

# 高海拔地における造林技術に関する研究

## —— 高海拔地におけるスギ林分の実態調査 ——

(県単課題 研究期間 昭和60～62年度)

専門研究員 荒 井 賛  
研 究 員 富 樫 誠  
副 場 長 平 川 昇

### I. はじめに

戦後の拡大造林の進展や広葉樹の需要の増加に伴い造林地の奥地化、高海拔化がみられ、標高が800 m以上の高冷地においてもスギの造林が行われている。

しかし、高海拔地のスギ造林地の生育を見るとその多くは不成績造林地となっており、今後これらの取り扱いを検討する必要があるが、全国的にみても高海拔地で一般的な手法で実施された造林地の実態や問題点を調査、研究した例は少ないようである。

本研究は会津地方の高海拔地におけるスギ造林地の植栽木の生育状況と標高、地形、土壌などの立地条件との関係について調査し、生育の実態と生育に及ぼす要因を明らかにし、今後これらの地域での造林のあり方、および取り扱いについて検討しようとするものである。

### II. 調査地の選定

調査林分は大沼郡会津高田町、南会津郡下郷町、喜多方市岩月町に設定した。設定理由は民有林率が高いこと、各海拔高に造林地が多く存在することなどによるものである。

調査地の抽出は5,000分の1の施業図に森林簿等より人工林位置を記入し、また、空中写真により位置を確認し現地の状況を視察確認し決定した。

調査地の位置及び概要は、表-1に示すとおりである。

### III. 野外調査及び室内実験の方法

#### 1. 野外調査方法

##### 1) 材木の生育状況調査

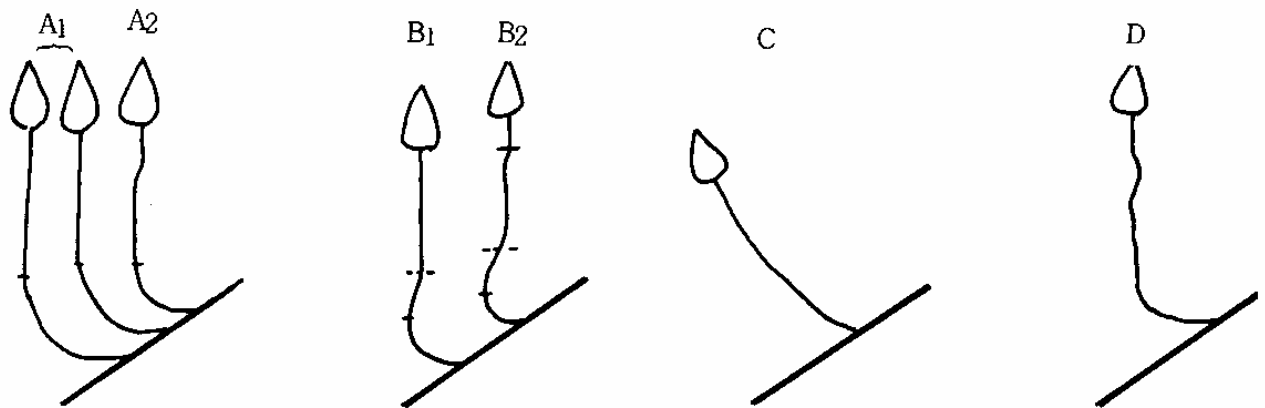
各調査林分において、円形プロット法により立木密度を求め、その中から標準木25本前後を選定し生育の状況、樹型等について調査した。

調査は樹高、胸高直径、枝下高のほか根元曲がりについては根元曲がりの水平長（以下「曲幹幅」という）、根元曲がり高（以下「曲幹高」という）を測定した。測定は原則として胸高直径は直径巻尺を用いcm単位、樹高、枝下高は測幹ポールを用い、また、根元曲がりの状況は測幹ポールと測量用ポールを用い10cm単位で行った。

樹型は図-1に示す区分により個体別にあてはめ、出現率を求めた。

表-1 調査地の概況

No.	場所	標高	傾斜方位	傾斜度	斜面位置・形状	地質	林種
1	会津高田町博士山	1,060	N 20° E	15°	山腹上部緩斜面やや凸	凝灰岩	スギ人工林
2	" "	1,040	S 60° E	18°	山腹上部緩斜面平衡	"	"
3	" 大平	730	N 50° E	17°	山腹中部緩斜面平衡	"	"
4	" "	840	N 75° E	17°	山腹上部緩斜面やや凹	"	"
5	" "	820	S 70° W	35°	山腹下部急斜面やや凹	"	"
6	" "	720	N 65° W	4°	山脚平坦面	火山灰	"
7	" 日和田	710	S 30° W	33°	山腹下部急斜面平衡	泥岩	"
8	" 入日和田	590	S 40° W	36°	山腹下部急斜面平衡	凝灰岩	"
9	" "	570	S 80° W	35°	山腹下部急斜面平衡	"	"
10	下郷町船ヶ鼻	880	S 10° W	35°	山腹下部急斜面やや凸	"	"
11	" 土羅入	820	S 10° W	34°	山腹下部急斜面やや凸	"	"
12	" 原	660	S 10° W	23°	山脚緩斜面やや凹	"	"
13	" 長畑沢	960	S 35° W	31°	山腹上部急斜面やや凸	"	"
14	" "	900	S 65° W	34°	山腹中部急斜面やや凸	"	"
15	喜多方市入田付	1,480	S 60° W	5°	山腹平坦面	"	"
16	" "	1,490	S 20° W	10°	山腹上部緩斜面やや凸	"	ブナ天然林
17	" "	910	S 40° E	20°	山腹中部緩斜面やや凹	"	スギ人工林
18	" "	890	N 75° W	14°	山腹上部緩斜面やや凸	"	ミズナラ天然林
19	" 大滝原	520	S 10° E	22°	山脚やや凹斜面	火山灰	スギ人工林
20	" ダイセン平	740	N 45° W	12°	山腹中部平坦面	凝灰岩	"



- 凡例
- A : 幹曲がりになっているが曲がり部が出張っていないもの
  - B : 幹曲がりでしかも曲がり部が出張っているもの
  - C : 斜立しているもの
  - D : 幹曲がりのひどいもの
  - H : 健全

図-1 樹型区分

2) 土壤断面調査

各調査林分内のほぼ中央部に試孔を設け、林野土壤調査法<sup>1)</sup>に従って調査した。

3) 最深積雪深調査

調査林分内、または、その近隣で立木等の影響が無いと思われる地点に最深積雪指示計（柱長：3 m、ピン：アルミ線φ3mm、長さ10cm、間隔10cm）を降雪前に設置し、融雪後ピンの曲がりから最深積雪深を推定<sup>2)</sup>した。

2. 室内実験法<sup>3)</sup>

土壤断面調査において各層より採取した土壤を風乾後篩別し、2mm以下の細土について化学分析試料に供した。

pHはガラス電極法、置換酸度はKAPPEN法、全炭素はTYURIN法の変法、全窒素はKJELDAHL法、塩基置換容量はPEECH法、置換性のカルシウム、カリウム、マグネシウム、マンガンは中性酢酸INアンモニウム浸出液について原子吸光法<sup>4)</sup>により定量した。

IV. 調査、分析結果

各調査地の調査結果は表-2に示すとおりである。なお、土壤断面調査および土壤の化学分析結果は付表-1、付表-2のとおりである。

表-2 林木の生育と最雪積雪深

No	標高 Al	土壤型	林齢 n	立木 密度 N	平均胸 高直径 Dn	平均 樹高 Hn	平均 幹幅 a	平均 幹高 b	樹型の出現率(%)						最深積雪深 62.12~63.3
									A	B	C	D	H (健全)	A;B;H	
1	1,060 <sup>m</sup>	B <sub>D</sub> (d)	11	1,225 <sup>本/ha</sup>	7.2 <sup>cm</sup>	4.4 <sup>m</sup>	1.3 <sup>m</sup>	1.7 <sup>m</sup>	70	5	25			75	290 <sup>cm</sup>
2	1,040	B <sub>D</sub> (d)	10	1,909	6.8	4.5	1.7	1.7	52	10	5	33		62	240
3	730	B <sub>D</sub>	28	1,627	21.0	19.3	0.2	0.8	26	45	29			71	160
4	840	B <sub>D</sub>	11	1,670	12.0	7.3	0.8	2.4	66	20	7	7		86	160
5	820	B <sub>D</sub>	13	2,525	10.9	7.1	1.2	1.7	30	70				100	160
6	720	B <sub>D</sub>	22	1,278	20.3	15.9	0.2	0.9	31	45	24			76	180
7	710	B <sub>D</sub> (d)	13	1,950	12.1	7.8	1.0	1.7	30	65			5	100	160
8	590	B <sub>D</sub>	12	2,375	13.0	8.8	0.3	0.8	85	15				100	160
9	570	B <sub>D</sub>	30	1,648	18.6	18.5	0.2	0.6	44	39	17			83	160
10	880	B <sub>D</sub> (d)	18	2,100	7.1	4.5	1.4	1.5	62	24	14			86	260
11	820	B <sub>D</sub> (d)	17	2,000	10.1	6.9	0.8	1.9	96		4			96	200
12	660	B <sub>D</sub>	18	2,295	13.9	11.1	0.1	0.6	65	15	20			80	130
13	960	B <sub>D</sub> (d)	16	1,900	7.7	5.0	0.8	1.1	100					100	160
14	900	B <sub>D</sub>	16	2,200	9.9	6.2	1.3	1.6	17	83				100	160
15	1,480	P <sub>D</sub> III	14	1,515	6.8	4.2	2.2	2.2	10		40	50		10	310
16	1,490	P <sub>D</sub> I	-	1,310	15.2	11.4	-	-	-	-	-	-	-	-	310
17	910	B <sub>D</sub> (d)	18	1,940	9.9	5.2	1.2	2.3	28	5		67		33	260
18	890	B <sub>B</sub>	-	1,520	15.7	14.2	-	-	-	-	-	-	-	-	260
19	520	B <sub>D</sub>	14	1,393	10.4	6.8	1.3	1.5	28	48		24		76	120
20	740	B <sub>D</sub> (d)	18	489	12.8	7.2	0.4	1.6	32			54	14	46	210

V. 考 察

1. 地位指数の推定

一般に林地の生産力を表わす地位指数は基準林齢における主林木の平均樹高が用いられるが、高海拔地における林木は雪圧による根元曲がりが個体により大きく異なるため、地位指数を求めるに当たり単に樹高の平均値により推定することは問題がある。

すなわち、根元曲がり部分の長さを考慮した樹幹長の平均値を用い推定することがその土地の生産力を表わすのにより適切と考えられる。

しかしながら、現地で樹幹長をいちいち測定することは困難なので、曲幹幅、曲幹高より根元曲がり部分の長さ（以下「曲幹長」という）を算出し、樹幹長を求め地位指数を推定することとした。

(1) 樹幹長の算出法

高海拔地などの積雪地帯の傾斜地における林木の形状を示せば模式的に図-2のように考えられる。

ここで、樹幹長(L)、樹高(H)、曲幹長(a)、曲幹高(b)、曲幹長(ℓ)、直幹長(h)とすれば

$$L = h + \ell = (H - b) + \ell \quad \text{..... ①}$$

ここで、ℓを主軸の長さが2a、2bのだ円の円周の4分の1と考えれば、近似的に

$$\ell \div \pi \sqrt{(a^2 + b^2) / 8} \quad \text{..... ②}$$

として算出される。

(2) 地位指数の算出法

今回の調査林分の地位指数を求めるにあたっては表-3に示す「会津地方におけるスギ人工林の地位別、林齢別の樹高生長値」<sup>5)</sup>を用い推定することとした。

