

氏 名 (本籍)	ご 後	とう 藤	まさ 正	かず 和
学 位 の 種 類	農	学	博	士
学 位 記 番 号	農 博 第	2 6 5	号	
学位授与年月日	昭和 5 6 年 3 月 2 5 日			
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当			
研 究 科 専 攻	東北大学大学院農学研究科 (博士課程) 畜産学専攻			
学位論文題目	牧草導入による林内草地の集約的利用 に関する研究			
論文審査委員 (主 査)				
	教授 林	兼 六	教授 水 間	豊
			教授 松 本	達 郎

論文内容要旨

わが国における今後の大家畜畜産を推進するうえで、従来の専用牧草地による山地の開発利用に加えて、一層、林地の畜産的利用を高めることが重要と考える。

こうした林地の畜産的利用は、天然広葉樹林の下草を利用した牛馬の飼養など、古くから慣行的に行われてきていたが、スギ、ヒノキ、アカマツなど造林地への放牧利用も多くみられるようになってきた。また近年は、林業と畜産の両業を併進的に行おうとする気運が高まり、また牧草導入による集約的利用に対する要望も強まっている。

しかし、これらについてのわが国における研究はまだ緒についた段階で、一連の施業技術を体系的に論ずるに至っていないのが現状である。とりわけ、牧草導入による壮齢林地の畜産的利用に関する試験研究はきわめて少ない。

さて、牧草を導入することによって、林地の集約的利用を図る場合、対象とする林地の林令によって、それぞれ施業技術的に異なった問題を生ずる。すなわち、幼齢林地では放牧家畜による林木の被害の危険性をともなうので、林木の被害を最少限にとどめるための施業技術の検討を要する。これに対して、壮齢林地では林床の光条件が悪化するために、林地を疎開し、光環境をととのえて、林内牧草の生産量を確保することが重要である。また、このような庇陰下で生産された牧草については、放牧牛による利用性の検討も重要であると考えられる。

そこで、本研究では、牧草導入による林内草地の集約的利用の技術的可能性を明らかにすることを目的として、幼齢林地では樹種とその損傷について、また壮齢林地では林齢、間伐度合の異なるアカマツ林内の牧草生産性、ならびに放牧牛による採食利用性について検討究明した。また、牧草導入と関連して、その林木の生長への影響、および緩効性肥料の林内草地への適用性についても検討を試みた。

1 幼齢造林地への牧草導入が放牧牛による林木の損傷に及ぼす影響に

ついて

2樹種（アカマツ・スギ）と2林床植生（牧草・野草）の組み合わせで4試験区（Fig. 1）を設定して、放牧試験を行い、林木の損傷の種類と発生率を春季、夏季に調査した。なお、放牧は各区の可食草量に対応して中庸な放牧強度で行った（Table 1）。

- a) 蹄傷害の発生は、両樹種とも牧草区において高かった。これは、牧・野草間の草量に対応した滞牧日数の違い、すなわち植栽木に対する放牧圧が牧草区において野草区よりも強まった結果と考えられた。
- b) 食害は、アカマツにおいてのみ発生し、スギでは全くみられなかった。また、アカマツの食害の発生率は林床植生や放牧季節によって明らかに異なり、野草区よりも牧草区で、また夏季よりも春季で高かった。とくに春季放牧の牧草区では全植栽木の68.5%が食害を受け、春季の野草

区や夏季の牧・野草区の3-10%をはるかにうまわっていた。これは、林床植生が牧草であるために引き起される放牧牛の生理的要求と関連した、いわゆる“食べあわせ”の現象と考えられた。

2 アカマツ壮齢林地の牧草生産性

林齢(20年生, 40年生)ならびに間伐度合(20年生; 普通間伐, 25%強度間伐, 50%強度間伐)の異なるアカマツ壮齢林地の牧草生産性を、専用牧草地と対比しながら、比較検討した。

