約1/3、C区では約1/5に激減した。残った林木も大部分は劣勢なもので、正常な樹型を示したものはない、ともに不成績造林地となつた。そこで、牧草区の試験は4年間で打切り、野草区についてのみ引き続き放牧を続け、禁牧区の林木成長と比較検討した。

## 3 傷害木

### 1) 傷害発生率

林内放牧によって、アカマツは軽、重さまざまな家畜傷害を受けた。そこで、各年次とも初夏の開牧時における生立木数を基準として、その年次に発生した傷害木を、その傷害の程度別、すなわち、激害、中害及び微害に分けて、それぞれの比率を求める表14のようになる。

先ず、全傷害率をみると、初年次は各区とも40～50%の値を示した。2年次は若干少なつたものの、なお16～40%の高率であった。3年次以降になると、野草区と牧草を導入した改良草地とは著しく異なる様相を示した。すなわち、野草区の全傷害率は8%以下となり、特に6年次以降では1%を越えることはほとんどなかつた。これに対し、牧草区では、3、4年次とも20～40%の高率を示した。

林木の成長に大きく影響するのは激害及び中害であり、それに限ってみると、野草区の1～4年次は2～3%程度にすぎなかつた。5年次以降になると、激・中害の合計値は林木の成長に伴つて順次減少し、7年次以降は0.1～0.2%にすぎなかつた。一方、牧草区の1年次についてその値を見ると、A区の9%に対し、B区、C区は高く、前者で16%、後者

は27%に達した。さらに、牧草区では2~4年次においても、激・中害の比率が高く、B、C区では7~13%に達した。

表14 放牧牛によるアカマツの傷害木発生率(%)

区名	傷害程度	調査年次									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
野草区	激害	0.9	2.3	0.6	0.6	0.4	0.3	—	—	0.2	0.1
	中害	1.3	0.6	1.4	1.1	0.9	0.2	0.2	0.1	—	—
	(激・中害の計)	(2.2)	(2.9)	(2.0)	(1.7)	(1.3)	(0.5)	(0.2)	(0.1)	(0.2)	(0.1)
	微害	47.8	23.2	5.6	6.2	4.3	0.6	1.0	0.1	—	—
	計	50.0	26.1	7.6	7.9	5.6	1.1	1.2	0.2	0.2	0.1
牧草A区	激害	3.2	1.8	2.1							
	中害	5.4	1.8	2.1							
	(激・中害の計)	(8.6)	(3.6)	(4.2)							
	微害	43.5	12.1	16.9							
	計	52.1	15.7	21.1							
牧草B区	激害	6.4	3.0	5.3	4.4						
	中害	9.3	3.6	5.9	4.5						
	(激・中害の計)	(15.7)	(6.6)	(11.2)	(8.9)						
	微害	28.8	21.9	14.4	21.6						
	計	44.5	28.5	25.6	30.5						
牧草C区	激害	10.0	5.1	2.6	4.6						
	中害	16.6	8.1	4.8	5.3						
	(激・中害の計)	(26.6)	(13.2)	(7.4)	(9.9)						
	微害	14.2	24.5	19.9	27.8						
	計	40.8	37.7	27.3	37.7						

注1) 改植後のデータ

## 2) 傷害の種類

放牧牛が植栽木の地上部に与える傷害の種類は、①食害、②蹄による剥皮、③同じく蹄による踏付け、体軀のなすり付けにより発生する側枝折れや、④主幹折れなどがあげられる。各区における

これらの傷害型発生率を表15に示す。これは、上述の傷害木発生率と同様、各年次の放牧開始時における生立木数に対する比率である。

表15 放牧牛によるアカマツの各傷害型発生率(%)

区名	傷害型	調査年次									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
野草区	食害	3.8	0.7	—	0.1	—	—	—	—	—	—
	剥皮	43.3	12.5	2.5	0.4	—	—	—	—	—	—
	側枝折れ	2.1	9.3	2.7	5.5	3.3	0.5	1.0	—	—	—
	主幹折れ	0.8	3.6	2.4	1.9	2.3	0.6	0.2	0.2	0.2	0.1
	計	50.0	26.1	7.6	7.9	5.6	1.1	1.2	0.2	0.2	0.1
牧草A区	食害	25.4	—	1.6							
	剥皮	24.2	6.2	2.9							
	側枝折れ	0.6	6.7	13.0							
	主幹折れ	1.9	2.8	3.6							
	計	52.1	15.7	21.1							
牧草B区	食害	22.7	20.0	—	0.9						
	剥皮	16.8	3.3	1.3	0.7						
	側枝折れ	2.6	2.7	15.5	22.3						
	主幹折れ	2.4	2.5	8.8	6.6						
	計	44.5	28.5	25.6	30.5						
牧草C区	食害	31.1	23.6	—	7.6						
	剥皮	7.7	8.5	4.8	0.2						
	側枝折れ	0.5	4.1	15.5	20.9						
	主幹折れ	1.6	1.5	7.0	9.0						
	計	40.8	37.7	27.3	37.7						

注1) 改植後のデータ

先ず野草区では、食害が1、2年次にみられたものの、その値は4%以下にとどまった。3年次以降になると、食害はほとんど観察されなかった。剥皮害は1年次に大量発生し、43%の高率であったが、2年次には13%に減じ、3年次以降急速に低下した。剥皮害は家畜の蹄で樹幹を傷付ける現象であり、歩行に伴って起るものである。放牧家畜は目の前の林木

がある程度大きくなると、それを避けて通るようになる。年次の進みにつれ剥皮害が急速に低下するのはそのためである。従って、5年次以降には剥皮の害は観察されていない。側枝折れと主幹折れは植栽年よりも、ある程度伸長が進んだ段階でみられた。すなわち、1年次の側枝折れは2%，主幹折れは1%内外であったが、2~5年次になると、前者で3~9%，後者は2~4%に上昇した。しかし6年次以降では急速に低下した。このように6年次以降で被害の少ないのは、樹高の高まりに伴い、放牧牛が林木を避けるからであり、1年次に被害の少ないのは、まだ、植栽木の組織が柔らかいために、踏まれても曲るだけで直ちに回復するからである。

牧草区のA区についてみると、1年次は食害と剥皮が共に25%前後と著しく多く発生し、その他は側枝折れの0.6%，主幹折れの1.9%であった。2年次以降になると、食害、剥皮害のいずれも急速に減少した。しかし、側枝折れ、主幹折れは、樹高成長に伴い増加し、3年次には前者が13%，後者は4%を示した。

牧草B区、C区とも、各傷害型の発生傾向は基本的には牧草A区と同じであった。すなわち、1，2年次には食害型と剥皮型が圧倒的に多く、特に食害型は20~30%に達した。1年次の剥皮型は牧草A区より著しく低く、牧草B区で17%，C区に至っては8%にすぎなかつた。3，4年次になると、食害型、剥皮型ともに数%以下に低下した。

一方、側枝折れ型、主幹折れ型についてみると、1，2年次は2~3%内外であったが、3年次、4年次と順次増加し、特に側枝折れ型は15~22%に上昇した。

### 3) 受傷位置

各傷害型別にその受傷部位の地面からの高さを整理すると表16のようになる。

**食害：**放牧初年次は植栽アカマツの樹高が低いために、いずれの区も食害の部位の高さは30~35cm前後と低かった。2年次では野草区で26cm、牧草区ではそれより大分高い40cm内外と差が出たが、それは次のような原因による。野草区では林床植生が疎であり、飼料草の草丈も低いために、アカマツの食害は側枝部が中心であった。一方、牧草区では、野草区と異なり牧草が密に生育しており、植栽木はその群落内に埋没状態となつた。放牧牛は牧草の頂葉部から採食することとなるために、アカマツの食害の位置は野草区のそれより高くなつた。牧草区のアカマツはそのような採食のされ方をするために、樹型は球状化することが観察された。さらに、4年次にも若干の食害がみられたが、側枝の採食が中心となつたために、樹高の割に被害部位は野草区のそれより大分低かつた。

**剥皮：**剥皮は放牧家畜の蹄によって主幹の表皮が剥がれる現象であるために、各区における剥皮傷害の高さには基本的な差はない。先ず、1年次の値はどの区も3~8cmであったが、

表16 アカマツの放牧牛による受傷高(cm)

区名	傷害型	調査年次									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
野草区	食害	29	26	—	85	—	—	—	—	—	—
	剥皮	3~8	4~8	7~13	18~25	—	—	—	—	—	—
	側枝折れ	18	21	27	52	54~63	85	82~97	—	—	—
	主幹折れ	20	20	41	50	72	74	63	83	88	60
1) 牧草A区	食害	30	—	60							
	剥皮	3~6	6~12	13~18							
	側枝折れ	13	21	36~37							
	主幹折れ	3	19	29							
牧草B区	食害	34	45	—	44						
	剥皮	4~8	10~13	14~19	3~7						
	側枝折れ	17	22	42~46	50~51						
	主幹折れ	5	11	43	55						
牧草C区	食害	35	37	—	69						
	剥皮	3~8	9~13	8~14	—						
	側枝折れ	17	23	34	51						
	主幹折れ	8	26	32	58						

注1). 改植後のデータ

年次の進みにつれ剥皮位置は多少高まる傾向を示した。なお、剥皮害の発生は4年次位までであった。

**側枝折れ：**側枝及び次に述べる主幹の折損は幼令林にみられる現象であり、その原因は放牧家畜の踏み付けや首筋、体軀などのなすり付けによるものである。特に、主幹折れに関しては、放牧牛が植栽木を下腹にかかえこむことによる折損も観察された。従つて、この種の傷害の高さは試験区間に差はみられず1、2年次は約20cm、3年次では30~46cm、4年次には50cm内外と、アカマツの成長につれ、傷害部位も高まつた。

**主幹折れ：**先ず、1年次の傷害高をみると、野草区では樹高の約1/2に相当する20cmの位置に現われた。これに対し、牧草区の主幹折損位置はさらに低くて3~8cmに集中し、野草区よりも被害の大きいことを示した。これは牧草導入に伴つて、肉牛の放牧頭数が増加し

たためと考えられる。この傾向は2年次以降にもみられた。一般に、林木の成長に伴い折損位置が高くなり、4年次では50~60cmに多く分布した。このことは、植栽初期には踏み付けによる折損が中心であったものが、樹高の成長につれ、放牧牛の体軀のなすり付けによる被害に移行するためである。なお、この種の傷害は野草区では10年次までみられ、傷害高は90cmにも達した。

#### 4) 受傷回数

放牧4年次の終牧時に生存していたアカマツを対象に、各個体が4年間の試験期間のあいだに、放牧牛から受けた傷害の回数をまとめると表17のようになる。ただし、牧草A区は改植後3カ年しか経過していないので、本調査から除外した。また、傷害調査は毎年終牧時に1回実施しただけである。従って、ここで言う傷害回数とは、調査時にその年の傷害跡を持つ個体は傷害を1回受けたと数えたものである。従って、受傷回数4回と言うのは、毎年傷害を受けたことになる。調査個体数は野草区で約1,400本、牧草B区及びC区はそれぞれ約700本及び400本であった。

表17 4年生林アカマツの放牧牛による受傷回数(%)

区名	植栽様式	受傷回数				
		0	1	2	3	4
野草区	正方形	29	42	22	6	1
	列状	32	45	18	5	1
	群状	38	38	19	4	1
	平均	33	42	20	5	1
牧草B区	正方形	13	36	31	18	2
	列状	10	33	39	18	—
	群状	7	30	40	21	2
	平均	10	33	37	19	1
牧草C区	正方形	3	6	43	36	12
	列状	3	19	43	27	8
	群状	8	20	39	24	9
	平均	5	15	42	29	10

1回だけの傷害は42%となっており、2回傷害を受けたものも20%に達した。さらに、4年間毎年傷害にあったものが1%存在した。

牧草区は傷害を受けた回数が高まり、1度も放牧牛の傷害にあわなかつたのは牧草B区で10%，C区では5%にすぎなかつた。受傷回数1回は牧草B区で33%，C区では15%を示し、受傷回数2回の比率はさらに高まり、両者とも約40%に達した。4年連続して傷害を受けたものも牧草C区では10%に達した。このように牧草を導入することにより、ア

カマツは傷害を受ける回数が高まり、それが枯死木増に結び付いたものと考えられる。

#### 4 枯死原因

4カ年の試験期間（牧草A区に関しては、改植後の3カ年間、禁牧区及び野草区は10カ年間）中に多くのアカマツが枯死したが、その原因別にそれらの比率を求めたのが表18である。

表18 アカマツ試験地における原因別枯死木率(%)

区名	項目	調査年次										合計
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
禁牧区	誤刈	—	—	—	0.6	—	0.5	—	0.3	—	—	1.4
	虫害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	野兔害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	(その他)	(1.0)	(1.0)	(1.1)	(0.3)	(0.4)	(0.3)	(0.3)	(—)	(—)	(0.2)	(1.37)
野草区	計	1.01	1.0	1.1	0.9	0.4	0.8	0.3	0.3	—	0.2	15.1
	誤刈	0.1	—	—	0.2	—	0.1	—	—	—	—	0.4
	虫害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	野兔害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1) 牧草A区	畜害(その他)	6.4	3.5	2.0	0.9	0.1	0.6	0.4	0.1	0.3	—	14.3
	計	6.5	3.5	2.0	1.1	0.1	0.7	0.4	0.1	0.3	—	14.7
	誤刈	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	虫害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
牧草B区	野兔害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	畜害(その他)	25.3	17.3	5.0	—	—	—	—	—	—	—	47.6
	計	25.3	17.3	5.0	—	—	—	—	—	—	—	47.6
	誤刈	0.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.6
牧草C区	虫害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	野兔害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	畜害(その他)	40.8	17.8	5.5	0.6	—	—	—	—	—	—	64.7
	計	41.4	17.8	5.5	0.6	—	—	—	—	—	—	65.3
牧草C区	誤刈	0.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.2
	虫害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	野兔害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	畜害(その他)	54.8	20.0	3.4	1.4	—	—	—	—	—	—	79.6
牧草C区	計	55.0	20.0	3.4	1.4	—	—	—	—	—	—	79.8

注1). 改植後のデータ

これは、初年次の試験開始時の生立木数を基準として、その後の推移をみたものである。本試験の枯死原因は下刈りの際の誤刈りと畜害・その他に大別され、虫害と野兔が原因とみられるものは観察されなかった。なお、家畜の被害による枯死と、その他の原因によるものとの区別は困難なので、一緒に扱った。

合計値にみると、禁牧区では10カ年の試験期間中に、植栽されたアカマツの15%が枯死した。林内放牧を実施しても、林床植生が野草状態にある試験区の全枯死木率は禁牧区とほとんど変わらなかった。これに対し、牧草を導入した区では、3~4カ年の短い試験期間にもかかわらず、半数から $\frac{2}{3}$ を越えるアカマツが枯死した。

枯死の原因についてみると、下刈り作業の際に誤って切り倒したものが各区とも若干あり、特に禁牧区では1.4%に達した。このような下刈り以外の原因による枯死木が禁牧区では約14%を占めた。野草区も同様に下刈り以外の枯死木率が14%と、禁牧区と同じ値であり、放牧牛の影響が少ないことを示した。これに対し、牧草区の枯死木率は著しく高くなつた。すなわち、3年間だけの放牧試験に終つた牧草A区の枯死木率は約50%であったが、4年間試験を続けた牧草B区、C区では65~80%に達した。これらのほとんどは放牧牛の被害が原因と考えられた。

年次別に枯死木率をみると、初年次が最も高く、特に牧草B、C区では40~55%に達した。2年次でも、牧草区の枯死率はほぼ20%に達したが、3年次では5%前後に低下した。すなわち、放牧に伴うアカマツの枯死は、樹高がまだ低い植栽1、2年次に集中した。これに対し、下刈り作業による誤刈りは植栽数年後にもみられた。

次に、表18でみた家畜の傷害が原因で枯死したとみられるアカマツを集めて、その傷害型別に整理すると表19のようになる。

合計値で明らかなように、各区とも主幹折れによる枯死が最も多く約半数を占め、剥皮がそれに続いた。前述のように、家畜による林木傷害のなかで、主幹折れは最も少なかった。しかし、このように枯死木のなかで主幹折れが多いことは、傷害の性質上、それがそのままアカマツの枯死につながるためである。アカマツの場合、家畜による剥皮害もそれほど多発する訳ではない。しかし、主幹が大きく傷つき、その形成層を損なうことは、林木にとって致命的である。かくして、剥皮害による枯死木数は約 $\frac{1}{3}$ を占むに至つた。牧草区では、放牧牛による食害が最多多いことは前述した。にもかかわらず、それによる枯死木数は主幹折れの半分以下であった。このことは、食害が直接林木の枯死につながることが少ないことを示した。

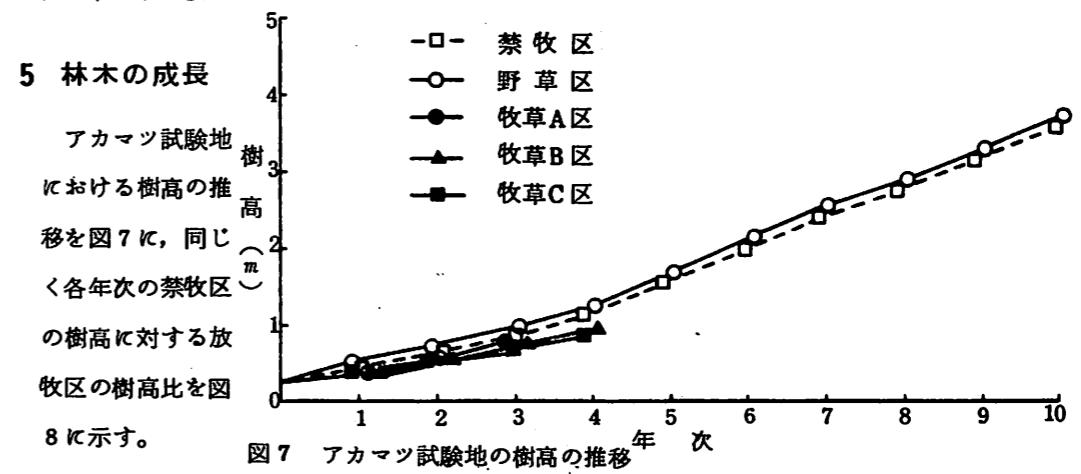
年次別に枯死木の発生率を見ると、食害による枯死は1、2年次に集中した。剥皮及び主幹折れによるものも、同様に1、2年次に多発した反面、樹高が比較的高くなつた5~9年次に

も発生した。

表19 放牧牛によるアカマツ枯死原因の内訳(%)

区名	項目	調査年次										合計
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
野草区	食害	0.5	0.1	0.1	—	—	—	—	—	—	—	0.7
	剥皮	2.3	2.5	1.0	0.5	—	0.3	0.3	—	—	—	6.9
	主幹折れ	3.6	0.9	0.9	0.4	0.1	0.3	0.1	0.1	0.3	—	6.7
	計	6.4	3.5	2.0	0.9	0.1	0.6	0.4	0.1	0.3	—	14.3
1) 牧草A区	食害	5.9	6.5	—								12.4
	剥皮	4.7	7.0	0.8								12.5
	主幹折れ	14.7	3.8	4.2								22.7
	計	25.3	17.3	5.0								47.6
牧草B区	食害	0.9	7.9	1.1	—							9.9
	剥皮	11.1	4.2	2.0	0.2							17.5
	主幹折れ	28.8	5.7	2.4	0.4							37.3
	計	40.8	17.8	5.5	0.6							64.7
牧草C区	食害	14.9	5.0	0.4	—							20.3
	剥皮	13.4	5.6	0.6	—							19.6
	主幹折れ	26.5	9.4	2.4	1.4							39.7
	計	54.8	20.0	3.4	1.4							79.6

注1). 改植後のデータ



## IV ヒノキ林の反応

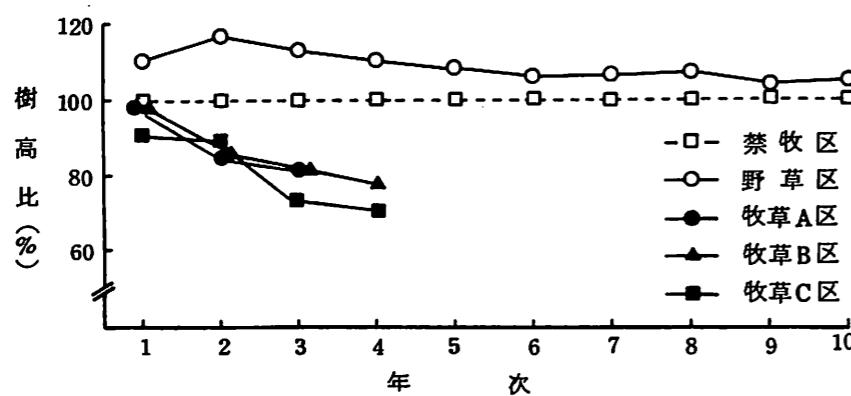


図8 アカマツ試験地の樹高比の推移

試験開始時の平均樹高は、牧草A区を除いて、33~34cmであった。牧草A区は改植後の試験のために、他区に比較し苗木が小さく、試験開始時の樹高は31cmと多少低かった。

禁牧区の樹高は4年次に114cm、10年次には352cmを示した。野草区は禁牧区とはほぼ同様に推移し、樹高は4年次に125cm、10年次では370cmに達した。

一方、牧草区のアカマツは家畜傷害のために、禁牧区に比較し伸長成長が年次を追って遅延し、4年次の秋には禁牧区の樹高の70~80%にとどまった(図8)。

植栽様式が伸長成長に及ぼした影響を表20に示す。ここでは、10カ年試験を続けた禁牧区と野草区の例をあげ、家畜被害のために途中で試験を中止した牧草区については除外した。

表20 10年生林アカマツの樹高(cm)

区名	植栽様式			平均
	正方形	列状	群状	
禁牧区	360 (100)	348 (97)	349 (97)	352 (—)
野草区	382 (100)	379 (99)	350 (92)	370 (—)

禁牧区の樹高は正方形植えが約3.6m、列状植え、群状植えは共に約3.5mであった。一方、野草区では、正方形植えと列状植えが約3.8m、群状植えは3.5mと低かった。このように、群状植えの伸長成長が多少劣る傾向を示した。

### 1 生立木率

本試験は1973年より6カ年実施したものである。各区とも、当初当たり3,000本相当のヒノキを植栽したが、順次枯死木が発生し減少を続けた。そこで、試験当初の生立木数を基準として、その後のヒノキ生立木率の推移を整理すると図9のようになる。

先ず、禁牧区の生立木率をみると、

1年次にはほぼ100%に近かったが、2年次の秋には約90%に落ちた。しかし、その後の生立木率の低下は緩慢で、試験を終了した6年次でも87%の値を示した。一方、牛を放牧した試験区でも、野草区は禁牧区とはほぼ同様の推移を示した。

これに対し、牧草区では、生立木率の低下が著しかった。すなわち、初年次秋の生立木率は90~96%で比較的高い値を示したものの2年

次には70~76%に落ち、その後の減少も著しく、6年次には60%以下となり、特に牧草C区では50%を割った。禁牧区及び野草区の生立木率は、2年次以降になるとほとんど減少しないのに対して、牧草区では5、6年次に至っても、なお生立木率の低下が続くことが特徴であった。

このように、林床に牧草を導入することによって、放牧圧の強まった牧草区では、ヒノキの生立木数が大巾に減少するところに問題があった。

### 2 傷害木

#### 1) 傷害発生率

各放牧年次にみられた傷害木の発生率を表21に示す。これは、各年次の開牧時における全生立木数に対する比率で表示している。

全体的にみると、傷害は1年次、2年次に集中しており、その全傷害率は野草区では20%前後を示し、牧草区では40%に達することもあった。野草区ではその後の傷害率が急速

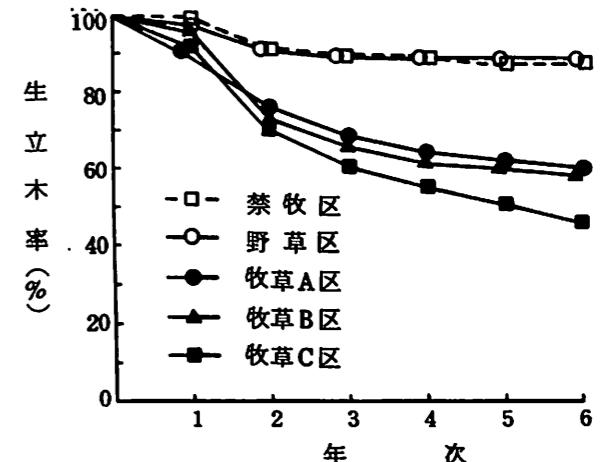


図9 ヒノキ試験地の生立木率の推移

表21 放牧牛によるヒノキの傷害木発生率(%)

区名	傷害程度	調査年次					
		1	2	3	4	5	6
野草区	激害	0.2	0.1	0.9	0.1	0.4	0.7
	中害	0.4	1.1	1.3	0.6	0.9	0.1
	(激・中害の計)	(0.6)	(1.2)	(2.2)	(0.7)	(1.3)	(0.8)
	微害	16.2	21.0	3.4	2.1	0.9	0.3
計		16.8	22.2	5.6	2.8	2.2	1.1
牧草A区	激害	0.9	0.1	1.8	6.8	2.5	0.5
	中害	3.6	0.4	2.4	3.2	1.8	1.2
	(激・中害の計)	(4.5)	(0.5)	(4.2)	(10.0)	(4.3)	(1.7)
	微害	32.8	13.4	4.6	9.0	8.8	3.0
計		37.3	13.9	8.8	19.0	13.1	4.7
牧草B区	激害	0.6	0.3	1.9	8.8	5.2	0.9
	中害	2.3	1.1	2.5	5.0	3.5	0.4
	(激・中害の計)	(2.9)	(1.4)	(4.4)	(13.8)	(8.7)	(1.3)
	微害	31.6	14.6	7.0	13.1	8.4	5.6
計		34.5	16.0	11.4	26.9	17.1	6.9
牧草C区	激害	0.9	0.5	5.9	5.1	12.7	3.6
	中害	4.2	1.9	2.9	3.6	7.3	1.2
	(激・中害の計)	(5.1)	(2.4)	(8.8)	(8.7)	(20.0)	(4.8)
	微害	34.8	23.8	15.5	9.4	18.3	9.1
計		39.9	26.2	24.3	18.1	38.3	13.9

に低下しており、3年次には6%，4年次3%，5年次2%，6年次は1%であった。これに対し、牧草区では3～6年次にも多数の傷害木を出しており、牧草B区の4年次は27%，牧草C区の5年次には38%に達した。

傷害を程度別にみると、野草区の1，2年次の全傷害率は20%前後に達したが、林木の成長に影響を持つ激・中害に限ると1%内外にすぎなかった。最も激・中害の多かった3年次でも約2%であった。このように野草区では全体的に傷害率が低く、そのなかでも激・中害の発生が少ないことが特徴であった。この激・中害の大部分は主幹折れで、それ以外に強

度の剥皮と側枝折れが含まれた。

これに対し、牧草区では放牧試験の初期のみならず、5，6年次に至ってもなお多数の傷害木が発生しており、その年次変動も大きかった。さらに、林木成長を抑制する激・中害の発生が著しく多い。すなわち、4年次の激・中害率は9～14%，5年次でも牧草A，B区は数%に達し、牧草C区に至っては20%に及んだ。

## 2) 傷害の種類

放牧期間中に発生した傷害は剥皮、側枝折れ及び主幹折れの3種類で、食害はほとんどみられなかった。これらの傷害型の年次別発生率を表22に示す。これは上述の程度別傷害率の調査と同じく、その年の開牧時の生立木数に対する比率で示した。

表22 放牧牛によるヒノキの各傷害型発生率(%)

区名	傷害型	調査年次					
		1	2	3	4	5	6
野草区	食害	—	—	—	—	—	—
	剥皮	16.5	17.4	2.9	0.4	0.1	—
	側枝折れ	0.1	3.9	0.3	0.3	1.0	0.2
	主幹折れ	0.2	0.9	2.4	2.1	1.1	0.9
計		16.8	22.2	5.6	2.8	2.2	1.1
牧草A区	食害	—	—	—	—	0.4	—
	剥皮	36.5	12.2	3.1	1.8	0.4	0.1
	側枝折れ	0.1	1.0	0.4	6.2	7.6	3.0
	主幹折れ	0.7	0.7	5.3	11.0	4.8	1.6
計		37.3	13.9	8.8	19.0	13.1	4.7
牧草B区	食害	—	—	—	—	0.1	—
	剥皮	33.8	13.6	2.3	0.7	0.4	0.3
	側枝折れ	0.2	1.7	1.8	11.2	8.0	5.3
	主幹折れ	0.5	0.7	7.3	15.0	8.6	1.3
計		34.5	16.0	11.4	26.9	17.1	6.9
牧草C区	食害	—	—	—	—	—	—
	剥皮	38.7	20.9	9.5	1.4	2.5	0.1
	側枝折れ	0.1	3.8	3.1	6.1	17.6	9.5
	主幹折れ	1.1	1.4	11.7	10.6	18.2	4.3
計		39.9	26.1	24.3	18.1	38.3	13.9