なお、当該地のような積雪地や高海拔地における伐期は一般に長く、基準林齢として60年以上とすることが適当と思われるが、調査林分に10数年と若いものがあり誤差を少なくするため40年を基準林齢として地位指数を求めることにした。

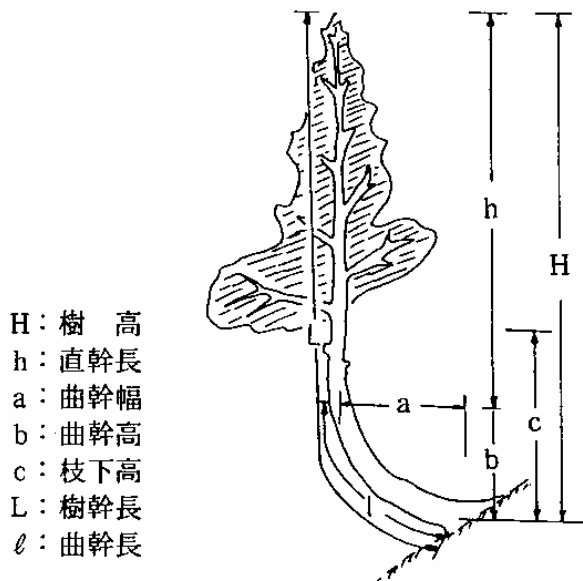


図-2 樹林の形状と部位名

表-3 齢階別・地位級別樹高生長

地位 林齢	1	2	3	4	5
10年	6.9	6.3	5.7	5.1	4.5
15	11.0	10.1	9.1	8.2	7.2
20	14.7	13.4	12.1	10.9	9.6
25	17.9	16.3	14.8	13.2	11.7
30	20.7	18.9	17.1	15.3	13.5
35	23.1	21.1	19.1	17.1	15.1
40	25.2	23.1	20.9	18.7	16.5



なお、根元曲がりのある林木の樹幹の伸長生長が正常に直立している林木の樹高の伸長生長と同様の特性を有しているかどうかは種々異論もあろうが、雪起しによって成長が促進されるという効果はあまり期待できないとの報告もあるので、ここでは両者に差は無いものとする。

①式より林齢  $n$  年の樹幹長 ( $L_n$ ) は

$$L_n = (H_n - b) + \ell \quad \text{⑦}$$

⑥式の  $H_n$  の代りに⑦式の  $L_n$  を用いれば

$$L_{40} = 29.24 \times n^{-0.93} \times (H_n - b + \ell) \quad \text{⑧}$$

が得られる。

これで根元曲がりの影響（積雪の物理的影響）を除いた林地生産力の比較ができると考えられ、ここでは断らない限り地位指数として  $L_{40}$  の値を用いることにする。

(3) 採材地位指数の算出法

根元曲がりを有する林木は伐期においては根元曲がり部分を差し引いた垂直に生育した部位が利用されることになろう。

現在の根元曲がりの状態が今後変化しないものと仮定すれば  $m$  年生時の直幹長 ( $h_m$ ) は、

$$h_m = L_m - \ell \quad \text{⑨}$$

従って、林齢40年時の直幹長 ( $h_{40}$ ) を採材可能な樹高、すなわち採材地位指数とすれば、

$$h_{40} = L_{40} - \ell \quad \text{⑩}$$

として算出される。

(4) 地位指数等の算出結果

各調査林分の測定値をもとに式②、⑥、⑦、⑧、⑩より  $L_n$ 、 $\ell$ 、 $L_{40}$ 、 $H_{40}$ 、 $h_{40}$  の各平均値を求めた結果は表-4のとおりである。

表-4 地位指数等推定結果

No.	平均樹幹長 $\bar{L}_n$	平均曲幹長 $\bar{\ell}_n$	平均直幹長 $\bar{h}_n$	地位指数(40年生)			No.	平均樹幹長 $\bar{L}_n$	平均曲幹長 $\bar{\ell}_n$	平均直幹長 $\bar{h}_n$	地位指数(40年生)		
				樹高 ( $H_{40}$ )	樹幹長 ( $L_{40}$ )	直幹長 ( $h_{40}$ )					樹高 ( $H_{40}$ )	樹幹長 ( $L_{40}$ )	直幹長 ( $h_{40}$ )
1	5.1	2.4	2.7	13.8	16.0	13.6	10	5.3	2.2	3.1	8.9	10.5	8.3
2	5.4	2.7	2.7	15.5	18.6	15.9	11	7.3	2.3	5.0	14.5	15.3	13.0
3	19.4	0.9	18.5	25.4	25.6	24.7	12	11.2	0.5	10.7	22.1	22.3	21.8
4	7.7	2.8	4.9	23.0	24.2	21.4	13	5.4	1.5	3.9	10.1	12.0	10.5
5	7.7	2.3	5.4	19.1	20.7	18.4	14	7.0	2.4	4.6	13.8	15.5	13.1
6	16.0	0.8	15.2	26.2	26.4	25.6	15	5.3	4.9	0.4	10.6	13.3	8.4
7	8.3	2.2	6.1	21.0	22.3	20.1	17	5.8	2.9	2.9	10.3	11.5	8.6
8	8.9	1.0	7.9	25.5	25.8	24.8	19	7.5	2.2	5.3	17.1	18.8	16.6
9	18.6	0.7	17.9	22.9	23.0	22.3	20	7.8	1.6	6.2	14.3	15.5	13.9

2. 各種環境と林木の生育

各調査地の環境、林木の生育状況から求めた地位指数及び土壌の化学分析データ等をもとに、生育の実態、生育に及ぼす要因や問題点について比較、検討する。

なお、各因子の関連については適当と思われる回帰曲線に当てはめこれらに対する相関係数により判断することにした。

(1) 自然環境と林木の生育

1) 海拔高及び積雪深と林木の生育

海拔高とスギの地位指数の関係は図-5に示すように標高が高くなるに従い地位が悪くなる傾向がみられる。

なお、回帰曲線より判断すると、地位5以上の生育が期待されるのは標高900 m以下であり、用材として利用可能な直幹部のみを考えた場合は標高700 m以下の場所であると考えられる。

海拔高と根元曲りの関係については図-6に示すとおり曲幹幅、曲幹高、曲幹長はいずれも標高が高くなるに従い大きくなる傾向がみられる。

一方、積雪深とスギ地位指数の関係については図-7に示すとおり負の相関がみられ、地位5以上の生育を期待できるのは積雪深が2 m以下の地域となっており、また、積雪深と根元曲がりについては図-8にみられるように正の相関がみられる。

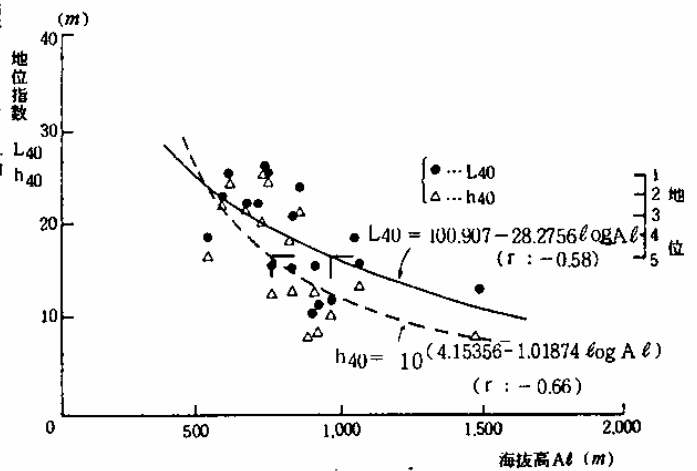


図-5 海拔高と地位指数

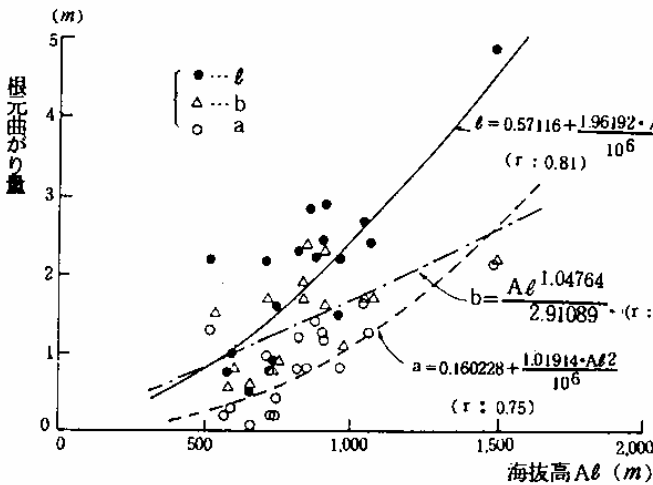


図-6 海拔高と根元曲がり量

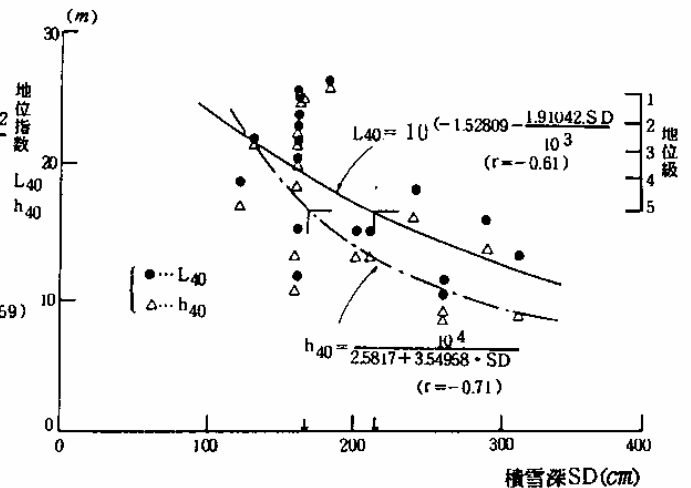


図-7 積雪深と地位指数

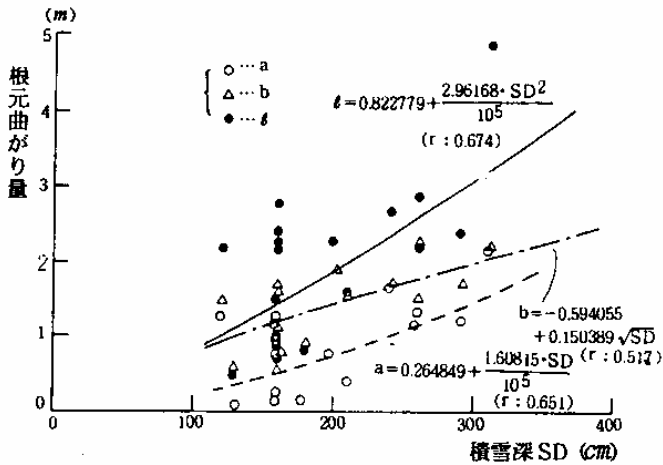


図-8 積雪深と根元曲がり量

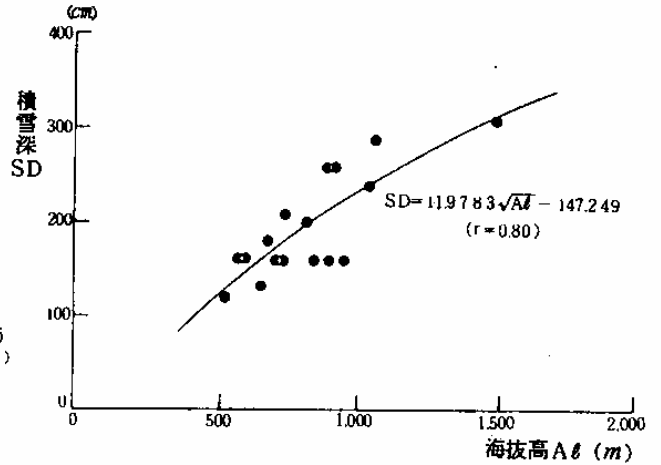


図-9 海拔高と積雪深

ここで、留意すべきことはスギの生育に対する海拔高と積雪深の関係が似かよっていることであるが、これらについては海拔高と積雪深の関係が図-9に見られるように非常に高い相関があるためであろう。