- a) 林内の相対日射量は、林齢や間伐度合によって異なり、また春季から夏季にかけて低下し、再び秋季に増加する季節変化を示した(Fig. 2)。また、20年生林内の相対日射量は年々減少したが、40年生林では一定の傾向がみられず、これは林齢による林木の生育速度の違い、すなわち樹冠閉鎖速度の違いによるものと考えられた。
- b) いずれの林内でも、専用牧草地と同様の良好な出芽成績が得られ、また越冬後においても出芽時の本数が確保されていた。
- c) 林内の年間牧草収量は、専用牧草地にくらべて低いものの、40年生林では通常的林業経営に即した立木本数で、また20年生林でも間伐度合を強めることによりかなりの収量が得られた。また、林内の牧草収量は、造成2年目をピークとして、以降年々減少する傾向がみられた(Table 2)。
- d) 林内の牧草は、専用草地の牧草にくらべて出穂本数が少なく、したがってスプリングフラッシュ現象がみられない季節平準的な生産パターンを示した(Fig. 3)。
- e) 林内では、専用牧草地にくらべて草丈、莖数密度が低くなっていた。また、両者の草種構成にも明確な相違が認められ、専用牧草地がオーチャードグラス主体の草地であるのに対して、林内ではペレニアルライグラス・ケンタッキーブルーグラスが優占した。

3 林内牧草の生産要因と施肥法

20年生林内において、春季の林内牧草の生産性と相対日射量との関係、牧草導入にともなうアカマツ葉の成分含有率、林木成長への影響、ならびに緩効性肥料の林内草地への適用性などについて検討した。

- a) 相対日射量と春季の牧草収量、莖数ならびに出穂本数との間に高い正の相関が認められた。これらの関係を草種別に検討したところ、オーチャードグラスにのみ高い相関が認められ、オーチャードグラスの莖数や出穂本数の少ないことが林内牧草の生産性低下をもたらす一因と考えられた(Fig. 4)。

- b) 牧草導入林地のアカマツは、牧草非導入のものにくらべて、葉の窒素含有率が高く、このことから、牧草への施用肥料がアカマツにかなり吸収利用されていることがうかがわれた (Fig. 5)。
- c) 速効性肥料の年3回施用と緩効性肥料の年1回施用間で、年間牧草収量および季節生産性に違いは認められなかった。したがって、緩効性肥料の利用によって、林内牧草への施肥管理の省力化が可能であることが明らかとなった。

4 壮齢林内牧草の採食利用性

壮齢林内牧草の放牧牛による採食利用性を明らかにし、またその主要な要因と思われる庇陰条件を設定した圃場実験を行って、庇陰牧草の嗜好性を検討した (Table 3)。さらに、これら庇陰牧草の嗜好性と草中の化学成分との関係を明らかにした。

- a) 林内牧草は専用草地の牧草にくらべて放牧牛による採食利用性が低く、また林内でも25%強度間伐区、普通間伐区と庇陰度が増すにつれてその傾向は顕著となった。また、メン羊を用いた刈取り給与試験においても放牧試験と全く同様の結果となり、林内牧草の採食利用性の低下は各処理区間の草種構成や、草中の化学成分と関連した牧草の嗜好差によるものと示唆された。とくに化学成分の中で、庇陰牧草の硝酸態窒素の多量な集積と深い関係にあるものと考えられた (Fig. 6, Table 4, 5)。
- b) 庇陰牧草の嗜好性は施肥窒素の量や形態と密接に関係し、少肥よりも多肥条件で、また硫酸よりも尿素、硝酸施用で、それぞれ低くなることが明らかとなった。また、庇陰牧草の草種間の嗜好差は各季節ともメドウフェスク、オーチャードグラスが高く、春季にはトルフェスクも、秋季にはペレニアルライグラスも高かった。
- c) 庇陰牧草の嗜好性と草中の窒素成分との関係では、全窒素ならびに硝酸態窒素の含有率との間に負の相関が認められた。とくに硝酸態窒素では、比較する給与草間の含有率差が大きくなるにつれてその嗜好差は顕著となっていた。なお、タンパク態窒素含有率との間には一定の関係は認められなかった。可溶性炭水化物との関係では、85%エタノール+水可溶、ならびに0.7N熱塩酸可溶までの炭水化物含有率との間に正の相関が認められた (Table 6)。

以上の結果に基づき、牧草導入による林内草地の集約的利用に関して以下のように考えられる。幼齢林地を対象とする場合には、アカマツよりもスギが適しているなど、樹種の選択がきわめて重要であると考えられる。また、牧草導入による草生産量の増加にともなう蹄障害の多発生については、施肥管理等によって草生産量を調整して適正に利用すれば、林木の集中的な被害の発生は回避され、林業生産にもそれほど支障なく、牧草導入による幼齢林地の集約的利用を可能にするものと考えられる。

