

林野土壤調査報告

第 11 号

昭和 35 年 3 月

FOREST SOILS OF JAPAN

REPORT 11

March 1960

GOVERNMENT FOREST EXPERIMENT STATION

Meguro, Tokyo, Japan

農林省林業試験場

東京・目黒

森林土壌の理学的性質とスギ・ヒノキ の成長に関する研究

真 下 育 久⁽¹⁾

目 次

	頁
緒 言	3
土壌調査および試料採集地	4
第1篇 森林土壌の理学的性質	5
第1章 森林土壌の水分	5
第1節 土壌水の pF 値	5
I 土壌水の標示 (基本概念)	5
II pF 値の測定	6
III 各測定法の測定可能範囲および精度に関する考察	7
IV pF 曲線に関する考察	9
第2節 森林土壌の水湿状態	10
I 各土壌型の採取時水分状態	10
II 各土壌型の水湿状態に関する考察	12
III 飽水度に関する考察	14
第3節 土壌水の性質	15
I 土壌水の区分 (基本概念)	15
II 土壌の収縮および土壌水の毛管移動に関する2つの実験	17
III 水分当量に関する土壌因子	20
第2章 森林土壌の構造	24
第1節 構造の標示	24
第2節 pF 曲線と土壌構造	24
I pF 曲線による土壌孔隙の解析 (基本概念)	24
II 構造の相違に影響される pF 曲線の範囲	25
III 代表的な構造を示す土壌の pF 曲線	28
第3節 団粒分析による団粒径分布および団粒の形状	29
第4節 土壌構造に関する考察	32
第3章 森林土壌の透水性	33
第1節 土壌水の運動, 特に浸透に関する基本概念	33
第2節 透水速度の測定	35
第3節 透水性に関する土壌因子	36
I 土壌の機械的組成と透水性	36
II 空隙含有量と透水性	36
III 土壌の全孔隙量と透水性	37
IV 土壌の最小容気量と透水性	37

(1) 土壌調査部土壌調査科土壌調査室員・農学博士

V 土壌の非毛管孔隙量と透水性.....	38
第4節 考 察.....	38
I 透水性と土壌の機械的組成、疎含有量との関係に関する考察.....	38
II 透水性と土壌の孔隙に関する考察.....	39
第5節 透水性と土壌構造.....	41
I BA 型土壌（細粒状構造）.....	41
II BB 型土壌（粒状構造）.....	42
III Bc 型, Bd(d) 型, Bl(d) 型土壌（粒状および堅果状構造）.....	42
IV Bd 型, BE 型, Bl(Cr.) 型土壌（団粒状構造）.....	44
V 崩積・石礫土.....	44
VI Bd 型, Bl 型定積土（カベ状構造）.....	44
第4章 土壌の3相.....	45
I 土壌型と3相容積組成.....	45
II 土壌の3相組成に関する考察.....	49
摘 要.....	51
第2篇 スギ・ヒノキの成長に關与する土壌条件.....	55
第1章 研究の目的ならびに既往の研究.....	55
I 目 的.....	55
II 林木の成長と土壌に関する既往の研究.....	55
第2章 林木の成長と土壌に関する研究の方法.....	59
I 地位指数.....	59
II 調査区および標準木の選定.....	60
III 土壌の調査・分析項目および植生調査.....	60
第3章 段戸国有林の土壌とスギ・ヒノキの成長.....	61
第1節 調査地の概況.....	61
第2節 各調査区の土壌、植生および造林木の成長.....	62
I ヒノキ造林地.....	62
II スギ造林地.....	73
第3節 総 括.....	78
第4章 大代国有林の土壌とスギ・ヒノキの成長.....	79
第1節 調査地の概況.....	79
第2節 各調査区の土壌、植生および造林木の成長.....	80
I ヒノキ造林地.....	80
II スギ造林地.....	86
第3節 総 括.....	89
第5章 高尾山国有林の土壌とスギ・ヒノキの成長.....	91
第1節 調査地の概況.....	91
第2節 各調査区の土壌、植生および造林木の成長.....	92
I ヒノキ造林地.....	92
II スギ造林地.....	100
第3節 総 括.....	106
第6章 天城山国有林の土壌とスギの成長.....	109
第1節 調査地の概況.....	109
第2節 各調査区の土壌、植生および造林木の成長.....	110
第3節 総 括.....	123

第7章 土壌の諸性質と地位指数との関係.....	125
I 透水指数と地位指数.....	125
II 土性と地位指数.....	126
III 深さ 50 cm までの土層に含まれる全炭素量および全窒素量と地位指数 ..	129
IV 表土の C-N 比と地位指数.....	129
V 表土の酸性と地位指数.....	132
VI 表土の置換性石灰量と地位指数.....	132
VII 高地位と低地位林分における土壌の比較、特に下層への推移状態の相違..	132
VIII スギの成長過程におよぼす難透水性の下層土あるいは介在層土の影響....	134
第8章 考 察.....	136
I 土壌の理学的性質と林木の成長に関する考察.....	136
II 土壌の化学的性質と林木の成長に関する考察.....	138
III 土壌の理学的性質と化学的性質との関連に関する考察.....	139
IV 土壌の透水指数の意義.....	140
摘 要.....	141
結 言.....	144
文 献.....	145
Résumé	149
供試土壌の諸性質一覧表.....	158

緒 言

林業は土地を基盤とする生産業である以上、土地条件を無視しては決して良好な生産を期待することはできない。なかでも土壌条件は直接林木の生育を左右するものであるから、林業経営にあたっては、まず土壌の性質をはあくし、これに基づいて諸種の計画をたてなければならない。

近年林野土壌調査の進展にともない、土壌に対する認識が高まり、またその成果が経営計画の基礎として広く活用されはじめており、近い将来には、「適地適木」の理想的な林業が営まれ、ひいては積極的な林地の土壌改良も行なわれるようになることが期待される。

このためには土壌の正確な調査による区分、標示が必要であることはいままでもないが、同時に各樹種の性質、特にその成長と土壌との関係を追求する研究がきわめて重要である。

現行の林野土壌調査では、主として断面の観察により土壌の形態的特徴をとらえて、土壌区分を行なう方法が採用され、本邦の森林土壌は 10 数種の基準型に類別されている。

しかしながら、自然土壌の形態ははなはだ漸变的であり、これら基準型のうちどれに該当するか判定しにくいものも存在する。またいろいろの形態のうち、どれをとり上げてその土壌の性質を標示したらよいとも議論の余地が多い。そこで形態的にはあくされる土壌の性質を定量的に標示し、その内容、特に林木の生育に關してどのような意義をもつかを解明することが望ましい。このようなことが解明されていけば、形態調査による土壌区分はさらに適切となり、林業経営に対する応用性も高められるであろう。

本研究では 2, 3 の理学的性質の測定により、水分、空気の移動、保持に関する土壌機能を考究し、形態調査で類別される土壌の特徴を標示することに努めた。またこれら土壌機能と林木の成長との関係を求めた。

第 1 編は、自然状態の土壤の理学的性質、特に上記した土壤機能を標示するため、土壤水の性質、動向に関する研究をとりまとめたものである。すなわち、土壤水の pF 値により各土壤型の水湿状態をあらわし、また pF -曲線により土壤の孔隙解析を行なつて土壤構造の特徴を解明した。

第 2 編は、4 国有林の造林地において、スギ・ヒノキの成長と土壤条件との関係を求めた調査結果のとりまとめである。土壤条件は第 1 編で考究した土壤の理学的性質を主とし、2, 3 の化学的性質を加えた。これらのうち造林木の成長と密接な関係のある因子の抽出を行ない、形態調査による土壤の生産力の予測の方法を考察した。

本研究の pF 値に関する実験は最初、元林業試験場土壤調査部長・現東大教授大政正隆博士の指導のもとに行なつた。その後、研究の計画遂行に関して、前土壤調査部長林行五氏、現土壤調査部長宮崎樹博士、土壤肥料科長橋本与良氏、土壤調査科長竹原秀雄氏にご指示を賜わつた。また、土壤構造に関して黒島忠氏、黒色土壤の区分に関して松井光瑤氏、造林地の測定等に関して土井恭次氏、植生調査に関して前田植三氏のご教示をいただき、土壤の分析に関しては宮川清氏、吉岡二郎氏のご協力をいただいた。

本研究のとりまとめにあつては、東京大学教授大政正隆博士、同芝本武夫博士の懇切なるご指導を賜わり、また原稿を同弘法健三博士に読んでいただいた。ここに心から感謝の意を表します。

土壤調査および試料採集地

本研究において、土壤ならびに林分の調査を行ない、試料を採取した地域は東北部阿武隈高原の北端から西南部三河高原までの、主として東海地区の気候区に属する 10 団地である。試料採取地点の標高はおお



- | | | | |
|-----------|--------------------------|------------|---------------------------|
| 1. 段戸国有林 | Dando National Forest | 10. 天城山国有林 | Amagi-san National Forest |
| 2. 瀬尻 " | Sejiri " | Te. 天竜川 | River Tenryu |
| 3. 大代 " | Ōjiro " | O. 大井川 | River Ōi |
| 4. 東京都水源林 | Tokyo Headwater Forest | Ta. 多摩川 | River Tama |
| 5. 沢渡国有林 | Sawatari National Forest | K. 笠取山 | Mt. Kasatori |
| 6. 那須国有林 | Nasu " | N. 那須山 | Mt. Nasu |
| 7. 大子 " | Daigo " | Y. 八溝山 | Mt. Yamizo |
| 8. 新館 " | Niidate " | R. 霊山 | Mt. Ryosen |
| 9. 高尾山 " | Takaosan " | | |

第 1 図 試料採集地位置図
Fig. 1 Location of sample plots

よそ 300 m ないし 1,000 m の山地帯で、多摩川上流の東京都水道水源林のみ 1,000 m ないし 1,500 m である。各団地の大略の位置を第 1 図に示す。

試料採集地

1. 段戸国有林 (名古屋営林局新城営林署所管) 愛知県北設楽郡段嶺村, 田口町
調査地点の標高 700~1,000 m, 箇所数 25
2. 瀬尻国有林 (東京営林局水窪営林署所管) 静岡県磐田郡滝山村
調査地点の標高 600~700 m, 箇所数 6
3. 大代国有林 (東京営林局掛川営林署所管) 静岡県榛原郡五和村
調査地点の標高 350~500 m, 箇所数 9
4. 東京都水道水源林 (多摩川上流) 山梨県東山梨郡神金村
調査地点の標高 1,200~1,500 m, 箇所数 14
5. 沢渡国有林 (前橋営林局中之条営林署所管) 群馬県吾妻郡沢田村
調査地点の標高 1,000~1,100 m, 箇所数 4
6. 那須および黒羽国有林 (前橋営林局太田原営林署所管) 栃木県那須郡那須村, 須賀村
調査地点の標高 300~800 m, 箇所数 7
7. 大子国有林 (東京営林局大子営林署所管) 茨城県久慈郡
調査地点の標高 700~800 m, 箇所数 4
8. 新館および中村国有林 (前橋営林局原町営林署所管) 福島県相馬郡大館村, 飯曾村, 玉野村, 山上村
調査地点の標高 200~800 m, 箇所数 16
9. 高尾山国有林 (東京営林局東京営林署所管) 東京都南多摩郡浅川町
調査地点の標高 300~600 m, 箇所数 17
10. 天城山国有林 (東京営林局天城営林署および河津営林署所管) 静岡県田方郡狩野村および賀茂郡上河津村
調査地点の標高 300~700 m, 箇所数 13

第 1 篇 森林土壤の理学的性質

第 1 章 森林土壤の水分

第 1 節 土壤水の pF 値^{*1}

I 土壤水の標示 (基本概念)

R. K. SCHOFIELD (1935) が第 3 回国際土壤学会で、 pF 値による土壤水の標示を提唱して以来、この問題ががぜん多くの研究者の注目を集め、新しい水分標示法として登場した。土壤は土性、腐植量、その他の相違により保水能力が著しく異なるため、単に含水量をあらわしても、その土壤がどの程度乾燥あるいは湿潤な状態にあるかを表現することができない。そこで従来は、その土壤の萎凋係数、容水量等諸種の

*1 筆者¹⁾はかつて pF 値による土壤水の標示を紹介し、その測定法および pF 曲線の意義について私見を述べた。

水分恒数を求めてあらわすという不便な方法が採られていたのである。

pF 値は土壌と水分とのエネルギー関係をあらわすものであり、土壌の水湿状態の標示に適切なばかりでなく、土壌中における水分の動向、状態をよくあらわすため、従来の水分恒数に置きかえられた観がある。

しかしながら、従来用いられた土壌水の内容、区分に関する概念が変更されたわけではない。BRIGGS 以来多くの研究者によつて行なわれた土壌の水分保持に関する研究およびこれに基づく土壌水の分類はいまなお土壌水の性質、動向を考察するうえに基本的な概念を提供している。すなわち、土壌の水分に対する機能は次の 3 部分に区分して概念的にはあくされる。

- ① 土壌粒子の表面活性による水分の吸着
- ② 土壌孔隙の毛管張力による保水および水の移動
- ③ 土壌の粗孔隙中の水の重力による移動

もちろん、このような区分は pF 値によつて簡明に標示することができ、さらに pF-含水量曲線は土壌の水分機能を量的に標示するためには、はなはだ便利なものである。これら pF 値による土壌水の区分、林木の成長に対する考究は後節に述べる。

II pF 値の測定

pF 値の測定には種々の方法が用いられているが、いずれも測定範囲に限界があつて pF 0~7 (全域) にわたつて測定可能な方法はない。したがつて pF 曲線の測定には 2, 3 の方法による値をつなぎあわせてあらわすのが普通である。SCHOFIELD (1935) は吸引法、氷点法、蒸気圧法の 3 法を使つた。このほかに遠心力法もよく使われている。これらの測定法は古くから存在したものであるが、pF 値測定用として、装置に幾多の改良、考案が加えられている。筆者ら*1 (1950) はこのうち、蒸気圧法、遠心力法、吸引法の 3 法を採用した。特に吸引法は自然状態の土壌について測定できるような装置を考案した。これらの測定法および装置についてはすでに報告^{62) (4) (5)} したから、ここではその大要を示す。

1) 蒸 気 圧 法

一定温度において、土壌の水分量とこれの呈する蒸気圧との関係を測定する静的な方法 (static method) を採用した。装置は EDLEFSEN (1934) の報告したものを簡易化した。すなわち、恒温水槽内に真空円筒を入れ、この円筒内に土壌試料を置いた皿を石英スプリングでつるし、試料の呈する蒸気圧を水銀マンノメーターにより読み取る。またスプリングの伸びから試料の重量を読み取り、試料の含水量の変化を知ることができる。

この測定法は、従来、土壌の吸湿係数の測定に用いられた硫酸デシケーター法に比べると、土壌と水蒸気との平衡が比較的短時間で得られること、試料の重量 (含水量) を常に読みとれることおよび円筒内の蒸気圧を任意に連続的にかえられることなどの利点がある。したがつて、蒸気圧——土壌含水量曲線の測定には、はなはだ便利である。

土壌水の蒸気圧から pF 値を求めるには次式が適用される。

$$P = \frac{RT}{V} \ln \frac{p}{p_0} \dots \dots \dots (1)$$

$$pF = 3 + \log_{10} P \dots \dots \dots (2)$$

*1 大政正隆・真下育久：土壌水の pF 値測定に就て、日土肥論、要旨：日土肥誌、21, 164, (1950)

ただし、P：負圧 (単位一気圧)、R：ガス恒数、T：絶対温度、V：水 1 分子の体積、 p_0 ：自由水の蒸気圧 (測定した定温度における)、P：土壌水の蒸気圧 (測定値)、 p/p_0 は相対湿度に相等する。

SCHOFIELD (1935) は上式を簡単にして次式を適用した。

$$pF = 6.51 + \log_{10} (2 - \log_{10} h) \dots \dots \dots (3)$$

ただし、h：相対湿度 (温度 25°C における等式である)。

2) 遠 心 力 法

土壌に遠心力を与えて水分を離脱させ、残留する土壌水分量を測定し、遠心力——土壌含水量関係を求める方法である。BRIGGS らの提唱した土壌の水分当量はこの方法によるもので、重力の 1,000 倍に相当する遠心力を与えて測定される。水分当量は土壌の水分恒数として広く使われており、その測定上の注意、装置等についても多くの報告がある。筆者はこれらを参考にして測定を行なつた。

遠心器の回転数および回転半径から pF 値を求めるには次式を適用した。

$$pF = \log_{10} \frac{r}{G} (2\pi n)^2 \dots \dots \dots (4)$$

ただし、r：回転半径 (試料の中心から回転軸までの距離 cm)、G：重力、 π ：円周率、n：回転数 (毎秒)

RUSSELL・RICHARDS (1938) は特殊な遠心分離装置を考案し、pF 値の測定について報告しているが、この装置によれば、水分当量測定用標準遠心器で測定した水分当量の値は pF 2.7 前後に相等すると報告している。1,000 G 相当の遠心力を等式 (4) により、pF 値に換算すれば 3 となる。筆者の実験では、遠心力法による測定値は吸引法に比してかなり低い値を得た。このことについては第 3 節 III で考察する。

3) 隔 膜 吸 引 法

湿つた土壌を隔膜上に置き、隔膜下を減圧して土壌水をろ過し、残留する土壌水分を測定し、負圧と土壌含水量との関係を求める方法である。BOUYOCOS (1927)、SCHOFIELD (1935) はブフナー漏斗にろ紙をしいて測定を行なつたが、その後 RICHARDS (1941)、(1944) はセロファン、吸収板 (素焼板) を隔膜として用いた。

筆者らは 2, 3 の隔膜をテストした結果、すでに報告したコロジオン膜ろ紙を自作した。この隔膜は水の透過がはなはだ良く、低 pF 値部分の測定には好都合である。さらに筆者 (1956) は、自然状態の土壌について測定できるように装置を改良した。Phot. 1 にこの装置の写真を示す。

III 各測定法の測定可能範囲および精度に関する考察

1) 蒸 気 圧 法

蒸気圧法による pF 値の測定範囲は、理論的には水蒸気圧の測定精度によつてきまる。この関係を等式 (1) から求めると次表に示すようになる。

もし、土壌水の示す蒸気圧が飽和蒸気圧より 0.01 mmHg 低い



Phot. 1 隔膜吸引法による pF 値測定装置
Apparatus used for measuring the pF values of soil moisture by a vacuume-membrane method

第 1 表 水蒸気圧の測定精度と求められる pF 値の範囲

水蒸気圧の測定精度 mmHg		0.01	0.1	1
温 度 °C	飽和蒸気圧 mmHg	最低 最高 pF ~ pF	最低 最高 pF ~ pF	最低 最高 pF ~ pF
10	9.21	3.16~6.96	4.16~6.78	5.17~6.48
20	17.51	2.90~7.01	3.90~6.86	4.91~6.61
30	31.86	2.65~7.06	3.65~6.92	4.65~6.71

ときの測定が可能であれば、pF 3 前後の値を求めることができる。

EDLEFSEN (1934) の実験では、ガラス毛セルの電気抵抗により蒸気圧を 0.01 mmHg まで測定できる特殊な装置を使用している。しかし水蒸気圧の測定には恒温条件が必要である。30°C 前後の定温で実験を行なう場合、0.01°C の温度変化にしたがつて水蒸気圧は 0.01 mmHg 程度変動する。このため 0.01 mmHg の蒸気圧降下を直接に（マノメーターによる）測定するには少なくとも $\pm 10^{-3}$ °C 程度の恒温に保つ必要がある。筆者の測定には ± 0.02 °C 程度の恒温槽を使用したため 0.1 mmHg 以下の蒸気圧降下を正確に測定することはできなかった。したがって蒸気圧法による測定の範囲は pF 4 以上となつた。しかしながら実際にも、このような飽和水蒸気圧に接近した条件のもとで、土壌と水蒸気との平衡を正確に求めることははなはだ困難であり、測定値にも信を置き難い。一般に蒸気圧法は pF 4 以下の測定には使用されていない。

蒸気圧法で求められる pF 値の最高は 7 前後である。この値は第 1 表に示されるように、蒸気圧の測定精度にはそれほど影響されない。筆者の実験では、ほとんど蒸気圧を呈しなくなつたときを pF 7 とした。このときの土壌水分状態は 105°C 前後の恒温器による通常の乾燥状態とよく一致した。

2) 遠心力法

筆者の使用した遠心器では 5,000 G 相当の遠心力（pF 3.7 に相当する）以上の測定はできないが、LEBEDEFF (1927) の実験では 70,000 G、BAVER¹⁾ によれば OLMSTEAD (1937) は 300,000 G の遠心力を与えた測定を行なっている。これらの結果を考察すると、遠心力法による pF 値の測定は萎凋係数あるいは吸湿係数（pF 4.2 あるいは pF 4.5）付近まで可能であり、それ以上の高 pF 値測定には適しないものと解釈される。また、RUSSELL, RICHARD (1938) は pF 4 ないし 2.7 の範囲の測定を行ない、萎凋係数付近の測定では遠心力法の値と圃場測定値とがよく一致することを報告している。

測定の下部限界については明らかな範囲をきめ難いが、筆者の実験によると、pF 2.7 以下の測定値は次に述べる吸引法の値に比べて著しく低くなる傾向が見られた。その理由として次のことが考えられる。遠心力が与えられると土壌は固くしめられ、土壌中の孔隙は圧縮される。このため土壌の保水能力が減少する。しかしこのような遠心力による圧縮はおおよそ pF 2.7 以上では土壌の保水能力にそれほど大きな影響を与えないことが第 2 章に述べる実験結果から考えられるので、遠心力法の測定範囲は pF 4~2.7 と見なすことができる。なお、筆者は遠心力法による測定を pF 3 付近のみにとどめた。また、pF 2.7 あるいは pF 2.5 以下の測定は吸引法によるのが普通である。

3) 吸引法

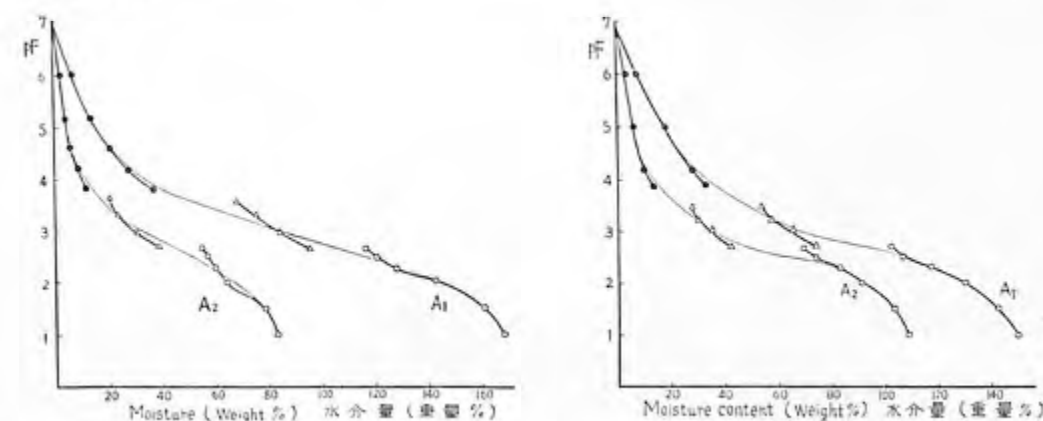
吸引法による pF 値の測定範囲は、理論的には 1 気圧以下（pF 3~0）であるが、pF 2.7 以上に乾燥した場合、土壌水の毛管張力による移動ははなはだおそくなり、事実上停止するものと見なされる。このことについては第 3 章に詳述する。したがって、筆者は吸引法による測定の範囲を pF 2.7~0 とした。

吸引法は前 2 法と異なり、直接 pF 値を求めることができるため、測定の精度はかなり高い。Phot. 1 に示した筆者の測定装置は右方のビュレットを上下することにより微圧差の測定に適する。また遠心力法のように試料を圧縮することが少ないので、自然状態における土壌水の性質、動向を考究する実験が可能である。

本法には pF 2.7 以上の高 pF 値部分を測定することができない欠点があるが、RICHARDS (1948) は隔膜法の吸引にかえて加圧することにより 1~15 気圧（pF 3~4.2）の範囲の測定を始めた。現在この隔膜加圧法は広く使用されている。

IV pF 曲線に関する考察

上記の 3 測定法によれば pF 値全域にわたる測定がほぼ可能となり、pF 値とこれに対応する土壌の含水量との関係を示す曲線（pF 曲線と略称する）を作ることができる。筆者は 10 数種の土壌について pF 7~0 の pF 曲線を作成したところ、いずれも各測定法のつなぎ目に違いができた。第 2 図 A、B にその例を示す。



A₁: PDI 型土壌の A₁ 層土 A₁ horizon of PDI-soil A₁: PDM 型土壌の A₁ 層土 A₁-horizon of PDM-soil
A₂: " の A₂ 層土 A₂ horizon of PDI-soil A₂: " の A₂ 層土 A₂-horizon of PDM-soil

●●● 蒸気圧法による測定 Vapour pressure method
○○○ 遠心法による測定 Centrifuge method
△△△ 隔膜吸引法による測定 Membrane-suction method

第 2 図-A 喜良市山国有林の PDI 型土壌の pF 曲線

Fig. 2-A pF-moisture curves of PDI-soil in Kiraichi National Forest

第 2 図-B 黒森山国有林の PDM 型土壌の pF 曲線

Fig. 2-B pF-moisture curves of PDM-soil in Kuromori National Forest

A 図は青森県北津軽郡、喜良市山国有林（金木営林署所管）のヒバ林下に出現した PDI 型土壌、B 図は青森県上北郡、黒森山国有林（三本木営林署所管）のブナ林下の PDM 型土壌の pF 曲線である。両者とも風乾細土を十分に湿めらせてから pF 値を測定した。

第 2 図で認められるように、各測定法の pF 曲線はつなぎ目が連続していない。そして、pF 7~0 の曲線は単に 3 本の曲線の混合物のような観を呈している。

RICHARDS・WEAVER (1944) の見解によれば、土壌水の自由エネルギーにはこれに溶解している物質の滲透圧が影響する。蒸気圧法で測定される土壌水の自由エネルギーには滲透圧の影響が含まれるが、遠心力法には含まれない。元来 pF 値はこの自由エネルギーを象徴したものであるから両測定法による値に相違があることは十分考えられる。この考え方は BAYER (1956) も賛意を示している。しかし、筆者の実験

値は第 2 図に示されるように、蒸気圧法の値の方がむしろ低くなっているもので、滲透圧の影響では説明されない。

VEIHMEYER・EDLEFSEN (1943) は、これら測定法の異なる測定値を同一の曲線にのせるのはデイメンジューンの混同になるのではないかという疑問をもっている。

測定法が異なれば、少なくとも得られる値に相違が生ずることは他の分野の測定にもしばしば認められる現象であり、しかも前述したように、各測定法の測定限界付近の値は信を置き難いことにより、このようなくい違いができたものと解釈される。

pF 値による土壌と水分とのエネルギー関係の標示ははなはだ有効な考え方であることは十分認められるが、pF 値全域の pF 曲線を無理に 1 つの曲線と見なすことより、各測定法の pF 曲線をおのおの別個に取り扱った方がよいと筆者は考えている。すなわち、蒸気圧法による pF 曲線では土壌の水分吸着および蒸発に関する性質、遠心力法では土壌の水分保持に関する性質、吸引法では土壌の透水性あるいは通気性をそれぞれ説明する手段としての意義が大きい。

本研究では以上の見解のもとに研究を進めた。特に吸引法による pF 2.5~0 の測定に重点を置いた。この範囲は本邦森林土壌に普通に見られる水湿状態であり、また空気、水分の移動をつかさどる土壌機能をあらわす土壌の孔隙解析および形態調査で重視される土壌の構造の解明についても重要である。これらを次節以下に記述する。

第 2 節 森林土壌の水湿状態

I 各土壌型の採取時水分状態*

現行の林野土壤調査における土壌分類では本邦の森林土壌を、褐色森林土群、ポドゾル土群、地下水土壌およびその他に大別し、さらに乾性、湿性の区分により 15 基準型が設けられている。特に本邦森林の大半を占め、林業上最も重要な位置にある褐色森林土については、このうち 6 基準型が当てられ、その区分概念は主として土壌の水分環境によっている。

たしかに土壌水分は林木の成長に対して重要な因子となるものであり、乾燥地あるいは過湿地における林木の生育は適潤地より劣ることは一般に認められている。のみならず、土壌生成に対する水分の働きもまたきわめて大きい。土壌類別の基準として水分を採ったことは当を得たものといえよう。

実際の調査にあたって、土壌類別の基準となるものは土壌層断面の形態的特徴であつて、必ずしもそのときの土壌の水分状態ではない。なぜならば、土壌の水分状態は季節的に大きく変動するものであり、また降雨の直後では当然湿っている。このように常に変化するものを基準とすることはできない。

本節には、形態調査によつて類別された土壌型と水湿状態との関係について、前掲の 10 団地から採集した 117 断面、289 試料の測定試料をとりまとめた。また、水湿状態の標示に従来使われた飽水度（最大容水量に対する %）と pF 値との関係、現地における土壌の水湿状態の判定と pF 値との関係についても考察を行なつた。

水湿状態の測定法

*1 本研究はすでに報告した⁽¹⁾資料に、その後の測定値 32 断面 85 試料を追加したものである。その結果土壌型との関係は前報告と大差が認められないが、圃場容水量、非毛管水等の考察の資料とするため、簡単に結果を再録する。

1) 採取時水分の pF 値

林野土壤調査に使用されている 400 cc の採土円筒（高さ 4 cm、円面積 100 cm²）を用いて採取した試料の pF 曲線を、前述した隔膜吸引法によつて測定し、採取時の水分に相当する pF 値をこの pF 曲線上に求めた。一部の乾性土壌は pF 2.5 以上に乾燥していたので、遠心力法による値を参考にして pF 曲線を延長して上記と同様に pF 値を求めた。

2) 飽水度

上記の円筒試料により、採取時土壌水分を飽水度であらわした。飽水度の計算には次式を用いた。

$$\text{飽水度}(\%) = \frac{\text{採取時水分量}}{\text{最大容水量}} \times 100$$

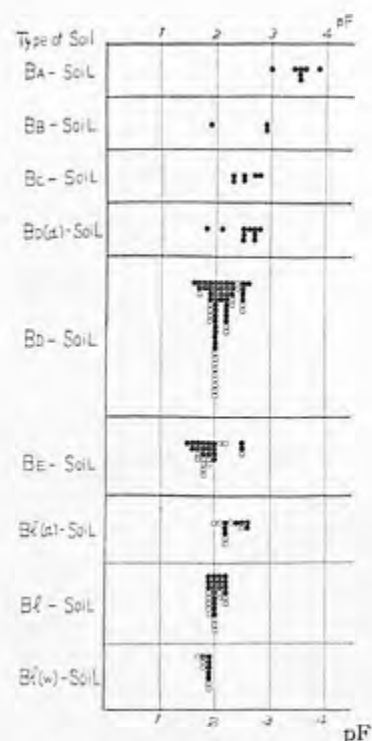
各土壌型の採取時水湿状態

採取時の pF 値および飽水度を土壌型別にまとめ、最高、最低、平均値を第 2 表に、各土壌型の採取時 pF 値分布状態を第 3 図に示す。また、これら土壌の採取時期を第 4 図に示す。

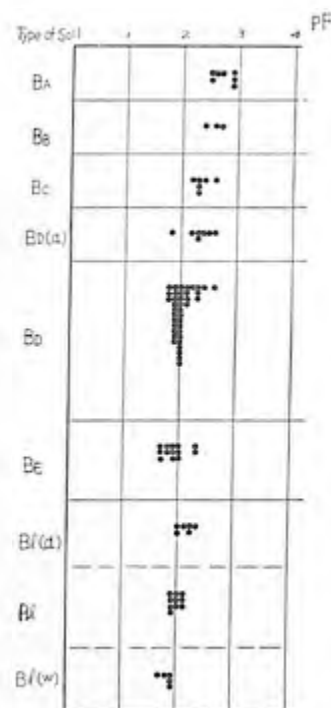
第 2 表 各土壌型の水湿状態
Table 2. Moisture condition of various type of soil in field

土 壌 型 Type of soil	層 位 Horizon	pF		飽 水 度 Moisture saturation (%)	
		最低 ~ 最高 Lowest ~ Highest	平均 Average	最低 ~ 最高 Lowest ~ Highest	平均 Average
BA	A	3.0 ~ 3.8	3.5	13.2 ~ 43.2	35.2
	B	2.5 ~ 2.9	2.7	24.0 ~ 60.0	48.8
BB	A	1.9 ~ 2.9	(2.6)	36.9 ~ 78.6	(51.8)
	B	2.4 ~ 2.7	(2.6)	56.1 ~ 79.2	(68.5)
Bc	A	2.3 ~ 2.8	2.5	60.0 ~ 88.3	75.3
	B	2.2 ~ 2.6	2.3	67.9 ~ 84.3	79.5
Bd(d)	A	1.9 ~ 2.8	2.5	54.9 ~ 81.7	67.4
	B	1.8 ~ 2.6	2.3	57.9 ~ 90.1	75.2
Bd	A ₁	1.6 ~ 2.6	2.1	55.0 ~ 83.8	69.8
	A ₂	1.9 ~ 2.5	2.1	61.4 ~ 86.7	75.1
	B	1.9 ~ 2.6	2.0	63.1 ~ 94.5	75.6
Bd (定積土) (Residual soil)	A	1.7 ~ 2.5	2.0	66.6 ~ 89.9	80.2
	B	1.8 ~ 2.2	1.9	82.9 ~ 96.7	88.0
Be	A ₁	1.6 ~ 2.5	1.9	56.3 ~ 84.6	71.6
	A ₂	1.7 ~ 2.5	1.9	60.3 ~ 89.0	73.1
	B	1.7 ~ 2.3	1.9	64.2 ~ 88.0	73.6
Bl(d)	A ₁	2.2 ~ 2.6	2.4	48.5 ~ 79.8	64.3
	A ₂	2.0 ~ 2.5	2.2	59.2 ~ 92.8	71.4
	B	2.0 ~ 2.3	2.1	62.9 ~ 94.0	77.6
Bl	A ₁	1.9 ~ 2.2	2.0	54.0 ~ 91.7	73.5
	A ₂	1.9 ~ 2.2	2.0	66.5 ~ 94.1	82.6
	B	1.9 ~ 2.1	2.0	64.6 ~ 93.0	80.3
Bl(w)	A ₁	1.8 ~ 1.9	1.9	65.6 ~ 90.1	75.1
	A ₂	1.7 ~ 1.9	1.8	68.3 ~ 94.0	82.2
	B	1.7 ~ 1.9	1.8	68.5 ~ 92.8	80.0

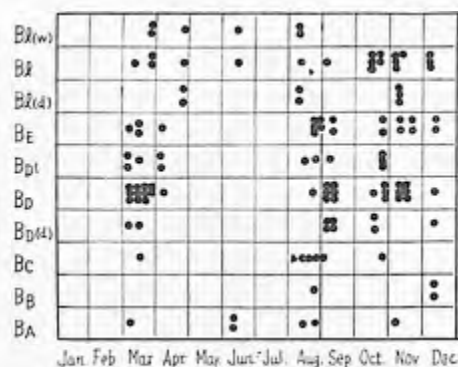
注：現行の林野土壤調査の Bl 型土壌の亜型区分は、褐色森林土に準じて Bl/A, Bl/B, Bl/C... とすることに定められているが、この土壌は普通平坦な地形に分布することが多く、特に乾燥の土壌が少ないため、また、湿性の土壌では Bl/E, Bl/F の区別がはなはだ困難であるため、本研究では、Bl(d)... (Bc, Bd(d) 型に相当する)、Bl... (Bd 型に相当) および Bl(w)... (Be, Bf 型に相当) の 3 亜型に区分した。



第 3 図-1 各土壌型の採取時 pF 値 (A 層)
Fig. 3-1 pF values of various soils in field condition (A-horizon)



第 3 図-2 各土壌型土壌の採取時 pF 値 (B 層土)
Fig. 3-2 pF values of various soils in field condition (B-horizon)



第 4 図 試料採取時期 (月別)
Fig. 4 Date of sampling

特に BD 型, BE 型, BF 型土壌は試料数からみて, おおよそその水湿状態の幅, 中心が第 2 表から推定される。他の土壌型の土壌は試料数が不足していて, 水湿状態の範囲をはあくし難いが, 同時期に採取した近接の BD 型土壌と比較して, どの程度乾燥あるいは湿潤の状態にあるかを判定する材料となるであろう。各土壌型の水湿状態およびその特徴は次のように考えられる。

1) BA 型土壌は各土壌型のうち, 常に最も乾燥している。梅雨期に阿武隈高原のアカマツ林下で採取

II 各土壌型の水湿状態に関する考察

各土壌型の水湿状態をはあくするにはまだ不十分な資料数であり, 採取時期についても不完全なものであるが, 得られた結果の範囲内で考察を試みる。

試料採取の時期は昭和 29 年 8 月から同 32 年 3 月までの間で, 月別にすれば第 4 図に示したとおり, 1, 2, 5, 7 月を除いた各月にわたっている。梅雨期の採集試料数が少ないので, 最も湿った状態の標示にこと欠くうらみはあるが, 他の時期でも, 降雨の直後に試料を採取した例もあるので, 各土壌型の最低, 最高および平均を提示することには意義があると考えられる。

した Prof. 64, 65 の例および, 最も乾燥した時期に採取した大代国有林ヒノキ林下の Prof. 78^{*1} の例から考えて, この土壌の水湿状態は季節的に大きな変動はなく, 十分に湿めることが少ないと思われる。このことは同土壌の表層土がきわめて吸水性に乏しく, ぬれ難い性質を示すことからもうらづけられる。

2) BA 型土壌は試料数が少ないので, 水湿状態の範囲はわからないが, 第 2 表に示した結果からは, BA 型土壌について乾性の土壌と推定される。ただし段戸国有林のモミ, ツガ林下の Prof. 2 の例から, この土壌の A 層 (H-A 層) はかなり湿った状態のときもあることがわかる。このような例は他地域の調査の場合にもしばしば経験することである。そしてこのことは, BA 型と異なるこの土壌の特徴の 1 つと推察される。しかし B 層土は乾燥している場合が多い。

3) BC 型土壌は弱乾性土壌と呼ばれているが, その水湿状態は BA 型, BB 型につき, これら乾性土壌と BD 型土壌との中間的な位置を示している。

4) BD(a) 型土壌は形態的には BD 型土壌に類似する土壌であるが, A₀ 層の発達の状態あるいは A 層に粒状構造が発達することから BD 型土壌より乾性の土壌と見なされたが, その水湿状態もまた BC 型土壌と大差なく, 弱乾性の傾向を示す。

5) BD 型土壌は, 最も乾燥した時期に採取した大代国有林の例 Prof. 81, 82, 83, 84 (いずれも A 層は pF 2.3~2.6 を示す) および天城山国有林の例^{**2} (pF 1.6) を除けばおおよそ pF 2.0~2.2 付近の水湿状態に集まっている。多くの樹種について適潤と考えられている水分状態はこの付近にあることが推定される。

6) BD 型 (定積土) は BD 型 (徇行土, 崩積土) と比較して, pF 値は大差を示していないが, 飽水度は著しく大きい。

7) BE 型土壌は, 大代国有林の場合のみ例外的に高い値 (pF 2.5) を示したが, その他は pF 2.0 以下に集まる。しかし pF 1.7 より小さい値の土壌は少なく, 天城山国有林の例 (Prof. 108) 等は例外的な存在である。

8) BF 型土壌については, その亜型区分にまだ決定的な類別基準がなく, 暫定的に褐色森林土に準じた方法が採られている。筆者はこれらをおもに A 層の構造に基づいて, BF(d) 型: 粒状, 堅果状, 粉状構造を有するもの, BF 型: 団粒状あるいはカベ状 (Massive) で下層が暗色を帯びないもの, BF(w) 型: 団粒状あるいはカベ状で下層が暗色を帯び, 水湿に富むものの 3 つに区分した。各 BF 型亜型土壌の水湿状態には次のような傾向が見られる。

(i) BF(d) 型土壌は弱乾性の BC 型, BD(a) 型土壌とほぼ同様の水湿状態を示す。

(ii) BF 型土壌は pF 2.0 付近に集まり BD 型土壌とほぼ同様の水湿状態を示す。

(iii) BF(w) 型土壌は pF 2.0 以下に多く集まり, BE 型土壌と同様の水湿状態を示す。

湿性土壌, 地下水土壌の採集を行なっていないが, 過剰水の存在する状態は, 上記の結果から, pF 1.7 以下にあるものと推定される。

*1 大代国有林における試料採取時期は昭和 31 年 3 月上旬で, その前, 3 箇月間の降水量ははなはだ少なく, 大代川渇水のため同事業所の自家発電水路に水が枯渇していた。

なお, 同時に採取した試料は BA 型から BE 型までいずれも他の時期, 他地域の試料より高い採取時 pF 値を示した。

*2 天城山国有林の Prof. 104~110 は昭和 32 年 3 月 6~9 日に採取したが, 同 5, 8 日に同地方としては珍しくかなりの降雪があり, この雪はすぐに溶けて, 採取時に, 土壌はかなり湿っていた。

以上の結果から、土壤層断面の形態的特徴によつて類別した土壤の現実の水湿状態を pF 値で標示すれば、その類別の基本概念である水分環境ときわめてよく一致しており、各土壤型は Ba 型、Bb 型、Bc 型、Bd 型、Be 型の順に乾性から湿性へ配列されていることが認められる。

水湿状態の判定基準

現地において森林土壤の水湿状態を判定するには指先あるいは手のひらで土塊を押し、水分の出方により、「乾、潤、湿」の区分を行なっている。pF 値でこれらの区分を示せば次表のごとくなる。本研究における土壤の水湿状態の区分には、下記の表示を基準とし、圃場の観察を修正した。

pF 値	3 以上	3~2.5	2.5~2.0	2.0~1.7	1.7 以下
水湿状態の基準	乾	やや乾	潤 (適潤)*	湿	過湿

* 適潤の範囲には樹種によつて相違があることは十分考えられるが、ここでは乾性、湿性いずれにも偏しない状態を意味する。また、畑地土壤で pF 3 付近を適潤と考えていることに比べると森林土壤はこれよりかなり湿っていることがわかる。

III 飽水度に関する考察

従来、土壤の水湿状態をあらわす方法として、土壤の含水量をその土壤の最大含水量に対する % であらわし、湿潤度等の名で呼ばれた。このような名称はまぎらわしい点があるので本研究では飽水度と呼ぶことにする。

この値は土壤の粗密度、構造に影響されることがあるので必ずしも水湿状態の十分な標示法とはいえない。このことは第 2 表からもうかがうことができる。すなわち、Bd 型 (定積土) の採取時水分は pF 値であらわせば pF 2 付近の値をとり、側行土、崩積土の Bd 型と、Be 型土壤との中間に位置しているが、飽水度であらわせばはるかに大きな値となる。この理由として、Bd 型定積土には堅密で粗孔隙の少ない土壤が多いことが考えられる。

