林試研報 Bull. For. & For. Prod. Res. Inst. No. 354, 1989 99～130

トドマツ人工林の成立に及ぼす育成乳牛放牧の影響

馬場強逸[1]・高畑 滋[2]・柴田弥生[3]
中田 功[4]・毛利勝四郎[5]・横山長蔵[6]

Kyoitsu BABA, Shigeru TAKAHATA, Yayoi SHIBATA,
Isao NAKATA, Katsushirou MOURI and Chozo YOKOYAMA :

Effect of Cattle Grazing on the Establishment of a Man-Made *Abies Sachaliensis* Forest

要 旨：林地放牧を実施する際に，林業経営上問題となるのは，幼齢造林地放牧における造林木の損耗と，それによる成林成績の低下が考えられる。本研究はこの点を明らかにすべく，北海道で最も広い人工造林面積をもち，かつ放牧利用の経験のないトドマツについて，造林地を対象に放牧利用に関する資料を得ようとした。

試験地を札幌営林署札幌事業区57林班のトドマツ造林地に設定し，林内草種を牧草と野草，植栽方法を4本群状植えと2列植え，植栽密度を3000本/haと1500本/haの合計8種類の処理を組み合わせた放牧試験地を造成した。ここに林齢2年目からホルスタイン種育成牛を毎年5～9月の約140日間，3年間放牧した。林齢5年目からは4つの野草牧区だけに調査を限定し，改めて牧草を導入した草種転換区と野草区を設けて，さらに12年間同様の放牧試験を実施した。

この結果，次のような成果が得られた。①現存草量を基礎にして牧養日数を定め，林齢2年生の8種類の試験区にそれぞれ放牧したところ，植栽時に牧草化した4つの試験区は，3年間に造林木の被害が累積して放牧利用が不可能となった。しかし残りの4つの野草牧区は比較的被害が少なかった。②放牧被害木の発生は，当初数年間に集中し，放牧3年目までに被害を受けた造林木の割合をみると，粗植区が密植区に較べてやや高かった。③植栽時の野草区に対しては通算15年間放牧したことになるが，途中から牧草を導入した草種転換区を含め，4年目以降の造林木の被害はきわめて軽微で，成林成績も良好であった。林齢18年生の現存本数率は平均87%である。④野草牧区および草種転換区の造林木の生長は，樹高，胸高直径，樹冠径の各々が禁牧区に比して10～30%大きい。⑤放牧当初の大被害木（蹄傷剝皮）を18年生時に樹幹解析したところ，傷跡は褐色に変色しているが，腐朽していないものが多かった。

目 次

Ⅰ．試験の目的 …… 100
Ⅱ．試験の方法と経過 …… 101
1．試験地の造成 …… 102
2．牧区の変更 …… 103
3．放牧方法 …… 103
4．試験地の管理 …… 103

1988年1月14日受理
経営－36 Forest Management－36
(1) (2) (4) (5) (6)元北海道支場
(3)北海道支場（現北海道支所）

5．調査項目 …… 103
Ⅲ．試験の結果 …… 105
1．放牧の実績 …… 105
1）牧養日数 …… 105
2）予備牧区を含めた放牧日数 …… 106
3）試験牧区における放牧の日数 …… 106
4）放牧頭数 …… 106
5）放牧牛の増体重 …… 106
2．草の生育と収量 …… 107
3．草種別にみたトドマツ造林木の生立本数の推移 …… 107
4．トドマツ造林木の放牧被害 …… 109
1）被害木 …… 109
2）枯損木 …… 111
5．トドマツ造林木の生育 …… 111
1）樹高生長 …… 112
2）胸高直径生長 …… 114
3）樹冠径生長 …… 114
Ⅳ．考　　察 …… 114
1．放牧被害について …… 114
1）樹高と傷害の発生 …… 114
2）牧養日数と傷害の発生 …… 115
3）牧養日数と枯損の発生 …… 116
2．トドマツの生育について …… 117
3．トドマツ造林地の放牧利用年限 …… 118
4．供試牛について …… 120
5．試験地の管理について …… 121
1）不食草の対策 …… 121
2）放牧施設 …… 123
6．総合検討 …… 123
Ⅴ．あとがき …… 125
引用文献 …… 126
Summary …… 127

Ⅰ．試験の目的

トドマツは北海道の主要造林樹種であって，全道人工造林地面積の52％，775千 ha を占めており，

北海道の将来の木材資源として期待されているが，最近は林業労働力の減少や高賃金が原因して，造林地の保育も十分行われ難い状況にある。一方畜産分野では，特に低コスト肉牛生産を目指した粗飼料源として，林地放牧が期待されている。この両者の要望を同時に解決する一方法として，トドマツ造林地の放牧利用が可能であれば益するところ大である。かゝる見地よりトドマツ造林地の放牧利用方法について試験し，成林可能な放牧利用の程度を明らかにすることを目標とした。

Ⅱ．試験の方法と経過

試験地は管理上の利便性から林業試験場北海道支場に近い札幌郡広島町西の里に所在する国有林札幌事業区57林班と小班に設定した（Fig. 1 参照）。該当地の現況は農耕地帯に介在する50 ha ほどの孤立林地で，地形は丘陵性の起伏を伴った緩斜地形をなし，中央部に複数の沢筋を含む地形が原因して農業的利用から外された一団地である。地質は洪積層に属し，土壌は B_D 型，一部に B_E 型を伴った第三紀の埴壌土である。気候は Table. 1 の如く当該地より数 Km 離れた林業試験場北海道支場の元野幌試験地気象観測値によると，年平均気温8.3℃，年降水量1175 mm である。試験地の前歴は過熟な針広混交天然林であって，針葉樹ではトドマツ，広葉樹ではミズナラ，セン，シナ，シ

表 1．野幌試験地気象表（1929～1968）

位　置：北海道札幌郡西野幌
緯　度：N 43°03′
経　度：E 141°32′
標　高：50 m

項　目	月						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
平均気温 (℃)	− 6.1	− 5.2	− 0.6	6.7	12.8	16.6	20.6
最高平均気温 (℃)	− 2.6	− 1.8	2.1	10.0	16.4	19.8	23.8
最低平均気温 (℃)	−10.7	−10.3	− 5.7	0.6	5.8	10.6	15.5
降水量 (mm)	107.5	74.2	66.4	62.6	68.4	82.4	113.2
降水最多日量 (mm)	(25) 11 49.9	(6) 24 83.6	(6) 7 47.3	(22) 21 71.7	(6) 22 89.1	(39) 3 102.6	(21) 22 92.4
平均積雪深 (cm)	62.2	84.6	72.9	12.0	0.0		

項　目	月					全　年	観測年数
	VIII	IX	X	XI	XII		
平均気温 (℃)	22.5	18.4	12.0	− 4.2	− 2.7	8.3	40
最高平均気温 (℃)	25.2	21.2	15.3	77.2	0.2	11.4	40
最低平均気温 (℃)	17.4	12.1	5.5	− 0.6	− 7.0	2.8	40
降水量 (mm)	130.7	160.3	105.0	103.3	101.4	1,175.3	40
降水最多日量 (mm)	(25) 1 157.6	(32) 17 174.6	(15) 1 165.0	(15) 14 85.0	(21) 2 61.6	(32)XII17 174.6	40 40
平均積雪深 (cm)			0.0	3.4	22.3	257.4	40

（ ）は年

ラカンベ等の中・大径木で構成されていたが，昭和29年の15号台風により倒壊する被害をうけた。この荒廃林分を昭和43年に皆伐し，林床のネマガリダケを刈り払い，火入地拵えによって整地し，昭和44年春に試験地としてトドマツを植栽した。植栽に当たっては当初から放牧利用の計画のもとに後述の植栽方法を採用した。

1．試験地の造成

試験地の造成に当たっては，トドマツ混牧林として長期間の放牧利用を図るため，林床面に良好な光環境を与えることの必要から，トドマツ苗木の植栽間隔を広くあけるなど，植え方を Table. 2 および Fig. 2 の如く設計した牧区での草種について自然草種のままの野草A牧区と，新たに牧草を導入する牧草Aの2種類とし，植栽方法について4本群状植栽と2列列状植栽の2種類とした。また，各放牧区ごとにその一部を区切って禁牧区とした。植栽密度について当時国有林で標準的に採用されていた3000本/ha とその½の1500本/ha の2種類とした。

牧草A牧区の牧草導入はトドマツ植栽と同時に行った。草種は耐陰性が強いとされるオーチャードグラス 2 kg/10a を主体にケンタッキーブルーグラス 1 kg/10a アカクローバ 0.5kg/10a，シロ

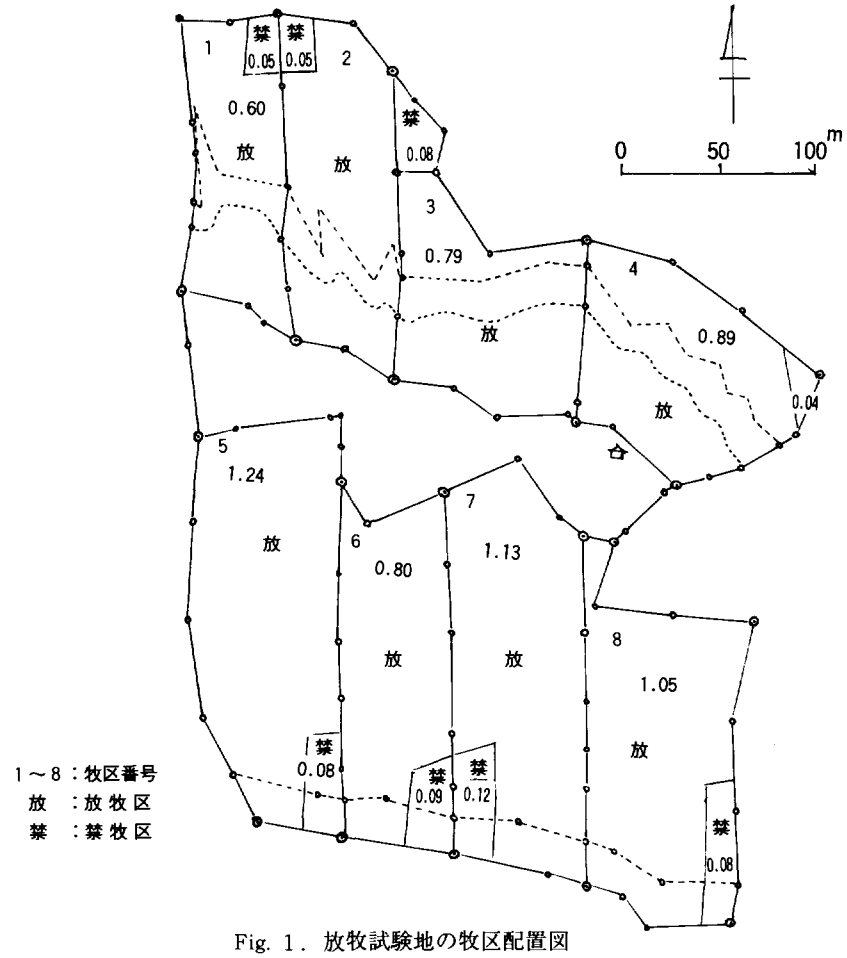

Fig. 1．放牧試験地の牧区配置図

クローバ0.5kg/10aの4種混播とし，草地用化成肥料（N6，P11，K11）30kg/10aと混合して，植栽列間に植栽木から60cm間隔をおいて散播した。播種床はチシマザサの根が密なため地表面の耕起はしていない。牧草を導入した区では生産維持のため毎年追肥を行った。標準施肥量は草地用化成2号（N6，P11，K11）30kg/10a年1回施肥した。1980年から5年間は草勢衰退がみられたので倍量の60kg/10aを施肥した。