壮齡林地を対象とする場合には、アカマツの40年生林以上では通常の林業施業形態をとりながら十分に牧草生産が可能であり、また20年生林でも間伐度合を強めることによって、かなりの収量増加がみこまれる。また、林内牧草では硝酸態窒素の集積による嗜好性の低下など若干の問題はあるものの、導入牧草種の選択や林内草地独自の施肥管理法の確立などにより、周辺の野草地や専用牧草地との組み合わせ利用において、放牧地として十分に補完的役割りを果たすものと考えられる。

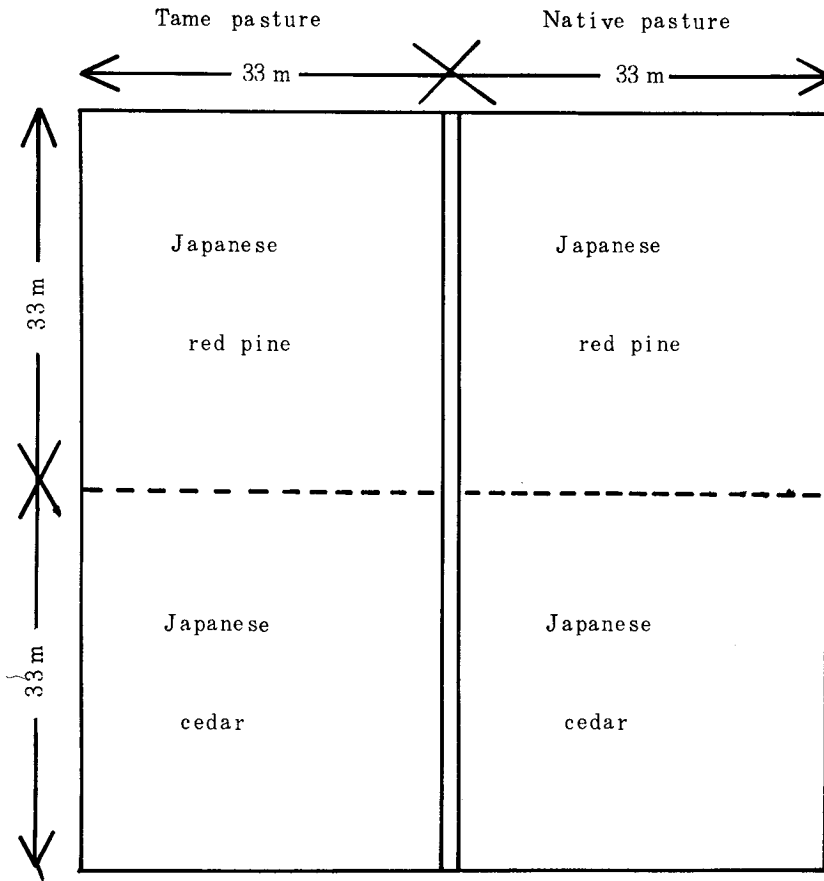


Fig 1. Experimental plot.

- a) The plant numbers Japanese red pine:400 trees/10a
Japanese cedar :300 trees/10a

b) these are planted squarely.

Table 1. The damage of Japanese red pine and Japanese cedar planted this year by grazing beef cattle

Season	Tree species	Pasture	The percentage of tree damage(%)	
			Trampling	Browsing
Spring	Japanese cedar	Tame	31.4	0.0
		Native	22.6	0.0
	Japanese red pine	Tame	16.9	68.5
		Native	13.5	3.3
Summer	Japanese cedar	Tame	27.1	0.0
		Native	15.7	0.0
	Japanese red pine	Tame	27.4	9.8
		Native	25.1	2.5