2) 林木の生存本数に及ぼす要因

造林木の生存本数は調査地によって大きなバラツキがみられるが、海拔高、積雪深、傾斜度及び林齢との関係を示せば図-10～図-13のとおりである。

これによると生存本数と傾斜角にはかなり高い負の相関がみられるが海拔高、積雪深、林齢とは一定の関係は認められなかった。

すなわち、高海拔地の林木の生存本数は傾斜角に大きく左右され傾斜地形（ここでは35°以下）よりも平坦地形の方が林木の枯死被害の発生が高くなる可能性が大きいことを示唆している。

これは多くの報告と<sup>例えば7)</sup>と一致している。

このことについては「樹木が幼齢で埋雪をくり返している時代には移動のために平地よりも埋雪の

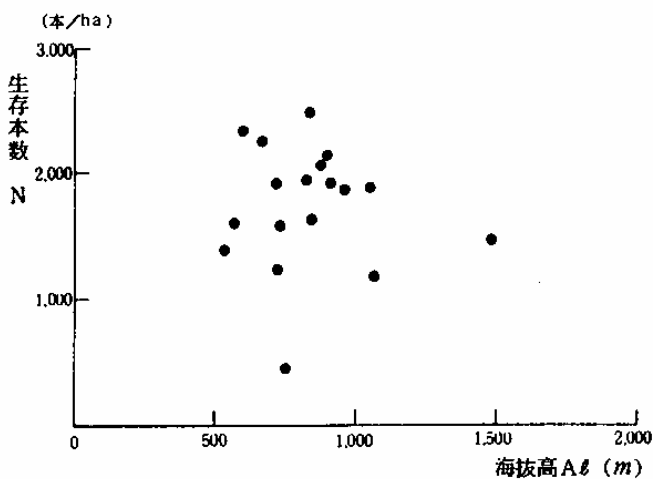


図-10 海拔高と生存本数

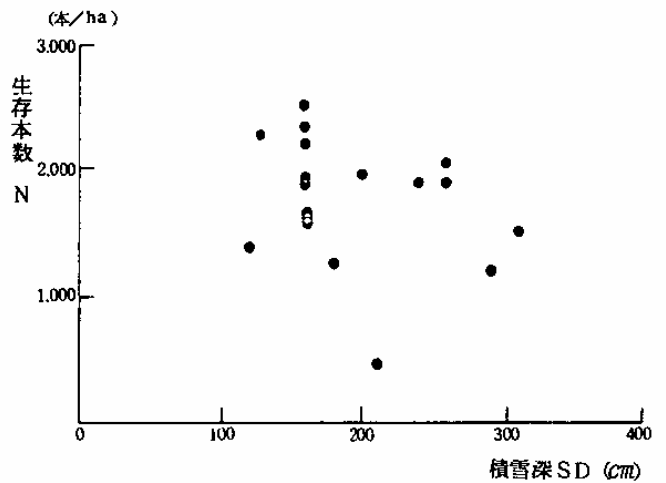


図-11 積雪深と生存本数



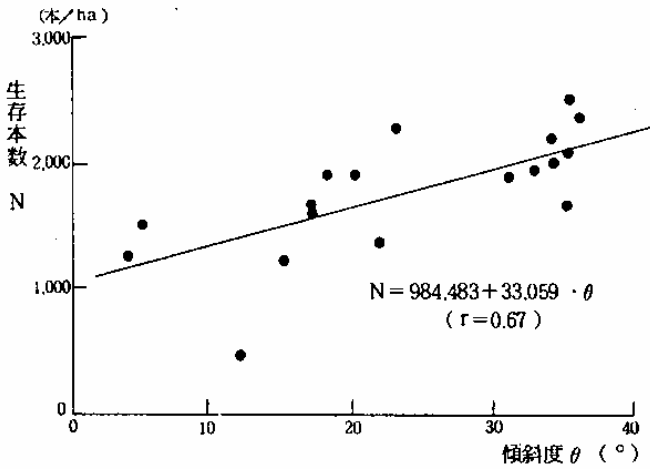


図-12 傾斜度と生存本数

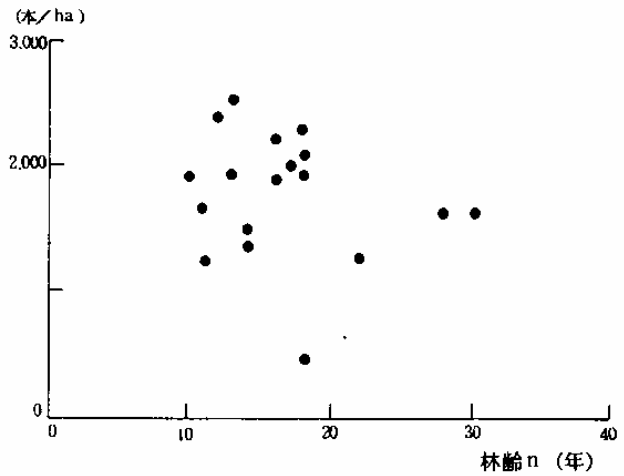


図-13 林齢と生存本数

形態がよくなり、チョウチンタミになることがないだけ有利であり、一般に、雪国では平地よりも傾斜地の樹木に被害が少ないのはそういうことが原因している」<sup>8)</sup>といわれており、これによって説明される。

### 3) 立地環境と樹型

各調査における樹型の出現状況を海拔高及び傾斜度別に並べかえて示せば図-14のとおりである。

ここで、採材可能な林木の樹型をH, A, Bとすれば、これらの出現は海拔高よりも傾斜角に左右され、傾斜角の大きい所ほど出現率が高くなる傾向がみられる。これは前述の生存本数の場合と同様の原因によるものと考えられる。

なお、これらの調査林分のなかで比較的良く雪起こしが行われていた林分はNo.5, No.7, No.19であるが、これらの林分はB型の林木(特にB<sub>2</sub>型)が増加する傾向がみられる。

これは雪起こしにおいて

- 引き起こしすぎる
- 引き起こしの位置が高い
- 引き起こしの時期が遅い

等の理由によるものと考えられ、完全な雪起こしの実施は非常に難しいことを示唆している。

### (2) 土壌の状況と林木の生育

#### 1) 土壌型と地位指数

林木の生育と土壌型とは密接な関係があることはこれまで種々報告されている。

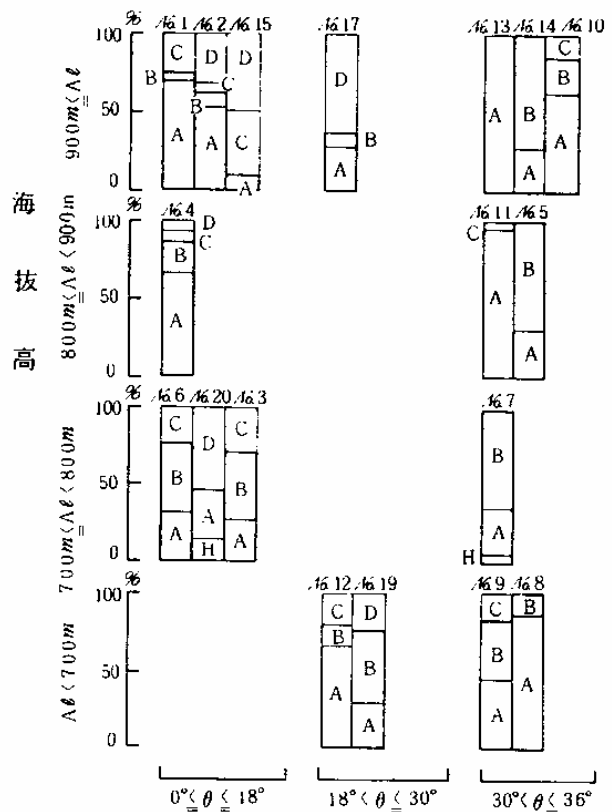


図-14 海拔高別、傾斜度別  
樹型出現状況

今回の調査においても図-15にみられるように概ねB<sub>D</sub>型の土壤の調査地の生育が最も良く次いでB<sub>D</sub>(d)型、最も悪いのがP型の土壤の林木となっている。なお、海拔高の低い所ではB<sub>D</sub>型の出現が高く、高海拔になるに従ってB<sub>D</sub>(d)型、P型の出現が高くなる傾向にあり、特に1,000 mを越える場合はB<sub>D</sub>(d)型であってもポトゾル化作用の影響がみられる場合が少なくない。

すなわち、標高が高くなるに従いスギに対し生産性の低い土壤が多く分布する可能性が大きくなることを示している。

### 2) A層の厚さと地位指数

A層の形成はその環境に最も影響を受け、その形態の良否は林木の生育に大きく関与するものと考えられる。

しかしながら、今回の調査結果からA層の厚さと地位指数の間には図-16にみられるように一定の関連は認められなかった。

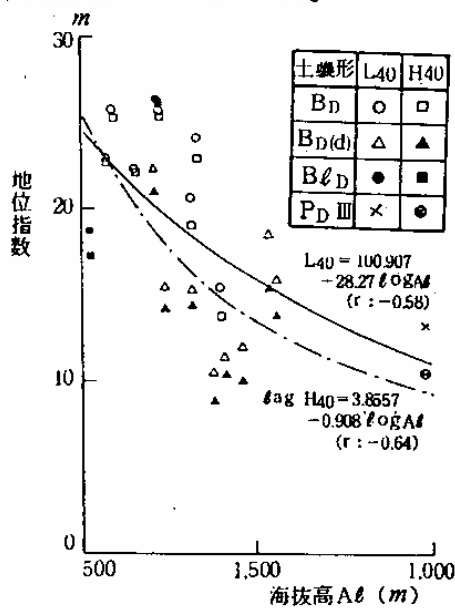


図-15 海拔高別、土壌別  
地位指数

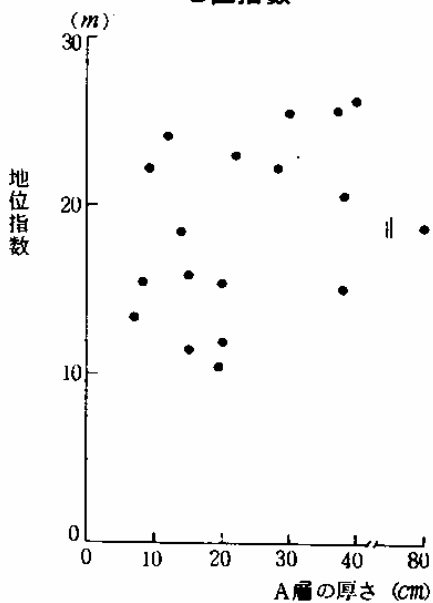


図-16 A層の厚さと地位指数

### 3) 土壤の酸度と地位指数

深さ0~10cm部の土壤(以下「表層部」という)と深さ25~30cm部の土壤(以下「中層部」という)のpH(H<sub>2</sub>O)、pH(KCl)、y<sub>1</sub>と地位指数の関係は図-17のとおりである。

pH(H<sub>2</sub>O)については表層部、中層部ともに正の関数が見られ、特に表層部の相関が高かった。

一方、pH(KCl)とy<sub>1</sub>は表層部において前者は正、後者は負の相関が認められたが中層部についてはいずれもはっきりした傾向はみられなかった。

### 4) 全炭素、全窒素、C-N率と地位指数

土壤の肥沃度の目安として腐蝕の含有量があげられるが、これからは土壤中の炭素や窒素の含有量により把握され、一般に炭素、窒素の含有量が多くC-N率が低い(最小は10前後)ほど腐植化の進んだ生産力の高い土壤であると考えられる。