放牧施設の設置は牧柵，水飲場，監視舎，庇陰舎，追込場，体重測定舎等である。牧柵は有棘鉄線3段張りとし，3mごとに鉄製アングル杭を打ち，20mごとにカラマツ丸太杭を立てて補強した。放牧中の飲用水は沢地に井戸を堀り，溜り水をポンプアップして各牧区に配管給水したが，試験4年目以降はその後湧出した自然水を利用した。

2．牧区の変更

当初計画でトドマツ造林地を下草の種類によって牧草A牧区（1～4牧区）と野草A牧区（5～8牧区）に分けて放牧を実行した結果，牧草A牧区は牧草量に見合った放牧で高い放牧圧となり造林木に被害が多発し，3年目にして放牧利用は林業的に不可能となった。このため牧草A牧区を試験区より外して，試験調査の対象とはしないが輪換放牧の対象としての予備牧区とした。一方野草A牧区は自然草地植生であったため，3年間の放牧により著しく草量を減じ牧養力も低下したので，5牧区のみを野草B牧区として残して，6～8牧区について3年目に除草剤を一部使用して不耕起で牧草を散播し，放牧を続けながら牧草の定着をはかるいわゆる蹄耕法で牧草地化した。その結果，牧草はよく定着したので4年目以降はこれを牧草B牧区とした。

3．放牧方法

放牧供試牛は当地が酪農地帯であることから，地元農協の協力を得て，複数の酪農家よりホルスタイン種育成雌牛（月齢8～12か月）を数頭～10数頭毎年借上げて供試した。放牧はトドマツ造林地の林齢2年から，牧草A牧区4区，野草A牧区の4区計8牧区は毎年5月中旬～9月下旬までの輪換放牧を行った。放牧日数は平均140日である。放牧は過度にならぬように注意し，牛1頭1日当たりの採食量，踏付量を体重の20%とみなして，これで草の現存量を除し，見積り放牧日数としたが，さらに採草状況を勘案して調整している。放牧日数算定の基礎となる草の現存量は，放牧3年目までは牧区ごとに入牧前日の坪刈り調査値より推定し，4年目には前述のように牧区の草種の変更等を行ったが，放牧方法についてはそれ以前と同様とした。4年目以降は固定草量調査地を設けてこれより現存量を推定した。さらに6年目以降は試験牧区（牧草B牧区，野草B牧区5・6・7・8牧区）の牧区境界の有棘鉄線を撤去して一つの放牧試験区として，予備牧区（1～4牧区）との輪換方式で放牧を継続実施した。

4．試験地の管理

試験当初5年間は管理人1名を雇傭して，牧柵の保守，放牧牛の看視管理・転牧後の掃除刈り等を実施したが，6年目以降は地元の酪農家に供試牛の借上げとともに放牧管理も委託して試験を継続した。

5．調査項目

1)．植栽列を隔列ごとに固定調査列として，列内の植栽木の番号を付し，本数調査，生長調査，

表2．試験牧区の構成

	牧区番号	面積 (ha)	草種 放牧～3年目	草種 放牧4年目～	トドマツ植栽方法	トドマツ植栽密度(ha)
試験牧区	1	0.60	牧草A	（予備牧区）	4本群植	3000
	2	0.82			2列列植	3000
	3	0.79			4本群植	1500
	4	0.89			2列列植	1500
	5	1.24	野草A	野草B	4本群植	3000
	6	0.80	牧草A	牧草B	2列列植	3000
	7	1.13			4本群植	1500
	8	1.05			2列列植	1500

註）放牧4年目以降は1～4牧区を試験牧区より除外して予備牧区とした
6～8牧区を牧草牧区に改良した

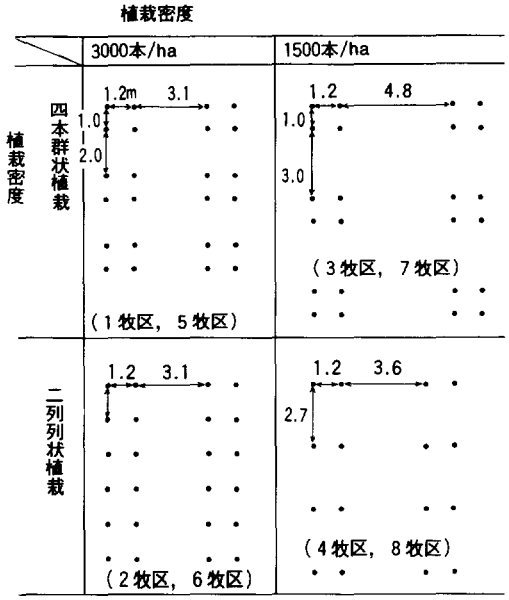

Fig. 2．牧区ごとのトドマツの植栽密度と植栽方法模式図

被害調査はこれを使って行った。なお，放牧4年目から草種転換に伴って5～8牧区の面積が多少増減しており，したがって調査木本数についても増減が生じている。

2)．本数調査は試験地設定時およびその翌年以降連年，生立無傷木，生立被害木，枯死被害木，その他の原因によるとみられる枯損木別に実施した。

3)．生長調査は樹高について，試験区設定の翌年から数年は固定調査木全数を測定し，その後は

各区200本の抽出木について年１回測定したが，欠測年もある。胸高直径および樹冠幅の測定も不定期であるが実施した。

4)．被害調査は試験地設定の翌年から３年間は枝折れ，蹄による剝皮，押し倒しなど被害種類別に詳細に調査し，４年以降は被害本数だけを調査した。

5)．供試牛の体重は入牧日および退牧日に秤量し，放牧期間中の日増体重を求めた。

6)．草量調査は，当初３年間は牧区ごとに入牧前日にランダム20プロットの１㎡刈り取り秤量で行った。放牧４～９年の６年間は６・８牧区に設置した刈り取り固定調査地64㎡の年３回刈り取り草量調査を行った。さらに10年目以降６年間の草量は６・７・８・牧区の６か所の固定草量調査地(34～64㎡）で年３回刈り取りによって現存量を調査した。

Ⅲ．試験の結果

１．放牧の実績

Table. ３は試験放牧15年間の放牧実績である。

1)．牧養日数

Table. ３から牧養日数（体重500kg標準成牛換算延放牧頭数）の水準をみると，牧草Ａ牧区（１～４牧区）の当初３か年の牧養日数は200前後と高い値を示したが，これは現存草量に牧養日数を

表３．　牧区別の放牧実績

調査項目	牧区番号	草種	植栽方法	植栽密度	林齢	年度 '70	'71	'72	'73	'74	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84
						放牧年次 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		～3年目	4年目～			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
牧養日数（成牛換算延放牧頭数）(頭/年ha)	1	牧草Ａ	予備牧区	4本群植	3000	208	267	224												
	2			2列列植	3000	224	279	130※												
	3			4本群植	1500	267	296	232												
	4			2列列植	1500	196	278	135※												
	5	野草Ａ	野草Ｂ	4本群植	3000	55	97	54	91	107	129	134	97	143	118	82	108	131	82	54
	6		牧草Ｂ	2列列植	3000	47	71	76	221	135※										
	7			4本群植	1500	46	85	56	118	171										
	8			2列列植	1500	35	33	62	160	274※										
放牧日数（予備牧区を含む）（日）						134	140	141	138	140	140	148	111	142	130	137	132	131	133	126
試験牧区での放牧日数（日）						128	129	130	77	78	75	91	81	116	71	79	66	74	75	65
放牧頭数（頭）						12	12	8	10	13	5	6	6	6	8	5	7	7	6	5
草の収量（トン/ha）				牧草Ａ・Ｂ		27.5	45.1	48.4	17.6	13.6	16.0	9.7	15.4	18.3	8.0	15.3	14.2	10.8	14.7	8.4
				野草Ａ・Ｂ		9.0	13.8	14.4	10.7	6.2										
牧草牧区の施肥量(kg/10a)						30	40	40	30	15	0	20	30	50	38	64	115	70	67	45
増体重(kg/頭・日)						0.60	0.48	0.53	0.41	0.30	0.47	0.60	0.77	0.57	0.59	0.51	0.60	0.46	0.66	0.71

注　※は放牧区と植栽木被害の関係確認のため、強いて軽度ないし重度の放牧を行ったものである

比例させたためであってこれが結果的に造林地に大きな被害をもたらすことになった。一方野草A牧区は当初3年間を野草のまま放牧利用したため現存草量に比例した50前後の低い牧養日数であった。4年目以降の牧草B牧区（6～8牧区），は野草から牧草に改良したので，牧養日数は一様に高まったが，それでも火入れ後の牧草定着条件の良かった牧草A牧区の牧養日数に比べると自然草地状態での散播と放牧しながらの草地造成のために草量も少なく牧養日数も低い状態であった。なお2，4牧区の3年目の牧養日数の130　135，3牧区の5年目の牧養日数135は放牧の強さと被害の関係を確認するために計画的に軽い放牧圧とし，反対に8牧区の5年目の牧養日数274は重い放牧圧に人為的に操作したものである。

2)．予備牧区を含めた放牧日数

放牧は毎年牧草の伸長期にかかる5月中旬に開始し，秋冷期に入る9月下旬～10月上旬に終えている。供試牛がホルスタイン種の搾乳素牛であるため無理な放牧は控え，放牧期間は年により若干の長短はあったが，年間140日前後である。

3)．試験牧区のみでの放牧日数

牧区には試験牧区以外に予備牧区を設けて，試験牧区のみでは草量が不足する場合に入牧させることとした。開始当初の3年間は試験計画どおり試験牧区（1～8牧区）のみでの輪換放牧が実施できて，草の生産量と消費量のバランスがよく，ほとんど予備牧区を必要としなかったが，3年間の放牧で牧草A牧区（1～4牧区）の造林木に大被害が発生し，試験継続の意味を失ったのでこの牧区を予備牧区に編入した。このため試験牧区面積も半減した。これに伴って試験牧区への放牧日数も減少している。