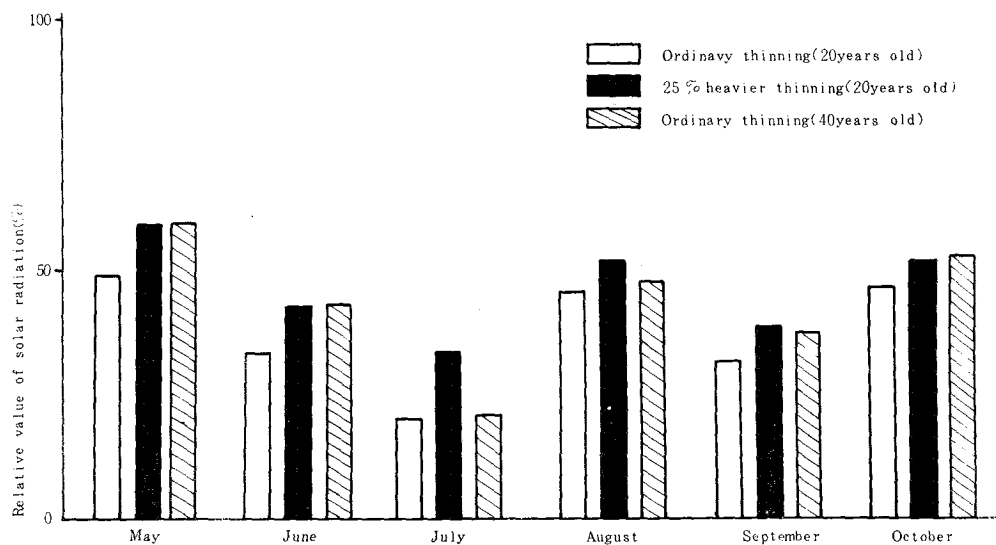


Fig 2. The relative value of solar radiation on the forest floor of Japanese red pine.

Table 2 The herbage yield on Japanese red pine forest.

Experimental plot	Stand density	Year (Fw kg/10a)				
		1976	1977	1978	1979	Average
Control(open area)		1927.5	4165.0	2960.0	4163.3	3304.0(100.0) ^a
Ordinary	1578/ha	696.9	1070.3	866.0	668.3	825.4(25.0) ^d
20-25 25%heavier	1147/ha	1003.6	1677.3	1151.6	936.6	1192.3(36.1) ^{bc}
50%heavier	779/ha	-----	-----	1741.7	1546.7	1644.2(49.8) ^{ac}
40-45 Ordinary	525/ha	1003.6	2078.7	1581.3	1335.0	1499.7(45.4) ^c

Means followed by different superscripts differ significantly (p<0.01).

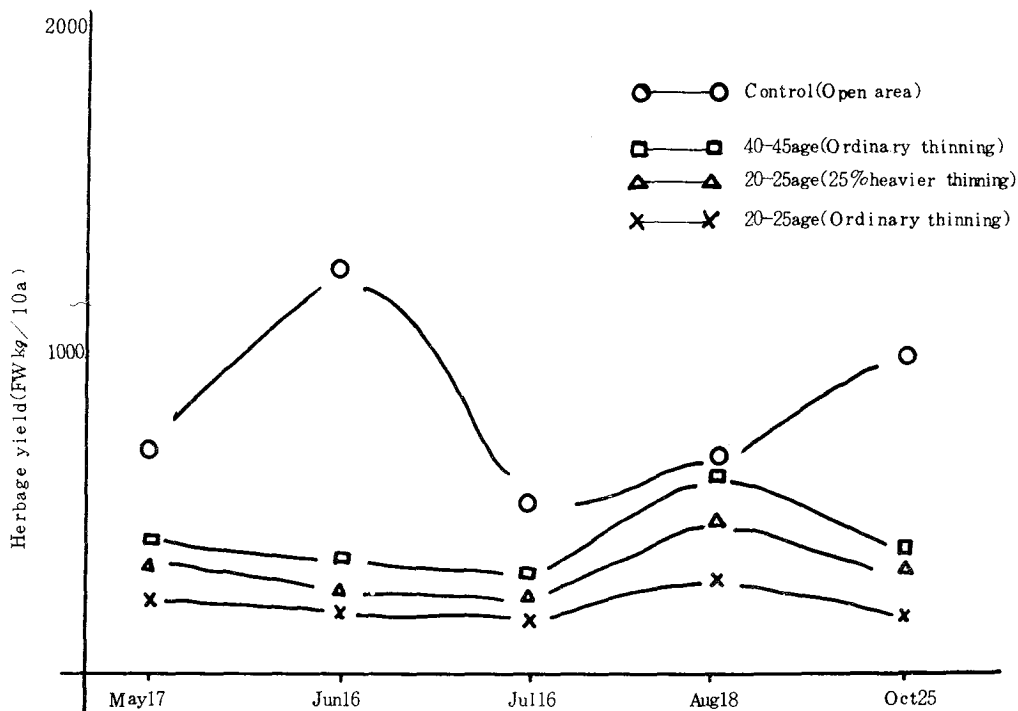


Fig.3 The seasonal change of herbage yield on Japanese red pine forest.