野草区では、放牧1, 2年次は蹄による剥皮害が主で、約17%みられ、他に若干の主幹折れと側枝折れが発生した。3年次以降では剥皮害が急減して、主幹折れが目立ってきた。しかし、主幹折れが最も多く発生した3年次でも2.4%にとどまつた。

牧草区では、A区の1年次は放牧牛の蹄による主幹基部の剥皮害がほとんどで約37%を示し、2年次になるとその害は約12%に減少した。特に3年次以降は、林木の成長に伴い放牧牛が林木を避けて通るために、蹄による主幹基部の剥皮害は激減した。牧草A区の主幹折れ及び側枝折れは1, 2年次には非常に少なかつた。これは、主幹折れの場合、この時期のものは弾力性があり折損に至らないためであり、側枝折れの場合は、側枝の着生位置が低く、また側枝が短いために、強い衝撃が加らないからである。樹高の高まりにつれ、牧草A区のこれらの害は増加し、主幹折れでは、3年次及び5年次が約5%で、ピークの4年次には11%に達した。側枝折れ害のピークは4, 5年次で6~8%に達し、6年次では主幹折れと共にその害は減少した。この主幹折れ、側枝折れは、試験初期の植栽木が小さい間は踏圧によるものであるが、4年次以降になると放牧牛の体軀のなすり付けによることが観察されている。

牧草B, C区とも基本的には牧草A区と同様の傾向を示した。すなわち、放牧1, 2年次は剥皮害がほとんどで約15~40%に達した。しかし、この剥皮害は年次の進みにつれ急速に減少した。それに代って、側枝折れと主幹折れが徐々に増加し、牧草B区では4年次がピークで11~15%, 牧草C区のピークは5年次の約18%であった。

なお、食害は放牧5年次の牧草区に、ごく僅かみられたにすぎなかつた。また、ヒノキの植栽様式と傷害との関係は目立った傾向を示さなかつた。

### 3) 受傷位置

食害、剥皮、側枝折れ、主幹折れの4種類について、傷害部位の地面からの高さを整理すると表23のようになる。

食害：牧草A及びB区で、放牧5年次の秋季にごく稀に食害型が発生した。これは、側枝が約1mの高さで食いちぎられており、植栽木周辺の牧草の徒長したものを探食する際に、同時にヒノキも採食したものと考えられた。

剥皮：剥皮の発生は基本的には2種類に分けられる。その1は、歩行中またはアブなどを追払うための足踏みなどの際に、蹄により植栽木の基部付近を傷付けるものであり、従って剥皮の位置は低い位置に集中する。その2は、植栽木が1m以上に成長してからのものであり、放牧牛の体軀のなすり付けや首振りなどにより生じた側枝折れに付随する現象であり、従つて発生位置は比較的に高い。

表23 ヒノキの放牧牛による受傷高(cm)

区名	傷害型	調査年次					
		1	2	3	4	5	6
野草区	食害	—	—	—	—	—	—
	剥皮	5~9	7~12	6~13	6~15	23~34	—
	側枝折れ	16	19	25~28	32~50	43~72	57~92
	主幹折れ	16	46	49	91	94	80
牧草A区	食害	—	—	—	—	106	—
	剥皮	4~9	7~13	7~15	34~43	4~14	1~10
	側枝折れ	8	22	38	44~62	46~80	80~111
	主幹折れ	15	40	57	66	74	88
牧草B区	食害	—	—	—	—	—	—
	剥皮	3~8	9~14	8~14	16~24	9~30	46~63
	側枝折れ	8	24	34~36	46~70	49~87	84~110
	主幹折れ	24	35	59	70	74	84
牧草C区	食害	—	—	—	—	—	—
	剥皮	4~9	7~13	11~19	15~24	49~71	2~7
	側枝折れ	8	21~23	37~46	46~67	51~88	73~101
	主幹折れ	16	38	57	70	73	77

放牧1年次の剥皮の高さは10cm以下であり、また、2, 3年次のそれも20cmを越えていない。すなわち、前者で述べた蹄による被害である。4年次以降になると、地上30~70cmの高位置における剥皮害が多く観察され、蹄以外の原因による傷害が中心となつた。

側枝折れ：放牧1年次の側枝折れ位置は10cm内外であったが、2年次は20cm前後、3年次になると30~40cmと、次第にその位置が高くなつた。すなわち、放牧1, 2年次の側枝折れは、放牧牛の踏圧、つまり蹄による被害が中心である。これに対し、3年次以降で植栽木が成長すると、踏み付けという現象がなくなり、体軀のなすり付けなど蹄以外の原因による側枝折れに変る。従つて、年次の経過につれ、傷害の位置は高まり、6年次になると1m前後にまで高まつた。

主幹折れ：主幹折れの原因も基本的には側枝折れと同様であり、樹高の低いものは踏圧であり、高くなると体軀のなすり付けなどである。放牧1年次の主幹折れの高さは20cm前後

であるが、林令が進むにつれ、その高さは次第に高まり、3年次で約60cm、6年次には約90cmとなった。

一般に、5年次位までは、主幹折れの位置は側枝折れのそれよりも高かった。

#### 4) 受傷回数

放牧試験を終了した6年次の終牧時に生存していたヒノキを対象にして、それらが6年間に何回放牧牛による傷害を受けたかを整理すると、表24の通りである。これらは毎年の終牧時に一斉に傷害木の調査を行ったもので、その際に傷害跡のみられたものは、その年に傷害を1回受けたものとして扱っている。従って、傷害回数6回のものは毎年放牧牛の被害を具体的に受けたことになる。

表24 6年生林ヒノキの放牧牛による受傷回数(%)

区名	植栽様式	受傷回数						
		0	1	2	3	4	5	6
野草区	正方形	61	32	6	1	—	—	—
	列状	62	29	8	1	—	—	—
	群状	62	29	8	1	—	—	—
	平均	62	30	7	1	—	—	—
牧草A区	正方形	31	40	19	7	3	—	—
	列状	34	41	18	6	1	—	—
	群状	41	38	17	4	—	—	—
	平均	35	40	18	6	1	—	—
牧草B区	正方形	24	36	29	10	1	—	—
	列状	34	38	20	7	1	—	—
	群状	36	36	19	8	—	—	—
	平均	31	37	23	8	1	—	—
牧草C区	正方形	19	38	27	13	3	—	—
	列状	13	34	31	16	5	1	—
	群状	14	34	33	12	6	1	—
	平均	15	35	30	14	5	1	—

傷害回数0のもの、すなわち6年間1度も傷害を受けなかったヒノキが、野草区では62%に達したのに対し、牧草区ではA区とB区が31~35%, C区に至っては15%しか存在しなかつた。後述するような牧草区では当初植栽したヒノキのうち、約半数が枯死し、そのほとんどは放牧牛の傷害が原因と考えられた。従って、植栽当初の全ヒノキを対象にすると、放牧牛の傷害を6年間1度も受けなかったものは、野草区で半数を越えたのに対し、牧草区では10数%しか存在しなかつたことになる。

傷害回数1回のものは、野草区で30%, 牧草区で35~40%に達した。2回のものも、野草区の7%に対し、牧草区では20~30%に及んだ。その後、多回数の傷害を受けた林木の比率は急速に減少し、野草区では3回が限度であった。しかし、牧草C区では5回も傷害を受けたものが存在した。しかし、6回、すなわち毎年連続して被害を受け続けたものはみられなかつた。

上述のように、ヒノキ試験では放牧牛の採食の害はほとんどなく、踏圧や体験のなすり付けなど、いわゆる放牧牛数の増加に付随する機械的な傷害であった。野草区に比較し牧草区で、このように同一林木が傷害を受けた回数の多いのは、林床の牧草地化に伴う放牧牛の頭数増の結果である。

#### 3 枯死原因

ヒノキの枯死原因には下刈りや掃除刈り作業時の誤刈り、野兎害、畜害・(その他)に分けられ、虫害が原因と推測される枯死木はみられなかつた。初年次の放牧開始時における全生立木数を基準として、各年次の原因別枯死木率を求める表25のようになる。このうち、その他とは冬季の寒風害などの生理的な枯死などが含まれると考えられるが、枯死原因を十分に明らかにできず、また家畜の害による枯死との区別がつかないので、「畜害・その他」として一諸に扱つた。

禁牧区では毎年7月上・中旬に下刈り作業を行つておらず、また牧草区では不食過繁地の掃除刈りの必要があつた。その際に誤ってヒノキを刈払つた。このような誤刈りによる枯死木の発生はいずれの区も1%以下であつた。

放牧3年次の春に野草区を除く各試験区に野兎の食害がみられ、それによる枯死木率が1%前後発生した。本試験地は銃獣禁止区域であり、この年に野兎の異常発生があつたものと考えられる。その後、忌避剤(アンデス:日本ソーダ株式会社)を全供試木に塗付したので、以後の被害はなかつた。なお、アカマツ、スギの試験地では、野兎害による枯死はみられなかつた。これは、両試験地ともすでに7年生林に成長していたためである。

表25 ヒノキ試験地における原因別枯死木率(%)

区名	項目	調査年次						合計
		1	2	3	4	5	6	
禁牧区	誤刈	—	—	—	0.1	—	—	0.1
	虫害	—	—	—	—	—	—	—
	野兔害	—	—	0.8	—	—	—	0.8
	(その他)	(0.8)	(8.5)	(0.7)	(1.3)	(0.3)	(—)	(11.6)
計		0.8	8.5	1.5	1.4	0.3	—	12.5
野草区	誤刈	—	0.2	—	—	0.1	—	0.3
	虫害	—	—	—	—	—	—	—
	野兔害	—	—	—	—	—	—	—
	畜害(その他)	2.1	6.3	2.8	0.6	0.4	0.2	12.4
計		2.1	6.5	2.8	0.6	0.5	0.2	12.7
牧草A区	誤刈	0.8	0.2	—	—	—	—	1.0
	虫害	—	—	—	—	—	—	—
	野兔害	—	—	1.0	—	—	—	1.0
	畜害(その他)	8.6	14.5	7.3	3.3	2.1	2.0	37.8
計		9.4	14.7	8.3	3.3	2.1	2.0	39.8
牧草B区	誤刈	0.7	—	—	—	—	—	0.7
	虫害	—	—	—	—	—	—	—
	野兔害	—	—	1.3	—	—	—	1.3
	畜害(その他)	3.6	23.2	6.1	4.1	1.2	1.7	39.9
計		4.3	23.2	7.4	4.1	1.2	1.7	41.9
牧草C区	誤刈	0.5	—	0.1	0.1	—	—	0.7
	虫害	—	—	—	—	—	—	—
	野兔害	—	—	0.3	—	—	—	0.3
	畜害(その他)	8.5	21.4	10.5	4.1	4.0	5.0	53.5
計		9.0	21.4	10.9	4.2	4.0	5.0	54.5

禁牧区では、その他による枯死が約12%みられた。そのピークは2年次の約9%であったが、この種の枯死木は5年次まで観察された。

ヒノキの枯死原因別に整理した表25のうち、家畜によると推測されるものを、さらに、その傷害型別に細分すると表26の通りである。これは表25と同様、試験開始時における全生立木数を基準として、各年次の家畜傷害型別に枯死木率を求めたものである。

表26 放牧牛によるヒノキ枯死原因の内訳(%)

区名	項目	調査年次						合計
		1	2	3	4	5	6	
野草区	食害	—	—	—	—	—	—	—
	剥皮	1.5	6.0	1.8	0.3	0.1	—	9.7
	主幹折れ	0.6	0.3	1.0	0.3	0.3	0.2	2.7
	計	2.1	6.3	2.8	0.6	0.4	0.2	12.4
牧草A区	食害	—	—	—	—	—	—	—
	剥皮	6.0	10.1	3.7	0.1	0.1	—	20.0
	主幹折れ	2.6	4.4	3.6	3.2	2.0	2.0	17.8
	計	8.6	14.5	7.3	3.3	2.1	2.0	37.8
牧草B区	食害	—	—	—	—	—	—	—
	剥皮	2.3	20.8	3.3	0.6	—	—	27.0
	主幹折れ	1.3	2.4	4.1	3.5	1.2	1.7	14.2
	計	3.6	23.2	7.4	4.1	1.2	1.7	41.2
牧草C区	食害	—	—	—	—	—	—	—
	剥皮	6.6	17.9	6.7	0.1	—	—	31.3
	主幹折れ	1.9	3.5	3.8	4.0	4.0	5.0	22.2
	計	8.5	21.4	10.5	4.1	4.0	5.0	53.5

先ず、全枯死木率をみると、野草区では放牧牛の害による枯死とみられるものが、約12%発生した。しかし、この値は表25にみた禁牧区の「その他」の原因による枯死木率と同じである。

これに対し、牧草区では放牧牛による枯死木が多発し、約40~50%に達した。その内容をみると、野草区同様、食害型は発生しなかった。畜害による枯死木のすべては、剥皮と主幹

折れによるものであり、前者は約20~30%，後者は15~20%前後であった。牧草区では、牧草導入によって、牛の放牧頭数が野草区の3倍近くに高まつた。このことが、牧草区では剥皮や主幹折れ、側枝折れなど地上部の機械的傷害にあう確率を高めることになり、さらに踏圧による根系への間接的な悪影響を増すこととなつたものと考えられる。

年次別にみると、剥皮による枯死木は4、5年次まで発生し、そのピークは2年次にあつた。すなわち、野草区では1年次約2%，2年次6%，3年次2%で、4及び5年次は0.1~0.3%にすぎなかつた。一方、牧草区の剥皮による枯死率は、初年次に数%であったものが、2年次には10~20%に高まつた。しかし、3年次のそれは3~7%に低下し、4及び5年次には0.1%にすぎなかつた。

主幹折れによる枯死率の推移も、剥皮と同様2年次付近にピークがあるものの、その山は剥皮ほど顕著ではなく、数%にすぎなかつた。しかし、主幹折れによる枯死は、剥皮に比べ高年次にも比較的高率で発生し、例えば、牧草C区の6年次には5%に達した。

#### 4 林木の成長

##### 1) 伸長成長

6年間の放牧試験期間におけるヒノキの樹高成長の推移を図10に示す。同じく、禁牧区の樹高を100とした各試験区の樹高の推移を図11に示す。

試験開始時の樹高は各区ともほぼ50cmであったが、一般にヒノキは成長が緩慢なために、試験を終了した6年次秋の樹高は、禁牧区で235cmにとどまつた。野草区は3年次頃まで伸長成長が劣つたが、4年次以降は禁牧区とはほぼ同じ推移を示した。牧草区は放牧牛による傷害が著しかつたとはいゝえ、牧草導入に伴う肥培効果のために、3年次頃より伸長成長が顕著となつた。その結果、6

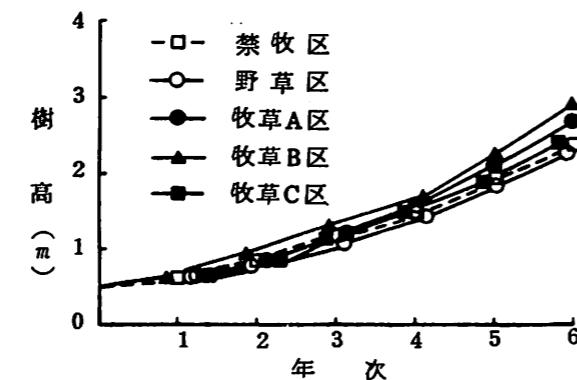


図10 ヒノキ試験地の樹高の推移

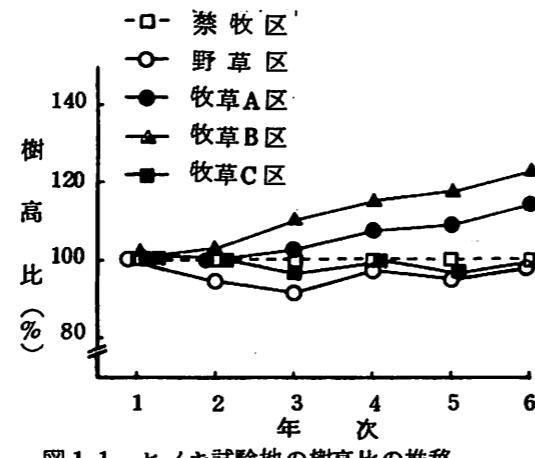


図11 ヒノキ試験地の樹高比の推移

年次秋の牧草A区及びB区の樹高比は禁牧区に比べ10~20%高く、樹高は前者で268cm、後者は288cmを示した。しかし、放牧牛による傷害が特に著しく枯死木が多発した牧草C区の樹高成長は緩慢であり、禁牧区を上まわることはほとんどなかつた。

6年生林のヒノキ樹高を植栽様式別に表27に示す。禁牧区の樹高は、正方形植えの256cmに対し、列状植え及び群状植えはそれぞれ210及び240cmと低かつた。野草区及び牧草区も同様に、正方形植えに比較して、列状植え及び群状植えの樹高は低い傾向を示した。

表27 6年生林ヒノキの樹高(cm)

区名	植栽様式			平均	
	正方形	列状	群状		
禁牧区	256(100)	210(82)	240(94)	235	
野草区	231(100)	224(97)	227(98)	227	
牧草区	A区	269(100)	277(103)	259(96)	268
	B区	287(100)	299(104)	278(97)	288
	C区	269(100)	225(84)	215(80)	236
	平均	275(100)	267(97)	251(91)	264

##### 2) 肥大成長

肥大成長に関連して、6年生林の胸高直径を植栽様式別に整理すると、表28の通りである。胸高直径は禁牧区の1.3cmに対し、野草区は1.5cm、牧草区は2.5cmと、放牧区におけるヒノキの肥大成長がまさつた。特に、牧草区の肥大成長が促進されたのは、牧草導入に付

表28 6年生林ヒノキの胸高直径(cm)

区名	植栽様式			平均	
	正方形	列状	群状		
禁牧区	1.6(100)	1.1(69)	1.3(81)	1.3	
野草区	1.5(100)	1.5(100)	1.6(107)	1.5	
牧草区	A区	2.6(100)	2.6(100)	2.3(88)	2.5
	B区	3.1(100)	3.1(100)	2.6(84)	2.9
	C区	2.4(100)	2.3(96)	1.9(79)	2.2
	平均	2.7(100)	2.7(100)	2.3(85)	2.5

隨する肥培効果が大きく影響したものである。

また、植栽様式との関連で胸高直径をみると、正方形植えが最も良く、列状植え、群状植えの順で劣った。

### 3) 異型木

試験終了時の林木をみると、主幹の分岐や主幹基部の曲りなどが多く分布した。このような異型木の発生率を整理すると表29のようである。なお、剝皮傷害を原因とする異型、すなわち、完全癒合できずに残痕を呈するようなものはみられなかった。

表29 ヒノキ6年生林における異型木の発生率(%)

区名	植栽様式	主幹分岐						根元 曲り	合計
		2又	3又	4又	5又	6又	計		
禁牧区	正方形	—	—	—	—	—	—	1.0	1.0
	列状	2.8	—	—	—	—	2.8	—	2.8
	群状	0.4	—	—	—	—	0.4	—	0.4
	平均	1.2	—	—	—	—	1.2	0.3	1.5
野草区	正方形	1.4	0.2	—	—	—	1.6	6.7	8.3
	列状	1.4	0.4	0.2	—	—	2.0	5.2	7.2
	群状	0.6	—	—	—	—	0.7	8.2	8.9
	平均	1.2	0.2	0.1	—	—	1.5	6.5	8.0
牧草A区	正方形	10.3	1.3	0.3	0.3	—	12.2	2.5	14.7
	列状	7.0	0.9	—	—	—	7.9	8.6	16.5
	群状	6.2	0.4	—	—	—	6.7	6.2	12.9
	平均	7.5	0.8	0.1	0.1	—	8.5	6.3	14.8
牧草B区	正方形	16.4	2.6	1.0	0.3	—	20.3	10.2	30.5
	列状	11.8	2.8	0.6	0.2	—	15.4	12.4	27.8
	群状	9.4	1.9	0.3	—	—	11.6	22.4	34.0
	平均	12.3	2.5	0.6	0.2	—	15.5	14.9	30.4
牧草C区	正方形	16.0	4.9	1.1	0.3	0.3	22.6	22.6	45.2
	列状	17.0	4.2	0.3	—	—	21.5	35.5	57.0
	群状	11.0	0.5	0.5	—	—	12.0	50.0	62.0
	平均	15.2	3.6	0.7	0.1	0.1	19.8	33.7	53.5

主幹分岐は、何らかの影響で、主幹折れが生ずると側枝が伸びて副主幹として成長するものである。従って、これらは放牧牛の踏圧やなすり付けの害に付随する傾向がある。

主幹の分岐は放牧牛の入らない禁牧区にも1.2%みられたが、この場合は2又分岐にとまつた。これに対し、林床植生が野草状態で放牧牛の入った野草区では、主幹分岐の発生率が1.5%と禁牧区と大差なかったが、主幹の分岐は2又にとどまらず、わずかではあるが、4又までみられた。

一方、牧草区では主幹の分岐が増大し、牧草A区で9%，B区で16%，特に放牧被害の大きかった牧草C区では20%に達した。分岐数は2又が8~15%で最も多く、3又は1~4%，4又是1%以下と、3又以上になると急速に減少した。しかし、牧草区では全区にわたって5又が出現し、最も異型木の多発した牧草C区では6又分岐も観察された。

主幹基部の曲ったいわゆる根元曲りの発生率は、禁牧区の0.3%に対し、放牧を行うと著しく増加した。すなわち、野草区でも6.5%の発生率を示し、牧草B区では15%，牧草C区に至っては34%に達した。

これらの異型木の発生率をヒノキの植栽様式別にみると、主幹分岐は正方形植えに多く、群状植えに少なかったが、根元曲りは逆に正方形植えが少なく、群状植えに多い傾向を示した。しかし、異型木全体の発生率をみると、植栽様式との関連は明らかでなく、禁牧区の約2%に対し、野草区8%，牧草区では15~54%に達した。

これらの異型木について、異型部位の高さを地面から測ると表30のようになる。異型部位の高さとは、主幹分岐の場合は地表から分岐しているところまでの高さを示し、根元曲りはその曲りが立直っている部位までの高さを言う。

これらによると、主幹分岐は50~60cm位の高さに集中し、根元曲りはそれより多少低く30~40cmに多くみられた。すなわち、これらの異型木は主幹基部の数10cmはいわゆる捨て物である。

以上みてきたように、牧草を導入して牧畜力の向上を図った牧草区では、枯死木が多発し、生き残ったヒノキも異型木が多く、林業上は多くの問題を残すことになった。

表30 6年生林ヒノキの異型部位の高さ(cm)

区名	植栽様式	主幹分岐の高さ					根元 曲りの 高さ
		2又	3又	4又	5又	6又	
禁牧区	正方形	—	—	—	—	—	29
	列状	32	—	—	—	—	—
	群状	30	—	—	—	—	—
	平均	31	—	—	—	—	29
野草区	正方形	36	55	43	—	—	31
	列状	50	45	40	—	—	27
	群状	58	33	56	—	—	31
	平均	48	44	46	—	—	30
牧草A区	正方形	54	73	47	64	—	33
	列状	56	66	—	—	—	31
	群状	56	46	—	—	—	32
	平均	55	62	47	64	—	32
牧草B区	正方形	56	52	66	90	—	44
	列状	61	54	49	60	—	39
	群状	52	62	62	45	—	36
	平均	56	56	59	65	—	40
牧草C区	正方形	35	52	68	66	57	43
	列状	60	57	51	—	—	38
	群状	48	58	64	—	—	39
	平均	48	56	61	66	57	40

## V スギ林の反応

## 1 生立木率

1969年、40當り3,000本相当のスギを植栽し、10カ年にわたり生立木数の推移を観察してきた。放牧初年次の開牧時におけるスギ生立木数を基礎にして、その後の生立木数の推移をみると図12のようである。

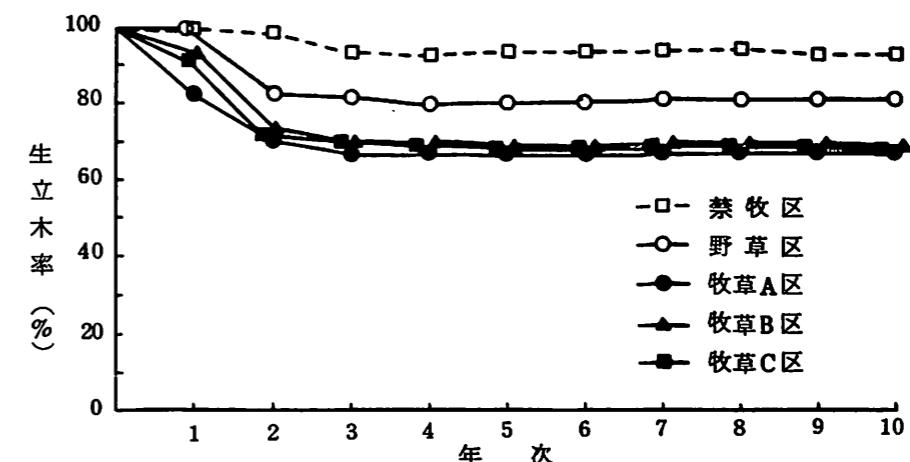


図12 スギ試験地の生立木率の推移

先ず、禁牧区の生立木率は当初の3年間で93%に落ちたが、その後の枯死はごく僅かで、試験を終了した時点での生立木率は92%を保った。

野草区では、放牧1年次の枯死木は1%程度にすぎなかつたが、その値は2年次の秋には18%に達した。しかし、その後の枯死木の発生はほとんどなく、10年次秋の生立木率は80%であった。

一方、牧草区のうち放牧試験を始めた年の前年の秋に牧草を導入した牧草A区では、放牧開始時から牧草が過繁茂であったことが影響したのか、枯死木の発生が多く、1年次の秋には生立木率が82%に減少した。これに対し、同じ牧草区でも、放牧初年次の春に牧草を導入した牧草B区とC区の生立木率は約90%を保った。しかし、2年次の秋には、牧草導入した3区とも生立木率は約70%に急減した。その後の枯死木の発生は僅かで、試験を終了した10年次の生立木率は66~68%で、残存木数は40當り2,000本相当であった。

このように、スギの生立木数は牛の放牧によって減少したが、その割合はアカマツやヒノキに比べるとごく僅かであり、林業経営上支障になるほどのものではなかった。また、林木の植栽様式との関連では、列状植えが若干低い傾向を示した。

## 2 傷害木

### 1) 傷害発生率

各年次とも開牧時の生立木数を基礎に、その年次に発生した傷害木について、傷害の程度（激・中・微害）別にその発生率を整理すると表31のようになる。

表31 放牧牛によるスギの傷害木発生率 (%)

区名	傷害程度	調査年次							
		1	2	3	4	5	6	7	8~10
野草区	激害	0.9	0.1	0.3	—	0.2	0.1	—	—
	中害	0.4	—	0.2	—	0.1	0.1	—	—
	(激・中害の計)	(1.3)	(0.1)	(0.5)	(—)	(0.3)	(0.2)	(—)	(—)
	微害	34.9	0.8	0.4	0.4	2.0	1.5	0.2	—
	計	36.2	0.9	0.9	0.4	2.3	1.7	0.2	—
牧草A区	激害	37.4	0.6	1.4	0.2	0.4	2.6	0.6	—
	中害	34.3	0.2	0.2	0.2	—	0.1	—	—
	(激・中害の計)	(71.7)	(0.8)	(1.6)	(0.4)	(0.4)	(2.7)	(0.6)	(—)
	微害	8.9	0.1	0.6	2.0	9.7	9.9	—	—
	計	80.6	0.9	2.2	2.4	10.1	12.6	0.6	—
牧草B区	激害	2.7	1.2	1.2	0.1	0.6	—	—	—
	中害	3.9	0.1	0.2	0.6	—	—	—	—
	(激・中害の計)	(6.6)	(1.3)	(1.4)	(0.7)	(0.6)	(—)	(—)	(—)
	微害	41.3	22.1	1.4	1.9	9.1	5.0	0.3	—
	計	47.9	23.4	2.8	2.6	9.7	5.0	0.3	—
牧草C区	激害	2.7	0.8	0.6	—	0.8	—	0.1	—
	中害	3.0	0.9	0.3	—	—	—	—	—
	(激・中害の計)	(5.7)	(1.7)	(0.9)	(—)	(0.8)	(—)	(0.1)	(—)
	微害	62.5	20.9	1.0	0.3	11.3	2.1	—	—
	計	68.2	22.6	1.9	0.3	12.1	2.1	0.1	—

全傷害木率をみると、1年次には野草区で36%，牧草区では約50~80%に及んだ。

2年次でも牧草B区とC区は20%を越えた。しかし、3年次以降になると、全傷害木率は

野草区で2%以下、牧草区でも10%を越えることは稀であった。このように、傷害木は放牧1年次と2年次に多発したが、これらは後述するように、主に食害であった。すなわち、1、2年次に使用した放牧牛のうち半数は乳牛であり、これらの乳牛の一部が牧草区内のスギを食いちぎる悪癖を持っていたためである。

スギの成長に悪影響をもたらすのは、激害と中害であるが、両者の合計値は1年次の牧草A区で72%と異常に高かった他は、いずれも数%以下で、実害はほとんど無いものとみられた。特に、樹高の高まつた7年次以降には、激害や中害に相当する被害は発生していない。

### 2) 傷害の種類

傷害木の発生率を傷害型別に分類すると、表32の通りである。

表32 放牧牛によるスギの各傷害型発生率 (%)