4)．放牧頭数

供試牛は広島町内酪農家よりホルスタイン種育成雌牛を農協の協力を得て毎年借上げた。牛は搾乳中のものは放牧管理が不可能なため，月齢8～12か月の育成乳牛が主体で，毎年放牧未経験の新しい牛が供試された。放牧頭数は年ごとに異なり，試験期間の前半年に多く，後半年に少ない実積となったが5～13頭の範囲で，平均7.7頭である。年による放牧頭数のちがいは家畜所有者の都合によるものである。

5)．放牧牛の増体重

供試牛は乳用種育成雌牛のために，特に健康の保持と増体重を必要とする。そのために食草は高栄養を要することになり，その点では牧草牧区は勿論，野草牧区も単一なササ植生と異なり，多草種で構成されている雑草型植生のために，放牧目的に合致した飼料基盤であったことになる。しかし，1頭1日当たりの増体重を各年の年平均値でみると，0.30～0.77kgである（Table. 3参照）。全平均値では0.53kgでホルスタイン種放牧牛の標準増体重約0.7kgと比較すれば全体に低く，増体重の面では十分でなかった。しかし放牧牛の健康面については，傾斜地放牧のために，四肢と骨格の発達に良い影響を与え牛となって搾乳期に入ってから，泌乳能力を発揮するといわれている。酪農家はここに期待して積極的な協力を惜しまない。牛の生育の面では増体重は少なかったものの，畜主はほぼ満足している。

15年間の試験期間中に116頭を供試したが，期間中の牛の事故は内科疾患による斃死1頭があっ

たのみである。

2．草の生育と収量

草の生育は土壌が植質であるのに加えて，放牧圧のために年々透水性が悪化するなども原因となってあまり良好ではない。ネマガリダケ地を火入れ地拵えした前後の自然植生では特に野草区において，ネマガリダケの根からの再生もあるが，その後侵入したキク科植生が多く，キツネアザミ，ヒメジオン，ハチジョウナ，コウゾリナ，タンポポ，ヒメムカシヨモギなどの食草が量的に多かった。これらはいずれも牛の嗜好種であるために，よく採食されて漸次減少し，放牧年の経過とともに牧草B牧区，野草B牧区は牛の嗜好性の低いヒヨドリバナ，フッキソウ，フキなどが増え，さらに有棘性のナワシロイチゴやタラノキなどの侵入繁茂がはなはだしくなり，放牧地維持のためにはこれらの除去を必要とした。

Table. 3に全試験期間のha当たりの草の収量を牧草A・B牧区，野草A・B牧区別に示した。

牧草A・B牧区では全試験期間を通じて8.0～48.4トン/ha・年・平均18.9トンの収量であった。牧草A・B牧区の当初3年間は牧草A牧区の数値であって，火入れ地拵地の好条件で定着繁茂が良好で収量も多いが，4年目以降に野草A牧区の6～8牧区を蹄耕法を主とした方法により改良した牧草B牧区は，そのためか収量は前者に比較して少なく4年目以降の平均収量は13.5トンと低いことがわかる。

野草A・B牧区は収量調査を行った5年間のみであるが，6.2～14.4トン/ha・年・平均10.8トンとさらに低かった。

3．草種別にみたトドマツ造林木の生立本数の推移

昭和44年にTable. 2，Fig. 2の様式で植栽されたトドマツ造林地を翌45年から放牧試験地として，前述の要領に従って牛放牧を開始した。その結果，高さ数十cmのごく小さい造林木に放牧牛の歩行等による被害木や枯損木が続発し，造林木は年々減少していった。この状況はTable. 4，Table. 5，Fig. 3，Fig. 4に示される。

調査木は全牧区とも隔列ごとに調査列として固定したので，全植栽木の約半数を調査したことになる。

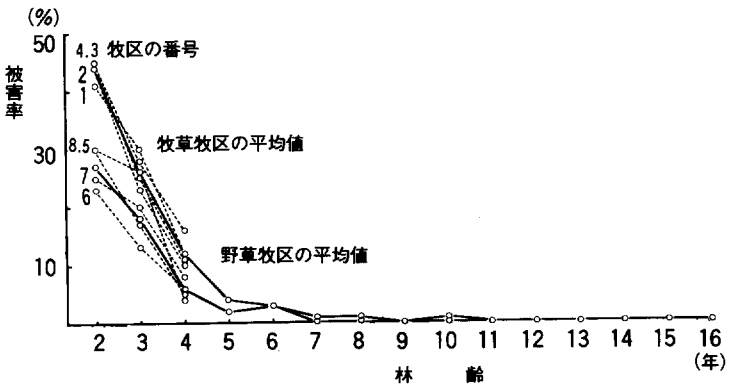

Fig. 3．草種別にみたトドマツ造林木の被害率の変化

表4．　草種別にみたトドマツ造林木の被害木本数・枯損木本数の推移

	草種		年度	'70	'71	'72	'73	'74	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84
			放牧年次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	～3年目	4年目～	林齢 / 牧区	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
全調査木本数	牧草A		1	605	518	440												
			2	942	791	621												
			3	486	370	270												
			4	654	559	448												
			計	287	2238	1779												
	野草A	野草B	5	1278	1210	1134	1101	1083	1078	1070	1070	1068	1066	1065	1065	1065	1065	1065
		牧草B	6	776	734	702	3113	3084	3059	3029	3011	3007	2998	2998	2998	2994	2994	2994
			7	744	699	674												
			8	485	464	447												
			計	3283	3107	2957												
被害木本数	牧草A		1	250	156	51												
			2	414	181	64												
			3	221	102	42												
			4	293	140	51												
			計	1178	579	208												
	野草A	野草B	5	388	200	55	26	29	0	4	4	3	1					
		牧草B	6	178	98	42	139	96	39	20	14	26	1					
			7	189	142	54												
			8	144	120	20												
			計	899	560	171												
枯損木本数	牧草A		1	74	70	20												
			2	127	145	31												
			3	108	92	13												
			4	80	98	27												
			計	389	405	91												
	野草A	野草B	5	46	56	11	8	2	6	0	2	0	1	0	0	0	0	0
		牧草B	6	20	19	6	16	20	15	6	2	7	0	0	0	0	0	0
			7	17	19	12												
			8	12	13	0												
			計	95	107	29												

註）1：被害木本数は当年度被害を受けた生立木、枯損木本数は被害の痕跡のある枯損木
　　2：放牧被害以外の事由によるとみられる枯損木は除外した

Table. 4からトドマツ造林木の放牧年次ごとの本数推移をみると，牧草A牧区（1～4牧区）のいずれの牧区でも急激に減少し，4牧区平均では初年目を100として2・3年目は83,66である。3年目にはすでに1/3強を失っている。一方の野草A・B牧区（5～8牧区）では，同様にみると100, 95, 90で牧草A牧区に比べ減り方はかなり少ないことがわかる。勿論これは放牧被害から生じた枯

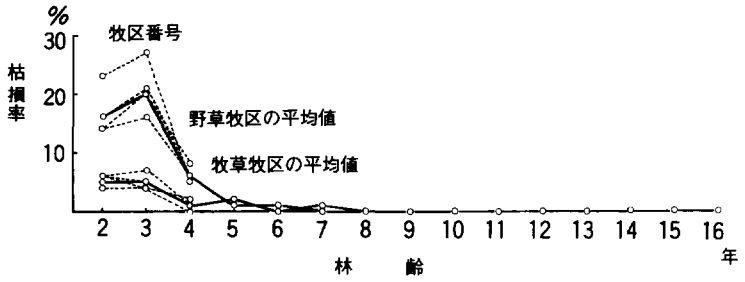

Fig. 4．草種別にみたトドマツ造林木の枯損率の変化

損による本数減少を意味しており，牧草A牧区は野草A牧区より過激な放牧が行われたことを示すもので，その原因は多量な牧草量に合わせた高い放牧圧にあったことは明白である。放牧4年目以降は野草B牧区（5牧区）牧草B牧区（6～8牧区）ともにトドマツ造林木の減り方は非常に少なく，15年生までの12年間に3～4％の減少をみただけで，放牧しない通常の造林地と変わらない。

4．トドマツ造林木の放牧被害

1)　被害木

造林木の本数減少の原因になった被害木の発生の推移を（Table. 4，5）にみることにする。ここにいう被害木とは枯損木を含まない生立木状態での放牧被害木である。被害木には軽症から重症まで程度の差があるが，重症のものの多くが枯損へと移行している傾向がある。植栽後まもない造林木の放牧被害の形態は，踏付けによる幹，枝の折損と樹幹基部の蹄傷剝皮の2種類で，トドマツは食害を受けることはない。被害の大部分を占めるのは蹄傷剝皮木である。この状況はTable. 6に見ることができる。これには1～8牧区の林齢2～4年次，放牧開始3年間の被害形態別の本数推移がみられる。

表では造林木を生立木と枯損木に分け，生立木はさらにその年度に1度も牛による傷を受けていない無傷木と，何らかの傷を受けた被害木に分けているが，その発生は全牧区とも同じ傾向を示している。すなわち単年度ごとの生立無傷木は年ごとに増加し，逆に生立被害木は減少するのがみられる。また枯損木の発生傾向では，放牧が枯れの原因と考えられない無傷の枯損木は年ごとに減少しているが，放牧被害によって枯れたとみられる被害枯損木は2年目に最大値が現れる牧区が多い。被害の形態では表にみるとおり，牛の蹄傷による樹幹の剝皮害がほとんどであり，その他のものはごく少ない。剝皮の程度を大中小に区分してあるが，剝皮大とは樹幹表面の樹皮が1/2以上剝げて木質部が露出したもの，剝皮小とはごく小さな剝皮でもそれによって木質部が露出したもの，剝皮中とはその中間のものとしてある。剝皮程度別被害本数の現れ方は草種，牧区による差異はほとんどなく，放牧年次（林齢）によって特徴がある。すなわち発生の多い順は1年目（林齢2年）は剝皮度中＞大＞小。2年目（林齢3年）は剝皮度中＞小＞大。3年目（林齢4年）は剝皮小＞中＞大の傾向が明瞭に現れている。これはトドマツ造林木は幼齢ほど外部衝撃力によって樹皮が剝げやすいことを証明したことになる。別に行った人工衝撃によるトドマツ苗木の剝皮実験でもこのことは証明されているものである[5)]。

表5．草種別にみたトドマツ造林木の被害率・枯損率の推移

（単位：%）

	草種		年度	'70	'71	'72	'73	'74	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84
			放牧年次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	～3年目	4年目～	林齢	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			牧区															
被害率	牧草A		1	41	30	12												
			2	44	23	10												
			3	45	28	16												
			4	45	25	11												
			平均	44	26	12												
	野草A	野草B	5	30	17	5	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		牧草B	6	23	13	6	4	3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
			7	25	20	8												
			8	30	26	4												
			平均	27	18	6												
枯損率	牧草A		1	12	14	5												
			2	13	18	5												
			3	22	25	5												
			4	12	18	6												
			平均	14	18	5												
	野草A	野草B	5	4	5	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		牧草B	6	3	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			7	2	3	2												
			8	2	3	0												
			平均	3	3	1												