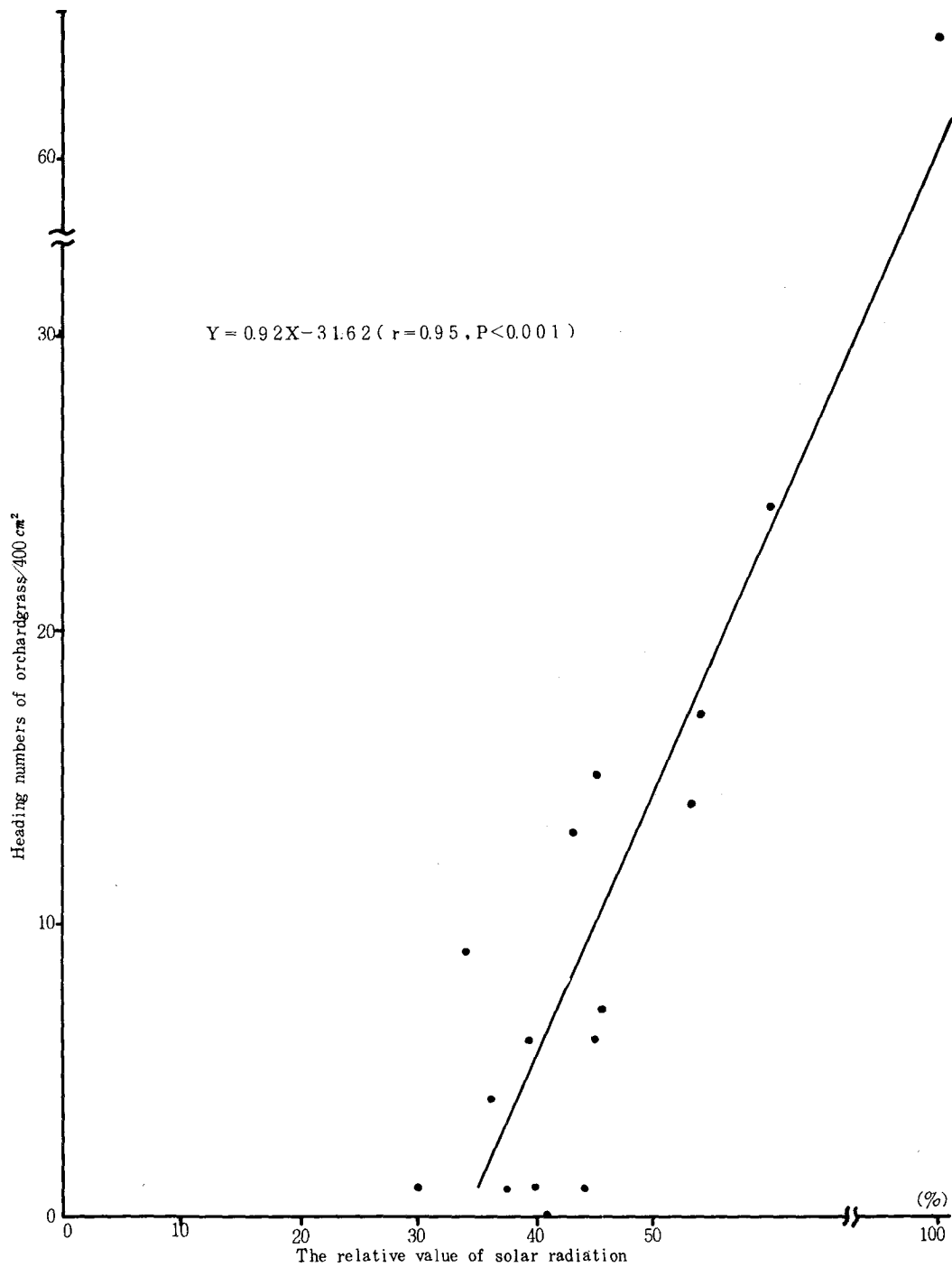


Fig.4 The relation between the relative value of solar radiation and heading numbers of orchardgrass.