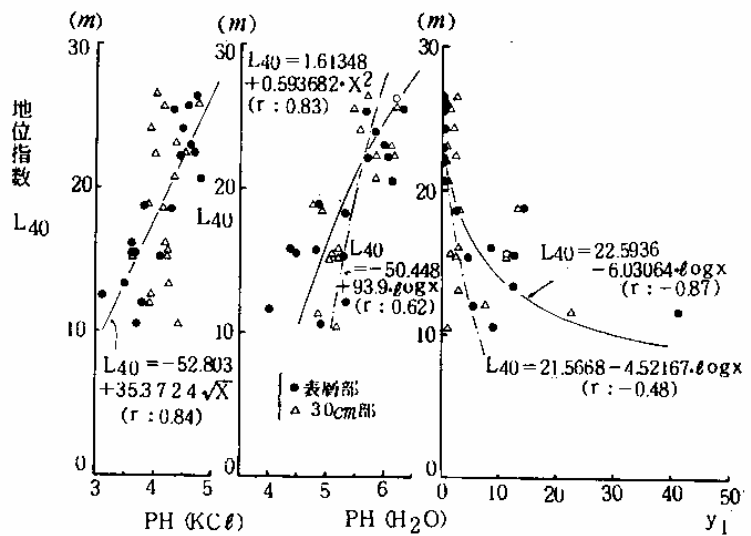


図-17 土壤の酸度と地位指数

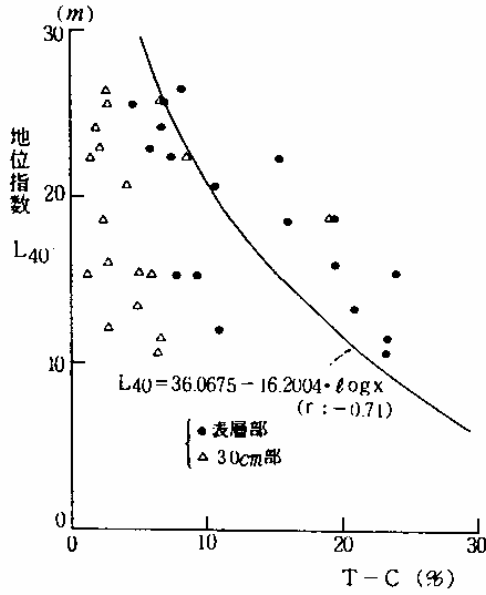


図-18 土壌中の炭素と地位指数

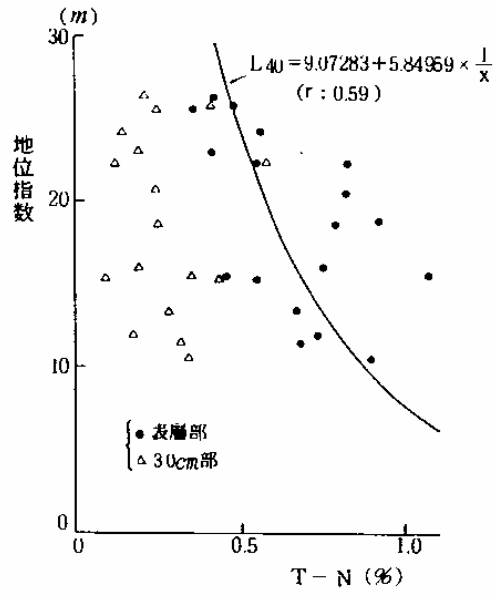


図-19 土壌中の窒素と地位指数

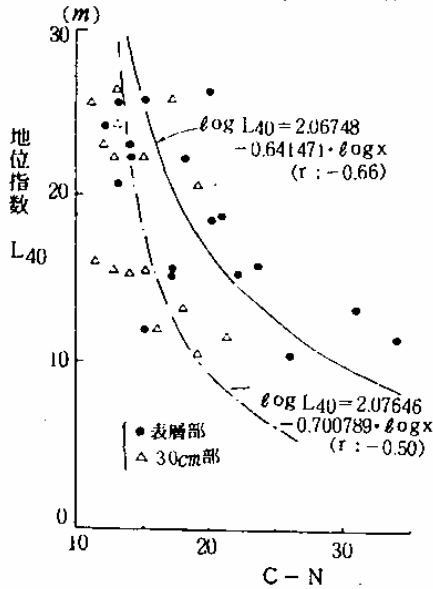


図-20 C-N率と地位指数

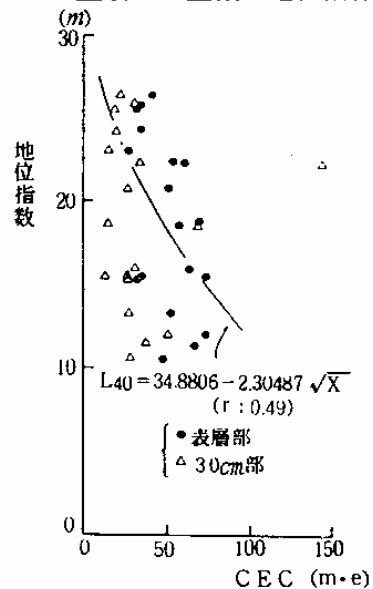


図-21 塩基置換容量と地位指数

今回の調査においては図-18、図-19が示すように表層部の炭素及び窒素の含有率と地位指数には負の相関がみられ、また、図-20に示すようにC-N率と地位指数には表層部、中層部ともに負の相関が認められる。

これについて、炭素と窒素の含有率の関係をみると炭素の増加に比べ窒素の増加が少なく、炭素の含有率の高い土壌ほど未熟な有機物が多くなっていることを示しており、窒素飢餓が生じる可能性が強く、これがスギの生育を阻害する要因の一つと考えられる。

#### 5) 塩基置換容量と林木の生育

塩基置換容量は森林の生産力的な面から重視されており一般にはこの量の多い土壌は肥沃度が高いとされているが、今回は図-21にみられるとおり表層部においてはむしろ負の相関がみられる。

これは、塩基置換容量は土壌中の腐植の量と密接な関係があるため、高海拔地の土壌は前述のようにC-N率が高くなるため、このような結果になるものと考えられる。

6) 置換性塩基類と林木の生育

置換性のカルシウム、マグネシウム、カリウム、マンガンの含有量と地位指数の関係は図-22~図-25に示すとおりである。

これによると置換性カルシウムは表層部と中層部において、地位指数との間に正の相関が認められる。

一般に塩基性カルシウム含有量の多い土壌は林木の生産性も高いといわれており、ここではこれと一致している。

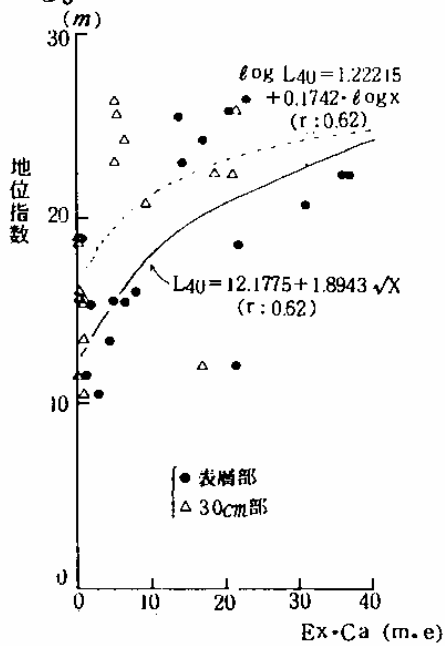


図-22 置換性カルシウムと地位指数

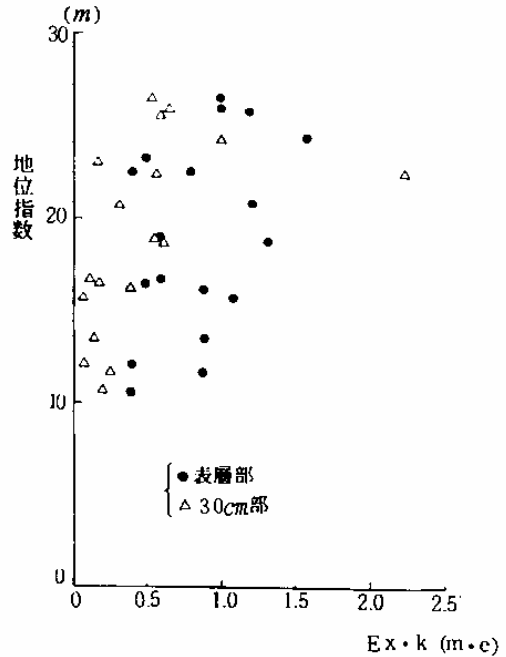


図-23 置換性カリウムと地位指数

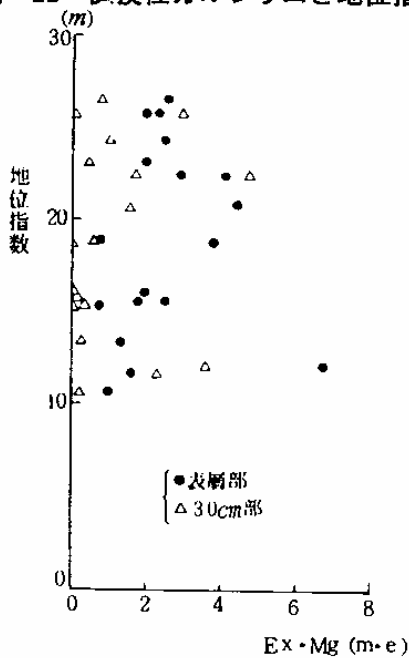


図-24 置換性マグネシウムと地位指数

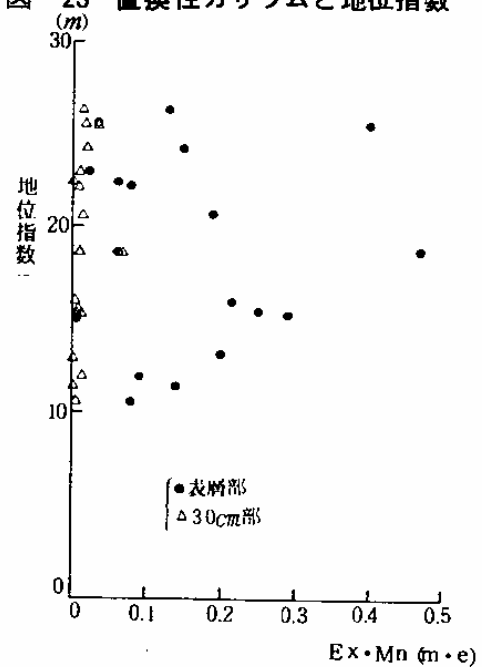


図-25 置換性マンガンと地位指数

7) 置換性カルシウム、マグネシウムの飽和度と林木の生育

置換性塩基の飽和度の高い土壌は、一般に水分環境が良好で有機物の分解が順調に行われ、それに伴って植物に対する窒素およびリンの供給も順調に行われている。従って、土壌の置換性塩基の飽和度は土壌条件の良否を間接的に示す指標<sup>1)</sup>と考えられている。