注）1：枯損率はともに全調査木本数に対する発生割合である
2：被害率は当年度放牧被害を受けた生立木本数率、枯損率は被害の痕跡を残す枯損木本数率
3：放牧被害以外の事由によるとみられる枯損木は除外した

次に牧区草種別の被害の発生状況をTable. 4，Table. 5およびFig. 3についてみると，被害の発生は牧草A牧区，野草A牧区ともに放牧1年目に最大値が現れ，のち年次経過とともに急減している。すなわち，牧草A牧区の放牧1年目（林齢2年）では平均値でみると植栽木の44%のものが被害を受けており，被害の発生は同一個体が何回も蹄傷による剝皮を受ける場合もあるので，被害の延回数は調査値よりもかなり大きくなるものと思われた。また経過年数とともに被害が急減するのは，トドマツの高さと太さの生長の進行に伴う抵抗力の増大，特に枝張りが年々強固になることが被害軽減につながっていると推定される。さらに微地形的に被害のでやすい個所のトドマツは何回も被害を受けて1・2年目の早期に枯損木となって消失することが，その後の被害率の減少に関係しているとみることができる。野草A・B牧区の被害木発生傾向も牧草A・B牧区と同様に，放牧1年目に最高値を示し，それ以後急減するが，被害率でみるときはTable. 5およびFig. 3にみられるとおり牧草A・B牧区に比べて一段と低く，放牧1～3年間を通じ野草A牧区の被害率は牧

草A牧区のそれの約半分に過ぎない。放牧4年目以降の被害率は牧草B野草・B牧区ともにわずか数%の発生に止まり，さらに牧草B・野草Bの牧区界を取り除き一つの牧区とした6年目以降の試験牧区には被害らしいものの発生はみられない。これは食草をほとんど欠く状況になっていたことから，この地帯での採食行動が著しく低下したためと考えられる。

2)．枯損木

放牧造林地と枯損木には放牧が直接原因した枯損木とアブラムシの寄生や野鼠の食害や不適切な植付けによる人為的原因など放牧以外の因子が枯損を引き起したものの2種類がある。放牧が原因したトドマツ枯損木の主な種別では蹄傷による幹基部の剝皮がある。これは造林木の地際が20cm程度の高さまでの幹部樹皮が牛歩行時の蹄の接触衝撃によって剝皮されて，木質部が露出するものであり，この剝皮部が大きいと枯死に至るものである。受傷当年には枯死するものと，翌年まで生き延びたあと枯死するものも多い。また踏付けによる幹の折損もあるが，これが原因して枯死に至るものは多くない。すなわち幼齢トドマツ造林地の場合は蹄傷剝皮が最も危険な枯損原因となっている。

枯損木発生の年次経過はTable. 5，Fig. 4に示される。枯損木には直接枯損原因となった放牧枯損のほかに，前述の放牧以外の要因による枯損も含まれる。枯損発生の全体的傾向は被害率の場合と同様に，放牧当初両3年間の枯損率が高いことであるが，特徴的なことは放牧1年目より2年目の枯損率が高いことである。この原因は牧草生産量が増加したことから2年目に1年目対比1.2～1.5倍の高い放牧圧が加わったことがあげられる。さらに加えて1年目の被害木で，どうにか生存しているトドマツが2年目の春の乾燥期に枯死するものや，放牧再開後の再度の蹄傷害で容易に枯死に到るものが多発したことが考えられる。平均値でこの推移をみると，牧草A牧区では放牧年次1～3年間は大約16，20，6%，野草A牧区では同じく5，5，1%で4年目以降は牧草B，野草Bの両牧区とも1～2%以下で推移し，8年目以降の枯損はほとんどみられない。このように枯損率も被害率同様に放牧3年間（林齢2～4年生）に集中発生し，以後枯損は急速に終息している。

次に試験設計では放牧林地を草種，植栽方法，植栽密度別におのおの2種として放牧適応性を探ろうとしているが，これらが放牧被害との関係でみるとTable. 7のとおりである。トドマツ幼齢時の植栽方法や密度のちがいが放牧被害や枯損木の発生に影響しているかについて，おのおの両者間の発生率の差を検定した結果を示している。これによると，草種別の牧草A牧区と野草A牧区では現地を見た目には傷害木や枯損の出方が明らかに違うことがわかるが，検定結果では植栽方法や密度の違いでも差があることがわかった。

5．トドマツ造林木の生育

放牧を毎年続けながらのトドマツ造林木の生育成績には，放牧被害の多寡によって二通りの結果が得られた。すなわち，一つは試験開始当初からの牧草牧区である1～4牧区の造林失敗の成績であり，他方では野草牧区で出発して途中で草種変換した5～8牧区の造林成功の成績である。ここではトドマツ造林地として十分な生育成績の得られた後者を主体に成績をみる。

野幌，広島地域は前述のとおり，土質が植壌土である。トドマツは植壌土が適しているといわれており，往時より野幌，広島地域のトドマツは全道トドマツ人工林収穫予想表（松井）Ⅱ等地並み

表6．草種別にみたトドマツ造林地放牧3年間(林齢2～4年)の放牧被害の形態別本数推移

（単位：本）

草種別	牧区番号	放牧年次年	調査木本数	生立木		枯損木		生立被害木内訳					
								剝皮木			その他		
				無傷木	被害木	被害木	その他の枯損木	剝皮大	剝皮中	剝皮小	大	中	小
牧草A牧区	1	1	605	268	250	74	13	32	184	28			6
		2	518	284	156	70	8	22	81	43	1		9
		3	440	363	51	20	6	4	9	33			5
	2	1	942	377	414	127	25	93	285	18			18
		2	791	440	181	145	25	26	84	54		1	16
		3	621	520	64	31	6	1	13	32	1		17
	3	1	486	149	221	108	7	56	148	14			3
		2	370	168	102	92	8	13	66	16	1		6
		3	270	214	42	13	1	3	8	25			6
	4	1	654	266	293	80	15	83	158	39			13
		2	559	308	140	98	13	22	77	26	1		14
		3	448	359	51	27	11	4	7	24	3		13
野草A牧区	5	1	1278	822	388	46	22	71	228	46			43
		2	1210	934	200	56	20	17	81	80	2		20
		3	1134	1066	55	11	2	3	38	4	1		9
	6	1	776	556	178	20	22	32	125	11			10
		2	734	604	98	19	13	8	56	10	1		23
		3	702	652	42	6	2	1	29	1	1		10
	7	1	744	510	189	17	28	46	106	20			17
		2	699	532	142	19	6	10	44	72			16
		3	674	606	54	12	2	1	7	30	1		15
	8	1	485	320	144	12	9	24	78	28			14
		2	464	327	120	13	4	10	34	57			19
		3	447	427	20	0	0		3	12			5

注）生立木の無傷木、被害木は当年度の被害の有無で判断した
枯損木の被害木には1年前、2年前の被害木も含む

の生長とみられている。放牧被害の比較的少なかった5～8牧区の全試験期間の生長成績をまとめるとFig. 5，Fig. 6，Fig. 7のとおりである。

1)．樹高生長

Fig. 5は試験放牧開始の林齢2年から試験終了後の林齢18年生までの各年次ごとの，5～8牧区の抽出調査による平均樹高によって描かれた樹高生長曲線である。林齢4年までは野草牧区として比較的軽度の放牧が実施され，林齢5年以降は牧草導入により牧草牧区として，中庸度の放牧圧が加わった牧区である。トドマツの樹高生長は放牧の影響を顕著に受けることもなく，順調な生長曲

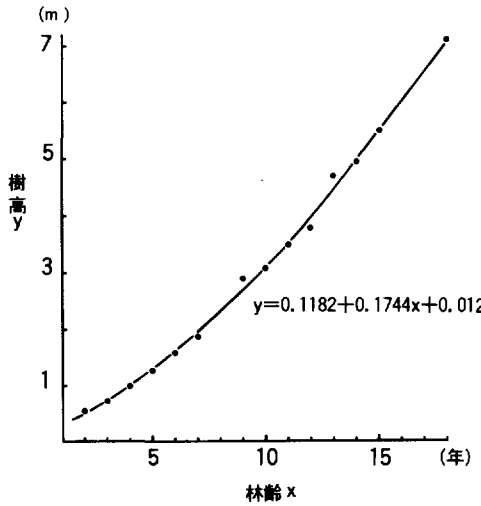

Fig. 5．トドマツ造林木の樹高生長曲線

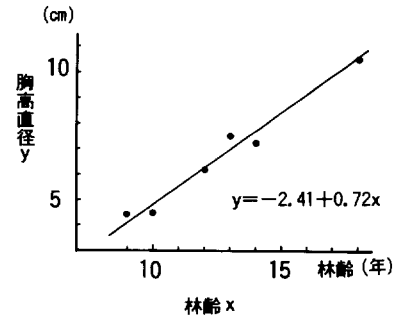

Fig. 6．トドマツ造林木の胸高直径生長曲線

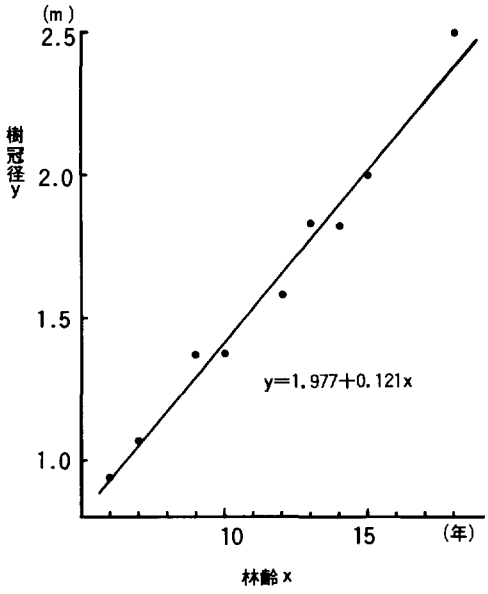

Fig. 7．トドマツ造林木の樹冠径生長曲線

表7．要因別にみた放牧1～3年のトドマツ造林木の放牧被害のあらわれ方

	草種別		植栽様式別		植栽密度別	
	牧草A	野草A	群植	列植	3000/ha	1500/ha
全調査木本数本	6704	9344	8425	7623	9748	6300
（同本数比）(%)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
被害木本数本	1964	※ 1628	1850	1745	2077	※ 1518
（同本数比）(%)	(29.3)	(17.4)	(22.0)	(22.9)	(21.3)	(24.1)
枯損木本数本	885	※ 231	538	※ 578	625	※ 491
（同本数比）(%)	(13.2)	(2.5)	(6.4)	(7.6)	(6.4)	(7.8)