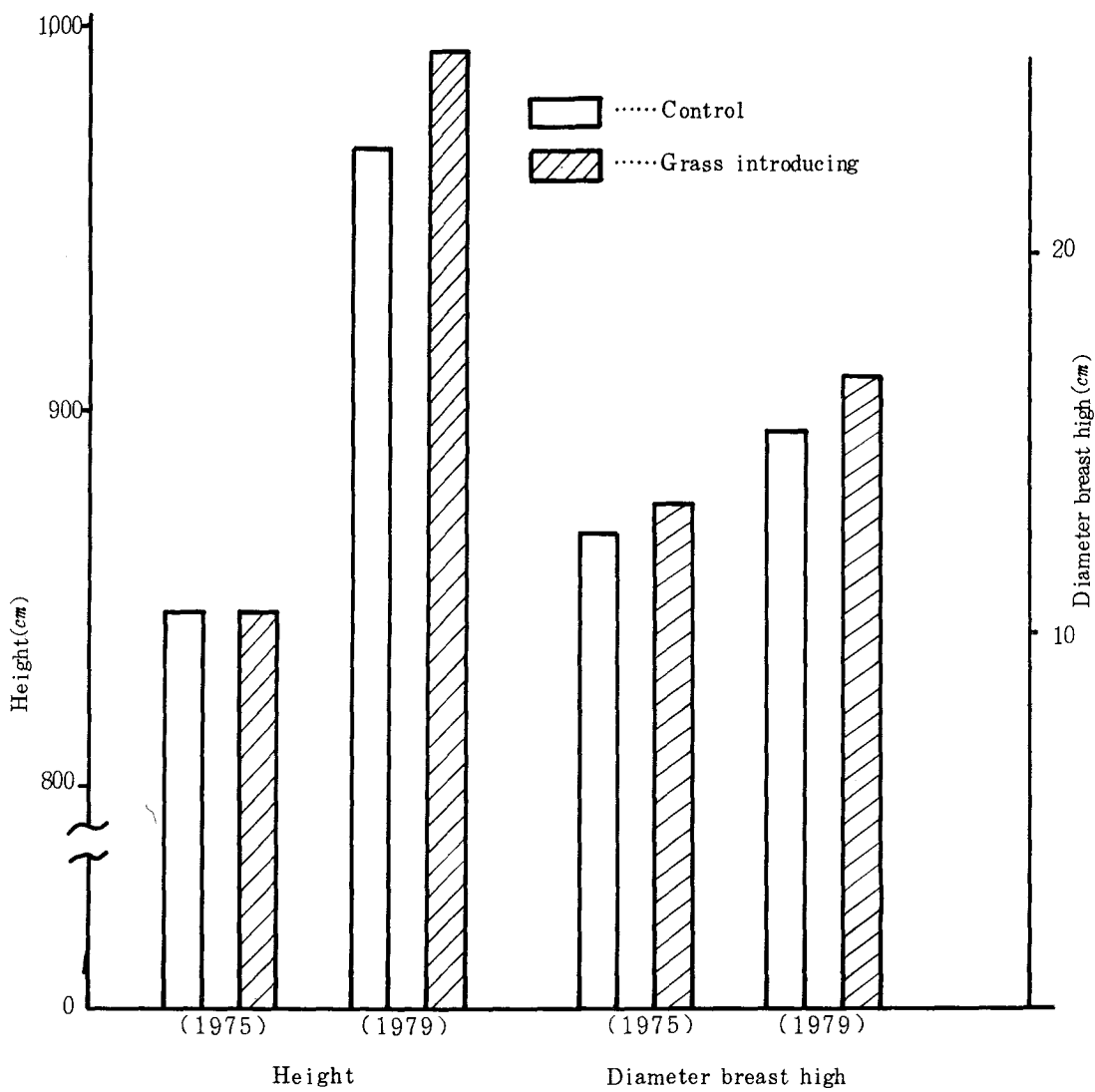


Fig.5 The effect of fertilizer on the growth increment of Japanese red pine.

Table 3. The combination of herbage in a two choice preference test.