区名	傷害型	調査年次							
		1	2	3	4	5	6	7	8~10
野草区	食害	2.8	—	—	—	—	—	—	—
	剥皮	31.4	0.8	0.6	0.2	0.1	—	—	—
	側枝折れ	1.5	0.1	0.1	0.2	1.9	1.5	0.2	—
	主幹折れ	0.5	—	0.2	—	0.3	0.2	—	—
	計	36.2	0.9	0.9	0.4	2.3	1.7	0.2	—
牧草A区	食害	71.6	—	—	—	0.1	—	—	—
	剥皮	6.3	0.1	0.2	—	—	0.1	—	—
	側枝折れ	—	—	0.6	2.0	9.6	9.9	—	—
	主幹折れ	2.7	0.8	1.5	0.4	0.4	2.7	0.6	—
	計	80.6	0.9	2.3	2.4	10.1	12.7	0.6	—
牧草B区	食害	21.0	21.9	—	—	—	—	—	—
	剥皮	24.1	0.1	0.3	0.1	—	—	—	—
	側枝折れ	0.7	0.1	1.2	2.3	9.1	5.0	0.3	—
	主幹折れ	2.1	1.3	1.3	0.2	0.6	—	—	—
	計	47.9	23.4	2.8	2.6	9.7	5.0	0.3	—
牧草C区	食害	41.0	20.5	—	—	—	—	—	—
	剥皮	24.3	0.1	0.5	—	0.1	—	—	—
	側枝折れ	0.7	0.7	0.4	0.3	11.2	2.1	—	—
	主幹折れ	2.2	1.3	1.0	—	0.8	—	0.1	—
	計	68.2	22.6	1.9	0.3	12.1	2.1	0.1	—

先ず、食害についてみると、野草区では1年次だけに観察され、発生率は3%にすぎなかつた。しかし、牧草区ではその被害が著しく、牧草B区は1, 2年次に約20%, 同じく牧草C区では20~40%に達した。特に、顕著なのは牧草A区で、初年次の食害が70%を越えた。このように、1, 2年次に食害が集中したのは、前述のように供試牛の一部に乳牛を使つたためであつた。

また、牧草A区初年次の食害が極端に高かったのは、牧草導入が1年早かつたことが大きく影響した。すなわち、放牧初年次の春先から牧草の生育が旺盛で、植栽したばかりのスギは牧草の群落内に埋没の状態となつた。そのために、放牧牛は牧草の採食の際に、スギの枝葉も同時に食いちぎることになつたものと考えられた。この傾向は、同じ条件にあつたアカマツ牧草A区の予備試験にも当てはまり、アカマツのはとんど全部が食害にあつてゐる。ただし、後述するようにスギの場合はアカマツと異なり、それが原因で多数の枯死木の発生をまねくには至らなかつた。

2年次以降には、牧草の草丈が低い時期から放牧するなど、放牧管理に注意を払つたために、この種の傷害は大巾に低下した。

剥皮害はスギ樹高の低い初年次に圧倒的に多く発生し、牧草A区の7%を除けば、いずれの区も約25~30%の被害に達したが、2年次以降は1%以下に低下した。

一方、側枝折れ、主幹折れの害は食害や剥皮に比べると非常に少なく、特に主幹折れは牧草区でも1~2%にとどまつた。また、側枝折れの被害は放牧牛が体軀をなすり付けるのに好ましい樹高に達した5, 6年次に多く、野草区で2%, 牧草区では10%前後に達した。

### 3) 受傷位置

放牧牛より受けた傷害の部位の地表からの高さを、表33に示す。

先ず、1年次の食害部の高さであるが、野草区の50cm、牧草B区及びC区の約65cmに対し、牧草A区は最も低く約40cmであった。牧草A区では前年に牧草を導入した関係上、スギの植栽初期から牧草が過繁茂の状態となつた。従つて、放牧牛は牧草の採食と同時に、放牧初期からまだ樹高の低いスギの枝葉も食いちぎることになつた。その結果、同区の食害部の高さは低い位置を示した。一方、牧草B区及びC区はスギの植栽と同年に牧草を導入したため、放牧初期の牧草は草丈がスギ樹高より低く、且つ、密度は疎であつた。従つて、牧草を採食する際にスギの枝葉も同時に牛の口に入るという現象は観察されなかつた。しかし、夏・秋のスギ樹高が高まってから食害が出たために、その位置は比較的高いことになつた。

2年次には牧草B区とC区に食害がみられ、その高さは約1mと高くなつた。

1~4年次の樹高が低い頃の剥皮害は放牧牛の蹄によるために、その傷害高は低く5~30

表33 スギの放牧牛による受傷高(cm)

区名	傷害型	調査年次							
		1	2	3	4	5	6	7	8~10
野草区	食害	51	—	—	—	—	—	—	—
	剥皮	6~11	5~9	1~7	10~15	54~70	—	—	—
	側枝折れ	23	55	40~80	52	77~90	104	85~110	—
	主幹折れ	23	—	60	—	88	71	—	—
牧草A区	食害	39	—	—	—	—	—	—	—
	剥皮	3~10	45~53	8~25	—	50~95	60~80	—	—
	側枝折れ	—	—	57	53~82	78~96	114	—	—
	主幹折れ	8	26	46	61	51	74	84	—
牧草B区	食害	64	99	—	—	—	—	—	—
	剥皮	7~16	10~21	8~33	15	—	—	—	—
	側枝折れ	21	64	34~70	78~96	94~104	121	105~120	—
	主幹折れ	14	53	42	70	68	—	—	—
牧草C区	食害	65	117	—	—	—	—	—	—
	剥皮	5~15	30~42	1~8	—	40~90	—	—	—
	側枝折れ	32	60	47	33~63	96~113	119	—	—
	主幹折れ	19	39	56	—	71	—	60	—

cmに集中した。5, 6年次になると、放牧牛の体軀のなすり付けによる側枝折れに付隨する剥皮のために、その部位は高く、40~100cmに達した。

牧草A区の1, 2年次には、側枝折れがみられなかつた。これは、1年次に主幹、側枝ともそのほとんどが採食され、また、2年次の側枝伸長が僅かだったために、側枝折れ害が出来なかつたものと推測された。樹高の低い時期の側枝折れは主として踏み付けによるために、その傷害高は低く20~50cmであった。樹高の高まりに伴い、側枝折れの原因是放牧牛のなすり付けに移行することになり、その傷害高も1m前後と高まつた。

なお、林業ではスギが6, 7年生林になると、下枝の除去が普通に行われている。この意味からも、この種の側枝折れは林業上あまり影響ないものと考えられる。

主幹折れの原因も基本的には側枝折れ傷害と同じであり、主幹折れ部位高は放牧初年次の10~20cmから、樹高の高まりに伴い順次上昇し、6, 7年次には60~80cmに達した。

#### 4) 受傷回数

試験終了時に生存していたスギの各個体が10年間の放牧で何回傷害を受けたかを整理すると、表34の通りである。10年間にわたり1度も傷害を受けなかつたスギが野草区では

約2/3に達した。傷害木のは

表34 10年生林スギの放牧牛による受傷回数(%)

区名	植栽様式	受 傷 回 数					
		0	1	2	3	4	5~10
野草区	正方形	62	34	4	—	—	—
	列状	68	30	2	—	—	—
	群状	63	36	1	—	—	—
	平均	64	33	2	—	—	—
牧草A区	正方形	3	70	24	3	—	—
	列状	1	78	19	2	—	—
	群状	1	70	26	3	—	—
	平均	2	73	23	3	—	—
牧草B区	正方形	33	40	20	5	2	—
	列状	33	47	18	2	—	—
	群状	22	50	27	1	—	—
	平均	29	46	22	3	1	—
牧草C区	正方形	23	47	25	4	—	—
	列状	11	55	32	2	—	—
	群状	19	55	23	3	—	—
	平均	18	52	27	3	—	—

注 8~10年次は被害無し

とんどは1回の受傷にとどまり、2回受傷したスギは2%

にすぎず、3回以上は観察されなかつた。

一方、放牧圧の高い牧草区では、無傷害木の割合が著しく低下し、傷害回数0は牧草

B区で29%, C区は18%, A区に至つては2%にすぎなかつた。牧草B区及びC区では、約半数のスギが1回何らかの傷害を受けており、約1/4

のスギは2回の傷害にあつた。さらに、数は少ないが3, 4回受傷したものもみられた。

前述のように特殊事情にあつた牧草A区では、傷害木が多発したものの、その大部分は1回の受傷にとどまり、2回以上受傷した林木の発生率は牧草B区及びC区と大差な

かった。このように、受傷回数1回の割合が73%と著しく高いのは、放牧初年次のみ異常に放牧牛の採食被害が多かつた結果である。

なお、スギの植栽様式と傷害回数との関係は目立つ傾向をみせなかつた。

#### 3 枯死原因

10カ年にわたる試験期間中の枯死木率の変化を、その原因別に表35に示す。これは、試

験開始時の全生立木数を基準にて算出している。本試験の枯死原因是下刈りの際の誤刈り、虫害及び畜害・その他であり、野兔害が原因と推定されるものは観察されなかつた。

表35 スギ試験地における原因別枯死木率(%)

区名	項目	調査年次										合計
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
禁牧区	誤刈	—	—	0.1	—	—	—	—	0.1	0.4	0.4	1.0
	虫害	—	—	—	—	—	0.6	—	0.1	—	0.2	0.9
	野兔害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	(その他)	(—)	(1.7)	(4.7)	(—)	(—)	(0.3)	(0.2)	(—)	(—)	(—)	(6.9)
野草区	計	—	1.7	4.8	—	—	0.9	0.2	0.2	0.4	0.6	8.8
	誤刈	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	虫害	—	—	—	0.1	—	—	—	—	—	0.2	0.3
	野兔害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	畜害(その他)	1.2	17.4	1.7	0.4	0.2	0.1	0.1	—	—	—	21.1
牧草A区	計	1.2	17.4	1.7	0.5	0.2	0.1	0.1	—	—	0.2	21.4
	誤刈	1.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.8
	虫害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.5	0.5
	野兔害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	畜害(その他)	16.5	12.1	3.0	—	0.3	0.4	0.4	—	—	—	32.7
牧草B区	計	18.3	12.1	3.0	—	0.3	0.4	0.4	—	—	0.5	35.0
	誤刈	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1
	虫害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4	0.4
	野兔害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	畜害(その他)	9.6	18.3	3.8	0.2	0.1	0.1	—	—	—	—	32.1
牧草C区	計	9.7	18.3	3.8	0.2	0.1	0.1	—	—	—	0.4	32.6
	誤刈	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1
	虫害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.6	0.6
	野兔害	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	畜害(その他)	8.0	21.7	2.5	0.4	0.3	0.3	0.1	0.1	—	—	33.4
	計	8.1	21.7	2.5	0.4	0.3	0.3	0.1	0.1	—	0.6	34.1

先ず、禁牧区についてみると、誤刈りによるものが全体で約1%発生したが、そのほとんどは8~10年次のものであった。この時期になると劣勢木でも幹径は相当太くなるが、下草を機械刈りしたために、このような誤刈りを生じたものである。また、虫害による枯死木が6年次を中心に、約1%発生した。これは、主として穿孔性害虫のスギカミキリによるものであった。それ以外の原因不明の枯死木が2、3年次に集中した。

一方、野草区は全体で約20%の枯死木を出したが、虫害によるとみられるものが、4年次と10年次にごく僅か発生したほかは、家畜傷害が枯死の原因と考えられた。牧草区では植栽木の約1/3が枯死したが、そのほとんどは家畜による被害が原因とみられ、誤刈りと虫害によるものは合せても1~2%にすぎなかった。なお、虫害による枯死木は10年次に集中し、スギカミキリによるものであった。

家畜傷害を原因に持つとみられる枯死木を取出し、その枯死原因を傷害型別に分類すると表36の通りである。

表36 放牧牛によるスギ枯死原因の内訳(%)

区名	項目	調査年次										合計
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
野草区	食害	—	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4
	剥皮	0.6	16.6	1.7	0.3	0.1	—	—	—	—	—	19.3
	主幹折れ	0.6	0.4	—	0.1	0.1	0.1	0.1	—	—	—	1.4
	計	1.2	17.4	1.7	0.4	0.2	0.1	0.1	—	—	—	21.1
牧草A区	食害	3.4	6.5	—	—	—	—	—	—	—	—	9.9
	剥皮	1.5	2.5	2.3	—	0.1	0.1	—	—	—	—	6.5
	主幹折れ	11.6	3.1	0.7	—	0.2	0.3	0.4	—	—	—	16.3
	計	16.5	12.1	3.0	—	0.3	0.4	0.4	—	—	—	32.7
牧草B区	食害	—	2.9	0.1	—	—	—	—	—	—	—	3.0
	剥皮	3.0	13.0	2.9	0.2	—	—	—	—	—	—	19.1
	主幹折れ	6.6	2.4	0.8	—	0.1	0.1	—	—	—	—	10.0
	計	9.6	18.3	3.8	0.2	0.1	0.1	—	—	—	—	32.1
牧草C区	食害	0.2	9.8	—	—	—	—	—	—	—	—	10.0
	剥皮	2.6	9.6	1.5	0.2	0.1	—	—	—	—	—	14.0
	主幹折れ	5.2	2.3	1.0	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	—	—	9.4
	計	8.0	21.7	2.5	0.4	0.3	0.3	0.1	0.1	—	—	33.4

野草区では、約20%のスギが枯死し、そのほとんどは剥皮害によるものであった。剥皮害による枯死は2年次に集中して出現(約17%)し、僅かではあるが5年次まで続いた。主幹折れによる枯死は初年次から7年次までみられたが、その割合は低く、全体で1.4%にすぎなかつた。

一方、牧草区でも剥皮害による枯死が最も多く、7~19%に達した。次は主幹折れによるもので9~16%，食害によるものも3~10%出現した。それらを、年次別にみると、食害による枯死は1、2年次に集中し、3年次以後にはほとんど発生しなかつた。剥皮害による枯死は、野草区同様2年次に大きなピークがあり、5年次頃まで出現した。これに対し、主幹折れによるものは初年次が最も多く、5~12%に達した。主幹折れによる枯死は、2年次以後急速に減少しながらも、7、8年次まで続いた。

林業では、植栽木のはほとんどは除伐や間伐の対象となり、最終的な収穫である主伐期まで残る林木は植栽当時の数分の1にすぎない。従って、林内放牧によって多少の枯死木や傷害木が発生しても、それが特定の場所に集中することなく、均一に分布するのであれば、林業上の障害は少ない訳である。そこで、試験区内に枯死木がどのように分布したかの1例を図13に示す。

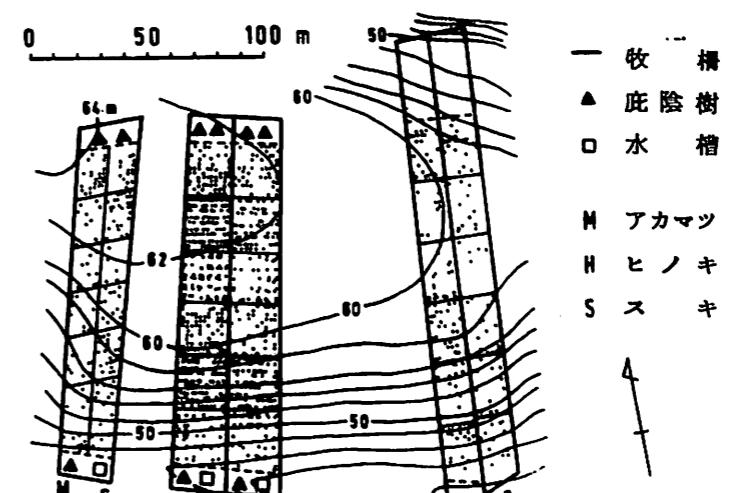


図13 放牧試験地内の枯死木の分布

禁牧区の例としてアカマツ及びスギをあげた。野草区の例として、同じくアカマツとスギを取り上げたが、これは同一牧区内に両者を植栽している。牧草を導入して放牧した例として、ヒノキ及びスギ試験地のそれぞれの牧草B区をあげた。これらの試験地はアカマツ及びスギは10年生林、ヒノキは6年生林である。

家畜の林内放牧によって、枯死木が多発するのは水飲み場や休息所である。そこで、本研究では、南北に細長い放牧区の両端に休息場としてアカマツの高木を残し、さらに、南端のアカマツ林帯に給水槽を配置し、それらの場所の周辺は、最初から林木の植栽を行わなかった。従って、図13で明らかなように、放牧の有無にかかわらず、枯死木の分布に、片寄りはみられなかった。

また、地面が露出する、いわゆる牛道もほとんどみられなかつた。これは、飼料草の少ない林地の放牧利用のために、もともと家畜の導入数が少ないのである。

#### 4 林木の成長

##### 1) 伸長成長

各区におけるスギの伸長成長の推移を図14に、さらに、各年次の禁牧区の樹高を100とした場合の各牧区の樹高比を図15に示す。

試験開始におけるスギの樹高は44~46cmであった。1年次の樹高は牧草A区を除いて62~68cmと順調な成長のスタートを示した。牧草A区の1年次における伸長成長が停滞したのは、この年に放牧牛による枝葉の採食被害が他区に比べ極端に高く、光合成活動が著しく阻害された結果である。

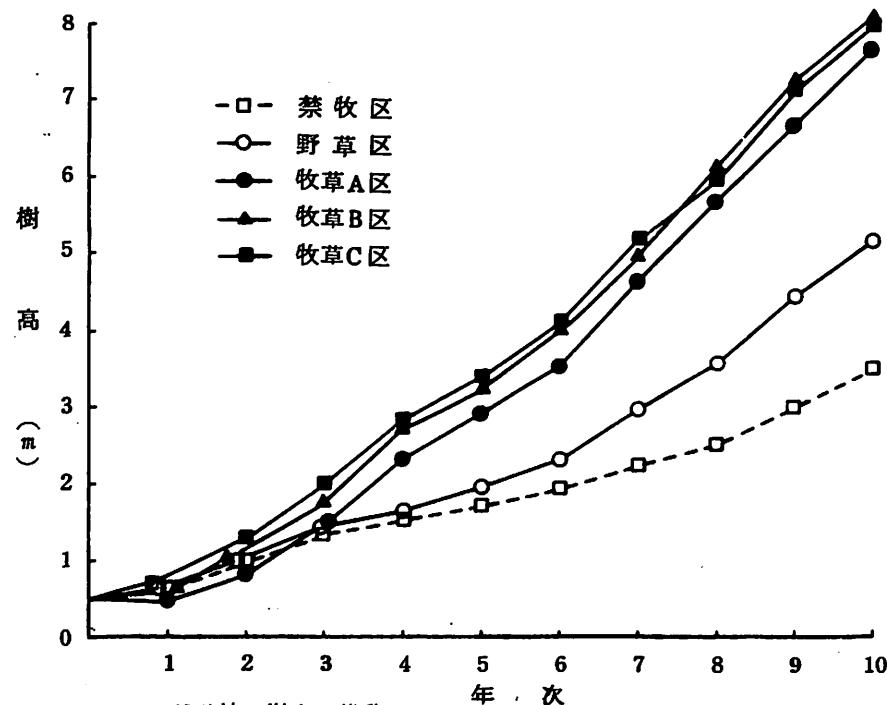


図14 スギ試験地の樹高の推移

しかし、枝葉の採食被害が止まつた2年次以降では、牧草A区のスギも順調な伸長成長を示した。

4年次以降では各処理区で樹高差が目立ち、4年次の樹高は禁牧区の155cmに対し、野草区は160cm、牧草区では230~280cmであった。このように、林内放牧によってスギの伸長成長は著しく促進され、試験を終了した10年次の樹高は、禁牧区の351

cmに対し、野草区516cm、牧草区では764~809cmに達した。

これらの関係は図15の樹高比でみるとさらに明瞭である。すなわち、放牧初年次に食害の著しかった牧草A区では1、2年次の樹高比が大巾に禁牧区を下回つた。全般的には、牧草区の樹高比は年を追つて高まり、8年次には230前後に達した。本試験地の土壤型はBb Bdタイプで林業的にはアカマツの適地であるが、スギの生育にとっては宿悪地である。このような条件下で、牧草の年収量目標を40ton/haに置いた牧草地では、多量の施肥を繰返すことになり、その施肥がスギの成長を著しく助けることになった。

牧草区では、試験の後半になると林冠の閉鎖が進み、牧草の生育維持が困難になつたために、9、10年次は施肥を中止した。牧草区では8年次まで上昇を続けた樹高比が9年次から下降傾向を示した。このことは、基本的には、禁牧区の9、10年次の樹高成長が高かつたためであるが、このような施肥の中止が、相対的に牧草区のスギの成長を鈍らさせたものと推測された。

一方、施肥を伴わない野草区でも、放牧利用によってスギの成長は促進され、9~10年次の樹高比は約150を示した。この原因としては、放牧牛の排糞尿による肥培効果などがあげられている。

10年生林スギの樹高を植栽様式別に比較したのが表37である。

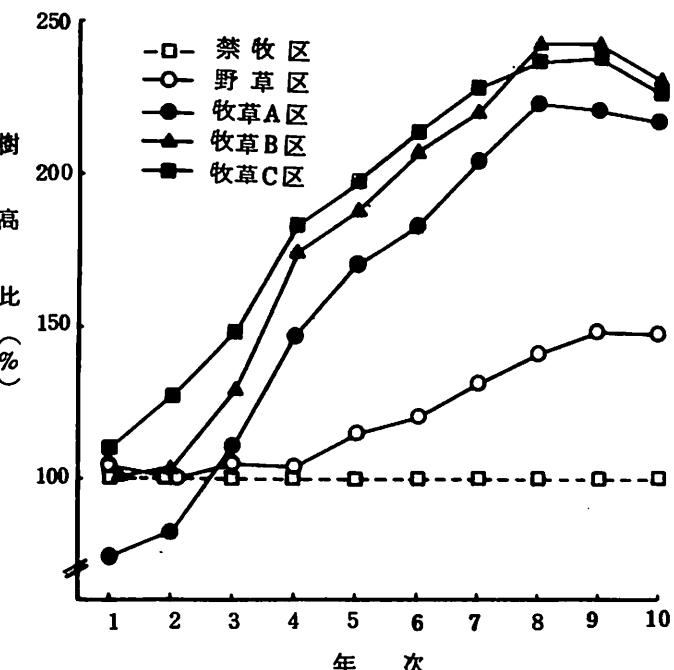


図15 スギ試験地の樹高比の推移

禁牧区では、正方形植えの樹高417cmを基準にすれば、列状植えの樹高は79%, 群状植えはさらに低く73%にとどまった。野草区に例をとれば、正方形植えの樹高564cmに比較し、列状植えは

90%, 群状植えは85%であった。一方、牧草区では、正方形植えが832cmで、列状植え及び群状植えの樹高はそれぞれ正方形植えの95%及び90%であった。このように、正方形植えの伸長成長量に比較し、列状植え及び群状植えの停滞が目立った。

## 2) 肥大成長

試験10年次における各区の胸高直径を表38に示す。

上述のように、本試験地はスギの生育にとって適地とは言えないために、禁牧区の平均直径は4.1cmにすぎなかった。林床植生が同じ野草状態でも、放牧が行われた野草区になると、禁牧区より平均直径は約1.5倍の6.3

cmを示した。さらに、施肥効果も加わる牧草区になると、平均直径は11.9cmで、禁牧区の約3倍に達した。同じ牧草区でも、B区及びC区の胸高直径12.1~12.3cmに対し、牧草A区のそれは11.4cmと多少小さい値を示した。これは、同区の放牧初年次に受けた食害の影響から、まだ脱しきれないとみられた。

植栽様式との関連でみると、各区とも胸高直径は正方形植えが最も大きく、続いて列状植

表37 10年生林スギの樹高(cm)

区名	植栽様式			平均	
	正方形	列状	群状		
禁牧区	417(100)	329(79)	306(73)	351	
野草区	564(100)	505(90)	480(85)	516	
牧草区	A区	810(100)	787(97)	695(86)	764
	B区	858(100)	809(94)	759(88)	809
	C区	827(100)	781(94)	782(95)	797
平均	832(100)	792(95)	745(90)	790	

え、群状植えとなった。これらの植栽様式間での肥大成長量の較差は、禁牧区が最も大きく、野草区がそれに続いた。

すなわち、禁牧区では、正方形植えの胸高直径に対し、列状植え及び群状植えは65~70%にすぎなかった。野草区ではこの差が大分縮まり、列状植え、群状植えは正方形植えの約80%となった。牧草区ではこれがさらに縮まり、列状、群状植えは85%前後を示した。

試験を終了した翌年における、禁牧区、野草区及び牧草区のそれぞれ平均的なスギを伐採したが、その地上約120cmに相当する部位の断面を写真13に示す。地上約120cmの高さとは、林木の胸高直径を測定する際の高さである。これらの供試木は試験を終了した翌年のために、11年生木に相当し、禁牧区、野草区及び牧草区の胸高直径はそれぞれ5cm, 7.5cm及び14cm内外であった。

写真13で明らかなように、施肥効果が大きく加わる牧草区では、肥大成長が著しく、年輪巾は10mm前後を示した。この年輪巾は、木材の農林規格の上限である6mmをはるかに越えており、用材木生産を志向する林業としては多少問題が残る。

## 3) 幹材積

各試験区の10年生林におけるha当たりの幹材積を表39に示す。

表39 スギ10年生林の幹材積(m<sup>3</sup>/ha)

区名	植栽様式			平均	
	正方形	列状	群状		
禁牧区	20.5(100)	10.8(53)	8.0(39)	13.1	
野草区	42.2(100)	21.4(51)	23.8(56)	29.1	
牧草区	A区	120.4(100)	87.7(73)	87.9(73)	98.6
	B区	145.8(100)	98.6(68)	102.2(70)	115.5
	C区	147.7(100)	86.3(58)	114.6(78)	116.2
平均	138.0(100)	90.9(66)	101.6(74)	110.1	

13m<sup>3</sup>/haにすぎなかつたが、放牧利用された野草区では禁牧区の2倍を越える29m<sup>3</sup>/haを示し、牧草区に至っては約8倍の110m<sup>3</sup>/haに達した。また、牧草区間では、放牧牛の被害で初期生育が劣った牧草A区の材積が多少低く約100m<sup>3</sup>/haであったが、牧草B区及びC区では115m<sup>3</sup>/ha前後であった。

植栽様式別に禁牧区の幹材積をみると、正方形植えが最も高く、次は列状植えで、群状植えが一番低かった。一方、野草区及び牧草区では、正方形植えが最も大きかった点は禁牧区と同様であったが、次の列状植えと群状植えの順位が入替わった。

禁牧区では正方形植えに対し、列状、群状植えの幹材積は40~50%にすぎなかつた。

これが、野草区になると列状や群状植えの幹材積は、正方形植えの50~55%に上昇し、さらに、牧草区では60~80%に達した。

このように、正方形植えの幹材積が最も高いことには変わりないが、成長の劣った列状植えや、群状植えの林木でも、林内放牧や肥培によって成長回復を示すことは興味が持たれる。

#### 4) 異型木

試験終了時の林木をみると、根元曲りや強度の剥皮害のために、まだ完全に癒合できず残痕を呈しているものがみられた。このような異型木の発生率と、その異型部位の高さを表40に示す。

表40 スギ10年生林の異型木発生率と異型部位の高さ

区名	植栽様式	異型木発生率(%)			異型部位の高さ(cm)	
		根元曲り	剥皮	計	根元曲り	剥皮
禁牧区	正方形	0.4	—	0.4	25	—
	列状	0.3	—	0.3	35	—
	群状	3.3	—	3.3	31	—
	平均	1.3	—	1.3	30	—
野草区	正方形	—	—	—	—	—
	列状	2.2	—	2.2	33	—
	群状	1.4	—	1.4	20	—
	平均	1.8	—	1.8	27	—
牧草A区	正方形	2.8	—	2.8	37	—
	列状	2.6	1.1	3.7	52	4~24
	群状	3.2	1.4	4.6	52	3~33
	平均	2.8	0.9	3.7	47	4~29
牧草B区	正方形	—	—	—	—	—
	列状	1.1	—	1.1	37	—
	群状	0.4	—	0.4	100	—
	平均	0.6	—	0.6	69	—
牧草C区	正方形	1.3	4.8	6.1	53	5~55
	列状	2.4	2.0	4.4	28	3~44
	群状	2.3	0.6	2.9	38	5~60
	平均	2.0	2.6	4.6	40	4~53

を示した。また、剥皮の残痕は牧草区に多少みられた。

根元曲りの位置はいずれの区も30cm前後に集中したが、牧草区では数10cmに達する場合もみられた。剥皮の残痕は50cm以下に多く分布した。

## VII. 飼料植物の反応

### 1. 放牧牛の採食嗜好性

本試験の供試牛は黒毛和種であったが、2年次までは一部に、育成中のホルスタイン種が含まれた。両品種とも、草本性植物をよく採食し、不食植物はむしろ稀であった。しかし、木本性植物に関しては、かつて経験した日本短角種牛に比べると、採食嗜好性が著しく劣った。しかし、黒毛和種牛とホルスタイン種牛では、後者の方が嗜好植物の巾が広いようであった。また、両品種とも林内放牧経験のある牛ほど、採食植物の種類を増すように観察された。