注）1：各本数は、放牧1～3年の調査値を単純に集計したものである

2：※は両者間に有意差あるもの

3：被害木本数は当年度被害を受けた生立木、枯損木本数は被害の痕跡を残す枯損木

4：放牧被害以外の事由によるとみられる枯損木は除外した

線をたどったことがわかるが，林齢５年生以降の林床は牧草地として，毎年相当量の施肥をしているので，この肥効がトドマツの生長にも影響を及ぼしていることは，本州の試験例からも明らかなことで，この試験でも対禁牧区の成績がこれを裏付けている（Table. 9 参照）。この生育状況は全道トドマツ人工林収穫予想表のⅡ等以上の成績である。

2)．胸高直径生長

試験地の植栽方法はFig. 2のような群状植栽と並木植栽で，これは長期にわたり列間等に空間を保つような植え方となった反面，苗間など隣接木との間隔は狭少になり，片枝状の木を育てるような植え方になっているが，いまだその影響は直径生長にまでは現れずFig. 6の胸高直径生長曲線に見るようにいまだ幼齢のためか生長の軌跡は直線状である。実験式による直径の推定値では，10年生で4.8cm，15年生で8.4cm，18年生で10.6cmである。これは前述収穫予想表のⅠ等地の成績に匹敵するもので，牧草施肥の影響も考えられる。しかし今のところ年輪幅は算術平均値で３mm以下のところにあるので，優良形質材の条件の一つである年輪幅の均一性は満たしており，この林分から良質材生産を目標とする場合には，直径生長の現状は好ましい状況を保持していることになる。

3)．樹冠径生長

次に林内放牧の利用限界にかかわるトドマツの枝の伸長速度を年次ごとの樹冠径測定値でみるとFig. 7が示される。幼齢時の枝張りは放牧被害，特に蹄傷剝皮を軽減させる効果が非常に大きく，その点ではカラマツなど枝の軟かい樹種よりトドマツのように枝の硬い，外圧に対する抵抗力の大きい樹種は放牧林地向きの樹種といえよう。Fig. 7の樹冠径生長曲線は胸高直径生長曲線と同様に現時点では直線的傾向で示され，実験式による推定値では６年生で0.93m，10年生で1.41m，15年生で2.02m，18年生で2.38mである。これは，周辺の一般造林地の林分収穫表の成績に比較してみると10%以上も大きい値である。この原因は放牧利用を前提として植栽列を広幅にしたこと，牛の採食による雑灌木草類の除去や施肥の効果がトドマツにまで現れ，枝の伸長にも影響したものと思われる。

Ⅳ．考　察

１放牧被害について

この試験の中心的課題である放牧によるトドマツの被害の現れ方について実積を述べたが，放牧被害は牛の側とトドマツの側の双方の要因が相関連しており，それらの関係について検討する。

1)．樹高と被害の発生

主要な傷害である蹄傷剝皮はトドマツの林齢の若い，樹の小さいときほど被害が大きいことを報告したが，この相互関係として樹高と傷害率との関係を求めるとFig. 8が示される。牧草ＡＢ牧区，野草ＡＢ牧区の若林齢における傷伐害木率を樹高との対応で示した図である。一見して明らかなように樹高１m以下，林齢では３～４年生以下の時期が最も傷を受けやすいことがわかる。樹高との関係で被害率をみる限り，草種の違いによる差は少ないようで，ほぼ同水準である。樹高が２mを越えると，被害率はほとんど０か，あっても１%以下である。すなわち，枯損率に最も関係深い蹄傷剝皮の発生しやすい樹高１mまでの期間をいかにして乗り切るか，防止できるかは，将来の成林

率を左右するだけに重要な問題である。放牧牛は歩きまわるときに下草のように丈の低いものは，草であれ，苗木であれ同じ植物とみて踏みつけて歩くが，同じく高さの低いものでも，杭木のようなものは識別するように思われる。我々は被害防止の試みとして，植栽苗木に１本ないし，２本の木杭を立てて，傷害の出方を検討したことがある[2)]が，その結果では，地上部の高さ50～80cmの木杭の被害防止効果は大きく現れ，高さ20～40cmの短かい木杭でもかなりの効果が確認されている。この効果の典型的な例が伐根造林で，伐根に沿って植栽したものがあったが，牛はこれを意識して歩行するのか，苗木はほとんど傷害を受けることがなかった。

2)．牧養日数と傷害の発生

造林地に牛が入ると被害木が発生するが，その入り方の多少との関係を牧養日数と傷害率でみるとFig. 9のとおりである。図によると牧草ＡＢ牧区では両者間に関係があるように見えるが，野草Ａ・Ｂ牧区では，むしろ牧養日数と傷害率は逆の関係にみられる。特に牧草Ａ牧区においては本試験が現存草量に見合った放牧としたこと，および放牧開始の初期ほど牧草の生育状態が良好であったために，トドマツの幼齢ほど牧養日数が高くなり，それに伴って被害率も高く現れたが，野草Ａ牧区の方はこの関係がうすい。しかし野草Ａ牧区の放牧１年目（林齢２年）では牧養日数50の低い放牧圧であるにもかかわらず，27％もの高い傷害率の発生をみた。これは牧草Ａ牧区３年生の牧養日数280時の傷害率と同じレベルである。しかも両者の当時の樹高は，野草Ａ牧区は林齢２年生で55.9cmに対し，牧草Ａ牧区は林齢３年生で56.3cmでほとんど同じである。片方が20％以下の牧養日数で，しかも同じレベルの傷害率が発生したということは，牧養日数の高低と傷害率の間にはあまり強い相関がないとみることができる。Fig. 9でも見られるが，林齢の進行とともに傷害率が低下していることは，樹高の伸長とともに被害率が低下することを示すもので，この方の相関が強いことはFig. 8の明瞭な傾向からも明らかなことである。また野草Ａ牧区の高い傷害率の発生の原因については次の見方もできる。すなわち，野草Ａ牧区は十数種の嗜好性の異なる植生で構成されており，牛の採食は嗜好度の高いものを選択的に採食するために，牧草に比べれば約1/3量の野草の中で，さらに一定量を選択採食するために，歩行距離は必然的に長くなり，傷害発生の機会が増加す

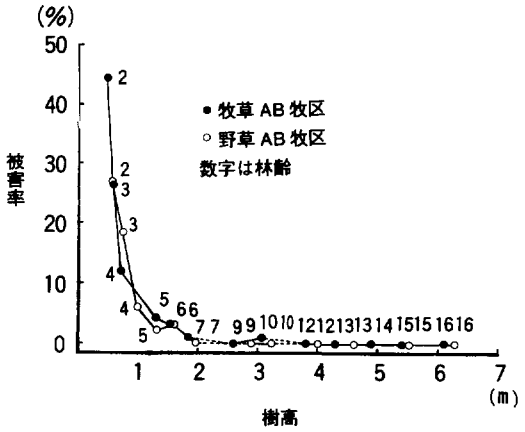

Fig. 8．トドマツ造林木の樹高と被害率の関係

るという見方である。これを証明するため牛の前肢に万歩計を取り付けて歩行数を測定したが，計器装着により不自然な歩行をするため測定は不調に終わり実証に至らなかった。また別に行った牛による被害発生機構を究明する実験では，林地の障害物を通過する際の牛の歩行行動は，個体によって異なり，さらに実験の繰返しの度ごとに異なった反応を示すなど，牛の行動は非常に恣意的で，反応は幅広く，結局一定の行動様式はみられないことがわかった。また牛種については，放牧経験のないホルスタイン種の育成雌牛という通常山地放牧には使用されない牛を酪農地帯の実態に合わせて毎年供試した。そのために山地傾斜地での林内野草，牧草地への放牧は常に初体験，群行動，昼夜放牧も初体験という牛を使ったので，その行動もおのづと放牧経験牛とは異なったものになったと考えられ，これが傷害率にも何らかの影響を与えているものと思われる。

3)．牧養日数と枯死の発生

試験区の枯損木の大半は放牧が原因したものであることはTable. 5でも明らかであるが，重症の傷害木から順次枯死する場合が多く，前述したとおり傷害木が2年目に枯死するものも多い。枯損が集中発生した放牧1～3年の3年間の牧養日数と枯損率の関係をFig. 10に示した。各林齢時とも牧区間の枯損発生は近似しており，交錯するものはみられない。牧草A牧区，野草A牧区ともに林齢2年生（放牧1年次）より3年生（放牧2年次）の方の枯損率が高いが，これは3年生時の方の牧養日数が高いことに加えて，2年生時の傷害木が3年生になってから，主に5～6月の乾燥のためと，再度の蹄傷発生によって容易に枯死したものが多発したことによるもので，4年生でもその傾向は若干出ている。牧草A牧区の林齢2年と3年目2か年の，この高い枯損発生が試験牧区としての放牧利用を挫折させたことになる。平均70%傷害率の発生と，その半分36%（自然枯損を含む）という高率の枯損の発生であった。この試験には別に行った苗木の人工衝撃剝皮実験による剝皮した供試木10数本を再び苗畑に植付け，以後の経過をみたところ，剝皮部はすべて治癒して枯れたものはなかったが，牧草牧区の放牧ではなぜか剝皮木に高率の枯損が発生する。同じ木が何回も蹄傷時の打撃を受けて，目に見える剝皮ばかりでなく，見えない内部の木質部と内皮が剝離しているということも考えられる。蹄傷剝皮とは蹄による樹皮のむしとりなので，残った部分も強く引張

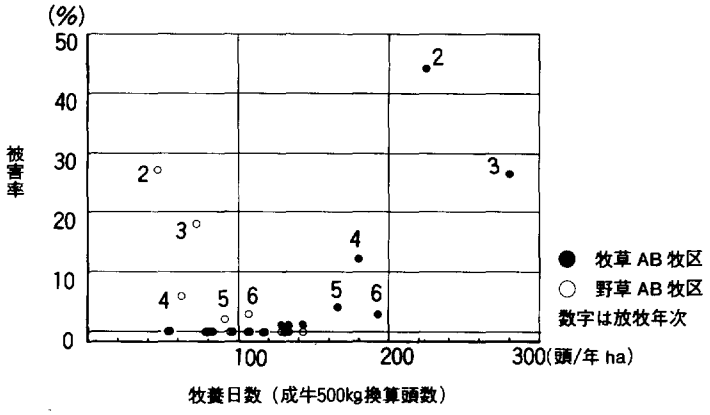

Fig. 9．牧養日数とトドマツ造林木の被害率の関係

られて，材質部と樹皮部が剝がれてしまうことは想像できる。また密生したイネ科牧草の中に埋れた苗木は，夏期の高温時の雨後はいつまでも幹の地際部が濡れており，剝皮部分の腐朽菌の活動を促がす条件にあったように思われる。このような牧草牧区の高率の枯損を減らすには，造林木幼齢時の牧養日数を下げる必要がある。それは牧草生産量を減らすことにつながる。この試験の場合でも牧草の播種は植栽苗木から60cmの間隔を置いて散布する計画で実行したが，結果的には一寸した風向きなどの変化でも計画どおりの播種は困難がともない，牧草を入れないはずの植列帯にまで牧草が占有したところが随所に現れた。火入れ直後の牧草導入は最も定着が容易で，牧草化の成績も良好であるが，枯損多発の失敗を繰り返さないためには，牧草播種は事前に放牧利用計画の中に牧養日数まで計算し，播種は夏期の風のない日を選び列間に狭い幅で実行し，林齢とともに牧草帯が拡大するように，ほふく性のケンタッキーブルーグラスなどを混播する等の対策を取り入れるべきであろう。牧草B牧区のように開始当初3年間は野草のまゝ利用して植栽木の樹高が1m以上になった時点で牧草化をはかるのも良策である。この場合は林床植生の状況によっては，高い牧草生産は期待しがたいものである。