Combination of herbage	Date				
Non-shaded vs Shaded					
Intraspecies	1979				1980
OG vs OG	5/11	7/7	8/30	10/23	6/6
PR vs PR			8/30	10/23	6/6
MF vs MF			8/30	10/23	6/6
TF vs TF			8/30	10/23	6/6
KB vs KB			8/30		
Shaded vs Shaded					
Interspecies	1979				1980
OG vs PR			8/30	10/23	6/6
OG vs MF			8/30	10/23	6/6
OG vs TF			8/30	10/23	6/6
PR vs MF			8/30	10/23	6/6
PR vs TF			8/30	10/23	6/6
MF vs TF			8/30	10/23	6/6
Level of N,P fertilizer					
3N vs 1/2N	5/11	7/7		10/23	
1N vs 3N	5/11				
1N vs 1/2N	5/11				
3P vs 1P	5/11				
3P vs 1/2P	5/11	7/7		10/23	
1P vs 1/2P	5/11				
Form of N fertilizer					
Ammo.sulfate vs Ammo.nitrate		7/3	8/25		
Ammo.sulfate vs Urea		7/3	8/25		
Ammo.nitrate vs Urea		7/3	8/25		

OG; Orchardgrass, PR; Perennial ryegrass, MF; Meadow fescue, TF; Tall fescue
 KB; Kentucky bluegrass

3N; 12 kg/10a N, 1N; 4 kg/10a N, 1/2N; 2 kg/10a N as urea at a time.
 3P; 6 kg/10a P, 1P; 2 kg/10a P, 1/2P; 1 kg/10a P as fused phosphate
 at a time.

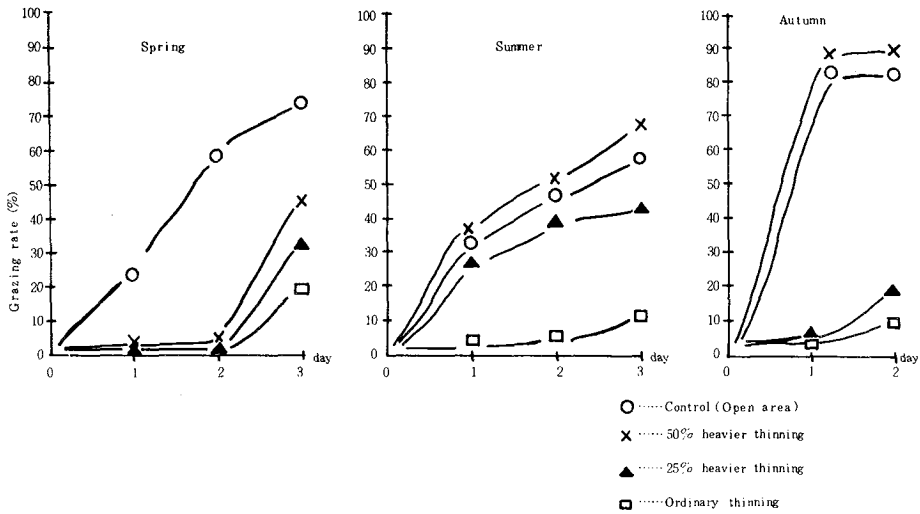


Fig 6 The difference of grazing rate between 4 experimental plots.

Table 4 The percentage of herbage consumption among 4 experimental plot.

Comparison	The percentage of herbage consumption(% Mean±S.D.)	Comparison	The percentage of herbage consumption(% Mean±S.D.)
Control(Open area)	90.5±9.2	50% heavier	74.6±21.9
Ordinary	9.5	25% heavier	25.4
	** (n=7)		* (n=6)
Control(Open area)	94.2±5.3	25% heavier	60.7±25.8
25% heavier	5.8	Ordinary	39.3
	** (n=7)		(n=6)
Control(Open area)	60.2±28.3	**,* are significant at 0.1% and 5% level,	
50% heavier	39.8	respectively.	
	(n=6)		