本試験の放牧牛による、林内植物の採食嗜好性を整理すると、表41の通りである。本調査は、各植生調査地点を中心に10年間続けたものであり、その調査区内に出現した植物は97種に及び、そのうち木本類は27種であった。これらの植物は、放牧牛の採食嗜好性の程度によって、①高い、②普通、③低い、④不食の4グループに分けた。

表41. 放牧牛による林内植物の採食嗜好性

種名	嗜好性	種名	嗜好性
イネ科草類	ススキ トダシバ サイトウガヤ オオアブラススキ スズメノヒエ トボシガラ	+	ヒメムカシヨモギ イヌヨモギ オニノゲシ イヌタデ ヒメスイバ ウツボグサ
ササ類	アズマネザサ	+	オトコエシ ヒヨドリバナ ツリガネニンジン
スゲ類	ヒカゲスゲ シバスゲ	+	キキョウ キジムシロ ワレモコ
雜草類 (双子葉植物)	シラヤマギク アキノキリンソウ タンボボ ノアザミ オケラ ニガナ ノコンギク オトコヨモギ ヒメジョオン	+	ミツバツチグリ ミズギボウシ オオバギボウシ オトギリソウ オオバコ ハハコグサ ハコベ ノチドメ ヨモギ

種名	嗜好性	種名	嗜好性
ナズナ	+	アカマツ	-
ユウガギク	+	ヒノキ	-
トウダイグサ	士	スギ	-
オニタビラコ	士		
オカトラノオ	士	(低木性)	
ツユクサ	士	ノリウツギ	艹
コナスピ	士	マルバハギ	艹
アリノトウグサ	士	モミジイチゴ	+
タチツボスミレ	士	タラノキ	+
センブリ	士	ヤマハギ	+
ナツトウダイ	士	ノイバラ	+
コウヤボウキ	-	ムラサキシキブ	士
ミミナグサ	-	ガマズミ	士
(単子葉植物)		ナツハゼ	士
アヤメ	士	ツクバネウツギ	士
ジャノヒゲ	士	キツネヤナギ	士
ヤマユリ	士	ウコギ	士
ナルコユリ	士	コアジサイ	士
ノビル	-		
ツル類		サルトリイバラ	+
木本類		ナワシロイチゴ	+
(高木性)		フジ	+
リョウブ	艹	ツルウメモドキ	+
ヤマザクラ	艹	ノブドウ	+
ヤマモミジ	艹	アケビ	士
ヤマウルシ	+	エビヅル	士
アカシデ	+	アオツヅラフジ	士
アオダモ	士	スイカズラ	士
ヌルデ	士	オニドコロ	士
ネジキ	士	ヘクソカズラ	士
クリ	士		
コナラ	士		
クヌギ	士	シダ類	
		ワラビ	-

イネ科草類：出現した草種は、春の入牧直後から秋の退牧時まで、いずれもよく採食されており、嗜好性は極めて高かった。

ササ類：ここではアズマネザサのみであるが、嗜好性は普通であった。ただし、新葉の展開時には好食された。一般に、このササは放牧に強く、矮小化が進みながらも放牧草地の最優占草種として残った。

スゲ類：出現草種はヒカゲスゲ、シバスゲの2種類であって、嗜好性は中位であるが、放牧圧が強まると基部まで採食された。

雑草類：双子葉植物のグループは、一般に採食されるものが多く、出現草種の44種のうち、不食のものは2種類にすぎなかった。一方、単子葉植物の5種では、嗜好度低位のものが4種、不食が1種であった。

木本類：高木性木本類は試験地設定の際の切株から萌芽したものが多い。これらの萌芽は5～6月によく採食されたが、萌芽自体が木質化すると樹葉の嗜好性も低下する。しかし、晚秋に入り飼料植物が不足すると、再度採食される傾向を示した。一般に、落葉性広葉樹類は嗜好性が高い。

高木性木本類の出現14種のうち、好食されるものは3種、普通に採食されるもの1種、嗜好性低位のもの7種であった。不食の3種はいずれも針葉樹であったが、これらも牧草区では採食されることが多かった。すなわち、牧草区のアカマツはその好例であった。スギも、ホルスタイン種牛に採食が多かった。

本調査に出現した13種の低木性木本類は、程度の差こそあれ、いずれも採食された。

このように、木本類は嗜好性の高いものは少なく、その大部分は樹葉の一部を摘食される程度であった。ただし、春季の開葉期と晚秋の飼草の枯渇期には、採食利用される例が多いようである。

なお、これらの木本類も、牧草区では比較的よく採食され、さらに、1～2年次の丈の低い萌芽が牧草の強い庇圧を受けるなどして、3年次になると、萌芽する株はほとんどみられなくなった。

ツル類：この種類には地表を匍匐するものや、林木に絡まるものが多いが、葉片が小型のものは採食されにくい傾向がある。出現した11種のうち、採食度が普通のもの5種、低位のもの6種であった。

シダ類：代表的なものにワラビがあげられる。野草地では採食されることが極めて稀で、不食草として扱われているが、牧草を導入した改良草地や、飼草が不足して来ると採食される。

## 2. 林床植生の推移

試験期間中ににおける各試験区の積算優占度(SDR<sub>2</sub>)の推移を表4-2～5-1に示す。これは放牧の初年次から1年おきに実施したもので、11年次は放牧試験を終了した翌年に当る。なお、アカマツ及びヒノキの牧草A、B、C区は試験区を共有しており、前半の4年間はアカマツが、それ以降はヒノキが植栽されている。

表42. アカマツ禁牧区の積算優占度(SDR<sub>2</sub>)の推移

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
イネ科野草類	ススキ	46.2	77.6	97.9	85.6	83.9	99.0
	サイトウガヤ	57.4	9.6	17.0	16.4	33.5	23.5
	トダシバ				13.5		
	スズメノヒエ				7.8		
ササ類	アズマネザサ	49.7	36.1	50.4	40.1	40.8	56.0
	ヒカゲスグ	13.6	24.2	17.4	34.5	23.9	25.1
スグ類	シバスグ		8.8	11.8	14.1	15.1	
雑草類	オカトラノオ	5.2	7.2	15.2	6.0	18.6	
	オニドコロ	34.0	8.6		5.7		14.1
	ツリガネニンジン	8.0	7.8				
	ワレモコ	6.7		6.5	5.0	11.3	
	アキノキリンソウ	8.1					
	ヒヨドリバナ	6.6					
	シラヤマギク	9.4				14.5	
	キキョウ	11.2			7.9		
	ニガナ	16.1					
	オケラ	9.0			8.6	10.0	
	イヌタデ	13.3					
	ノアザミ		8.3				
	ミツバツチグリ			4.3			
	ヒメジョオン			4.3			
	ミズギボウシ				22.2	22.2	
高木性木本類	コナラ	23.7	49.0	57.6	70.6	73.0	35.9
	ヤマザクラ	5.4	13.7			38.0	98.3
	ヌルデ	6.5			14.1	26.8	11.7
	アカシデ	22.7			17.3		
	リョウブ	7.2					
	ネジキ				18.3	8.1	
	クリ					25.1	
低木性木本類	ヤマハギ	17.7	53.7	85.2	33.0	68.2	90.7
	ガマズミ	22.3					7.1
	ナツハゼ	6.0					
	ヤマツツジ			8.4		12.2	3.9

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
ツル類	サルトリイバラ	17.6	8.2	10.8			
	ツルウメモドキ	3.7					
	ヘクソカズラ		11.7	16.3	8.3	10.0	
	アオツヅラフジ			14.5	11.6	8.9	
	ナワシロイチゴ			5.5			
	ノブドウ				6.5	9.8	
	エビヅル				20.0		
シダ類	ワラビ	29.5	38.4	62.1	60.5	48.7	17.8

表43. スギ禁牧区の積算優占度(SDR<sub>2</sub>)の推移

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
イネ科野草	ススキ	63.1	83.1	84.2	94.6	71.7	68.8
	サイトウガヤ	39.6					18.8
	トダシバ			8.3	25.4		
	オオアブラススキ				14.5		
ササ類	アズマネザサ	44.5	56.2	65.4	56.1	34.7	39.5
スグ類	ヒカゲスグ	25.6	15.8	15.4	46.1	23.8	28.7
	シバスグ			11.2	10.6		3.0
雑草類	シラヤマギク	11.9					
	ノアザミ	8.9					
	コウヤボウキ	12.8					
	オニドコロ	17.0					
	オトギリソウ	7.2					
	アキノキリンソウ	14.9				32.0	
	ツリガネニンジン	10.5				14.3	
	ワレモコ	20.5	10.6		4.7		
	オカトラノオ	10.5	4.7	24.5	6.9	16.0	
	ジャノヒゲ				5.2	4.0	7.4
	ヒメジョオン				13.9		
	オケラ					4.0	
	タチツボスミレ					3.5	
	ニガナ					1.8	
	チゴユリ					3.2	

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
高木性木本類	コナラ	9.6	17.4	28.9	3.6	20.6	24.3
	ヤマザクラ	17.7				16.2	
	アカシデ	12.5					
	ヌルデ			33.1			
	クリ				9.6	22.7	
	リョウブ				30.9	15.4	
	ネジキ				12.2		
	アカマツ				8.8		
	アオダモ					19.5	
低木性木本類	ヤマハギ	29.0	67.8	55.3	60.5	71.2	61.3
	ノリウツギ	13.5				6.9	12.2
	キツネヤナギ	8.4					
	ヤマツツジ	7.0				5.3	
	ノイバラ			12.4		6.0	
	モミジイチゴ				24.2		
ツル類	サルトリイバラ	21.5	17.8	13.7	4.4	11.3	12.3
	ヘクソカズラ				5.9	20.3	10.5
	ノブドウ			10.6		19.5	
	アオツヅラフジ				8.8	9.6	
	アケビ				6.2		
シダ類	ワラビ	40.2	52.1	81.4	76.2	12.3	46.2

表44. アカマツ野草区の積算優占度(SDR<sub>2</sub>)の推移

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
イネ科野草類	ススキ	38.4	67.1	75.1	71.5	47.6	38.1
	サイトウガヤ	36.5	25.9	4.7	11.5	48.8	24.3
	オオアブラススキ	32.2					
	トダシバ			15.4	13.7	30.8	
	スズメノヒエ				12.6	10.3	
ササ類	アズマネザサ	70.6	71.0	63.0	69.7	66.9	67.4
スゲ類	ヒカゲスゲ	26.2	24.2	23.1	27.0	23.2	26.2
	シバスゲ				15.0	26.8	

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
雑草類	ワレモコ	30.1	10.2	17.1	11.5	23.3	23.4
	アキノキリンソウ	27.5	13.4				
	ツリガネニンジン	27.5		2.0	7.9		
	オニドコロ	7.8		11.1			22.8
	キキョウ	14.3		12.6			
	ノアザミ	5.3				3.5	
	オニノゲシ	13.3					
	ツユクサ	9.7					
	ヒヨドリバナ	22.3					
	キジムシロ	5.7					
	ヒメジョオン		8.1			8.8	26.2
	アリノトウグサ		9.6				
	オトコヨモギ		32.9				
	オカトラノオ			10.9	22.5	19.1	5.1
	ニガナ	8.9				4.0	17.3
	ウツボグサ	9.1					9.8
	シラヤマギク	13.1					
	ヒメムカシヨモギ		19.9		15.3		
	ミツバツチグリ		18.6				3.5
	トウダイグサ			9.2	6.6		
	リンドウ				9.1	6.2	
	ジャノヒグ					12.7	6.0
	コナスピ					2.4	
	イヌヨモギ						10.9
高木性木本類	コナラ	25.9	26.4	42.5	22.8	37.6	33.5
	アカシデ	52.3	35.8				15.0
	ヤマウルシ	26.3				7.5	
	クリ	12.0	15.4			8.7	
	ヤマザクラ	27.7					
	ヤマモミジ	15.3					
	クヌギ		11.2	21.9	16.8		
	ヌルデ					14.5	24.6
低木性木本類	ヤマハギ	40.1	57.4	53.4	61.0	48.4	48.8
	モミジイチゴ	23.2	9.6			10.8	6.9
	ムラサキシキブ	8.2					
	ノリウツギ		10.1				
	ガマズミ					8.5	32.8

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
	ヤマツツジ				16.8	15.9	
	ノイバラ				4.4		
ツル類	ヘクソカズラ	7.3	27.7	24.7	30.3	24.2	20.0
	サルトリイバラ	20.6	19.2	14.7		25.1	12.3
	フジ	7.1	14.8		11.7	12.4	7.6
	エビヅル	18.5					
	アオツヅラフジ		5.9			12.8	22.8
	アケビ					3.2	19.3
シダ類	ツルウメモドキ	12.3					
	ワラビ	35.4	48.2	42.9	48.3	54.4	66.6

表45. スギ野草区の積算優占度(SDR<sub>2</sub>)の推移

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
イネ科野草類	ススキ	29.2	91.7	89.4	83.0	43.2	39.5
	サイトウガヤ	59.0	36.8			32.7	17.0
	トダシバ			17.0	12.5		
	チヂミザサ					7.5	4.8
	ヌカボ						5.9
ササ類	アズマネザサ	58.3	35.1	61.4	66.5	67.0	56.1
スゲ類	ヒカゲスゲ	46.4	38.8	16.7	42.6	46.7	42.6
	シバスゲ					31.8	29.3
雑草類	アキノキリンソウ	28.3	8.0				
	ヒヨドリバナ	17.8	8.4				
	キキョウ	12.2		7.6			
	シラヤマギク	5.6		7.9			
	オカトラノオ	8.1		6.3	14.3	11.2	6.9
	リンドウ	7.8				5.3	
	ワレモコ	32.8				14.2	13.3
	ノコンギク	10.0					
	イヌヨモギ	9.0					
	ミツバツチグリ	5.9					
	ウツボグサ		14.2				
	ツリガネニンジン			12.4			

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
	ジャノヒゲ					5.6	20.4
	アリノトウグサ					4.1	8.9
	ニガナ						16.6
	ヒメジョオン					5.0	18.8
	ヒメムカシヨモギ					5.7	8.8
	センブリ						2.6
高木性木本類	コナラ	21.7	17.9	60.0	4.6	37.9	31.6
	ヤマザクラ	39.3					
	ヤマウルシ	14.8					
	アカシデ				31.7		16.9
	クリ					19.0	
	クヌギ						33.3
低木性木本類	ヤマハギ	7.3	33.2	43.3	55.9	29.7	33.3
	モミディチゴ	28.8	17.2				
	ヤマツツジ					27.2	6.7
ツル類	サルトリイバラ	27.7	30.2	23.5	10.3	25.0	28.4
	フジ	12.4					18.3
	ヘクソカズラ					11.3	14.4
	ノブドウ						3.9.2
	アケビ						12.3
	アオツヅラフジ						4.0
シダ類	ワラビ	17.0	41.8	51.7	52.0	80.5	59.1

表46. アカマツ、ヒノキ牧草A区の積算優占度(SDR<sub>2</sub>)の推移

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
イネ科牧草	オーチャードグラス	66.6	87.3	93.8	100.0	90.6	49.5
	ペレニアルライグラス	73.7	65.5				
	イタリアンライグラス	98.4					
マメ科牧草	ラジノクローバー	13.5	32.4	61.5	22.9	62.7	13.9
イネ科野草類	ススキ		22.7	53.0	14.6	9.5	
	サイトウガヤ		16.8	13.5			
	トダシバ		8.7				

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
	ヌカボ				9.0		18.7
ササ類	アズマネザサ	16.0	14.1	31.2	13.2	40.7	80.3
スゲ類	ヒカゲスゲ	12.0	18.9	26.7			
	シバスゲ				5.9	8.5	
雜草類	タンボボ	13.7	1.9	2.7			
	ワレモコ	10.7		6.8			
	ヒメジョオン	5.8		17.1			
	オケラ	4.9					
	アキノキリンソウ		6.0				
	ヒメムカシヨモギ		16.8		37.0		
	ハハコグサ			6.6	30.1		
	ハコベ			12.1	9.6		
	オニノゲシ			4.9			
	ノチドメ				6.4		
	ノアザミ	4.1					
	ジャノヒゲ				5.4		
高木性木本類	コナラ	5.8					
	ヤマザクラ	2.1					
	アカシデ	3.9					
低木性木本類	ヤマハギ	4.7		5.3			
ツル類	サルトリイバラ	4.2	4.3	3.4			
	フジ	4.9					
	アオツヅラフジ	4.9					
	ヘクソカズラ		9.6	16.8	6.6		
シダ類	ワラビ	24.3	16.5	48.9	23.6	18.1	46.8

注) 1~4年次はアカマツ、5年次以降はヒノキ

表47. スギ牧草A区の積算侵占度(SDR<sub>2</sub>)の推移

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
イネ科牧草	オーチャードグラス	62.5	79.7	100.0	100.0	84.7	17.5
	ペレニアルライグラス	54.7	79.6				
	イタリアンライグラス	99.6					
マメ科牧草	ラジノクローバー	10.9	26.0	30.2	44.1	30.3	
イネ科野草類	スキ		33.6	14.5		8.6	
	サイトウガヤ		15.7		8.3		37.6
	ヌカボ						9.5
ササ類	アズマネザサ	20.8	19.2	29.9	18.2	53.5	93.2
スゲ類	ヒカゲスゲ	16.9	21.4	16.5	3.3	5.0	
	シバスゲ			3.7		4.1	6.8
雜草類	ヒメジョオン	7.4	27.2	23.7		5.0	9.4
	アキノキリンソウ	4.5	5.1	8.9			
	ノアザミ	10.0					
	オケラ	7.8					
	チゴユリ	6.6					
	ワレモコ	8.5				5.5	
	ニガナ	20.0			5.1		
	ミツバツチグリ	2.0					
	ツリガネニンジン					7.1	16.8
	ヨモギ					17.6	
	コナスビ					3.6	7.2
	ミミナグサ					7.0	
	オオバコ					9.8	
	ノチドメ					5.1	
	ナツナ					23.0	
	ノコンギク					7.8	
	オニドコロ					5.2	
	ハコベ					7.2	
	ハハコグサ					6.1	
高木性木本類	コナラ	3.1					
低木性木本類	ヤマハギ	12.3					

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
	モミジイチゴ	11.7					
ツル類	ヘクソカズラ	3.7	5.8	6.7		15.6	
	サルトリイバラ	20.7					
	ツルウメモドキ		9.2				
	スイカズラ		6.9	5.9			
	アオツヅラフジ					10.3	
シダ類	ワラビ	25.2	34.0	34.8	23.0	42.3	62.8

表48. アカマツ、ヒノキ牧草B区の積算優占度(SDR<sub>2</sub>)の推移

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
イネ科牧草	ケンタッキーブルーグラス	76.9	90.3	83.0	100.0	94.5	44.5
	レッドトップ	63.9	52.3	54.7	68.0	65.0	39.4
	トールオートグラス	50.3	52.2	47.9	45.7	46.1	33.5
マメ科牧草	ホワイトクローバー	24.9	5.8				
イネ科野草類	ススキ	33.4	35.0	52.9	30.9	33.7	14.7
	サイトウガヤ	54.0					
	オオアブラススキ	9.8					
ササ類	アズマネザサ	34.4	30.2	33.1	25.8	57.3	85.3
スゲ類	ヒカゲスゲ	17.0	4.6				
	シバスゲ					24.1	
雑草類	アキノキリンソウ	5.8					
	オカトラノオ	11.0					
	オニノグシ	22.4					
	チゴユリ	3.6					
	ヒヨドリバナ	28.3					
	ニガナ	16.3	3.3		8.8		
	ミツバツチグリ	14.3	3.1				
	ワレモコ	17.3	9.0				
	オニドコロ	4.7	26.9				
	ヒメムカシヨモギ	14.7			13.1		
	ノビル		14.6	11.5	14.4		

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
	ノコンギク			5.5			
	ジャノヒゲ			4.3			4.7
	ヒメジョオン					3.6	
	ハハコグサ					6.4	6.7
	ミズギボウシ					10.9	
	ヒメスイバ						3.8
	オニタビラコ						13.5
高木性木本類	コナラ		38.3				
	ヤマザクラ		12.9				
	ヤマウルシ		39.1				
	アカシデ		14.2				
	リョウブ		5.0				
低木性木本類	タラノキ		17.0				
	モミジイチゴ		18.6	7.4			
ツル類	ヘクソカズラ		24.4		5.4		8.7
	エビヅル		16.7				8.5
	アケビ		13.3				
	サルトリイバラ			5.3			
	スイカズラ			6.8			
	ナワシロイチゴ				3.9		
	アオツヅラフジ						16.6
シダ類	ワラビ	56.2	50.3	44.4	11.9	18.2	54.4

注) 1~4年次はアカマツ、5年次以降はヒノキ

表49. スギ牧草B区の積算優占度(SDR<sub>2</sub>)の推移

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
イネ科牧草	ケンタッキーブルーグラス	76.2	99.3	80.5	97.7	87.1	45.2
	レッドトップ	57.8	61.0	64.3	79.7	66.1	
	トールオートグラス	43.3	69.7	64.6	69.7		
マメ科牧草	ホワイトクローバー	27.3	22.9				
イネ科野草類	ススキ	51.2	17.0	74.2		35.2	
	サイトウガヤ	57.8	28.6	16.4			

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
ヌカボ						13.4	
ササ類	アズマネザサ	27.7	24.9	33.8	39.7	65.6	94.4
スゲ類	ヒカゲスゲ	8.3	7.6			3.8	
雜草類	ニガナ	18.0	5.1	10.8		8.3	
	ワレモコ	17.8	4.6		6.5		
	アキノキリンソウ	24.4	6.8				
	シラヤマギク	11.2					
	オニノゲシ	18.5					
	オニドコロ	13.6			3.9	16.8	
	ツリガネニンジン	11.9			13.8	10.3	
	ミツバツチグリ	10.9			13.8		
	オカトラノオ	5.1					
	チゴユリ	1.3					
	オトコエシ	5.6			6.9		
	リンドウ	3.5					
	ユウガギク	7.9					
	ノコンギク	16.5	5.6				
	ヒメムカシヨモギ	6.1	8.4	8.9	7.6		
	ハハコグサ				9.8		
	ハコベ				24.0		
	ヒヨドリバナ				4.5		
	ジャノヒゲ				6.9		
高木性木本類	コナラ	19.8					
	リョウブ	10.9					
	ヤマウルシ	18.6					
	ヤマザクラ	17.3					
	クリ	11.8			7.0		
低木性木本類	モミジイチゴ	22.9					
	ヤマハギ	50.3					
	ヤマツツジ	11.1					
	ガマズミ	5.4					
	ウコギ	6.6					
	コアジサイ	8.6					

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
ツル類	サルトリイバラ	16.8	7.1				
	アオツヅラフジ	14.9		9.0		8.7	
	スイカズラ		6.5			6.4	
	ヘクソカズラ		8.6	23.6	17.0	9.5	
シダ類	ワラビ	39.8	47.3	50.6	31.5	48.5	40.7

表50. アカマツ、ヒノキ牧草C区の積算優占度(SDR<sub>2</sub>)の推移

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
イネ科牧草	ダリスグラス	77.7	85.6	47.8			
	バヒアグラス	36.5					
	ローズグラス	36.8					
	トールフェスク			89.1	96.4	100.0	94.4
	イタリアンライグラス			78.6			
イネ科野草類	ススキ	16.9	34.4				
	サイトウガヤ	65.2	79.6				
	ヌカボ			9.1		8.0	
	トボシガラ					8.9	
ササ類	アズマネザサ	23.1	23.0	15.1	24.4	24.5	58.2
スゲ類	ヒカゲスゲ	22.9	25.9				
雜草類	オニドコロ	11.8	13.9	9.4			
	シラヤマギク	22.2	15.3				
	ニガナ	32.7		5.3	11.4	14.9	5.8
	ワレモコ	7.0		5.1			
	ノアザミ	4.8		3.7			
	ミズギボウシ	14.8			6.2	29.3	
	ミツバツチグリ	6.8					
	キジムシロ	5.0					
	オニノゲシ	26.0					
	オカトラノオ	10.2					
	アキノキリンソウ	25.0					
	ナルコユリ	7.2					
	ヒメムカシヨモギ		71.9	25.8			
	オオバギボウシ				17.0		

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
	ハハコグサ				11.7	7.8	4.3
	ヤマユリ				8.3	6.6	
	ヒメジョオン					18.4	
	ノアヤメ					8.4	
	ヒメスイバ					4.7	
	ノチドメ					3.4	
	ジャノヒゲ					5.2	
高木性木本類	コナラ	7.9	11.6				
	リョウブ	26.9					
	アオダモ	44.8					
	ヌルデ	11.7					
低木性木本類	モミジイチゴ	51.9	11.6				
	ヤマハギ	31.6	6.2				
	ヤマツツジ	4.2					
	ツクバネウツギ	9.9					
	ガマズミ	17.0					
	ノイバラ			9.4			
ツル類	サルトリイバラ	9.1	9.5	2.6			
	エビヅル	8.6	9.3				
	ヘクソカズラ	21.2	10.9	7.0		38.2	
	アオツヅラフジ			7.0	9.4		
	スイカズラ			7.1			
シダ類	ワラビ	45.8	37.1	30.7	27.3	22.7	34.0

注) 1~4年次はアカマツ、5年次以降はヒノキ

表5.1. スギ牧草C区の積算優占度(SDR<sub>2</sub>)の推移

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
イネ科牧草	ダリスグラス	85.5	73.4				
	バヒアグラス	28.6					
	ローズグラス	29.6					
	トルフェスク			100.0	100.0	100.0	39.9
	イタリアンライグラス				73.4		
イネ科野草類	ススキ	38.3	85.0		23.5		

植物名		1年	3年	5年	7年	9年	11年
	サイトウガヤ	41.7	57.6	12.1		18.7	
	ヌカボ				28.0	26.7	17.9
	チヂミザサ					9.1	
ササ類	アズマネザサ	19.5	39.6	31.8	31.3	37.9	92.2
スグ類	ヒカゲスグ	25.3	27.8	10.4	8.4		
雑草類	オニノグシ	12.4	15.4				
	ワレモコ	12.7		13.7		7.0	15.1
	ニガナ	23.8				5.4	
	ツリガネニンジン	6.7				9.5	11.3
	アキノキリンソウ	18.2					
	シラヤマギク	7.6					
	キキョウ	6.5					
	キジムシロ	12.1					
	ミツバツチグリ	13.3					
	オオバギボウシ						8.5
高木性木本類	コナラ	20.2					
	ヤマザクラ	11.5				2.8	
	ヤマウルシ	13.5					
	アカシデ	22.4					
	クリ	11.5					
低木性木本類	モミジイチゴ	35.2	37.9			16.6	
	ヤマハギ	17.0	6.0				
	ガマズミ	8.1					
	ノイバラ	11.3					
	ムラサキシキブ					8.3	
ツル類	ヘクソカズラ	17.8	19.0			2.5	16.8
	サルトリイバラ			7.0	4.4		
	スイカズラ				5.4	5.5	16.9
	アオツヅラフジ					8.0	
シダ類	ワラビ	22.3	50.2	52.9	29.6	15.5	17.1

先ず、禁牧区（表42, 43）についてみると、草本類で最も積算優占度の高いのは、ススキ、アズマネザサ、ヒカゲスゲ、サイトウガヤであり、それに続くものとして、オカトラノオ、オニドコロ、ニガナ、ミズギボウシ、アキノキリンソウ、ワレモコなどであった。

このうち、代表的なものとしてススキを取上げると、1年次は伐採直後のため、積算優占度は50～60にすぎなかつたが、年を追ってその値は高まり、5～7年次頃には100に近い数値に達した。アカマツからヒノキへの改植や林木の放牧被害などのために、林床が明るかつたアカマツ、ヒノキ試験地では、それ以降も高い値を示した。しかし、比較的林床の暗いスギ試験地では、7年次を境にススキの積算優占度は低下の傾向を示した。一方、比較的庇陰に強いアズマネザサは全試験期間を通じ、40～60の積算優占度を保ち、安定していた。

禁牧区の性格上、木本類及びツル類も数多く出現し、なかでもコナラ、ヤマハギは全試験期間を通じ高い積算優占度を示した。

野草区（表44, 45）についても、積算優占度の上位グループは禁牧区とほぼ同じであったが、禁牧区との比較で特徴的な点をあげると、次のようなことになる。ススキの積算優占度は禁牧区に比べて低く、特に、9及び11年次の落ち込みが著しい。ススキなどイネ科草は最も放牧牛的好食する植物であり、毎年の採食繰返しのために、ススキの衰退を早めたものと考えられる。一方、放牧に強いアズマネザサは密度が高まり、禁牧区より積算優占度も高まつた。

これに対し、牧草区では牧草の導入によって植生構造が大きく変った。なお、牧草区では、スギ試験地で9年次以降、施肥を中止している。

先ず、牧草A区（表46, 47）では、1年次にイタリアンライグラスの生育が目立ち、積算優占度はほぼ100であった。しかし、イタリアンライグラスは1年生牧草のために、3年次にはすでにみられなかつた。ペレニアルライグラスも1年次、3年次には積算優占度50～80であったものが、5年次には消失した。これに対し、オーチャードグラスは全試験期間を通じ、最も安定した生育を示した。しかし、施肥の中止のために、11年次には急速に低下し、アズマネザサと入れ代わつた。一方、マメ科牧草として導入したラジノクローバーも、次に述べる牧草B区のホワイトクローバーに比較するとよく定着し、放牧試験中、最後まで残つた。