2．トドマツの生育について

放牧による牛の被害を受けつつも，野草B牧区と牧草B牧区のトドマツの大半はよく成林し，反面牧草A牧区は放牧3年にして大被害のために試験継続の意味を失い予備牧区とした。この状況は写真1によっても概況を知ることができる。試験終了後の林齢18年現在，これらのトドマツはTable. 8にみる生育状況になった。放牧失敗の例となった牧草A牧区の成績は樹高，胸高直径，樹冠径とともに，野草B牧区ないし牧草B牧区の成績よりも劣り，特に斜面部に成立するトドマツの成績が著しく劣っている。牧草A牧区は1～4牧区とも地形的に下段平坦部，中段の急傾斜部，上段の平坦部で構成されており，この牧区で放牧中の牛は中段の30°前後ある急斜面を何回も往復通過することになった。そのために牧草とともに表土もくずれ落ち，植栽木の根が露出するなど斜面部のトドマツは徹底的に痛めつけられ，激害地となった。生き残った少数の現存木の生長成績は野

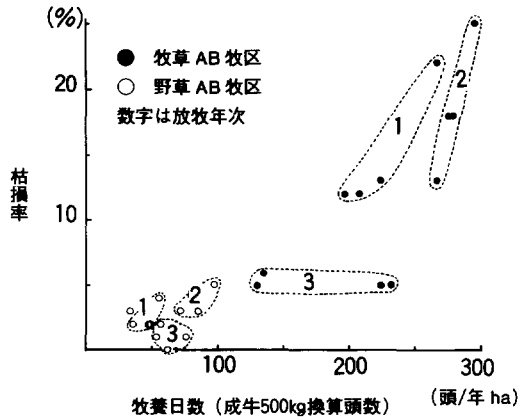

Fig. 10. 牧養日数とトドマツ造林木の枯損率の関係

草B牧区牧草B牧区に比較して，斜面部で60～70%，平坦部で80～90%の生育に止まっている。一方の野草B牧区と牧草B牧区の成績は大差なく，前述収穫予想表のⅠ～Ⅱ等地相当のともに良い成績を続けている。当広島地域は第Ⅲ紀の堆質壌土でトドマツの適地とされており，この試験地のトドマツの生長はTable. 9にみるとおり，野草B牧区・牧草B牧区ともに放牧区は禁牧区よりも良い生長がみられる。牧草牧区には毎年2回の施肥（Table. 3参照）をするが，禁牧区には施肥しないので，放牧区のトドマツの生長が良いのは，この施肥の有無の差ともみられる。しかし施肥しない野草B牧区でも禁牧区対比5～19%の生長差を示すので，施肥の影響ばかりではないことは明らかである。禁牧区対比の比率の大きい方から挙げると胸高直径＞樹冠径＞樹高の順である。放牧区は牧草牧区でも野草牧区でも牛の採食歩行のため，放牧区内にはタラノキなどの灌木類が禁牧区より少なく，トドマツは十分枝を拡張できるが禁牧区は広葉樹の稚幼樹や灌木が高密度に繁茂して，トドマツは十分に枝を張れない環境にある。この環境の違いが直径や樹冠径の生長に影響したものと思われる。さらに植栽方法別にみた場合は，群状植栽ではグループ内の隣接木との間隔が1.0～1.2mと狭いため，列状植栽に比較して生育空間が窮屈であり，これが枝張りに影響していることが挙げられる。同様のことが胸高直径生長にも認められるが，樹高生長になると，列状植栽が群状植栽より優れているとはいい切れない。

3．トドマツ造林地の放牧利用年限

造林地の放牧利用年限は可食草量で決まり，草量は林の閉鎖度合に左右されるから，放牧利用年限はほぼ林の閉鎖度で決まることになる。Fig. 11は林齢18年における樹冠の拡大状況を示したもので，牧区ごとの平均樹冠径により作図した樹冠の配置モデルである。現地では群状1500本植はいまだわずかに牧養力を残しているが，ほかの牧区はすでに牧養力を失っている。群状3000本植（野草5牧区）も最も樹高が高く樹冠閉鎖が進んで，林床植生を早期に欠き地表露出面積が最も大きい。列状3000本，1500本（牧草6・8牧区）もこれに次いで林冠の閉鎖が高く，牧草の生存部分もあるが，陽光不足から結実するものはごく少ない。特に8牧区は1500本の低密度であるが，枝張りが旺盛なために林冠閉鎖が進んで下草は急減している。このように林冠閉鎖状況が必ずしも植栽密度に

表8．15年間放牧した18年生トドマツ林の地形別、草種別成育状況

調査項目	草種別 / 牧区番号 / 地形	牧草A牧区 1	2	3	4	牧草A区の平均	野草B牧区 5	牧草B牧区 6	7	8	野草B牧区の平均
樹高 (m)	平坦部	6.3	5.8	5.5	5.9	5.9	7.6	7.5	6.8	7.1	7.1
	斜面部	4.9	5.2	5.2	5.1	5.1					
胸高直径 (cm)	平坦部	8.9	8.5	8.5	8.3	8.6	9.4	10.5	10.5	11.5	10.8
	斜面部	6.5	7.2	7.5	7.1	7.1					
樹冠径 (m)	平坦部	2.1	2.0	2.2	2.2	2.1	2.2	2.6	2.4	2.8	2.6
	斜面部	1.8	1.9	1.9	2.1	1.9					

Photo. 1.　放牧試験地の航空写真
（林齢 8 年生時）

表9．15年間放牧した18年生トドマツ林における放牧区と禁牧区別および草種別生長比較

草種別	牧区番号	樹高 (m) 放牧区 ①	樹高 (m) 禁牧区 ②	樹高 (m) ①／② (%)	胸高直径 (cm) 放牧区 ①	胸高直径 (cm) 禁牧区 ②	胸高直径 (cm) ①／② (%)	樹冠径 (m) 放牧区 ①	樹冠径 (m) 禁牧区 ②	樹冠径 (m) ①／② (%)	調査本数 放牧区	調査本数 禁牧区
野草B牧区	5	7.6	6.4	119	9.4	8.3	113	2.2	2.1	105	100	50
牧草B牧区	6	7.5	5.9	127	10.5	7.3	144	2.6	1.9	137	102	50
	7	6.8	6.4	106	10.5	9.2	114	2.4	2.2	109	100	50
	8	7.1	6.4	111	11.5	8.8	131	2.8	2.2	127	100	20
牧草牧区の平均		7.1	6.2	115	10.8	8.3	130	2.6	2.1	124		

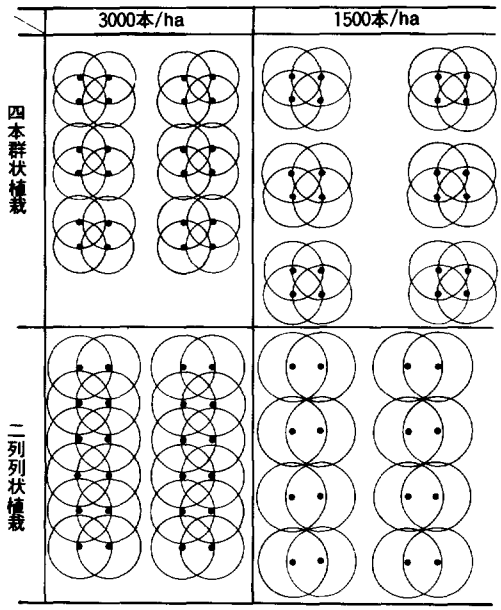

Fig. 11. 15年間放牧した18年生トドマツ林の樹冠配置モデル

表10. 可食草量とトドマツの収量比数との関係

林　齢	牧区番号	可食草量 (ton f.w/ha)	収 量 比 数
15　年	5	0	0.45
	6	13	0.48
	7	11	0.26
	8	21	0.32
16　年	5	0	0.50
	6	6	0.53
	7	7	0.31
	8	12	0.37
17　年	5	0	0.54
	6	3	0.58
	7	4	0.35
	8	6	0.40
18　年	5	0	0.60
	6	1	0.63
	7	2	0.40
	8	1	0.43

比例した結果に出ていないのは，牧区ごとの地形が若干異なり，5牧区・8牧区は若干凹形，6牧区，7牧区は若干凸形を呈し，このための土壌湿度のちがいが影響したものと思われる。

林分内密度の均質を前提とした収量比数[3]を使って放牧限界を説明するには，難点もあるように思われるが，樹高と本数密度から収量比数を求め，これに可食草量を対比させるとFig. 10が示される。これによると，5牧区は早期に牧養力を失ったので除外するとして，この表からトドマツ造林地の放牧利用年限を考えると，2列列状3000本植，3.1m幅の6牧区はほぼ16年生が限界と推定される。そのときの収量比数も岩波[4]のいう0.5に相当する。また植栽幅が若干広くなる1500本植の7牧区・8牧区の場合でもプラス1年～2年が限界と推定される。列間が広く空隙部分を残していても，放牧利用年限にほとんど差がみられないのは，16年生の途中で水の涸渇による放牧の終了に伴い施肥も中止したためで，急速に牧草が衰退してタラノキやキイチゴ類が繁茂し，収量比数では未だ0.4前後の林内の明るい状態であっても，最早放牧は不可能となったものである。またこの試験地では15年間にわたり牛放牧を継続したので，放牧圧によって林地の地表はかなり固結化し，土壌の通気，通水性にも影響しているはずであるがまだ外見的環境悪化の現象は発現されていない。

4．供試牛について

広島町周辺は札幌近郊の酪農地帯に当たり，飼育されているのはホルスタイン種の乳牛のみで，林地放牧に適する和種・洋種の肉専門種はほとんど飼育されていない。このため地元農協の協力を得て乳用種雌育成牛を複数の酪農家より毎年集めてもらい供試した。搾乳牛の成牛は管理できる条件にないので対象外として，8～12ヵ月齢の育成牛であれば，造林地放牧は舎飼のみの飼養より健