置換性カルシウムとマグネシウムの飽和度と地位指数については図-26及び図-27のとおり両者ともに正の相関が認められる。

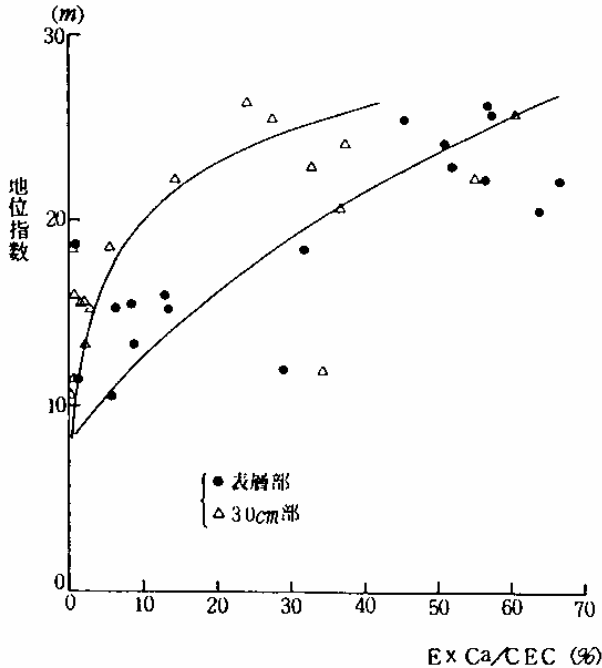


図-26 カルシウム飽和度と地位指数

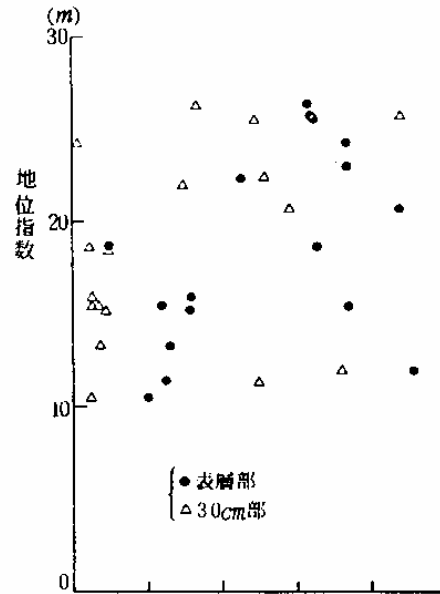


図-27 マグネシウム飽和度と地位指数

(3) 海拔高と土壌条件の関連

前項でスギの生育と関連が認められた土壌の化学性と海拔高とどのような関係にあるかを示せば図-28～図-35のとおりである。

これによると海拔高が高くなるにしたがって、

- i) 土壌は酸性が強くなる。
- ii) 表層部の炭素、窒素の含有量は増加するが中層部では減少する。
- iii) 表層部のC-N率は増加する。
- iv) 置換性カルシウムの飽和度は減少する。

等の傾向がみられる。

このことは標高が高くなるにしたがって土壌の化学性の面からも生産性が非常に低下することを示している。

なお、これらは高海拔地においては温量指数が少ないため有機物の分解が不十分になるために生ずると考えられる。

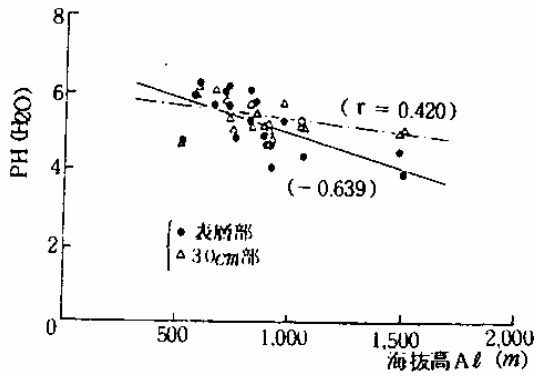


図-28 海拔高とpH (H<sub>2</sub>O)

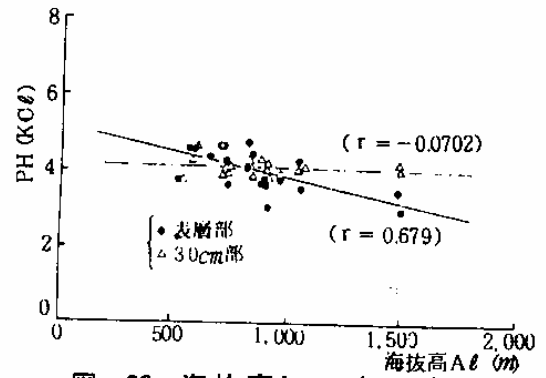


図-29 海拔高とpH (KCl)

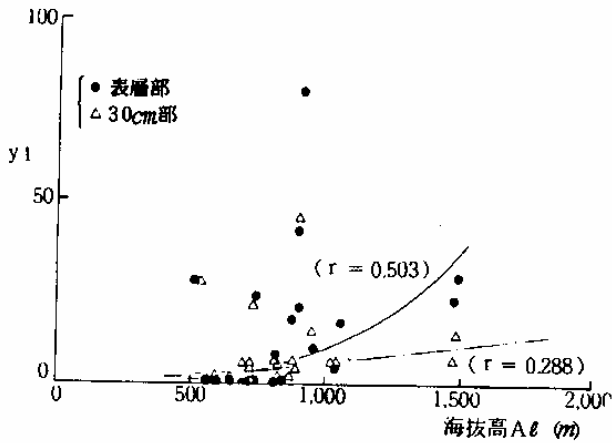


図-30 海拔高と置換酸度

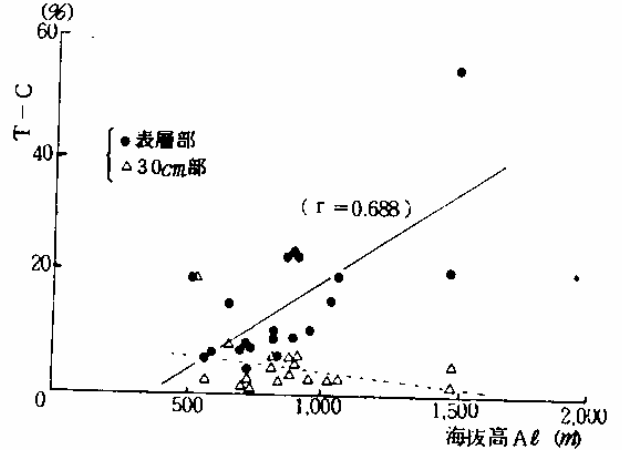


図-31 海拔高と全炭素

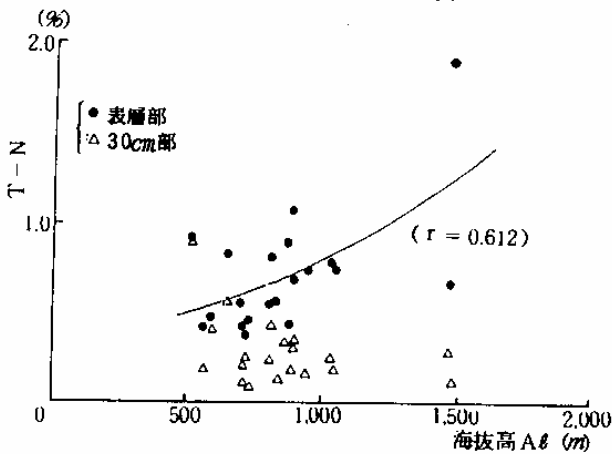


図-32 海拔高と全窒素

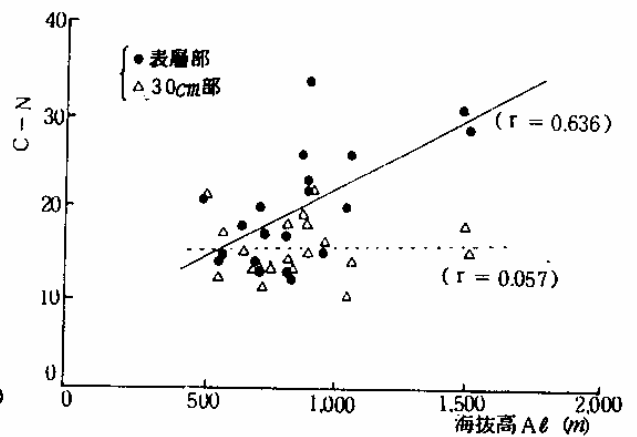


図-33 海拔高とC-N率

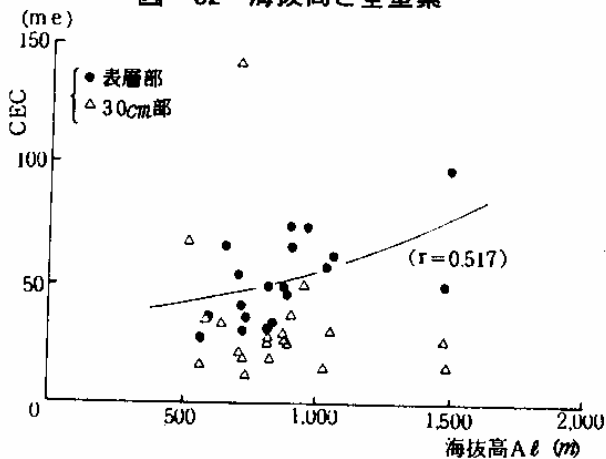


図-34 海拔高と塩基置換容量

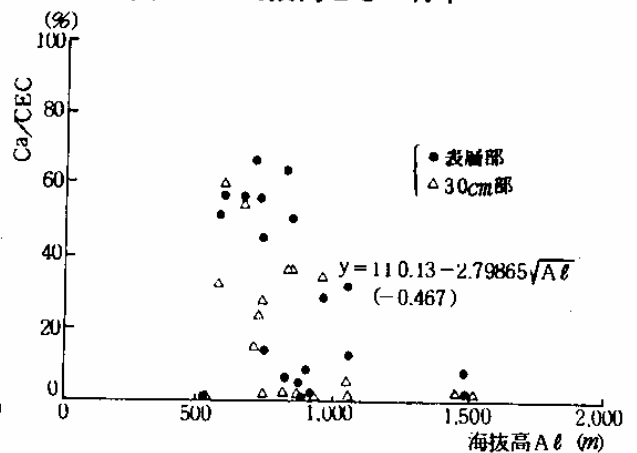


図-35 海拔高とカルシウム飽和度

4. 海拔高と収量比数

各種造林木の施業体系は収量比数を主要因子として作られている。

収量比数を求めるにあたっては普通林分密度管理図が用いられるが、今回の調査で得られた樹高や立木度のデータを密度管理にあてはめ収量比数を読み取ることが困難なものがあるので、「裏東北、北陸地方スギ林分密度管理図」<sup>9)</sup>の説明欄にある次式により求めることとした。