牧草B区（表48, 49）では、マメ科牧草のホワイトクローバーの積算優占度が低く、その生育は3年間しか確認出来なかつたものの、イネ科牧草はいずれも順調な生育を示し、特に、ケンタッキーブルーグラスは産草量の面においても、全牧草のほぼ半分を占めた。

牧草C区（表50, 51）では、当初暖地型牧草を導入しており、1年次及び3年次にダリスグラスが高い積算優占度を示したもの、バビアグラス及びローズグラスは1年次に30前後の値を示したにすぎなかつた。4年次の秋に、寒地型牧草のトールフェスクとイタリアンラ

イグラスを播種したために、5年次以降になると、トールフェスクの生育が圧倒的な強さを示した。

牧草区の野草についてみると、禁牧区及び野草区に優勢であったススキやヒカゲスゲなどは試験初期にはみられたものの、中期以降になると、牧草に庇陰され急速に衰退した。そのなかにあって、特徴的なのはアズマネザサであった。全試験期間を通じ、牧草以外ではこのササが最も生育旺盛であり、放牧を中止した11年次に積算優占度が急上昇した。なお、図16はアズマネザサの稈高であるが、牧草区ではいずれも、放牧を中止した11年次の稈高が、前回調査時のそれを大巾に上まわつた。

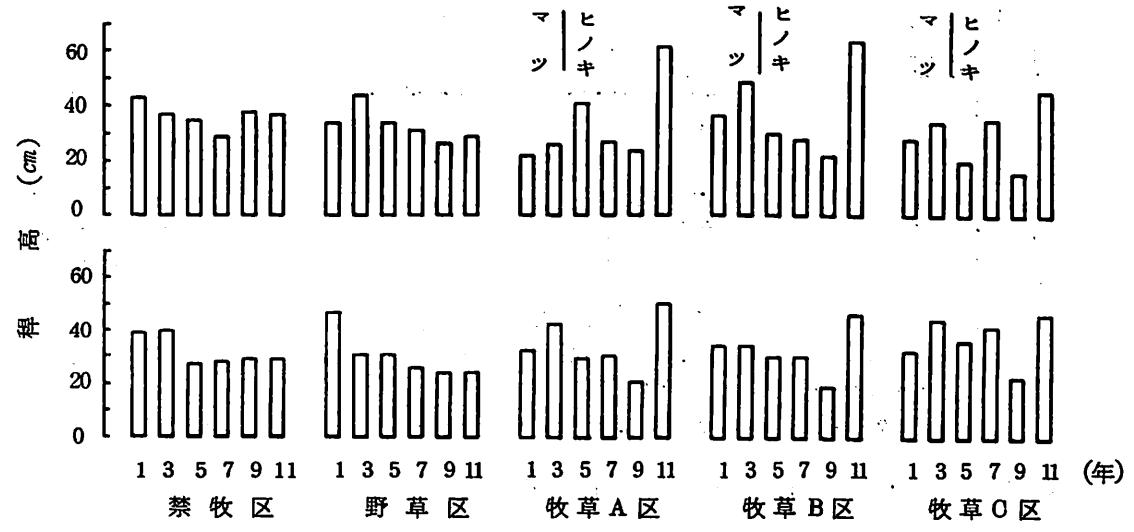


図16. 試験期間中におけるアズマネザサの稈高の推移

上段：アカマツ・ヒノキ 下段：スギ

同じように、木本類及びツル類も、禁牧区や野草区に比べると、牧草区では出現種が減少した。また、コナラなどにみられるように、1年次に高い積算優占度を示したものでも、3年次以降になるとほとんど消失した。この原因として第1に、生育旺盛な牧草の庇陰下に置かれたことがあげられる。特に、木本類に関しては、いわゆる萌芽のなかには、生き残るもののが多少あったものの、稚樹のほとんどは牧草の庇陰で枯れたことが観察された。さらに、牧草栽培のために、掃除刈りなど禁牧区や野草区とは異なつた、多少きめの細かい林床の手入れを統けたこともその原因とみられた。

なお、禁牧、放牧にかかわらず、ワラビが非常に優占することが、本試験地の特徴であった。

### 3. 可食草量

#### 1) 牧草導入と可食草量

a) アカマツ・ヒノキ試験地の可食草量の推移：アカマツ及びヒノキ試験地における可食草量の年次変化を図17に示す。野草区の試験として、アカマツ及びヒノキではそれぞれ10カ年及び6カ年実施している。そこで、アカマツ及びヒノキのデータは別々に図示した。これに対し、牧草区では前述のように、アカマツの試験を4カ年実施した跡地を、牧草更新することなく、そのままヒノキの試験に引継いた。そこで牧草区では、アカマツとヒノキを連続した試験として図示した。ただし、牧草A区の1年次はアカマツの予備試験（III-1参照）のデータである。すなわち、2年次にアカマツを改植している。

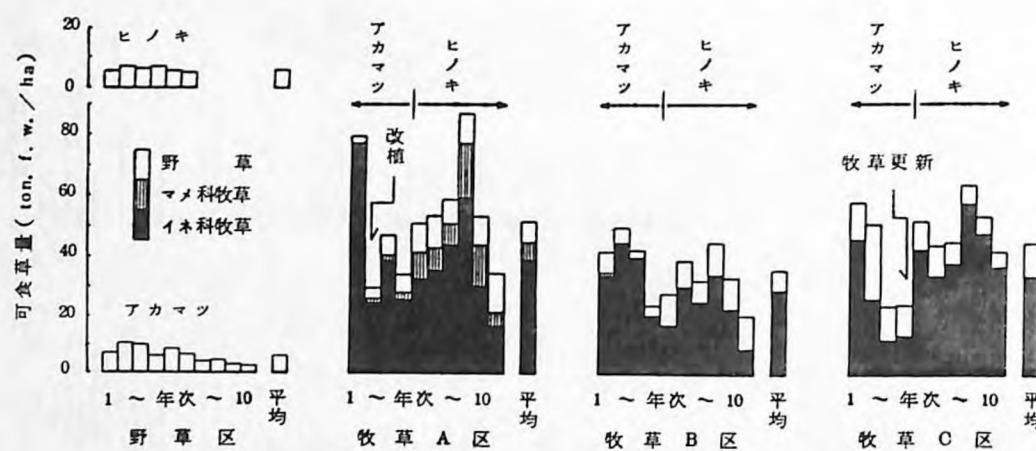


図17. アカマツ・ヒノキ試験地の可食草量の推移

先ず、野草区のアカマツについてみると、10カ年の全平均可食草量は6 ton/haであった。年次別にみると、立木の伐採直後である1年次の可食草量は約6.8 ton/haと比較的少なかったが、2, 3年次には約10 ton/haに達した。その後の可食草量は、植栽木の成長のために、順次低下の傾向を示し、7, 8年次には4.1～4.4 ton/haに落ち、9年次以降になると3 ton/haにもみたなかった。

一方、野草区のヒノキについてみると、アカマツと同様に、初年次の可食草量は低く、5.4 ton/haにすぎなかつたが、2～4年次には約7 ton/haに達した。しかし、これをピークに順次、可食草量は低下した。その結果、6年間の平均可食草量は6 ton/haであった。

これに対し、牧草区の可食草量は著しく高まり、野草区の6～9倍に達した。すなわち、1 ha当りの10カ年平均量は、A区で52 ton, B区で36 ton, C区は45 tonであった。このように、A区が最も高い草量を示したが、この区はもともとオーチャードグラス、

ペレニアルライグラスを中心とした長草型の牧草を導入し、高収穫を狙ったものだからである。これに次ぐのはC区であった。この区は、当初、牧草の夏枯れ時期の盛夏季に収量増を期待して、バヒアグラスなどの暖地型牧草を導入したものであるが、前述したように定着が悪く、4年次の秋に寒地型牧草のトールフェスクとイタリアンライグラスを追播している。トールフェスクは当地方の風土によく合い、安定した収穫が長年持続し、単独ではオーチャードグラスより高収量であったが、試験区全体の可食草量としてはA区よりも劣ることになった。B区の牧草は夏枯れが少なく、比較的よく安定生育したが、もともと短草型のために収量としては最も少なかった。

B区及びC区の牧草は放牧初年次の春先に播種したのに対し、A区では前年度の秋に播いた。従って、初年次の1 ha当りの可食草量は、B区の42 ton, C区の59 tonに対し、A区では79 tonにも達した。A区では、このような牧草の密な繁茂が災いして、植栽アカマツは放牧牛の被害が著しく、2年次に改植せざるを得なかつたことはすでに述べた。

A区の可食草量は2～4年次になると、初年次の半分以下に落ちた。これは初年次の草量増に主要な役割を担ったイタリアンライグラスが、2年次以降になるとほとんど消失したためである。その後、ヒノキの試験に変つてから草量の増加がみられたものの、8年次をピークとして減少傾向を示した。

B区の可食草量の年次変化をみると、4, 5年次に多少落ち込んだものの、比較的変動は少なかつた。A区と同様に、9, 10年次になると草量が低下したが、その一因として、ヒノキの成長に伴う庇陰の増大があげられる。これに対し、C区では上述のように当初導入した暖地型牧草が当地の気候に合わず、1, 2年次に5.5 ton/ha（内牧草2.6～4.7 ton）前後の可食草量をみたものの、3, 4年次には約2.4 ton/ha（内牧草1.1 ton）に減少した。しかし、トールフェスク及びイタリアンライグラスの追播によって、5年次以降の産草量は5.0 ton/ha前後に回復した。C区では、A及びB区にみられたような、9, 10年次の急激な草量の落ち込みは観察されなかつた。その原因としては、第1に、追播したトールフェスクの適応性の良さがあげられる。このようなトールフェスクの適応性の高さは、C区の産草量が長年月にわたって高水準に保たれることに結び付き、放牧牛数の増加を可能とした。その結果、惹起された林木の枯死欠木の多発は、益々、C区の牧草の生育促進につながつたものと考えられる。

b) スギ試験地の可食草量の推移：スギ試験地における10カ年にわたる可食草量の推移を図18に示す。

10カ年平均の1 ha当りの可食草量は、野草区の5.8 tonに対し、牧草区では25～35

ton であった。すなわち、牧草導入によって草量は4.3～6.0倍に達したことになる。牧草区の中では、アカマツ・ヒノキの試験と同様、最も可食草量の多かったのはA区で35 ton/ha (内牧草27 ton) であった。次はC区の29 ton/ha (内牧草19 ton) で、B区は最も低く25 ton/ha (内牧草18 ton) であった。

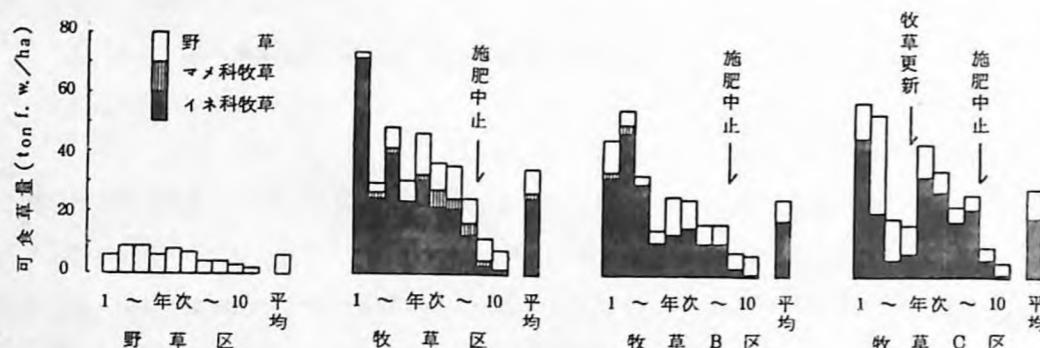


図18. スギ試験地の可食草量の推移

可食草量の年次変動を、先ず野草区についてみると、初年次の草量は約6 ton/ha であったものが、2, 3年次には9 ton/ha を越えた。5年次頃まで比較的草量は高かったが、それ以降は植栽木の成長につれ急速に低下の方向に向い、10年次には2 ton/ha を割った。

一方、牧草区では牧草の導入により、草量は著しく高まった。先ず、牧草A区の初年次は、上述のように前年の秋に播種したために、アカマツの例と同様、可食草量は非常に多く、74 ton/ha に達した。これは、アカマツ試験と同じく、イタリアンライグラスの役割が大きいためである。初年次に次いで草量が高かったのは3年次と5年次で、47～49 ton/ha を示した。それ以降は、スギの成長につれ急速に産草量が低下し、8年次には25 ton/ha (内牧草17 ton) に落ち、牧草栽培の意味を失なつたので、9, 10年次には施肥を中止した。その結果、9年次、10年次の草量はそれぞれ11及び8 ton/ha にすぎなかつた。

B区の可食草量の推移も、基本的にはA区と同じ動きを示した。すなわち、1, 2年次の草量は45～55 ton/ha に達したもの、その後は林木の成長につれ順次低下し、7, 8年次には17 ton/ha にすぎなかつた。施肥を中止した9, 10年次にはさらに低く、7.1～8.4 ton/ha であった。

一方、C区ではアカマツの試験と同様に、当初暖地型の牧草を導入した。初年次には、それらの牧草の生育がよく、全可食草量は58 ton/ha (内牧草46 ton) に達した。2

年次の全可食草量も1 ha 当り54 ton で、初年次と大差なかったものの、牧草類にかぎつてみると、21 ton に激減した。3, 4年次になると可食草量全体が大きく減少し、17～18 ton/ha (内牧草6～8 ton) にすぎなかつた。そこで、4年次の秋にトールフェスクとイタリアンライグラスを追播した。これらの寒地型の牧草はよく定着し、5年次の可食草量は44 ton/ha (内牧草33 ton) に回復した。しかし、この頃から、植栽スギの成長に伴う庇陰障害が進行し、産草量は急速に低下の傾向に向つた。

このような可食草量の低下をもたらしたス

ギ林の庇陰度が、どの程度であったかを明らかにする目的で、9年次の晚秋に相対照度を測定した(表52)。それによると、牧草区では相対照度が2%と極めて低く、一般の林地では最早林床植生を欠く状態にあった。一方、野草区の相対照度も27%と、林床植生の発達にとって極めて悪い条件にあつた。こ

れに対し、植栽木の成長が最も劣つた禁牧区では36%であった。このような林地の一部を、林業的手法にのっとって $\frac{1}{3}$ の枝打ちを実施したところ、相対照度は、禁牧区で63%，野草区は49%，牧草区では22～28%に高まつた。<sup>18)</sup>佐藤らによると、不耕起草地として標準的と考えられる収量、すなわち生草収量30 ton/ha 以上を得るために、相対照度60～70%以上を要すると言ふ。牧草区では枝打ちにより、相対照度が、飛躍的に上昇した。それでも、まだ30%以下にとどまり、牧草栽培の限界を示した。

なお、スギ試験地の牧草区では、4年次に落ち込んだ可食草量が5年次に回復したが、これには4年次に実施した枝打ちも関係したとみられる(表6参照)。ただし、牧草C区の草量増は暖地型牧草から寒地型牧草に変わつたためである。

c) 各草種群の占有率の推移：アカマツ、ヒノキ及びスギの野草区における可食草量中に占める各草種群の相対的变化を図19に示す。

先ず、アカマツとスギであるが、両者の野草区(図3, 5参照)は隣接しているために、それぞれの草種群の動きは同じ傾向を示した。林内の飼料植物は便宜的に樹葉類と草類に分けることができる。前者には木本類及びツル類が含まれ、後者にはササ類、イネ科草類、スゲ類、雑草類に分けられる。樹葉類と草類との比率は、試験の前半には約3:7であったものが、後半には $6:4$ と、樹葉類の比率が高まつた。

草類中、最も大きな比重を占めたのはササ類で、これはアズマネザサの1種類である。

表52. 9年生スギ林の相対照度  
(%: 1977. 11. 15-18)

区名	枝打ち前	枝打ち後
禁牧区	36	63
野草区	27	49
牧草B区	2	22
牧草C区	2	28

このアズマネザサの割合は試験初期には20~30%であったが、年次を追って増加し、10年次には35~45%を占めるに至った。これと対象的なのはイネ科草類で、当初30%内外であったものが、試験終了時には数%に減少した。イネ科草類の中心は、ススキとサイトウガヤであり、特に前者の減少が著しく影響した。

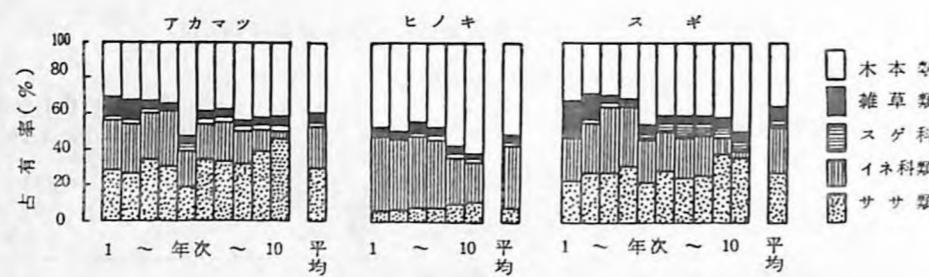


図19. 野草区における各可食草類の占有率の推移

以上に述べた可食草類に比べると、スゲ類と雑草類は非常に少なく、10カ年の平均値でみると、前者は2~4%，後者は6~7%を占めるにすぎなかった。スゲ類は試験の前半に少なく、後半に増加した。これとは逆に、雑草類は前半に多く、特に1、2年次には10~20%を占めていた。しかし、3年次以降は急速に低下し、数%に落ちた。

アカマツ及びスギの野草区に対し、ヒノキの野草区は場所（図4参照）が多少離れていたために、可食草類の内容が異なった。その第1は、木本類及びツル類の占める比率が高く、試験期間が6カ年間にもかかわらず、その平均値は50%に達した。第2の特徴はアズマネザサが非常に少なく、逆にススキが多いことであった。アズマネザサは年を追って増加したとは言うものの、6年次でもその比率は11%にすぎなかった。一方、ススキを中心とするイネ科草類の比率は、初年次には40%を越えており、最終年次にも23%を占め、6カ年の平均では35%を示した。

アカマツ・ヒノキ及びスギの牧草区における可食草量中に占める各草種グループの割合を図20に示す。

まず、牧草A区についてみると、初年次における牧草の占有率は極めて高く、約97%に達した。この牧草のほとんどはイタリアンライグラス、オーチャードグラス、ペレニアルライグラスのイネ科牧草であり、マメ科牧草は1%にもみたなかった。特に、イタリアンライグラスが多く、全牧草量のほぼ6割を占めた。2、3年次になると、1年生のイタリアンライグラスは消失し、イネ科牧草の占有率は82~84%に落ちた。これに対し、マメ科牧草であるラジノクローバーの比率は数%に上昇した。このラジノクローバーは、

その後ますます生育旺盛となり、6~9年次の占有率は10%を越え、特に、アカマツ・ヒノキの8~9年次には21~26%に達した。また、イネ科牧草も、5年次頃からはオーチャードグラスが大部分を占めた。

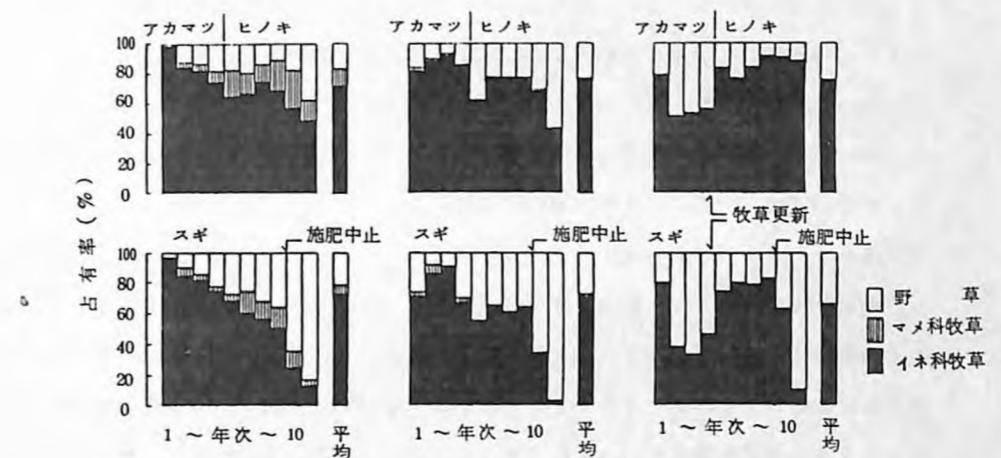


図20. 牧草区における各可食草類の占有率の推移

スギの試験地では、年次の進みにつれて牧草率の低下が著しく、8年次には64%，施肥を中止した9年次及び10年次には、それぞれ36%及び17%にすぎなかった。アカマツ・ヒノキ試験地も年次の推移につれ、牧草率が低下するのは同様であるが、その低下の傾向はスギ試験地に比べ著しく緩慢であり、8年次で89%，9年次で82%，10年次でも62%の高率を示した。ただし、スギ試験地と異なり、アカマツ・ヒノキ試験地の牧草区では、9、10年次にも施肥を行っている。

両試験地におけるこのような牧草占有率の低下傾向の相違は、林木の成長に伴う林床の光環境の違いによるものである。すなわち、アカマツ・ヒノキ試験地では、牧草導入による植栽木の放牧牛被害が著しく、林木の枯死や生育不良が多発し、加えて、5年次にはアカマツからヒノキに置換えており、これらの結果として、10年間の試験期間を通じ比較的に林床が明るく経過した。一方、スギ試験地では放牧牛による採食などの被害は少なく、牧草導入に付随する施肥効果とあいまって、スギの成長が著しかった。その結果、樹冠の発達が旺盛となり、林床の明るさは急速に低下することになった。その結果は、陽光下でより生産が高まるように造られた作物である牧草の生育にとって、著しく悪影響を与えることになった。

牧草B区においても、全可食草量中に占める牧草類の動きは、基本的にはA区と同様で

あった。A区との比較で、2, 3の特徴を上げると、生産性はそれほど高くないものの、ケンタッキーブルーグラスを中心としたイネ科牧草の安定性が高かった。例えば、年を追って林床が急速に暗くなるスギ試験地においても、全可食草中に占める牧草の占有率は大きな年次変化をみせなかつた。ただし、スギ林の9年次と10年次の牧草類の落込みは著しく、これは施肥を中止した結果であり、10年次を例にとれば、牧草占有率は2%にすぎなかつた。また、マメ科牧草のホワイトクローバーは、1~4年次にごく僅か見られたものの、その後はほとんど消失し、林内ではA区のラジノクローバーのような安定性は観察されなかつた。一方、イネ科牧草の中では、ケンタッキーブルーグラスが約半分を占め、残りはレッドトップとトールオートグラスが2分した。

牧草C区は当初導入した暖地型牧草の定着が悪く、初年次の牧草占有率が80%に達したもの、2~4年次にはアカマツ林で50%前後、スギ林では約40%に落ちた。4年次の秋にトールフェスクとイタリアンライグラスを追播した結果、5年次以降の牧草占有率は80%内外に回復した。スギ林で9, 10年次に牧草占有率が低下したのは施肥の中止の結果である。なお、牧草C区における牧草量の多寡を左右したのは、暖地型牧草の時期にはダリスグラスであった。寒地型牧草に変ってからは、トールフェスクが極めて優勢であり、イタリアンライグラスはその性質上、始めの1年間だけであった。

次に、10カ年平均の値についてみると、A区の牧草率が80%前後であったのに対し、B区及びC区は多少低く65~75%であった。C区の牧草率が低かったのは、当初導入した暖地型牧草の定着率の悪さが影響したものであった。アカマツ・ヒノキとスギの試験地を比較すると、前者の牧草占有率の方が数多くなっている。アカマツ・ヒノキ試験地は植栽木の家畜被害や、途中の改植などの影響で、比較的に林内が明るかつたために、林内とは言え、牧草が比較的よく定着した結果である。

## 2) 林木植栽様式と可食草量

林業では良質の木材を得るために、林地はなるべく早く、且つ均一に植栽木の樹冠を閉鎖させる必要がある。その目的のために、苗木の植栽は長年にわたり正方形植えをとってきた。本研究では、植栽木密度を造林上の最近の慣例である3,000本/haを保ちながら、植栽様式を列状及び群状に変えてみた(図1参照)。林内の飼料草が少ないのは照度が低いためである。そこで、植栽木の配置を列状にすることにより、列間の空間を広くとり、林床により陽光が入ることを期待した。群状植栽はその開空度をさらに大きくしたものである。

アカマツ・ヒノキ及びスギ試験地における林木植栽様式別の可食草量の比較を図21~23に示す。ここでは、各年次の正方形植えの可食草量を100とした相対値で図示した。

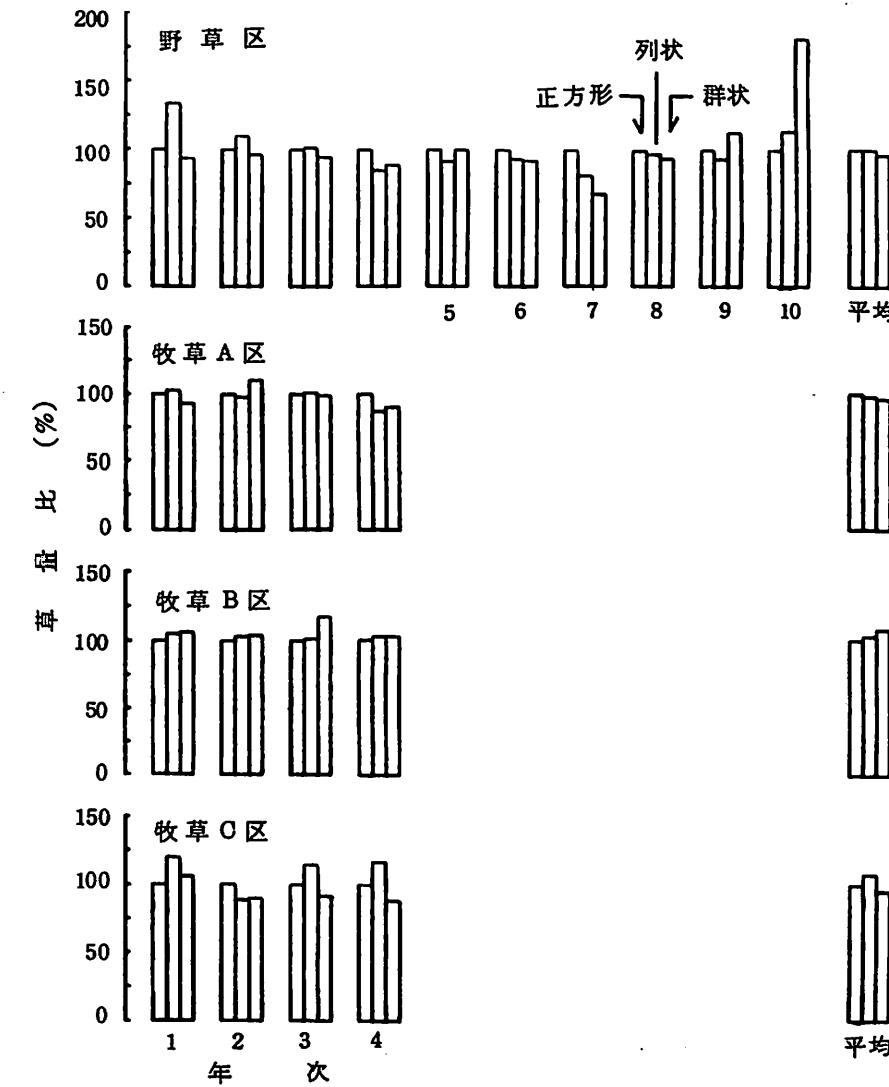


図21. アカマツの植栽様式と可食草量比

このような異なる植栽様式をとっても、植栽木が小さい段階では、産草量に及ぼす効果は期待出来ないものと考えられる。事実、試験期間が4カ年及び6カ年と短かいアカマツ及びヒノキの試験では図21, 22にみるように、正方形植えに比較し、列状植えや群状植えが、必ずしも優れているような傾向はみられなかつた。僅かに、10カ年試験を続けたアカマツ野草区の9及び10年次において、群状植えの可食草量が高い傾向を示した。しかし、この野草区も10カ年の平均値でみると、列状植えや群状植えが必ずしも良い結果を示した訳ではない。