このことを考察するため、形態に明りような相違のある土壤を選び、pF 2.0 に相当する水分状態を飽水度であらわし、第 3 表に比較を行なつた。

第 3 表 構造、孔隙状態の異なる土壤の pF 2.0 における飽水度の比較

Table 3. Moisture saturation of various soils at pF 2.0

A 層 土 A-horizon		B 層 土 B-horizon	
団粒状構造の発達した土壤 Crumb soil	カベ状、堅密な土壤 Massive soil	多孔質の土壤 Porous soil	カベ状、堅密な土壤 Massive soil
断面番号 Prof. No.	飽水度 Moisture saturation %	断面番号 Prof. No.	飽水度 Moisture saturation %
8	65.9	26	87.1
13	62.9	27	91.1
77	63.0	28	90.7
82	63.8	29	82.2
108	73.3	31	87.4
112	63.0	61	88.6
		8	70.1
		24	60.0
		77	65.6
		55	75.0
		87	64.8
		108	65.6
		10	91.3
		21	95.4
		17	96.2
		83	96.2
		104	92.0

第 3 表から認められるように、団粒状構造のよく発達した粗鬆な A 層土および、崩積土の下層にしばしば見られる孔隙に富む B 層土の場合は、飽水度 60~70% のとき pF 2.0 の水湿状態に相当するが、カベ状、ち密な土壤の場合は飽水度 90% 前後となる。

従来、飽水度 60~70% の状態が多くの植物の生育上最適水分状態と考えられており、はち植え試験等の場合、土壤の水分を調節するときの基準とされている。この範囲の水分は、密につめた土壤でなければ、pF 2 付近に相当することが推定される。

第 3 節 土壤水の性質

I 土壤水の区分 (基本概念)

本章の冒頭に述べたように、pF 値は土壤と水分とのエネルギー関係をあらわした値であるから、土壤水の性質、特にその運動に関する性質は pF 値によつてよく標示され、またこのような観点から、土壤水を区分することもできる。BRIGGS の行なつた土壤水の分類およびこれに基づいて ZUNKER (1930), LEBEDEFF (1927) の提唱した区分はいずれも上記の性質を区分概念としたものであり、これら区分の概要は前述したとおりである。

他方、植物の生育に対して有効な水分をあらわすための区分も行なわれており、従来 2 つの水分恒数が広く使われている。すなわち、有効水の上限は萎凋係数、その下限は圃場含水量によつてあらわされる。VEHMEYER ら (1949) は多くの水分恒数のうち、重要なものはこの 2 点だけであると強調している。両恒数を pF 値によつてあらわす研究もまた多く行なわれた。

RICHARDS, WEAVER (1944) の隔膜加圧法による測定では、ヒマワリが最初に永久萎凋をおこす土壤水分の範囲は pF 3.7~4.1 (5~13 気圧の加圧)、最終の範囲は pF 4.3~4.6 (20~40 気圧) に相当することが報告され、また SCHOFIELD ら (1935) の実験では氷点法により、pF 4.0~4.3 の値を得ている。その他多くの研究から萎凋点は pF 4.2 前後に相当すると考えられる。そしてこのことはほぼ定説となつていいる。しかしながら圃場含水量の pF 値については、従来必ずしも一致した見解がとられていない。

圃場含水量は降雨後 2, 3 日を経過して、土壤水の下向移動が事実上停止したときの水分量と定義されている。このような野外でおこる現象は土壤の機械的組成、構造、成層状態等、種々の条件に影響されやすいことは十分に考えられる。このため土壤の水分恒数としては扱い難いものであるが、圃場においてこれ以上の水を長時間保持できない限界としての意義は大きい。

圃場含水量付近の水分量をあらわすため、水分当量が広く測定されている。これは実験室で一定条件のもとに測定できるものであるから水分恒数としては扱いやすい。VEHMEYER ら (1931) は圃場含水量と水分当量とがよく一致すると報告した。特に砂質の土壤を除いて、両者がほぼ一致するという見解は SHAW (1927) も採っており、その他多くの研究からこの見解は 1930 年代の定説と見なされる。その後、RICHARDS ら (1944), COLMAN (1947) の実験では、圃場含水量が pF 2.5 (1/3 気圧の減圧吸引) に相当することが認められた。

近年、RUSSELL (1952) は RICHARDS, FIREMAN (Soil Sci. 56, 1943) を参考にして、圃場含水量は pF 1.7~2.0 の範囲にあることを暗示した。また LAATSCH (1954) もこれに基づいて、その範囲を pF 1.7~2.2 とした。

このような見解はまだ広く実証されてはいないが、本邦の森林土壤の水湿状態にはよくあてはまる。す

なわち、前節第 3 図に示したように、現地の土壌水分は pF 2.0 付近に最も普通に見られ、水分当量よりはるかに湿っている。そして、 pF 3 以上に乾燥した状態ははなはだ少なく、わずかに、最も乾性の BA 型土壌の表層土に見られるにすぎない。

また 287 試料（このうちには湿地の土壌、地下水土壌は含まれていない）のうち、 pF 1.7 の水湿状態を示したものは 13 点、これより湿った状態の土壌はわずかに 3 点である。このことから、 pF 1.7 以下の水分はすみやかに排除される水分、すなわち非毛管水または重力水であると考えられる。なおこのことは第 3 章に述べる土壌の透水性と孔隙との関係からも裏付けられる。

pF 4.2（萎凋点）と pF 1.7（有効水の下部限界）との間に土壌水の区分に関して、さらに、 pF 2.7 をあげることができる。この点は次に示す 2 つの実験により、土壌水の移動に関する変換点であることが認められる。これら 3 点により土壌水を区分すれば次のようになる。

pF 値による土壌水の区分

① pF 7.0~4.2

この範囲の土壌水は主として、土壌コロイド等微細粒子の表面活性によつて吸着されている水分と考えられており、その移動は水蒸気形で行なわれる。植物に対しては無効水である。

② pF 4.2~2.7

この範囲の水分は一般に毛管水と考えられているが、筆者の実験では次項に述べるように、この水分が減少すれば土壌は収縮をおこす。特に埴質、Massive の土壌は収縮が著しい。このことから考えて、微細土粒の表面を皮膜状に被覆している水分があるとすれば、この範囲に存在することが想定される。毛管張力、重力による移動ははなはだおそく、事実上停止していると見なされる。植物には有効な水分と考えられているが、スギ、ヒノキ等はこの範囲の水分では良好な成長を期待できない*1。

③ pF 2.7~1.7

主として、土粒・団粒の形成する毛管孔隙中に存在すると解釈される水分であり、毛管張力により比較的すみやかに移動する。植物に対しては有効である。本邦の森林土壌には普通に見られる現地水分状態である。

④ pF 1.7~0

団粒あるいは土塊相互の間隙（粗孔隙）中に存在する水分と考えられる。重力によつてすみやかに下向へ移動し、通常は土壌に留まらない。したがって植物には無効の水分である。

従来、植物に対する有効水の範囲として、また現在でも植物生育の最適水分状態として、 pF 4.2~2.7 の範囲が注目されていたが、本邦の森林土壌ではむしろ pF 2.7~1.7 の範囲を注目すべきである。この範囲は土壌の水分環境をはあくするうえに重要であり、多くの樹種の成長についてもその適湿状態はこの間にあることが本研究の結果から推定される。

pF 1.7~0 の水分（非毛管水）については、PURI (1949) はその著書のなかで、最も重要性の少ない水分であり、過去の文献的な興味しかないと述べている。しかしこの土壌水の区分の重要性は水分の有効、無効にあるのではなく、この水分を含む土壌孔隙にある。この孔隙は土壌の透水性、通気性に関係をもち、常時は空気で満たされており、植物の根、土壌中の生物に酸素を供給する土壌の重要な機能の 1 つをつかさどる。

*1 スギ・ヒノキの成長に関しては、第 2 編に述べる。

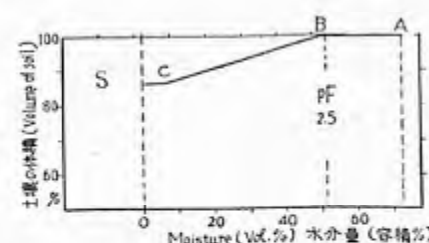
II 土壌の収縮および土壌水の毛管移動に関する 2 つの実験

1) 水分減少に伴う土壌の収縮

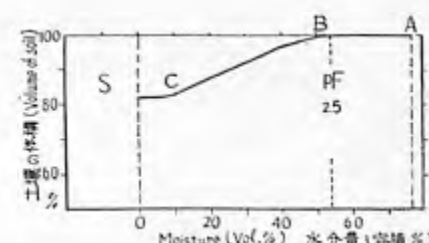
一般に土壌は乾燥すると収縮する。特に埴質、Massive の土壌には収縮が著しくおこる。土壌の見かけの体積を土壌水分量の函数としてあらわす曲線は土壌水の性質、区分を考察するうえの手がかりともなり、土壌の構造に関してもまた 2, 3 の知見を提供するものである。

実 験

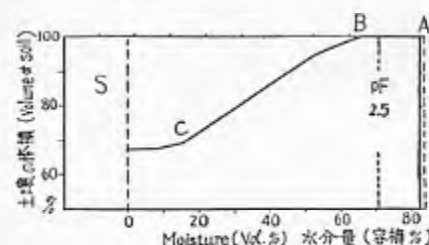
400 cc の採土円筒試料を飽水させ、上および底ぶたをゆるめて室内に放置し、徐々に乾燥させ、ときどき試料の重量減と見かけの体積の収縮量とを測定した。乾燥減量とこれに伴う土壌の収縮量との関係を、構造の異なる 2, 3 の土壌について第 5 図に例示する。またこれらの土壌の風乾時の収縮状態を Phot. 2 に示す。



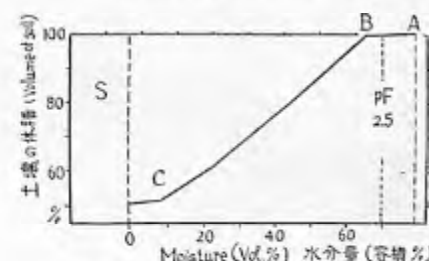
I: Prof. No. 77 の A_2 層土の収縮曲線
Shrinkage curve of crumb structured soil
(Prof. 77 A_2 -horizon)



II: Prof. 75 の A_1 層土の収縮曲線
Shrinkage curve of crumb structured soil
(Prof. 75 A_1 -horizon)



III: Prof. 75 の A_2 層土の収縮曲線
Shrinkage curve of massive soil
(Prof. 75 A_2 -horizon)



IV: Prof. 75 A-B 層土の収縮曲線
Shrinkage curve of massive soil
(Prof. 75 A-B horizon)

A: Saturated condition B: Start of shrinkage
C: Air-dried condition S: Volume of solid in soil

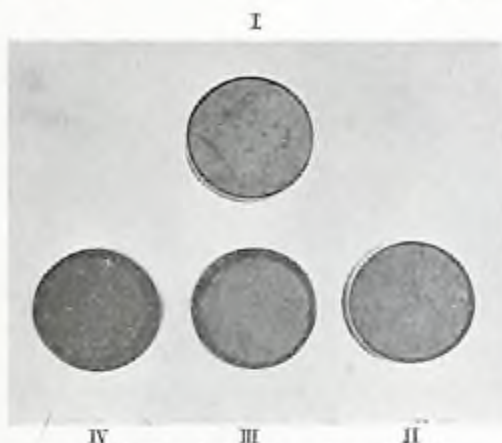
第 5 図 水分減少に伴う土壌の収縮
Fig. 5 Shrinkage of natural soils as a function of moisture

供試土壌

- I: Prof. 77 A_2 層 団粒状構造
- II: Prof. 75 A_1 層 同上
- III: Prof. 75 A_2 層 カベ状 (Massive)
- IV: Prof. 75 A-B 層 同上

いずれも沢渡国有林（前橋営林局中之条営林署所管）の BI 型土壌である。

第 5 図中、収縮曲線の A 点は飽水状態を表わす。各土壌とも飽水に近い状態では水分の減少による収縮



I : Prof. 77, A₁-horizon, Crumb soil
 II : Prof. 75, A₁-horizon, Crumb soil
 III : Prof. 75, A₂-horizon, Massive soil
 IV : Prof. 75, A-B-horizon, Massive soil
 Photo. 2 風乾時における土壌の収縮状態
 Shrinkage of the soils at air dried

実 験

飽水させた円筒試料を吸収板にのせ、土壌水を吸収させて1昼夜放置し、試料の水分減量を測定した。またこのときの土壌の体積変化（収縮）を観察した。この実験に使用した吸収板は厚さ1.5cm、15cm方形の素焼板である。素焼板の質については、特にあらいのもの（粗孔隙に富む）を製作し、通常使用されている吸収板（日本化学陶器製）と比較した。供試土壌には Prof. 71~86 の 48 試料を用いた。第4表にその測定結果を示す。

実験結果の要約

上記実験の結果は下記のように要約される。

① 吸収板による脱水分点の土壌水湿状態は、48 試料のうち5試料が pF 2.5 よりわずかに低い値を示したが、大部分は pF 2.5~2.7 に相当する。そして、この値は使用した2種の吸収板の相違には関係が認められない。なお、吸収板の質と土壌の脱水分点との関係をさらに確かめるため、筆者は、焼石膏と水を1:1, 1:1.5, 1:2 の割合で混ぜて、孔隙状態の異なる石膏板を作り同様の測定を行なったが、その結果からも、ち密な吸収板は土壌を強く脱水するという傾向は見られなかった。

② 吸収板による脱水分点はまた土壌の収縮が始まる点とほぼ一致する。このことは第4表に示したように、大半の試料について観察された。また、収縮のおこっていない数点の試料についても、さらに3~4%以内の水分減少によつて収縮が始めることが観察された。

土壌の収縮および土壌水の毛管移動に関する2実験結果の考察

1) 土壌の収縮

水分減少にともなう土壌の収縮は、CHONEY, COLMAN (1954) が分類しているように、次の3つに類型される。

- ① 水分の減少によつて収縮をおこさない土壌。
- ② 水分の減少にともなつて、等量の収縮をおこす土壌。
- ③ ①と②の中間的な性質の土壌。

がほとんど見られないが、さらに水分が減少すると急に収縮し始める。この点をBとした。すなわち、A-B間では土壌水が減少するとほぼ同量の空気が土壌中に侵入すると考えられる。

B点以下に乾燥すると土壌は収縮を始め、風乾（C点）近くなると収縮量はまた小さくなる。

B点の水湿状態は、第5図に示したように、pF 2.5よりやや高い。第2節に述べた採取時 pF 値の求め方と同じく、pF 曲線を延長して、B点の pF 値を求めるとおよそ pF 2.7 前後に相当する。このことは次に示す実験（2）の結果（第4表）からも、48 試料について同様に認められる。

2) 吸収板による土壌の脱水

土壌水の毛管移動に関する性質を解明するため下記の実験を行なった。

第4表 吸収板による土壌の脱水分点とそのときの土壌の収縮
 Table 4. Removable water in soil by the porous plate and shrinkage of soil

断面 番号 Prof. No.	土壌型 Type of soil	層 位 Horizon	構造、礫 Structure of soil, Gravel	飽水率 (容積%) Moisture saturated (Vol. %)	脱水分点の 水分 (容積%) Moisture retained (Vol. %)	pF 2.5 の水分 (容積%) Moisture at pF 2.5 (Vol. %)	吸収水量 (容積%) Removable water (Vol. %)	収 縮 Shrinkage	吸収板の 種 類 Porous Plate
71	B ₀	A	礫土, g.	49.2	31.0	31.7	18.2	—	1
		B ₁	"	54.2	34.4	36.4	19.8	±	1
		B ₂	"	52.8	32.3	35.3	20.5	+	1
72	B _E	A ₁	礫土, g.	69.0	49.5	51.0	19.5	+	2
		A ₂	"	43.2	21.0	25.0	22.2	±	1
73	B _E	A ₁	礫土, g.	55.2	35.2	35.7	20.0	—	1
		A ₂	"	54.5	35.5	37.7	19.0	±	1
74	Bl(d)	A ₁	Gr.	65.2	34.5	35.0	30.7	±	2
		A ₂	Gr.	67.2	36.0	40.4	31.2	+	2
		B	浮石土, p.	65.2	34.9	41.7	30.3	+	2
75	Bl(w)	A ₁	Cr.	76.5	50.5	54.3	26.0	+	1
		A ₂	Ms.	83.0	65.3	70.8	17.7	+	1
		A-B	Ms.	79.8	66.3	69.8	13.5	+	1
76	Bl(d)	A	Gr.	69.8	35.5	38.3	34.3	+	2
		A-B	浮石土, p.	72.0	46.7	44.2	25.3	—	1
		B	"	74.2	49.4	45.2	24.8	—	1
77	Bl	A ₁	Cr.	70.8	39.7	37.9	31.1	±	2
		A ₂	Cr.	72.2	47.6	51.4	24.6	+	1
		B	—	72.0	47.1	43.9	24.9	—	1
79	B _C	A ₂	Nu.	57.8	37.8	37.0	20.0	—	1
		B	Ms.	46.0	39.3	39.5	6.7	±	1
80	B ₀ (d)	A ₁	Gr.	71.0	41.3	41.3	29.7	—	2
		A ₂	Bk.	64.8	44.2	49.0	20.6	+	1
		B	Ms.	52.8	45.6	46.8	7.8	+	1
81	B ₀	A	礫土, g.	51.8	36.3	37.8	15.5	±	1
		A-B	"	55.0	39.0	39.5	16.0	±	1
		B	"	57.2	43.4	43.4	13.8	—	1
82	B ₀	A ₁	Cr.	69.0	41.6	40.8	27.4	—	2
		A ₂	—	65.0	48.0	50.2	17.0	+	2
		B	Ms.	59.8	50.8	53.0	9.0	+	1
83	B ₀	A ₁	Cr.	67.8	47.3	48.3	20.5	±	2
		A ₂	Ms.	66.0	54.7	56.5	11.3	+	1
		B	Ms.	66.0	55.2	59.2	10.8	+	1
84	B ₀	A ₁	Cr.	63.0	38.5	36.5	24.5	—	2
		A ₂	Cr.	60.0	38.4	40.4	22.0	±	2
		A-B	—	54.2	38.4	42.4	15.8	+	1
		B	—	59.8	44.0	45.8	15.8	±	1
85	B _E	A ₁	Cr.礫土, g.	50.5	30.8	31.8	19.7	±	1
		A ₂	礫土, g.	61.0	37.8	38.8	23.2	±	1
		B	"	56.5	41.5	42.7	15.0	±	1
86	B _E	A ₂	Cr.礫土, g.	53.0	34.5	37.0	18.5	+	1
		B	—	54.8	35.5	38.0	19.3	+	1

構造 Structure of soil

Gr.: 粒状 Granular, Cr.: 団粒状 Crumb, Bk: 塊状 Blocky, Ms.: カベ状 Massive

礫, Gravel, g.: Gravely, p.: Pumiceous

収縮 Shrinkage +: わずかに認められる Slightly observed

±: きわめてわずかに認められる Very slightly observed

—: 認められない Not observed

吸収水量 Removable water: 吸収板により吸収排除された水分量

(飽水量—脱水分点の水分量) (Moisture saturated—Moisture retained)

吸収板の種類 Porous plate

1: ち密な吸収板 A ceramic plate (fine texture)

2: あらい吸収板 A ceramic plate (coarse texture)

ただし、CRONEY らは道路調査を目的として、土壤の圧縮可能性をあらわすため、これらを下層土の区分に用いた。そして、その区分を土性と結びつけた。

もちろん、土性は土壤の収縮に関して、重要な支配的因子の 1 つである。特に下層土は腐植の含有は少なく、また団粒の形成も微弱でカベ状を呈するものが多い。したがって、その収縮の多少は主として土性によることが考えられる。なぜならば埴質の土壤は、次節に述べるように高 pF 値部分の水分を保持する能力が砂質の土壤より大きい。そしてそのため、乾燥すると砂質土壤より、強く収縮する可能性がある。

根系領域における土壤の収縮に関する性質は土壤の通気、換気作用の 1 指標として、植物に対する意義が注目される。土壤の換気作用は、これを直接標示することはなかなかむずかしく、またこれに関与する条件は多岐にわたるが、少なくとも、収縮が顕著におこり、空気の侵入を許さない土壤は換気の困難な土壤といえることができる。そして、表土における収縮に関する性質は、土性の影響も考えなくてはならないが、構造、特に団粒発達に強く支配される。このことは上記の実験結果によく示されている。すなわち、第 5 図の 4 土壤のうち、団粒の形成された土壤の収縮こうばい (B-C 間の収縮量/水分減少量) は 0.3~0.4 を示すが、Massive 土壤では 0.7~0.9 を示す。ここに示した団粒構造の土壤はそれほど顕著にこの構造の発達したものではないが、しかし Massive 土壤にくらべれば、空気の侵入量はかなり多い。また、A-B 間の水分量の多いことから、団粒化の進んだ土壤は、その団粒間隙に空気の侵入が比較的容易に行なわれることが想定される。なお、HAINES (1923) の実験では、十分に水でこねた粘土の収縮勾配が 1 となっており、これは上記の類型②に相当する。Massive 土壤はこれに近い状態と考えられ、その典型的な例が Prof. No. 75 A-B 層土 (第 5 図-IV) に示された。

2) 毛管移動水

吸収板による脱水の実験から、土壤水の移動が事実上停止する水湿状態はおおよそ pF 2.7 付近にあたることを示された。

石膏ブロック、素焼の吸収コーンについて行なわれた実験によると、これら水分吸収体の吸収力はかなり強く、萎凋点付近の土壤からも水分を吸収することが報告³⁰⁾されている。筆者も吸収板による実験をはじめると、土壤水は pF 4 近くまで脱水されると予想したが、実験の結果はこれよりはるかに湿った状態であつた。

吸収板に接する土壤は pF 4 以上に脱水されることはあつても、吸収板から離れた土壤は、もし土壤水の移動が停止していたとすれば、それ以上脱水されることはない。したがって、土壤の脱水点は吸収板の水分吸収力とは必ずしも関係しないと考えることができる。そして、第 4 表に示した土壤の脱水点 (pF 2.5~2.7) は重力および毛管張力により、土壤中を移動する水分がおおむね除去された状態と見なされる。

吸収板により除去された水分量は、粒状、団粒状構造の土壤に多く、これらのよく発達した土壤には土壤の見かけの体積の 30% 前後含まれているが、Massive 土壤には少なく、10% 程度に過ぎない。団粒化の発達の程度が重力、毛管張力による移動可能水の量に関係することが第 4 表からうかがえる。

III 水分当量に関する土壌因子

土壤水のうち、pF 2.7 以下の水分は隔膜吸引法で測定され、その移動に関する性質について 2, 3 の説明がなされた。これより高 pF 値部分の土壤水挙動の研究は主として土壤の保水能をあらわすために行なわれる場合が多い。本研究ではこの部分の水分を遠心力法によつて測定した。遠心力法による土壤の保水能表示の 1 方法として、従来、水分当量が広く用いられている。

水分当量の pF 値については、前に述べたように、pF 3 と考えられるが、RUSSELL らは pF 2.7 に相当すると報告している。しかし筆者の実験では隔膜吸引法による pF 2.7 の値よりはるかに小さい値を得た。自然状態の土壤について測定する隔膜法の値とくらべると、この相違はさらに大きくなる。この理由の 1 つとして、試料の処理が考えられる。水分当量は試料を風乾処理してから行なうのが常法になつているが、風乾により土壤と水分との関係は変化し再び飽水しても、もとの状態に復さない場合が多い。特に本邦の火山灰土壤では、風乾処理によつて pF 4.0~5.5 の範囲の水分が著しく減少することが報告³¹⁾されている。また腐植等、有機物の多い土壤にもこの傾向が著しい。

水分当量は必ずしも自然状態における土壤の水分保持に関する限界点を示すものではないが、土壤の吸着水および微細孔隙中の水分等、土壤中で移動し難い水分の量を比較することに意義がある。そして、このような水分を保持する能力はおもに土性、母材等土壤構成材料に左右される。

pF 2.7 以下の水分量がおもに土壤構造、団粒化の程度に影響されることに比べると、上記のことは著しく対称的な性質といえることができる。

土性と水分当量との関係については古くから報告がある。そのうち 2, 3 の報告を引用すれば、両者の間には次のような関係が認められている。

$$\left. \begin{array}{ll} \text{BRIGGS}^{192} & \text{M. E.} = -0.02 \text{ S} + 0.22 \text{ Si} + 1.05 \text{ Cl} \\ \text{MIDDLETON}^{193} & \text{M. E.} = -0.063 \text{ S} + 0.291 \text{ Si} + 0.426 \text{ Cl} \\ \text{COLLE}^{194} & \text{Si} + \text{Cl} = 2.34 \text{ M. E. (下層土)} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

ただし、M. E.: 水分当量, S: 砂 (%), Si: 微砂 (%), Cl: 粘土 (%)

このほか、腐植の含有量およびその性状もまた水分当量に関係する重要な因子と考えられるが、これらに関しては従来あまり関心が払われていない。しかし森林土壤の表層土にはかなり多量の腐植が含まれているから、これを無視して、土壤の保水能力を考察することはできない。筆者は水分当量と土性、腐植 (炭素量)、母材との関係について、157 試料の測定値をとりまとめた。なお、土性は国際法に準じて分析し、粘土+微砂量であらわした。炭素の測定は THURIN 法による。

水分当量と土性および炭素量との関係

全試料について、炭素含有量と層位との関係を見ると、A₁ 層、A₂ 層 (または A-B 層)、B 層の順に小さくなる傾向があり、A₁ 層は平均 11.5% を示し、大部分が 10% 以上である。A₂ 層は平均 7.1%、5~10% のものが多く、また B 層は平均 2.8%、5% 以下に大多数があつまる。そこで、供試土壤を、炭素量 5% 以下、5~10%、10% 以上の 3 群に分けて、そのおのおのについて、水分当量と「粘土+微砂」との関係求めた。これらを第 6 図に示す。

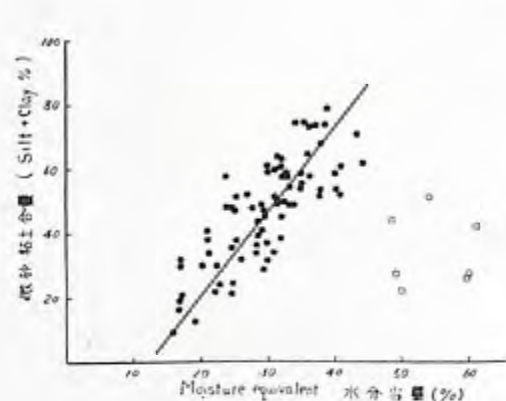
1) 炭素量 5% 以下の土壤

83 試料について、水分当量と土性との関係を見ると、第 6 図-A に示したように、大多数 (75 試料) は、粘土、微砂含量の多いほど水分当量は大きくなる傾向を示している。ちなみに両者の関係を一次の函数であらわすと、次のようになる。

$$\text{M. E. (炭素 5\% 以下)} = 12.12 + 0.377 (\text{Silt} + \text{Clay}) \dots\dots\dots (6) \\ (r=0.828)$$

ただし、M. E.: 水分当量 (乾燥土重に対する %)

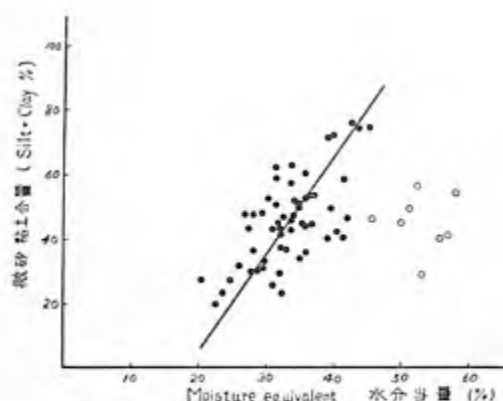
なお、供試土壤の炭素含量は平均 2.96% である。



○ 火山灰土壌 Volcanic ash soil
M. E. (%) = 12.12 + 0.377 (Silt + Clay %) (r = 0.828)

第 6 図-A 炭素量 5% 以下の土壌の水分当量と土性との関係

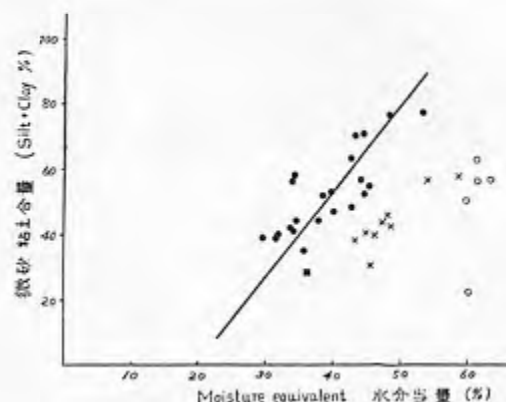
Fig. 6-A Relation between moisture equivalent and texture of soil (containing 0~5% carbon)



○ 火山灰土壌 Volcanic ash soil
M. E. (%) = 16.90 + 0.366 (Silt + Clay %) (r = 0.768)

第 6 図-B 炭素量 5~10% の土壌の水分当量と土性との関係

Fig. 6-B Relation between moisture equivalent and texture of soil (containing 5~10% carbon)



○ 火山灰土壌 Volcanic ash soil
× Bl 型土壌 Bl-soil
M. E. (%) = 19.69 + 0.376 (Silt + Clay %) (r = 0.774)

第 6 図-C 炭素含量 10~15% の土壌の水分当量と土性との関係

Fig. 6-C Relation between moisture equivalent and texture of soil (containing 10~15% carbon)

火山灰土壌がその土性のわりに、著しく水分当量の大きなことも前記の傾向と変わらない。

3) 炭素量 10~15% の土壌

*1 阿武隈高原の残丘上に局部的に存在した 1 試料 (B 層のみ) にもこれに類似した性質が見られる。

*2 天城山の土壌には、このような性質が見られない。

37 試料 (平均炭素含有量 12.11%) については、第 6 図-C に示した。この試料数が A₂ 層にくらべて少ないのは 15% 以上の炭素を含有する土壌を除いたためである。この土壌群については前記の傾向のほかに、Bl 型土壌の A₁ 層土が土性のわりにやや大きい水分当量を示す傾向がある。一般に Bl 型土壌には火山灰を母材とするものが多いが、ここでは火山灰以外の母材 (多くは花崗岩) の Bl 型土壌を示した。

火山灰土壌、Bl 型土壌を除くと、試料数は少なくなるが、あえて相関を求めるなら次のようになる。

$$M. E. (\text{炭素 } 10 \sim 15\%) = 19.69 + 0.376 (\text{Silt} + \text{Clay}) \dots\dots\dots (8) \\ (r = 0.774)$$

水分当量と土性・炭素量および母材との関係に関する考察

第 6 図に示した関係から、土壌の水分当量は土性と腐植含有量とに関係があり、粘土、微砂量の多いほど、また腐植含有量の多いほど水分当量は大きい値を示すことが認められた。しかしながら、2, 3 の地域に分布する火山灰土壌には、微細粒子が少なく、しかも水分当量のすこぶる大きいものがある。これらの土壌はいずれも機械分析に際して、特異な分散の形態を示した。すなわち、国際法にしたがつて分析予措を行ない、分散剤として NaOH を加え振とうし、静置すると、試料はもろもろになつてすみやかに沈降する。火山灰土壌には、アルカリの分散剤で分散させるとこのような現象を呈するものがあり、一般にその土性標示には疑いもたれている。ちなみに、農研、その他で最近よく使用されるヘキサ・メタリン酸ソーダを用いて分析を試みたが、粘土、微砂はそれほど多くは定量されなかつた。次表にその例を示す。

第 5 表 関東ローム土壌の機械組成
(2 分散法の比較)

Table 5. Mechanical composition of Kanto-loam soils
(Comparison of 2 methods of dispersion)

断面番号 Prof. No.	層位 Horizon	分散法 Method of dispersion	粘 土 Clay %	微 砂 Silt %	細 砂 Fine sand %	粗 砂 Coars sand %
93	A ₁	NaOH S.H.M.P.	12.8 8.2	36.4 46.3	25.4 26.1	25.3 19.4
93	B	NaOH S.H.M.P.	6.1 1.5	7.6 22.1	46.7 54.5	39.6 21.9
96	B ₁	NaOH S.H.M.P.	4.8 2.8	35.8 28.0	31.1 49.3	28.2 20.0

分散法 Method of dispersion

NaOH: カセイソーダによる分散 (国際法) Dispersion by NaOH (International method)

S.H.M.P.: ヘキサ・メタリン酸ソーダ (カルゴン) Dispersion by sodium hexa meta phosphate

Bl 型土壌の A₁ 層も比較的大きな水分当量を示す。このことから、腐植については単にその量を示すばかりでなく、質についても考慮を払うならば、土壌の保水能力はさらによくあらわされるであろう。いずれにせよ、水分当量で比較した土壌の保水能は土性、腐植、母材等土壌構成材料に強く影響されていることがわかる。

第 2 章 森林土壌の構造

第 1 節 構造の標示

土壌の構造は一般に土粒の配列状態をあらわすものと定義されている。この定義によれば、土壌の堅軟・粗密、孔隙の状態、団粒・土塊の大きさおよびその堆積状態等、土壌の理学的性質の大半が構造に含まれる。また、土壌水の移動に関する土壌機能も構造に支配される面がはなはだ多い。このことについては前章で 2, 3 の考察を試みたが、土壌中の空気保持、換気作用等も、構造によつてあらわされる重要な土壌機能の 1 つである。

土壌構造の標示法は直接法と間接法とに分けることができる。直接法は団粒・土塊の形状、大きさ、これら相互の配列状態およびその間隙等を観察し、標示する方法である。ここにいう団粒とは土粒の集合体を意味する。土粒は普通、一次粒子の集合物であることが多い。団粒内部の構造にはかなり複雑なものがある。黒島ら (1958) の顕微鏡観察によれば、本邦森林土壌に普通に見られる団粒状構造は微細な単位の集合が数次にわたつてくりかえされているものと推定される。このように団粒には極く微細なものから数 cm のかたまりまでが含まれるが、これらのうち、肉眼で識別できる範囲は 1 mm ぐらいまでであり、これ以下の団粒の性質については手ざわりで、堅さ、粗密度等その内部構造をうかがい知る程度である。したがつて、土壌の形態調査においては、主として巨視部分の特徴を基準にした構造区分が行なわれている。

微細部分は巨視構造を構成する単位であつて、これを性格づけるものであるから、微細構造の解明、標示もまた重要である。しかしその直接標示には困難な点が多いため、一般には間接法がよく用いられる。

間接法は、構造のあらわれである土壌の理学的性質によつて、逆に構造をあらわす方法である。この方法は広く使われている。たとえば、透水性、通気性、圧結度、含水量、孔隙量、団粒径の分布等はいずれも間接的な構造標示にはかならない。これらの性質は定量的にあらわせる便はあるが、どの性質も構造の一面をあらわすに過ぎない。そこで 2, 3 の性質をあわせて示す必要がある。

本研究では、pF 曲線、湿式団粒分析、透水性の 3 法により、形態調査で区分されている土壌構造の解明を試みた。このうち透水性による構造解析については第 3 章に述べる。

第 2 節 pF 曲線と土壌構造

I pF 曲線による土壌孔隙の解析 (基本概念)

pF 曲線は土壌の水分量とこれに対応するエネルギー関係とを示す曲線として提唱されたものであるが、その後、土壌の孔隙解析の手段として注目されてきた。1938 年 BRADFIELD は砂粒の pF 曲線を測定し、粒径による曲線の相違を示した。またこのことから、pF 曲線が土壌の構造標示に役立つ可能性を報告した。時を同じくして、BAVER¹⁾ は pF 2.5~0 の範囲の曲線を測定し、これによつて孔隙係数を算出した。この係数は土壌の非毛管孔隙の量およびその平均孔隙径をあらわすものである。そして孔隙係数と透水性とが密接に関係することを報告した。

土壌の示す水分保持力を土粒間隙の毛管張力と仮定すれば、水分保持力と間隙の大きさとの間には次の関係式がなりたつ。

$$h = \frac{4\tau}{g\sigma d} \dots\dots\dots (9)$$

ただし、h: 水分保持力, σ : 水の密度, g: 重力, d: 間隙の平均直径, τ : 水と空気との表面張力

(9) 式を C.G.S. 制の単位に直すと

$$h \approx \frac{0.3}{d} \dots\dots\dots (10)$$

h を pF 値であらわせば

$$pF = \log_{10} h = \log_{10} \frac{0.3}{d} \dots\dots\dots (11)$$

(11) 式によれば、pF 曲線は土壌の孔隙の大きさおよび量の分布をあらわす曲線と考えることができる。以上が pF 曲線による土壌の孔隙解析の基本となる考え方である。

HAINES (1927) は理想土壌の粒径と孔隙との関係を計算して、最も密につめた場合を次のようにあらわした。

$$d = 0.288 D \dots\dots\dots (12)$$

ただし、D: 粒径

PURI (1949) は (12) 式を用いて (11) 式を次のように改めた。

$$pF = \log_{10} \frac{1}{D} \dots\dots\dots (13)$$

PURI は (13) 式により、pF 曲線を土壌の粒径分布曲線と見なしたのである。

このことに関して PURI は土壌の機械分析をマイクロベット法で行ない、粘土について、 $pD \left(-\log_{10} \frac{1}{D} \right)$ 4~5.4 の範囲の粒径組成を測定し、これを粒径分布曲線 (summation curve) であらわした。この曲線は蒸気圧法で測定した pF 4 以上の pF 曲線とよく一致することを記述している。すなわち、(13) 式の成立を実験的に証明したのである。

pF 4 以上の高 pF 値部分においては、土壌水の移動は主として水蒸気の形で行なわれる。土壌水と水蒸気との平衡に関する研究は古くから行なわれていて、この場合の水分保持能力は粒径組成に強く影響されることが知られている。すなわち、微細な粒径の土壌ほど高 pF 値の水分保持能力は大きい。このことから水分吸着、保持に関する表面活性の仮説が立てられている。また、水分当量は pF 7 から 3 付近までの水分量をあらわす。ちなみにこの水分を保持する能力を持つ粒径を (13) 式から計算すると、0.01 mm 以下の粒径となり、これは粘土、微砂に相当する。土壌の粘土、微砂含量と水分当量とが比例する関係にあることは前章に示したとおりである。

しかしながら低 pF 値部分における pF 曲線と土性とのについては、必ずしも (9) 式の関係はあてはまらない。たとえば、重塩土であつても団粒のよく発達している場合、あるいは土粒が粗に堆積している場合は、土壌中に比較的大な孔隙が多くなり、したがつて低 pF 値の水分を保有する能力が大きくなる。すなわち、特に砂礫質の土壌を除いて、構造、孔隙の状態が pF 曲線の低 pF 値部分の支配的因子となる。

II 構造の相違に影響される pF 曲線の範囲

土壌構造を標示するための pF 曲線は自然状態の土壌について測定したものでなければならない。第 1 章に述べたように、遠心力法は土壌を圧縮し、構造、孔隙の状態に変化を与えるから、この目的には使用できない。この点、採土円筒を用いる隔膜吸引法は理想的な測定法といえるが、この法の測定範囲は pF 2.7 以下に限られる。

しかしながら、前章の吸収板による実験から、吸収排除される水分 (ほぼ pF 2.7 以下に相当する) は

主として土壌構造に関係することが予測され、また水分当量が主として土性、腐植、母材等土壌構成材料に関係することが認められた。これらにより、土壌構造が pF 曲線を変化させるとすれば、その範囲は吸引法の測定範囲とほぼ一致すると想定される。

このことを確かめるため、土壌構成材料がほぼ同一で、構造だけが明りように異なる土壌について pF 曲線を比較する実験を行なつた。次にこれを示す。

実 験

供 試 土 壤

1) 林業試験場内 (東京, 目黒), 母材: 関東ローム

A₁ 層 団粒 (耕転により形成された, 細かく, やわらかい土塊を混ず) が発達し, 孔隙にすこぶる富む。鬆。

A₂ 層 団粒の発達は微弱, 孔隙に乏しく, やや堅。

2) Prof. No. 12 B₁ (Crumb) 型土壌 (段戸国有林, ヒノキ造林地)

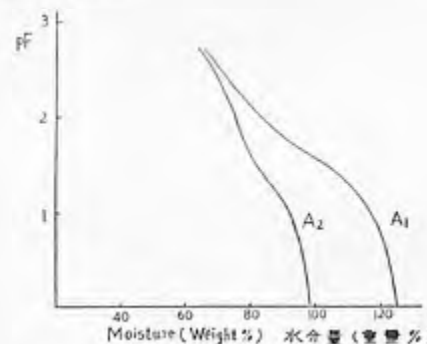
母材: 花崗岩, 土性: SC

A₁ 層 団粒状構造がよく発達し, 孔隙にすこぶる富む。鬆。

A₂ 層 カベ状 (Massive) を呈し, 孔隙に乏しい。堅。

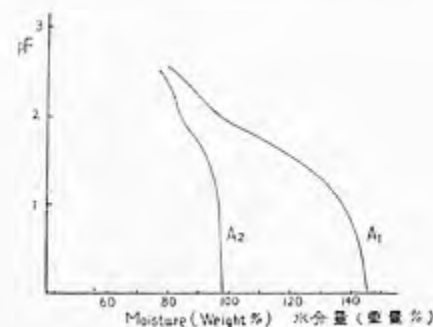
pF 曲線の比較

各層土壌の pF 曲線を隔膜吸引法で測定し, 第 7 図に示す。図中, 土壌の水分量は乾燥土壌重に対する % であらわした。



A₁: A₁ 層土, 団粒構造 A₁-horizon, Crumb soil
A₂: A₂ 層土, カベ状 A₂-horizon, Massive soil

第 7 図-1 東京, 目黒の苗畑土壌の pF 曲線
Fig. 7-1 pF-moisture curves of the nursery soil in Meguro, Tokyo



A₁: A₁ 層土, 団粒構造 A₁-horizon, Crumb soil
A₂: A₂ 層土, カベ状 A₂-horizon, Massive soil

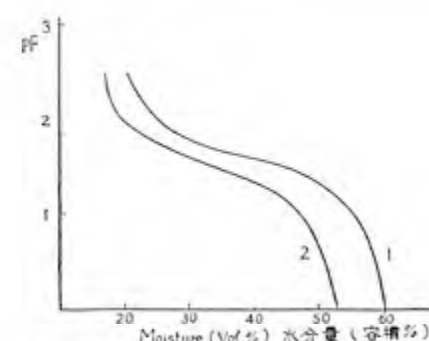
第 7 図-2 Prof. 12 B₁ 型土壌の pF 曲線
Fig. 7-2 pF-moisture curves of the B₁-soil (Prof. No. 12)

第 7 図 土壌構造による pF 曲線の相違

Fig. 7 Effect of the soil structure to the shape of pF curve

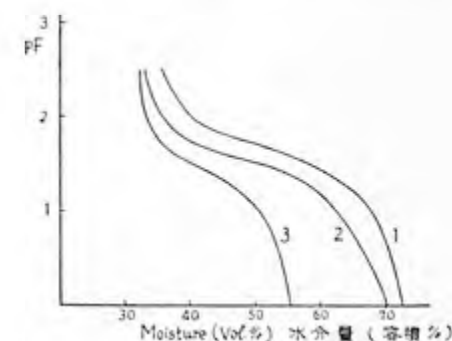
第 7 図に明らかに示されたように, 両土壌とも, A₁ 層土と A₂ 層土との pF 曲線は pF 2.7 付近で接近する。また, 水分当量は, 1) 試験場内土壌の A₁ 層: 60.1%, A₂ 層: 59.2%, 2) Prof. No. 12, A₁ 層: 32.3%, A₂ 層: 31.3% であり, それぞれ構造の相違にかかわらず大差がない。