$$V = (0.066047 \cdot H^{-1.352337} + 3743.3 \cdot H^{-2.824828} / N)^{-1}$$

$$V_{Rf} = (0.060047 \cdot H^{-1.352337} + 3743.3 \cdot H^{-2.824828} / N_{Rf})^{-1}$$

$$\log N_{Rf} = 5.29374 - 1.47249 \log H$$

$$R_y = V / V_{Rf}$$

式中 H : 上層樹高

V : ha 当たり材積

N : ha 当たり本数

$V_{Rf}$  : 最多密度における ha 当たり材積

$N_{Rf}$  : 最多密度における ha 当たり本数

$R_y$  : 収量比数

なお、上層樹高として n 年生時の平均樹高 ( $\bar{H}_n$ ) および n 年生時の平均樹幹長 ( $\bar{L}_n$ ) を用いることとした。

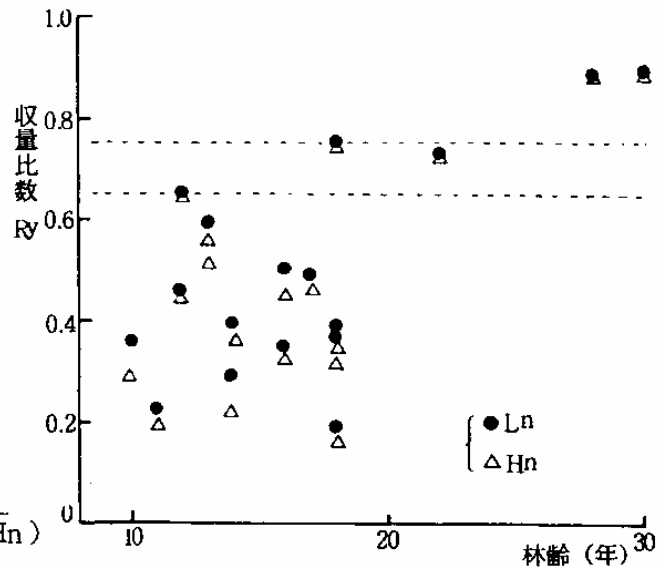


図-36 林齢と収量比数

各調査林分の収量比数を求めた結果は表-5に示すとおりである。

各林齢に対する収量比数の関係は図-36にみられるとおりである。

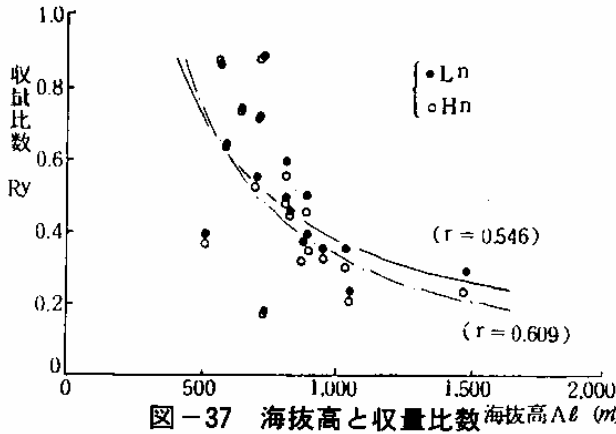
会津地方における地位級5の施業体系は概ね、収量比数0.75を目標とし林齢10~20の間に1~2回

表-5 林分調査地における収量比数 ( $R_y$ )

No	Hnより算出	Lnより算出	No	Hnより算出	Lnより算出
1	0.20	0.23	10	0.31	0.37
2	0.29	0.35	11	0.47	0.49
3	0.88	0.89	12	0.74	0.74
4	0.44	0.46	13	0.32	0.35
5	0.55	0.59	14	0.45	0.50
6	0.72	0.72	15	0.22	0.29
7	0.52	0.55	17	0.34	0.39
8	0.64	0.64	19	0.36	0.40
9	0.87	0.87	20	0.17	0.18

の間伐を実施することになっている。

しかし、今回の調査林分は一部の林分を除いて林齢に即した収量比数に至っておらず、極めて疎の状況にある。



次に、海拔高に対する収量比数について図-37に示すが、標高が高くなるにしたがって収量比数は低下しており、間伐を必要とする林分の収量比数を0.7以上とすれば、このような林分の出現は標高750 m以下となっている。

すなわち、高海拔地におけるスギ造林地の保育施業の実施に際し、通常密度管理図をもとに作られた施業体系は適合しないと考えられる。

### V. 高海拔地の造林上の問題点と今後のあり方

以上述べた様に会津地方における高海拔地のスギの生育は極めて不良であり、標高800 m以上では地位5以下の生育しか期待できない。

この要因として積雪の影響もあろうが土壌のもつ生産力自体が低下するためであることが最も大きいと考えられる。

すなわち、高海拔地は寒冷であるため土壌の化学性の改善は困難であり、また、生育期間も短いためスギ導入の適地には成り難く、経済林としての取り扱い是不可能と考えられ、今後標高800 m以上の地域において経済林を目的としたスギの導入は厳につつしむべきであろう。

しかし、現実的には2つの問題がある。

1つは高海拔地の既造地の取り扱いであり、もう1つは今後この様な高海拔地の造林が余議なくされた場合の対応である。

前者については、材の生産を目的とするならば植栽後から十分な雪起しを実施する必要があるが雪起しは樹高が積雪深の約2.5倍になるまで必要であるとされており、地位が低く積雪が多い地区においては雪起しを30~40年継続しなければならないことになる。

また、植栽木の伸長生長を促すために施肥が考えられるが、高冷地での施肥効果や積雪の発生に及ぼす影響について不明な点が多く有効な方法は見出されていない。

すなわち、高海拔地のスギ造林地に対し現実的な有効な方法は見当らず、可能な限りの雪起しを実施するとともに超長伐期施業として考えて行く必要がある。

次に後者についてであるが、スギ品種・系統に対する雪害抵抗性については数多く研究されており、経済林の造成を前提としなければこれらの中から各地方に適合したものを導入することも一つの方法であろう。

ちなみに本県の天然スギの植栽試験<sup>10)</sup>によれば、根元曲がり量は

地元スギ > 方名スギ > 飯豊スギ > 吾妻スギ

の順であったとの結果を得ている。

しかし、これらも高海拔地において検討された例は少なく、天然スギを含め、既存の有用広葉樹による萌芽更新法、周辺に良好な生育をしている樹種の導入(造林)法等に対し検討を加え、耐雪性、耐高海



抜性樹種の検索及び導入方法について解明しなければならない点が多く残されているのが現状である。

## VI. おわりに

高海拔地におけるスギの造林は土壌的、気象的にみて極めて不適當であり、技術的な改善により経済性を高める試みは不可能と思われる。

しかし、これらの高海拔地の森林は公益性からみれば非常に重要な位置を占め、今後は経済性を追求することよりも生態系を重視し、より健全な森林の造成法の確立が特に重要な課題となることが予測される。

従って、今後高海拔地の造林技術についてはこれらの解明を中心として実施していきたいと考えている。

### 【参考分献】

- 1) 森林土壌研究会：森林土壌の調べ方とその性質 林野弘済会（1982）
- 2) 高橋喜平：最深積雪指示計のこと、林試東北支場たよりNo 5（1969）
- 3) 河田 弘外：環境測定法Ⅳ — 森林土壌 — 共立出版（1976）
- 4) WALTER SLAVIN：原子吸光分光分析 — 基礎と応用 廣川書店（1971）
- 5) 福島県農地林務部：すぎ人工林の実態調査結果とその応用について（裏日本—福島県会津地方（1982）
- 6) 遠田 武外：多雪地帯におけるスギ幼齢木の雪起し効果 日林東北支誌 32（1980）
- 7) 須藤昭二外：豪雪急斜地のスギ幼令林における成立本数の推移 日林東北支誌 20（1968）
- 8) 渡辺資仲外：気象害から樹木を守る 全国林業改善普及協会（1971）
- 9) 林野庁：裏東北、北陸地方スギ林分密度管理図 日本林業技術協会（1979）
- 10) 伊藤輝勝外：天然スギ植栽試験 福島林試報告 16（1984）