康に良いとの酪農家の判断で，当初から非常に協力的であった。2年目には1年目の実績が評価され，協力希望者がさらに多く，農協で選別に困った程であった。試験当初は入牧時には勿論，転牧の度ごとに体重測定を行ったが，これは労力を多量に要することと，数日間の入牧期間の体重増減を重視する必要もないことから，後には入退牧時の2回の測定に縮少した。供試牛は舎飼期間中は主に乾草を施与されているため，ほとんどが初めての青草放牧であり，しかも山地傾斜面での初放牧を数頭で群行動することになったが，先導する放牧経験牛がいないため，放牧当初はどう行動してよいかわからないという状態がみられた。そのための体重の減少が激しく，中には10％も減った牛まで出た。このような放牧に不馴れな牛の行動がトドマツ傷害木の発生にどう影響したかは比較する例がないので評価できないが，林齢2～4年の当初3ヵ年は放牧不馴れなための影響があったはずである。また育成乳牛は牧草地の糞尿汚染に敏感で，歩行により汚染地域を拡大するため，草はあっても採食せず，利用率が大きく低下して放牧計画の変更を要する場面が何回か現れた。この対策に掃除刈りと石灰散布を試みたが，あまり効果はなかったように考えられる。また供試牛は育成雌牛のために定期的な発情による採食不振や脱柵行動が多く，去勢雄牛とか肉用繁殖牛の放牧管理にくらべて不断の注意を要し，その分管理しにくいきらいがあった。

5．試験地の管理について

1)．不食草への対策

この試験地は皆伐林地の林床ネマガリタケを刈り払い，火入地拵えした造林地のため，発生した自然植生は種子の飛散性のものが多く，キク科植生が優占したが，中にキク科でも不食草に近いフキが侵入繁茂した。これは放置すると増殖繁茂が著しく，数年で火入地拵え全域に広がる勢いがみられた。フキはその形態から円形大型の葉を拡げるので，草丈の低い他植生はすべて被圧され，遂には放牧利用を不可能にする放牧地の大敵である。試験地維持のためにはこの駆除が不可欠であり，生物2年間はこの刈り取りに多大の労力を投入した。フキは耐陰性が小さいため樹が大きい林内では消滅するので取扱上問題はないが，造林初期の光条件の良い期間は，自然放置の野草牧区は，とかくフキが侵入しやすいので，事前にこれへの対策を立てることが必要と思われた。

表11．15年間放牧した18年生トドマツ林における放牧区・禁牧区別および草種別現存率比較

	牧区番号	放牧区	禁牧区
野草B牧区	5 (%)	83 (%)	89 (%)
牧草B牧区	6	83	85
	7	88	89
	8	93	87
牧草B牧区平均		87	87

表12.　15年間放牧した18年生トドマツ林の地形別・草種別樹幹級構成比

草種	牧区番号	地形	調査本数（本）	樹幹級構成比(%)		
				上	中	下
牧草A牧区	1～4	平担部	291	89	10	1
		斜面部	90	71	28	1
野草B牧区	5	平担部	100	92	5	3
牧草B牧区	6	平担部	100	87	8	5
	7	〃	100	93	5	2
	8	〃	100	90	2	8

表13.　植栽当初放牧による大被害木の18年生時材質

牧区	植栽列	樹木番号	2～4年生時の被害量 注）	伐倒時（18年生）		
				樹高 (m)	胸高直径 (cm)	旧被害部の材質所見
5	1	14 A	100	4.6	5.4	褐色に変色
5	1	14 C	110	5.0	5.8	〃
5	5	114 C	210	5.5	6.0	〃
5	7	18 D	210	5.9	7.4	〃
5	16	52 C	200	4.8	6.6	〃
6	1の2	56－2	200	4.2	3.6	〃
6	3の1	74－3	211	7.9	8.8	〃
7	3	146 A	201	3.8	3.6	〃
7	5	167 D	130	4.7	5.6	被害部腐朽
7	5	177 B	211	5.5	5.8	褐色に変色
7	11	116 A	211	6.2	9.0	〃

註）被害量の記号：被害1か所につき被害程度により表示桁を大被害＝100、中被害＝10、小被害＝1のようにあらわす
例：大被害(100)×2個所＋中被害(10)×1個所＋小被害(1)×1個所＝211
大被害とは牛の蹄傷剝皮による材部露出が幹周の$\frac{1}{2}$以上のもの、
小被害とは材部露出の細微なもの、
中被害とは、その程度が中間のもの

次に林齢7・8年頃よりタラノキの繁茂が旺盛となった。これは造林当初からと，その後侵入したものもあるらしいが，丈の低いときは目立たなかったものが，数年生となり，直径も数cm，高さも2m以上になると，発生密度の高いところは，これの枝葉の繁茂うつ閉で下草，牧草の減収にもなり，有棘体のためにこの繁茂地の中へは牛も入れない等，牧養力の低下につながりかねない状況となった。このため，タラノキを主とした侵入灌木の伐倒刈り払いを実行した。1回目は放牧10年目の初冬季，終牧後の農閑期に人を雇傭して実施したが，翌春タラノキは倍加して発生し，伐倒刈り払の効果を疑う結果となった。このため2回目は刈り払時期を植生最盛期の7月に実行した結果，

その後数年間はタラノキの根絶状態が続いて良好な状態で放牧地の維持ができた。植物の性質に合わせた対処が肝要である。

牧草牧区の過繁草対策では掃除刈りがあるが，これを省略すると牧草は倒伏し，採食率の大幅な低下をきたすことになるばかりでなく，その後の生長は倒伏したものが枯死消失して，はじめて新葉が伸び出すので，生産力の低下をまねくことになる。イネ科牧草の生長点は他の植物のように先端にあるのではなく草体の根元にあるので，牧草の利用は常に草丈20cm程度に保つように放牧するのが良策とされており，この試験地でも伸び過ぎないよう放牧の輪換につとめた。

2)．放牧施設について

牧柵は全牧区に3ｍごとに鉄製アングルを立て，有棘鉄線3段張りとし，さらに20ｍごとにカラマツ杭を立て補強した。秋季終牧後は積雪期に入るため，有棘鉄線をはずして，翌春放牧前に再び張り付ける作業を毎年繰り返した。試験研究と異なる大面積を対象とした事業的林地放牧の場合も，資材費とともにこの労賃が事業の最大の難点となりそうで，施設の簡易化，作業の省力化は林間放牧経営上，今後の課題ではないかと考えられた。

試験地は水の制約が大きく，試験開始5年間の堀井戸の溜り水をポンプアップして各牧区に給水したが，放牧6年目以降は省力放牧により，斜面よりのわずかな湧出水を堰止めて，そこを水飲場とし，牛を誘導利用した。しかしここも林齢16年生時の夏期に涸渇してしまい，試験放牧は中止せざるを得なかった。

総合検討

この試験は放牧利用を前提に，下草を2種類とし数種の方法で植栽したトドマツ造林地に，草量に比例した牧養日数で育成乳牛を放牧し，発生した諸現象を分析しトドマツ林の成立可能な放牧条件を明らかにしようとした。その結果については，各項目について報告したところであるが，試験放牧の結果どんな林ができ上ったかについて見るとトドマツの生育状況は Table. 8，Table. 9 のとおり，適切な放牧方法をとった野草Ｂ牧区と牧草Ｂ牧区は良好な生長成績であることを知ったが，林齢18年生時の現存率は植栽本数と現存本数の比は Table. 11に示される。これも成林成績の良かった野草Ｂ牧区と牧草Ｂ牧区の例であるが，放牧区でみると野草Ｂ牧区で83%，牧草Ｂ牧区は平均88%である。多数の人工林から算出されたトドマツ収穫予想表の平均値でも，20年生の現存率は89%程度で，15年間放牧した造林地のこの現存率は今後を見通しても十分なものであろう。Table. 5によると林齢4年生時ですでに現存率は野草Ｂ牧区で86%，牧草Ｂ牧区で89%になっているので，その後14年間にわずか2～3%の減少をみたのみであったことになる。また禁牧区との対比では，あまり差はないものの，禁牧区よりは1～6%劣るのがみられ放牧被害の影響が感じとれる。なお牧草Ａ牧区の現存率は不明であるが，林齢4年生時ですでに58%であったので，現在は50%前後と推定される。

次に林齢2年から15年間も放牧したトドマツ林の質の問題として，外見的評価になるが樹幹級の出現率をみると表12のとおりである。ここで樹幹級上とは幹および樹冠が正常に発育して欠点のないもの，樹幹級下とは幹の曲り，二又，折損，病害木，その他欠点の大きいもの，樹幹級中とはその程度の中間のものとしてある。調査の結果，樹幹級区分による本数出現率は牧区間の差が少なく，

Photo. 2.　大被害木の伐倒前の状況（林齢18年）

Photo. 3.　蹄傷剝皮部の材部が腐朽している

Photo. 4.　蹄傷剝皮により露出した材部は褐色に変色しているが腐朽していない

Photo. 5. 蹄傷剝皮により露出した材部は褐色に変色しているが腐朽していない

Photo. 6. 蹄傷剝皮により露出した材部は褐色に変色しているが腐朽していない

野草Ｂ牧区と牧草Ｂ牧区を平均して，上91％，中５％，下４％であり，おおよそ９割は外見的に欠点のない良質材生産の可能性の高いものであることがわかった。また中とか下に判定したものの大半は二又木であったが，この原因は明らかでないが，分岐点が高いものが多い点から放牧が原因したとは考えにくい。なお牧草Ａ牧区の林齢18年生時点での樹幹級の出現は，平坦部で上89％，中10％であり，現存率は約50％と低いものの，野草Ｂ牧区，牧草Ｂ牧区に近似した幹級がみられたが，斜面部では上71％，中28％であり，激害地の後遺症が明らかに認められた。

樹幹級は外形的判定による評価であるが，次に林齢２～３年の放牧初期に蹄傷剝皮の大被害を受けながら生き残ったトドマツも伐倒し，その材内部の解析を行った結果を Table. 13および写真２～６に示す。剝皮による大被害木はほとんど受傷当年か，また翌年春に枯損木となるが，中には生き残るものもある。このような幼齢時の被害木で生存しているものは，外見的には傷跡も見当たらないが，材内部がどのようになっているかを一度確かめようとした。調査は樹幹基部を剝皮の長さ以上のところで鋸断してできた丸太を剝皮部を中心にして縦に鋸断した。かっての剝皮材面は当時赤ペンキをスプレーしているので，今も明瞭に識別できる。表にみるとおり旧剝皮部分の材面は褐色に変色しているだけであるが，中の１本は材部の腐朽が認められた。すなわち腐っているのは１割くらいのもので，他は変色が認められたのみであった。この傷害部分は地上０～20㎝程の幹の根際であって，伐期になってからの伐倒収穫時には，根株として林地に残される部分なので，ここから腐朽が入り芯腐れとなって上部へ上らない限り，収穫する丸太の材質を劣化させることはないものと思う。すなわち林内放牧が材質腐朽を起こすことは現段階では考えにくい。