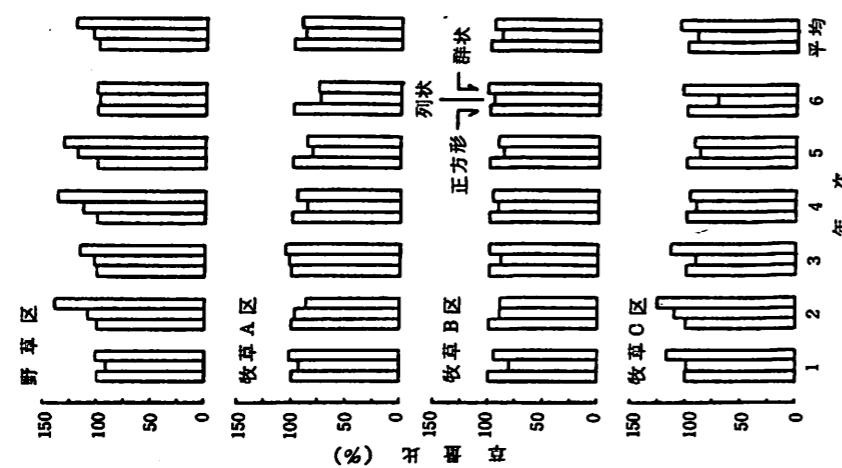


図2. ヒノキの植栽様式と可食草量比

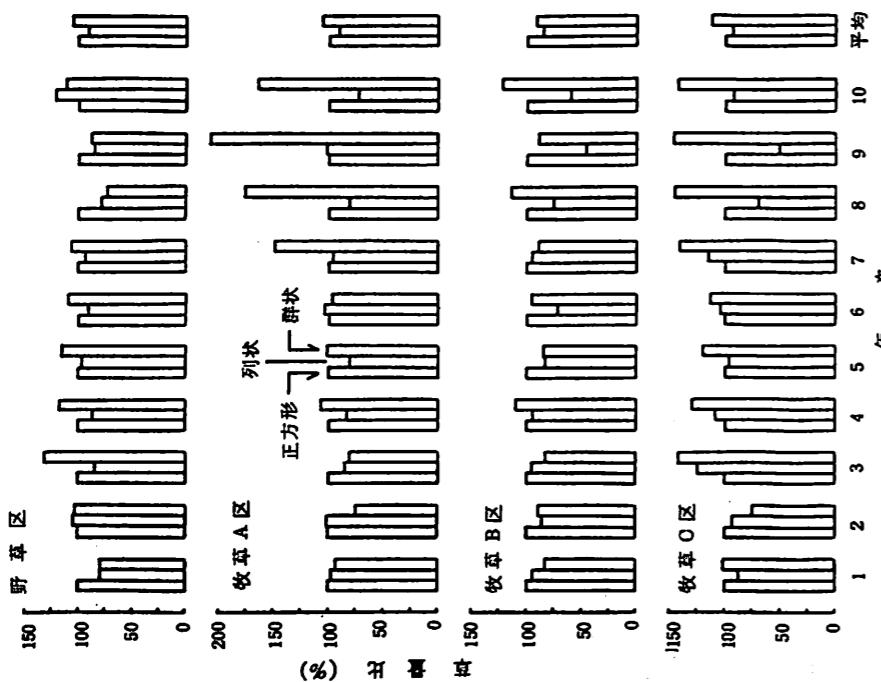


図2.3. スギの植栽様式と可食草量比

スギ試験地においても、図2.3にみるように、6年次頃までは植栽様式別の可食草量にそれほど大きな特徴を示さなかった。しかし、7年次以降になると、群状植えの可食草量が高まる傾向を示した。その傾向は、特に牧草A区及びC区で著しかった。すなわち、A区では、6年次までの群状植えは正方形植えと大差なかったが、7年次の群状植えは正方形植えの約150%，8年次には約175%，9年次に至っては実に200%を越えた。C区においても、7～10年次の群状植えは140～150%と安定した高さを示した。

しかし、図1.8で明らかのように、7～10年次の可食草量は急速に低下する時期である。牧草区の9，10年次に施肥を中止したのはそのためである。従って、植栽様式の改善によって、産草量が一時的に倍近くにのびたとしても、林地の放牧利用可能な全期間を通じての可食草量増には、さほど大きな貢献をしていない。すなわち、10カ年間の平均可食草量をみると、正方形植えに比べ群状植えが優れるとしても、その量が10%を越えることはほとんどなかった。

一方、列状植えに至っては、どの試験区をみても、正方形植えよりも約10%劣った。

## VII. 放牧牛の健康と牧養力

### 1. 放牧牛の健康

#### 1) 放牧実績

本試験の供試牛は周辺の農家からその度ごとに借り上げたものである。従って、放牧牛の月令を揃えることは困難であった。放牧4年頃までは、比較的月令の揃った若令牛であったが、その後は、高月令の牛が多数含まれるようになり、月令50カ月を超えるものも少なくなかった(表7参照)。

それらの牛の5頭前後(初年次のみ約10

頭)を1群として、牧草のA区→B区→C区→野草区の順で輪換放牧した。1シーズンの放牧期間と放牧日数は年次により多少異なったが、おおむね5月10日から10月24日の約167日間放牧された(表53)。放牧回数は、野草区で約3回、牧草区は3~5回であり、1回の放牧期間は1~2週間であった(表8~10参照)。

アカマツ及びヒノキ試験地の牧草区では、植栽木の放牧被害が著しくて、その成長が劣ったために、林内が長期にわたり明るさを保ち、飼料草が豊富に生育した。その結果として、スギの試験地に比べ、延放牧頭数が相当多いものになった。

#### 2) 放牧牛の成長

放牧期間における放牧牛の体重増加の状態を図24に示す。ただし、ホルスタイン種と妊娠牛は除いている。これは、放牧開始時と終牧時に測定した体重を、その対象牛の月令に合せて表示したものである。なお、図中の点線は、中国農試<sup>1)</sup>で示した放牧雌子牛の正常発育曲線の上限と下限である。

本試験では、水と鉱塩以外、一切の補助飼料を与えなかった。にもかかわらず、ほとんど全部の牛が放牧期間中に増体した。試験には、ホルスタイン種も含め、全部で118頭の牛

表53. 年次別の放牧期間と日数

年 次	放 牧 期 間	放 牧 日 数
1969	5/7 ~ 10/24	169
1970	5/11 ~ 10/2	143
1971	5/14 ~ 10/21	159
1972	5/8 ~ 10/30	176
1973	5/7 ~ 10/30	177
1974	5/9 ~ 10/30	175
1975	5/8 ~ 10/28	173
1976	5/10 ~ 10/27	171
1977	5/12 ~ 10/24	166
1978	5/15 ~ 10/26	165
平 均	5/10 ~ 10/24	167

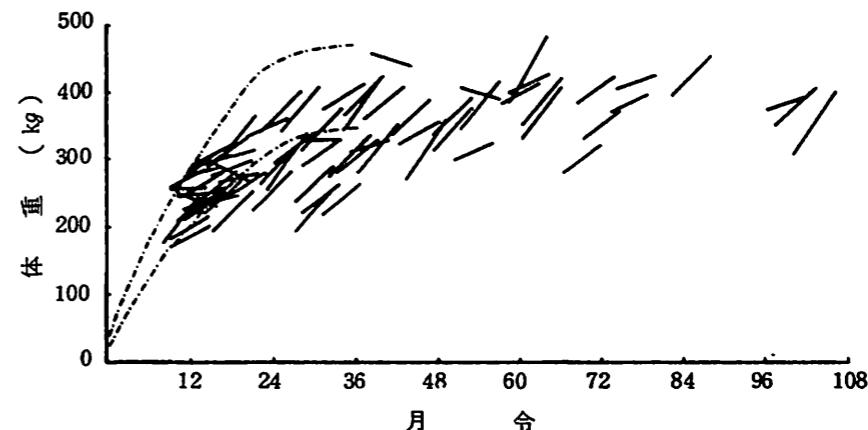


図24. 供試牛の放牧試験中の体重変化

を用いたが、放牧期間中に体重を減じたのは4頭にすぎなかった。林野庁の林内放牧による牛の増体は50~60カ月で限界に達しているが、本試験では、月令70ヶ月を超えるものでも、1日の増体重が0.2~0.4kgに達した。上述のように、供試牛は農家の借り上げのために、その農家の最も発育不良の牛が放牧の対象になりがちであった。その結果、林内放牧にもかかわらず、体重増を招くことになった。つまり、冬の舍飼い期における減量を放牧期間中に回復したことになる。また、本試験では5頭の妊娠牛(黒毛和種)が含まれていたが、その後、正常に分娩した。なお、この妊娠牛の月令は12~27ヶ月で、日増体重は0.4~0.8kgであった。

放牧期間中、毎月1回、家畜保健所の健康診断を受けたが、特別な健康障害はみられなかつた。図24で明らかのように、本試験の牛体は、正常発育曲線の下限に近いながらも、このように増体を示したことは、林地の放牧利用が、技術的には十分可能であることを示している。

### 2. 牧養力

#### 1) 各試験地の牧養力

アカマツ試験地における牧養力の年次変化を図25に示す。この場合の牧養力は1ha当たりのcow-day値で表示した。ただし、野草区はアカマツとスギが半々に植栽されており、両者の共通の試験区である。

4年間の試験期間における平均牧養力は、野草区の99 cow-dayに対し、牧草区では250~260 cow-dayとなり、牧草導入によって、その値は約2.6倍に高まった。

その年次変化をみると、野草区ではほとんど大きな動きを示さなかったのに対し、牧草区

では可食草量の多少に伴つて大きく変った。牧草A区では、放牧試験を始めた年の前年に牧草を導入したために、放牧初年次の可食草量が図17にみたように、他区に比べ著しく多かった。そのために、1年次の牧養力も346 cow-dayと、高いものになった。

一方、牧草C区では、アカマツ試験の期間中は暖地型牧草であったが、その牧草が当地の気候に合わず、年を追って産草量が減退したことは、すでに述べた(図17参照)。そのため、1年次の牧養力が286 cow-dayであったものが、3年次には164 cow-dayに低下した。4年次の秋に寒地型牧草を播種したが、その定着を図る目的で、4年次には強度の放牧を行った。牧草C区の4年次におけるcow-day値が264に回復したのはそのためである。

ヒノキ試験地における牧養力の推移を図26に示す。この牧草区はアカマツ試験地の牧草区をそのまま引き継いだものであるが、野草区はアカマツ林を新たに伐採して設定したものである。

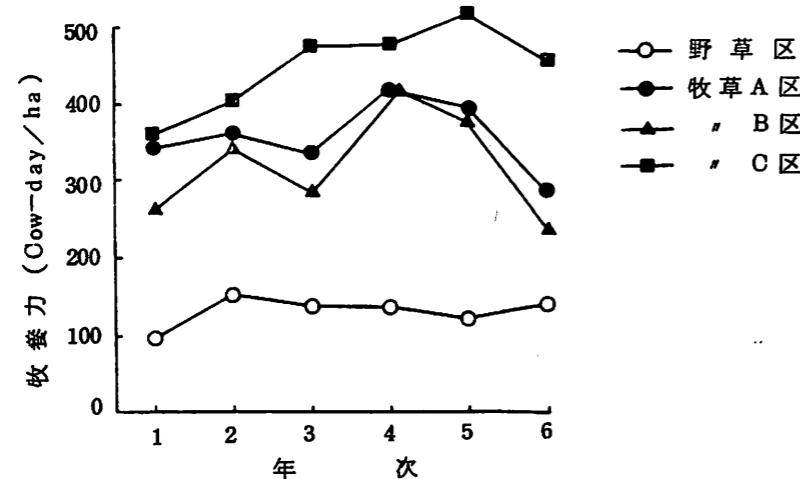


図25. アカマツ試験地の牧養力

6年間の1ha当たり平均牧養力は、野草区の約130 cow-dayに対し、牧草区では約3倍の320～450 cow-dayであった。牧草区の中では、B区が最も牧養力は低かった。これは、

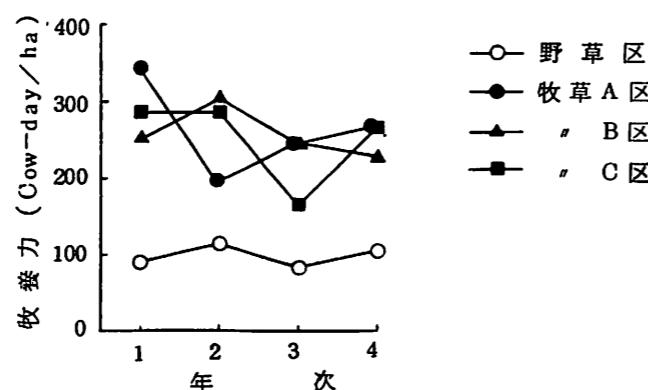


図26. ヒノキ試験地の牧養力

短草型牧草で産草量が低かったためである。一方、牧草C区では、トールフェスクが当地の風土によく馴染み、その生産量が高かったために、牧養力も最も高いものになった。

年次変化をみると、野草区では、アカマツの伐採直後である初年次に、多少牧養力が低かったものの、2年次以降は120～150 cow-dayを保った。一方、牧草区の牧養力は初年次に300 cow-day前後であったが、順次上昇し、4、5年次にはピークの400～500 cow-dayに達した。勿論、これは可食草量の変化と平衡したものである。

スギ試験地における牧養力の推移を図27に示す。ただし、野草区は、スギの他にアカマツが面積の半分を占めており、スギ、アカマツ共通の試験区となっている。

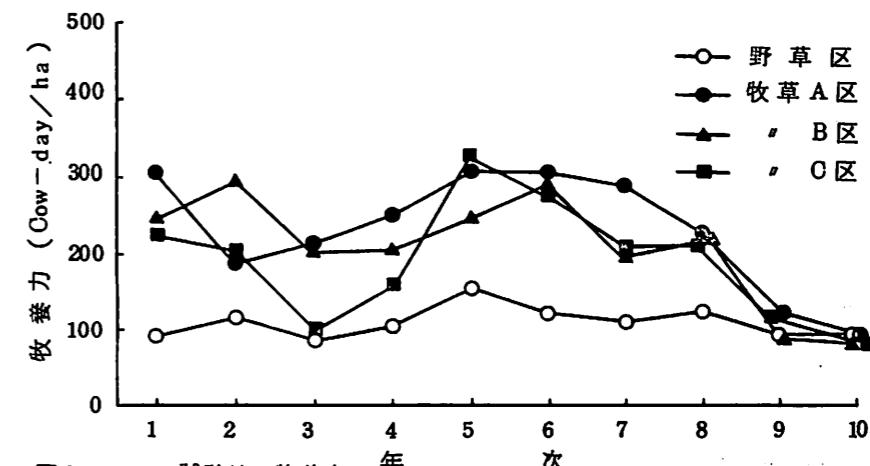


図27. スギ試験地の牧養力

野草区の半分はアカマツが植栽されている。

10年間の平均牧養力は、1ha当たり野草区で109 cow-dayを示し、牧草区は190～230 cow-dayと野草区の約2倍に達した。

次に、牧養力の推移をみると、ヒノキの試験地と同様に、野草区においてはその変化が僅かであった。先ず、野草区の初年次は試験地設定直後で可食草量が少なかったために、牧養力は89 cow-dayと低かった。そのピークは5年次に現れ、156 cow-dayであった。その後は徐々に低下し、9～10年次には約90 cow-dayに下がった。

これに対し、牧草区の牧養力は牧草の種類や年次によって大きく変った。

先ず、牧草A区は、アカマツ試験地同様、初年次の可食草量が多かったために、牧養力は最も高く、1ha当たり300 cow-dayを越えた。2～3年次には、200 cow-day前後にまで下ったものの、5～6年次には再び300 cow-dayを越える牧養力を示した。その後の牧養力は急速に低下し、10年次には93 cow-dayにすぎなかった。

牧草B区では、初年次の1ha当たり牧養力は247 cow-dayであり、最高値は2年次に現

れ 294 cow-day に達した。これは、B 区における可食草量が 2 年次に最も多かったためである。6 年次にも 288 cow-day 値を示したもの、9 ~ 10 年次には 90 cow-day にも達しなかつた。

牧草 C 区はアカマツ試験地と同様、4 年次まで暖地型牧草であった。そのため、初年次の牧養力は 224 cow-day に達したもの、2 年次には約 200 cow-day、3 年次 100 cow-day と、可食草量の減少に伴い急速に低下した。4 年次には、不耕起のまま寒地型牧草導入の目的で放牧牛数を増したため、牧養力も約 160 cow-day を示した。風土に合った寒地型牧草への切換えに伴い、5 年次の牧養力は最高の 330 cow-day に達した。その後は徐々に低下し、10 年次の牧養力は 87 cow-day にすぎなかつた。

## 2) 牧草導入と牧養力の向上

野草地と牧草導入地における可食草量と牧養力をそれぞれ対比したのが表 5.4 である。

表 5.4. 試験期間中の可食草量と牧養力

	アカマツ(4 カ年)		ヒノキ(6 カ年)		スギ(10 カ年)	
	野草地	牧草区	野草地	牧草区	野草地	牧草区
年平均可食草量 (ton f.w./ha)	8.1 (100)	42.3 (522)	6.1 (100)	46.7 (766)	5.8 (100)	29.7 (512)
年平均牧養力 (cow-day/ha)	99 (100)	256 (259)	129 (100)	373 (289)	109 (100)	210 (193)

アカマツ試験地では、4 カ年の平均可食草量が野草地の 8.1 ton/ha に対し、牧草区では 42.3 ton/ha と野草地の 5.2 倍に達した。これに対し牧養力は、野草地の 99 cow-day/ha に対し、牧草区はその 2.6 倍にすぎず、可食草量の伸びに追いついていない。

この傾向はヒノキやスギの試験地でも同様であった。先ずヒノキ試験地では、可食草量が牧草導入で 7.7 倍にも増えたにもかかわらず、牧養力は 2.9 倍にすぎなかつた。スギ試験地でも、可食草量の 5.1 倍の伸びに対し、牧養力は 1.9 倍にとどまつた。しかし、アカマツ及びヒノキ試験地においては、牧草を導入し、牛の延放牧頭数を 2 ~ 3 倍にしただけで、植栽木のほとんどを失つたことは、繰り返し述べてきた。このことは、たとえ牧草が豊富に存在したとしても、混牧林経営のためには、逆に放牧牛数を押えるべきであることを示している。

短期間の試験に終つたアカマツやヒノキに対し、スギの試験は人工林内の放牧利用としてはすでに限界である 10 カ年を経過した。その意味で、スギ試験地における牧養力の推移は示唆に富んでいる。

スギ試験地の牧草区の共通として、牧養力の最高は 5, 6 年次に現れた(図 2.7)。しかしながら、可食草量としては、5, 6 年次よりも 1, 2 年次の方が約 50 % も多かつた(図 1.8)。1, 2 年次は植栽木が小さく、放牧家畜の被害に最もかかりやすい時期である。混牧林経営として、林木生産も志向するためには、いくら可食草量が多くても、この時期の利用には制限がある。1, 2 年次の牧養力が必ずしも高くないのはそのためである。

また、牧草区ではスギの成長に伴う庇陰度の進みが急なために、6 年次を境に牧養力が急速に低下した。そのため、施肥は 8 年次まで、9 及び 10 年次には中止した。その結果、9 年次の牧養力は野草地とほぼ同じ値にまで下り、10 年次にはついで野草地を下まわつた。

このように、林内での牧草栽培にとって、最も好ましい植栽初期の 1, 2 年次には、放牧利用の制限が必要であった。一方、施肥を伴う牧草導入は、植栽木の成長を著しく促進し、わずか 7, 8 年で牧草の栽培を放棄せざるを得なかつた。このことは、針葉樹人工幼林内に牧草を導入しても、有効に使える年限は精々 5 ~ 7 年にすぎないことを示唆している。

## VIII. 総合論議

### 1. 林内野草地の放牧利用

森林の放牧利用は、わが国においても、古い歴史と経験を持っているが、人工林もその対象になったのは戦後のことである。良質な用材木の生産を目的とする人工林の放牧利用に当っては、林木の家畜被害が最も警戒された。しかし、その後の研究によって、これらは杞憂にすぎないことが次第に明らかになってきた。このことは、本研究の場合も同様であり、林床植生が野草の状態では、林木の家畜被害はほとんどなかった。一方、林内放牧は、林木の成長にとってむしろ好ましい傾向を示した。林内放牧が林木の成長に与える効果は、アカマツ、ヒノキの場合は目立たなかつたが、スギでは顕著にあらわれた。一般に、植栽初期のヒノキは成長が緩慢であり、伸びが目立つのは5、6年生林の頃からである。本研究のヒノキの成長追跡は6カ年で終つた。スギも放牧区の成長が目立ってきたのは5、6年生頃からである。その意味では、ヒノキ林の放牧効果の見極めは今後に問題を残したことになる。林内放牧が家畜の糞尿による施肥効果をもたらすかどうかは明らかでないが、アカマツと異なり、放牧地で成長が著しかつたスギは、施肥効果の大きい樹種である。

また、広葉樹の例でも、著しく好嗜性の高い樹種や、食害が多発するような放牧管理の行われている林地では、その成長は遅延したが、一般に、林内放牧によって樹木の成長は促進されている。

一方、土壤侵食などの林地保全に及ぼす影響であるが、本研究ではそのような悪影響はもとより、牛道すら目立なかつた。一般に、水飲み場とか休息地になる場所では裸地化しやすく、また、植栽木の被害が大きい。しかし、そのような場所は極く限られており、造林的にみた被害面積は、林野庁の大型林内放牧実験の例でも、全林地の1%にも達していない。また、これらの被害は、放牧施設を適正に配置することにより、軽減が可能である。

以上のように林床植生が野草状態での林内放牧は、対象林が針葉樹人工幼令林の場合でも、林業サイドに悪い影響をもたらすことはなかつた。問題は針葉樹人工林がどの位の牧養力を持つかである。牧養力となると、森林、原野を問わず、必ずしも明確でない。牧養力の評価には、比較的広い土地を対象とした長期間の放牧観察を必要とするからである。このような条件にある林地の研究成果は、林野庁の実験牧場など、極く限られたものになる。

林野庁では北海道から九州の徳之島まで10カ所の林地を対象に、牧場——略称実験牧場——を設けた。これらの全牧場面積の約 $\frac{4}{5}$ はカラマツ、クロマツ、スギ、ヒノキを中心とした針

葉樹人工林で、しかもそのほとんどは幼令期のものであり、残りの約 $\frac{1}{5}$ はブナ、ナラの壮令林である。ここでは、林床植生がススキ型の場合、その牧養力は約85 cow-day/haと比較的高い値を示した。しかし、林地と言っても、もともとススキは草原に近いような明るい条件でないと生育出来ない草種である。ネマガリダケやクマザサが中心となる林地の牧養力は60 cow-day/ha前後、低木型では約55 cow-day/haであった。これが、実験牧場全体の平均牧養力となると53 cow-day/haであった。

<sup>7, 19)</sup>一方、大迫<sup>19)</sup>らは我々と同じ場所で、大正時代の8年間にわたり、牛馬放牧の所要面積に関する研究を行っている。この成績をcow-day値に換算すると、ha当たりの牧養力は、原野で47 cow-day、森林は29 cow-dayに相当する。このように低い値になつたのは、放牧所要面積に4割の余裕を置いたためである。本報告では植生状態について詳しく述べていないが、例えば、原野の放牧実験はススキ型草地の状態で始まつたものと考えられる。大迫は、草地の生産力の最も高いのはススキ型草地であり、シバ型草地は土地荒廃一步手前の最も悪い草地であると位置付けていた。そこで、8年間の放牧によって、草地植生が若干の退行遷移を示したことを見出し、生産性の高いススキ型草地を保つために、放牧所要面積に4割の余裕をとつたのである。放牧地におけるこのような認識は、戦前の研究者が等しく持つていたものであり、シバ型草地を追放することこそ、わが国の草地農業発展の道と考えられていた。

そこで、大迫らの放牧所要面積から4割の余裕を差引いて牧養力を計算すると、原野で約67 cow-day/ha、森林は約41 cow-day/haとなり、林野庁の成績に大分近づく。ただし、ここで言う森林とは、クヌギ、クリ、ナラの30~40年生疎林であり、人工幼令林とは大分性格を異にする。また、高萩地方では放牧を続けると、植生型はススキ型からアズマネザサ型に変り、安定して牧養力も高い。この試験も、大迫が独特の草地観に捕われなかつたならば、もう少し放牧牛数を増すことが可能であったものと考えられる。

宮城県沖の孤島金華山に古くからシカが棲息している。敗戦後の一時期、進駐軍兵士の狩猟の対象となり、絶滅一步手前となつたが、その後回復した。現在ではシカによる植生破壊が取り沙汰されている。ここでの草原の植生はシカのために高萩と同じく、アズマネザサが中心となっている。この草原を棲息基盤としている野生シカの棲息密度は、年間を通すと3.1頭/haとなる。<sup>20)</sup>シカの体重は40~50kgである。多少乱暴ではあるが、家畜単位の考え方をもとにすると、この野生シカの棲息密度はほぼ100 cow-day/haに相当する牛(体重500kg)の年間放牧密度になる。

以上のような諸成績を考慮すると、林地での牧養力は約50 cow-day/ha、自然草地では100 cow-day/ha前後が一般的のようである。

我々のヒノキ試験地野草区の平均牧養力は約130 cow-day/haに達した。しかし、これは牧養力が最も高い時期の6年生林までのデータであり、これをそのまま人工幼令林地の牧養力の評価に結び付けることは出来ない。これに対し、アカマツ及びスギを半分づつ植栽した野草放牧区では、10年間放牧試験を続けた。この10年生林までが、針葉樹幼令人工林を対象とした放牧利用のほぼ限界であるが、この試験の平均牧養力も約110 cow-day/haと高いものであった。

本試験の1牧区面積は約0.33 haと小さかった。そのことは、林地や放牧牛の管理がよく行きとどくことになり、その結果として非常に高い牧養力が得られたものと考えられる。いわゆる、事業ベースでの針葉樹幼令林の放牧利用に、これだけの牧養力を期待することには無理があり、110 cow-day/haはむしろ努力目標であろう。

## 2. 牧草導入の問題点

林内野草地の牧養力に限界がある以上、さらに牧養力を向上させる方策の一つとして、牧草導入への期待が持たれてきた。林地への牧草導入に当つての検討課題は、第1に林内での牧草維持年限とその収量がどの位になるのか、第2にそれが牧養力の向上に結び付くのかどうか、第3に牧草導入による林内放牧が経営的に成立つかどうかであろう。そこで、第1の牧草の維持年限と収量の課題から検討を加えることにする。

アカマツ・ヒノキ試験地における牧草区の可食草量(図17)は、平均で約44 ton/ha(内牧草36 ton)に達し、10年間を通じ、可食草量に大きな変動をみせなかった。この変動の少ないのは、改植やら枯死木の多発により、10年間にわたり、林床が比較的明るかったためであり、この成績をもって針葉樹幼令林内の牧草収量を論議することは出来ない。一方、スギ試験地における牧草区の可食草量(図18)は、10年間の平均では約30 ton/ha(内牧草21 ton)を保つものの、年次の進みにつれて急速に低下した。これは、スギの成長に伴う庇陰が強まった結果であり、アカマツ・ヒノキ試験地と著しく対象的であった。不耕起方式の牧草導入草地における平均的な牧草収量は30 ton/haとみられるが、その水準に達したのは、牧草A区で1, 3, 5年次、牧草B区では1, 2, 3年次だけであった。一方、牧草C区では1年次と、牧草更新を行った5年次だけが30 ton/haを越えた。牧草収量水準を20 ton/haに落してみると、牧草A,B及びC区のそれぞれ、~~7年次, 3年次及び7~8年次までの収量が辛うじてそのレベルに達した。そこで、スギ試験地の9, 10年次には牧草栽培の意味を失ったので、施肥を中止した。~~<sup>18)</sup>

本研究の試験地に隣接した場所でのアカマツ及びスギの幼令林を対象とした牧草栽培試験で

は、3, 4年で牧草のほとんどが消失した。これは、施肥量不足など、牧草の栽培方法に難点があつたためであり、それらの改善により、牧草の維持年限はもう少し延ばし得たものと考えられる。同種の試験を岩手山麓のアカマツ造林地でも実施している。それによると、6年次までは牧草収量がha当たり20 tonを越したもの、7年次には10 tonを割り、実用的な牧草収穫の可能年限は6年次までであったと言う。

以上みてきたように、牧草収量約20 ton/haを基準とした針葉樹幼令林内での牧草栽培の可能年限は、牧草の種類などにもよるが、6, 7年が限度となる。

また、枝打ちや除・間伐を行うことにより、なお、牧草栽培を続けることへの期待がある。しかし、林業で一般にとられている枝打ちや間伐ではその可能性はない。10年生アカマツ林の $\frac{1}{2}$ を間伐し、さらに、4年生枝まで残して枝打ちした場合のみ、1, 2年次に辛うじて20 ton/haの牧草収量を得たものの、3年次には7 ton/haに激減した。<sup>6)</sup>もとより、一度に $\frac{1}{2}$ もの間伐を加えることなど、針葉樹を対象とした林業にはあり得ないことであり、林木生産も志向する混牧林經營には採用出来ない施業である。

10年間の平均でみると、スギ幼令林内の可食草量は、野草区の5.8 ton/haに対し、牧草区では29.7 ton/haであった。すなわち、牧草導入によって、可食草量は5倍に達したことになる。牧草の導入は、勿論、それによって牧養力が飛躍的に伸びることを期待してのことであり、牧養力も林内野草地の5倍に達することが望ましい。そのことは、野草状態の数倍に及ぶ家畜が林内を荒らすことになり、林地、取り分け林木への悪影響が懸念される。そこで、次に、牧草導入が牧養力の向上にどこまで貢献出来るかについての考察を行う。

林内野草地の状態で牛を放牧する際には、林木の家畜被害はほとんど問題にならなかった。しかし、牧草導入によって、植栽木の家畜被害が多発した。林業では、多数の林木を植栽するが、その成長につれて、順次劣勢木を除去し、最終的に残る林木は当初の数分の1以下にすぎず、少々の枯死木や劣勢木が生じても、数十年先には、それらの損失をほぼ回復することが可能である。このことは、幼令期の多少の家畜被害は、その後の数十年にわたる林木保育のなかで、十分に回復させ得ることを示唆している。しかし、その家畜被害がどこまで許されるかが問題である。