付表-1 土壤断面調査結果一覧

tr : 凝灰岩質岩石 r : 残積土  
 Ms : 泥岩 cr : 匍行土  
 Va : 火山岩 c : 崩積土

Prof No	土壌型 堆積様式 Type of soil Parent material Mode of deposit	海拔 方位傾 Elevation (m) Direcion Inclina- tion	地形 Topography	層位 Horizon	層厚 Thickness (cm)	土色 Soil colour	石強 Gravel	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Consistency (mm)	水湿 Wetness
1	B <sub>D</sub> (d) tr r	1,060 N20°E 15°	尾根 緩斜 平 根 部 面 衝	A <sub>1</sub>	8~10	7.5YR 3/2	小角中	CL	cr, gr, n	8	湿
				A <sub>2</sub>	5~8	7.5YR 3/3	小角中	CL	gr, n	14~18	湿
				B <sub>1</sub>	8~12	7.5YR 5/6	小角中	CL	n	23~24	潤
				B <sub>2</sub>	7~9	10YR 6/6	小角多	CL	m	21~22	潤
				C	36+	10YR 7/6	小角多	CL	m	22~24	潤
2	B <sub>D</sub> (d) tr cr	1,040 S60°E 18°	山上 緩斜 平 腹 部 面 衝	A <sub>1</sub>	2	7.5YR 2/2	—	CL	cr, gr	6	湿
				A <sub>2</sub>	5~6	7.5YR 3/2	小角中	CL	gr	12~15	湿
				A <sub>3</sub>	6~8	7.5YR 3/3	小角中	CL	gr, n	16~20	湿
				B <sub>1</sub>	18~23	7.5YR 3/4	小箇やや多	CL	n	20~22	湿
				B <sub>2</sub>	28~35	10YR 4/6	小中角多	CL	m	20~22	湿
3	B <sub>D</sub> tr cr	730 N50°E 17°	山中 緩斜 平 腹 部 面 衝	A <sub>1</sub>	8~12	10YR 2/3	小角多	L	cr, gr	8~12	潤
				A <sub>2</sub>	8~12	10YR 3/3	小角多	L	cr, gr	13~15	潤
				A <sub>3</sub>	7~12	10YR 3/4	小中角多	SL	bk	13~14	湿
				B <sub>1</sub>	10~14	10YR 4/5	小中角多	SL	m	—	潤
				B <sub>2</sub>	10+	10YR 5/6	小中角多	SL	m	—	潤
4	B <sub>D</sub> tr cr	840 S75°E 17°	山上 緩斜 凹 腹 部 面 凹	A <sub>1</sub>	3~4	10YR 2/3	小角中	L	cr	2~4	湿
				A <sub>2</sub>	8~12	10YR 3/3	小角多	L	gr	12~13	潤
				B <sub>1</sub>	35~40	10YR 4/4	小中角多	CL	gr, bk	13~14	潤
				B <sub>2</sub>	20+	10YR 4/4	小中大角多	CL	bk	13~15	潤
5	B <sub>D</sub> tr cr	920 S70°W 35°	山下 急斜 凹 腹 部 面 凹	A <sub>1</sub>	5~7	7.5YR 2/2	小箇中	CL	cr	5	湿
				A <sub>2</sub>	10~14	7.5YR 2/3	小中角多	CL	cr, gr	5~8	湿
				A <sub>3</sub>	18~22	7.5YR 3/3	小~大角多	CL	n	8~12	潤
				B <sub>1</sub>	19~23	10YR 3/4	小~大角多	SL	m	12~14	潤
				B <sub>2</sub>	15~17	10YR 4/4	小~大角多	SL	m	12~18	潤
6	#B <sub>D</sub> Va c	750 N65°W 4°	山 平 坦 脚 面	A <sub>1</sub>	5~8	10YR 2/2	小角少	SL	cr	6~8	湿
				A <sub>2</sub>	8~12	10YR 2/3	小角少	SL	cr, gr	12~14	潤
				A <sub>3</sub>	14~17	10YR 3/2	小角少	SL	gr	13~16	潤
				A <sub>4</sub>	6~10	7.5YR 2/2	小中角少	L	m	12~13	潤
				B <sub>1</sub>	10~13	7.5YR 4/6	小角少	L	m	14~17	潤
7	B <sub>D</sub> (d) Ms cr	710 S30°W 33°	山下 急斜 平 腹 部 面 衝	A	9~11	10YR 2/2	小中角多	CL	cr	5~8	湿
				B <sub>1</sub>	18~23	10YR 4/4	小角多	SL	bk	12	湿
				B <sub>2</sub>	8~12	10YR 5/3	小中角多	SL	m	12~13	湿
				B <sub>3</sub>	40+	10YR 6/3	小中角多	SL	m	10~13	潤
8	B <sub>D</sub> tr c	570 S40°W 36°	山下 急斜 平 腹 部 面 衝	A <sub>1</sub>	20~23	10YR 2/2	小角多	L	cr	3~7	湿
				A <sub>2</sub>	13~16	10YR 2/3	小中角多	SL	cr	5~8	湿
				B <sub>1</sub>	15~19	10YR 3/2	小中角多	SL	m	8~11	湿
				B <sub>2</sub>	30+	10YR 3/4	小角多	SL	m	11~13	潤
9	B <sub>D</sub> (d) tr cr	570 S80°W 35°	山下 急斜 平 腹 部 面 衝	A <sub>1</sub>	10~14	10YR 2/2	小中角中	SL	cr	3~6	潤
				A <sub>2</sub>	9~12	10YR 2/3	小中角中	L	cr	3~6	潤
				B <sub>1</sub>	38~43	10YR 3/4	小中角中	SL	m	8~11	湿
				B <sub>2</sub>	20+	7.5YR 4/6	小中角中	SL	m	12~16	湿
10	B <sub>D</sub> (d) tr cr	880 S 35°	山下 急斜 凸 腹 部 面	A <sub>1</sub>	4~6	7.5YR 2/2	小角中	L	gr, cr	6	潤
				A <sub>2</sub>	12~16	7.5YR 3/3	小中角多	L	n, gr	8~12	潤
				B <sub>1</sub>	33~38	7.5YR 4/3	中大角多	L	n	16~18	潤
				B <sub>2</sub>	28~33	10YR 3/4	中大角多	CL	n	20	潤
				C	15+	10YR 5/6	中大角多	CL	m	—	潤

Prof No	土 壤 型 堆積模式 Type of soil Parent material Mode of deposit	海 拔 高 位 方 傾 斜 Elevation (m) Direcion Inclination	地 形 Topography	層 位 Horizon	層 厚 Thickness (cm)	土 色 Soil colour	石 礫 Gravel	土 性 Texture	構 造 Structure	堅 密 度 Consistency (mm)	水 湿 Wetness
11	B <sub>0</sub> (d) tr cr	820 S 10° W 34°	山下急斜面 や や 凸	A <sub>1</sub>	6~8	10YR 3/3	小角中	L	gr,cr	0~10	潤
				A <sub>2</sub>	13~17	10YR 2/2	小角中	L	gr,n	13~15	潤
				A <sub>3</sub>	12~16	7.5YR 2/3	小中大角多	L	gr,n	17~18	潤
				B <sub>1</sub>	12~16	7.5YR 3/3	小中大角多	CL	n	17~18	潤
				B <sub>2</sub>	20~24	7.5YR 3/4	小中大角多	CL	m	10~20	潤
				B <sub>3</sub>	25+	10YR 4/4	小中大角多	CL	m	—	潤
12	B <sub>D</sub> tr c	660 S 10° W 23°	山緩斜面 や や 凹	A <sub>1</sub>	10~12	10YR 2/1	小角中	L	cr,gr	3~5	潤
				A <sub>2</sub>	15~20	10YR 2/2	小中角多	L	cr,gr	5~8	潤
				B-C	35+	—	小中角多 すこぶる多	G	—	—	—
13	B <sub>0</sub> (d) tr cr	960 S 35° W 31°	山小尾根 や や 凸	A <sub>1</sub>	10~20	10YR 2/2	小角多	L	cr,gr,n	4~6	乾
				A <sub>2</sub>	10~14	10YR 3/3	小角多	L	gr,n	10~12	潤
				B <sub>1</sub>	30~35	10YR 4/6	小中角多	L	gr	10~12	潤
				B <sub>2</sub>	25+	10YR 5/6	小中角多	L	gr,n	15~17	潤
14	B <sub>D</sub> tr cr	900 S 65° W 34°	山中下尾 や や 凸	A <sub>1</sub>	9~12	7.5YR 2/2	小角中	L	cr,gr	6~9	潤
				A <sub>2</sub>	8~10	7.5YR 2/3	小角中	L	gr,n	8~11	潤
				B <sub>1</sub>	13~16	10YR 4/6	小角中	L	n,gr	11~12	潤
				B <sub>2</sub>	22~26	10YR 5/8	小中角中	L	gr	13~18	潤
				B <sub>3</sub>	25+	7.5YR 5/8	小中角中	CL	m	16~18	潤
15	P <sub>D</sub> III tr r	1.480 S 60° W 5°	山上緩斜面 や や 凸	(H)-A	7	7.5YR 2/2	なし	SiL	n,gr	14	潤
				B <sub>1</sub>	15~20	7.5YR 4/6	小角中	L	n	18~19	潤
				B <sub>2</sub>	6~10	10YR 4/6	小角中	CL	gr,n	22	潤
				B <sub>3</sub>	26~30	10YR 5/6(5YR 4/8)	小角富	SL	m	24~26	潤
				C	10+	10YR 6/8	小中角富	S	m	—	潤
16	P <sub>D</sub> I tr r	1.490 S 20° W 10°	山上緩斜面 や や 凸	(H)-A <sub>1</sub>	6~7	5YR 2/2	なし	SiL	gr,n	5~7	潤
				A <sub>2</sub>	5	7.5~10YR 4/6	小中角中	SL	n,gr	20	潤
				A <sub>3</sub>	7~8	7.5YR 5/3	小中角中	SL	gr,n	21~22	潤
				B <sub>1</sub> (pan)	2	5YR 5/8	小中角中	SL	m	25	潤
				B <sub>2</sub>	13~14	7.5YR 5/6	小中角中	SL	m	25~26	潤
				B <sub>3</sub>	12~13	7.5YR 5/4	小中角中	—	m	24~27	潤
				B <sub>4</sub> (pan)	2	2.5YR 4/8	小中角中	SL	m	24~27	潤
B <sub>5</sub>	5+	7.5YR 5/8	小中角中	SL	m	24~27	潤				
17	B <sub>0</sub> (d) tr cr	910 S 40° E 20°	山中緩斜面 や や 凹	A <sub>1</sub>	5~7	10YR 2/2	なし	L	gr,n	14~16	潤
				A <sub>2</sub>	8~10	7.5YR 3/3	なし	L	n,gr	14~18	潤
				B <sub>1</sub>	13~17	7.5YR 4/4	小中角少	L	n	14~17	潤
				B <sub>2</sub>	15~20	10YR 4/6	小中角少	L	m	18~19	潤
				B <sub>3</sub>	12~16	10YR 5/8	小中角少	CL	m	18~20	潤
				B-C	30+	7.5~10YR 5/8	大角中	CL	m	19~21	潤
18	B <sub>0</sub> tr r	890 N 75° W 14°	山上緩斜面 や や 凸	A	6~7	10YR 3/3	なし	CL	gr,n	8~12	潤
				B <sub>1</sub>	15~18	7.5YR 5/6	なし	L	n	12~14	潤
				B <sub>2</sub>	30~34	10YR 4/6	なし	C	n	9~13	潤
				B-C	40+	7.5YR 5/6	なし	C	m	14~16	潤
19	B <sub>0</sub> Va c	520 S 10° E 22°	山 や や 凹	A <sub>1</sub>	22	10YR 2/2	小角富	L	cr,gr	10~11	潤
				A <sub>2</sub>	22	10YR 2/1	小角富	L	cr,gr	11~13	潤
				A <sub>3</sub>	34+	10YR 1.7/1	小角富	L	cr,gr	13~16	潤
20	B <sub>0</sub> (d) tr c	740 N 45° W 12°	山中平坦面 や や 凸	A <sub>1</sub>	4	7.5YR 2/2	小角含	L	cr	9~12	潤
				A <sub>2</sub>	12	7.5YR 3/3	小中角富	L	cr,gr	10~15	潤
				B <sub>1</sub>	20~21	7.5YR 4/6	中大角富	L	gr	15	潤
				B <sub>2</sub>	22~25	7.5YR 5/6	中角含	SL	m	15~17	潤
				C	38+	7.5YR 5/8	中角含	CL	m	20~	潤