以上の結果から, 構造の相違に影響される pF 曲線の範囲はおおよそ pF 2.7 以下であることが知れる。なお団粒化の進んだ土壌には低 pF 値の水分, 特に pF 2 付近の水分を含む孔隙が多いことも推定される。



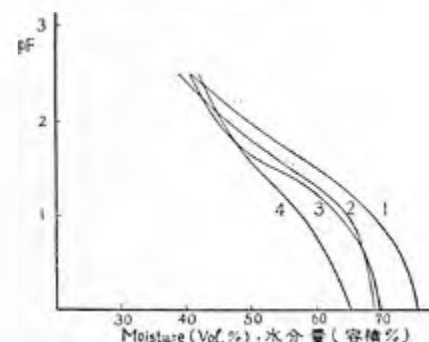
1 Profile 52 B_A-soil A horizon
2 Profile 117 B_A-soil A "

第 8 図-A 細粒状構造の pF 曲線
Fig. 8-A pF-moisture curves of the soil having loose granular structure



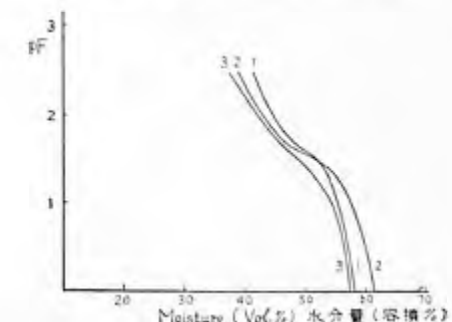
1 Profile 36 B₁-soil A₁ horizon
2 Profile 69 B_A-soil A "
3 Profile 78 B_A~B_D(d)-soil A "

第 8 図-B 粒状構造の pF 曲線
Fig. 8-B pF-moisture curves of the soil having granular structure



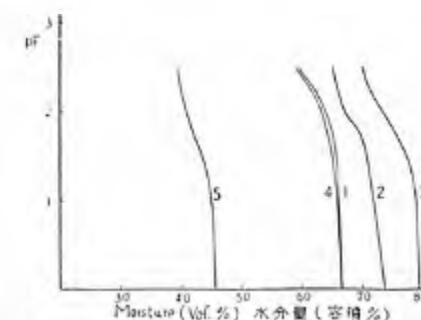
1 Profile 9 B_D-soil A₁ horizon
2 Profile 12 B₁ (Crumb)-soil A₁ "
3 Profile 82 B_D-soil A₁ "
4 Profile 91 B_E-soil A₁ "

第 8 図-C 団粒状構造の pF 曲線
Fig. 8-C pF-moisture curves of the soil having crumb structure



1 Profile 14 B_C-soil A-B horizon
2 Profile 54 B_C-soil A "
3 Profile 79 B_C-soil A₂ "

第 8 図-D 堅果状構造の pF 曲線
Fig. 8-D pF-moisture curves of the soil having nutty structure



1 Profile 17 B_D-soil A-B horizon
2 Profile 28 B₁ (Massive)-soil A "
3 Profile 75 B₁ (Massive)-soil A-B "
4 Profile 83 B_D-soil B "
5 Profile 79 B_C-soil B "

第 8 図-E カベ状構造の pF 曲線
Fig. 8-E pF-moisture curves of the massive soil

III 代表的な構造を示す土壌の pF 曲線

形態調査で類別される各構造型の特徴、特にその孔隙の状態を解明するため、採集土壌のうちから、林野土壤調査方法書にしたがって区分された各構造型を示す代表的な土壌を選び、その pF 曲線を第 8 図に示す。

a) 細粒状構造

試 料

1. Prof. 52 BA 型土壌, A 層 (新館国有林) 母材: 花崗岩, 土性: 砂壤土
2. Prof. 117 BA 型土壌, A 層 (広島国有林) 母材: 花崗岩, 土性: 砂壤土

両土壌とも細粒状構造がきわめてよく発達し、孔隙に富み、すこぶる鬆である。このことは第 8 図-A に示した pF 曲線によくあらわれており、pF 1~2 の水分を含む孔隙はすこぶる多く、全孔隙量の約 50% を占めている。

等式 (13) を適用すれば、この孔隙は 0.1~1 mm 程度の粒子の形成するものに相当する。実際の粒子の大きさは 1 mm 前後と観察された。しかしこの孔隙には、水を与えられても容易に水の浸透がおこらない。上記の供試土壌は採取時 pF 3 以上に乾燥しており、このような粗孔隙には水が存在しない状態にあったが、これらを水に浸漬してもほとんど土壌はぬれなかつた。第 8 図-A に示した pF 曲線の測定には、あらかじめアルコール水 (50%) を上記の試料に散布し、土粒をうるおしてから、24 時間、常法どおり水に浸漬して飽水させた。

このような土壌の疎水性もまた細粒状構造の特徴の 1 つである。そして、この構造の土壌は透水性もきわめて乏しい。これらのことについては第 3 章に述べる。

b) 粒状構造

粒状構造の特徴は径 1~2 mm 程度の団粒によく認められるのであるが、現実には他の構造型の特徴をそなえた団粒とまじって存在することが多い。筆者は粒状構造のみを示す土壌を得ていないので、比較的この構造の特徴をよくそなえた次の 3 試料についてその pF 曲線を測り、第 8 図-B に示す。このうち、

1. Prof. 36 は団粒状構造, 2. Prof. 69 および 3. Prof. 78 は細粒状構造の共存する土壌である。

試 料

1. Prof. No. 36 BI 型土壌 A₁ 層 (東京都水道水源林) 母材: 花崗岩, 土性: 埴壤土
2. Prof. No. 69 B_s 型土壌 A 層 (瀬尻国有林) 母材: 変成岩, 土性: 埴壤土
3. Prof. No. 78 BA~B_D(d) 型土壌 A 層 (大代国有林) 母材: 砂岩, 土性: 重埴土

各土壌とも前記細粒状構造の供試土壌の土性より著しく埴質であるが、pF 曲線はこれに酷似し、pF 1~2 の水分を含む孔隙にすこぶる富む。水の浸透に関する性質は、試料 1 (団粒状構造と共存) の場合は比較的良好であるが、試料 2, 3 (細粒状構造と共存) ははなはだ不良である。

c) 団粒状構造

試 料

1. Prof. No. 9 B_D 型土壌 A₁ 層土 (段戸国有林) 母材: 花崗岩, 土性: 砂質埴土
2. Prof. No. 12 BI 型土壌 A₁ 層土 (段戸国有林) 母材: 花崗岩, 土性: 砂質埴土
3. Prof. No. 82 B_D 型土壌 A₁ 層土 (大代国有林) 母材: 砂岩, 土性: 重埴土
4. Prof. No. 91 B_E 型土壌 A₁ 層土 (高尾山国有林) 母材: 関東ローム, 土性: 砂壤土

各土壌の pF 曲線を第 8 図-C に示す。

団粒状構造の土壌もまた、前 2 構造型と同様に、粗孔隙が多い。しかしこの土壌の pF 曲線は pF 1 以上が直線に近い。すなわち孔隙径の分布が比較的連続的に存在していることを示す。このことはこの構造の特徴の 1 つと考えられる。この構造の土壌はいずれも水の浸透に関する性質が良好である。

d) 堅果状構造

試 料

1. Prof. No. 14 Bc 型土壌 A-B 層 (段戸国有林) 母材: 砂岩, 土性: 砂質埴土
2. Prof. No. 54 Bc 型土壌 A 層 (原町国有林) 母材: 花崗岩, 土性: 軽埴土
3. Prof. No. 79 Bc 型土壌 A₂ 層 (大代国有林) 母材: 砂岩, 土性: 軽埴土

各土壌の pF 曲線を第 8 図-D に示す。

堅果状構造の土壌には粗孔隙が少なく、pF 1.5 付近に少量の孔隙が存在する程度である。

e) カベ状構造 (Massive)

試 料

1. Prof. No. 17 B_D 型 (定積土) A-B 層 (段戸国有林) 母材: 変成岩, 土性: 軽埴土
2. Prof. No. 28 BI 型 (定積土) A 層 (那須国有林) 母材: 火山灰, 土性: 砂壤土
3. Prof. No. 75 BI 型土壌 A-B 層 (中之条国有林) 母材: 火山灰, 土性: 壤土
4. Prof. No. 83 B_D 型土壌 B 層 (大代国有林) 母材: 砂岩, 土性: 軽埴土
5. Prof. No. 79 Bc 型土壌 B 層 (大代国有林) 母材: 砂岩, 土性: 軽埴土

各土壌の pF 曲線を第 8 図-E に示す。

カベ状構造の特徴は粗孔隙のきわめて乏しいことである。このことは pF 曲線によくあらわれている。

第 3 節 団粒分析による団粒径分布および団粒の形状

本邦の森林土壌にしばしば出現する代表的な土壌構造について、その孔隙の状態を pF 曲線によつてあらわしたが、土壌構造はこのほかに、団粒の形状、大きさ、安定度等にもそれぞれ特徴があり、これもまた構造区分の重要な基準となつている。

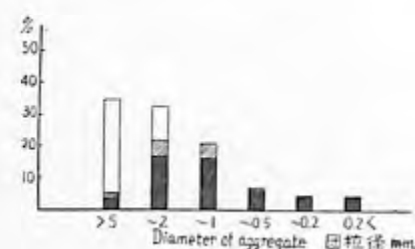
団粒の大きさをあらわすために、団粒分析が広く行なわれており、湿式団粒分析は水中における団粒の安定度をも示すものである。本節では、湿式団粒分析により、前節で孔隙解析を行なつた試料について団粒径分布を測定し、土壌構造を解明する 1 資料とした。

分 析 方 法

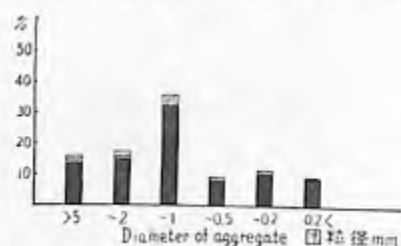
自然状態の土壌約 300 g を水に浸漬して 1 昼夜放置した後、4 組のふるいにわけ、1 分間 15 往復程度の静かな上下運動を約 10 分間与え、試料の水中ふるいわけを行なつた。このときの水温は約 30°C の恒温、また使用したふるいは 5, 2, 1, 0.5, 0.2 mm に相当するメッシュふるいを重ねて 1 組としたものである。ふるいわけされた 6 径級の団粒は、これを構成する粗砂、細砂以下に区分して第 9 図に示す。また Phot. 3 に、各土壌のふるいわけされた団粒の形状を示す。

試 料

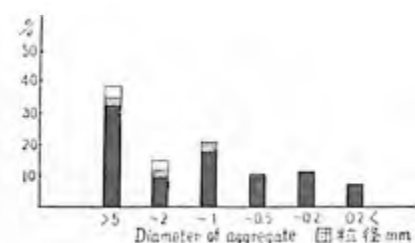
1. 粒状構造 Prof. No. 78 BA~B_D(d) 型土壌 A 層
2. 団粒状構造 Prof. No. 82 B_D 型土壌 A₁ 層



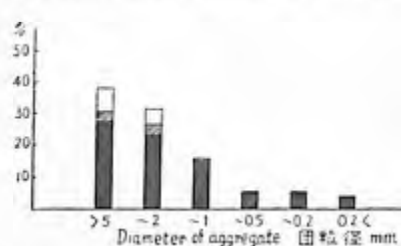
1. 粒状構造
Granular structure (Prof. 78, A-horizon)



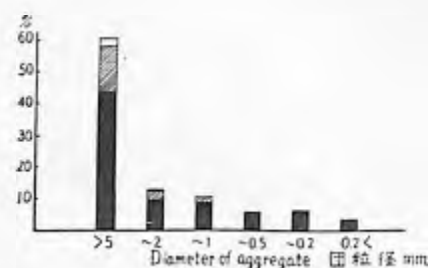
3. 団粒状構造
Crumb structure (Prof. 91, A1-horizon)



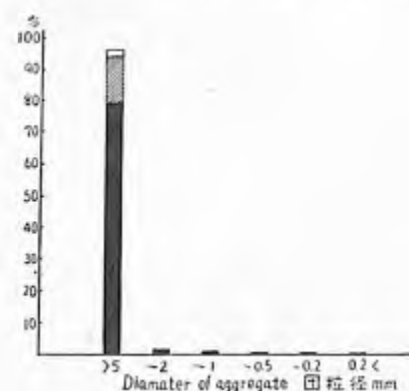
2. 団粒状構造
Crumb structure (Prof. 82, A1-horizon)



4. 堅果状構造
Nutty structure (Prof. 14, A-B horizon)



5. 堅果状構造
Nutty structure (Prof. 79, A2 horizon)



6. カベ状構造
Massive soil (Prof. 17, A-B horizon)

□ 礫 Gravel, ■ 粗砂 Coarse sand, ■ 細砂~粘土 Fine sand~clay

第 9 図 各構造型の土壌の団粒分析
Fig. 9 Aggregate analysis of the soils having various structure

3. 団粒状構造 Prof. No. 91 B₂ 型土壌 A₁ 層
4. 堅果状構造 Prof. No. 14 B_c 型土壌 A-B 層
5. “ Prof. No. 79 B_c 型土壌 A₂ 層
6. カベ状構造 Prof. No. 17 B_d 型土壌 A-B 層

分析結果

粒状構造

第 9 図-1 に示した試料には礫が比較的多いが、細土のかたまり方は、5 mm 以上の粗大な土塊、および 1 mm 以下の団粒が少なく、この間の団粒が 6 割以上を占める。野外で肉眼的に観察される団粒の大きさ

も、2~3 mm 程度のものが多く、これが、この構造の土壌に普通に見られる団粒の大きさと思われる。供試土壌の細土部分の機械的組成は巻末の一覧表に示す。

団粒状構造

この構造には普通 1 mm 前後の団粒が単位として見られるが、なかにはこれにまじつて、かなり大型の



Photo. 3-1 Prof. 78, A1-horizon
粒状構造の形状
Size and shape of aggregate in the granular soil

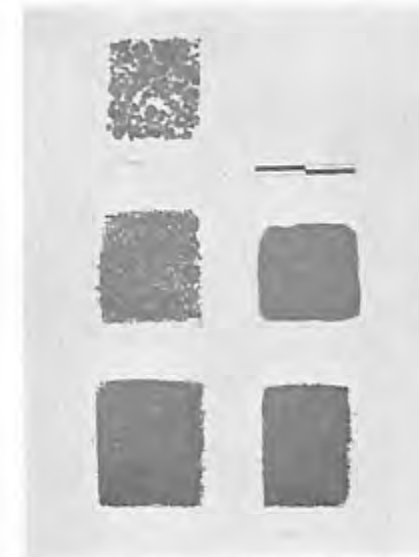


Photo. 3-2 Prof. 82, A1-horizon
団粒状構造の形状
Size and shape of aggregate in the crumb soil



Photo. 3-3 Prof. 14, A-B-horizon
堅果状構造の形状
Size and shape of aggregate in the soil having nutty structure

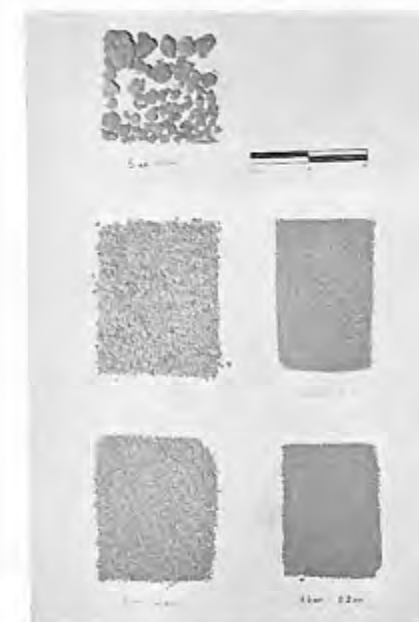


Photo. 3-4 Prof. 79, A2-horizon
堅果状構造の形状
Size and shape of aggregate in the soil having nutty structure



Photo 3-5 Prot. 17, A-B-horizon
カベ状構造の形状[※]
Size and shape of aggregate in the
massive soil

[※] 5 mm 以上の部分は土壌に見えるが、これは試料採取の際にくだけたもので、自然状態では割れ目がはなはだ少ない。

カベ状構造

試料(6)は典型的なカベ状を呈する土壌であり、現地の断面観察では団粒がほとんど見られず、割れ目もなく、密に堆積していたものであるが、土壌試料採取の際にくだいて数 cm の土塊にした。この土塊は水中ふるいわけによつてもほとんど崩壊しないため、5 mm 以下の部分はわずかに 3.6% に過ぎない。

第 4 節 土壌構造に関する考察

本章では吸引法による pF 曲線と湿式団粒分析による団粒の粒径分布とによつて、本邦森林土壌に普遍的に見られる代表的な構造の特徴をあらわした。前者は団粒、土粒の間隙の状態を、後者はおもに団粒の大きさ、形状をあらわすものである。両測定法により、各構造の特徴は次のように考えられる。

粒状、団粒状構造等、団粒化の発達した土壌には、pF 1~2 の水分を保持する孔隙がすくぶる多い。そして、これらの構造の土壌には 5~1 mm の団粒（おおよそ 2~3 mm 程度）が多い。一般に、大きな土粒ほどその間隙は大きくなると考えやすいが、粗孔隙を豊富にし、水、空気の流通をよくする土壌団粒の機能は上記の範囲の団粒によつて果たされていると推察される。このことに関して美國ら（1957）は農耕地土壌の団粒分析を行ない、1 mm 程度の団粒が典型的な団粒機能を果たすという見解を報告している。

なお、同報告の畑地土壌にくらべて、森林土壌の団粒は粗大なものが多く、0.1 mm 以下の分離物がはるかに少ない。このため本実験では 0.2 mm を最小粒径として実験を行なったのである。

カベ状の土壌は、団粒状、粒状構造の土壌と著しく異なり、5 mm 以下がほとんど存在しない。そして、

団塊または土塊が存在することもしばしば見られる。そこで、大型団粒の比較的少ない試料(2)とこれの多い試料(3)の団粒分析を示した。両土壌は第 8 図-3 の pF 曲線で見られるように、孔隙の状態にはそれほど大きな相違はないが、団粒の大きさはかなり異なり、試料(2)は(3)より 5 mm 以上のかたまりがはるかに多い。5 mm 以下の団粒については、両土壌に共通して、1~2 mm の団粒が多い。またこの構造の土壌は他の構造に比べると、各粒径の団粒が比較的そろっているといえることができる。

堅果状構造

この構造の土壌にも 1 cm 前後の大型のものと、比較的細かいものが野外の形態調査の際よく見られる。第 9 図に示した試料(4)は細かい団粒の多い構造、(5)は大型のものである。両土壌とも 5 mm 以上の部分が多く、1 mm 以下は少ない。両土壌の相違は 5~2 mm の団粒にあらわれており、試料(5)は(4)よりこの大きさの団粒が著しく少ない。

pF 曲線もこの構造の土壌に粗孔隙がはなはだ乏しいことを示している。

堅果状構造は多角形の土塊が、あたかも割れてできたように、互いに密着している。このため、土塊相互の間隙に乏しい。このことは pF 曲線によくあらわれている。この構造の団粒径分布は、団粒状、粒状構造と、カベ状との中間的な性質を示し、同様のことが粗孔隙量にも見られる。なお、団粒分析の試料(4)（細かい堅果状構造）の団粒分布は粒状構造の試料(1)と似ているが、粗孔隙の状態は著しく異なる。また、堅果状構造の試料(4)、(5)は団粒径分布に相違はあつても、孔隙の状態は類似している。同様のことが団粒状構造の 2 試料にもいえる。

このように、団粒、土塊の大きさでは土壌の孔隙状態を判断することはできない。第 1 節の関係式(13)は、形状の一定した粒子が規則的に配列していなければならぬ。土壌構造の区分は主として団粒の大きさ、形状を基準としているが、土壌機能をあらわすためには、団粒相互の間隙状態を十分に表現するような区分基準が必要である。さらに、団粒、土塊の表面の性質、特に水の浸透に関する性質を考慮すれば、構造の性格はかなりよく標示することができよう。このことについては次の第 3 章で考究する。

第 3 章 森林土壌の透水性

第 1 節 土壌水の運動、特に浸透に関する基本概念

土壌中を水が移動する場合、次の 3 形式が考えられている。

- 1) 蒸気相としての移動
- 2) 液相としての移動
 - a) 毛管張力による移動
 - b) 重力による移動

これらの移動形式は土壌の水湿状態により異なり、pF 4, 2.7, 1.7 がそれぞれ移動の変換点に相当することは第 1 章で考察された。

降雨等により土壌表面に水が与えられたとき、水は重力および毛管張力によつて土壌中にはいる。この現象は浸透と呼ばれている。

多量の水が浸入した場合、土壌表面は過飽和となり一部の水は非毛管孔隙をとおり、重力により下向へ移動する。土壌が pF 1.7 の水分状態にまで減ずると重力移動はおそくなり、それ以後はかわいた方へ毛管張力によつて移動する。この移動も土壌が pF 2.7 まで脱水されると著しくおそくなる。このほか、植物の根も土壌から水を奪い、根系領域の土壌はさらに脱水されて pF 4 付近に達する。これ以上の脱水は水分の蒸発の形でおこる。

浸透に関する土壌の性質は前章でふれたように、土壌の構造、孔隙の性状と関係があり、土壌の性質を解明する手段の 1 つとなることが予想される。本章ではこのうち、重力による移動——透水——について考究した。

毛管張力による移動

この移動は一般に未飽和水分状態における土壌中の水分移動に適用される。毛管作用をあらわす等式(9)は有名であり、前章でも述べたように、土壌の水分保持能に適用された。毛管移動に関して、この式は自由水面からの水分上昇距離の解明に適用されるが（この場合の h は水分上昇高をあらわす）、しかし必

ずしも移動速度の解明には適用されない。この問題に関しては未解決の点が多く、基本となるべき取り扱い方がまだ明示されているとはいえない。

古くは BUCKINGHAM (1907) により、次のような基本方程式がつけられた。

$$v = -k \frac{\partial \psi}{\partial x} \dots\dots\dots (14)$$

ただし、 v : 毛管移動速度、 ψ : 毛管ポテンシャル、 $\partial \psi / \partial x$ は x 方向の ψ の変化の割合 (ポテンシャル勾配) k : 比例常数 (毛管伝導係数)

すなわち、移動速度は毛管ポテンシャル勾配に比例する。そして、比例常数 k は土壤の構造、組織、孔隙の状態に支配される係数であり、この係数によつて土壤の理学的性質を標示することができると考えたのである。

毛管ポテンシャルは pF 値のもとになる概念で、 pF 値と同様、土壤の水分状態によつて変化する。DON KIRKHAM ら (1949) の方程式 (14) に対する批判を引用すると、比例常数 k もまた土壤の水分状態に強く影響されることが認められているから、この方程式ははなはだとり扱い難いものとなる。かれらはまた、長い管に土壤をつめ、一端から水を与えて土壤のぬれていく速度を測り、この移動に拡散説の適用を試みたが、必ずしも実験結果はこれにあてはまるとはいえない。

大政・真下 (1957) の行なつた土壤の水分吸収に関する実験は、1 条件下における毛管移動速度の標示にほかならない。これによると、風乾土の水分吸収速度は土壤の粒径に反比例し、あたかも毛管張力に比例して水分移動が速くなるかに見えた。ただし、この測定は、土壤を厚さ 4~5 mm 程度の薄い層にし、水の浸透による土壤の体積増加、土壤中の空気の排出が容易におこなわれる条件のもとにおこなわれたものである。

この実験はまた、土壤の水分状態が異なれば水分吸収の速度も著しく異なり、両者の関係は土壤の種類 (土壤型) により 2 つに区分されることを示した。すなわち、一般に土壤はかわいた状態では水分の吸収がすみやかであるが、湿つた状態になるほどおそくなる。この傾向を持つ土壤は B 層、C 層および B_D 型、B_E 型、B_F 型土壤等、水分の供給に比較的めづまれた環境下に生成され、粗腐植の生成の少ない土壤の A 層である。これに対して、B_A 型、B_B 型、P_{DM} 型土壤等の A 層は pF 3~4 以上に乾燥すると、水分吸収が極端におそくなる。このような土壤の性質は、その原因についてまだ十分な解明を行なっていないが、土壤の透水性にも重大な影響を与える。このことについては本章で考究する。

重力による移動

土壤の保水能力以上に水が供給された場合、過剰水は土壤を透過して下向へ移動し、地下水に達する。この場合の水の移動は主として重力による。重力移動は一般に、飽水状態における水の運動に適用され、その速度は一定土層を一定水頭のもとに透過する速度で標示し、透水速度と呼ばれる。これに関して、DARCY (1856) の提示した基本法則は次式によつてあらわされる。

$$v = k \frac{h}{l} \dots\dots\dots (15)$$

ただし、 v : 透水速度、 h : 水頭 (水圧)、 l : 土層の厚さ、 k : 比例常数 (透水性)

この関係において h , l を一定にし、 v を測定すれば、土壤の透水性 (k) を比較することができる。

土壤の理学的性質と透水性との関係については古くから、しばしば研究が行なわれた。一般概念から、粘土質、密な土層の透水は悪く、砂礫質、粗孔隙の多い土層は良好であることが容易に想像されるで

あろう。

透水性は土壤の排水、換気に関する機能をつかさどる土壤構造の指標となるものであり、土壤の理学的性質のうちでは、特に重要なものの 1 つである。透水性の不良な土壤には良好な林木の成長を期待できない。筆者が各地で行なつた土壤調査の際、このような実例はしばしば見うけられ、すでに (1956) 報告した段戸国有林の定植土におけるヒノキの成長もこの一例である。

スギ、ヒノキの成長に関する土壤の性質の研究は第 2 篇にとりまとめたが、そのなかで、土壤の透水性が造林木の成長と最も密接な関係を示すことが認められる。このため、透水性の解明には特に考慮を払い、土壤の理学的諸性質との関係、土壤構造との関係等を求めた。

第 2 節 透水速度の測定

測定方法

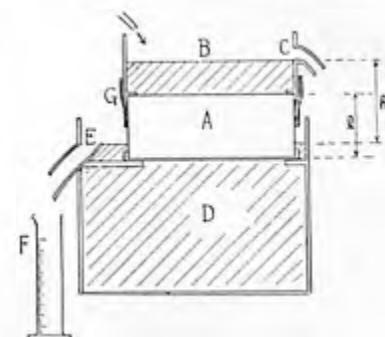
採土円筒を用い採取した自然状態の土壤を、常法に従い 1 昼夜水に浸漬して飽水させたのち、第 10 図に示す透水装置に移して、水そう (D) に下端 1 cm を没する。円筒試料の上面に、側孔のある円筒 (B) をかぶせ、つなぎ目をゴム輪 (G) でおさえる。(B) 内に水道水を注ぐ、(B) 内の水位は試料の上面より 2 cm に保たれ、余剰の水は側孔 (C) から排除される。試料を透過した水は水そう (D) にはいり、側孔 (E) からあふれ出る。これをメスシリンダー (F) で測定する。

透水が始まつてから 5 分後に透水量 (cc/min) を測り、透水速度とした。

筆者をはじめ、透水速度の時間的变化を知るため、透水が始まつてから 1 分、5 分、15 分、30 分後の透水速度を測り、これによつて土壤構造の安定度を考察しようと試みた。もし土壤構造が不安定であれば、透水によつて団粒の崩壊、孔隙の変化がおこり、透水速度は変化するであろうと想像したのである。しかしながら、一定時間内の透水量は土壤によつてかなり相違があることおよび、土壤構造の変化は透水速度を小さくするものと大きくするものがあり、同一の土壤でも必ずしも一定の傾向を示さないこと等により、上記の試みは良好な結果を得なかつた。なお、最初のおう出量には不安定な場合があるので、5 分後の透水量を採つて、各土壤の透水速度を比較したのである。

透水実験には常に側壁の間隙誤差 (side error) が問題になり、この誤差を小さくするための測定法、装置も示されている¹⁰⁾。特に小型の試料を使用する場所の誤差が大きくなる。筆者の使用した採土円筒は小型に過ぎるきらいはあるが、現行林野土壤調査に広く使用されており、また pF 曲線による孔隙解析もこの円筒試料を用いたので、これらの結果と対比するため、透水性の測定に同試料を使用した。

ただし、試料の採取はていねいに行ない、土壤と円筒壁との間隙はなるべく少なくなるように努力した。また、輸送中の振動による間隙あるいは昆虫、腐朽根等によるぬけ穴にはパラフィンで充てんした。



A: 円筒試料 (4 cm × 100 cm²)
Soil core
B: 土壤に供給される水分の定水面
Constant level of supplied water
F: メスシリンダー Mess cylinder
h: 水圧 Water head = 5 cm
l: 土壤の厚さ Thickness of soil = 4 cm

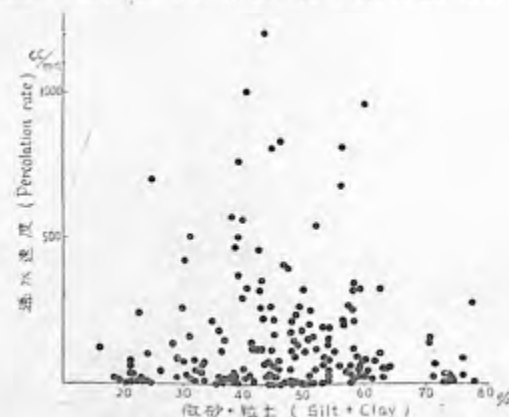
第 10 図 透水性測定装置
Fig. 10 Apparatus for measuring the permeability of soil

なお、筆者の観察では土壌が飽水したときの体積の膨脹によつて円筒壁との間隙は存外小さくなり、これによる透水量の増加は予想したほど大きくはないと考えられた。

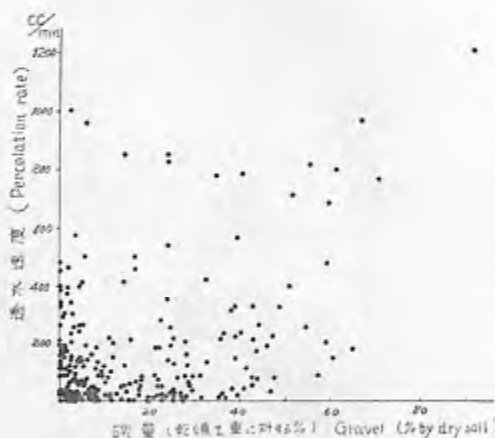
第 3 節 透水性に関する土壌因子

I 土壌の機械的組成と透水性

土壌の機械的組成を国際法に従つて分析し、土性を微砂、粘土含量(%)であらわした。



第 11 図-A 土性と透水性との関係
Fig. 11-A Relation between the percolation rate and Silt+Clay in soil



第 11 図-B 礫含有量と透水速度との関係
Fig. 11-B Relation between the percolation rate and the content of gravel in soil

第 6 表-A 透水性と礫含有量
Table 6-A Relation between the soil permeability and the content of gravel

透 水 速 度 Percolation rate cc/min	礫 含 有 量 Content of gravel (%)		
	0~5	5~25	25<
300<	16	11	17
100~300	31	23	23
30~100	26	32	15
0~30	32	27	13

247 試料について、透水速度と微砂+粘土との関係を第 11 図-A に示す。

一般的概念では、砂質の土壌は透水がよく、埴質土壌ほど難透水性を示すと考えられやすいが、本実験の結果ではそのような傾向は見られない。両者の間には次のような傾向がわずかに認められる。

難透水性の土壌はほとんど土性と関係を示さず、細かい土性の土壌にもまたあらい土壌にもほぼ均等に見られる。しかし、易透水性の土壌は微砂、粘土含量 40~50% に多くあつまり、これ以上、あるいはこれ以下の土性の土壌にはあまり存在しない。

II 礫含有量と透水性

円筒試料中に含まれる礫量(径 2 mm 以上)を次のようにしてあらわし、透水性との関係を第 11 図-B に示す。

礫量: 礫% = 礫重量/乾燥土壌重 × 100

試料数は 266 である。

両者の間には定量的な関係は認め難いが、しいていえば、礫の乏しい土壌には難透水性のものが多く、易透水性土壌は礫含有量とあまり関係しない。

全試料を次のように区分すれば、各区分にはいる試料数から上記の傾向がうかがわれる。

礫にすこぶる富むないし石礫土(礫量 50% 以上)は採集試料数が少ないため、その傾向は確かではないが、透水のすこぶる速いものが多い。なお、5 cm 以上の石礫の累積地では透水がきわめて速いと思われるが、円筒試料の採取が困難であるため、測定を行なわなかつた。

III 土壌の全孔隙量と透水性

土壌の全孔隙量を次のようにしてあらわし、透水性との関係を第 11 図-C に示す。

全孔隙量(%)

$$= \frac{\text{採土円筒容積} - \text{土壌の固体部分の体積}}{\text{採土円筒容積}} \times 100$$

試料数は前と同じく 266 である。

大多数の土壌は全孔隙量 60~85% に集まり、透水性との関係は認められない。

IV 土壌の最小容気量と透水性

土壌の最小容気量を次のようにしてあらわし、透水性との関係を第 11 図-D に示す。

$$\text{最小容気量}(\%) = \frac{\text{円筒容積} - (\text{土壌の固体部分の体積} + \text{飽水時の水分量})}{\text{円筒容積}} \times 100$$

試料数 266 のうち、6 試料の最小容気量はマイナスになった。理論的にはこのようなことはあり得ないが、実際には飽水に伴う土壌の体積増加が考えられ、この増加量が残存空気量より大きい場合は最小容気量はマイナスになる。このほか固体部分の体積、水分量等の測定誤差も原因となるであろう。

透水性との関係はそれほど顕著とはいえないが、次のような傾向が見られる。最小容気量の小さい土壌には難透水性のものが多く、また、乾性土壌の A 層を除けば、最小容気量の大きい土壌は易透水性を示すといえる。

BA 型、BB 型等乾性土壌の A 層には最小容気量のすこぶる大きいにもかかわらずはなはだ難透水性を示す土壌がある。これらを第 11 図-D では×印であらわした。

全試料を次のように区分すれば、各区分にはいる試料数から、上記の傾向は比較的明らかに示される。

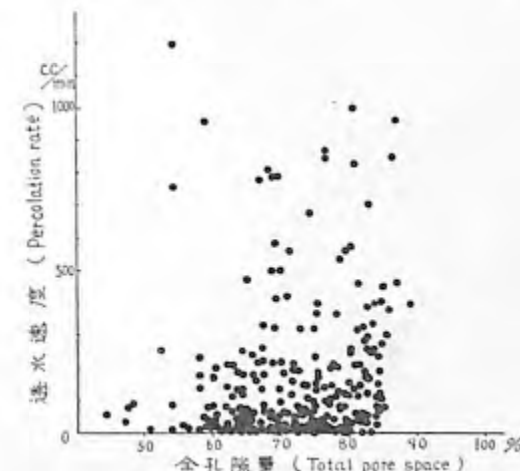
第 6 表-B 透水性と最小容気量

Table 6-B Relation between the soil permeability and the minimum air capacity of soil

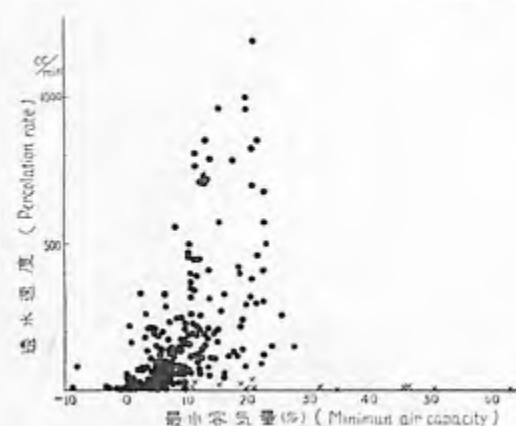
透 水 速 度 Percolation rate cc/min	最 小 容 気 量 Minimum air capacity		
	<5%	5~10%	10%<
300<	1	2	40
100~300	10	24	42
30~100	18	37	10 (1)*
0~30	45	23	2 (12)*

* BA 型、BB 等乾性土壌の A 層

A-horizon of the dry brown forest soil such as BA- and BB-soil

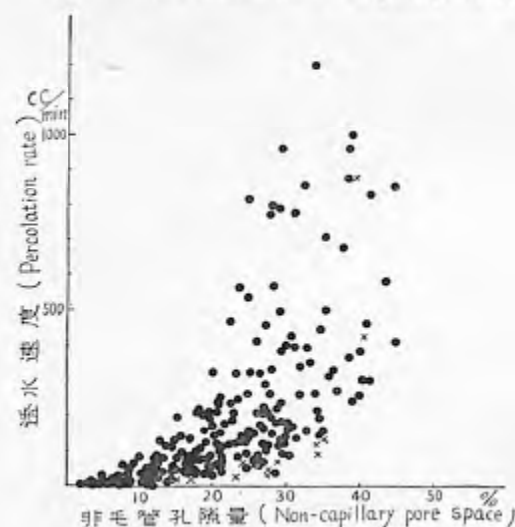


第 11 図-C 全孔隙量と透水性との関係
Fig. 11-C Relation between the percolation rate and the total pore space in soil



× BA 型, BB 型等乾性土壌の A 層
A-horizon of the dry brown forest soil such as BA- and BB-soil

第 11 図-D 土壌の最小容気量と透水速度との関係
Fig. 11-D Relation between the percolation rate and the minimum air capacity of soil



× BA 型, BB 型土壌等乾性土壌の A 層 (完全飽水状態)
A-horizon of the dry brown forest soil such as BA- and BB-soil (in fully saturated condition)

第 11 図-E 土壌の非毛管孔隙量と透水速度との関係
Fig. 11-E Relation between the percolation rate and the non capillary pore space in soil

しい。このため著しく難透水性を示す。このほか、Prof. 52 BA 型土壌の A 層は砂土、粗孔隙にすこぶる富み、すこぶる難透水性を示す。このほか、Prof. 52 BA 型土壌の A 層は砂土、粗孔隙にすこぶる富み、すこぶる難透水性を示す。このほか、Prof. 52 BA 型土壌の A 層は砂土、粗孔隙にすこぶる富み、すこぶる難透水性を示す。

礫量との関係についても、上記とほぼ同様に、構造、礫の堆積状態が重要な問題となる。礫に乏しく、透水の速い 19 試料のうち、13 は団粒状構造、6 は団粒および粒状構造のよく発達した土壌である。また礫にすこぶる富むない石礫土 10 試料のうち 8 は Be 型、Bd 型崩積土であり、礫は疎に堆積している。

V 土壌の非毛管孔隙量と透水性

土壌の全孔隙量から pF 7~1.7 の水分量を除いた残りを非毛管孔隙量とし、土壌の体積に対する % であらわした。

非毛管孔隙量(%)

$$\frac{\text{円筒容積} - (\text{土壌の固体部分の体積} + \text{pF } 7 \sim 1.7 \text{ の水分量})}{\text{円筒容積}} \times 100$$

266 試料について非毛管孔隙量と透水速度との関係を第 11 図-E に示す。この関係は第 11 図 A~D に示した諸因子の関係よりはるかに密接である。それでもなお、同一の透水性を示す土壌の非毛管孔隙量にはかなりの幅が見られる。

第 4 節 考 察

I 透水性と土壌の機械的組成、礫含有量との関係に関する考察

土壌の透水性とこれに関与すると想定される諸因子との関係を求めた結果、透水性は土壌の非毛管孔隙量と最も密接に関係することが認められた。従来、透水性の支配的因子には土性があげられており、筆者もこれを予想したのであるが、実験の結果は、土性、礫量がそれほど密接に関係していないことを示した。この理由を考えるために、2, 3 の例を引くと、Prof. 82 Bb 型土壌 A₁ 層は重塩土であるが、団粒状構造がよく発達し、粗鬆で、粗孔隙に富む、この土壌の透水性が良好であるのはこのような構造、孔隙状態のためと推定される。これに対して Prof. 61 Bf 型土壌 (定積土) の A-B 層は砂壤土であるが、カベ状構造を呈し、粗孔隙に乏

透水は著しく早い。他の 2 試料は残積土であり、礫の間隙は比較的密で、しかもこの間隙を微細粒子が充てんしているため、透水性は比較的不良である。

これらの例から考えても、透水性に直接的な影響を及ぼすものは、団粒の発達状態、その形状、土壌表面の性質等、土壌構造であることが知れよう。ただし、土性は団粒形成に関与する重要な因子の 1 つと考えられている。第 11 図-A に示したように、易透水性の土壌はその土性が微砂、粘土含量 40~50% 付近に集まる傾向がある。このことは、この付近の土性が団粒形成に適していることを示す 1 つの示唆と解釈することもできよう。

II 透水性と土壌の孔隙に関する考察

有効孔隙

孔隙に富む土壌では水分の透過が容易におこなわれる。そして、このことはごく普通に考えられている。ただし、この孔隙については、2, 3 の考慮を払わなければならない。土壌の孔隙をあらわす方法として、従来、最も簡単な、全孔隙量による標示が広く行なわれている。ZUNKER (1930) によれば、全孔隙量によつて透水性をあらわそうとする試みが古くから行なわれていて、その多くは $\frac{p}{(1-p)^2}$, $\left(\frac{p}{1-p}\right)^2$, $\frac{p^2}{(1-p)^2}$ 等を函数としたものである。ここに p は全孔隙量、(1-p) は固体部分の体積に相当する。

しかし、第 11 図-C に示した筆者の測定結果では、透水性は全孔隙量あるいは固体部分の体積 (100-p%) で標示することは困難である。なぜならば、全孔隙量の大半は水で満たされており、このうち pF 値の高い部分の水分は自由エネルギーを失つており、強い力を与えて離脱させなければ動くことはできない。このような水分で占められた孔隙は水の重力移動に対して有効な孔隙とは考えられない。

ZUNKER (1930) は有効孔隙を次のようにしてあらわした。

$$p_{01} = p - \frac{W_h + l_g}{100} (1-p) \cdot S \quad \dots \dots \dots (16)$$

p_{01} : 有効孔隙量, W_h : 吸湿係数, l_g : 乾土 100 g 中の空気量 (飽水時), p : 全孔隙量, S : 土壌の真比重

そして、この有効孔隙と透水性との関係を次式で示した。

$$k = \frac{\mu}{\eta} \left(\frac{p_{01}}{1-p} \right)^2 \frac{1}{U^2} \quad \dots \dots \dots (17)$$

k : 透水性, η : 水の粘度, μ : 土粒の形状による値, U : 固体の比表面積

有効孔隙の標示に関する ZUNKER の “Spannungs- und luftfreies Porenvolumen” の概念は適正であると思われるが、土壌孔隙のうち、水分移動に強い抵抗を示す部分は吸湿係数だけではあらわせないであろう。筆者の実験では、これよりはるかに低い pF 値の水分を多量に含む土壌でも透水性は著しく乏しいものもあつた。この例はカベ状土壌の大部分に見られる。

また、飽水状態の土壌に残存する空気量にも、その内容について 2, 3 の考慮を払わなければならない。

最小容気量

最小容気量は飽水時の土壌に残存する空気量を意味する。このような空隙は一般に透水に対して無効な孔隙と考えられているが、空隙の内容によつては必ずしも無効ではなく、むしろ透水を著しく速くすることも考えられる。空隙の内容は次の 3 つに区分されよう。

① 外部と連絡していない空隙

この空隙は水の透過に全く無効である。ごく微細な毛管で連絡しているもの、袋状、あるいはくびれを持つ空隙もこれに属し、飽水時この空隙内に空気が封入されることがよくおこる。封入された気は水も透水の妨げとなろう。Prof. 107, 109 の Vs 層は最小容気量に富むが透水は不良である。これらは浮石を多量に含んでおり、その空隙は①の典型的なものといえる。

② 粗大な空隙

崩壊、石礫土に見られる粗大な隙間隙は、飽水時重力に抗して水を保持できない。このような粗大空隙は大型団粒のよく発達した粗鬆な土壌にも見られ、水の透過はきわめて速い。Prof. 72, 73, 87 等はそのよい例で、非毛管空隙量はそれほど多くはないが透水はすこぶる速い。

③ 土粒表面の疎水性により水の浸入を妨げている空隙

BA 型、Bb 型土壌等乾性土壌の表層はぬれにくい性質を示し、水に浸漬しても水がはいらない空隙が多量に存在する。この空隙は Prof. 52, 117 等 BA 型土壌 Am 層に典型的に示される。第 11 図-D に×印で示した土壌はいずれもこの空隙を多く含む。そして、これらの土壌は最小容気量がいかに多くとも透水はきわめておそい。

非毛管空隙量

BAVER (1948) によれば、非毛管空隙の概念のおこりは遠く SCHUMACHER (1864) にさかのぼる。そしてこの空隙量は容気量と同じ内容に使われてきた。

この空隙は強い毛管張力を示さないものであり、この中の水は重力によりすみやかに排除され、圃場では常時空隙となつている空隙と解釈すれば筆者の測定した現地水湿状態 (第 1 章, 第 2 節) から、この空隙は pF 1.7 以下の水分を含む空隙と考えられる。

BAVER (1938) は、自然状態の土壌の pF 曲線 (pF 2.5~0) にあらわれる変曲点から pF 0 までの水分量で非毛管空隙量をあらわした。彼の測定した十数種の土壌では、変曲点の pF 値は 1.5 ないし 2.6 を示し、pF 1.7 付近のものが多く、さらに BAYER は透水性を次のような空隙係数の函数として示した。この関係は同報告でははなはだ密接である。

$$\text{透水性} = f \frac{\text{非毛管空隙量}}{\text{変曲点の pF 値}} \\ = f (\text{空隙係数})$$

BENDIXON ら (1948) は飽水状態の土壌から 60 cm の水圧差で抽出される水分量 (pF 1.8~0 に相当する) と透水性とが密接に関係することを報告した。最近この “60 cm-tension” の水分量が土壌の水分恒数としてよく使われるようになっていく。

筆者も pF 1.7~0 の水分量と透水性との関係を求めたところ、この関係はかなり密接ではあつたが、第 11 図-E に示した空隙量すなわち (全空隙量) - (pF 7~1.7 の水分量) の方が透水性とより密接に関係することが認められた。そこで後者を非毛管空隙量と見なしたのである。

このようにしてあらわした空隙量には、最小容気量が含まれ、そのうちには①に相当する空隙が含まれるから、必ずしも透水に有効な空隙をあらわす最良の方法とはいえないが、石礫土、団粒のよく発達した土壌等、粗大な空隙の多い土壌の有効空隙をあらわすには適する。

このほか空隙の形状、空隙径の分布、土粒表面の性質等が透水性に影響するおもな因子と考えられる。これらは土壌構造に付随した性質である。したがって透水性は土壌構造を解明する手段の 1 つとなる。

第 5 節 透水性と土壌構造

土壌の透水性は非毛管空隙量とかなり密接な関係を持つことが認められたが、しかし同一の非毛管空隙量をもつ土壌でも透水性にはかなり大きな相違 (幅) がある。前記したように、この相違は空隙の形状、空隙径の分布、土粒の表面の性質等土壌構造の相違に基づくものと解釈される。それゆえ、空隙量と透水性とを対比すれば、その土壌の構造の特徴が示されるであろう。

本節には各土壌型別に、透水性と空隙量とを示し、その土壌の構造について考察する。

1 BA 型土壌 (細粒状構造)

BA 型土壌は A 層、ときには B 層深くまで細粒状構造が発達しており、粗鬆、粗空隙に富む土壌が多い。しかしこの空隙は、第 11 図-D に見られるように、ほとんど水を透過させない。このような特異な性質は土粒表面の疎水性 (ぬれ難い性質) によることが予想された。

もし土粒の表面を水で被覆すれば、この土壌の吸水性は良くなり、十分に飽水する。そしてこの状態では透水も著しく速くなる。このことは次の実験から明らかに認められる。

実 験

A (常法) 採土円筒試料を、常法どおり 24 時間水に浸漬し、このときの吸収水分量および透水速度を測定した。

B (完全飽水処理法) 常法による透水性測定後、温アルコール水 (50%) を噴霧器で試料の上面に散布し、土壌をうるおしてから 24 時間水に浸漬し、このときの水分吸収量および透水速度を測定した。

両法による測定値を第 7 表-A に示す。

第 7 表-A BA 型土壌の透水性
(完全飽水処理による透水性の変化)

Table 7-A. Permeability of BA-soil as influenced by a treatment of saturation

断面 番号 Prof. No.	層位 Hori- zon	採取時の状態 In field condition		A 常法による飽水 Usual saturation			B 完全飽水 Fully saturation by a treatment		
		空気量 Air in soil (Vol. %)	水湿状態 Moistness pF	吸水量 Water absorbed (Vol. %)	空気量 Air in soil (Vol. %)	透水速度 Percola- tion rate cc/min	吸水量 Water absorbed (Vol. %)	空気量 Air in soil (Vol. %)	透水速度 Percola- tion rate cc/min
52	A	61.3	3.5	1.0	60.3	0.4	49.0	12.3	420
	B	54.1	2.9	7.5	46.6	16	38.3	15.8	870
78	A	48.5	3.8	2.2	46.3	0.0	32.2	16.3	113
	B	26.7	2.9	6.8	19.9	13	22.8	3.9	43
117	A	51.0	3.6	4.0	47.0	0.1	44.8	6.2	112
	B	29.7	2.6	17.9	11.8	34	18.9	10.8	39

A: Usual saturation: The samples were moistened from the bottom for about 24 hours.