林木の家畜被害の内容は、食害、剝皮、主幹折れ、側枝折れの4型に分けた。しかし、林業施業の一つに、枝打ちがあることからも分るように、側枝折れそのものは林木の成長にとって、さほど悪い影響を与えるものではない。従つて、側枝折れの害は除いて、放牧家畜による林木の傷害型は、実質的には、食害、剝皮、主幹折れの3つに整理することが出来る。

供試木のアカマツ、ヒノキ、スギは、林床植生が野草の場合には、食害にあうことはほとん

どなかった。しかし牧草導入によって、アカマツ、スギの食害が多発した。このことは、食害は牧草導入に伴って新たに発生した重要な傷害型と言える。しかし、この食害は、一般的に、林木の成長にとって決定的な傷害になることは少ない。植物は、枝葉のほとんどを失っても、それだけで枯死に至るとは限らない。家畜に好んで採食される樹木は、初期成長が多少遅れるだけである。<sup>9)</sup> 本試験でも、牧草区のアカマツやスギは食害が著しかったが、それが主な原因で枯死した林木は意外に少なかった。ただし、初夏のアカマツの新芽は柔らかく、この部分まで食害（写真7）にあうような場合には枯死することが多い。なお、この新芽は初夏の柔らかい季節には折れやすいために、樹高の低い時期の放牧は注意が必要である。

一方、剥皮と主幹折れは直接牧草導入に関連して発生する傷害型ではなく、家畜の放牧頭数の増加に付随するものである。この発生率そのものは必ずしも高くないが、被害が直接林木の枯死を招くことが多いために、最も注意を要する傷害型である。すなわち、強度の剥皮害は維管束を失うことになるために、林木は枯死する。また、主幹折れは成長点を失うことになるために、林木の種類によってはそのまま枯死に結びつく。

林業的に、家畜被害の最も深刻な点は、それによって多数の欠木を生ずることであるが、この枯死木の発生は植栽1、2年次の牧草区幼令林に集中的に現れた。特にひどかったのは、アカマツとヒノキ林であった。そのために、アカマツでは4年間で試験そのものを中止せざるを得なかつたし、ヒノキの場合も、不成功造林地であった。

もともと牧草の導入は、造林地のまだ野草植生があまり発達しない、植栽1年次から実施するのが最も容易であり、安定性が高い。また、導入初期ほど収量が高い。本研究のスギ試験地でも、1、2年次の牧草量は約45 ton/haに達したが、5、6年次には25 ton/haにすぎなかつた。しかし、牧畜力は5、6年次の290 cow-day/haに對し、1、2年次のそれは、逆に240 cow-day/haと非常に少ないものであった。これは、林木の家畜被害を考慮して強い放牧の自己規制をした結果である。アカマツやヒノキの試験にも同様の処置がとられたにもかかわらず、枯死木が続発した。従って、牧草を導入したアカマツ林やヒノキ林の場合、植栽1、2年次の放牧は、林内野草地並みの強い放牧規制が必要であることを示しており、牧草導入の意味を失うことになる。

また、アカマツのような陽樹にとっては、樹高の低い植栽初期に牧草が繁茂することは好ましくない。林内牧草を刈取り利用すると言う考えのもとに実施した試験がある。従って、放牧は行っていないにもかかわらず、林内牧草地のアカマツについては、1～3年次の伸長成長が劣った。我々のアカマツ試験の牧草区において、植栽1、2年次に枯死木が多発したのは、家畜の被害のみならず、このような牧草群落による庇陰障害が重なったことが大きく影響したと

みられる。

このように、植栽1、2年の林木に枯死や傷害木が多発するのは樹高が低いためである。放牧家畜はある程度大きくなつた樹木は避けて通るために、主幹折れとか剥皮の害はほとんど発生しない。牛の場合、その高さは1.5～2 m以上である。

スギ林では、3年次以降になるとほとんど枯死木を生じなかつた。アカマツ林も枯死木の多発は3年次までで、4年次には治まる傾向を示した。一方、ヒノキ林では放牧牛による食害は発生していない。にもかかわらず、ヒノキ林の牧草区では6年生林でも、まだ、枯死木の続発がみられる点で特徴的であった。林内野草地の状態では、最も放牧圧が強かつた年でも、ほぼ150 cow-day/haどまりであった。これに対し、ヒノキ林の牧草区では、5、6年次の放牧圧が430 cow-day/ha前後にも達した。因に、同時期におけるアカマツ林及びスギ林の放牧圧は、前者が約250 cow-day/ha、後者は290 cow-day/ha内外であった。ヒノキ林の牧草区では枯死木の多発により、林床がいつまでも明るさを保つことになり、牧草の生育が5、6年生林内でも旺盛であった。その結果として、放牧牛数が増加するという、馳ごっこを繰返し、いつまでも枯死木の発生が続くことになった。このように、3年次以降であっても、まだ放牧圧の規制が必要であり、牧草導入に見合つた放牧利用を行うことは困難であることを示した。

アカマツ、ヒノキ及びスギの幼令林は、牧草導入によって、可食草量がそれぞれ野草状態の約5.2倍、7.7倍及び5.1倍に達した。それに対して、牧畜力の伸びはそれぞれ2.6倍、2.9倍及び1.9倍にすぎなかつた（表54）。このことは、牧草導入を図つたにもかかわらず、その目的の半分も生かされていないことを示している。その程度の利用でも、アカマツやヒノキ試験地では、植栽木の成長に決定的な被害があり、放牧利用率をさらに抑える必要があることを示した。幼令林内の弱光条件では牧草のスプリングフラッシュ現象はみられないようである<sup>2)</sup>が、生態的に草原に近い幼令林では、初夏に牧草収量のピークが来る。しかし、その時期は林木にとっても家畜被害に最もかかりやすい条件にあり、無暗に放牧牛数を増すことは出来ない。

林業でも、一部で林地肥培が行われているように、地力の増進には関心が持たれている。本試験では、牧草を維持するために、N肥料に例をとれば、年間に ha 当り 96 kg の施肥を行っており、これは林業的な施肥量の3～5倍に当る。また、牧草栽培そのものが、土壤有機物増や土壤改良に貢献することはよく知られている。さらに、牧草の栽培は、林業側からみれば、下刈りやつる切りなどの林木保育を兼ねることになる。このように、林内への牧草導入は、植栽初期における林木の家畜被害に注意が払われるならば、林木の成長や林業にとって必ずしもマイナスではない。

以上みてきたように、林地への牧草持ち込みの問題点は、むしろ畜産側に多い。第1に、牧草の維持年限が僅か6、7年と限られ、さらに、生産量のごく一部しか活用出来ないなど、土地生産性が極めて低い。第2に、立木があるために、作業の機械化が出来ないなど、労働生産性の面でも著しく劣る。

### 3. 林木植栽様式の問題点

林業では、曲りのない完満な林木を育てることが求められており、そのためには林冠を出来るだけ早期且つ均一に閉鎖させる必要がある。その目的にそってとられてきた植栽様式が正方形植えである。昭年30年代後半に入り、山村での労働力不足が深刻化するにつれて、育林作業の省力化、機械化が望まれるようになり、列状植えや群状植えがどの程度その目的にそりかの検討が行われるようになってきた。

一方、林地の放牧利用の立場からみれば、林床はなるべく明るく、林床植生が発達してくれることが望ましく、そのためには、開空度（林冠の混み工合）の高い林地がよいことになる。林木の植栽密度が同じならば、正方形植えに対し、列状植えや群状植えの開空度は高く、林冠の閉鎖が遅いものと考えられ、放牧利用上好ましいことになる。

このような背景のもとに、本研究では林木の植栽様式を変えることによる、林内可食草量向上の可能性の検討を重要な研究テーマの一つとしてきた。

まず、林木植栽様式と産草量との関係であるが、アカマツ試験地の牧草区（図21）及びヒノキ試験地（図22）のいずれもが、相互に特徴ある関係をみせなかった。もともと林木の庇陰の影響が現れるのは植栽数年後からであり、その意味から、アカマツやヒノキ試験地で、植栽様式変更の効果が出ないのは当然であるし、10カ年間試験を続けたスギ試験地（図23）においても、5、6年生林までは同様であった。このような産草量の増大を目指す林木の植栽様式の検討は、過去において、枚挙にいともがないほど繰返えされてきた。<sup>14)</sup>しかし、そのいずれもが、植栽後4、5年で試験を終っているために、その効果を見極めるに至らなかった。

本研究では、スギの全試験区とアカマツの野草区で、10カ年にわたり、植栽様式の影響観察を続けた。その結果、試験区により多少の差異はあるものの、7年次以降の群状植えで産草量が他に比べて高まる傾向をみせた。特に、スギの牧草A区では、9年次の草量が正方形植えの2倍を超えた。<sup>5)</sup>神長らは、同種の試験を10カ年続け、林冠うっべき度などからも検討を加えている。その結果、群状植栽区などの牧草維持年限は正方形植え区に比べて、1年ほど伸びる可能性のあることを指摘した。

このように、樹冠群がそろそろ交叉する時期に入ると、群状植えのような植栽様式をとった

区では、林冠うっべき度が低く、林内の草の生育がよいことが明らかになった。しかし、6、7年生林の段階から、林内の産草量は急速に低下するのが普通である。従って、この時期の可食草量が一時的に正方形植えの倍に伸びたとしても、針葉樹幼令林が放牧利用に供し得る全期間の産草量で比較すると、その効果は1割を越えないことになった。

一方、列状植えに至っては、ほとんどの試験区で、最も産草量が劣った。列状植栽をとった場合、その方向によって林床の受ける日射量は著しく異なる。関東地方の6、7月を中心とした植物の成長が最も旺盛な時期に例をとれば、南北植えに対し、本試験のような東西植えの受光量はまさることになる。その意味では、ススキなどにとっては、東西植えが好ましい。しかし、太陽高度が低くなる9月になると、その関係は全く逆転し、東西植えは著しく悪くなる。林内の可食草として、最も重視されるのはササ類であり、これらは、冬季に盛んに炭水化物を貯え<sup>落葉性樹林内の</sup>。その意味ではハササ類などにとっては南北植えでもよいのかも知れない。

どの植列方向が好ましいかは、このように季節により異なるが、それ以外に緯度により全く逆転することがある。問題は太陽の運行高度に依存するからである。以上の論議は水平面でのことであり、山地のように複雑に傾斜の方向と角度を異にする環境において、受光量の面で好ましい植列方向をとることは至難の業である。本研究のいずれの試験区でも列状植栽の産草量が劣ったのはそのためであろう。機械化造林の上で植列方向を考えるとすれば、傾斜方向沿いになる。一方、放牧の立場から列状植栽をみると、等高線沿いでないと、家畜の行動を規制し、林木の家畜被害を招くことになるだけでなく、家畜にとっても好ましくない。このように、列状植栽は利害関係が複雑すぎる。

群状や列状植栽に関する全国的な実態調査が、林野庁を中心に実施されている。<sup>3, 16, 17)</sup>しかし、その対象となつた林地のほとんどは5、6年生林どまりであり、10年を越えるものは極く僅かであった。従って、その功罪が明らかになるのは先のこととして、林木の成長に及ぼす効果はおむね否定的であり、特に、肥大成長が落ちると言う。<sup>8)</sup>

このことは、本研究の成果と一致する。すなわち、10年生林のスギ林で、樹高は正方形植えに比べて、列状、群状植えは5～30%低かった（表37）。胸高直径になると、この較差はさらに広がり、列状、群状植えは15～35%劣った（表38）。幹材積は、基本的には林木の断面積と樹高の積に当る。そのため、禁牧区、野草区の列状や群状植えは正方形植えの半分にすぎなかった。牧草区では施肥効果のためにこの差が縮まったとは言うものの、列状植えや群状植えは正方形植えの約 $\frac{2}{3}$ にとどまった。このように列状や群状植栽は林木の成長が劣るのみならず、いわゆるあばれ木状となり、材質の面でも劣るところに問題がある。

群状植栽の実施理由の聞き取り調査によると、気象害の防除41%，省力31%，作業法の

改善19%，生態的（成長量の増大、形質の向上、環境改善）8%であったと言う。<sup>17)</sup>群状植え、列状植えのいずれにしても、地ごしらえ・下刈りの省力や気象害に対する抵抗性など、植栽初期にはいくつかの効果があるようである。しかし、生育不良、刈残し帶の植生の圧力、林冠閉鎖の遅延と不均一性、形質不良木などが出やすいなどの欠点も多い。<sup>3,17)</sup>いずれにしても、幼令林期の後半に入ると、それなりの手直しが必要となり、現在では、特に奨励される植栽法とは考えられてはいない。

家畜は数年、草に至っては1年サイクルで世代の交代が可能である。これに対し、用材木の育成には数十年以上の歳月が必要である。従って、途中での失敗も、畜産サイドでは直ちに回復が可能であるが、林業サイドでは数十年のプランクを招くことになりかねない。混牧林のよ

うな林畜複合經營を成功させるためには、何よりも林木を育てる施業が優先されなければならない。針葉樹人工林においては、枝打ちや除間伐に下草量の増加を期待するのは荷が勝ちすぎる。

まして、家畜のために林木の植栽様式を変えることは無理があった。

## IX. まとめ

針葉樹人工幼令林を対象とした林内放牧技術の確立を目的に、林試高萩試験地（茨城県多賀郡十王町）において、アカマツ、ヒノキ、スギ林を対象に、植栽時より10カ年にわたり、林内放牧試験を実施した。なお、本研究では、特に牧養力の向上のために、林内への牧草導入と林木の植栽様式改善の可能性の検討に重点を置いた。

### 1. 試験方法

- 1968年にアカマツ2次林を伐採し、翌春に林木の植栽と牧草の導入を完了し、直ちに放牧を開始した。
- アカマツ、ヒノキ、スギの各試験地には、それぞれ禁牧区、野草区（林内野草地）、牧草区（林内牧草地）を設けた。なお、牧草区は牧草の種類によりA、B、Cの3区を置いた。それらの1牧区面積は約0.33haであるが、試験地の全面積は約6haであった。
- 各試験区には、対象樹種を植栽密度3,000本/haのまま、正方形、列状、群状の3種類に植栽した。
- 放牧試験には、農家飼養の黒毛和種牛（1、2年次にはホルスタイン種牛も含む）を借り上げ、5~10月の約170日間、数頭を1群として、1週間前後の短期輪換放牧を行った。試験期間中の牛には、水と鉱塩の他、補助飼料は一切与えなかった。

### 2. 林木の反応

- 放牧牛が林木の地上部に与える傷害の原因是、①採食、②踏付け、③体躯や角のなすり付けの3つが基本で、それらが単独であったり、いくつかが重複したりする。これらの原因による林木の傷害型は①食害、②剥皮、③主幹折れ、④側枝折れの4型に分けた。
- アカマツ、ヒノキ、スギ試験地のいずれの野草区も、林木が食害にあることはほとんどなかった。しかし、牧草区ではアカマツ、スギの食害が多発した。  
剥皮、主幹折れ、側枝折れは、放牧牛の踏付けや体躯のなすり付けと言う機械的な傷害である。従って、放牧牛数の少ない野草区では、これらの傷害は目立たなかつたものの、放牧牛数を増した牧草区では、いずれの試験地でも多くみられた。
- 放牧牛による傷害のうち、林木の枯死原因となるのは、食害、剥皮及び主幹折れの3つであるが、特に剥皮と主幹折れが枯死を招きやすかつた。

4) 野草区では、アカマツ、ヒノキ、スギのいずれも、試験期間中に15~20%の枯死木を生じた。しかし、この値は禁牧区とほぼ同じであり、放牧によって特に枯死木が増加した訳ではない。

一方、スギを除くアカマツ、ヒノキの牧草区では枯死木が多発した。特に、アカマツでは放牧の1、2年次で $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{3}{4}$ が枯死した。ただし、アカマツは陽樹であるために、牧草導入による庇陰障害が重なった結果とみられる。ヒノキの牧草区は、食害にありことはなかつたにもかかわらず、同様に枯死木が多く、5、6年生林の状態になっても、まだ枯死が統点で特徴的であった。6年次までに、生立木数は45~60%に渡り、残ったヒノキも異形木が多く、アカマツ同様不成長造林地に終った。一方、スギの場合、牧草区では2年次までに約30%の枯死木をみたものの、その後の枯死の発生はなく、林業経営上支障になるような状態ではなかった。

5) 本試験地は、スギの生育にとっては瘠薄林地であった。しかし、林内放牧や牧草導入に伴う施肥効果のために、スギの成長は促進され、10年生林の段階で、樹高は禁牧区の3.5mに対し、野草区は5.2m、牧草区は7.9mであった。また、胸高直径でも禁牧区の4.1cmに対し、野草区で6.3cm、牧草区では11.9cm(年輪巾は約10mm)であった。幹材積に至つては、野草区及び牧草区では、禁牧区に比べてそれぞれ2.2倍及び8.4倍に達した。これに對し、ヒノキの成長と林内放牧との関係は十分に明らかに出来ないまま終った。

#### 4. 飼料植物の反応

1) 野草区の植生は放牧の影響でアズマネザサが優占してきた。野草区1年次の可食草量は5.4~6.8ton/haと比較的に低かった。これは、前植生のアカマツ2次林伐採直後のために、可食草量は翌2年次から4年次頃にかけてピークに達し、ほぼ7~10ton/haを示した。それ以降は減少が続き、10年生林では2ton/ha前後であった。一般に、針葉樹人工幼令林の放牧利用可能年限は10年前後であるが、この10年間の年平均可食草量は約6ton/haであった。

2) 牧草導入によって、林内の可食草量は飛躍的に増大した。林木の家畜被害問題が少なかつたスギ林に例をとれば、1年次の可食草量はha当たり59ton(内牧草50ton)に達した。しかし、林木の成長に伴う庇陰度の高まりにつれ、その後の産草量は急速に低下し、8年次の可食草量は23ton/ha(内牧草17ton)にすぎなかった。なお、10年間の平均では、29.7ton/ha(内牧草21.3ton)であった。このような牧草導入は施肥を伴うために、林木の成長が旺盛となり、林冠の閉鎖を早めることになった。その結果、林内での実用的な

牧草維持年限は6、7年にとどまった。

#### 5. 放牧牛の健康と牧養力

- 1) 供試牛は試験期間中に増体を示すなど、林内放牧でも何ら健康を損うこととはなかった。
- 2) スギ、アカマツの野草区では、1年次に可食草量が少なかったために、牧養力も約90cow-day/haにとどまった。牧養力は5年次の156cow-day/haをピークとして、その後は順次低下を示し、9、10年次には再び90cow-day/ha前後に戻り、10年間の平均では約110cow-day/haであった。
- 3) 牧草区の牧養力を10年間試験を続けたスギ試験地にみると、10年間の平均では210cow-day/haであった。1、2年次の牧養力は245cow-day/ha前後にすぎず、そのピークは5、6年次の約290cow-day/haであった。このように、1、2年次の牧草導入初期に可食草量が最も多くてもかかわらず、それに対応する牧養力が得られなかった。これは、この時期に林木の家畜被害が集中するために、放牧牛数を制限せざるを得なかったからである。10年次の牧養力は88cow-day/haで、野草区を下まわった。

#### 6. 牧草導入及び林木植栽様式変更の問題点

- 1) 家畜被害が非常に少なかったスギ試験地についてみると、牧草導入によって可食草量は野草区の5.1倍に達したにもかかわらず、それに対応する牧養力は1.9倍の伸びにとどまった。これは、スギの場合、いくら可食草量が多くても、林木の家畜被害の点で、この位の放牧利用が限界だからである。この程度の放牧圧でも、アカマツ、ヒノキでは枯死木が多発しており、放牧利用率を大巾に制限しなければならないことを示した。このことは、牧草導入の意味を失わせるものである。牧草導入は施肥を伴うために、林木の成長にとって必ずしもマイナスではなかった。しかし、このように、畜産側にとって、牧草を導入しても、必ずしも土地生産性が高まらないのみならず、牧草の維持管理のための機械化が出来ないなど、労働生産性の面からも問題が多かった。
- 2) 飼料草増を期待した林木の群状植栽区は、7年次以降になると、可食草量が正方形植えよりもさり、時に2倍に達することもあった。しかし、この時期の林地は林冠が閉鎖を始めるために、林床植生は著しく衰退するのが普通である。従って、この時期に可食草量が一時的に正方形植えよりもさったとしても、針葉樹人工幼令林が放牧利用に供し得る全期間の可食草量で比較すると、その効果は1割を越えなかった。一方、列状植栽の可食草量はいずれの試験地でも、最も劣った。列状植栽や群状植栽は林木の成長を著しく阻害し、その悪影響は、

伸長成長よりも肥大成長に現れた。その結果、スギ試験地の10年生林に例をとれば、禁牧区、野草区における列状、群状植栽の幹材積は正方形植栽の約 $\frac{1}{2}$ にとどまり、牧草区でも70%前後にすぎなかつた。従つて、林木の生産をも志向する混牧林經營にとって、このような植栽法は採用し得る施業とは言えない。

## X. 引用文献

- 1) 福原利一・小畠太郎・木原靖博(1973)：放牧子牛の発育に関する研究(1), 発育曲線の推定および正常発育の範囲について. 中国農試報B, 20, 1-50.
- 2) 後藤正和(1981)：牧草導入による林内草地の集約的利用に関する研究. 東北大学農学研究科博士論文,
- 3) 蜂屋欣二ら(1975)：機械化を前提とした植栽方法. 林試技術開発試験成績報告書, 3-42.
- 4) 井上楊一郎・神長每夫(1973)：混牧林経営に関する基礎的研究(6), 総括論議. 林試研報, 255, 61-98.
- 5) 神長每夫・川崎金治・岡野誠一(1977)：アカマツ造林地における牧草栽培と林木の生育. 林試東北支場年報, 18, 111-118.
- 6) 神長每夫・川崎金治(1981)：アカマツ林内牧草栽培試験. 林試東北支場年報, 22, 117-120.
- 7) 大迫元雄・杉野森夫(1922)：牛馬放牧の林野に及ぼす影響試験. 林試報告, 22, 153-178.
- 8) 林試牧野研(1962)：混牧林経営に関する基礎的研究(1), 東北地方における広葉樹天然生林の役肉牛放牧について. 林試研報, 139, 1-82.
- 9) ————(1963)：同上(2), 北海道地方における広葉樹天然生林の役肉牛放牧について. 林試研報, 148, 1-49.
- 10) ————(1965)：同上(3), 北海道地方における針葉樹人工林の綿羊放牧について. 林試研報, 172, 1-44.
- 11) ————(1965)：同上(4), 福島県下における広葉樹薪炭林の綿羊放牧について. 林試研報, 173, 1-43.
- 12) ————(1968)：同上(5), 東北地方における針葉樹人工林の役肉牛放牧について. 林試研報, 212, 1-58.
- 13) 林試高萩試験地(1982)：飼料作物等の林内栽培維持年限. 林試高萩試験地研究資料, 1, 1-15.
- 14) 例えは, 林業試験研究推進東北ブロック協議会(1973)：林地の複合経営試験に関する報告書(造林地における牧草栽培試験成績).

- 15) 林野庁業務課(1979)：肉用牛生産育成実験事業成績報告書。1-62.
- 16) —————(1973)：群状うえつけ。技術開発情報。7, 1-157.
- 17) —————(1973)：群状うえつけ実態調査報告書。技術開発情報。11, 1-199.
- 18) 佐藤勝信・橋本應(1974)：雑灌木林における不耕起草地に関する研究(4)，庇陰が草生および牧草成分に及ぼす影響。福島畜試研報。1, 65-76.
- 19) 佐藤清明・大迫元雄(1915)：林野放牧並原野草類に関する試験第1回報告。林試報告。13, 1-70.
- 20) 高槻成紀(1978)：日本ジカと植生との相互関係に関する生態学的研究。東北大学理学研究科博士論文。



写真1. 試験地の前植生



写真2. スギ試験地禁牧区の下刈り



写真3. 放牧牛の体重測定



写真4. スギ試験地野草区の放牧



写真5. ヒノキ試験地牧草C区の放牧前(右)と  
放牧後(左)の草生状況



写真6. アカマツ試験地牧草A区の林木被害状況



写真7. 初夏放牧によるアカマツ  
新芽の食害



写真8. スギの側枝折れ



写真9. アカマツの剥皮害  
半年前の傷でやがて治癒する。



写真10. スギの剥皮害  
1年前の傷でやがて治癒する。



写真1 1. ヒノキの根元曲りと剝皮害  
治癒は困難。



写真1 2. ヒノキの主幹の分岐

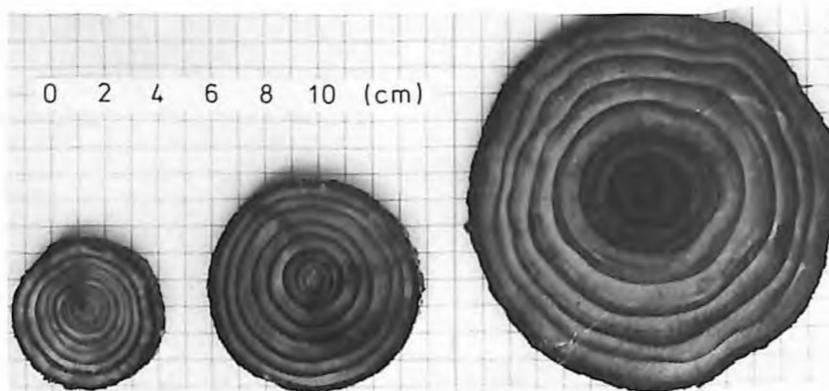


写真1 3. 11年生スギの胸高部の断面

附表1. アカマツ試験地の生立木率(%)の推移

区名	植栽様式	調査年次									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
禁牧区	正方形	90	89	87	87	87	86	86	86	86	86
	列状	93	91	90	89	88	88	85	85	85	85
	群状	87	87	87	85	84	84	84	84	84	84
	平均	90	89	88	87	86	86	85	85	85	85
野草区	正方形	89	85	82	81	81	80	80	79	79	79
	列状	97	94	92	91	91	90	90	90	89	89
	群状	95	92	91	89	89	87	87	87	87	87
	平均	94	90	88	87	87	86	86	85	85	85
1) 牧草A区	正方形	79	62	56							
	列状	75	56	51							
	群状	71	55	51							
	平均	75	58	53							
牧草B区	正方形	62	44	39	38						
	列状	58	39	33	32						
	群状	56	40	34	34						
	平均	59	41	35	35						
牧草C区	正方形	39	17	14	13						
	列状	43	25	22	21						
	群状	53	33	28	27						
	平均	45	25	21	20						

注1) 改植後のデータ

附表2. アカマツの樹高(cm)の推移

区名	植栽様式	調査年次										
		試験開始時	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
禁牧区	正方形	34	42	67	89	119	166	206	245	275	317	360
	列状	34	40	61	81	108	150	195	228	262	306	348
	群状	34	40	59	86	114	162	204	243	274	315	349
	平均	34	41	62	85	114	159	202	239	270	313	352
野草区	正方形	34	46	72	99	128	176	221	259	296	333	382
	列状	33	46	71	96	123	171	215	254	290	331	379
	群状	32	45	72	94	123	166	210	245	278	307	350
	平均	33	46	72	96	125	171	215	253	288	324	370
1) 牧草A区	正方形	31	40	54	75							
	列状	31	40	57	77							
	群状	30	39	57	76							
	平均	31	40	56	76							
牧草B区	正方形	33	41	58	76	98						
	列状	33	40	57	74	95						
	群状	33	40	55	75	96						
	平均	33	40	57	75	96						
牧草C区	正方形	34	38	52	67	87						
	列状	34	37	53	71	86						
	群状	35	37	53	69	87						
	平均	34	37	53	69	87						

注1) 改植後のデータ

附表3. ヒノキ試験地の生立木率(%)の推移

区名	植栽様式	調査年次					
		1	2	3	4	5	6
禁牧区	正方形	100	91	91	89	89	89
	列状	98	87	84	82	81	81
	群状	99	94	93	92	92	92
	平均	99	91	89	88	87	87
野草区	正方形	99	93	92	90	89	89
	列状	98	90	87	86	86	86
	群状	98	91	89	89	88	88
	平均	98	91	89	88	88	88
牧草A区	正方形	89	72	63	59	57	54
	列状	90	75	66	62	61	59
	群状	92	81	75	72	69	67
	平均	90	76	68	64	62	60
牧草B区	正方形	96	74	64	60	58	56
	列状	96	69	61	58	57	56
	群状	96	76	70	66	64	63
	平均	96	73	65	61	60	58
牧草C区	正方形	95	79	70	66	64	60
	列状	89	64	52	48	43	39
	群状	90	68	57	51	45	38
	平均	91	70	60	55	51	46