付表-2

Prof. No	Type of soil	Horizon	pH		Exdrange acidity y <sub>1</sub>	Base Exchange capacity m. e.	Exchangeable base m. e.				Degree of Ca-sttnration %	Total carbon %	Tatal nitrogen %	C-N ratio
			KCl	H <sub>2</sub> O			Ca	K	Mg	Mn				
1	B <sub>D(d)</sub>	A <sub>1</sub>	3.64	4.38	17.4	62.2	7.99	0.90	1.96	0.209	12.8	19.6	0.75	26
		A <sub>2</sub>	3.90	4.69	22.6	54.0	2.37	0.49	0.51	0.030	4.4	12.9	0.48	27
		B <sub>1</sub>	4.28	5.09	6.0	41.8	0.70	0.34	0.18	0.005	1.7	7.2	0.39	18
		B <sub>2</sub>	4.17	5.20	5.5	30.7	0.25	0.41	0.16	0.003	0.8	2.7	0.19	14
		C	4.13	5.21	18.1	26.3	0.53	0.40	0.12	0.003	2.0	1.6	0.11	15
2	B <sub>D(d)</sub>	A <sub>1</sub>	4.34	5.34	4.9	57.8	22.03	1.25	3.81	0.473	38.1	15.9	0.79	20
		A <sub>2</sub>	4.24	5.41	3.3	46.5	12.84	0.94	2.21	0.147	27.6	12.1	0.60	20
		A <sub>3</sub>	4.10	5.21	10.0	38.9	5.38	0.95	0.93	0.085	13.8	8.1	0.56	14
		B <sub>1</sub>	4.15	5.19	5.6	12.2	1.44	0.74	0.24	0.035	11.8	4.3	0.36	12
		B <sub>2</sub>	4.15	5.22	4.9	13.9	0.74	0.61	0.06	0.012	5.3	2.5	0.25	10
3	B <sub>D</sub>	C	4.22	5.43	5.7	21.8	0.67	0.61	0.07	0.008	3.1	1.7	0.16	11
		A <sub>1</sub>	4.33	5.69	0.9	30.6	13.83	1.21	1.99	0.039	45.2	4.7	0.36	13
		A <sub>2</sub>	4.22	5.52	1.6	21.8	8.53	0.77	1.55	0.015	39.1	2.9	0.25	12
		A <sub>3</sub>	4.11	5.45	3.1	19.3	5.32	0.60	0.94	0.017	27.6	2.7	0.25	11
		B <sub>1</sub>	3.98	5.53	5.6	14.2	3.90	0.56	0.77	0.014	27.5	1.3	0.11	12
4	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	4.48	5.78	0.7	34.2	17.33	1.61	2.53	0.149	50.7	6.8	0.56	12
		A <sub>2</sub>	4.14	5.58	1.2	24.0	10.38	1.15	1.89	0.036	43.3	3.8	0.31	12
		B <sub>1</sub>	3.92	5.60	4.7	18.3	6.71	0.99	1.02	0.019	36.7	1.8	0.14	13
		B <sub>2</sub>	3.81	5.47	12.2	20.3	6.49	0.54	1.03	0.031	32.0	1.6	0.12	13
5	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	4.81	6.05	0.7	49.4	31.59	1.21	4.37	0.191	63.9	10.7	0.82	13
		A <sub>2</sub>	4.68	6.05	0.7	40.2	23.62	0.76	2.87	0.052	58.8	6.9	0.57	12
		A <sub>3</sub>	4.32	5.83	0.7	26.3	9.61	0.30	1.52	0.017	36.5	4.3	0.24	18
		B <sub>1</sub>	4.13	5.60	2.8	21.1	4.64	0.36	0.79	0.023	22.0	2.8	0.27	10
		B <sub>2</sub>	3.91	5.54	5.1	17.5	3.35	0.25	0.59	0.021	19.1	1.8	0.14	13
6	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	4.68	6.20	0.9	40.9	23.14	1.04	2.57	0.133	56.6	8.3	0.42	20
		A <sub>2</sub>	4.33	6.18	0.6	23.3	11.19	0.60	1.39	0.017	48.0	2.7	0.22	12
		A <sub>3</sub>	4.02	5.68	5.3	20.9	4.98	0.52	0.87	0.014	23.8	2.7	0.21	13
		A <sub>4</sub>	4.11	5.67	3.6	23.1	3.15	0.49	0.60	0.022	13.6	4.5	0.34	13
		B <sub>1</sub>	4.18	5.44	2.8	18.7	0.83	0.36	0.11	0.014	4.4	3.2	0.32	10
7	B <sub>D(d)</sub>	A	4.71	6.13	0.5	53.4	35.75	0.35	4.14	0.060	66.9	7.5	0.55	14
		B <sub>1</sub>	3.99	5.85	5.1	141.7	20.75	2.24	4.69	0.008	14.6	1.5	0.12	13
		B <sub>2</sub>	3.77	5.36	50.2	37.8	12.31	1.07	3.10	0.017	32.6	1.2	0.09	13
		C	3.67	5.32	70.9	36.0	8.43	0.34	2.88	0.014	23.4	1.0	0.06	17
8	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	4.62	6.33	0.5	34.5	20.51	0.96	2.30	0.032	57.3	7.0	0.47	15
		A <sub>2</sub>	4.69	6.23	0.6	24.5	20.76	0.64	3.04	0.032	60.2	6.9	0.41	17
		B <sub>1</sub>	4.44	6.23	0.6	26.8	14.76	0.34	1.74	0.008	55.1	3.8	0.34	11
		B <sub>2</sub>	4.44	6.01	0.5	21.1	11.64	0.26	1.59	0.008	55.2	2.4	0.22	11
9	B <sub>D(d)</sub>	A <sub>1</sub>	4.61	5.96	0.6	27.4	14.23	0.52	2.03	0.023	51.9	6.0	0.42	14
		A <sub>2</sub>	4.45	6.10	1.3	17.9	6.97	0.15	0.69	0.015	38.9	2.8	0.20	14
		B <sub>1</sub>	4.35	6.04	0.9	15.2	4.96	0.15	0.45	0.012	32.6	2.2	0.19	12
		B <sub>2</sub>	4.21	5.85	2.6	12.3	3.32	0.09	0.36	0.012	27.0	1.6	0.14	11
10	B <sub>D(d)</sub>	A <sub>1</sub>	3.73	4.88	18.0	48.6	2.74	0.87	0.98	0.080	5.6	23.1	0.90	26
		A <sub>2</sub>	4.08	5.00	12.0	45.8	0.90	0.53	0.50	0.024	2.0	19.8	0.71	28
		B <sub>1</sub>	4.38	5.19	1.6	28.2	0.47	0.21	0.15	0.005	1.7	6.3	0.34	19
		B-C	4.43	5.16	0.9	22.5	0.51	0.12	0.14	0.005	2.3	4.4	0.24	18

Prof. No	Type of soil	Horizon	pH		Exdrange acidity $y_1$	Base Exchange capacity m. e.	Exchangeable base m. e.				Degree of Ca-sttination %	Total carbon %	Total nitrogen %	C-N ratio
			KCl	H <sub>2</sub> O			Ca	K	Mg	Mn				
11	B <sub>D(d)</sub>	A <sub>1</sub>	4.09	5.33	8.8	31.4	1.94	0.48	0.70	0.052	6.2	9.4	0.55	17
		A <sub>2</sub>	4.13	5.07	9.9	30.0	0.48	0.21	0.23	0.021	1.6	8.1	0.51	16
		A <sub>3</sub>	4.22	5.22	6.0	25.3	0.55	0.19	0.24	0.005	2.2	6.1	0.43	14
		B <sub>1</sub>	4.19	4.94	4.3	21.8	0.40	0.17	0.16	0.007	1.8	5.1	0.35	15
		B <sub>2</sub>	4.27	5.04	2.6	18.2	0.72	0.20	0.15	0.007	4.0	3.4	0.28	12
12	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	4.39	5.73	1.2	65.0	37.00	0.84	2.94	0.081	56.9	15.3	0.83	18
		A <sub>2</sub>	4.45	6.16	0.6	33.9	18.66	0.55	1.73	0.008	55.0	8.5	0.57	15
13	B <sub>D(d)</sub>	A <sub>1</sub>	3.75	5.25	10.7	73.9	21.31	0.42	6.75	0.085	28.8	11.0	0.73	15
		A <sub>2</sub>	3.85	5.45	13.3	58.6	18.74	0.18	6.36	0.030	32.0	6.7	0.36	19
		B <sub>1</sub>	3.95	5.83	14.4	49.1	16.83	0.07	3.55	0.012	34.3	2.8	0.17	16
		B <sub>2</sub>	3.97	6.02	11.0	39.7	16.78	0.05	2.38	0.009	42.3	1.8	0.11	16
14	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	3.68	4.73	21.6	74.7	6.33	0.56	1.80	0.287	8.5	23.9	1.08	22
		A <sub>2</sub>	4.10	5.03	9.9	39.3	0.74	0.24	0.28	0.014	1.9	10.8	0.54	20
		B <sub>1</sub>	4.24	5.18	3.2	25.5	0.43	0.12	0.14	0.007	1.7	5.1	0.35	15
		B <sub>2</sub>	4.15	5.32	2.3	18.1	0.52	0.10	0.11	0.005	2.9	2.7	0.20	14
		C	4.15	5.41	9.1	28.2	1.46	0.14	0.49	0.668	5.2	2.2	0.16	14
15	P <sub>D</sub> III	H-A <sub>1</sub>	3.48	4.53	24.4	50.2	4.40	0.92	1.30	0.198	8.8	20.8	0.67	31
		A <sub>2</sub>	3.95	4.93	23.5	32.1	1.08	0.33	0.29	0.004	3.4	7.1	0.36	20
		B <sub>1</sub>	4.25	5.10	6.0	25.6	0.53	0.16	0.19	0.002	2.1	5.0	0.28	18
		B <sub>2</sub>	4.26	5.06	2.9	20.7	0.43	0.11	0.66	0.005	2.1	3.3	0.20	17
16	P <sub>D</sub> I	H-A <sub>1</sub>	3.00	3.93	30.5	99.4	1.86	1.56	3.49	0.019	1.9	55.0	1.92	29
		A <sub>2</sub> -A <sub>3</sub>	3.55	4.39	58.4	20.6	0.19	0.14	0.19	0.002	0.9	3.9	0.15	26
		B <sub>1</sub> (pan)	3.88	4.56	34.1	20.0	0.51	0.17	0.23	0.001	2.3	4.6	0.15	31
		B <sub>2</sub> -B <sub>4</sub>	4.15	5.13	12.6	15.0	0.33	0.16	0.12	0.002	2.2	1.7	0.11	15
17	B <sub>D(d)</sub>	A <sub>1</sub>	3.12	3.96	81.4	65.5	1.04	0.85	1.63	0.144	1.6	23.3	0.68	34
		A <sub>2</sub>	3.94	4.85	44.9	36.6	0.25	0.25	2.23	0.009	0.7	6.5	0.31	21
		B <sub>1</sub>	4.04	5.01	27.8	32.7	0.25	0.24	0.17	0.010	0.8	5.4	0.28	19
		B <sub>2</sub>	4.09	5.06	17.3	25.1	0.27	0.18	0.09	0.005	1.1	3.4	0.17	20
		B <sub>3</sub>	4.21	5.11	8.5	20.5	0.16	0.10	0.04	0.005	0.8	2.4	0.14	17
18	B <sub>B</sub>	A	3.79	4.69	42.4	46.0	0.36	0.32	0.29	0.032	0.8	10.0	0.43	23
		B <sub>1</sub>	4.10	5.05	12.7	36.1	0.46	0.17	0.22	0.003	1.3	6.1	0.31	20
		B <sub>2</sub>	4.08	5.24	6.1	26.1	0.40	0.16	0.11	0.003	1.5	3.4	0.19	18
		B <sub>3</sub> -C	4.08	5.33	31.6	22.6	0.43	0.24	0.36	0.018	1.9	1.3	0.09	14
19	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	3.82	4.80	28.8	67.7	0.48	0.55	0.65	0.063	0.7	19.5	0.92	21
		A <sub>2</sub>	4.15	5.03	16.4	63.1	0.49	0.13	0.28	0.008	0.8	13.7	0.73	19
		A <sub>3</sub>	4.19	5.20	11.9	51.6	0.81	0.11	0.32	0.006	1.6	13.9	0.57	24
20	B <sub>D(d)</sub>	A <sub>1</sub>	3.63	4.79	25.1	35.5	4.88	1.06	2.61	0.251	13.7	7.8	0.46	17
		A <sub>2</sub>	3.73	4.74	45.2	27.7	1.21	0.61	0.74	0.055	4.4	5.2	0.35	15
		B <sub>1</sub>	4.03	4.96	26.5	19.6	0.47	0.24	0.26	0.015	2.4	3.4	0.23	15
		B <sub>2</sub>	4.16	5.07	21.9	12.5	0.25	0.09	0.08	0.007	2.0	1.2	0.09	13
		C	4.15	5.15	28.4	12.0	0.33	0.08	0.14	0.013	2.8	0.8	0.05	16