B: Fully saturation: Hot alcohol-water (1:1) was sprayed on the samples before the usual moistening.

各土壌とも、その A 層は採取時、はなはだ乾燥しており、空気量が著しく多いが、常法どおり 24 時間水に浸漬してもほとんど水分を吸収しないため、最小容気量はすこぶる大きい。そして、第 7 表-A の A (常法) に見られるように、透水速度は 0 に近い。しかし、温アルコール水を散布して土壌をしめらせてから飽水させればかなりよく水を吸収する。このように十分飽水した状態で透水性を測定すればかなり大

きな値をうる。なお、Prof. 78, 117 の B 層には細粒状構造があまり発達していない。そして、このような処理によつてもそれほど透水性は変化しない。

吸水性の乏しい土壌を十分に飽水させるには上記のほか、試料を蒸す方法が用いられる。この方法では、水蒸気が土粒の表面に凝縮し、土粒は水で被覆される。これを水に浸漬すれば容易に飽水する。この方法による飽水分量はアルコール水散布法にくらべて、わずかではあるが低い値をうる傾向がある。もちろん、いかに注意深く土壌を飽水させても、多少の空気が残存することはまぬがれない。

II Bb 型土壌 (粒状構造)

前記の Ba 型土壌と同様に、孔隙量と透水性およびアルコール水散布による処理後の変化について第 7 表-B に示し Bb 型土壌の構造の性質を考察した。

第 7 表-B Bb 型土壌の透水性

Table 7-B. Permeability of Bb-soil

断面番号 Prof. No.	層位 Horizon	採取時の状態 In field condition		A 常法による飽水 Usual saturation			B 完全飽水 Fully saturation by a treatment		
		空気量 Air in soil (Vol. %)	水湿状態 Moistness pF	吸水量 Water absorbed (Vol. %)	空気量 Air in soil (Vol. %)	透水速度 Percolation rate cc/min	吸水量 Water absorbed (Vol. %)	空気量 Air in soil (Vol. %)	透水速度 Percolation rate cc/min
68	A	48.7	2.9	13.7	35.0	4	47.0	1.7	64
	B	38.4	2.7	26.8	11.6	62	28.8	9.6	60
69	A	46.3	2.9	14.0	32.3	13	40.2	6.1	125
	B	22.4	2.6	19.5	2.9	24	20.5	1.9	30

Bb 型土壌の A 層は前記 Ba 型土壌の A 層とよく似た透水性を示すが、Ba 型ほど極端ではない。すなわち、第 7 表-B に示されるように、採取時はやや乾燥しており、常法による水分吸収量は少なく、透水性も不良である。アルコール水散布処理によつて十分に飽水し、透水性も高められる。

土壌の疎水性による空隙 (最小容気量のうち③の空隙に相当する) は A (常法による飽水状態) の空気量と B (アルコール処理法) の空気量との差であらわされる。Bb 型 A 層土壌におけるこの空隙は Ba 型より少ない。

B 層はカベ状に近く、特別に構造が発達していない。そして疎水性も見られず、アルコール散布処理による変化もほとんど認められない。

III Bc 型, Bd(d) 型, Bl(d) 型土壌 (粒状および堅果状構造)

Bc 型土壌の A 層, A-B 層には主として堅果状構造, Bd(d) 型, Bl(d) 型土壌の A 層には粒状, 堅果状構造が形成されている。これらの土壌の A 層は、第 3 表に示したように、その採取時水湿状態は pF 2.5 付近にあつまり、弱乾性の土壌と考えられる。

採取試料のうちから、各土壌型の代表的土壌 4~5 を選び、透水速度と空隙量 (採取時の空気量, 非毛管孔隙量, 最小容気量) とを第 8 表に示す。

Bc 型土壌に見られる堅果状構造の土壌には非毛管孔隙が比較的少ない。このことは第 8 図-4 に示した pF 曲線からも認められた。したがって透水速度は小さい。

粒状構造の発達した土壌は、第 8 表-B, C に見られるとおり、非毛管孔隙に富む。しかしその透水性には良好な土壌と不良なものが見られる。非毛管孔隙量 27.2~41.0% の土壌 10 のうち、4 土壌は透水性がきわめておそく、5 土壌はかなり速い。難透水性の土壌に共通して見られることは、採取時の水湿

第 8 表 Bc 型, Bd(d) 型, Bl(d) 型土壌の透水性と空隙量

Table 8. Permeability and the pore space of Bc-, Bd(d)- and Bl(d)-soil

A. Bc 型土壌

断面番号 Prof. No.	層位 Horizon	構 造 Structure	採 取 時 In field		最小容気量 Minimum air capacity %	非毛管孔隙 Non-capil- lary pore %	透水速度 Percolation rate cc/min
			空 気 Air %	水 分 Moistness pF			
14	A ₂ A-B	Nu., (Gr.) Nu.	21.5	2.3	7.2	11.8	75
			20.8	2.2	6.8	17.2	45
53	A B	Nu., Gr. Nu.	29.0	2.7	21.0	17.0*	4
			28.3	2.3	6.6	17.6	34
79	A ₂ B	Nu. Ms.	26.5	2.8	10.7	15.5	13
			11.7	2.6	4.7	8.5	13
94	A A-B	Nu. —	15.2	2.3	4.7	12.2	87
			19.5	2.3	9.7	16.2	54

B. Bd(d) 型土壌 Bd(d)-soil

70	A ₂ A ₂	Gr., (Cr.) —	42.9	2.6	23.1	35.0	125
			17.3	2.4	3.1	10.3	24
80	A B	Gr. Ms.	37.9	2.7	15.9	27.4	24
			6.3	2.3	1.2	3.2	7
88	A B	Nu., Gr. —	15.5	2.1	5.0	14.5	110
			20.6	2.2	4.1	14.7	135
97	A B	Gr. —	32.5	2.5	20.7	27.2	39
			29.8	2.3	1.6	14.8	40
103	A B	Gr. Ms.	30.8	2.7	16.3	25.5	50
			10.0	2.0	-0.5	7.0	15

C. Bl(d) 型土壌 Bl(d)-soil

34	A B	Gr., (Cr.) Ms.	35.9	2.4	10.7	27.9	195
			18.9	2.1	6.4	15.4	25
36	A B	Gr., (Cr.) —	49.7	2.5	12.2	34.5	450
			23.2	2.2	7.8	17.5	40
59	A B	Gr. Ms.	38.4	2.6	18.8	28.3	26
			27.2	2.3	9.2	18.9	28
60	A B	Gr. Gr.	38.9	2.2	21.3	31.7	340
			38.8	2.0	15.5	34.3	208
74	A B	Gr. —	49.8	2.2	21.8	41.0	465
			30.0	2.2	11.2	24.2	97

* アルコール水散布処理による値 Pretreated with hot alcohol-water

構造 Structure:—Nu.: 堅果状 Nutty, Gr.: 粒状 Granular, Cr.: 団粒状 Crumb, Ms.: カベ状 Massive, —: 特別な構造が発達していない Structureless

状態が pF 2.5 以上に乾燥していたことである。

粗孔隙に富み、しかも難透水性を示すことは Ba, Bb 型等乾燥土壌の A 層に共通して見られる性質であり、その理由として土粒表面のぬれ難い性質が考えられたが、弱乾性土壌の A 層にもこの性質が若干認められ、そしてそれは pF 2.5 以上に乾燥した状態のときあらわれる。土壌の収縮および吸収板による土壌

水の移動の実験では、第 4 表、第 5 図に示したように、pF 2.5 以上に乾燥すれば、土粒間隔の水分は失われ、さらに乾燥すれば、土壌が収縮をおこすことから、土粒を被覆する水分の消失がはじまる点は pF 2.5 付近の水分状態にあると考えられた。そして、このことは水の浸透に関する土粒表面の性質があらわれる水分状態ともほぼ一致する。

IV B_D 型、B_E 型、B_I(Cr.) 型土壌 (団粒状構造)

団粒状構造は一般に、B_D 型、B_E 型土壌の A 層に形成される。特に崩積土では深くまでこの構造が見られる。B_I 型土壌にはカベ状のものが多く、崩積土等一部には A 層にこの構造が形成される。本研究ではこれを B_I(Cr.) 型として、他の構造を持つ B_I 型土壌から区分した。

A 層に団粒状構造のよく発達した代表的な土壌の孔隙量と透水性とを第 9 表に示す。なお、これらの A 層はその孔隙解析を第 8 図-3 に示したものである。第 9 表から次のような傾向が認められる。

団粒状構造のよく発達した土壌は非毛管孔隙に富み、透水性は良好である。また、これらの土壌型に属する土壌は、採取時の水湿状態が pF 2.5 以上に乾燥していたものは少なく、それは 2, 3 の例にすぎない。そして、乾性土壌に共通した透水性、すなわち、乾燥した状態では疎水性の空隙が多く、著しい難透水性を示すことはこの土壌には見られない。

第 9 表 B_D 型、B_E 型、B_I(Cr.) 型土壌の透水性と空隙量
Table 9. Permeability and the pore space of B_D-, B_E-, and B_I(Cr.)-soil

断面番号 Prof. No.	土 壤 型 Type of soil	層 位 Horizon	構 造 Structure	採取時の状態 In field		最小容気量 Minimum air capacity %	非毛管孔隙量 Non-capillary pore %	透水速度 Percolation rate cc/min
				空 気 Air %	pF			
9	B _D	A B	Cr. —	29.2	1.9	7.1	27.1	290
				11.6	1.9	3.4	8.9	65
12	B _I (Cr.)	A A-B	Cr. Ms.	31.6	1.9	11.8	28.0	570
				13.1	1.9	1.2	7.3	62
82	B _D	A ₁ A ₂	Cr. —	42.9	2.3	15.9	36.9	275
				19.2	1.9	7.2	16.0	85
91	B _E	A ₁ A ₂	Cr. —	36.0	1.9	21.0	35.0	405
				22.7	1.9	10.9	21.8	182

V 崩積・石礫土

崩積・石礫土は B_D 型、B_E 型土壌に見られ、長大な斜面の山脚部に分布し、多くは B_E 型となつている。その代表的な土壌の透水性と孔隙量とを第 10 表に示す。各土壌とも A 層には礫の間隙に団粒状の土壌が存在した。第 10 表から次のような傾向が見られる。

崩積・石礫土には最小容気量が比較的多い。また団粒土壌にくらべて、非毛管孔隙量には大差がないが、透水はすこぶる速い。

VI B_D 型、B_I 型定積土 (カベ状)

定積土には、一般に団粒の発達した A 層が薄く、下層はカベ状を呈するものが多い。特に B_I 型土壌は比較的平坦な地形に分布することが多く、その A₂ 層ないし A-B 層は典型的なカベ状を呈することがしばしば見られる。

第 11 表に示す B_D 型、B_I 型定積土はいずれも A-B 層以下に明らかなカベ状構造を持つ土壌である。これらの土壌は最小容気量がきわめて小さく、はなはだしいものはマイナスとなつている。非毛管孔隙も

第 10 表 崩積・石礫土の透水性と空隙量
Table 10. Permeability and the pore space of the gravelly colluvial soils

断面番号 Prof. No.	土 壤 型 Type of soil	層 位 Horizon	構 造 Structure	採取時の状態 In field		最小容気量 Minimum air capacity %	非毛管孔隙量 Non-capillary pore %	透水速度 Percolation rate cc/min
				空 気 Air %	pF			
8	B _E	A B	Cr. —	34.8	1.6	19.8	38.6	1,000
				28.5	1.7	10.9	28.9	500
72	B _E	A ₁ A ₂	Cr. —	25.6	2.0	10.4	23.6	790
				31.1	2.0	15.6	28.8	960
73	B _E	A ₁ A ₂	Cr. —	29.9	2.0	13.9	27.7	790
				22.9	1.9	10.4	21.9	470
87	B _E	A ₁ B	Cr. —	32.0	1.7	21.2	33.4	1,200
				24.2	1.7	9.4	27.6	250

第 11 表 B_D 型、B_I 型定積土 (カベ状構造) の透水性と空隙量
Table 11. Permeability and the pore space of the massive soils (B_D-, B_I-residual soil)

断面番号 Prof. No.	土 壤 型 Type of soil	層 位 Horizon	構 造 Structure	採取時の状態 In field		最小容気量 Minimum air capacity %	非毛管孔隙量 Non-capillary pore %	透水速度 Percolation rate cc/min
				空 気 Air %	pF			
17	B _D (定積土) (R)*	A ₂ A-B	— Ms.	18.9 3.7	2.0 2.0	6.1 0.9	15.6 2.0	90 0
21	B _D (定積土) (R)	A A-B	Cr. △** Ms.	13.8 8.5	1.9 2.1	6.3 2.3	11.4 5.5	48 1
61	B _I (定積土) (R)	A A-B	Ms. Ms.	11.9 18.0	2.2 2.1	0.9 1.5	5.1 10.3	27 16
67	B _I (定積土) (R)	A A-B	Ms. Ms.	8.8 10.9	1.9 1.8	1.0 4.4	6.8 9.0	26 2
75	B _I (定積土) (R)	A A-B A'	Ms. Ms. Ms.	18.5 4.9 8.3	1.9 1.9 1.7	3.0 -1.1 3.3	14.2 2.4 7.3	31 3 1

* 土壌型 Type of soil (R): Residual soil

** 構 造 Structure △: 弱度に形成されている Slightly developed

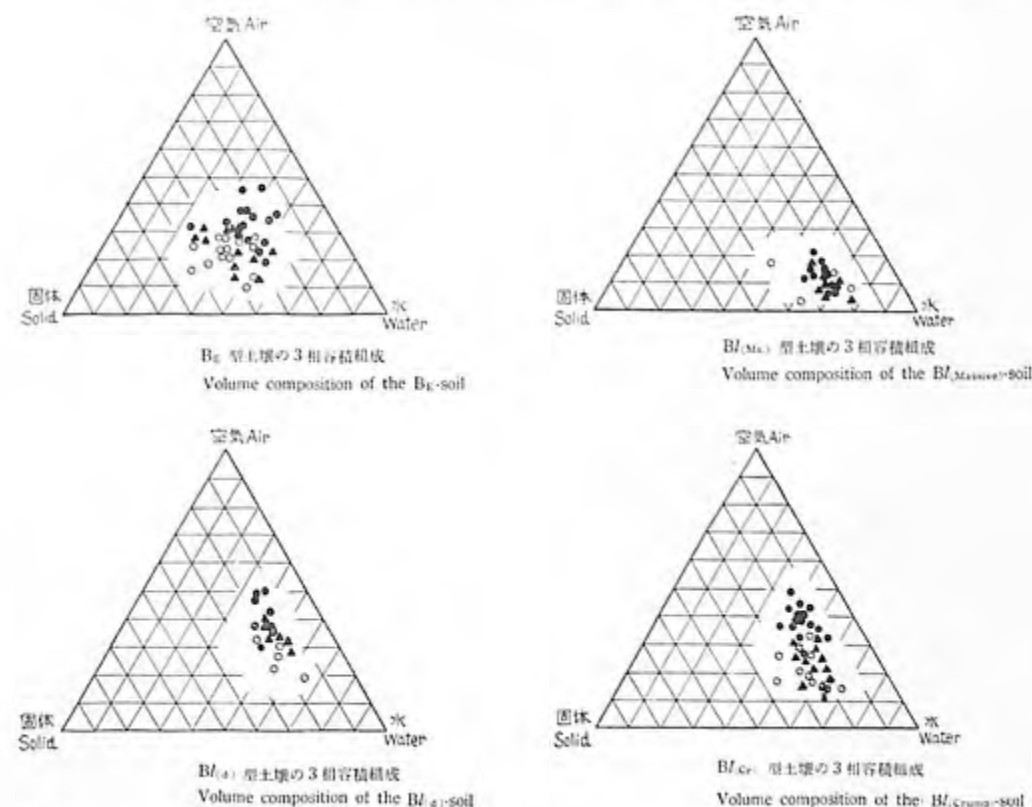
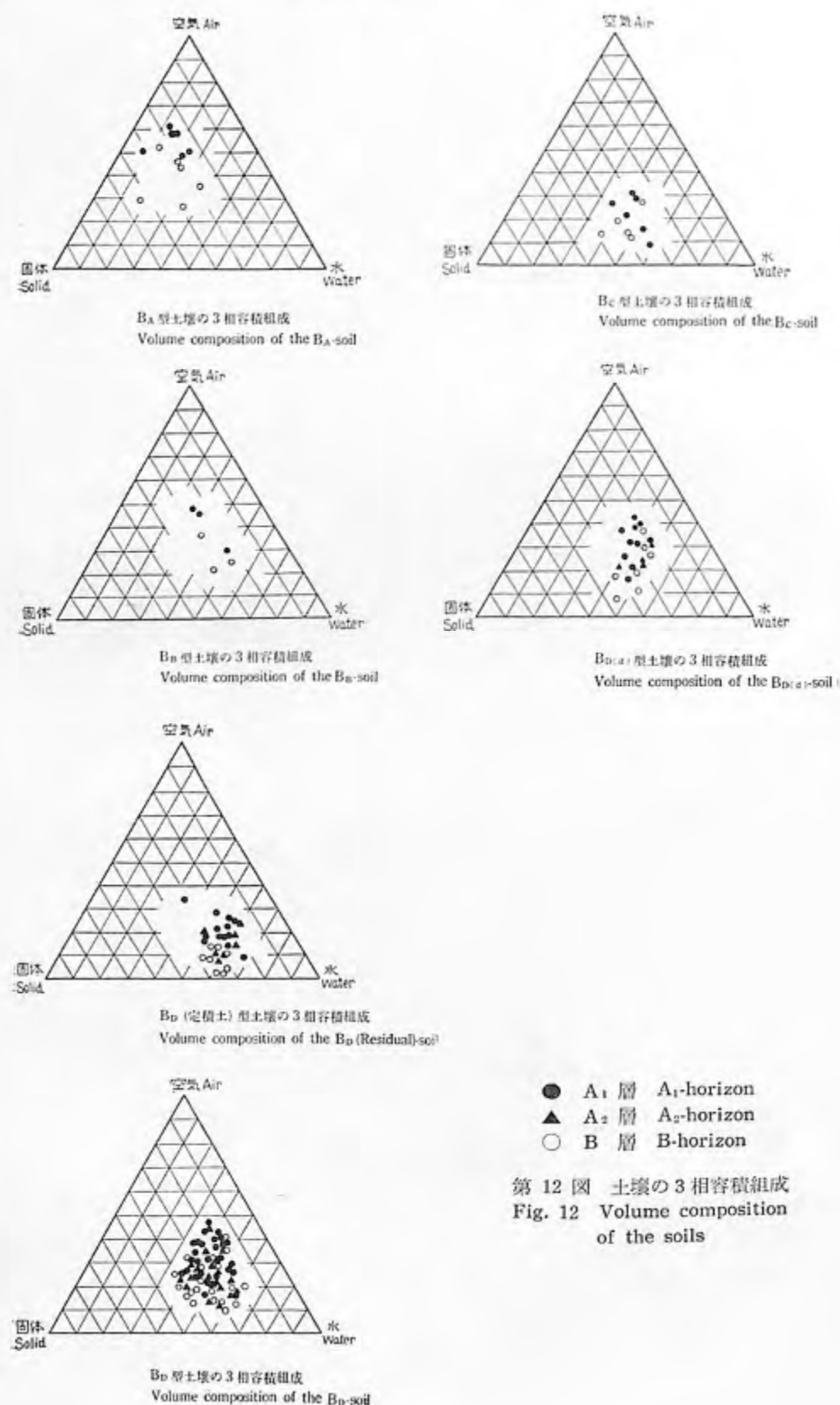
また少ない。このため透水は著しく不良である。

第 4 章 土 壌 の 3 相

I 土壌型と 3 相容積組成

土壌は種々の物質により構成されており、その組成は、化学的に見ればはなはだ複雑であるが、理学的には、固体、液体、気体の 3 相により簡単にあらわすことができる。特に自然状態におけるこれら 3 相の容積組成は、土壌の水分状態、自然構造の概貌をあらわすものとして、広く一般に測定されている。

近年、本邦林野土壌調査では、これに関して多くの報告がなされ、土壌型との関係が考察されている。水分状態、自然構造をおもな基準として類別された土壌型が、これらの容積組成と密接に関係することは



容易に想定されよう。しかしながら、母材、土性その他の相違する土壌では、同一の土壌型に属するものであつても、その偏差はかなり大きい。

筆者の採集した全試料 (289) について、採取時の 3 相組成を土壌型別にまとめて、その平均値および範囲を第 12 表に、またそのばらつきを第 12 図に示す。なお、これらの土壌の土壌型区分は主として現地における形態観察に基づいて行ない、一部は土壌の諸性質の測定値によつて行なつたものである。BI 型土壌の重型区分について、第 1 章の水湿状態と土壌型との場合には BI(d), BI, BI(w) の 3 重型に区分したが、本章では構造をおもな基準として BI, BI(w) を編成しなおし、BI(Cr.), BI(Ms.) とした。この区分は土壌の堆積区分とほぼ一致し、BI(Cr.) は崩積土、側行土の一部に多く見られ、BI(Ms.) は定積土に多い。3 重型区分の類別基準は次のとおりである。

BI(d) 型 A 層に粉状、堅果状、粒状構造が形成されている。第 1 章の区分と同じ。現地水湿状態は弱乾性を示す。

BI(Cr.) 型 A 層に団粒状構造が形成されている。現地水湿状態は pF 2.0 前後が多く、B₀ 型～B₈ 型に相当する。

BI(Ms.) 型 A 層の団粒形成がわずかで、断面の大部分がカベ状を呈する。現地水湿状態は BI(Cr.) とほぼ同様。

第 12 表および第 12 図から抽出される土壌型と 3 相組成との関係は次のとおりである。

1) 固体部分の体積

同一土壌内では一般に、A 層→B 層、あるいは A₁ 層→A₂ 層→B 層の順に、下層ほど固体部分の体積

は大きくなる傾向が見られる。

土壌型別に比較すると、Bc 型土壌が最も大きく、Be 型、Ba 型土壌がこれに次ぐ。また Bl 型土壌は特に小さい値を示すことが目だつ。その他の土壌型には大差なく、A 層土の平均は 25% 前後、B 層は 30% 前後を示す。なお、Bd 型定積土にはカベ状を呈するものが多く、特に下層は密であるが、固体部分の体積にはこの特徴があらわされていない。Bl(Ms.) 型土壌も同様に密な土壌であるが、その値は褐色森林土にくらべるとかなり小さい。しかしこの土壌は団粒の形成されている他の Bl 型にくらべるとやや大きい値を示す。

なお、固体体積(%)は 100-全孔隙量(%)に相当する。一般に、全孔隙量または固体体積は土壌の疎密度、堆積状態、構造と密接に関係すると考えられやすいが、筆者の測定結果ではこれらの関係はそれほど顕著にあらわれていない。

2) 水分量

各土壌型の水分量を比較すると、Ba 型土壌は最も少なく、Bb 型土壌の A 層がこれに次ぐ。最も水分の多い土壌は Bl(Ms.) 型であり、カベ状構造の Bd 型定積土がこれについて多い。以上が目だつ傾向である。その他の土壌では大差なく平均 40~50% の水分を含む。

土壌の水湿状態を pF 値で標示すれば、第 1 章で述べたように、Ba 型、Bb 型、Bc 型、Bd 型、Be 型の順に、その平均値は乾性から湿状へなる傾向が認められた。しかし第 12 表に示された各土壌型の水分量の平均値は必ずしもこの傾向を示さず、むしろ Bc 型に多く、Be 型に少ないという逆な傾向さえわずかではあるが見られる。

土壌の現地水分量はその土壌の保水能力と水分供給の多少とによつてきまらるであろう。もし保水能力の小さい土壌であれば、水分供給のいかに豊富な位置に分布していても、その採取時の水分量は小さい。この例は崩積・石礫土に典型的に示される。そして Be 型土壌にはこのような土壌が多く含まれているため水分量の平均値は小さくなっている。

土壌型は、その分布が主として地形的位置に支配され、水分供給の多少とははなはだ関係が深い。しかし土壌の保水能は第 1 章で考察したように、主として母材、土性、腐植量等土壌の構成材料に強く影響されるもので、必ずしも土壌型とは関係しない。

3) 空気量

空気量は Ba 型土壌に最も多く、ついで Bb 型、Bl(d) 型土壌に多い。最も少ない土壌は Bl(Ms.) 型および Bd 型定積土の下層である。Bc 型土壌も比較的少ない。その他の土壌型では、A 層におよそ 30%、B 層に 20% 前後が含まれている。一般的な傾向として、乾性土壌に空気が多く、カベ状密な土壌に少ないことが第 12 表からうかがわれる。

土壌中の空気量に関しては、水分供給量と粗孔隙量すなわち排水能とが支配的因子となるであろう。特に水分供給の多い土壌ではこの傾向が見られる。粗孔隙量は土壌の形態調査で区分される構造型とかなり密接に関係することはすでに述べてきたとおりである。土壌の置かれている水分環境および構造はともに土壌型類別の主要因子である。したがって、3 相のうちでは空気量が土壌型の特徴を比較的よくあらわすことができる。

3 相組成による土壌型の特徴は次のように要約される。

Ba 型土壌には極度に水分が不足している。

第 12 表 各土壌型の 3 相容積組成
Table 12. Volume composition of the soils

土 壌 型 Type of soil	層 位 Horizon	固 体 Solid %			水 Water %			空 気 Air %		
		最高 Highest	最低 Lowest	平均 Average	最高 Highest	最低 Lowest	平均 Average	最高 Highest	最低 Lowest	平均 Average
Ba	A	25.4 ~	42.0	29.7	11.4 ~	24.2	15.9	48.5 ~	61.3	54.4
	B	27.8 ~	53.1	35.8	11.7 ~	36.2	24.4	26.7 ~	54.1	39.8
Bb	A	21.9 ~	25.1	23.6	26.2 ~	48.0	34.7	30.1 ~	48.7	41.7
	B	22.7 ~	31.0	26.9	34.5 ~	51.8	44.2	22.4 ~	38.4	28.8
Bc	A	27.7 ~	39.5	33.4	35.0 ~	58.5	43.7	9.4 ~	31.3	22.9
	B	25.5 ~	49.3	37.6	39.0 ~	49.6	44.9	11.7 ~	28.3	17.6
Bd(d)	A	20.3 ~	37.3	26.9	35.5 ~	47.2	40.9	15.5 ~	39.1	32.2
	B	20.4 ~	46.2	32.9	40.2 ~	60.0	47.1	6.3 ~	29.8	20.0
Bd (定積土) (Residual soil)	A	17.1 ~	32.7	24.8	34.0 ~	60.3	51.9	17.5 ~	35.3	23.3
	B	22.2 ~	37.7	30.7	53.0 ~	68.5	59.8	2.7 ~	17.7	9.5
Bd	A ₁	14.4 ~	36.2	24.8	33.2 ~	61.7	43.4	14.9 ~	46.8	31.8
	A ₂	18.4 ~	42.1	30.0	35.5 ~	61.0	47.2	9.2 ~	36.0	22.8
	B	15.9 ~	44.4	30.3	32.5 ~	62.8	47.5	6.5 ~	36.1	22.2
Be	A ₁	15.7 ~	46.0	27.9	22.0 ~	53.8	40.5	15.6 ~	46.3	31.6
	A ₂	24.5 ~	46.1	35.9	26.2 ~	54.2	40.1	12.7 ~	30.9	24.0
	B	27.4 ~	52.1	38.2	28.0 ~	53.0	40.5	9.4 ~	28.5	21.3
Bl(d)	A ₁	13.0 ~	20.8	16.8	35.2 ~	46.5	40.3	35.9 ~	49.8	42.9
	A ₂	15.0 ~	19.9	17.5	42.0 ~	57.0	40.7	28.0 ~	40.8	34.7
	B	15.5 ~	23.5	19.8	39.4 ~	65.2	51.8	18.9 ~	38.8	28.4
Bl(Ms.)	A ₁	19.2 ~	29.6	23.2	56.2 ~	70.2	63.8	7.0 ~	23.6	13.1
	A ₂	18.1 ~	24.9	22.3	57.8 ~	77.0	67.2	4.9 ~	18.0	10.4
	B	16.7 ~	33.8	27.2	43.8 ~	75.0	60.8	4.4 ~	18.8	12.0
Bl(Cr.)	A ₁	11.2 ~	24.7	17.1	35.2 ~	55.7	44.8	26.2 ~	49.2	38.1
	A ₂	16.3 ~	29.5	21.7	48.2 ~	66.7	56.0	13.1 ~	31.7	22.3
	B	16.1 ~	36.2	23.6	43.5 ~	70.5	55.2	12.3 ~	28.9	21.3

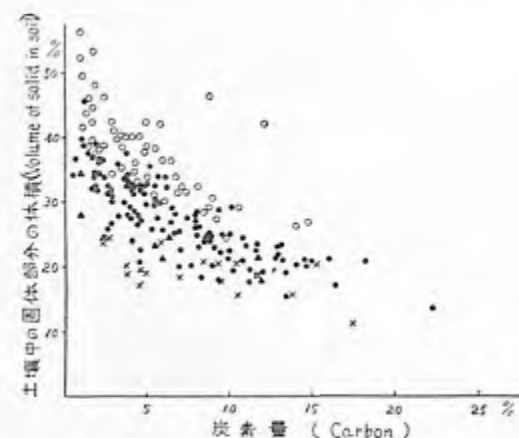
Bl(Ms.) 型および Bd 型定積土には著しく空気量が少ない。

団粒状構造の発達した Bd 型、Be 型、Bl(Cr.) 型土壌あるいは崩積・石礫土では水分供給の多い位置にあり、現実にかかなり湿つていて、低 pF 値を示す土壌が多いが、水分の供給が多くと、空気量はそれほど小さくはない。

II 土壌の 3 相組成に関する考察

固体部分の体積

3 相組成は土壌の疎密度、堆積、水分等をあらわすために測定されており、一般に、土壌の理学的性質の基礎となると考えられ、また各土壌型の特徴はこの組成によつてよくあらわされると想像されるが、筆者の測定結果では、同一土壌型内でも偏異がはなはだしく、2, 3 の顕著な傾向を除けば、土壌型相互の比較を行なえない。固体部分の体積には特にこの傾向が著しい。すなわち、全試料の固体体積は 12~52% の範囲に拡がり、Bl 型土壌が褐色森林土群にくらべて小さい値を示す以外には土壌型内の偏異が土壌型間の相違よりはるかに大きい。この理由として、採集試料には同一土壌型に属しているものであつても、母材、土性、石礫、腐植等が著しく異なるものがあることがまず考えられる。なお、同一土壌では一般に下層ほど密になる傾向があり、これは固体体積によくあらわれている。もし土壌が同じ材料でできてい



○ 礫土 (礫 25% 以上) Gravelly soil
 ▲ 浮石土 (浮石 25% 以上) Pumiceous soil
 × 火山灰土壌 Volcanic ash soil
 ● その他の土壌 The others
 第 13 図 土壌中の固体体積と炭素含有量との関係
 Fig. 13 Relation between the carbon content and volume of solid in various soil

3) 火山灰およびこれを母材とする土壌、浮石を多量に含む土壌の固体体積は小さい。

このように、土壌の固体部分はこれを構成する材料の相違によつてその体積が著しく異なり、諸材料と固体体積との関係は、保水能 (水分当量) との関係とおよそ正反対の傾向を示している。すなわち、保水能の大きい材料でできている土壌はその固体体積が小さいといえる。

3 相組成のうち、特に乾燥した土壌を除いて、普通最も体積の大きいのは水である。したがって保水能力の大きい材料の土壌は固体部分が少なくなることは容易に考えられよう。実際にも、火山灰土壌、BI 型土壌は著しく水分当量の大きいことが認められたが、これらの固体部分は小さい。

水分および空気量

土壌の 3 相組成のうち、水分は降雨等気象の変化にともなつて著しく変動するが、固体部分は自然状態におかれている森林土壌の場合は急激な変化は少ないであろう。水分状態の変化にともなう収縮、膨張は、前に述べたように pF 2.7 以上に乾燥しなければ、それほど問題にはならない。BA 型土壌のように極度に乾燥する土壌を除けば、一般に土壌中の固体部分の体積は変動しないと見なせる。残りの空間 (全孔隙量) には水分と空気が共存し、互いに一方が増加すれば他方は減少する関係にある。そこで両者のバランスが問題となる。土壌中における両者の存在および供給が林木の成長に対して重要なことはいうまでもない。

土壌の水分量、空気量を支配するおもなものは水分環境、すなわちその土壌の置かれた気象的、地形的位置である。しかし、保水、排水等、土壌の理学的性質のつかさどる機能もまた重要であり、特に乾燥しやすい環境下の土壌では保水能が、また水分供給の多い場所では排水能がそれぞれ重要となる。

本研究における土壌の理学的性質の考究は、両機能の解明に主眼を置いたものである。これらの機能は土壌の孔隙に付随し、細孔隙は保水能と、粗孔隙は排水能と密接に関係する。前者は主として土壌構成材料と、また後者は土壌の構造、堆積の疎密と関係が深い。これらは今までに考察したとおりである。

るならば固体部分の体積は疎密度に関係する。しかし、ち密な土壌の多い Bd 型定積土が他の土壌と大差ないことから、疎密度より材料の相違の影響が大きいと考えられる。

土壌の構成材料と固体体積との関係を第 13 図に示す。構成材料としては普通、土性、石礫量、母材、腐植等があげられる。これらは第 1 章で土壌の保水能に影響する土壌材料として問題にしたものである。

第 13 図から次のような傾向が認められる。

- 1) 炭素量の少ない土壌ほど固体部分の体積は大きい。炭素量は一般に下層ほど少なくなるのが一般的傾向である。
- 2) 礫の多い土壌ないし石礫土は固体部分の体積が大きい。

摘 要

森林土壌の理学的性質

本研究は、その主眼点を土壌中における水分の状態および土壌の水分に対する機能の解明に置き、これらを pF 曲線、透水性等によつて考究した。その結果、土壌の水分に対する性質は構造、孔隙の状態、その他諸種の理学的性質と密接に関係することが認められた。また本研究は現行の林野土壌調査で類別される土壌型の特徴の解明もその目的の 1 つとした。さらに、これら土壌の理学的性質、特に水に対する機能が林木の成長に対して、きわめて重要な因子であることは第 2 篇で考究する。

第 1 篇で行なつた研究の概要は次のとおりである。

1. 土壌試料の採集地

本研究に使用した土壌の採集地は、東北部阿武隈高原から西南部三河高原までの 8 都県下 9 団地の国有林と都府県立林である。福井の気候区分では、これらの団地は主として東海地区に属し、一部は東山地区にはいる。海拔高は大部分が 300~1,000 m、一部は 1,000~1,500 m を示す。

2. 土壌水の pF 値

土壌水の pF 値を蒸気圧法、遠心力法および隔膜吸引法の 3 法によつて測定したが、これらの測定法にはいずれも測定可能な範囲が限られ、蒸気圧法では pF 4 以上、遠心力法は pF 3 付近、吸引法は pF 2.7 以下の測定に適する。3 法による pF-水分量曲線をつなぎあわせて、pF 7~0 (全域) の曲線を作ると、2, 3 の土壌に例示したように、そのつなぎ目に違いが見られる。このことに関する考察により、本研究では pF 曲線を各部分別々に扱うこととし、低 pF 値部分の測定およびこれによる土壌理学的性質の解明に主力を注いだ。

3. 森林土壌の水湿状態

さきに示した 10 団地の森林から、種々の時期に採取した 117 断面、289 試料の採取時水湿状態を測定した結果、次のことが判明した。

現行林野土壌調査に採用されている土壌型は土壌の形態的特徴によつて判定されるが、その類別の基本概念は土壌の水分環境にある。測定結果を土壌型別にまとめ、各土壌型の水湿状態を pF 値であらわせば、土壌型類別の基本概念とよく一致し、BA 型→Bb 型→Bc 型→Bd 型→Be 型の順に乾性から湿性へ向かう傾向が認められた。各土壌型の水湿状態の特徴は次のようである。

BA 型土壌は、同時に同じ地域で採取した土壌のうちで常に最も乾燥しており、A 層は pF 4~3 を示し、十分に湿めることが少ない。

Bb 型は試料数が少ないので確かではないが、BA 型について乾燥する土壌と考えられる。

Bc 型、Bd(d) 型土壌は弱乾性の傾向を示し、その A 層は pF 2.5 付近にあつまる。

Bd 型土壌は pF 2.0~2.2 の水湿状態を示すものが多い。多くの樹種について適潤と考えられている状態はこの付近にあると想定される。

Be 型土壌は pF 2~1.7 を示すものが多い。

湿地の土壌、地下水土壌の採取は行なわなかつたが、過剰水の存在する状態は pF 1.7 以下であると推定された。

従来、森林土壌の水湿状態の判定に「乾、潤、湿」の区分が行なわれているが、これらに相当する pF 値は次のように想定される。

pF 値	3 以上	3~2.5	2.5~2.0	2.0~1.7	1.7 以下
水 湿 状 態	乾	やや乾	潤	湿	過湿

また土壤の水湿状態をあらわす方法として、最大容水量に対する %一飽水度、湿潤度—があるが、構造、孔隙状態の異なる土壤の水湿状態を比較するには必ずしも適しない。ちなみに pF 2.0 の水湿状態における飽水度を比較すると、団粒のよく発達した土壤、孔隙に富む土壤は 60~70% を示すが、ち密な、カベ状を呈する土壤では 90% 前後となる。