V．あとがき

以上トドマツ造林地における放牧試験は，植栽当初の林齢２年から，様々な困難にあいながらも15年間の長期にわたり継続し，林の生育とともに木と草と牛の関係の変わり方や，牧養力の漸減する過程をとらえることができたが，この試験は何分にも，試験地面積，牛の頭数ともに小規模で，そのため細部については普遍性に欠ける現象や結果もあり得ることで，その点に弱点のあることは否めない。

林齢18年の今，試験牧区（野草Ｂ牧区と牧草Ｂ牧区）を見回るとき，トドマツ造林木はまことに立派に成林しており，これが林畜複合で，牛を生産しつつ林を育てた現地かと疑いたくなる程である。すでに大きいトドマツは樹高10ｍにもなり，この林では15年間の放牧を実行して，現在87％の現存率を保ってトドマツ人工林に育ち，その過程において６トンの牛体を生産し，間接的にはその後の乳牛生産に多大な貢献をしたのである。トドマツ林は今後枝打ちと間伐によって，良質材生産へ向けた密度管理をはかる段階にきている。林齢18年現在の直径生長は単純計算で年輪幅はほぼ３㎜となっており，差し当たり枝打ちによって直径成長の抑制が必要の時期にきていると思われる。

林地放牧は古くて新しい問題である。今後造林地放牧を必要とする町村もあると思われるが，この試験の結果が事業の参考になることを期待している。

なお，この試験を進めるに当たり，林業試験場経営部混牧林研究室，北海道営林局，札幌営林署の関係者の方々にいろいろご協力をいただいた。ここに感謝の意を表する。

引　用　文　献

1)　林業試験場高萩試験地：針葉樹人工幼齢林の放牧利用，林試高萩試験地，133p，(1982)
2)　毛利勝四郎・馬場強逸・横山長蔵：北方林業，322，15～16，(1976)
3)　日本林業技術協会：北海道地方国有林トドマツ林分密度管理図，林野庁，(1978)
4)　岩波悠紀：日草近中支報，**15**，34～46，(1986)
5)　営農林牧野研究室　試験実行概要，(1971)

Effect of Cattle Grazing on the Establishment of A Man-Made *Abies Sachaliensis* Forest.

Kyoitsu BABA[1], Shigeru TAKAHATA[2], Yayoi SHIBATA[3], Isao NAKATA[4], Katsushirou MOURI[5] and Chozo YOKOYAMA[6]

Summary

1. The aim of experiment :

This experiment was conducted to improve a grazing rate in a man-made forest which is one of the most improtant forest types in Hokkaido.

2. The study site and treatments :

The study site is located in the Sapporo Working Area, No. 57 forest block, in the Hokkaido National Forest. The total area is about 7 ha, and the following eight plots were set in the test site (cf Table 2, Figure 2) :

Two types of understories—wild grass and pasturage

Two types of planting methods—group planting by four trees and row planting in 2 lines.

Two types of densities—3000/ha and 1500/ha

3. The grazing animals :

Heifers (8～12 months old) were grazed in the forest for two years after planting. The grazing rate was decided by the amount of understorey and the grazing period was for about 140 days from May to September. This rotational grazing was conducted for 15 years.

4. The grazing plot process :

1) The Pasture Plot A (No 1～4 plots) on which *Dactylis glomerata* and *Poa pratensis* were introduced at the beginning of the plantation, severely suffered from grazing damage for three years. Grazing was then stopped on this plot, and it was turned into a reserve plot from the fourth year onward.

2) As the understorey of the Wild Grass Plot A decreased due to cattle grazing in three years, we seeded fodder grasses on plots No 6, 7 and 8 in the third year after the start of grazing, and this plot was then called Pasture Plot B, from the fourth year onward.

5. Results of grazing :

The results of grazing are shown in Table 3. Pasture Plot A had high grazing capacity of 200 cowdays/ha for three years from the beginning. On the contrary, Wild Grass A Plot had only 50 cowdays/ha during the same time. Pasture Plot B, in which fodder grasses had been introduced from the fourth year, had about 100 cowdays/ha which was an intermediate rank between Pasture Plot A and Wild Grass Plot A.

The number of grazing heifers were changed every year from 5 to 13 heads, and the average was 7.7 head of heifers. The daily gain of animal body weight ranged from 0.30kg to 0.77kg, and averaged 0.53kg. The standard daily gain for a heifer is said to be 0.70kg, which is a higher level than the result obtained in this test. The grazing conditions for the heifers

Received Janury 14, 1988

(1) (2) (4) (5) (6) Former Hokkaido Branch Station

(3) ex. Hokkaido Branch Station (Hokkaido Research Center)

were very good, because the grazing forest was rather hilly and the animals were able to move around enough to keep healthy. The total number of heifers was 116 head for 14 years, and only one died due to internal disease.

6. Grass growth and yield (cf Table 3) :

Pasture Plot A was treated by surface burning to clear the seed bed and then seeded as following ;

Dactyls glomerata	2kg/10a
Poa pratensis	1kg/10a
Trifolium repens	0.5kg/10a
Trifolium pratense	0.5kg/10a

The grasses were established very well and yielded 27～48 ton/ha a year for three years.

Wild Grass Plot A was treated by burning, but had no seeding, so that the wild grasses regrew on the plot, and they were mainly annual *Compositae* grasses, for example, *Hemistepta lyrata Bunge*, *Picris hieraccioides L.* and *Sonchus brachyotus DC.*, and yielded about 6～14 ton/ha a year for the first five years.

Pasture plot B was introduced gradually with fodder grass and the yield was rather low, abut 8～18 ton/ha a year (average 14 ton/ha) form the fourth year.

7. Growth of the *Abies sachaliensis* plantation :

The change in the number of surviving trees are shown in Tables 4, 5, and Figure 3, 4. Severe grazing damage occurred on Pasture Plot A in the first and second year, and had almost ceased by the fourth year.

8. Tree damage caused by grazing :

The most severe damage was the tearing of stem bark by animal hoofs, and sometimes heavily damaged trees died. Table 6 shows the number of damaged tree for three years. Trees died mostly in the second year. Heavy tearing occurred in the first two or three years and light tearing occurred after the fourth year.

9. Degree of damage :

Table 7 shows the degree of the damage on the plots, that is : Pasure Plot > Wild Grass Plot, Row Planting Plot > Block Planting Plot, and 3000/ha Plot > 1500/ha Plot. There was little damage statisticaly on each plot, except for the number of damaged trees between the row planting plot and the block planting one.

10. Growth of planted trees :

Figure 5 shows the tree height growth curve, and it is a much better one than the standard yield on a second grade locality within yield capacity.

Figure 6 shows the growth of tree diameters at breast height and Figure 7 shows the growth of the crown width, and both of them increase linearly. The planting mode is unsymmetrically biassed, i.e. —row and group planting, but the growth of the crown width was not affected by the planting mode.

11. The relationships between plant hight and grazing damage :

Figure 8 shows the relationships between plant height and grazing damage. When the tree height is under 1m, planted trees are heavily damaged, and after the tree height reaches 2m, grazing damage ceases (within 0～1%). Figure 9 shows the relationships between cowdays and grazing damage. Serious grazing damage occurred on Pasture Plot A which had a high cowday average, because the grazing was planned according to the amount of pasture grass. Wild Grass Plot shows a low cowday average and low grazing damage.

12. The relationships between cowdays and dead trees :

Figure 10 shows the relationship between cowdays and dead trees on both Pasturer Plaot A and Wild Grass Plot A. In the first and second years, dead trees increased on Pasture Plot A with high cowdays, and but with less dead trees on Wild Grass Plot , with low cowdays.

13.The growth of trees at the eighteenth year :

Table 8 shows the growth of *Abies sachalinensis* at the eighteenth year. The growth on Pasture Plot A is 80%, in the flat area, and 70%, in the sloped area, compared with the other plot. Table 9 shows the comparison in growth between the grazed and the ungrazed plots, with tree height being 115%, diameters at breast height 130%, and crown diameters 124% in the former. The reason for this was considered to be partly due to the weeding effect caused by animal browsing and partly due to the manure which was scattered on the fodder grass.

14. The relationships between tree growth and grass yield :

Table 10 shows the relationships between tree growth and edible grass yield. This was introduced according to the equivalent yield index from the stand density control diagram of *Abies sachalinensis* in Hokkaido. We can estimate the maximum period for grazing, using tree heights and density, it is 16 years, in the 3000 tree/ha plot, and the equivalent yield index at that time is 0.53. In the 1500 trees/ha plot, the maximum period for grazing is estimated at 17～18 years.

15. Suitable animals for forest garazing :

The grazed cattle were young heifers of Holstein dairy cattle wkich were gathered from dairy farms near the test forest. Generally, beef cattle would be more suitable for forest grazing and easier to manage in the test field. but beef cattle were unobtainable for our test. It was a problem to manage inexprienced heifers as grazing animals.

16. Control of unpalatble bushes and grasses :

Unpalatable weeds were recovered quickly on the Wild Grass Plot, and we controlled *Petersites japonicus* by cutting, for two seasons. After seven or eight years, *Aralia elata* increased vigorously and suppressed fodder grasses. We cut down *Aralia elata*, in late autumn, but at the next spring they regrew twice as much, so we cut them down in early summer and they did not reappear.

17. Fences :

We set steel ploes at 3m intervals and wooden ones at 20m intervals, and stretched barbed wire on three levels. After every grazing season, we dismantled the barbed wire and put it on the ground to avoid it being broken by heavy snow. One of the problems for grazing is maintenance of fences in large forests. Further research should aim at the problem of fences, so that they can be made more effective.

18. Stand density :

Table 8 and 11 show the final results in the forest. The surviving tree density in the Wild Grass Plot B was 83%, and the Pasture Plot B was 88% —in the 18th year. This is a sufficient density compared with that of 89% in the ungrazed original forest. We concluded that there was no grazing damage on both the Wild Grass Plot B and the Pasture Plot B.

19. Tree forms :

Table 12 shows the class of tree form. We classified tree form as "good," "medium," and "poor." "Goog" means normal growth and "poor" means curved, branched in two, broken at the top, deseased or other deficiencies. The classification results are as follows ; "good" 91% ; "medium" 5% ; and "poor" 4%.

20. Quality of trees :

We cut down and observed the interior of those trees which were damaged on the stem bark, by tearing, in the second or third year of grazing. 90% of them had recovered with brown colored marks as the only remains of the former damage, and only 10% suffered rot. Therefore we can expect the normal make up of a grazing forest.