Table 5 The chemical composition of herbage

Season	Herbage	Nitrogen(% of DW)		Soluble carbohydrate(% of DW)			Total
		T-N	NO ₃ -N	85% ethanol soluble	Water soluble	Hot 0.7N HCL soluble	
Spring	Control(Open area)	1.98	0.108	8.30	0.83	9.40	18.53
	50% heavier	3.07	0.230	7.65	0.45	10.60	18.70
	25% heavier	3.37	0.260	6.75	0.40	10.10	17.25
	Ordinary	2.92	0.120	6.25	0.40	14.00	20.65
Summer	Control(Open area)	2.73	0.160	6.80	0.35	13.40	20.55
	50% heavier	2.58	0.090	6.10	0.33	10.00	16.43
	25% heavier	3.35	0.280	5.20	0.35	12.60	18.15
	Ordinary	3.26	0.250	5.95	0.33	2.40	8.68
Autumn	Control(Open area)	4.04	0.170	9.50	0.90	11.40	21.80
	50% heavier	4.88	0.640	5.80	0.30	10.20	16.30
	25% heavier	4.50	0.650	5.90	0.30	10.60	16.80
	Ordinary	4.61	0.630	6.00	0.33	10.00	16.33

T-N ; Total nitrogen, NO₃-N ; Nitrate nitrogen.

Table 6 The relationship between the percentage of herbage consumption and the chemical substance.

Substance	Relationship	The percentage of consumption of lower content herbage(Mean ± S.D.)
Total nitrogen	Negative	61.1 ± 29.9(n=49, p<0.025)
True protein nitrogen	None	51.4 ± 32.9(n=39, ns)
Nitrate nitrogen	Negative	70.3 ± 24.5(n=49, p<0.001)
85% ethanol+water soluble carbohydrate	Positive	40.7 ± 32.1(n=42, p<0.10)
Hot 0.7N HCL soluble carbohydrate	None	47.5 ± 33.5(n=40, ns)
Total soluble carbohydrate	Positive	38.1 ± 31.2(n=42, p=0.025)

審査結果の要旨

わが国における山地の畜産的利用は、各種の自然的・社会経済的条件よりみて、林業との土地共用方式をとる林内草地の開発にまつところが大きい。このばあい、林内草地の下層植生を野草のままに止めず、牧草の導入によって、その牧養力を高めてゆく集約化が望まれているが、それに関する研究は、国内外を含めて皆無に等しい。本研究は、牧草導入による林内草地の集約的利用に関し、その技術体系確立のための基礎的知見を得ようとしたものである。

著者はまず、新植直後の幼齢林を対象として、樹種をスギとアカマツ、草種を野草と牧草に組合わせた放牧試験を行い、放牧牛による食害が、スギに対しては皆無であるのに、アカマツに対してはみられ、とくに下層植生が牧草のばあい、極めて顕著であることを明らかにした。

次に著者は、アカマツ壮齢林を対象にして、樹齢および間伐強度による林内牧草の生産性を試験調査し、林業における一般的な立木本数では、対照（無立木）牧草地に比べて、40年生林で約2分の1、20年生林で約4分の1の牧草生産量となること、20年生林の間伐を強めると次第に牧草生産量が増加し、立木本数の半減によって、対象草地の約2分の1に達すること、さらに、これら林内草地の牧草生産が、対象草地に比べて季節平準化を示すことなどを明らかにした。そして、このような林内牧草の生産性が、樹陰による相対日射量の変化や、混播草種間の生育比率の推移によってもたらされていることを、生態学的に解析した。

続いて著者は、林内牧草の嗜好性が、庇陰度の高まるにつれて低下することを、放牧牛による採食性テスト、メン羊に対する刈取給与テストから明らかにしたが、その要因を解析するために、圃場で人工的庇陰の下に栽培した牧草を供試して、牧草の化学成分と嗜好性との関係を調べ、可溶性炭水化物含量の減少、および窒素含量とくに硝酸態窒素含量の増加が、嗜好性低下にもっとも大きく関与していることを明らかにした。

このほか著者は、林内草地に対する施肥が、牧草とともに林木にもかなり利用されていること、緩効性肥料を年1回施用することで十分に効果あることなどを、併行的に実証したが、これらを含めた本研究の試験結果は、林内草地の集約的利用に関する技術体系確立に、貴重な基礎的データを提供するものである。

以上本研究は、国内外とも未開拓であった研究分野において、実証的データとその要因解析に多くの新知見を得たので、畜産学および草地学に寄与するところが大きい。よって、審査員一同は、著者が農学博士の学位を授与されるに十分な資格があると認定した。