4. 吸収板による毛管移動水の測定

pF 1.7 以下の水は重力によりすみやかに排除される水分すなわち非毛管水と見なされるが pF 1.7 以上の水分の動向に関して次の実験を行なった。

円筒試料を飽水させ、吸収板の上に置き、1 昼夜放置して脱水させた後、試料に残留する水分とこのときの土壤の収縮を観察した結果、48 試料の大部分は残留水分状態が pF 2.5~2.7 を示し、このとききわめてわずかではあるが収縮の認められるものが多かった。このことから土壤水の毛管移動の遅滞点は pF 2.7 の付近にあると推定される。なお、この値は使用した吸収板（素焼板）のち密さには関係しなかった。

5. 土壤の収縮

採土円筒試料を飽水させた後、徐々に乾燥させ、水分の減少にともなう土壤の体積減少量を測定した。明らかに構造の異なる 2, 3 の土壤について、土壤の体積と含水量との関係を示す曲線を作ったところ、いずれも pF 0~2.5 までの間では収縮はほとんど見られなかったが、pF 2.7 以上に乾燥すると明らかに収縮をはじめ、風乾状態に近づくと体積減少率はまた小さくなった。また構造の相違は収縮曲線（収縮部）によくあらわれ、団粒の形成された土壤では勾配が小さく、カベ状構造の土壤では 1 に近い、すなわち水分減少にともなう等量の収縮がおこる。

6. 水分当量と土性、腐植、母材との関係

pF 2.7 以上の土壤水の性質を考究するために水分当量を測定し、これに関係する諸因子の解明を試みた。水分当量は土壤の機械組成と密接に関係することが多くの研究により認められている。筆者もこれに関して 159 試料の測定値をとりまとめ、次のような傾向を認めた。

一般に土壤は、微細粒子（粘土、微砂）の多いほど、また、腐植含量の多いものほど水分当量は大きな傾向を示すが、火山灰およびこれを母材とする土壤、BI 型土壤の A 層は他の土壤と違った傾向を示した。すなわち、関東ローム等火山灰土壤は微細粒子がそれほど多くないが、その水分当量は著しく大きい。また BI 型土壤の表層土はこれとほぼ同程度の腐植含有量、土性の土壤より水分当量が多い。これらのことから水分当量は土壤の土性、腐植量およびその性質、母材等、土壤を構成する材料に強く影響されていることが認められた。そしてこのことは後に述べるように、低 pF 値部分の水分量が主として土壤構造に支配されていることと著しく対称的である。

7. pF 曲線と土壤構造

pF 曲線によつて土壤の孔隙解析を試みた。その基本概念は次式により与えられる。

$$pF = \log_{10} 0.3/d$$

d: 土壤の孔隙を円管と見なしたときの管径 (cm)

これによると、自然状態の土壤について測定した pF 曲線は土壤孔隙の分布曲線と見なすことができる。孔隙状態はまた土壤構造の一面を標示するものである。この考え方から、pF 曲線により形態調査で

区分される各構造型の特徴を考究した。

予備実験として、可視構造の相違が影響を与える pF 曲線の範囲をしらべたところ、次の結果を得た。すなわち、材料がほぼ同一で、構造だけが明らかに異なる試料の pF 曲線を比較すると、おおよそ pF 2.7 以下の部分に大きな相違が見られた。このことから、土壤構造の特徴を解明するための pF 曲線は隔膜吸引法で測定される範囲にあることを知った。

各土壤構造の pF 曲線を比較すると、それらの孔隙状態には次のような特徴が見られる。

細粒状構造と粒状構造とはよく似ていて pF 2.0~1 の水を含む孔隙がすこぶる多い。なおこの粗孔隙のうちには特に pF 1.5 付近が多い。

団粒状構造のよく発達した土壤は上記同様、pF 2.5~1 の水を含む孔隙が多いが、孔隙径の分布は上記のようにかたよらない。

堅果状構造の土壤には pF 1.5 付近の水分を含む孔隙が若干存在するが、一般に粗孔隙は少ない。

カベ状構造の土壤は pF 2.0 以下の水分を含む孔隙が極端に乏しい。

8. 湿式団粒分析

各構造の代表的な土壤について団粒分析を行なった結果、団粒径分布に次のような特徴が見られた。

カベ状構造の土壤は水中でほとんど崩壊しないため、5 mm 以下の部分はきわめて少ない。

堅果状構造の土壤には大型構造と比較的小型のものがある。両者とも 5 mm 以上の土壤は多いが、1~5 mm の団粒部分に相違があり、前者に属する土壤にはこの部分がはなはだ少ない。なお両者の孔隙状態 (pF 曲線) はよく似ており、いずれも粗孔隙に乏しい。

団粒状構造の土壤にも大型団粒と小型のものがある。後者に属する土壤は 1~2 mm の団粒が著しく多い、前者はこの粒径の団粒も比較的多いが、5 mm 以上の大型団粒の多いのが目だっている。

粒状構造の土壤は 5 mm 以上が著しく少ないこと、1 mm 以下も少ないことが目だつ。

このように団粒径分布だけではそれほど明りように土壤構造をあらわすことはできないが、これら団粒の形状および pF 曲線による孔隙解析を加えれば、構造の特徴はある程度明らかにされる。さらに水の浸透に関する性質を考慮すれば、一層その特徴が明りようになることが想定された。

9. 透水性に関する土壤因子

採土円筒試料の透水速度を測定し、これに関与すると思われる諸土壤因子との関係を求めた結果、次のことが判明した。

土性との関係を求めるため、細土中の粘土+微砂量と透水速度とを 247 試料について測定した。両者の間には明りような関係は得られなかったが、しいていえば、難透水性の土壤では土性とほとんど関係を示さないが、透水速度の大きい土壤には粘土、微砂量 40~50% 付近の土性を示すものが多い。

礫量との関係について、266 試料の円筒内礫含有量を測定した。透水速度との間には定量的な関係は認められなかったが、礫の乏しい土壤には透水不良のものが多く見られた。なお崩壊・石礫土の透水はすこぶる速いものが多い。

土壤の孔隙と透水性との関係について 266 試料の測定値をとりまとめた結果、全孔隙量は透水性とほとんど関係がなく、最小容気量はやや良好な関係を示し、これの少ない土壤は透水が不良であることが認められたが、全孔隙量から pF 7~1.7 の水分量を差し引いた残りの孔隙量との関係が最も密接であつた。なおこの孔隙量は現地の土壤水湿状態を調査した結果から、非毛管孔隙量と考えられるものである。

一般に粗孔隙の多い土壤の透水は速いと考えられるが、一部の乾性土壤には必ずしもこのことがあてはまらない。すなわち、空隙に富み、最小容気量はすこぶる大きい、透水性の著しく不良な土壤が存在する。また、非毛管孔隙量は透水性に影響する重要な因子ではあるが、この孔隙量の同じ土壤でも透水性にかなりの相違がある。これらの事例から、透水性の解明には土壤の粗孔隙の量ばかりでなく、その形状、および土粒表面の性質をあわせて考慮しなければならないことが予想され、さらに透水性と土壤の空隙量とを対比することにより、その土壤の構造の特徴があらわされる可能性が考えられた。

10. 土壤構造と透水性

各土壤型の代表的な土壤について、空気量、最小容気量、非毛管孔隙量等の空隙量と透水速度とを対比し、土壤構造の解明を試みた。土壤型別に示した土壤の構造には次のような特徴が見られた。

Ba 型土壤は A 層、ときには B 層深くまで細粒状構造が発達していて、粗鬆であり、空隙はすこぶる多いが、透水は極端に不良でほとんど水を透過させないものもある。この原因として、土粒表面の疎水性（ぬれ難い性質）が、次の実験から考えられた。すなわち、土粒を水で被覆すると土壤は十分に飽水し、透水は著しく速くなる。十分に飽水させる方法として、この実験では温アルコール水の上面散布の予措を行なった。

Ba 型の土壤の A 層は粒状構造を示し、Ba 型土壤に似て、疎水性が強く、粗孔隙に富むが透水性は不良である。しかし、これらの性質は Ba 型ほど極端ではない。

Bc 型、Bd(d) 型、Bl(d) 型土壤の A 層には粒状および堅果状構造が形成されている。堅果状構造は粗孔隙が少なく、このため透水性は不良である。粒状構造は Ba 型、Ba 型土壤ほど顕著ではないが、弱度の疎水性を示し、pF 2.5 以上に乾燥するとぬれ難い性質があらわれ、透水性が不良となる。

Bd 型、Be 型、Bl(Cr.) 型土壤の A₁ 層には団粒構造が形成される。この構造は孔隙に富み、透水性は良好である。なおこれらの土壤型に属する崩壊・石礫土は、礫の少ない土壤にくらべて非毛管孔隙はそれほど多くなくとも、礫間隙の粗大孔隙により、透水はすこぶる速い。

Bd 型 定積土、Bl(Ms.) 型土壤はカベ状構造を持つ。この構造の土壤は粗孔隙にはなだ乏しい。このため透水性も極度に不良なものが多い。

11. 土壤の 3 相組成

土壤中の固体、水、空気 3 相の容積組成は土壤の疎密、構造、水湿状態等土壤の理学的性質の基本となる組成と考えられており、土壤型と密接な関係が予想されている。しかし 289 試料について、3 相組成と土壤型、土壤構造との関係を調べたところ、同一土壤型、あるいは構造内での偏差が著しく大きく、またその平均値も土壤型、構造の特徴を必ずしもよくあらわしてはいたことが認められた。そしてこのことは各土壤の母材、土性、腐植等土壤構成材料が著しく異なることに原因すると考えられた。固体部分の体積は特にこれら材料の影響が強く、石礫含量の多い土壤が、また腐植量の少ないほど固体体積は大きくなる傾向を示した。母材では、火山灰土、浮石の多い土壤の固体体積が著しく小さいことが認められた。

各土壤型の 3 相組成を比較すると、次の 3 土壤型に著しい特徴が認められた。

Ba 型土壤は水分が極度に乏しい。

Bd 型（定積土）、Bl(Ms.) 型土壤は空気量が著しく乏しい。

これらの土壤型の土壤が林木の生育に対して好適な条件をそなえていないことが知れる。これに対して、Bd 型、Be 型、Bl(Cr.) 型土壤は比較的水分供給に恵まれた環境下に分布するが、その空気量はそれほど少なくはない。

第 2 篇 スギ・ヒノキの成長に關与する土壤条件

第 1 章 研究の目的ならびに既往の研究

I 目 的

スギおよびヒノキはわが国の林業上最も重要な樹種であり、古くから、かつ広く造林されているが、いまだに適地の選定を誤り、不成績造林となつて例があつた。これら不良林分のうちには、土壤条件の不良がその原因となつてゐるものも少なくない。しかもそれが土壤断面の形態、性質から直ちに判明するような場合もしばしば見られる。このような誤りが繰り返されないように、両樹種の成長と土壤との関係について多くの研究が行なわれており、近年、芝本はこれに関して膨大な資料をとりまとめている。そして、この種の研究が容易ではないことを示している。

筆者は第 1 篇で考究した諸性質を主にして、土壤の理学的性質の面から造林木の成長に關与する土壤条件の解明を行ない、これによつて土壤の生産力の標示を試みた。これが本研究のおもな目的である。

もちろん、造林木の成長を左右するものは土壤条件ばかりではなく、気温、降水量、風等の気象条件および、これを局部的に変化させている地形的条件もまたきわめて重要である。このほか、病虫害等の生物的因子、造林、撫育等の取り扱い方によつても成長は左右される。林木の成長はこれらあらゆる因子の総合された結果にはかならない。しかしながら、人為的、生物的因子はさておき、気象的、地形的因子は同時に土壤の生成にも強く働くものであるから、土壤の性質、状態を調査することによつて、間接的ではあるが、ある程度これらの因子をもあらわすことができる。

このような観点から筆者らはさきに（1958）、段戸国有林のヒノキ造林地および天城山国有林のスギ造林地において、造林木の成長と、これに影響すると思われる 2、3 の土壤条件とを測定し、両者の関係を求めた結果、土壤の炭素、窒素量等とはそれほど良好な関係を示さなかつたが、「透水速度—深さ」指数とは密接な関係が認められた。ただしこの報告は 1 団地の一例を示すものにすぎない。しかもその地形がおもに準平原平坦面および幼年期の火山地形の緩斜面を示しており、比較的排水不良の地域であるため、土壤の透水性に関する性質が林木生育に対して制限因子となりやすいことも考えられる。そこで、さらにこのような調査を、母材、海拔高、地形、気候の異なる 3 団地について繰返した。その結果を本篇に記述する。

II 林木の成長と土壤に関する既往の研究

A. スギ・ヒノキの成長と土壤

林木の成長と土壤との関係は、造林上重要な問題であるから、古くから注目されていた。この問題に関する研究のうちにはスギ、ヒノキに関するものが多い。このことは逆に、両樹種が造林上きわめて重要であることを示すともいへよう。これらの研究は時代により多少そのおもむきを異にしている。いま仮に、初期（1925 年以前）、中期（1925～1944）、現在（1950 年以後）の 3 期に分けると、各時期における研究の概要は次のようである。

1) 初期においては、まだ土壤の問題はそれほど注目されず、むしろ、この問題の胚胎期といへよう。この時期にはおもに、地質（土壤の母材）、地形との関係が注目された。たしかに本邦の著名林業地、特

にスギ人工林地帯は古生層の地域に多く、花崗岩地域には少ない。このことはすでに田中(1887)により認められており、古くから常識となつてゐる。地質と林木の成長との関係については山本(1914~1922)らの報告があり、その多くは岩石の種類、特に酸性岩、塩基性岩の区分が成長と関係することを認めた。土壌の化学的成分、特に林木の無機養分はその母岩の化学的成分に強く影響されるという考え方がこの時期に主として採られていたと推察される。

林木の成長に対する母岩の意義は大きい、母岩の化学的組成の面からでは必ずしも解決されない問題がはなはだ多い。土壌は母岩の性質に影響されることはいふまでもないが、岩石の風化、土壌化作用もきわめて重要であり、これには気候、地形、植物等の諸因子が関与することはよく知られてゐる。なお山本は雨量の多少により母岩の林木に対する影響が相違することを認め、この問題に関心を示した。

その後小出(1936, 1937)は岩石の種類による風化形式の相違を強調し、同時に土砂、石礫の侵食、堆積に関係する地形的条件を考究した。そしてこれが林木の成長に関係する重要な要素であることを示した。山田(1941)はその後、微細地形の区分、標示について研究し、これと土壌の状態および林木の成長との関係を考究した。

2) 中期には土壌の理化学的性質と林木の成長との関係について多くの研究が行なわれた。これらの多くは優良林地と不良林地の土壌を比較し、種々の土壌条件を分析、測定して、優良林地に共通した性質あるいは不良林地となる原因について考察する方法が採られた。土壌の化学的性質に関しては土壌の反応、置換性石灰、炭素率等が重視され、理学的性質としては、機械的組成、容積組成、水分量、空気量、透水性、圧結度等がおもに測定された。そして、これら土壌の性質と林木の成長との関係が求められた。そのうち、次に示す 2, 3 の結果を引用し、本研究の参考とした。

化学的性質との関係 守屋・永井(1925)は、土壌の酸性に対して、スギは最も抵抗の弱い樹種に属し、ヒノキはやや強い樹種であることを報告した。このことは大政(1929~1935)の報告、その他からも認められ、スギの最適 pH は 5.5~6.5、ヒノキは pH 5 前後であり、pH 4.5 以下の土壌ではスギが、また pH 4 以下ではヒノキの成長が劣悪になることが示されている。置換酸度、置換性石灰との関係については、森川(1931)、大政(1935)、竹原(1938)、柴田(1939)、川島ら(1943, 1944)等の報告があり、一般に石灰に富み、酸性の弱い土壌に成長の良好な例が多く、この傾向はスギについて特によく認められた。

理学的性質との関係 柴田(1937)、竹原(1938)は土壌の透水性(浸透速度であらわす)を測定し、スギの優良林地ではこれが速く、不良林地ではおそいことを認めた。容積重、圧結度、容積組成との関係については明永、芝本(1933)、柴田(1937)、竹原(1938)、杉本(1942)、土居(1942)、中村(1943)らの報告がある。これらにより、一般に認められる傾向は、成長良好な林地の土壌は孔隙に富み、容積重、圧結度が小さく、不良林地の土壌はこの逆の性質を示すことである。しかしながら、必ずしもこのような傾向の認められない報告もあり、柴田が述べているように、土壌の優劣は、これらの測定値からにわかに判定し難い。

機械的組成との関係について、中村(1943)は千葉県東大演習林におけるスギの成長および成長過程が土壌の粘土対細砂比と密接に関係し、特にこの値の大きい土壌、あるいは小さいものが生育の妨げになることを報告した。しかし、その後柴田(1950)が 2, 3 の報告の測定値から T/S 比(粘土対粗砂)を計算した例からは、この値の小さい土壌が優良地を示す傾向が、青森、秋田、高知、熊本営林局管内で見ら

れた。機械組成を測定した例はすこぶる多いが、母材、地域その他の相違により、林木の成長とは必ずしも一定した傾向を示していない。

土壌の水分量について、大内ら(1943)は秋田地方のスギ天然林における樹高成長は腐植土層の厚さと含水量を組み合わせた指数と良好な相関性を示し、腐植土層の厚いほど、また水分の多いほど成長がよいことを認めた。

3) 戦後における研究動向は次のとおりである。まず芝本(1952)により、土壌の理学的、化学的性質と人工林におけるスギ・ヒノキの成長とに関する膨大な資料がとりまとめられ、戦前、各地域で行なわれたこの種の研究はその目的がほぼ達成された。この研究はスギ・ヒノキについて、地位を I, II, III, 不良の 4 等級に区分し、各地位級に属する土壌の諸性質を比較した。その結果、地位の高い土壌ほど、全容水量、灰礫比($\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$)、灰鉄礫比($\text{CaO}/\text{R}_2\text{O}_3$)は大きく、圧結度、細土中の粘土含有量、置換酸度は小さくなる傾向を認めた。しかしながら、これら土壌の分析値は、同一地位級の林分の間でも、かなり変動範囲が広い。このことから、土壌の性質はその一部を単独にとりあげても、必ずしも土壌の肥沃度(生産力)はあらわせないと考えられる。また、さらにより土壌の生産力標示法の検討が痛感される。

ほぼ同時期に大政(1951)は、土壌の形態学的研究に基づいて、新しい森林土壌の類別を報告した。土壌の形態学的研究は戦前、大政、芝本らによつて始められ、宮崎(1942)、中村(1943)等の報告がある。大政はさらにこれを発展させ、土壌と地形的、気候的要因との対応関係、そのうち特に水分環境との関係を解明して、13 の土壌基準型を定め、土壌分布調査を可能ならしめた。これにもとづいて、国有林林野土壌調査が戦後(1947)発足し、その進展にともない、各地で土壌と林木の成長との関係が考究されており、現在、その調査報告から土壌型と成長との関係がほぼ明らかにされている。

土壌型との関係 大政(1951)は、秋田地方のスギ林において、最も良好な成長を示す土壌は湿性土壌(Be 型および Bf 型土壌)であることを認め、その後、茨木ら(1955)も同地方のスギ林で同様のことを報告した。子幡ら(1952, 1953)、木崎ら(1954)、窪田ら(1954)、真下ら(1955)およびその他の林野土壌調査報告によると、関東、東海道、四国等太平洋岸のスギ造林地では、秋田地方と多少異なり、Be 型崩積土に最も良好な成長が認められた。すなわちこの地域におけるスギの最適条件は、水分が豊富に供給され、しかも排水の良好なことであると推定される。

なお、土壌型は水分環境と関係が深いばかりではなく、土壌の化学的性質とも密接に関係することが各調査報告からうかがわれ、Be 型土壌は他の土壌型の土壌より置換性石灰に富み、酸性の弱いこと、表層における有機物の分解が良好で、高い炭素率を示すことが少なく、またこのような良好な性質の A 層が厚いこと、一般に腐植その他の物質が深くまで浸透し、層位の推移が漸变的であること等、好ましい条件をそなえていることが認められている。

ヒノキの成長と土壌型との関係については、調査報告を総合すると、スギよりやや乾性の土壌によく成長する。すなわち、Bd 型土壌が最適であるが、Bd(d) 型、Bc 型、ときには Ba 型土壌にもある程度の成長が期待され、弱乾性の土壌ではスギより成長のよい場合もある。湿性土壌ではむしろ成長が劣り、樹形の悪くなるような例も多く報告されている。

B. 国外における土壌の生産力標示法

欧州、米国、その他におけるこの種の研究はすこぶる多いが、その研究成果をそのまま取り入れても、樹種、環境、国情等の異なるわが国の林業に必ずしも益するとは限らない。しかし土壌の調査、研究法、

およびこれによる生産力表示法に関する報告は参考となるものが多い。本研究の計画を立てる際 COILE (1952) の "Soil and the growth of forests" を参考とした。

土壌の性質のうち、林木の成長と密接に関係するものは主として理学的性質であると考えている研究者は少なくない。COILE もその 1 人である。彼は土壌因子のうち、A 層の深さと B 層の理学的性質を重視した。最初の報告 (1935) では、ノースカロライナ地方の Loblolly pine, Shortleaf pine の成長が「土性—深さ」指数と関係することを認めた。この指数は B 層の土性（粘土、微砂含有量%）と A 層の深さ（インチ）との比をあらわす。そして優良林地の土壌はこの指数が 4~6 の範囲にあり、2 以下あるいは 8 以上の土壌は不良であると報告した。その後 (1948)、下層土の理学的性質を "imbibitional water 量" であらわし、両樹種の成長との関係を次のようにあらわした。

$$S. I. L = 100.04 - \frac{75}{X_1} - 1.39 X_2 \dots \dots \dots (18)$$

$$S. I. S = 77.32 - \frac{45}{X_1} - 1.00 X_2 \dots \dots \dots (19)$$

S. I. L: Loblolly pine の地位指数

S. I. S: Shortleaf pine の地位指数

地位指数は樹齢 50 年における樹高（フィート）

X_1 : A 層の深さ（インチ）

X_2 : B 層の "imbibitional water 量"

"imbibitional water" 量は FISHER (1924) の提唱したもので、細土の水分当量とキシレン当量との差に相当する（ただしキシレン当量はその比重 0.86 で割り、水の値に換算したもの）。この値は土壌の物理的性質、たとえば土壌の透水性、通気性、収縮に関する性質等と密接に関係することが COILE 一派の研究によつて認められている。したがって、(18) および (19) 式は、A 層の厚いほど、また B 層の透水性、通気性がよいほど両樹種の成長がよいことを意味する。

さらに、COILE およびその一派は、米国の東南部におけるその他の樹種についても、上記同様の方法で

第 13 表 Piedmont 高原における Loblolly pine, Shortleaf pine
の地位と土壌 (COILE, 1952)

Table 13. Site index values for Loblolly and Shortleaf Pines in the
Piedmont Plateau as influenced by soil (After COILE, 1952)

下層土 の区分 Sub soil class	下層土の性質 Consistence	樹 種	A 層 の 深 さ (インチ)						
			2	4	6	8	10	12	18
1	すこぶる鬆 Very friable	L	57	79	82	86	88	89	91
		S	51	62	66	68	69	70	71
2	鬆 Friable	L	52	74	77	81	83	84	86
		S	47	59	62	64	65	66	67
3	ややち密 Semiplastic	L	46	68	71	75	76	77	79
		S	43	54	58	60	61	62	63
4	ち密 Plastic	L	38	60	63	68	69	70	72
		S	38	49	53	55	56	57	58
5	すこぶるち密 Very plastic	L	32	54	57	61	62	64	66
		S	33	44	48	50	51	52	53

樹種 L: Loblolly pine, S: Shortleaf pine

地位指数と土壌の 2 因子との関係を示している。また野外の土壌観察により、林木の成長を予測するため、A 層と B 層の理学的性質とを組み合わせて、第 13 表の基準表を作成した。

しかしながら、YOUNG (1954) は COILE と同じ方法で Maine における White pine, Spruce の成長と土壌との関係を求めたところ、上記の結果とは逆に A 層の厚いほど、また B 層に石礫の多いほど地位は低くなる結果を得た。

土壌の化学的性質、養分の保有量との関係についても多数の研究がある。古くは土壌の化学的組成がよく測られ、近年は土壌の置換性塩基類、飽和度等が問題とされている。また土壌中に含まれている窒素、リン酸、カリ等植物に必要な要素の標示、およびこれらと林木の成長との関係を求める試みがなされている。しかし、これらの含有量、化学的性質は林木の成長と関係が少なく、あるいは関係しないという結果を報告しているものも多い。AUTEN は Black locust, Black walnut の成長と土壌について (1936)、Yellow poplar との関係について (1937) 報告し、その後 (1945) 再検討を行なっているが、これによると、前者の成長には、置換性石灰量等の土壌の化学的性質はあまり関係がなく、後者では成長のよい林地の A₁ 層がこれらに富むことが認められる。このことについて、通常測られる土壌中の養分量等は成長に対してそれほど必須な条件ではなく、むしろ石灰等塩基の多く含まれた落葉が、成長の良好な林地では多く供給されるために、その A₁ 層はこれらの物質に富むという見解が採られている。LUNT (1939)、TARRANT (1949) の報告からも、土壌中の養分含量が必ずしも地位と並行しないことがみとめられる。

もちろん、林木といえども他の農作物と同じく、土壌から養分を摂取して生育しているのであるから土壌の養分保有量は成長を左右するはずである。また林地における施肥効果も多くの人の認めるところである。しかしながら、土壌の分析による、有効養分の定量表示法にはまだ不備の点が多いこと、窒素その他の天然供給量を土壌の分析によつて必ずしもあらわせないこと、および他の条件、たとえば土壌が非常に堅密であるとか、水分、空気が不足しているなどの影響が強いことなどが原因となつて、土壌の化学的性質と生産力との関係を明りようにはあくできないのであろうと推定される。

第 2 章 林木の成長と土壌に関する研究の方法*1

I 地 位 指 数

森林土壌の生産力は一定期間中に、一定面積より生産される収穫物の量であらわすのが最も望ましいが、長年月の総生産量を求めることは実際には不可能に近い。また現実の林分について、単位面積あたりの主幹材積、枝条量等を求めることはできるが、この値は同一林分であつても、林の取り扱い方によつて変化する。すなわち、立木密度、間伐の仕方がかわれば、残存する林木の総材積も変わってくるから、土壌の生産力を判定する基準とはし難い。そこで密度効果などの影響の比較的少ない樹高をもつて地位をあらわす便法が従来多く採られ、普通 3 等級あるいは 4 ないし 5 等級に区分標示されている。

本研究では樹齢 40 年における標準木の樹高 (m) を地位指数とし、これによつて林分の成長を比較した。なお COILE らは樹齢 50 年における樹高 (フィート) を地位指数とした。筆者が 40 年における樹高を採用した理由は、最近わが国の造林地の伐期が低下していること、および現実、調査団地では高齡林

*1 研究方法はすでに報告した「スギ・ヒノキの成長と土壌条件」(1958)の方法に土壌の形態調査を追加した。

分が少なく、調査実行が困難であつたことによる。

II 調査区および標準木の選定

地位指数をあらわすには林齢 40 年の造林地について調査を行なうことが望ましいが、筆者の調査した地域では、この林齢の林分だけでは不十分だったので、33~60 年（多くは 40~50 年）の林分についても調査を行なつた。

調査区は 1 つの土壌断面によつてその区内の土壌条件をあらわせるように設定したため面積はおおよそ 100~400 m² となり、多くは斜面に垂直の方向に短辺、水平方向に長辺を有する四辺形とした。林分面積としては狭すぎるきらいはあるが、土壌条件を考えればこの程度が安全な面積である。

区内の造林木の本数、樹高、胸高直径を測定し、被圧木、被害木等の劣勢木を除いた平均樹高および直径を有するもののうち、土壌試孔に近く、正常な成長を示す造林木を標準木とし、その樹幹解析により成長経過を調べ、林齢 40 年のときの樹高を求めて地位指数とした。

III 土壌の調査・分析項目および植生調査

方形区中に幅約 1 m、深さ 1 m 内外の試孔を設け、現行林野土壌調査法に基づいて土壌断面の形態を調査し、各層から試料を採取して次に示す理化学的性質を測定した。

1) 形態調査

層位の区分

土層の厚さ

推移状態——明、判、漸に区分する。

色——標準土色帖—農業改良局編（1955）による。

腐植、石礫——観察によるおおよその含有量を、すこぶる富む、富む、含む、乏し、なし、に区分する。

土性——機械分析値により、砂土 (S)、砂壤土 (SL)、砂質壤土 (SCL)、砂質粘土 (SC)、粘土質壤土 (CL)、軽粘土 (LC)、重粘土 (hC) に区分する。

構造——第 1 篇で示した記号であらわす。

堅密度——固結、すこぶる堅、堅、やや堅、軟、鬆に区分する。石礫土など粗孔隙に富み、堅いものは特に堅、粗としてあらわす。

水湿状態——採取時の pF 値を、第 1 篇、第 1 章に示した区分にしたがつて、乾、やや乾、潤、湿、過湿に区分する。

2) 理化学的性質の測定項目

機械組成 粒径区分は国際法による。分析法もこれに準拠した。

容積組成 400 cc の採土円筒を用いて採取した自然状態の土壌に含まれる固体：水：空気の容積比

最大容水量 a) 飽水時の水分量を円筒容積に対する % であらわす (容積 %)。

b) 同上の水分量を乾燥細土の重量に対する % であらわす (重量 %)。

最小容気量

容 積 重 自然状態の土壌 (礫を含む) についてあらわす。

石 礫 量 円筒試料中に含まれる礫 (径 2 mm 以上) の重量を乾燥土壌重に対する % であらわす。

透 水 速 度 第 1 編に示した測定法による。

土壌水の pF 関係 隔膜吸引法により測定した pF 0~2.5 の範囲の pF 値に対応する水分を円筒容積

に対する % であらわす。

非毛管孔隙量 全孔隙量—pF 7~1.7 の水分量 (容積 %)

3) 化学的性質の測定項目

酸度 pH (H₂O): 2.5 容の蒸留水懸濁液の pH

pH (KCl): 2.5 容の N-KCl 溶液懸濁液の pH

いずれもガラス電極で測定した。

置 換 酸 度 風乾土 40 g を用い、大工原法に準じて測定した y₁ を示す。

置換性石灰 2.5 容の N-KCl 溶液による浸出液中の石灰量

全 窒 素 量 KJELDAHL 法により定量した。

全 炭 素 量 TIURIN 法により測定した。

C-N 比

置換酸度、置換性石灰、窒素、炭素の測定値は 2 点平均値をあらわす。もし 2 点の測定値が偏差 5% (相対誤差) を越えるときはさらに 2 点の分析を追加し、近似する 3 点の平均を示した。

4) 植生調査

調査区内の植生を調査し、種名、出現度を示す。

第 3 章 段戸国有林の土壌とスギ・ヒノキの成長

第 1 節 調査地の概況

本国有林の土壌調査は筆者ら (1956) がすでに報告した。本節はその報告の概要を記述する。

位置 段戸経営区は豊橋市の北方約 40 km の愛知県北設楽郡段戸村、田口町、東賀茂郡賀茂村の 3 町村にまたがっている。

所管 名古屋営林局新城営林署に所属する。

地形 この団地は、木曾山脈の南にひろがる三河高原の中北部にあたり、豊川と矢作川の分水界をなす。海拔高は 500~1,100 m で、団地の中央部、北西部は隆起準平原の特徴をよく示し、起伏量の小さい緩斜面が広く残っている。また傑出した秀峯がなく、ドーム状の残丘が多い。大小数条の分水嶺も平頂で、海拔 900~1,000 m のおだやかな波状丘陵となつて連なっている。したがって小出 (1952) のいうように、山頂斜面は上昇斜面でしかも短小な規模のものが多く、これに対して、団地の東南部は豊川の各支流が、回春により盛んな侵食をもちかえして、かなり開析の進んだ地形が見られる。山腹斜面は比較的長大で、ところどころに基岩の露出した岩石地や岩塊の累積地が見られる。このように団地は地形の明りように異なる 2 つの地域にわけられ、その境界は小出の指摘したように海拔高おおよそ 800 m である。すなわち、800 m 以下が侵食の盛んな晩幼年期ないし早壮年期の地形を示し、800 m 以上はほとんど原地形の準平原である。

地質 団地の大部分は古生層に由来する変成岩類からできており、小出によると、これは花崗岩の侵入により変成をうけ、かつもちあげられたものである。団地の周辺部には下層の花崗岩が見られる。

気候 適当な観測資料が少ないが、向野が引用した資料によると、この団地は表日本型の気象環境下にあり、調査地付近の年平均気温 10~12°C 前後、降水量は年間 2,000 mm 程度と推定される。参考までに団地内 2 地点の気象観測資料 (観測期間 3 箇年) を第 14 表に示す。

第 14 表 段戸国有林の気象観測資料
Table 14. Climatological data of Dando National Forest

		海拔高 Altitude	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	全年 Year
気 温 Temperature °C	鰻 沢 Unagi- sawa 団子島 Dango- jima	900 m	-1.8	-2.1	2.9	9.4	14.4	19.3	21.6	24.1	20.0	14.8	9.1	2.9	11.3
		520 m	2.3	1.9	8.4	12.5	16.4	19.8	24.7	25.8	23.4	15.4	9.9	4.3	13.8
降水量 Precipitation mm	鰻 沢 団子島		32.1	51.8	152.4	168.2	142.6	135.7	286.4	276.1	245.6	236.7	63.4	32.9	1,988.8
			127.4	45.8	127.0	149.1	223.1	256.4	291.1	235.4	187.0	128.6	186.0	113.2	2,055.0

なお、上表の観測期間ははなはだ短い、団地周辺の稲武（北方 10 km、海拔高 505 m）および高里（南方 17 km、海拔高 554 m）の観測値から考えて、前記した平均気温、降水量の推定は大過ないと思われる。

林況 この国有林はもと世伝御料林であり、段戸モミと呼ばれる良質の天然生モミを伐出して有名であったが、現在天然林は海拔 1,000 m 付近の地域にわずかに残されているにすぎない。その樹種はモミ・ツガを主とし、ヒノキ・サワラ・ヒメコマツ・コウヤマキ等、広葉樹ではブナ・ミズナラがおもで、クリ・ミズメ・コナラ・センノキ・カエデ類がある。団地の大半は人工林となっており、その大部分（面積 86%）はヒノキ、一部（13%）はスギである。

土壌 地形概況で述べたように、この団地は著しく地形の異なる 2 地区に分けられ、両地区には大きな土壌の相違が見られる。すなわち、団地の大半を占める準平原地域では、斜面の大部分に B_d 型土壌が分布しているが、一般に A 層は薄く、B 層以下は填質・堅密で、透水性ははなはだ不良である。このような土壌の理学的性質がヒノキの成長を不良にする最大の原因と解釈された。そして、地形的に排水の不良なことと土壌の不透水性とが相まって、多数の平坦地の中央部には湿地が出現し、その周辺は B_f ないし G 型土壌が分布する。また B_a 型等、特に乾燥した土壌の分布は少ないが、ドーム状残丘の頂部には主として B_a 型土壌、主要りょう線上には B_c 型土壌が比較的広く分布している。これに対して、開析の進んだ地域では、B_a 型あるいは極度に乾燥した砂礫土、岩石地が多く見られ、そこでは林木の成長が劣悪であるが、一般に山腹斜面が長大なため、斜面の中腹から山脚部には個行土ないし崩積土の B_d 型が分布し、面積はわずかであるが、理化学的性質の良好な B_e 型崩積土も見られる。この土壌におけるスギの成長は良好である。

第 2 節 各調査区の土壌、植生および造林木の成長状態

I ヒノキ造林地

団地内のヒノキ造林地から、成長の異なる 9 箇所の林分を選び、これに 12 の調査区を設けた。各調査区内の造林木成長状態、土壌の諸性質および林内植生を調査した。調査法は前章のとおりである。次にこれを示す。

Plot. No. 24 B_e 型土壌

位置および地形：105 林班イ小班、栃洞と西川との分水界をなす稜線部、擬園谷地形の凹形斜面。

方位 S25°W、傾斜 30°、海拔高 740 m、母材（石礫）絹雲母・石墨片岩

土壌断面の形態 (Plot. No. 24)

層 位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿 状態
L, F	+	明							
A ₁	8	漸	黒—黄褐 (1)	富む	富む	団粒状	SL	粗	湿
A ₂	18	漸	同上	含	富む	—*	SL	やや堅	潤
B	30	漸	帯緑—黄灰褐	乏し	富む	—*	SL	やや堅	潤
C	20+		同上	なし	すこぶる富む	—*	SL	堅	潤

—*: 特別な構造の発達していないもの。

造林木の成長状態 (Plot. No. 24)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立木本数	地位指数
ヒ ノ キ	平均 29 cm	平均 17.8 m	53 年	620/ha	15.8

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 14 図に示す。

植 生

シロモジ (2)、ヤマコウバシ (1)、ムラサキシキブ (1)、ヤブムラサキ (+)、クロモジ (+)、アブラチヤン (+)、スズタケ (1)、コアジサイ (1)、モミジガサ (1)、トリアシシヨウマ (1)、キイチゴ (1)、サルトリイバラ (+)、ガクアジサイ (+)、チヂミザサ (1)、マツカゼソウ (+)、チゴユリ (+)、シンガシラ (+)、サワダツ (+)、ハリギリ (+)、アオハダ (+)、アキノキリンソウ (+)、タチツボスミレ (+)。

Plot. No. 15 B_d 型土壌

位置および地形 104 林班イ小班、Plot. No. 24 と同じりょう線部の緩斜面。

方位 S20°W、傾斜 20°、海拔高 810 m、母材（石礫）、変成岩、礫に乏し。

土壌断面の形態 (Plot. No. 15)

層 位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿 状態
F	2	明							
A ₁	10	判	黒 褐 (1)	富む	乏 し	団粒状・発達	IC	鬆	湿
A ₂	16	判	帯褐—黒 (2)	富む	な し	カベ状	IC	堅	湿
B	18	漸	褐 (5)	乏し	な し	カベ状	IC	堅	湿
C	20+		褐 (灰褐)	なし	な し	カベ状	CL	堅	湿

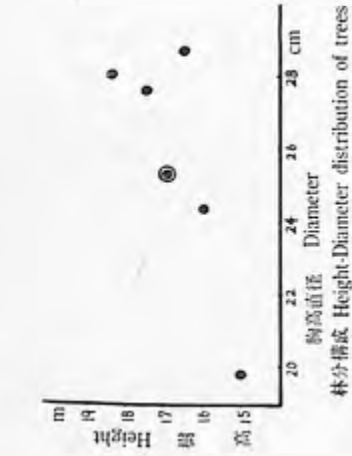
造林木の成長状態 (Plot. No. 15)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立木密度	地位指数
ヒ ノ キ	21 cm	15 m	51 年	1,450/ha	13.8

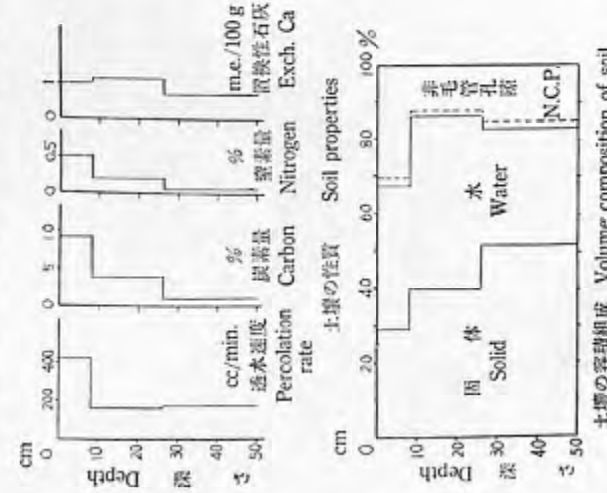
調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 15 図に示す。

植 生

モミ (2) 5 m、ミズナラ (+)、クリ (+)、カマツカ (2)、シロモジ (2)、アオハダ (+)、ヤブムラサキ (+)、ムラサキシキブ (+)、ツガ (+)、リョウブ (+)、ヒサカキ (+)、アセビ (+)、アカマツ

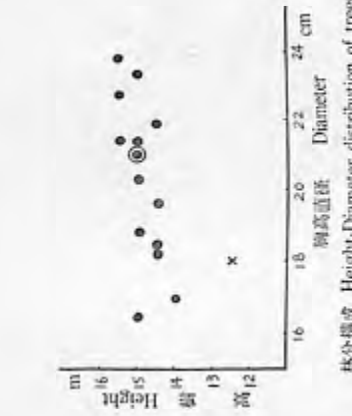


林分構成 Height-Diameter distribution of trees

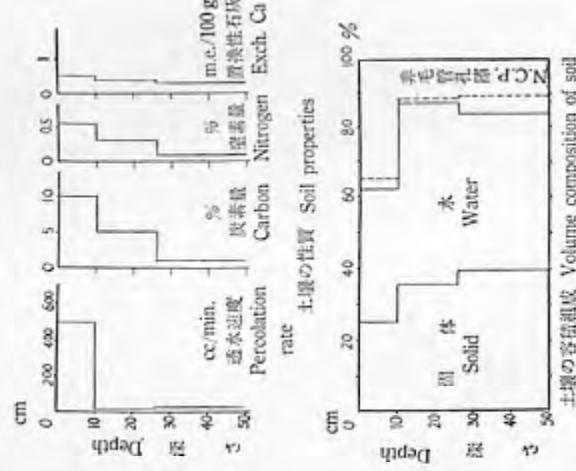


第14図 Plot. No. 24 の林分構成および土壌の性質
Fig. 14 Growth of trees and some soil properties in Plot No. 24

◎ 標準木 Sample tree × 劣勢木 Cull tree

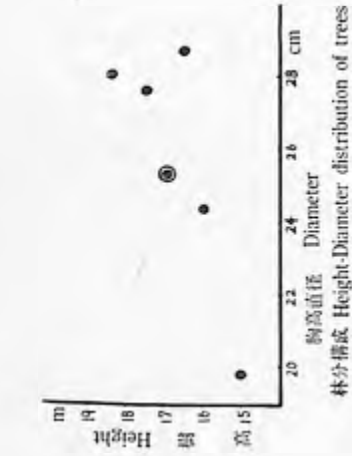


林分構成 Height-Diameter distribution of trees

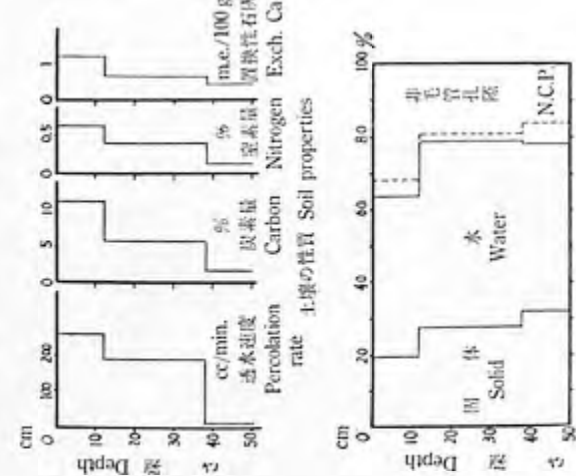


第15図 Plot. No. 15 の林分構成および土壌の性質
Fig. 15 Growth of trees and some soil properties in Plot No. 15