附表4. ヒノキの樹高(cm)の推移

区名	植栽様式	調査年次						
		試験開始時	1	2	3	4	5	
禁牧区	正方形	53	64	89	127	160	207	256
	列状	52	61	78	104	129	172	210
	群状	49	56	83	115	145	196	240
	平均	51	60	83	115	145	192	235
野草区	正方形	50	60	76	103	140	180	231
	列状	50	60	77	104	138	179	224
	群状	49	59	80	109	146	186	227
	平均	50	60	78	105	141	182	227
牧草A区	正方形	53	62	86	123	159	212	269
	列状	52	60	81	117	157	214	277
	群状	52	60	81	115	155	201	259
	平均	52	61	83	118	157	209	268
牧草B区	正方形	50	61	86	127	167	224	287
	列状	49	62	86	128	171	233	299
	群状	49	61	85	126	163	219	278
	平均	49	61	86	127	167	225	288
牧草C区	正方形	51	61	85	118	161	215	269
	列状	50	60	81	105	140	181	225
	群状	50	60	82	106	136	166	215
	平均	50	60	83	110	146	187	236

附表5. スギ試験地の生立木率(%)の推移

区名	植栽様式	調査年次									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
禁牧区	正方形	100	98	93	93	93	93	93	93	92	92
	列状	99	98	92	92	92	92	92	92	91	90
	群状	99	97	94	94	94	94	93	93	93	93
	平均	99	98	93	93	93	93	93	93	92	92
野草区	正方形	99	84	82	81	81	81	81	81	81	81
	列状	99	76	75	74	74	74	74	74	74	74
	群状	99	87	86	85	85	85	85	85	85	85
	平均	99	82	81	80	80	80	80	80	80	80
牧草A区	正方形	84	74	70	70	70	70	70	70	70	70
	列状	83	69	66	66	65	65	65	65	65	65
	群状	79	67	65	65	65	63	62	62	62	62
	平均	82	70	67	67	67	66	66	66	66	66
牧草B区	正方形	90	72	67	67	67	67	67	67	67	67
	列状	89	67	63	63	62	62	62	62	62	62
	群状	93	79	77	76	76	76	76	76	76	75
	平均	91	73	69	69	68	68	68	68	68	68
牧草C区	正方形	94	77	74	74	73	73	73	73	73	73
	列状	90	63	60	60	60	60	60	59	59	59
	群状	92	73	72	72	71	71	71	71	71	70
	平均	92	71	69	69	68	68	68	68	68	67

附表6. スギの樹高(cm)の推移

区名	植栽様式	調査年次										
		試験開始時	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
禁牧区	正方形	47	66	114	158	179	199	223	267	299	354	417
	列状	45	62	99	129	146	160	183	211	240	283	329
	群状	45	59	90	119	140	153	171	202	224	267	306
	平均	46	62	101	135	155	171	192	227	254	301	351
野草区	正方形	43	63	108	156	173	215	250	324	390	487	564
	列状	45	63	100	139	155	187	219	285	342	432	505
	群状	44	62	96	132	152	186	224	281	343	419	480
	平均	44	63	101	142	160	196	231	297	358	446	516
牧草A区	正方形	44	47	86	157	241	305	390	494	601	705	810
	列状	44	45	85	154	236	298	373	481	590	687	787
	群状	44	45	78	140	211	266	290	414	511	606	695
	平均	44	46	83	150	229	290	351	463	567	666	764
牧草B区	正方形	45	66	111	189	291	342	424	523	652	783	858
	列状	45	65	103	164	263	308	389	492	613	724	809
	群状	44	54	99	169	257	308	382	470	578	678	759
	平均	45	62	104	174	270	319	398	495	614	728	809
牧草C区	正方形	45	69	134	206	292	342	418	544	620	746	827
	列状	45	69	130	201	276	334	401	492	592	706	781
	群状	47	67	124	196	281	337	410	520	596	697	782
	平均	46	68	129	201	283	338	410	519	603	716	797

附表7. アカマツ野草区の可食草量(Kg f.w./10a)

年次	植栽様式	ササ類	イネ科	スゲ類	雑草類	木本類	ツル類	可食草計	ワラビ	合計
1	正方形	179	166	5	69	155	54	628	104	732
	列状	308	209	10	68	197	47	839	54	893
	群状	116	193	9	74	157	34	583	43	626
	平均	201	189	8	70	170	45	683	67	750
2	正方形	291	302	13	75	262	53	996	95	1091
	列状	362	265	21	154	260	29	1091	69	1160
	群状	161	270	18	113	357	37	956	57	1013
	平均	271	279	17	114	293	40	1014	74	1088
3	正方形	398	200	24	34	307	32	995	182	1177
	列状	368	329	12	80	193	22	1004	136	1140
	群状	241	229	14	46	366	41	937	60	997
	平均	336	253	17	53	289	32	980	126	1106
4	正方形	211	157	6	36	179	29	618	39	657
	列状	170	224	4	5	115	4	522	85	607
	群状	127	139	13	13	231	23	546	33	579
	平均	169	173	8	18	175	19	562	52	614
5	正方形	159	161	19	55	417	27	838	195	1033
	列状	182	182	42	29	316	14	765	136	901
	群状	96	176	31	23	495	18	839	49	888
	平均	146	173	31	36	409	20	815	127	942
6	正方形	212	108	22	34	260	25	661	87	748
	列状	244	152	19	18	166	17	616	79	695
	群状	186	109	18	29	228	38	608	59	667
	平均	214	123	20	27	218	27	629	75	704

年次	植栽様式	ササ類	イネ科	スゲ類	雑草類	木本類	ツル類	可食草計	ワラビ	合 計
7	正方形	146	119	11	27	162	26	491	46	537
	列 状	146	90	12	12	119	18	397	73	470
	群 状	113	65	8	13	109	26	334	28	362
	平均	135	91	10	17	130	23	406	49	455
8	正方形	147	66	9	16	169	48	455	81	536
	列 状	182	101	20	14	103	21	441	74	515
	群 状	100	63	18	15	207	24	427	62	489
	平均	143	77	16	15	160	31	442	72	514
9	正方形	92	35	5	10	105	29	276	114	390
	列 状	136	26	7	14	52	23	258	101	359
	群 状	95	38	15	12	134	18	312	64	376
	平均	108	33	9	12	97	23	282	93	375
10	正方形	88	6	5	11	41	24	175	111	186
	列 状	101	7	11	9	63	9	200	38	238
	群 状	114	16	14	11	142	20	317	63	380
	平均	101	10	10	10	82	18	231	71	302
平均	正方形	192	132	12	37	206	35	614	105	719
	列 状	220	159	16	40	158	20	613	85	698
	群 状	135	130	16	35	243	28	587	52	639
	平均	182	140	15	37	202	28	604	81	685

附表8. アカマツ牧草A区の可食草量 (Kg f.w./10a)

年次	植栽様式	牧 草 類			野 草 類	可食草計	ワ ラ ビ	合 計
		イネ科	マメ科	小 計				
1)	正方形	7815	21	7836	114	7950	61	8011
	列 状	8043	12	8055	169	8224	91	8315
	群 状	7233	10	7243	183	7426	28	7454
	平均	7697	14	7711	155	7866	60	7926
2	正方形	2401	55	2456	401	2857	94	2951
	列 状	2355	100	2455	355	2810	203	3013
	群 状	2614	215	2829	338	3167	121	3288
	平均	2457	123	2580	365	2945	139	3084
3	正方形	4007	169	4176	520	4696	84	4780
	列 状	3859	97	3956	802	4758	99	4857
	群 状	3630	365	3995	632	4627	239	4866
	平均	3832	210	4042	651	4693	140	4833
4	正方形	2775	273	3048	666	3714	132	3846
	列 状	2411	249	2660	586	3246	165	3411
	群 状	2471	309	2780	576	3356	242	3598
	平均	2552	277	2829	609	3438	180	3618
平均	正方形	4250	130	4379	425	4804	93	4897
	列 状	4167	115	4282	478	4760	140	4899
	群 状	3987	225	4212	432	4644	158	4802
	平均	4135	156	4291	445	4736	130	4865

注1) 改植前のデータ

附表9. アカマツ牧草B区の可食草量(Kg f.w./10a)

年次	植栽様式	牧草類			野草類	可食草計	ワラビ	合計
		イネ科	マメ科	小計				
1	正方形	3054	109	3163	885	4048	93	4141
	列状	3547	131	3678	572	4250	161	4411
	群状	3558	151	3709	587	4298	188	4486
	平均	3386	130	3517	681	4199	147	4346
2	正方形	4238	66	4304	588	4892	284	5176
	列状	4409	163	4572	483	5055	473	5528
	群状	4551	77	4628	434	5062	314	5376
	平均	4399	102	4501	502	5003	357	5360
3	正方形	3605	23	3628	415	4043	255	4298
	列状	3776	36	3812	265	4077	326	4403
	群状	4483	67	4550	190	4740	445	5185
	平均	3955	42	3997	290	4287	342	4629
4	正方形	1967	13	1980	359	2339	112	2451
	列状	2098	4	2102	306	2408	217	2625
	群状	2070	10	2080	317	2397	229	2626
	平均	2045	9	2054	327	2381	186	2567
平均	正方形	3216	53	3269	561	3830	186	4016
	列状	3458	84	3542	407	3949	294	4243
	群状	3665	76	3741	382	4124	294	4418
	平均	3446	71	3517	450	3968	258	4226

附表10. アカマツ牧草C区の可食草量(Kg f.w./10a)

年次	植栽様式	牧草類			野草類	可食草計	ワラビ	合計
		イネ科	マメ科	小計				
1	正方形	4018	—	4018	1387	5405	133	5538
	列状	5417	—	5417	1058	6475	39	6514
	群状	4575	—	4575	1163	5738	149	5885
	平均	4670	—	4670	1203	5873	106	5979
2	正方形	2865	—	2865	2715	5580	172	5752
	列状	2681	—	2681	2272	4953	175	5128
	群状	2399	—	2399	2622	5021	585	5606
	平均	2648	—	2648	2536	5184	311	5495
3	正方形	1546	—	1546	797	2343	170	2513
	列状	1378	—	1378	1311	2689	230	2919
	群状	889	—	889	1264	2153	728	2881
	平均	1271	—	1271	1124	2395	376	2771
4	正方形	1476	—	1476	925	2401	271	2672
	列状	1789	—	1789	1024	2813	126	2939
	群状	909	—	909	1210	2119	299	2418
	平均	1391	—	1391	1053	2444	232	2676
平均	正方形	2476	—	2476	1456	3932	187	4119
	列状	2816	—	2816	1416	4232	143	4375
	群状	2193	—	2193	1565	3758	440	4198
	平均	2495	—	2495	1479	3974	256	4230

附表1 1. ヒノキ野草区の可食草量 (Kg f.w./10a)

年次	植栽様式	ササ類	イネ科	スゲ類	雑草類	木本類	ツル類	可食草計	ワラビ	合計
1	正方形	29	224	3	28	257	13	554	8	562
	列状	33	200	2	26	230	15	506	2	508
	群状	31	250	3	22	228	26	560	1	561
	平均	31	225	3	25	238	18	540	4	544
2	正方形	46	246	8	28	246	23	597	35	632
	列状	46	204	8	29	321	35	643	4	647
	群状	31	397	10	24	304	66	832	6	838
	平均	41	282	9	27	290	41	690	15	705
3	正方形	59	226	9	50	258	21	623	6	629
	列状	66	245	13	49	218	43	634	6	640
	群状	27	330	9	15	308	29	718	21	739
	平均	51	267	10	38	261	31	658	11	669
4	正方形	72	228	13	27	241	21	602	18	620
	列状	44	216	18	27	337	34	676	2	678
	群状	46	356	31	34	313	39	819	15	834
	平均	54	267	21	29	297	31	699	12	711
5	正方形	70	115	12	22	230	20	469	16	485
	列状	40	101	15	18	364	17	555	8	563
	群状	45	222	20	19	274	35	615	15	630
	平均	52	146	16	20	289	24	547	13	560
6	正方形	68	89	11	19	302	13	502	46	548
	列状	55	85	7	23	294	26	490	10	500
	群状	44	168	6	8	255	23	504	16	520
	平均	56	114	8	17	284	21	498	24	522
平均	正方形	57	188	9	29	256	19	558	22	580
	列状	47	175	11	29	294	28	584	5	589
	群状	37	287	13	20	280	36	673	12	685
	平均	47	217	11	26	277	28	606	13	619

附表1 2. ヒノキ牧草A区の可食草量 (Kg f.w./10a)

年次	植栽様式	牧草類			野草類	可食草計	ワラビ	合計
		イネ科	マメ科	小計				
1	正方形	3369	1080	4449	742	5191	543	5734
	列状	2873	1023	3896	943	4839	361	5200
	群状	3525	646	4171	1141	5312	147	5459
	平均	3256	916	4172	942	5114	350	5464
2	正方形	3922	787	4709	957	5666	279	5945
	列状	3587	768	4355	1135	5490	175	5665
	群状	3058	749	3807	1094	4901	124	5025
	平均	3522	768	4290	1062	5352	193	5545
3	正方形	4020	819	4839	913	5752	298	6050
	列状	4474	554	5028	851	5879	160	6039
	群状	4692	723	5415	697	6112	62	6174
	平均	4395	699	5094	820	5914	173	6087
4	正方形	6120	2112	8232	1037	9269	382	9651
	列状	5592	1683	7275	735	8010	358	8368
	群状	6039	1771	7810	1072	8882	160	9042
	平均	5917	1855	7772	948	8720	300	9020
5	正方形	3347	1739	5086	892	5978	112	6090
	列状	2934	976	3910	975	4885	268	5153
	群状	2668	1544	4212	975	5187	124	5311
	平均	2983	1420	4403	947	5350	168	5518
6	正方形	1947	688	2635	1476	4111	91	4202
	列状	1449	349	1798	1274	3072	113	3185
	群状	1526	485	2011	1101	3112	170	3282
	平均	1641	507	2148	1284	3432	125	3557
平均	正方形	3788	1204	4992	1003	5995	284	6279
	列状	3485	892	4377	986	5363	239	5602
	群状	3585	986	4571	1013	5584	131	5715
	平均	3619	1027	4646	1001	5647	218	5865

附表13. ヒノキ牧草B区の可食草量(Kg f.w./10a)

年次	植栽様式	牧草類			野草類	可食草計	ワラビ	合計
		イネ科	マメ科	小計				
1	正方形	2203	-	2203	820	3023	801	3824
	列状	1403	-	1403	1043	2446	784	3230
	群状	1558	-	1558	1318	2876	521	3397
	平均	1721	-	1721	1060	2781	702	3483
2	正方形	3536	-	3536	649	4185	448	4633
	列状	2859	-	2859	917	3776	602	4378
	群状	2714	-	2714	1054	3768	389	4157
	平均	3036	-	3036	873	3909	480	4389
3	正方形	2714	-	2714	694	3408	139	3547
	列状	2309	-	2309	714	3023	148	3171
	群状	2589	-	2589	817	3406	92	3498
	平均	2537	-	2537	742	3279	126	3405
4	正方形	3612	-	3612	1064	4676	347	5023
	列状	3276	-	3276	1001	4277	287	4564
	群状	3476	-	3476	1070	4546	135	4681
	平均	3455	-	3455	1045	4500	256	4756
5	正方形	2693	-	2693	905	3598	186	3784
	列状	2168	20	2188	949	3137	190	3327
	群状	2016	36	2052	1267	3319	60	3379
	平均	2292	19	2311	1040	3351	145	3496
6	正方形	1047	-	1047	1001	2048	256	2304
	列状	754	-	754	1217	1971	205	2176
	群状	834	23	857	1224	2081	97	2178
	平均	878	8	886	1147	2033	186	2219
平均	正方形	2634	-	2634	856	3490	363	3853
	列状	2128	3	2131	974	3105	369	3474
	群状	2198	10	2208	1125	3333	216	3549
	平均	2320	5	2325	985	3310	316	3626

附表14. ヒノキ牧草C区の可食草量(Kg f.w./10a)

年次	植栽様式	牧草類			野草類	可食草計	ワラビ	合計
		イネ科	マメ科	小計				
1	正方形	4028	-	4028	937	4965	536	5501
	列状	4082	-	4082	822	4904	409	5313
	群状	4877	--	4877	934	5811	253	6064
	平均	4329	-	4329	898	5227	399	5626
2	正方形	2524	-	2524	1451	3975	290	4265
	列状	3718	-	3718	637	4355	272	4627
	群状	4011	-	4011	988	4999	199	5198
	平均	3418	-	3418	1025	4443	254	4697
3	正方形	3312	-	3312	1162	4474	190	4664
	列状	3598	-	3598	461	4059	116	4175
	群状	4570	-	4570	540	5110	90	5200
	平均	3827	-	3827	721	4548	132	4680
4	正方形	5702	-	5702	1022	6724	264	6988
	列状	5884	--	5884	255	6139	204	6343
	群状	5970	-	5970	544	6514	60	6574
	平均	5852	-	5852	607	6459	176	6635
5	正方形	4781	-	4781	1011	5792	59	5851
	列状	4844	-	4844	252	5096	40	5136
	群状	4951	-	4951	429	5380	9	5389
	平均	4859	-	4859	564	5423	36	5459
6	正方形	3816	-	3816	776	4592	62	4654
	列状	3077	-	3077	249	3326	72	3398
	群状	4251	-	4251	524	4775	85	4860
	平均	3715	-	3715	516	4231	73	4304
平均	正方形	4027	--	4027	1060	5087	234	5321
	列状	4201	-	4201	446	4647	186	4833
	群状	4772	--	4772	660	5432	116	5548
	平均	4333	-	4333	722	5055	179	5234

附表15. スギ野草区の可食草量(Kg f.w./10a)

年次	植栽様式	ササ類	イネ科	スゲ類	雜草類	木本類	ツル類	可食草計	ワラビ	合計
1	正方形	141	249	9	130	153	15	697	95	792
	列 状	64	105	13	126	194	34	536	65	601
	群 状	192	107	3	73	132	28	535	72	607
	平均	132	153	8	110	160	26	589	77	666
2	正方形	216	394	26	101	129	38	904	246	1150
	列 状	186	106	15	244	308	82	941	192	1133
	群 状	372	267	7	39	167	79	931	118	1049
	平均	258	256	16	128	201	66	925	185	1110
3	正方形	275	413	42	28	101	29	888	291	1179
	列 状	109	246	11	37	310	36	749	76	825
	群 状	459	399	8	50	215	32	1163	139	1302
	平均	281	353	20	38	209	32	933	169	1102
4	正方形	227	225	23	17	79	38	609	168	777
	列 状	112	132	6	12	241	18	521	63	584
	群 状	259	257	6	11	172	10	715	23	738
	平均	199	204	12	13	164	22	614	85	699
5	正方形	215	262	57	36	183	25	778	534	1312
	列 状	128	119	12	35	418	37	749	112	861
	群 状	183	237	18	36	386	32	892	110	1002
	平均	175	206	29	36	329	31	806	252	1058
6	正方形	243	198	72	47	118	20	698	279	977
	列 状	131	88	14	26	342	28	629	63	692
	群 状	243	183	23	19	268	24	760	103	863
	平均	206	156	36	31	243	24	696	148	844
7	正方形	110	123	64	18	53	22	390	207	597
	列 状	61	57	16	14	196	20	364	42	406
	群 状	126	87	10	18	153	19	413	62	475
	平均	99	89	30	17	134	20	389	104	493

年次	植栽様式	ササ類	イネ科	スゲ類	雜草類	木本類	ツル類	可食草計	ワラビ	合計
8	正方形	149	81	89	40	97	37	493	166	659
	列 状	77	84	16	11	179	17	384	32	416
	群 状	97	95	11	17	122	20	362	89	451
	平均	108	87	39	23	133	25	415	96	511
9	正方形	161	16	26	16	30	23	272	54	326
	列 状	53	18	9	9	120	23	232	61	293
	群 状	86	35	11	10	80	18	240	98	338
	平均	100	23	15	12	77	21	248	71	319
10	正方形	94	3	8	15	24	23	167	103	270
	列 状	44	6	12	6	117	17	202	37	239
	群 状	63	15	10	4	84	9	185	83	268
	平均	67	8	10	8	75	16	184	74	258
平均	正方形	183	196	42	45	97	27	590	214	804
	列 状	97	96	11	52	243	31	530	73	603
	群 状	208	168	11	28	178	27	620	90	710
	平均	163	153	21	42	173	28	580	126	706

附表16. スギ牧草A区の可食草量(Kg f.w./10a)

年次	植栽様式	牧 草 類			野草類	可食草計	ワラビ	合 計
		イネ科	マメ科	小 計				
1	正方形	7375	26	7401	233	7634	126	7760
	列 状	7184	2	7186	247	7433	47	7480
	群 状	6841	84	6925	152	7077	57	7134
	平均	7133	37	7170	211	7381	77	7458
2	正方形	2893	62	2955	330	3285	200	3485
	列 状	2681	267	2948	369	3317	52	3369
	群 状	2029	188	2217	258	2475	26	2501
	平均	2534	172	2706	319	3025	93	3118

年次	植栽様式	牧草類			野草類	可食草計	ワラビ	合計
		イネ科	マメ科	小計				
3	正方形	4151	211	4362	1203	5565	212	5777
	列状	4025	156	4181	524	4705	199	4904
	群状	3775	156	3931	563	4494	175	4669
	平均	3984	174	4158	763	4921	195	5116
4	正方形	2021	65	2086	1138	3224	227	3451
	列状	2093	133	2226	444	2670	151	2821
	群状	2724	83	2807	628	3435	164	3599
	平均	2279	94	2373	737	3110	181	3291
5	正方形	3353	164	3517	1435	4952	702	5654
	列状	2726	226	2952	1047	3999	562	4561
	群状	3365	166	3531	1512	5043	150	5193
	平均	3148	185	3333	1331	4664	471	5135
6	正方形	2177	440	2617	1110	3727	299	4026
	列状	2528	378	2906	965	3871	603	4474
	群状	2011	723	2734	874	3608	432	4040
	平均	2239	514	2753	983	3736	445	4181
7	正方形	1396	410	1806	1289	3095	119	3214
	列状	1662	392	2054	919	2973	77	3050
	群状	3114	496	3610	1028	4638	120	4758
	平均	2057	433	2490	1079	3569	105	3674
8	正方形	857	236	1093	1014	2107	50	2157
	列状	788	249	1037	676	1713	215	1928
	群状	2351	580	2931	774	3705	127	3832
	平均	1332	355	1687	821	2508	131	2639
9	正方形	120	31	151	691	842	20	862
	列状	201	131	332	523	855	87	942
	群状	634	236	870	879	1749	104	1853
	平均	318	133	451	698	1149	70	1219

年次	植栽様式	牧草類			野草類	可食草計	ワラビ	合計
		イネ科	マメ科	小計				
10	正方形	74	—	74	631	705	16	721
	列状	53	49	102	410	512	21	533
	群状	197	48	245	919	1164	90	1254
	平均	108	32	140	653	793	42	835
平均	正方形	2442	165	2607	907	3514	197	3711
	列状	2394	198	2592	612	3204	201	3405
	群状	2704	276	2980	759	3739	145	3884
	平均	2513	213	2726	759	3485	181	3666

附表17. スギ牧草B区の可食草量 (Kg f.w./10a)

年次	植栽様式	牧草類			野草類	可食草計	ワラビ	合計
		イネ科	マメ科	小計				
1	正方形	4021	219	4240	674	4914	195	5109
	列状	3161	121	3282	1349	4631	219	4850
	群状	2493	152	2645	1412	4057	216	4273
	平均	3225	164	3389	1145	4534	210	4744
2	正方形	5208	414	5622	330	5952	574	6526
	列状	4587	68	4655	470	5125	456	5581
	群状	4305	417	4722	546	5268	262	5530
	平均	4700	300	5000	449	5449	431	5880
3	正方形	3179	49	3228	358	3586	277	3863
	列状	3064	34	3098	315	3413	327	3740
	群状	2645	52	2697	266	2963	223	3186
	平均	2963	45	3008	313	3321	276	3597
4	正方形	991	107	1098	404	1502	419	1921
	列状	865	—	865	539	1404	318	1722
	群状	1228	—	1228	427	1655	125	1780
	平均	1028	36	1064	457	1521	287	1808

年次	植栽様式	牧草類			野草類	可食草計	ワラビ	合計
		イネ科	マメ科	小計				
5	正方形	2003	—	2003	877	2880	1048	3928
	列状	1289	—	1289	1099	2388	642	3030
	群状	1025	—	1025	1420	2445	552	2997
	平均	1439	—	1439	1132	2571	747	3318
6	正方形	1972	—	1972	872	2844	237	3081
	列状	1424	—	1424	634	2058	473	2531
	群状	1519	—	1519	1183	2702	478	3180
	平均	1638	—	1638	896	2534	396	2930
7	正方形	1241	—	1241	582	1823	166	1989
	列状	958	—	958	779	1737	138	1875
	群状	988	—	988	635	1623	240	1863
	平均	1062	—	1062	665	1727	181	1908
8	正方形	1112	—	1112	666	1778	163	1941
	列状	801	—	801	534	1335	204	1539
	群状	1432	—	1432	588	2020	188	2208
	平均	1115	—	1115	596	1711	185	1896
9	正方形	305	—	305	772	1077	37	1114
	列状	148	—	148	347	495	9	504
	群状	416	—	416	539	955	39	994
	平均	290	—	290	553	843	28	871
10	正方形	—	—	—	753	753	—	753
	列状	—	—	—	448	448	—	448
	群状	62	—	62	853	915	65	980
	平均	21	—	21	685	706	22	728
平均	正方形	2003	79	2082	629	2711	312	3023
	列状	1630	22	1652	651	2303	279	2582
	群状	1611	62	1673	787	2460	239	2699
	平均	1748	54	1802	689	2491	276	2767

附表18. スギ牧草C区の可食草量 (Kg f.w./10a)

年次	植栽様式	牧草類			野草類	可食草計	ワラビ	合計
		イネ科	マメ科	小計				
1	正方形	4402	—	4402	1643	6045	189	6234
	列状	4260	—	4260	968	5228	260	5488
	群状	5156	—	5156	922	6078	4	6082
	平均	4606	—	4606	1178	5784	151	5935
2	正方形	2413	—	2413	3652	6065	562	6627
	列状	1985	—	1985	3670	5655	198	5853
	群状	1781	—	1781	2774	4555	528	5083
	平均	2060	—	2060	3365	5425	429	5854
3	正方形	227	—	227	1283	1510	183	1693
	列状	888	—	888	997	1885	200	2085
	群状	795	—	795	1343	2138	305	2443
	平均	637	—	637	1208	1845	229	2074
4	正方形	437	—	437	1091	1528	737	2265
	列状	828	—	828	829	1657	233	1890
	群状	1180	—	1180	804	1984	368	2352
	平均	815	—	815	908	1723	446	2169
5	正方形	2855	—	2855	1358	4213	1137	5350
	列状	3249	—	3249	792	4041	741	4782
	群状	3697	—	3697	1361	5058	507	5565
	平均	3267	—	3267	1170	4437	795	5232
6	正方形	2381	—	2381	876	3257	952	4209
	列状	3023	—	3023	354	3377	402	3779
	群状	2849	—	2849	865	3714	529	4243
	平均	2751	—	2751	698	3449	628	4077
7	正方形	1417	—	1417	536	1953	222	2175
	列状	1891	—	1891	363	2254	58	2312
	群状	2167	—	2167	577	2744	125	2869
	平均	1825	—	1825	492	2317	135	2452

年次	植栽様式	牧草類			野草類	可食草計	ワラビ	合計
		イネ科	マメ科	小計				
8	正方形	2078	—	2078	501	2579	201	2780
	列状	1517	—	1517	283	1800	92	1892
	群状	3119	—	3119	640	3759	49	3808
	平均	2238	—	2238	475	2713	114	2827
9	正方形	595	—	595	437	1032	5	1037
	列状	332	—	332	192	524	22	546
	群状	967	—	967	545	1512	43	1555
	平均	631	—	631	391	1022	23	1045
10	正方形	22	—	22	446	468	—	468
	列状	32	—	32	401	433	—	433
	群状	115	—	115	555	670	—	670
	平均	56	—	56	467	523	—	523
平均	正方形	1683	—	1683	1182	2865	419	3284
	列状	1801	—	1801	885	2686	221	2907
	群状	2183	—	2183	1039	3222	246	3468
	平均	1889	—	1889	1035	2924	295	3219

附表19. アカマツ試験地の年次別牧養力( cow-day/ha )

区名	放牧年次				平均	
	1	2	3	4		
野草区 <sup>1)</sup>	89	116	86	104	99	
牧草区 <sup>2)</sup>	A区	(346)	197	242	265	263
	B区	250	302	243	224	255
	C区	286	284	164	264	250
	平均	294	261	216	251	256

注1) 野草区はアカマツ以外にスギも植栽されている。

注2) ( )内は予備試験のデータ

附表20. ヒノキ試験地の年次別牧養力( cow-day/ha )

区名	放牧年次						平均	
	1	2	3	4	5	6		
野草区	94	149	134	137	119	140	129	
牧草区	A区	339	359	333	417	391	282	354
	B区	259	340	282	415	374	236	318
	C区	360	405	477	473	518	452	448
	平均	319	368	364	435	428	323	373

附表21. スギ試験地の年次別牧養力( cow-day/ha )

区名	放牧年次										平均	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
野草区 <sup>1)</sup>	89	116	86	104	156	124	111	125	90	92	109	
牧草区	A区	304	186	216	249	302	307	289	225	122	93	229
	B区	247	292	203	206	244	288	197	228	88	85	208
	C区	224	204	100	158	329	281	208	213	119	87	192
	平均	258	227	173	204	292	292	231	222	110	88	210

注1) 野草区はスギ以外にアカマツも植栽されている。



17