◎ 標準木 Sample tree × 劣勢木 Cull tree



林分構成 Height-Diameter distribution of trees



第16図 Plot. No. 16 の林分構成および土壌の性質
Fig. 16 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 16

◎ 標準木 Sample tree × 劣勢木 Cull tree

(+), コバノトネリコ (+), コウヤボウキ (+), コアジサイ (+), ウリカエデ (+), サルトリイバラ (+), チゴユリ (+), サワフタギ (+), ミヤマシキミ (+), オトコヨウゾメ (+)。

Plot. No. 16 B_D 型土壌

位置および地形 104 林班イ小班, 長大な平行斜面の上部。

方位 S45°E, 傾斜 30°, 海拔高 800 m。

土壌断面の形態 (Plot. No. 16)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
A ₁	12	判	黒褐 (1)	富む	なし	団粒状	CL	軟	湿
A ₂	26	判	黒褐 (2)	含む	なし	—	CL	軟	湿
B	30+	漸	濁褐	乏し	なし	カベ状	CL	堅	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 16)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
ヒノキ	25.5 cm	16.6 m	51 年	1,000/ha	15.0

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 16 図に示す。

植生

クロモジ (2), シロモジ (1), ヤマウルシ (1), ハリギリ (+), ムラサキシキブ (+), コアジサイ (1), キイチゴ (1), モミジガサ (1), トリアシシヨウマ (1), コウヤボウキ (+), ミツバアケビ (1), ノブドウ (1), ツルリンドウ (1)。

Plot. No. 7 B_D 型土壌 (定積土)

位置および地形 74 林班ロ小班, 準平原地域の平坦地。

方位 N70°W, 傾斜 15°, 海拔高 940 m, 母材 変成岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 7)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
(L) F	1	明							
A ₁	3	判	黒褐 (2)	富む	なし	団粒状・弱度に発達	IC	軟	湿
A ₂	10	判	黒褐 (3)	含む	なし	カベ状	IC	堅	湿
B ₁	16	漸	褐 (1)	乏し	なし	カベ状	IC	堅	湿
B ₂	30+	漸	暗黄褐 (5)	乏し	なし	カベ状	IC	すこぶる堅	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 7)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
ヒノキ	15.5 cm	10 m	55 年	1,600/ha	8.6

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 17 図に示す。

植生

ヤマウルシ (1), イヌツゲ (+), ホオノキ (+), モミ (+), シロモジ (+), ネジキ (+), アセビ

(+), バイカツツジ (+), ホツツジ (+), スノキ (+), スズタケ (2), コミネカエデ (+), シシガシラ (+), トウゲシバ (+), ツルリンドウ (+), マイヅルソウ (+)

Plot. No. 18 B_D 型土壤 (定積土)

位置および地形 Plot. No. 7 に隣接する平坦地

方位 S10°E, 傾斜 13°, 海拔高 950m, 母材 (石礫) 絹雲母・石墨片岩。

土壤断面の形態 (Plot. No. 18)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
A ₁ -R*	2	明	帯褐—黒 (2)	すこぶる富む	なし	団粒状・粒状	IC	軟	湿
A ₂	8	判	黒 褐 (1)	富 む	なし	カベ状	IC	堅	湿
A-B	10	判	暗—黄褐 (1)	含 む	なし	カベ状	IC	堅	湿
B	20	判	褐 (1)	なし	なし	カベ状	IC	すこぶる堅	湿
C	30+	判	淡 褐	なし	すこぶる富む	—	IC	すこぶる堅	湿

* A₁-R 層はヒノキの細根網層中に、粒状および団粒状の土壤が混じっている層。

造林木の成長状態 (Plot. No. 18)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
ヒノキ	12.8cm	7.4m	56年	2,900/ha	5.9

調査区内の林分構成および土壤の理化学的性質を第 18 図に示す。

植 生

地表にヒカゲノカズラ (4) があるほかは Plot. No. 7 に酷似するが、生活形はやや貧弱である。

Plot. No. 19 B_D(d) 型土壤 (定積土)

位置および地形 準平原地域の平坦地。Plot. No. 18 に近い微凸地形。

方位 S. E, 傾斜 8°, 海拔高 950m, 母材 (石礫) 絹雲母・石墨片岩。

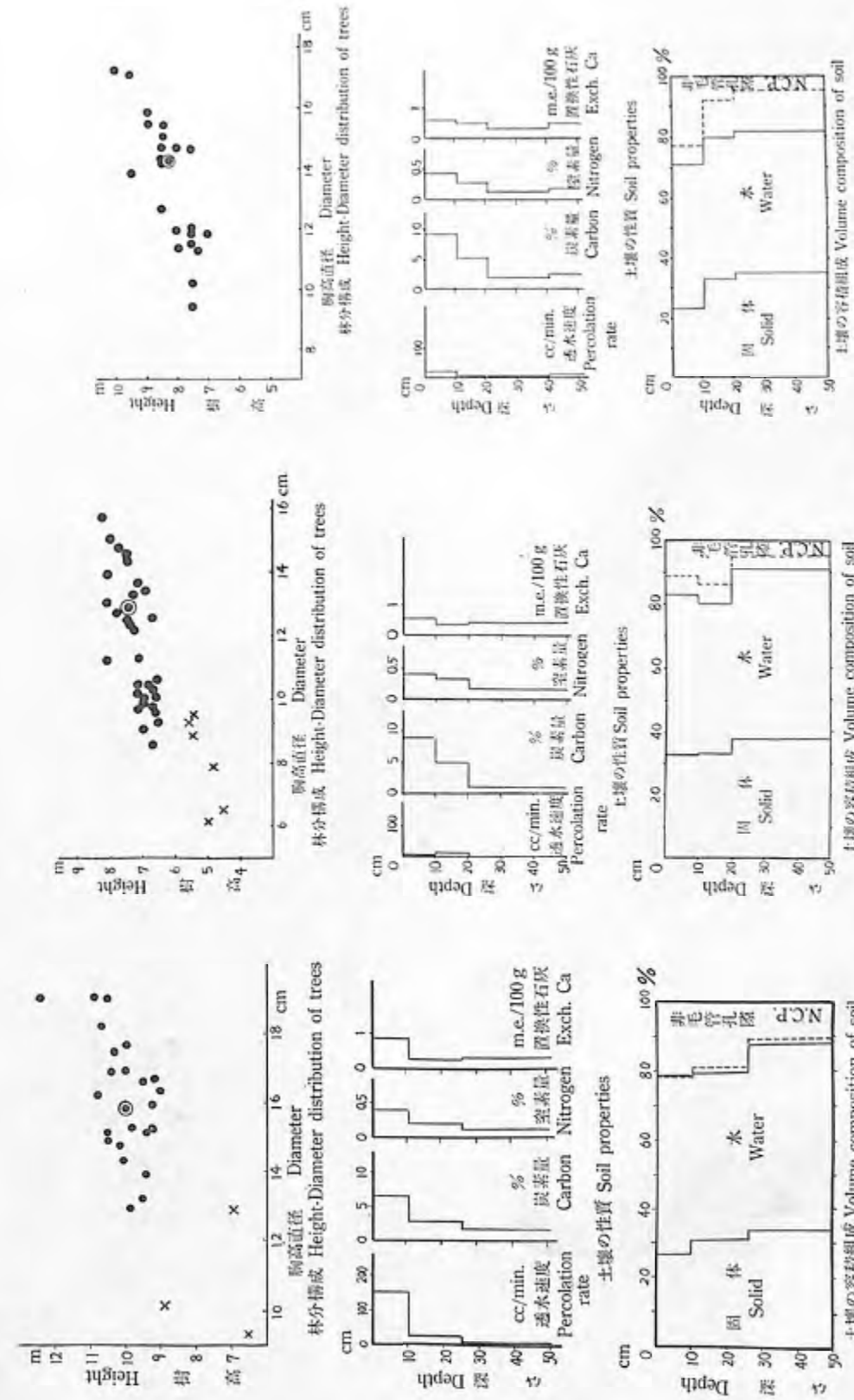
土壤断面の形態 (Plot. No. 19)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
LF	3	明							
R	2	明							
A	10	明	黒 褐 (1)	富 む	なし	粒状 (団粒状)	IC	鬆	潤~湿
B ₁	10	明	褐 (1)	乏 し	なし	カベ状	IC	堅	湿
B ₂	20	判	褐 (1)	乏 し	なし	カベ状	SC	すこぶる堅	湿
B ₃	15	判	暗—黄褐 (1)	含 む	なし	カベ状	SC	堅	湿

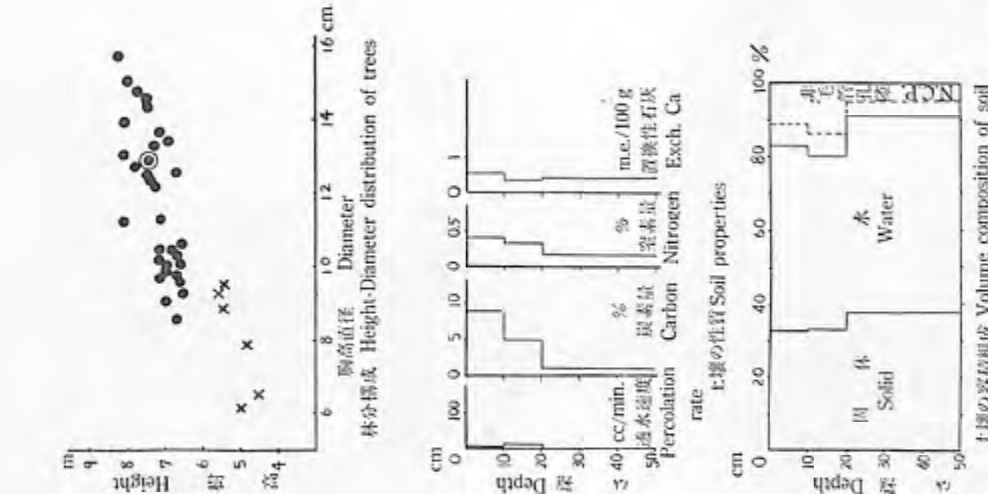
造林木の成長状態 (Plot. No. 19)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
ヒノキ	14cm	8.2m	55年	2,600/ha	6.4

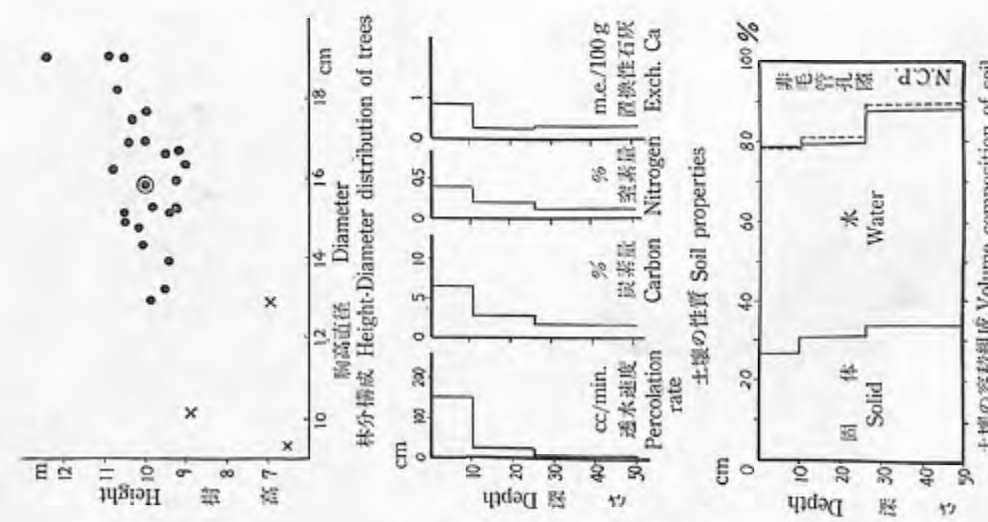
調査区内の林分構成および土壤の性質は第 19 図に示す。



第17図 Plot. No. 7 の林分構成および土壤の性質
Fig. 17 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 7



第18図 Plot. No. 18 の林分構成および土壤の性質
Fig. 18 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 18



第19図 Plot. No. 19 の林分構成および土壤の性質
Fig. 19 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 19

植 生

モミ (+), アセビ (+), シロモジ (+), ホウソウ (+), バイカツツジ (+), カマツカ (+), スズ
タケ (+), シシガシラ (1), ヒカゲノカズラ (2), マイズルソウ (1)

Plot. No. 14 Bc 型土壌

位置および地形 122 林班, 裏谷峠, 弁天谷 (豊川支流) と裏谷 (矢作川支流) の分水界をなすよう
線頂部の平坦面。

方位 S80°E, 傾斜 12°, 海拔高 950 m, 母材 (石礫) 砂岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 14)

層 位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿 状態
F-(R)	1	明							
A ₁	2	判	黒 褐 (3)	富む	乏 し	粒 状	SCL	軟	潤
A ₂	10	判	暗—黄褐 (1)	含む	乏 し	堅果状・発達	SCL	堅	潤
A-B	18	漸	暗—灰褐	乏し	乏 し	堅 果 状	SCL	堅	潤
B	15	明	灰 褐 (1)	なし	乏 し	—	SCL	堅	潤
C	20+	明	—	なし	すこぶる富む	—	SCL	すこぶる堅	潤

造林木の成長状態 (Plot. No. 14)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ヒ ノ キ	16.7 cm	10 m	45 年	3,000/ha	8.5

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 20 図に示す。

植 生

シロモジ (1), スズタケ (4), モミ (1), ツガ (+), ムラサキシキブ (+), アオダモ (+), アキノ
キリンソウ (+), ツルリンドウ (+), サルトリイバラ (+), イワガラミ (3), ツタウルシ (1)

Plot. No. 20 Bd 型土壌

位置および地形 80 林班, 準平原地域の緩斜面。

方位 S50°E, 傾斜 22°, 海拔高 950 m, 母材 (石礫) 珪岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 20)

層 位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿 状態
R	3	明							
A	15	判	黒 褐 (1)	富む	小礫含む	団 粒 状	IC	軟	湿
A-B	10	判	暗 褐 (1)	含む	含 む	—	IC	堅	湿
B	25	判	褐 (2)	乏し	乏 し	カ ベ 状	IC	すこぶる堅	湿
C	20+	漸	褐 (2)	乏し	乏 し	カ ベ 状	IC	すこぶる堅	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 20)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ヒ ノ キ	19 cm	13.2 m	52 年	1,500/ha	10.6

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質は第 21 図に示す。

植 生

モミ (2) 2 m, シロモジ (1), コアジサイ (1), コミネカエデ (+), イヌツゲ (+), スギ (+), シ
シガシラ (1), センマイ (1), カンスゲ (+), シヨウジョウバカマ (+), コウヤボウキ (+), コナラ
(+), ヒカゲノカズラ (4), チゴユリ (+), ツタウルシ (+)

Plot. No. 21 Bd 型土壌 (定積土)

位置および地形 86 林班 (87 林班との境界付近), 準平原地域の緩斜面。

方位 S50°W, 傾斜 13°, 海拔高 980 m, 母材 (石礫) 珪岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 21)

層 位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿 状態
R	3	明	黒 褐 (1)						
A	14	明	黒 褐 (1)	富む	小礫含む	団粒状・弱	IC	や や 堅	湿
A-B	8	判	黒 褐 (2)	含む	乏 し	カ ベ 状	IC	堅	潤
B	20	明	褐 (1)	乏し	乏 し	カ ベ 状	IC	すこぶる堅	潤
C	20+	漸	褐 (5)	なし	大礫富む	カ ベ 状	IC	すこぶる堅	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 21)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ヒ ノ キ	14.5 cm	11.5 m	46 年	2,800/ha	9.8

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 22 図に示す。

植 生

モミ (1) 3 m, シロモジ (+), ネジキ (+), ヒカゲノカズラ (5), シシガシラ (1), センマイ (+),
チゴユリ (+), トウゲシバ (+), コカンスゲ (+)

Plot. No. 10 Bl 型土壌 (残積土)

位置および地形 20 林班, 小規模のドーム状残丘の鈍頭平坦面。

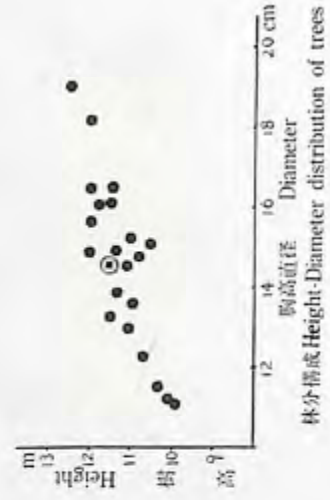
方位 S70°W, 傾斜 10°, 海拔 900 m, 母材 (石礫) 花崗岩, 砂岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 10)

層 位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿 状態
R	3	明							
A	8	明	帯褐—黒 (5)	富む	な し	粉 状	IC	や や 堅	湿
B ₁	12	漸	褐 (1)	乏し	な し	カ ベ 状	IC	堅	湿
B ₂	26	漸	明 黄 褐	なし	な し	カ ベ 状	IC	すこぶる堅	湿
C	20+	漸	帯赤—褐 (2)	なし	な し	カ ベ 状	IC	すこぶる堅	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 10)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ヒ ノ キ	7 cm	6 m	40 年	約 3,000/ha	6



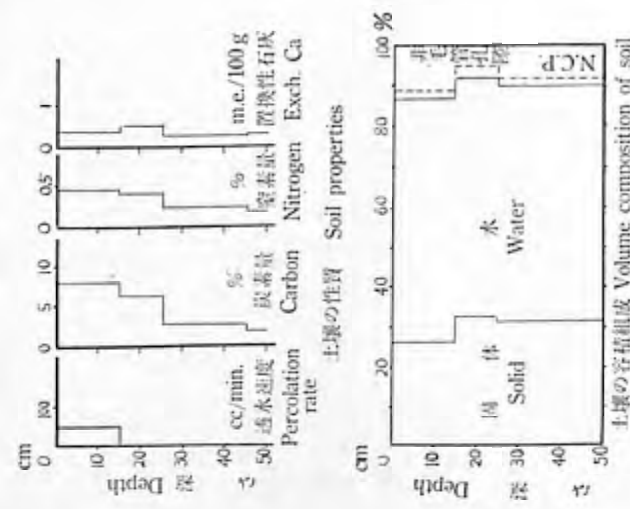
林分構成 Height-Diameter distribution of trees



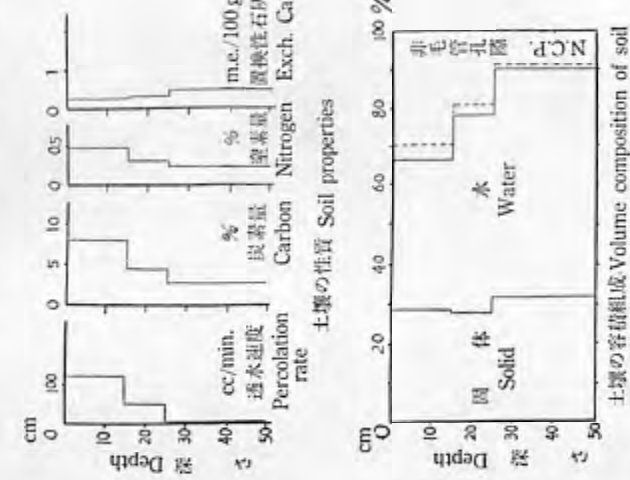
林分構成 Height-Diameter distribution of trees



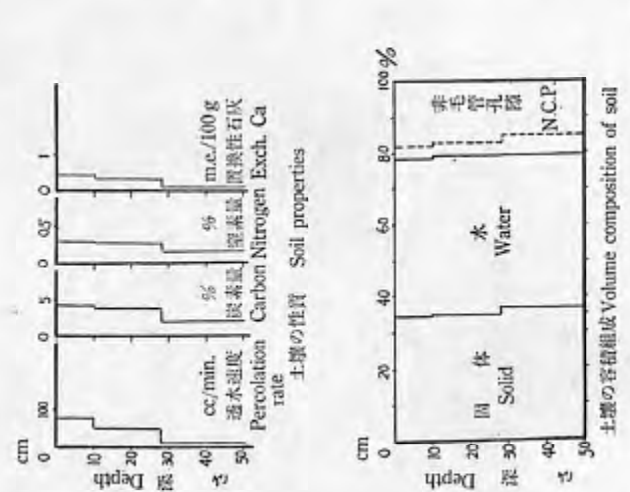
林分構成 Height-Diameter distribution of trees



第23図 Plot. No. 21 の林分構成および土壌の性質
Fig. 22 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 21



第24図 Plot. No. 20 の林分構成および土壌の性質
Fig. 21 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 20



第25図 Plot. No. 14 の林分構成および土壌の性質
Fig. 20 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 14

調査区内の土壌の理化学的性質を第 23 図に示す。

植 生

コナラ (3) 4m, クリ (+), ネジキ (+), アカシデ (+), アセビ (+), アカマツ (+), ミヤコザサ (+), ワラビ (+), ススキ (+), シシガシラ (+), ノギラン (+), ヒカゲノカズラ (1)

Plot. No. 12 Bl 型土壌

位置および地形 25 林班, 残丘の山脚部緩斜面。

方位 N8°E, 傾斜 19°, 海拔高 800m, 母材 (石礫) 花崗岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 12)

層 位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿状態
F	2	明							
A ₁	10	判	黒	富む	なし	団粒状・発達	SC	鬆	湿
A ₂	20	判	帯褐—黒 (5)	富む	なし	塊 状	SC	堅	湿
A-B	20	明	暗—黄褐 (5)	含む	乏し	カ ベ 状	SCL	堅	湿
B	30+	明	灰 褐 (1)	乏し	含む	カ ベ 状	SCL	すこぶる堅	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 12)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ヒ ノ キ	23cm	17m	40年	約 1,200/ha	17

調査区内の土壌の理化学的性質を第 24 図に示す。

植 生

コシアブラ (+), ウツギ (+), ヤマウルシ (+), リョウブ (+), ホオノキ (+), ムラサキシキブ (+), キブシ (+), イヌシデ (+), コアジサイ (+), ハリギリ (+), ウワミズザクラ (+), コバノガマズミ (+), アクシバ (+), クリ (+), アオハダ (+), キイチゴ (+), モリイバラ (+), ウド (+), オカトラノオ (+), フタリシズカ (+), スズビトハギ (+), ヤマシロギク (+), チゴユリ (+), フシダロセンノウ (+), アキノタムラソウ (+), センマイ (+), シシガシラ (+), ワラビ (+), クマワラビ (+), サルトリイバラ (+), ノブドウ (+), フジ (+), ミツバアケビ (+)

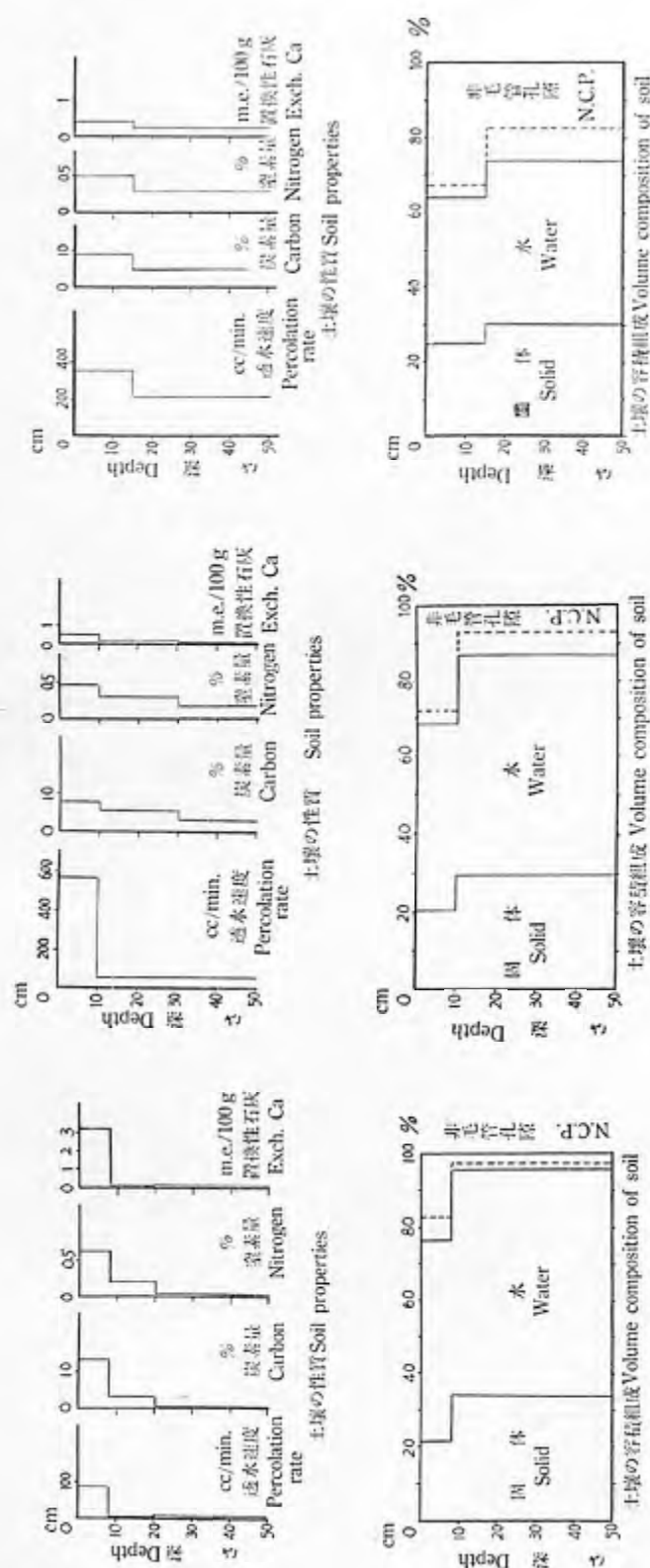
Plot. No. 13 Bl 型土壌 (崩積, 石礫土)

位置および地形 28 林班, 残丘下部の緩斜面。

方向 S70°E, 傾斜 24°, 海拔高 840m, 母材 (石礫) 絹雲母・石墨片岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 13)

層 位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿状態
F	2	明							
A	15	漸	黒	富む	片状小礫含む	団粒状・発達	SCL	軟~鬆	湿
A-B	20	漸	暗—黄灰褐 (2)	含む	富 む	—	SCL	軟 粗	湿
B	12	漸	灰—黄褐 (2)	乏し	中礫富む	カ ベ 状	SCL	軟	湿
C	20+	漸	—	なし	すこぶる富む	—	SCL	堅 粗	湿



第 23 図 Plot. No. 10 の土壌の性質
Fig. 23 Some soil properties of Plot. No. 10

第 24 図 Plot. No. 12 の土壌の性質
Fig. 24 Some soil properties of Plot. No. 12

第 25 図 Plot. No. 13 の土壌の性質
Fig. 25 Some soil properties of Plot. No. 13

造林木の成長状態 (Plot. No. 13)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ヒ ノ キ	17 cm	15 m	40 年	約 1,500/ha	15

調査区内の土壌の理化学的性質を第 25 図に示す。

植 生

シロモジ (+), ミツバツツジ (+), シシガシラ (+), トウゲシバ (+), ツルリンドウ (+), ヒカゲノカズラ (+), コウヤノマンネンズギ (+)

各調査区の標準木の樹高成長を第 26 図に示す。

II スギ造林地

段戸国有林のスギ造林地から選んだ 5 箇所の林分に、5 調査区を設けた。各調査区内の土壌、植生、造林木の成長状態は次のとおりである。

Plot. No. 25 BE 型土壌

位置および地形 65 林班イ小班, 山脚部凹形緩斜面, 沢沿い。

方位・傾斜, N20°E, 15°, 海拔高 720 m, 母材 (石礫) 花崗岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 25)

層 位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐 植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水 湿 状態
L	4								
A ₁	20	漸	帯褐黒 (1)	富 む	乏 し	団 粒 状	SCL	軟	湿
A ₂	18	漸	灰 黒 (2)	含 む	乏 し	団粒状・弱度	SCL	軟	湿
B	22	漸	帯黄—暗黄褐 (2)	乏 し	含 む	—	SL	堅	湿
A'	30	判	暗—黄灰褐 (1)	含 む	乏 し	—	SCL	堅	湿
B'	20+	判	淡 褐	乏 し	乏 し	—	SCL	堅	湿

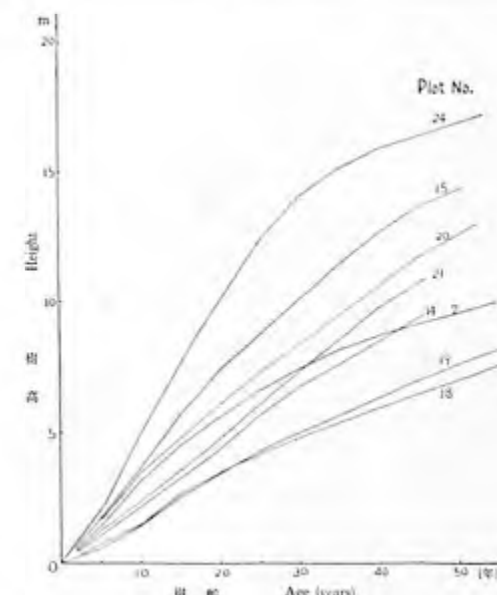
造林木の成長状態 (Plot. No. 25)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ス ギ	36 cm	21.8 m	40 年	620/ha	21.8

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 27 図に示す。

植 生

ウツギ (2), キブシ (2), タマアジサイ (3), ニワトコ (1), ムラサキシキブ (+), ミズキ (+), シ



第 26 図 段戸国有林, 調査区のスギ樹高成長
Fig. 26 Growth of Hinoki in the stands of Dando National Forest

ロモジ (+), ニガイチゴ (+), チヂミザサ (1), ミゾシダ (1), フタリシズカ (+), トリアシシロウマ (+), キイチゴ (+), ミツバアケビ (+)

Plot. No. 17 BD 型土壌

位置および地形 65 林班イ小斑, 山腹斜面の上部, 微凸地形緩斜面。

方位・傾斜, S10°W, 25°, 海拔高 780 m, 母材 (石礫) 花崗岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 17)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
L・F	2	明							
A ₁	10	判	帯褐—黒 (3)	富む	なし	団粒状	IC	軟	湿
A ₂	8	判	同上 (4)	富む	なし	—	IC	やや堅	湿
A-B	20	判	帯黄—暗黄褐 (3)	含む	乏し	カベ状	IC	すこぶる堅	湿
B	30+	漸	褐 (1)	乏し	乏し	カベ状	IC	すこぶる堅	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 17)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
スギ	18.8 cm	13.4 m	41年	1,700/ha	12.9

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 28 図に示す。

植生

シロモジ (1), ムラサキシキブ (1), ヤブムラサキ (1), コナラ (+), ミズナラ (+), ヤマウルシ (+), リョウブ (+), スズタケ (+), ヤマシロギタ (+), キイチゴ (+), フジ (+)

Plot. No. 8 BE 型土壌 (崩積土)

位置および地形 76 林班イ小斑, 長大な山腹斜面の山脚部, 沢沿いの急斜面。

方位・傾斜 S70°E, 40°, 海拔高 750 m, 石礫 花崗岩, 砂岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 8)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
L	4	明							
A ₁	15	漸	黒灰褐	富む	富む	団粒状・発達	SCL	鬆	過湿
A ₂	35	漸	暗灰褐 (1)	富む	富む	団粒状	SCL	鬆	過湿
B	30	漸	灰黄褐 (2)	含む	富む	—	SCL	やや堅, 粗	湿
C	30+	漸		乏し	すこぶる富む	—	SCL	堅, 粗	湿

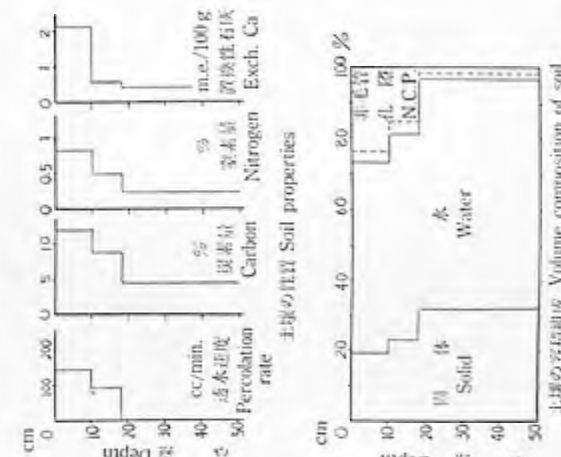
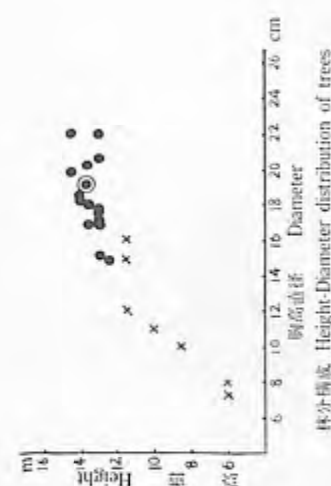
造林木の成長状態 (Plot. No. 8)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
スギ	35 cm	25 m	50年	1,000/ha	22

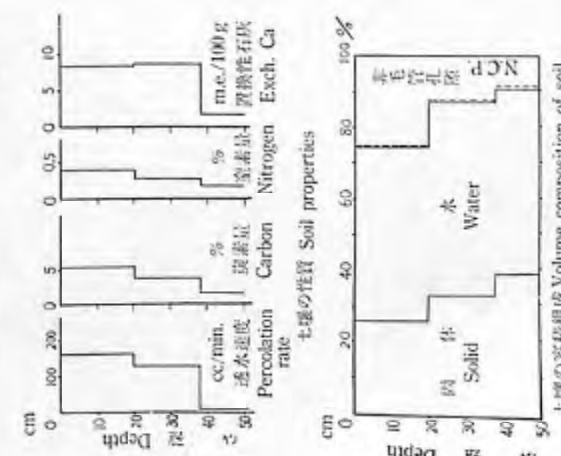
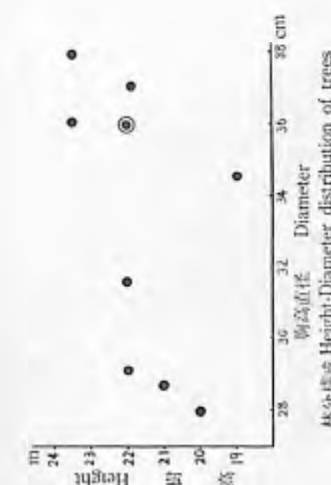
調査区内の土壌の理化学的性質を第 29 図に示す。

植生

シロモジ (2), ミズキ (2), コミネカエデ (+), ムラサキシキブ (1), ホオノキ (1), ヤブムラサキ



第29図 Plot. No. 8 における土壌の性質
Fig. 29 Soil properties of Plot. No. 8



第28図 Plot. No. 17 の林分構成および土壌の性質
Fig. 28 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 17

第27図 Plot. No. 25 の林分構成および土壌の性質
Fig. 27 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 25

(+), キイチゴ (1), スズタケ (3), クジヤクシダ (1), サワアジサイ (2), タマアジサイ (1), トリアシシヨウマ (+), ミゾシダ (+), センマイ (+), カンスゲ (+), チゴユリ (+), ミツバアケビ (+), フジ (+)

Plot. No. 22 BD 型土壤

位置および地形 166 林班ハ小班, 山腹斜面上部の微凹形緩斜面。

方位・傾斜, S 80°W, 23°, 海拔高 800 m, 母材 (石礫) 砂岩, 珪岩。

土壤断面の形態 (Plot. No. 22)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
L	3	明							
A ₁	18	漸	帯黄—暗黄褐 (3)	含む	乏し	団粒状	SC	軟	湿
A ₂	14	明	同上	含む	乏し	—	SC	軟	湿
A'	20	明	黒褐 (1)	富む	乏し	カベ状	IC	堅	湿
B'	20	漸	褐 (5)	乏し	乏し	カベ状	SCL	すこぶる堅	過湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 22)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
スギ	20 cm	15 m	33 年	1,400/ha	17.0

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 30 図に示す。

植生

コナラ (3) 2 m, クリ (+), ヤマウルシ (+), クロモジ (+), シロモジ (+), センマイ (1), トリアシシヨウマ (1), カンスゲ (1), シンガシラ (+), シロヤマギタ (+), コアジサイ (+), タマアジサイ (+), ムラサキシキブ (+), フジ (3)

Plot. No. 23 BD(d) 型土壤

位置および地形 166 林班ハ小班, 本谷にのぞむ急傾斜面の中腹。

方位・傾斜, S 40°E, 35°, 海拔高 780 m, 母材 (石礫) 砂岩, 珪岩。

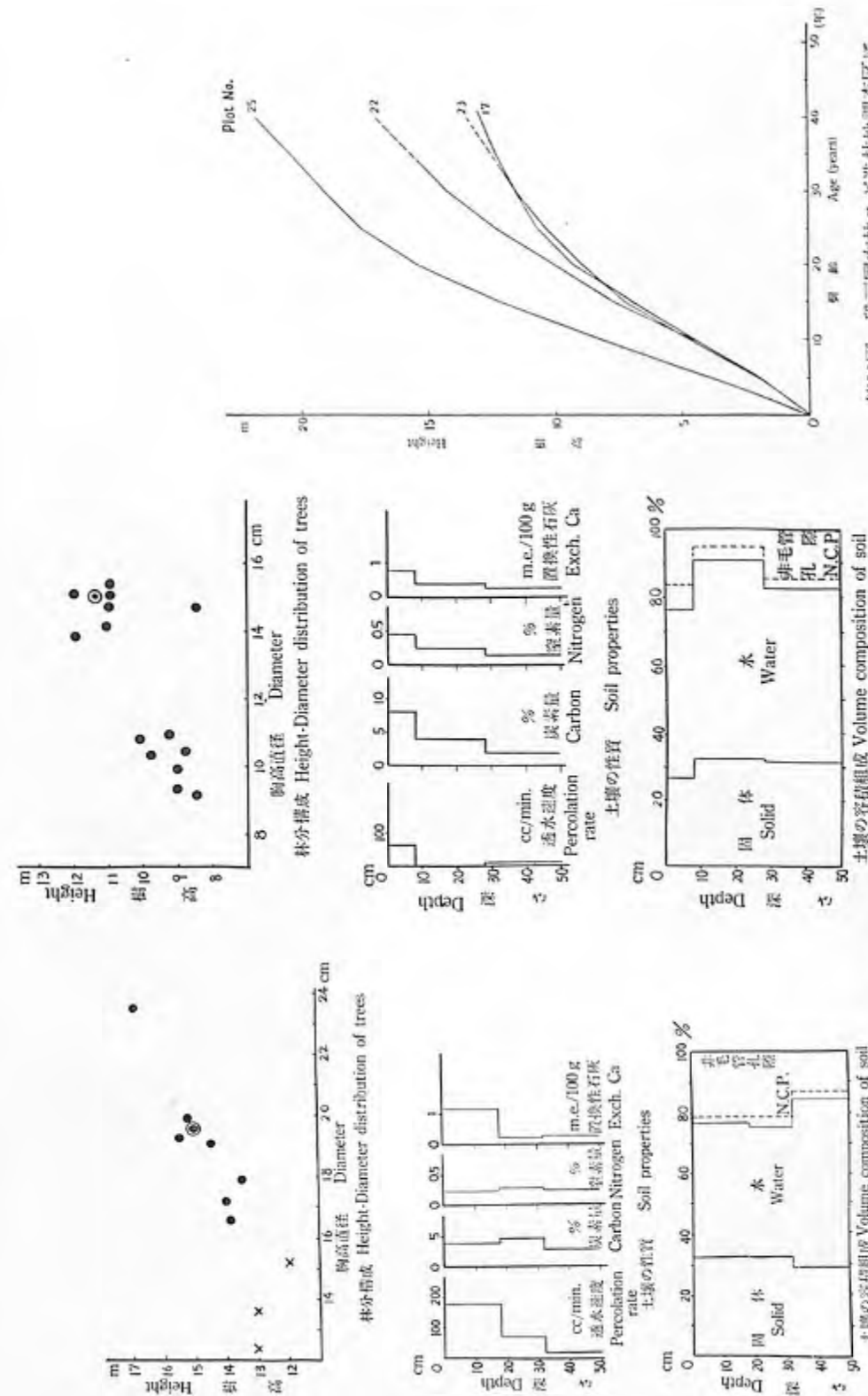
土壤断面の形態 (Plot. No. 23)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
L	3	明							
A ₁	8	明	黒褐 (1)	富む	乏し	粒状, 団粒状・弱度	IC	軟	潤
A ₂	20	判	暗—黄褐 (5)	含む	乏し	カベ状	IC	堅	湿
B	30	明	褐 (1)	乏し	乏し	カベ状	SL	堅	湿
C	20+	漸	灰褐 (1)	なし	乏し	カベ状	SL	すこぶる堅	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 23)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
スギ	15 cm	11.3 m	33 年	2,400/ha	13.5

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 31 図に示す。



第32図 段戸国有林スギ造林地調査区における樹高成長

Fig. 32 Growth of Sugi in the stands of Dando National Forest

第31図 Plot. No. 23 の林分構成および土壌の性質
Fig. 31 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 23

第30図 Plot. No. 22 の林分構成および土壌の性質
Fig. 30 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 22

植 生

ミズナラ (3) 3 m, コナラ (+) 3 m, クリ (+) 5 m, モミ (+), ツガ (+), シロモジ (+), リョウブ (+), ヤブムラサキ (+), ムラサキシキブ (+), ゼンマイ (+), トリアシシヨウマ (+), カンズゲ (+), フジ (+)

各調査区の標準木の樹高成長を第 32 図に示す。

第 3 節 総 括

ヒノキの成長と土壌、植生との関係

段戸国有林では、おもに海拔 800 m 以上の準平原地域にヒノキが造林されている。このうち、4 調査区を波状りよう線地形の頂部に近い緩斜面に、8 調査区を平坦地形上に設けた。各調査区の調査資料を総合すると次のような関係および傾向が認められる。

1) 土壌型と地位指数

各調査区の土壌型と地位指数とを次に示す。

土 壌 型	Bc	Bd(d)	Bd (定積土)	Bd	Be	Bl
箇 所 数	1	1	4	2	1	3
地 位 指 数	8.5	6.4	5.9~10.6	13.8~15.0	15.8	6.0~17.0

Ba 型, Ba 型等乾性土壌における造林木の成長ははなはだ不良であるが、幼時、アカマツ等乾性樹種が侵入し、現在これらにより造林木が被圧されている場合が多く、調査区を選定することができなかつた。また、最も分布面積の多い Bd 型を主として調査したため、この調査では各土壌型についての地位と土壌型との関係は求められないが、選定した調査区の範囲内では、Bd, Be 型土壌の地位は比較的高く、弱乾性の Bd(d) 型, Bc 型土壌では低い。また Bd 型定積土の地位指数が低い値を示すことが特に注目される。Bl 型土壌の地位指数にはきわめて低いものと高いものがあるから、土壌の形態、堆積区分によつて細分されなければならない。

2) 土壌の化学的性質と地位

各調査区の土壌はいずれも良好な化学的性質を示さず、特に A 層土は、pH 4.2~4.9、置換酸度 (y_1) 13.5~46.8、置換性石灰 0.1~1.2 m.e./100 g. を示し、強酸性、きわめて石灰に乏しい土壌である。しかしヒノキの成長はこのこととはそれほど関係していない。

3) 土壌の形態と地位

土壌の形態調査からは次の傾向が認められる。一般に A 層が薄く、B 層が堅密、カベ状を呈する土壌には造林木の成長が不良である。このような不良林分では、ヒノキの細根が最上層数 cm に密集し、細根網層を形成している。良好な成長を示す林分では、A₁ 層に団粒状構造が発達し、粗鬆であるか、または深くまで堅密カベ状の土壌が存在しない。このことから Bl 型土壌は、A 層の薄いカベ状構造の土壌: Bl(Ms.) および A 層に団粒構造の発達した土壌: Bl(Cr.) に亜型区分を行なつた。なお、前の報告 (1956) には、亜型区分を暫定的に Bl-I, Bl-II, Bl-III としたが、Bl-I 型は Bl(Ms.) 型に、Bl-II 型は Bl(Cr.) および崩積土に相当し、Bl-III 型はこの両亜型の中間型にあたる。

4) 土壌の理学的性質と地位

機械的組成については、高地位の土壌は砂質壤土が多く、低地位の土壌は軽粘土に集まる傾向があ

る。また低地位の土壌には非毛管孔隙が少ない。透水性と地位とはかなり密接に関係し、高地位の土壌は低地位より良好である。このことは、土壌型と地位、土壌の形態と地位とに関して上記した傾向を裏書きするものといえよう。

5) 林内植生と地位

高地位の調査区と低地位の調査区にそれぞれ共通して出現する種には次のようなものがある。

高地位 ムラサキシキブ, クロモジ, ハリギリ, コアジサイ, モミジガサ, トリアシシヨウマ。

低地位 モミ, アセビ, ネジキ, ヒカゲノカズラ。

スギ造林地の土壌、植生と造林木の成長との関係

スギの造林地は団地の南西部にかたより、おもに開析の進んだ地域にある。調査区は山腹斜面に 3 箇所、山脚部、沢沿いに 2 箇所選定した。5 調査区を地位指数により、高地位 (地位指数 22, 21.8) および低地位 (地位指数 12.9, 13.5, 17.0) に区分すれば、両者の土壌、植生には次のような明らかな相違が見られる。

1) 土壌型と地位

一般にスギは乾性土壌に劣悪な成長を示すことが考えられるが、この団地には乾性土壌にまとまつた造林地がなく、調査区を選べなかつた。この調査の結果では、低地位の土壌型は Bd(d) 型, Bd 型, Bd 型定積土を示し、高地位は Be 型, Be 型崩積土である。多くの調査報告に見られる傾向とはほぼ同様である。

2) 土壌の化学的性質と地位

高地位の土壌は 2, 3 の化学的性質がすぐれており、特に表土は pH 5.5、置換酸度は 1.3~2.2、置換性石灰 8~10 m.e./100 g. を示し、はなはだ良好である。これに対して低地位の土壌では pH 4.4~5.2、置換酸度 15.7~33.5、置換性石灰 0.8~2.1 m.e./100 g. を示す。窒素、炭素の含有量、C-N 比には明りような相違は見られない。

3) 土壌形態と地位

高地位の土壌は A 層に団粒状構造がよく発達し、B 層との境界が漸变的であり、カベ状、堅密土層までの深さが比較的深い。低地位の土壌はこれに反して、層位の推移状態は比較的判然とし、下層土が堅密である。

4) 土壌の理学的性質と地位

上記の土壌形態の相違は透水性によくあらわれており、高地位の土壌は低地位より透水性が深くまで良好である傾向が見られる。土性との関係は、高地位の土壌の方が砂質で、礫が多い。

5) 林内植生と地位

両地位にそれぞれ共通した植生には次のようなものがある。

高地位 ミズキ, タマアジサイ, ミゾソバ, トリアシシヨウマ。

低地位 コナラ, ミズナラ, リョウブ, ヤマウルシ。

第 4 章 大代国有林の土壌とスギ・ヒノキの成長

第 1 節 調査地の概況

所在 静岡県榛原郡五和村

所管 東京営林局掛川営林署

地形 この国有林は掛川市の北方約 15 km、大井川の西岸にある。赤石山脈の南縁にあたり、八高山（海拔 830 m）を中心とする南北約 5 km の団地である。この団地の南側に調査区を設けた。

調査地付近の地形は八高山から南流する大代川上流の溪と、この溪の両岸に、同じく南に向かつてやや低くなっている 2 条のりよう線とからなる。海拔高は溪底が 300~360 m、りよう線上は 500~650 m である。りよう線上には平坦面が残され、溪にのぞむ斜面は 30~40° の傾斜をもつ、早壮年期の地形を示す。溪沿いには、山脚緩斜面、押し出し等の崩積地は比較的少ない。調査地の地形を要約すると、りよう線上の平坦面と長大な平衡斜面の 2 つに大別される。

地質・母材 地質は三倉層に属する中生代の砂岩と思われ、この岩屑、石礫が斜面をおおっているが、りよう線部には重粘土が定積し、その母材は古生層に由来する変成岩と推定された。

土壌 この団地の土壌は一般にかなり埴質で、りよう線頂部では重埴土、斜面下部の、石礫を多量に含んだ崩積土でも、その細土は軽埴土である。土壌型の分布傾向は、Be 型崩積土が少なく、山腹斜面の大部分は礫を多量に含んだ Bd 型土壌であり、その多くは匍行土、一部崩積土となつている。りよう線上の平坦面には Bd 型土壌が、微凸地形には Bu(d) 型土壌が分布し、大部分が定積（残積）土で、下層土は堅密なカベ状を呈する。りよう線の肩にあたる緩斜面には Bc 型土壌が分布し、西向の同地形には一部 Ba 型土壌も見られる。

林況 団地の大部分が造林地となつているが、八高山、白光神社付近の尾根地形（海拔 700~800 m）にモミを主とする天然林が見られ、また 2 条のりよう線上にはモミの残存木があり、微凸形斜面上の造林地内にもモミが多数生立しており、かつてはこの団地の海拔 500 m 以上はモミを主とする針葉樹林が、また、これ以下には常緑広葉樹林が成立していたと考えられる。

造林地の大部分はヒノキで、40~50 年生の林分が多い。ヒノキの成長は Ba 型、Bc 型等乾性、弱乾性土壌を除けば一般に良好である。スギの植栽面積は少ない。

気候 調査地の年平均気温は 13°C 前後、降水量は年間 3,000 mm 程度と推定される。次にこの団地内で観測された気象資料を示す。

第 15 表 大代国有林の気象資料
Table 15. Climatological data of Ōjiro National Forest

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	全年 Year
気 温 °C Temperature	3.4	3.8	6.6	11.3	15.5	18.8	22.1	23.8	20.5	15.5	10.8	6.2	13.2
降 水 量 mm Precipitation	81.9	118.4	212.9	331.7	388.1	483.4	305.3	318.1	427.6	151.4	127.5	84.1	3,030.4

観 測 地：大代事業所（海拔 320 m）

観測期間：昭和 24（1949）~32（1957）

第 2 節 各調査区の土壌、植生および造林木の成長

I ヒノキ造林地

団地内のヒノキ造林地から、次のような地形上の林分を選び、これに 6 箇所の調査区を設定した。

りよう線頂部平坦地——平坦面、微凹地形、微凸地形

傾斜面——山脚緩斜面（微凹形）、斜面中腹、頂部に近い緩斜面（微凸形）

各調査区内の土壌、植生、造林木の成長状態は次のとおりである。

Plot. No. 86 Be 型土壌（崩積土）

位置および地形 59 林班、長大な斜面の山脚部緩斜面。

方位・傾斜、N45°W、27°、海拔高 360 m、母材（石礫）砂岩。

土壌断面の形態（Plot. No. 86）

層 位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿 状態
A ₁	16	漸	帯黄—暗黄褐(1)	富む	富 む	団粒状	IC	軟 粗	やや乾
A ₂	14	漸	暗—黄褐(5)	含む	富 む	塊状・弱度	IC	堅 粗	潤
B	26	漸	濁 褐	乏し	富 む	—	IC	同 上	潤
C	20+	漸	灰—黄褐(1)	なし	すこぶる富む	—	IC	同 上	潤

造林木の成長状態（Plot. No. 86）

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ヒ ノ キ	22.5 cm	17.2 m	41 年	1,000/ha	17.5

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 33 図に示す。

植 生

アオキ(2)、ハナイカダ(1)、ヤブツバキ(+), イヌツゲ(+), ネズミモチ(+), タブ(+), クロモジ(+), ムラサキシキブ(+), イスガヤ(+), ニワトコ(+), サワアジサイ(+), コアジサイ(+), アキノキリンソウ(+), イボタ(+), チヂミザサ(+), ミゾシダ(+), マツカゼソウ(+), スゲ(+), タチツボスミレ(+), ツルマサキ(+), ツルリンドウ(+)

Plot. No. 81 Bd 型土壌

位置および地形 59 林班、長大な斜面の中腹。

方位・傾斜、N25°W、35°、海拔高 430 m、母材（石礫）砂岩。

土壌断面の形態（Plot. No. 81）

層 位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿 状態
A	12	判	暗—灰黄褐	富 む	富 む	団粒状・弱度	IC	軟	やや乾
A-B	22	漸	灰—黄褐(2)	含む	富 む	—	IC	軟	やや乾
B	20	漸	淡—黄褐(2)	乏し	富 む	—	IC	堅 粗	湿
C	20+	漸	同 上	なし	富 む	—	IC	堅 粗	湿

造林木の成長状態（Plot. No. 81）

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ヒ ノ キ	20.5 cm	15.8 m	36 年	1,600/ha	17.0

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 34 図に示す。

植 生

ヒサカキ (2), ムラサキシキブ (1), サワアジサイ (1), ヤブツバキ (+), シキミ (+), サカキ (+), アラカン (+), ウラジロガシ (+), クロモジ (+), ヤブムラサキ (+), アオキ (+), アワブキ (+), アオハダ (+), コアジサイ (+), ミヤマシキミ (+), キツコウハグマ (+), タチツボスミレ (+), マンリヨウ (+), ミツバアケビ (+), ツルリンドウ (+)

Plot. No. 78 BA 型土壌

位置および地形 59 林班, りよう線頂部に近い緩斜面。

方位・傾斜, N45°W, 19°, 海拔高 460 m, 母材 (石礫) 砂岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 78)

層 位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿状態
L・F	3	明							
A ₁	5	判	暗一灰黄褐	富む	含 む	細 粒 状	hC	鬆	乾
A ₂	15	判	淡一黄褐 (3)	含む	富 む	粒 状	hC	やや堅粗	乾
B	30	漸	同 上 (2)	乏し	富 む	—	IC	やや堅粗	やや乾
C	30+	漸	同 上	なし	すこぶる富む	—	IC	堅 粗	潤

造林木の成長状態 (Plot. No. 78)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ヒ ノ キ	13.2 cm	10.0 m	35 年	3,000/ha	10.4

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 35 図に示す。

植 生

シキミ (2), ヒサカキ (3), サカキ (3), アセビ (1), ウラジロガシ (1), ヤブツバキ (1), ソヨゴ (+), ゴンズイ (+), モミ (+), アカガシ (+), ヒイラギ (+), ヒメシヤラ (+), コジイ (+), アオダモ (+), アカシデ (+), アオハダ (+), ミヤマシキミ (+), シュンラン (+), キツコウハグマ (+), ネズミモチ (+), サルトリイバラ (+)

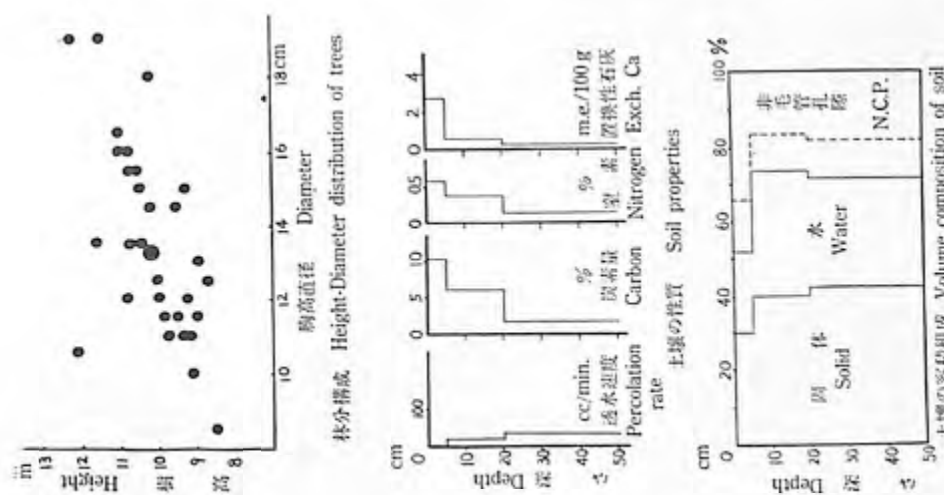
Plot. No. 82 BD 型土壌

位置および地形 21 林班, りよう線頂部平坦面。

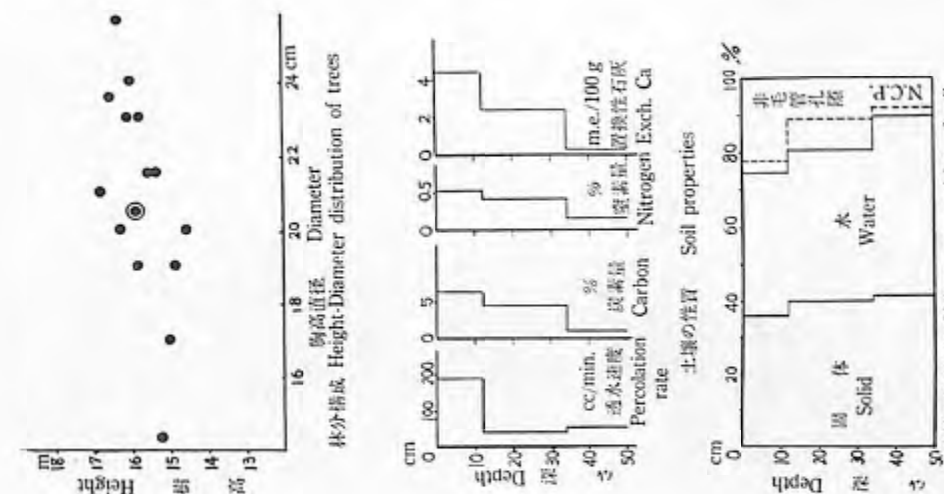
方位・傾斜, N20°W, 9°, 海拔高 500 m, 母材 (石礫) 砂岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 82)

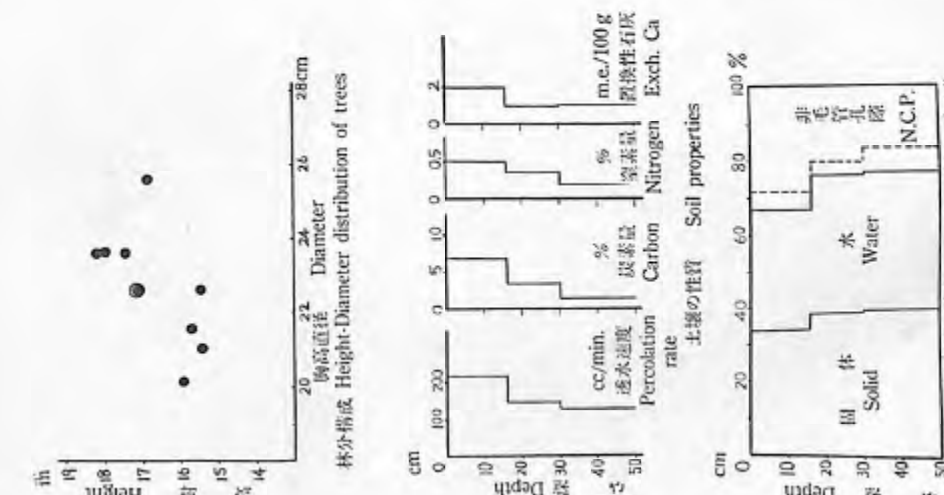
層 位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐 植	石礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿状態
A ₁	16	判	黒 褐 (1)	すこぶる富む	含む	団粒状・発達	hC	鬆	潤
A ₂	10	判	帯黄一暗黄褐 (1)	富 む	含む	—	hC	やや堅	湿
B ₁	25	漸	淡一黄褐 (1)	乏 し	含む	カ ベ 状	hC	堅 密	湿
B ₂	20	漸	暗一黄橙 (1)	乏 し	富む	カ ベ 状	hC	堅 密	湿
C	20+	漸	灰一黄橙	な し	富む	—	hC	堅 密	湿



第35図 Plot. No. 78 の林分構成および土壌の性質
Fig. 35 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 78



第34図 Plot. No. 81 の林分構成および土壌の性質
Fig. 34 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 81



第33図 Plot. No. 86 の林分構成および土壌の性質
Fig. 33 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 86

造林木の成長状態 (Plot. No. 82)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ヒ ノ キ	25.2 cm	17.8 m	47 年	1,360/ha	16.0

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 36 図に示す。

植 生

ヒサカキ (+), クロモジ (+), アブラチヤン (+), ケヤキ (+), ソヨゴ (+), ヤブムラサキ (+), コシアブラ (+), ハリギリ (+), アセビ (+), ヒノキ (+), アオハダ (+), ミヤマシキミ (+), スルデ (+), ウラジロノキ (+), チゴザサ (+), ヤブコウジ (+), トウゲシバ (+), ナキリスゲ (+)

Plot. No. 83 BD 型土壌

位置および地形 13 林班, りよう線鞍部の緩斜面。

方位・傾斜, N45°W, 12°, 海拔高 500 m, 母材 (石礫) 砂岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 83)

層 位	厚 さ (cm)	推移 状態	色	腐 植	石 礫	構 造	土 性	堅 密 度	水 湿 状態
L・F	1	明	黒 褐 (4)						
A ₁	16	判	黒 褐 (1)	すこぶる富む	乏し	団 粒 状	IC	軟	潤
A ₂	18	判	暗一灰黄褐	含 む	乏し	—	IC	やや堅	潤
B ₁	20	漸	淡一黄褐 (2)	乏 し	乏し	カ ベ 状	hC	堅 密	潤
B ₂	30	漸	灰一黄橙	な し	乏し	カ ベ 状	hC	堅 密	潤

造林木の成長状態 (Plot. No. 83)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ヒ ノ キ	21.4 cm	16.8 m	40 年	1,330/ha	16.5

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 37 図に示す。

植 生

マツラニツケイ (+), ヒサカキ (+), ウラジログシ (+), ミヤマシキミ (+), クロモジ (+), ヒイラギ (+), アラカシ (+), ヤブコウジ (+), トダシバ (+), ツルリンドウ (+), テイカカズラ (+)

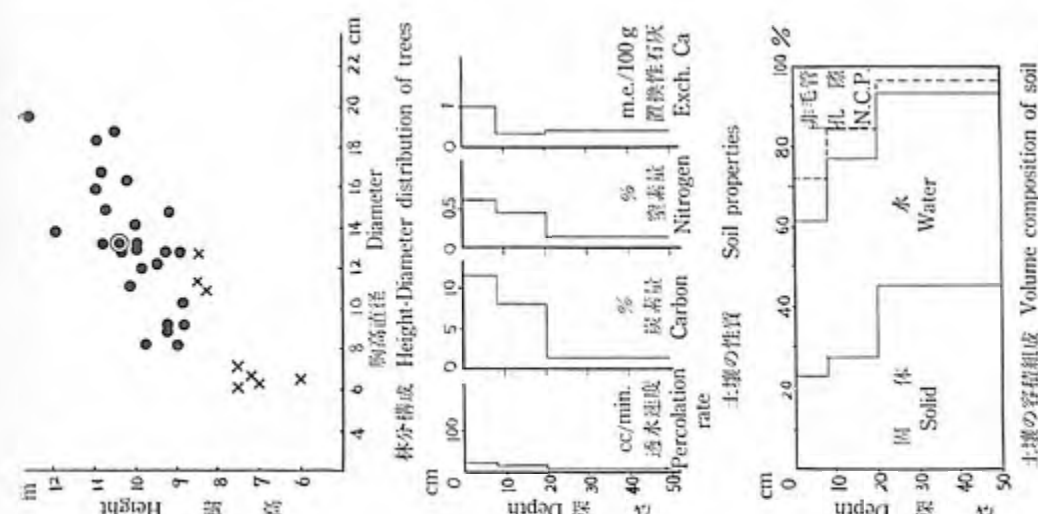
Plot. No. 80 BD(d) 型土壌

位置および地形 14 林班, りよう線上の微凸形平坦面。

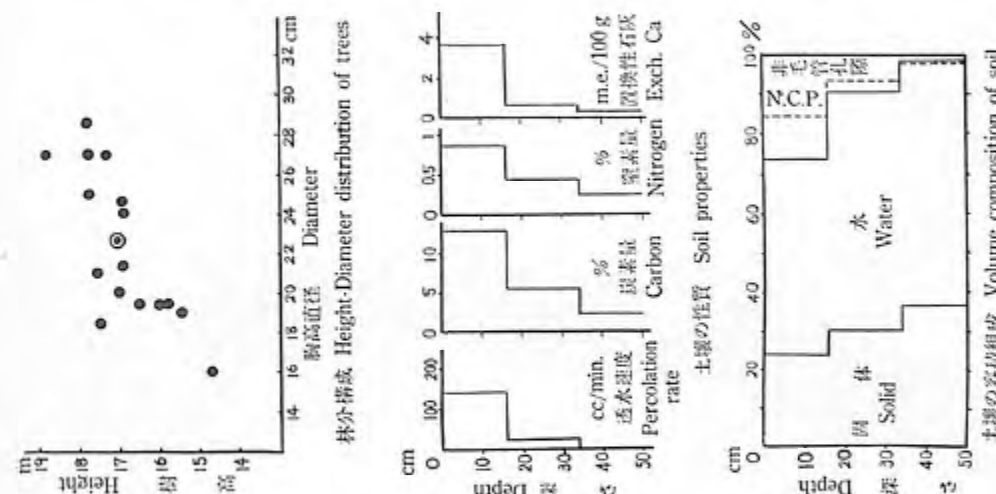
海拔高 500 m, 母材 (石礫) 砂岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 80)

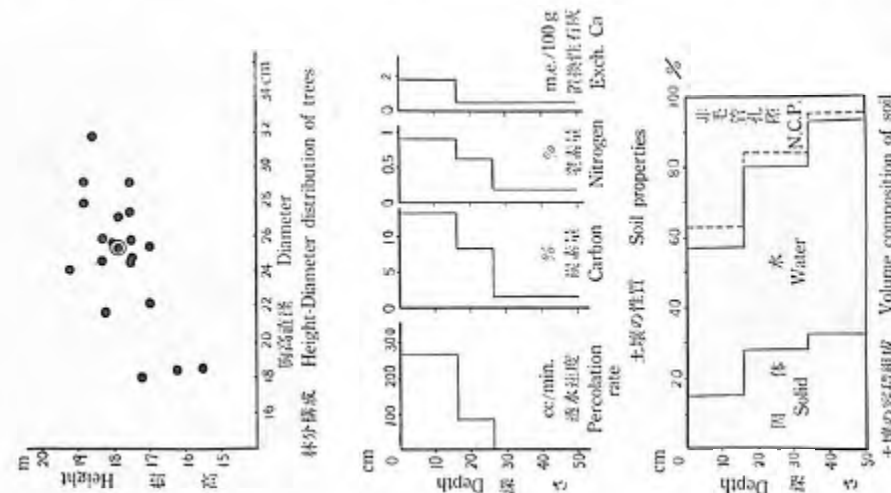
層 位	厚 さ (cm)	推移 状態	色	腐 植	石 礫	構 造	土 性	堅 密 度	水 状 湿 態
(L)・F	2	明							
A ₁	8	判	黒 褐 (2)	富む	乏し	粒状, 塊状・弱度	hC	軟	やや乾
A ₂	12	判	暗一黄褐 (3)	富む	含む	カ ベ 状	hC	堅	潤
B ₁	30	漸	濁 橙	乏し	含む	カ ベ 状	hC	すこぶる堅密	潤
B ₂ (C)	30+	漸	淡一黄橙	なし	富む	—	hC	すこぶる堅	潤



第38図 Plot. No. 80 の林分構成および土壌の性質
Fig. 38 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 80



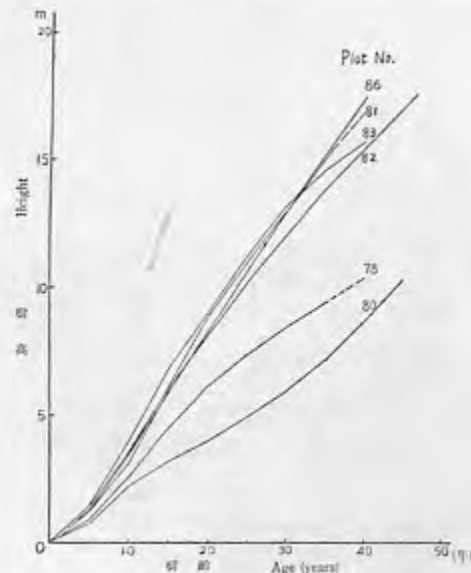
第37図 Plot. No. 83 の林分構成および土壌の性質
Fig. 37 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 83



第36図 Plot. No. 82 の林分構成および土壌の性質
Fig. 36 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 82

造林木の成長状態 (Plot. No. 80)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ヒ ノ キ	13 cm	10.3 m	46年	2,900/ha	8.5



第 39 図 大代国有林ヒノキ造林地
調査区における樹高成長
Fig. 39 Growth of Hinoki in the stands
of Ojiro National Forest

位置および地形 41 林班ロ小班, りよう線に近い微凸形緩斜面。

方位・傾斜, N25°E, 22°, 海拔高 420 m, 母材(石礫) 砂岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 79)

層 位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐 植	石礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿 状態
L	4	明							
F-(H)	2	明	黒 褐 (1)	すこぶる富む					やや乾
A ₁	3	明	同 上	富 む	乏し	粒状, 堅果状	hC	軟	〃
A ₂	18	判	灰-黄褐 (2)	含 む	含む	堅果状・発達	hC	堅 密	〃
B ₁	40	漸	暗-黄橙 (1)	乏 し	含む	塊状・弱度	hC	すこぶる堅密	〃
B ₂ (C)	20+	漸	淡-黄橙	な し	含む	—	hC	すこぶる堅	潤

造林木の成長状態 (Plot. No. 79)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ス ギ	16.2 cm	10.9 m	53年	1,750/ha	9.0

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 40 図に示す。

植 生

モミ (2), アセビ (1), クロモジ (+), アラカシ (+), アオキ (+), コジイ (+), スダジイ (+),

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 38 図に示す。

植 生

スズタケ (4), モミ (2) 2 m, ネジキ (1), アカシデ (+), シヤシヤンボ (+), アセビ (+), アオハダ (+), コバノガマズミ (+), コナラ (+), ヒサカキ (+), シキミ (+), トオカイスノキ (+)。
各調査区の標準木の樹高成長を第 39 図に示す。

II スギ造林地

この団地にはスギの造林地が少なく, その壮齢林は団地の南端にわずかに存在する。そこで大代川西岸斜面上に 3 カ所の調査区を設けた。これらはほぼ同一斜面上にあり, 地形的位置は斜面の肩にあたる微凸形緩斜面, 斜面中腹の微凹形斜面および平衡斜面である。

Plot. No. 79 BC 型土壌

ネジキ (1), ウラジロガシ (+), ガマズミ (+), コナラ (+), アオダモ (+), アカシデ (2), コアジサイ (3), トオカイスノキ (+), ヤマツツジ (+), アオハダ (+), ヒメシヤラ (+), ネズミモチ (+), ネザサ (+), トオゲシバ (+), テイカカズラ (+)

Plot. No. 85 BE 型土壌

位置および地形 41 林班ロ小班, 長大な斜面の中腹, 微凹地形。

方位・傾斜 N10°E, 30°, 海拔高 360 m, 母材(石礫) 砂岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 85)

層 位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐 植	石礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿 状態
L	10	明							
A ₁	16	漸	黒 褐 (1)	すこぶる富む	含む	団 粒 状	IC	軟	潤
A ₂	15	漸	暗-黄褐 (5)	富 む	含む	団粒状・弱度	IC	軟	潤
A-B ₁	20	漸	淡-黄褐 (1)	含 む	含む	—	IC	堅	潤
B ₂	20+	漸	淡-黄褐 (4)	乏 し	含む	—	IC	堅	潤

造林木の成長状態 (Plot. No. 85)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ス ギ	31 cm	24.0 m	55年	1,200/ha	20.2

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 41 図に示す。

植 生

アオキ (2), ハナイカダ (2) 3 m, タブ (1) 7 m, ヤブムラサキ (2), アブラチヤン (+) 3 m, ムラサキシキブ (+), クロモジ (+), マツラニツケイ (+), シキミ (+), イヌガヤ (+), ヒサカキ (+), スルデ (+), カヤ (+), コアジサイ (+), ミヤマシキミ (+), ノイバラ (+), マンリヨウ (+), クマワラビ (+), ヤワラシダ (+), ベニシダ (+), キジノオシダ (+), フニイチゴ (+), テイカカズラ (+), サンカクヅル (+), ビナンカズラ (+), マルバドコロ (+), ツルリンドウ (+), イワガラミ (+), ミツバアケビ (+)

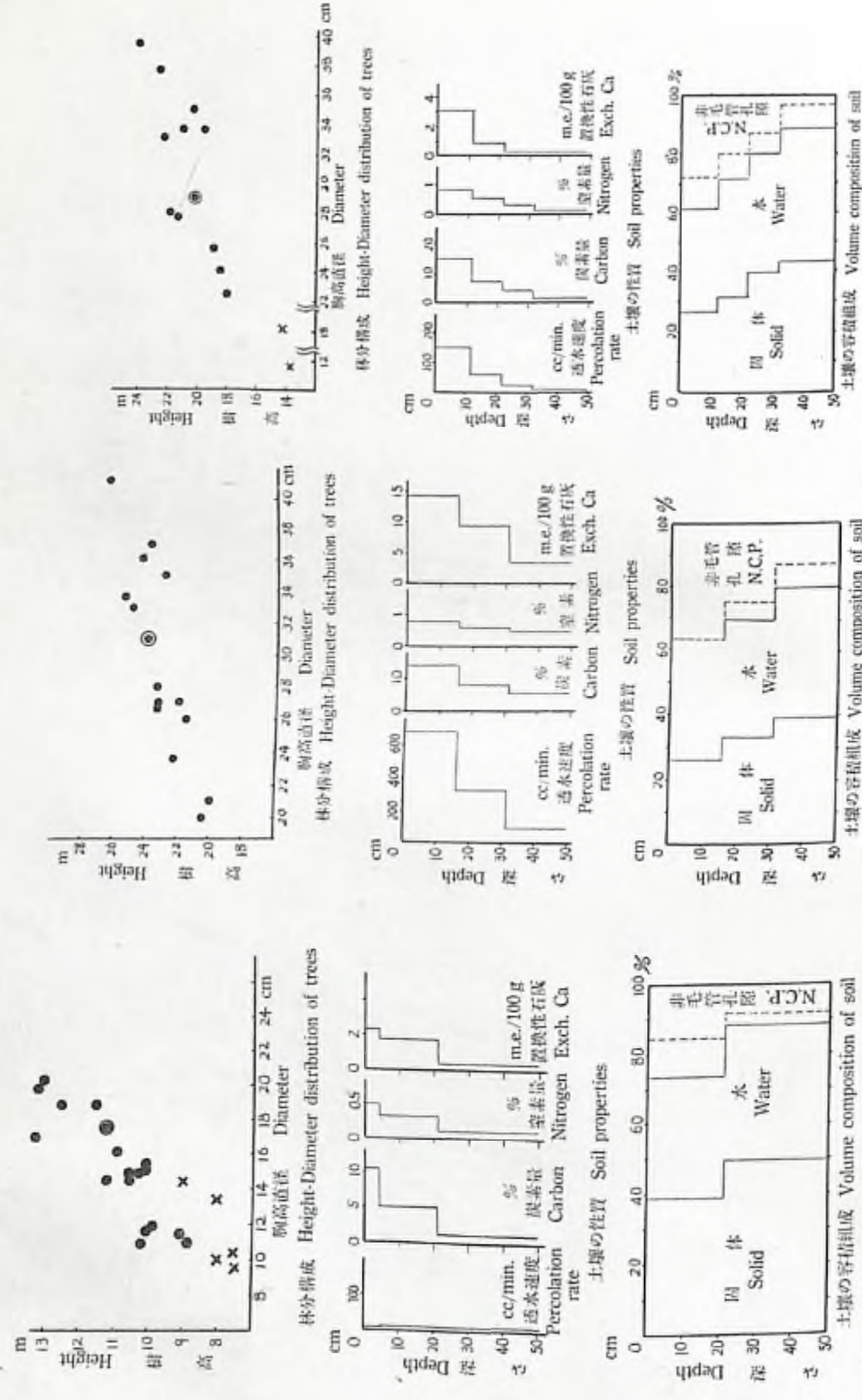
Plot. No. 84 BD 型土壌

位置および地形 41 林班ロ小班, 斜面の中腹。

方位・傾斜 N40°E, 27°, 海拔高 380 m, 母材(石礫) 砂岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 84)

層 位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐 植	石礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿 状態
L	10	明							
A ₁	12	判	黒 褐 (1)	すこぶる富む	含む	団粒状, 粒状・弱度	IC	軟	やや乾
A ₂	10	判	同 上	富 む	含む	—	IC	やや堅	やや乾
A-B	10	判	暗-黄褐 (5)	含 む	含む	カ ベ 状	hC	堅	やや乾
B ₁	30	漸	濁-黄橙	乏 し	含む	カ ベ 状	hC	堅 密	潤
B ₂	20+	漸	淡-黄橙	な し	含む	—	hC	堅	潤



第40図 Plot. No. 79 の林分構成および土壌の性質
Fig. 40 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 79

第41図 Plot. No. 85 の林分構成および土壌の性質
Fig. 41 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 85

第42図 Plot. No. 84 の林分構成および土壌の性質
Fig. 42 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 84

造林木の成長状態 (Plot. No. 84)

樹 種	胸高直径	樹 高	林 齢	立木密度	地位指数
スギ	29 cm	20.1 m	52年	1,000/ha	15.0

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 42 図に示す。

植 生
クロモジ (1) 2 m, ヤブムラサキ (1) 2 m, アオキ (1), コアジサイ (3), ムラサキシキブ (1), モミ (+), シラカシ (+), アラカシ (+), ヒサカキ (+), ヒメシヤラ (+), ミツマタ (+), ハナイカダ (+), アセビ (+), イヌガヤ (+), ガマズミ (+), コウヤボウキ (+), ミヤマシキミ (+), マンリヨウ (+), トウゲシバ (+), ヤブコウジ (+), シエンラン (+), テイカカズラ (1), サルトリイバラ (+), ツルリンドウ (+), ミツバアケビ (+)

各調査区の標準木の樹高成長を第 43 図に示す。

第 3 節 総 括

ヒノキ造林地の土壌、植生と造林木の成長との関係

種々の地形上に設けた調査区内の土壌、植生と造林木の成長との関係について、前節の資料および土壌の分析値を総合すると、次のような関係あるいは傾向が見られる。

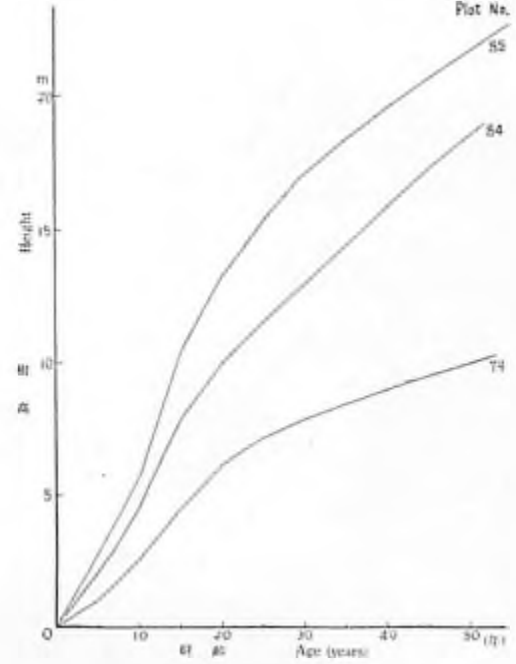
1) 土壌型と地位指数

各調査区は地位指数によつて、次のように 2 分される。低地位 (地位指数 8.5~10.4), 高地位 (地位指数 16.0~17.5)。

低地位には BA~Bd(a) 型, Bd(a) 型土壌が属し, 乾性ないし弱乾性土壌である。これに対して高地位には湿润性の Bb 型, Be 型土壌が属する。なお, りよう線上の平坦面に分布する Bb 型定積土は, 段戸国有林の場合と異なり, その地位は御行土, 崩積土と大差なく, 比較的高い。

2) 土壌の化学的性質と地位

この団地のヒノキ造林地土壌は一般に酸性が強く, 置換性石灰に乏しい。すなわち, A₁ 層の pH 値は 4.2~5.2, 置換酸度 (y₁) は 12.0~56.7, 置換性石灰 0.99~4.41 m.e./100 g を示す。このうち置換酸度は低地位の土壌に大きい傾向を認めることができる。炭素, 窒素含有量は地位と関係していないが, C-N 比は低地位の土壌の上層に若干高くなることが見られる。しかしながら, この団地の土壌も, 段戸国有林の場合とほぼ同様に, 化学的性質は地位とそれほど明りょうな関係を示していない。なお, この団



第 43 図 大代国有林スギ造林地調査区における樹高成長
Fig. 43 Growth of Sugi in the stands of Ōjiro National Forest

地では下層土が pH 4.6~5.0, 置換酸度 12.2~43.3 を示し, かなり酸性である。このことは段戸国有林の下層土とおもむきを異にしている。

3) 土壤形態と地位

団地内のりよう線部平坦面 B₀ 型定積土では下層土はきわめて填質, 堅密, カベ状を呈し, 透水性はなほだ不良であり, A 層もそれほど厚くはない。このことは段戸国有林の準平原地域の平坦面とよく似ている。しかし, Plot. No. 82, 83 に見られるように, ヒノキの成長はかなり良好である。このことから, 30 cm 程度の A 層があり, その上部に団粒状構造がよく発達していれば, 少なくとも 40 年間位のヒノキの成長には支障をきたさないと解釈される。

4) 土壤の理学的性質と地位

この団地の土壤の機械組成は, 粘土, 微砂がすこぶる多く, 土性は重埴土ないし軽埴土である。埴は傾斜地の土壤にすこぶる多く, 平坦地には少ない。そして, 土性, 礫量は, 段戸国有林の場合と異なり, ヒノキの成長とほとんど関係を示さない。しかし, A 層の透水性は低地位の土壤に乏しく, 高地位には良好であることが明らかに認められる。

5) 林内植生と地位

高地位, 低地位の調査区内にそれぞれ, 次のような植生の出現する傾向が見られる。

低地位: モミ, シキミ, アセビ, ソヨゴ, アカシデ。

高地位: アオキ, ムラサキシキブ, サワアジサイ, コアジサイ, タロモジ, ツルリンドウ。

スギ造林地の土壤, 植生と造林木の成長との関係

この団地に 40 年生前後の造林地が少なく, 調査区も地位上, 中, 下の 3 箇所の林分に選定しただけで, 繰り返しをとつていないため, 地位と土壤, 植生との関係はそれほど確かとはいえないが, 次のような傾向が明らかに認められる。

3 調査区におけるスギの成長は第 43 図の樹高曲線に見られるように, 明らかに相違し, Plot. No. 85, 84, 79 の順に, 上, 中, 下の成長を示す。この順序は地形的位置, 土壤の性質, 植生等と関係が深く, しかもその関係は一般に考えられていることとよく一致し, スギの成長に及ぼす環境因子の好例といえることができる。すなわち, 地形的位置については, 斜面上部→中部, 凸形→平衡→凹形斜面の順に地位は高くなる。土壤型では, B_c 型→B_d 型→B_e 型の順に成長は良好となる。

土壤の反応, 置換性石灰量も上記の順に, 高地位ほど酸性が弱く, 置換酸度は小さく, 置換性石灰は豊富である。

土壤形態は, 高地位ほど, 表土の団粒構造がよく発達し, 堅密な下層までの深さが大となり, 層位の推移は漸变的となる。このような形態の相違は土壤の透水性によくあらわれており, 段戸国有林の場合と同様に, 透水性の良好な A 層の深いほど高地位を示す。

なお, 土性, 石礫量は地位と関係を示していない。

林内植生については, 高地位の調査区に, アオキ, ハナイカダ, ヤブムラサキが多く, 低地位の調査区にはモミ, アセビ, アカシデ, コナラが優占する。この傾向は他の地域のスギ林にもしばしば見られる一般的な傾向といえる。

第 5 章 高尾山国有林の土壤とスギ・ヒノキの成長

第 1 節 調査地の概況

所在 東京都浅川町

所管 東京営林局東京営林署

この国有林は高尾山(海拔 600 m)を含む, 海拔 200~600 m, 面積約 600 ha の団地である。このうち, 高尾山から小仏峠へ向かうりよう線の南側, 案内川の流域(林班 44~48)に調査区を設けた。

地形 この団地は秩父連山の南, 関東山地帯の東縁にあたり, 多摩丘陵および武蔵野台地に移行する地帯にある。調査地付近は, 高尾山から, ほぼ東西に走るりよう線と, これより派生する尾根, 沢とからなる壮年期地形を示す。りよう線は鈍頭, 平坦面が残され, 沢沿いの斜面は 30~40° の傾斜をもつものが多く, りよう線に近い沢頭には掘削谷状の凹形緩斜面がよく形成されている。

地質 この団地の地質は中生代の小仏層に属する砂岩および粘板岩で, 斜面および沢にはこれらの岩層が堆積している。また鈍頭尾根およびりよう線上の平坦面には関東ロームの堆積が見られる。

気候 次表に示す林業試験場浅川分室の気象観測資料から, 調査地付近の年平均気温は 12°C 前後, 降水量は年間 1,500 mm 程度と推定される。

第 16 表 浅川町の気象観測資料

Table 16. Climatological data of Asakawa

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	全年 Year
気 温 °C Temperature	2.4	2.5	5.9	10.9	16.2	19.7	24.3	24.6	21.9	15.2	10.6	4.7	13.2
降 水 量 mm Precipitation	32.6	66.5	66.9	86.1	89.5	147.2	204.3	192.7	190.0	204.5	95.7	52.8	1,428.8

観測地の海拔: 180 m

観 測 期 間: 昭和15(1940)~24(1949)年

林況 りよう線部(海拔 500~600 m)を除けば, この団地はおよそ常緑広葉樹帯に相当するが, 団地の大部分が造林地となつている。高尾山の東に続くりよう線上, 薬王院の表登山道付近にはモミを主とする針葉樹およびブナ等の落葉広葉樹が生立している。

造林樹種はスギ, ヒノキがおもで, 極く一部にアカマツその他がある。スギは斜面の中腹以下に, ヒノキはおもにりよう線部, 尾根に植栽されている。林齢は 44~48 林班に 40 年生が集中しているため, この付近を調査地にとつた。造林木の成長は尾根等の乾燥しやすい場所を除けば, 一般に良好であり, 特に沢沿いの石礫・崩積地, 沢頭の凹形緩斜面にはスギの成長がすこぶる良好である。

土壤 りよう線部平坦面には B₀ 型, B₀(d) 型, B₁ 型土壤が分布し, いずれも関東ロームを母材とする定積土で, その理学的性質は劣る。傾斜地では, 斜面上部の凸形緩斜面には B_c 型, B₀(d) 型土壤が分布し, その A 層は薄い。斜面中腹には B₀ 型土壤が, 沢沿いの石礫堆積地には典型的な B_e 型崩積土が見られる。

第 2 節 各調査区の土壌、植生および造林木の成長

I ヒノキ造林地

団地内のヒノキ造林地から、りよう線上平坦面 2 箇所、凹形斜面 2 箇所、平衡斜面 2 箇所、凸形斜面および尾根地形 3 箇所、合計 9 箇所の林分を選び、調査区を設けた。次に各調査区内の土壌、植生、造林木の成長状態を示す。

Plot. No. 92 $Bl(Cr)_1$ 型土壌

位置および地形 46 林班イ小班、りよう線上の平坦面、微凹地形。

方位・傾斜 $S50^\circ E$, 6° , 海拔高 540 m, 母材 関東ローム。

土壌断面の形態 (Plot. No. 92)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
A ₁	17	判	黄褐—黒 (5)	すこぶる富む	なし	団粒状・発達	IC	鬆	潤
A ₂	30	漸	帯褐—黒 (2)	富む	なし	—	L	軟密	潤
A ₃	20	明	同上	富む	なし	カベ状	CL	やや堅密	潤
B ₁	20	漸	暗褐 (2)	含む	なし	カベ状	SL	堅密	湿
B ₂ (C)	20+	漸	褐 (1)	乏し	なし	カベ状	SL	すこぶる堅密	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 92)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
ヒノキ	23 cm	17 m	40 年	1,000/ha	17.0

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 44 図に示す。

植生

ウリノキ (+), イノコズチ (+), チヂミザサ (1), クマザサ (+), ヤマダワ (+), ヤマウルシ (+), ノウルシ (+), メヤブマオウ (+), ニワトコ (+), フタリシズカ (+), ホウチヤタソウ (+), アキノタムラソウ (+), キイチゴ (+), アマチャヅル (5), ミツバアケビ (+), フルリンドウ (+), サンカタヅル (+)

Plot. No. 93 BD 型土壌

位置および地形 46 林班イ小班、りよう線に近い微凹形斜面。

方位・傾斜 $S55^\circ E$, 28° , 海拔高 500 m, 母材 関東ローム。

土壌断面の形態 (Plot. No. 93)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
A ₁	16	漸	黒褐 (2)	富む	なし	団粒状・発達	SL	鬆	潤
A ₂	20	漸	黒褐 (3)	富む	なし	団粒状	SL	軟	潤
B ₁	40	漸	暗褐 (1)	含む	乏し	—	SL	軟	湿
B ₂	20+	漸	暗褐 (3)	乏し	乏し	カベ状	SL	すこぶる堅密	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 93)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
ヒノキ	21 cm	17.5 m	36 年	1,400/ha	18.0

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 45 図に示す。

植生

ノリウツギ (+), クサギ (+), ニワトコ (+), キブシ (+), ミズキ (+), イイギリ (+), チヂミザサ (3), キイチゴ (+), シロコメナ (+), ヤマニガナ (+), クサイチゴ (+), ヤブタバコ (+), タチツボスミレ (1), ハンシヨウヅル (1), シラタチヅル (1)

Plot. No. 96 BD 型土壌

位置および地形 46 林班イ小班、斜面中腹。

方位・傾斜 $N20^\circ W$, 38° , 海拔高 490 m, 母材 関東ローム。

土壌断面の形態 (Plot. No. 96)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
A ₁	14	明	黒褐 (1)	富む	乏し	団粒状、粒状	IC	軟	湿~潤
A ₂	16	判	黒褐 (2)	含む	乏し	塊状	CL	軟	潤
B ₁	22	漸	濁褐	乏し	乏し	—	L	軟	湿
B ₂ (C)	30+	漸	褐 (3)	なし	乏し	カベ状	SL	堅密	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 96)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
ヒノキ	15.6 cm	14.5 m	34 年	1,900/ha	16.5

土壌の理化学的性質を第 46 図に示す。

植生

アオキ (+), ウシコロシ (+), コウヤボウキ (1), フタリシズカ (+), キイチゴ (+), トリアシシヨウマ (+), ヌスビトハギ (+), ノイバラ (+), チヂミザサ (+), ゼンマイ (+), テキリスゲ (+), タガネソウ (+), ギボシ (+), ホウチヤタソウ (+)

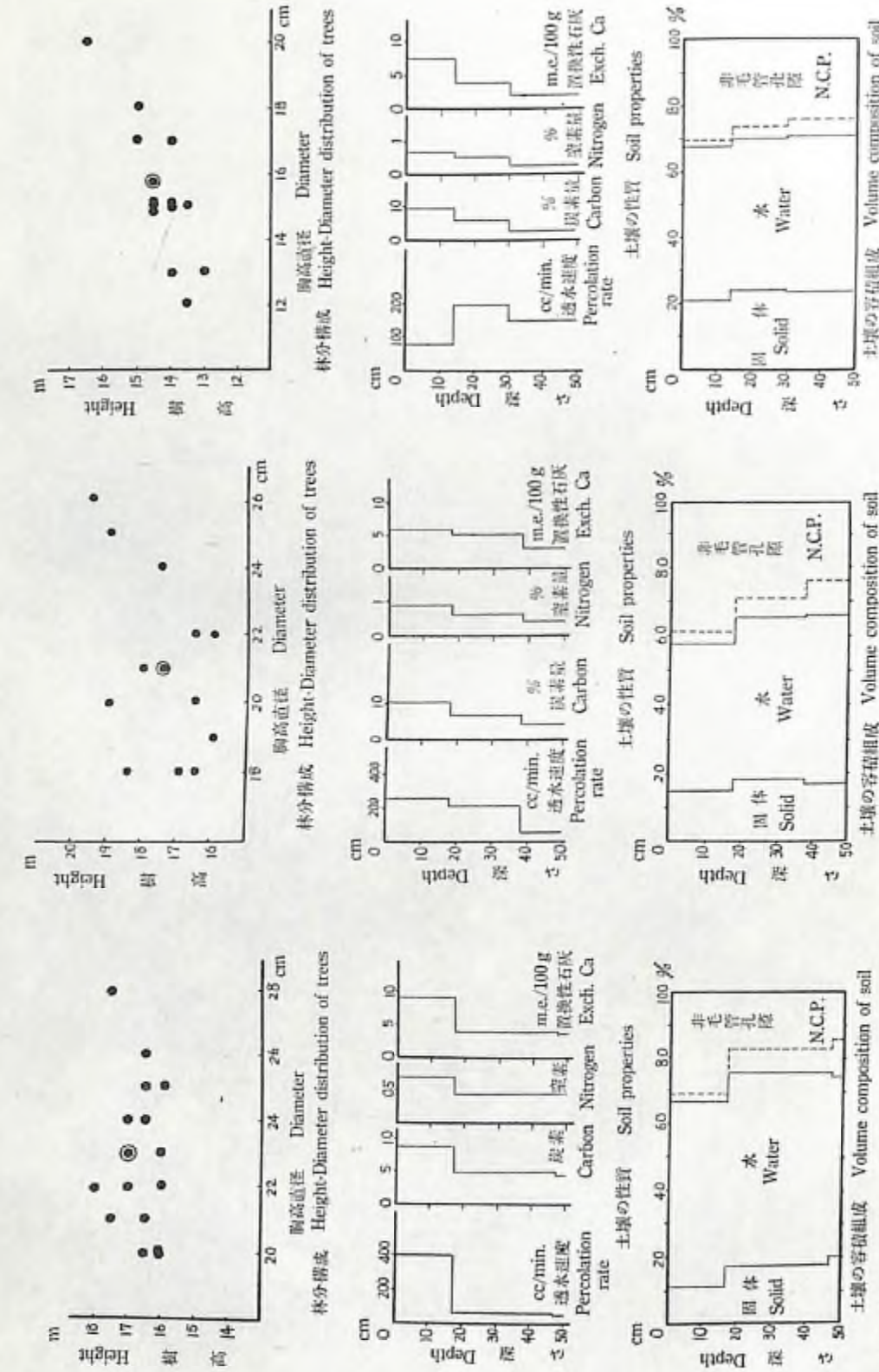
Plot. No. 97 $BD(d)$ 型土壌 (定積土)

位置および地形 46 林班イ小班、小尾根上平坦面、微凸地形。

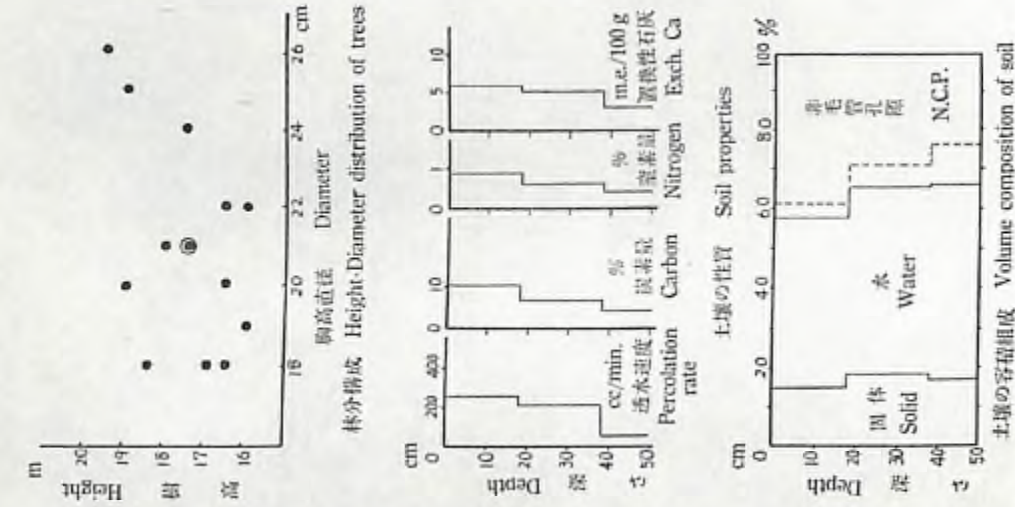
方位・傾斜 $S80^\circ E$, 14° , 海拔高 510 m, 母材 関東ローム。

土壌断面の形態 (Plot. No. 97)

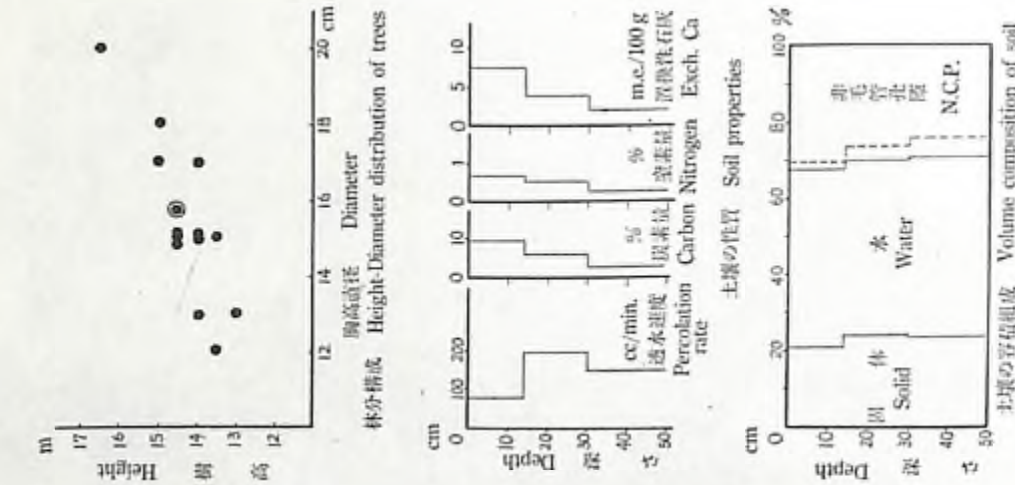
層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
(L) F	4	明							
A ₁	10	明	黒褐 (1)	すこぶる富む	なし	粒状	IC	軟	やや乾
A ₂	8	明	黒褐 (2)	富む	なし	—	CL	軟	潤
B ₁	35	漸	濁褐	乏し	乏し	—	L	堅密	潤
B ₂ (C)	20+	漸	褐 (3)	なし	乏し	—	SL	堅密	湿



第44図 Plot. No. 92 の林分構成および土壌の性質
Fig. 44 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 92



第45図 Plot. No. 93 の林分構成および土壌の性質
Fig. 45 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 93



第46図 Plot. No. 96 の林分構成および土壌の性質
Fig. 46 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 96

造林木の成長状態 (Plot. No. 97)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ヒ ノ キ	13 cm	10.2 m	37 年	2,500/ha	10.8

土壌の理化学的性質を第 47 図に示す。

植 生

コナラ (+), クリ (+), ツクバネウツギ (1), コウヤボウキ (1), ハリギリ (+), アオハダ (+), アオダモ (+), モミ (+), ヤブムラサキ (+), クロモジ (+), シロヤマギタ (1), チヂミザサ (+), キイチゴ (+), ヤマユリ (+), ヤマハギ (+), チゴユリ (+), ツルリンドウ (+), キヅタ (+), マタビ (+)

Plot. No. 99 BE 型土壌

位置および地形 48 林班ロ小斑, 斜面中腹の凹状斜面。

方位・傾斜 N45°W, 24°, 海拔高 500 m, 母材 (石礫) 砂岩, 粘板岩, 関東ローム。

土壌断面の形態 (Plot. No. 99)

層 位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐 植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿状態
A ₁	8	漸	黒 褐 (2)	富 む	含 む	団粒状・発達	IC	鬆~軟	湿
A ₂	8	漸	暗一灰黄褐	含 む	富 む	団 粒 状	IC	軟	湿
B ₁	40	漸	褐 (3)	乏 し	富 む	—	IC	軟	湿
B ₂	30+	漸	褐 (1)	乏 し	富 む	カベ状	IC	やや堅, 密	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 99)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ヒ ノ キ	19 cm	17.4 m	37 年	1,200/ha	18.0

土壌の理化学的性質を第 48 図に示す。

植 生

ケヤキ (+), ヤマダワ (+), ムラサキシキブ (+), ヤブムラサキ (+), アオキ (+), クロモジ (+), キイチゴ (+), チヂミザサ (2), フタリシズカ (+), イノコズチ (+), モミジハダマ (+), ミズヒキソウ (+), ニガイチゴ (+), ヤブタバコ (+), ホウチヤクソウ (+), タチツボスミレ (+), アマチヤヅル (+), サンカクヅル (+), ツルリンドウ (+)

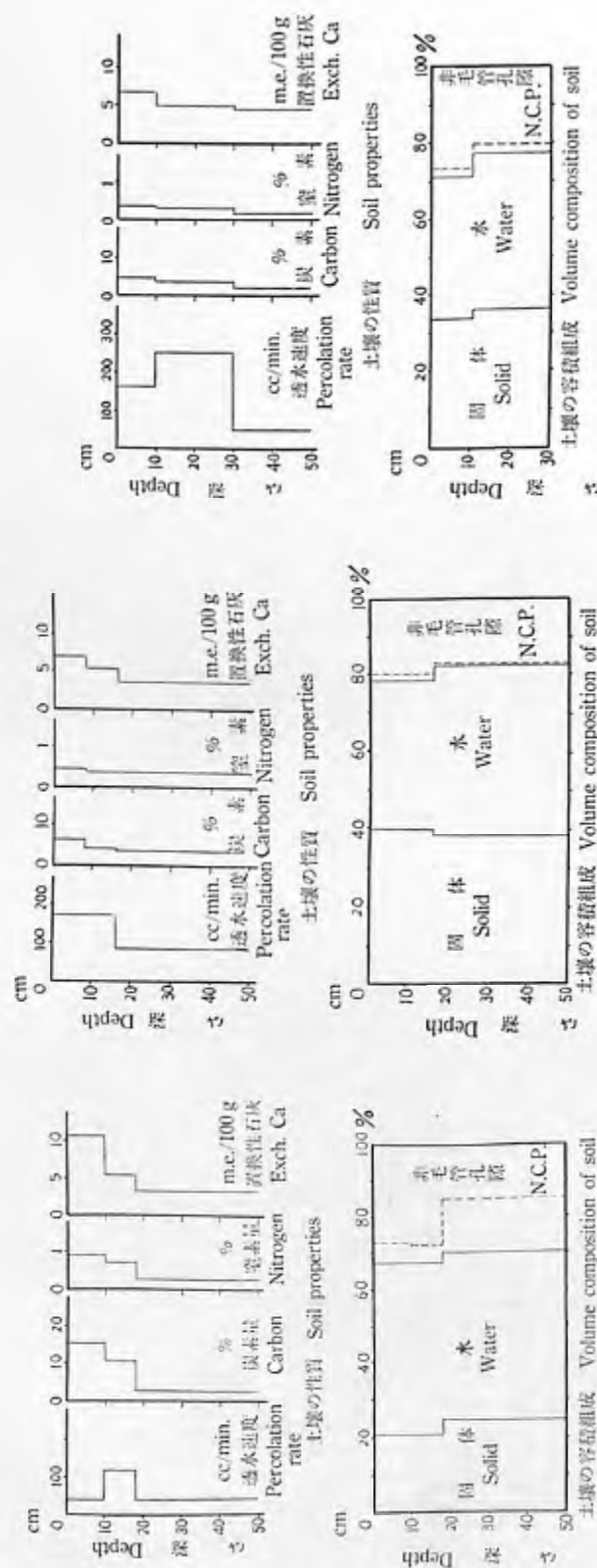
Plot. No. 100 BD 型土壌

位置および地形 48 林班ロ小斑, 急斜面中腹

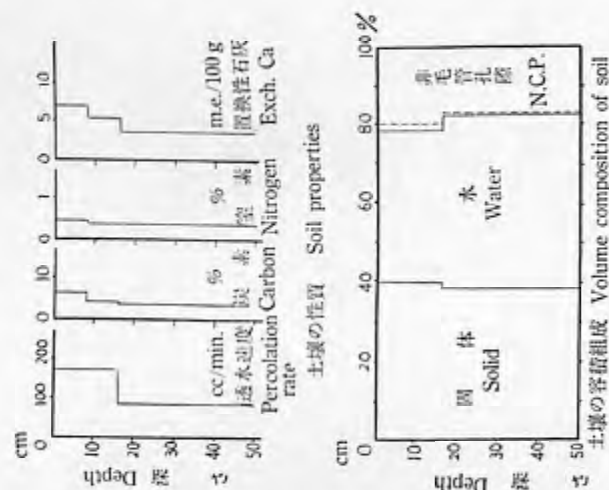
方位・傾斜 S43°W, 40°, 海拔高 480 m, 母材 (石礫) 砂岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 100)

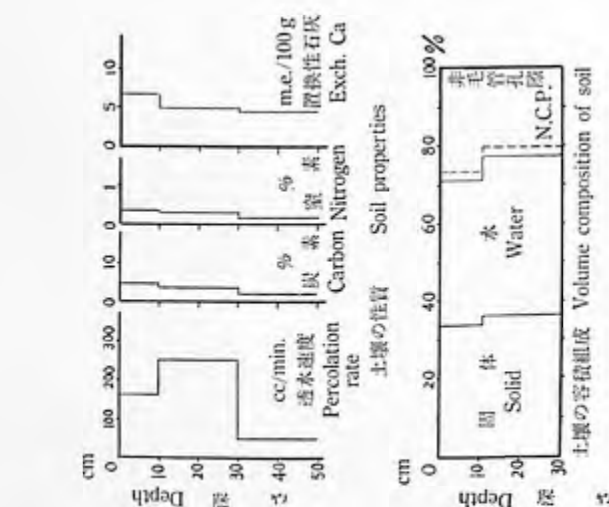
層 位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿状態
A ₁	10	判	黒 褐 (2)	富 む	含 む	団 粒 状	IC	軟	潤
A ₂	15	判	黒 褐 (3)	含 む	富 む	塊 状	IC	軟	潤
B	25	漸	暗 褐 (2)	乏 し	富 む	—	IC	堅	湿
C	30+	漸	—	なし	すこぶる富む	—	CL	堅	湿



第 47 図 Plot. No. 97 の土壌の性質
Fig. 47 Some soil properties of Plot. No. 97



第 48 図 Plot. No. 99 の土壌の性質
Fig. 48 Some soil properties of Plot. No. 99



第 49 図 Plot. No. 100 の土壌の性質
Fig. 49 Some soil properties of Plot. No. 100

造林木の成長状態 (Plot. No. 100)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ヒ ノ キ	20 cm	14.4 m	33 年	1,600/ha	16.0

土壌の理化学的性質を第 49 図に示す。

植 生

ノリウツギ (2), ヤブムラサキ (+), ムラサキシキブ (+), ガマズミ (+), ニワトコ (+), キイチゴ (1), キハギ (+), チヂミザサ (1), タガネソウ (+), ニガイチゴ (+), ヤブタバコ (+), アオダモ (+), コウヤボウキ (+), スズビトハギ (+), ハンショウヅル (+), サンカクヅル (+), サルトリイバラ (+), マルバドコロ (+)

Plot. No. 101 BD 型土壌

位置および地形 45 林班イ小班, りよう線上の平坦面。

方位・傾斜 S12°W, 15°, 海拔高 550 m, 母材 関東ローム。

土壌断面の形態 (Plot. No. 101)

層 位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐 植	石礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿状態
A ₁	8	判	帯褐—黒	すこぶる富む	なし	団粒状	L	軟	潤
A ₂	8	判	黒 褐 (2)	富 む	なし	—	L	軟	潤
B ₁	22	漸	暗 褐 (1)	含 む	乏し	—	L	やや堅	潤
B ₂	30+	漸	濁 褐	乏 し	乏し	カベ状	L	堅 密	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 101)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ヒ ノ キ	16.5 cm	14.2 m	37 年	1,700/ha	15.0

土壌の理化学的性質を第 50 図に示す。

植 生

アオキ (1), ミズキ (1), ハナイカダ (1), クロモジ (+), ハリギリ (+), ウリノキ (+), キブシ (+), ヤブムラサキ (+), コゴメウツギ (+), キイチゴ (+), クサギ (+), ホウチヤクソウ (+), クマイチゴ (+), ヤブタバコ (+), トリアシシヨウマ (+), ヤブレガサ (+), チヂミザサ (+), ノイバラ (+), フタリシズカ (+), ガマズミ (+), テイカカズラ (2), サンカクヅル (+), ハンショウヅル (+), アケビ (+)

Plot. No. 102 BD(d) 型土壌

位置および地形 45 林班イ小班, 高尾山山頂に近い斜面。

方位・傾斜 S48°W, 36°, 海拔高 570 m, 母材 (石礫) 関東ローム, 砂岩, 粘板岩。

土壤断面の形態 (Plot. No. 102)

層位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅密度	水湿 状態
A ₁	2(斑状)	明	黒 褐 (1)	富む	含 む	粒 状	IC	軟	やや乾
A ₂	18	判	黒 褐 (2)	含む	含 む	堅果状・弱度	IC	やや堅	やや乾
B ₁	18	判	濁 褐	乏し	含 む	—	IC	やや堅	潤
B ₂ (C)	30+	漸	褐 (3)	なし	すこぶる富む	—	CL	堅	潤

造林木の成長状態 (Plot. No. 102)

樹 種	胸高直径	樹 高	林 齢	立木密度	地位指数
ヒ ノ キ	15.2cm	11.5m	37年	2,200/ha	12.0

土壤の理化学的性質を第 51 図に示す。

植 生

クロモジ (+), シラカシ (+), ガマズミ (+), モミ (+), ケヤキ (+), ヤマダワ (+), コゴメウツギ (+), ハリギリ (+), ノリウツギ (+), タマザサ (+), オトコエシ (+), キイチゴ (+), ミズヒキソウ (+), コウヤボウキ (+), タチツボスミレ (+), ヤブタバコ (+), ミツバアケビ (+), サルトリイバラ (+), サンカクヅル (+), テイカカズラ (+)

Plot. No. 103 BD(d) 型土壤

位置および地形 45 林班イ小斑, りよう線上, 鞍部に近い緩斜面。

方位・傾斜 S30°E, 20°, 海拔高 540m, 母材(石礫) 砂岩, 粘板岩。

土壤断面の形態 (Plot. No. 103)

層位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅密度	水 湿 状 態
A ₁	5	明	黒 褐 (1)	富 む	乏 し	団粒状, 粒状	IC	軟	やや乾
A ₂	12	判	黒 褐 (3)	富 む	含 む	塊 状	IC	やや堅	やや乾
B ₁	24	判	濁 褐	含 む	含 む	—	IC	やや堅	潤
B ₂	20+	漸	褐 (3)	乏 し	富 む	—	CL	堅	潤

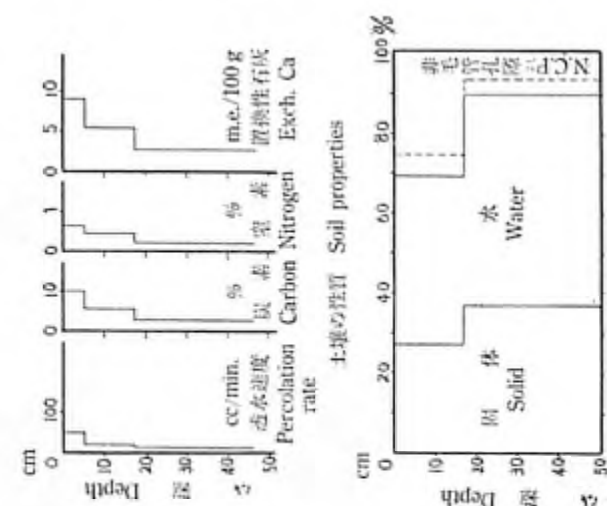
造林木の成長状態 (Plot. No. 103)

樹 種	胸高直径	樹 高	林 齢	立木密度	地位指数
ヒ ノ キ	12.2cm	10.4m	38年	1,800/ha	10.8

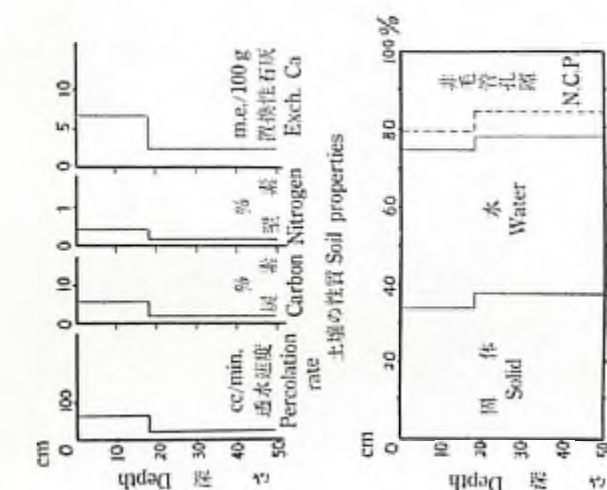
土壤の理化学的性質を第 52 図に示す。

植 生

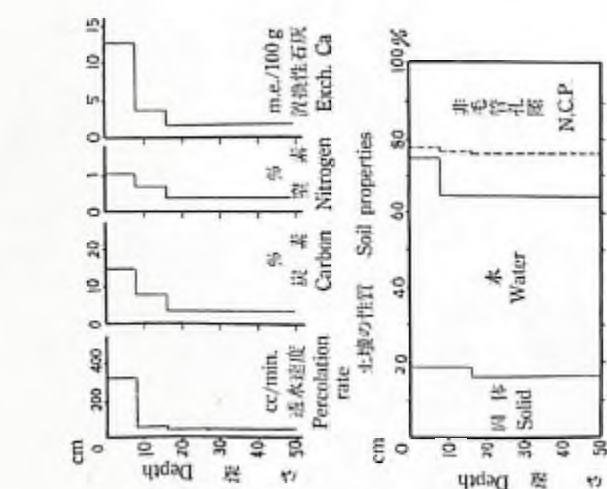
クロモジ (+), クリ (+), コゴメウツギ (+), キブシ (+), モミ (+), ガマズミ (+), ミズキ (+), コウヤボウキ (+), マルバウツギ (+), ツタバネウツギ (+), タマザサ (5), ノウルシ (+),



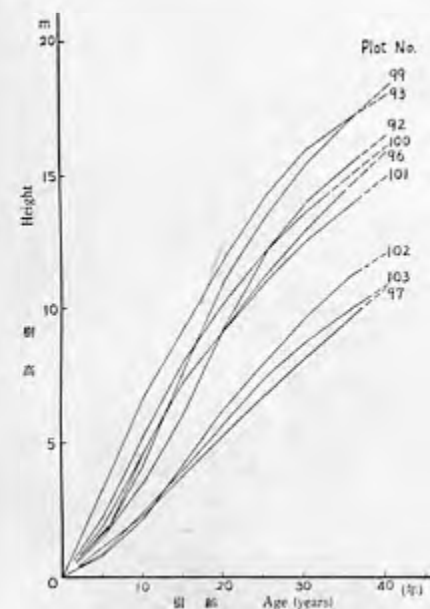
第 52 図 Plot. No. 103 の土壤の性質
Fig. 52 Some soil properties of Plot. No. 103



第 51 図 Plot. No. 102 の土壤の性質
Fig. 51 Some soil properties of Plot. No. 102



第 50 図 Plot. No. 101 の土壤の性質
Fig. 50 Some soil properties of Plot. No. 101



第 53 図 高尾山国有林ヒノキ造林地
調査区における樹高成長
Fig. 53 Growth of Hinoki in the stands
of Takaosan National Forest

土壌断面の形態 (Plot. No. 87)

層位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿 状態
A ₁	10	漸	黒 褐 (2)	富む	すこぶる富む	団粒状	IC	軟, すこぶる粗	過湿
A ₂	18	漸	帯黄—暗黄褐 (2)	含む	すこぶる富む	—	IC	軟, すこぶる粗	過湿
B ₁	25	漸	暗—灰黄褐	乏し	すこぶる富む	—	IC	やや堅, 粗	湿
B ₂	20+	漸	灰—黄褐	乏し	すこぶる富む	—	IC	同 上	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 87)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ス ギ	29.5 cm	23 m	40 年	960/ha	23.0

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 54 図に示す。

植 生

アオキ (+), ハナイカダ (+), ムラサキシキブ (+), コクサギ (+), タマアジサイ (1), コアジサイ (+), イノコズチ (4), アカソ (2), ニワトコ (1), モミジガサ (1), ミズヒキソウ (1), イヌワラビ (+), イタドリ (+), ミツデカエデ (+), ホソバノアキノノゲシ (+), ミズタマソウ (+), ヤブマオウ (+), ヤマトウバナ (+), ヌスビトハギ (+), フタリシズカ (+), キイチゴ (+), ツユクサ (+), アマチャヅル (4), サンカクヅル (+), フジ (1)

Plot. No. 88 B_{D(d)} 型土壌

位置および地形 46 林班ロ小班, 小尾根の頂部に近い微凸形斜面。

方位・傾斜 N40°E, 36°, 海拔高 360 m, 母材 (石礫) 砂岩。

チヂミザサ (+), フタリシズカ (+), チゴユリ (+), ヤマグラ (+), アキノキリンソウ (+), キイチゴ (+), キヅタ (1), ツルリンドウ (+), サルトリイ (+), ツルマサキ (+), スイカズラ (+)

各調査区の標準木の樹高成長を第 53 図に示す。

II スギ造林地

団地内のスギ造林地から, 山脚部, 谷頭の凹形緩斜面に 3 箇所, 斜面中腹に 3 箇所, 斜面上部に 2 箇所, 計 8 箇所の林分を選び, 調査区を設けた。各調査区内の土壌, 植生および造林木の成長状態は次のとおりである。

Plot. No. 87 BE 型土壌 (崩積, 石礫土)

位置および地形 46 林班ロ小班, 山脚部の微凹形斜面。

方位・傾斜 N77°W, 29°, 海拔高 350 m, 母材 (石礫) 砂岩, 粘板岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 88)

層位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿 状態
L (F)	4	明							
A ₁	5	明	黒 褐 (2)	富む	富む	粒 状	IC	軟	潤
A ₂	13	判	暗—黄褐 (5)	含む	富む	堅果状・弱度	IC	やや堅	潤
B ₁	30	漸	褐 (3)	乏し	富む	—	IC	やや堅	潤
B ₂	20+	漸	褐 (1)	乏し	含む	—	IC	堅	潤

造林木の成長状態 (Plot. No. 88)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ス ギ	14 cm	14 m	40 年	1,400/ha	14

調査区内の土壌の理化学的性質を第 55 図に示す。

植 生

コウヤボウキ (1), カシワバハグマ (2), マツカゼソウ (1), ミゾシダ (1), トリアシシヨウマ (+), シモバシラ (+), ワラビ (+), ルイオウシヨウマ (+), サラシナシヨウマ (+), クロモジ (+), ゼンマイ (+), アキチヨウジ (+), ヤマジノホトトギス (+), アブラチヤン (+), チヂミザサ (+), テキリスゲ (+), フタリシズカ (+), フジ (+), アマチャヅル (+), キイチゴ (+), ヤマノイモ (+), ノササゲ (+), サンカクヅル (+), ヘクソカズラ (+)

Plot. No. 89 B_D 型土壌

位置および地形 46 林班ロ小班, 急斜面中腹。

方位・傾斜 N45°E, 36°, 海拔高 380 m, 母材 (石礫) 砂岩, 粘板岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 89)

層位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿 状態
A	12	漸	黒 褐 (1)	富む	富む	団 粒 状	IC	軟	湿
A-B	18	漸	黒 褐 (3)	含む	富む	—	IC	軟	湿
B ₁	30	漸	暗 褐 (2)	乏し	富む	—	IC	軟	湿
B ₂	20+	漸	褐 (5)	乏し	富む	—	CL	やや堅	湿

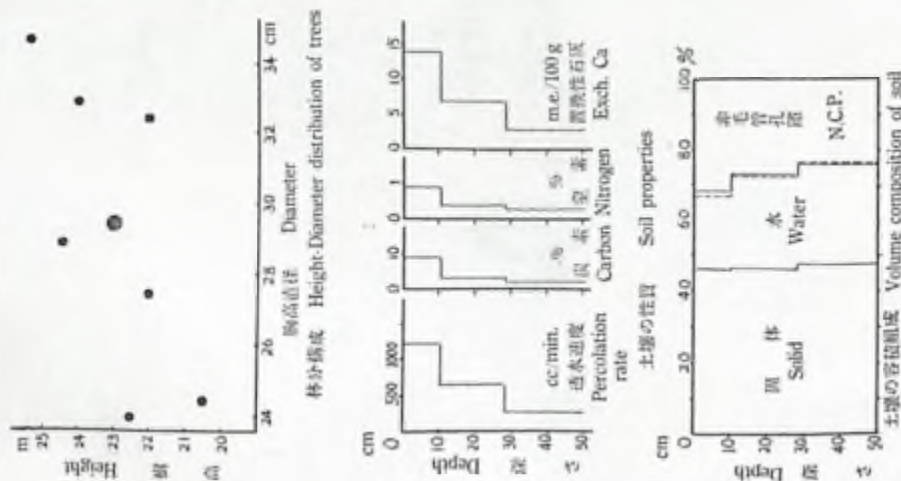
造林木の成長状態 (Plot. No. 89)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ス ギ	20 cm	18.5 m	39 年	1,200/ha	19.0

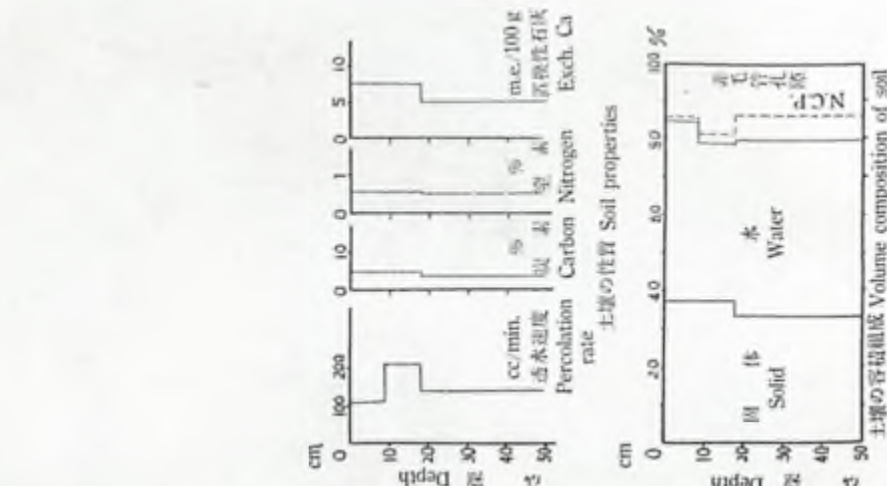
調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 56 図に示す。

植 生

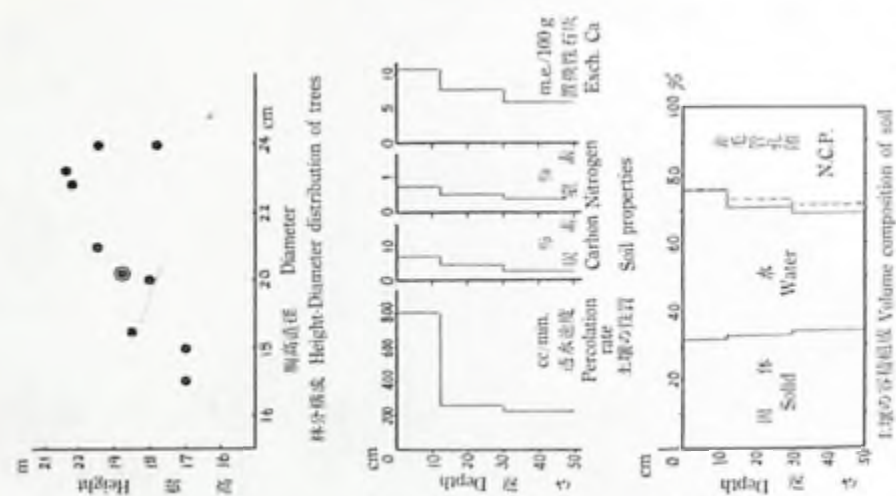
キイチゴ (2), ハナイカダ (+), クマノミズキ (+), コクサギ (+), イタヤカエデ (+), アブラチヤン (+), モミジガサ (2), ゲジゲジシダ (2), マツカゼソウ (2), ウリノキ (+), トリアシシヨウマ (1), カシワバハグマ (1), マルバウツギ (+), テキリスゲ (1), フタリシズカ (+), ヌスビトハギ (+),



第54図 Plot. No. 87 の林分構成および土壌の性質
Fig. 54 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 87



第55図 Plot. No. 88 の土壌の性質
Fig. 55 Some soil properties of Plot. No. 88



第56図 Plot. No. 89 の林分構成および土壌の性質
Fig. 56 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 89

シロコメナ (+), ヤマジノホトトギス (+), チヂミザサ (1), オオバギボシ (+), ミゾシダ (+), フルウメモドキ (+), ノササゲ (+), ヘタツカズラ (+)

Plot. No. 90 BE 型土壌 (崩積, 石礫土)

位置および地形 46 林班イ小班, 谷頭地形の底部緩斜面。

方位・傾斜 S 45° E, 16°, 海拔高 440 m, 母材 (石礫) 粘板岩, 砂岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 90)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
A ₁	18	漸	黒褐 (1)	富む	富む	団粒状	IC	鬆	湿
A ₂	12	漸	黒褐 (2)	富む	すこぶる富む	—	IC	軟	湿
A-B	30	漸	黒—黄褐 (2)	含む	すこぶる富む	—	IC	やや堅, 粗	湿
B	20+	漸	灰—黄褐 (1)	乏し	すこぶる富む	—	CL	同上	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 90)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
スギ	26 cm	23.4 m	40年	660/ha	23.0

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 57 図に示す。

植生

イノコズチ (5), チヂミザサ (1), ヤマミズ (2), ヤマトウバナ (1), ミツバ (+), モミジバハダマ (+), ヌスビトハギ (+), ツユクサ (+), ヤマイスワラビ (+), ムカゴイラタサ (+), モミジガサ (+), ニガキ (+), ニワトコ (+), マツカゼソウ (+), メヤブマオウ (+), ウバユリ (+), ノブキ (+), アカソ (+), チゴザサ (1), アマチヤヅル (4), テイカカズラ (+), ヤマノイモ (+), ノササゲ (+)

Plot. No. 91 BE 型土壌

位置および地形 46 林班イ小班, 谷頭地形の底部, 凹形斜面。

方位・傾斜 S 50° E, 25°, 海拔高 480 m, 母材 (石礫) 関東ローム, 砂岩, 粘板岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 91)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
L	3	明							
A ₁	22	漸	黒褐 (1)	すこぶる富む	含む	団粒状・発達	L	鬆	湿
A ₂	26	判	黒褐 (2)	富む	含む	団粒状	CL	軟	湿
B ₁	30	漸	暗褐 (1)	含む	含む	カベ状	L	やや堅, 密	湿
B ₂ (C)	20+	漸	褐 (1)	乏し	乏し	カベ状	SL	堅密	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 91)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
スギ	33 cm	25 m	40年	790/ha	24.0

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 58 図に示す。

植 生

チヂミザサ (4), イノコズチ (2), ヤマミズ (2), ムカゴイラクサ (3), イヌワラビ (+), モミジガサ (+), マツカゼソウ (+), フタリシズカ (+), ヤマイヌワラビ (+), キイチゴ (+), ミツバ (+), ウマノミツバ (+), ヌスビトハギ (+), クロモジ (+), ヤマトウバナ (1), ニワトコ (+), ツユクサ (+), ヤブソテツ (+), ニガキ (+), ミツバウツギ (+), イノデ (+), アマチヤヅル (2), キヅタ (2), ノササゲ (+), ヘクソカズラ (+), ツルウメモドキ (+), ハンショウヅル (+), ツタウルシ (+)

Plot. No. 94 BC 型土壌

位置および地形 46 林班イ小班, 山腹斜面上部の微凸形斜面。

方位・傾斜 N35°W, 32°, 海拔高 460 m, 母材 (石礫) 砂岩, 粘板岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 94)

層 位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅密度	水湿 状態
L・F	5	明	黒 褐 (2)	富む	含 む	粒状・発達	IC	鬆	潤
A	5	判	暗一黄褐 (3)	含む	富 む	堅 果 状	IC	やや堅	潤
A-B	25	明	淡一黄褐 (1)	なし	すこぶる富む	—	IC	堅	潤
C	30+								

造林木の成長状態 (Plot. No. 94)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ス ギ	14 cm	10.5 m	40 年	2,000/ha	10.5

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 59 図に示す。

植 生

クリ (+) 10 m, ヤマザクラ (+) 5 m, コウヤボウキ (2), エビネ (1), ウリノキ (+), コナラ (+), ハリギリ (+), ウツギ (+), クロモジ (+), アオダモ (+), トリアシシヨウマ (+), ヤブレガサ (+), フタリシズカ (+), チゴユリ (+), マツカゼソウ (+), フジ (+), サンカクヅル (+)

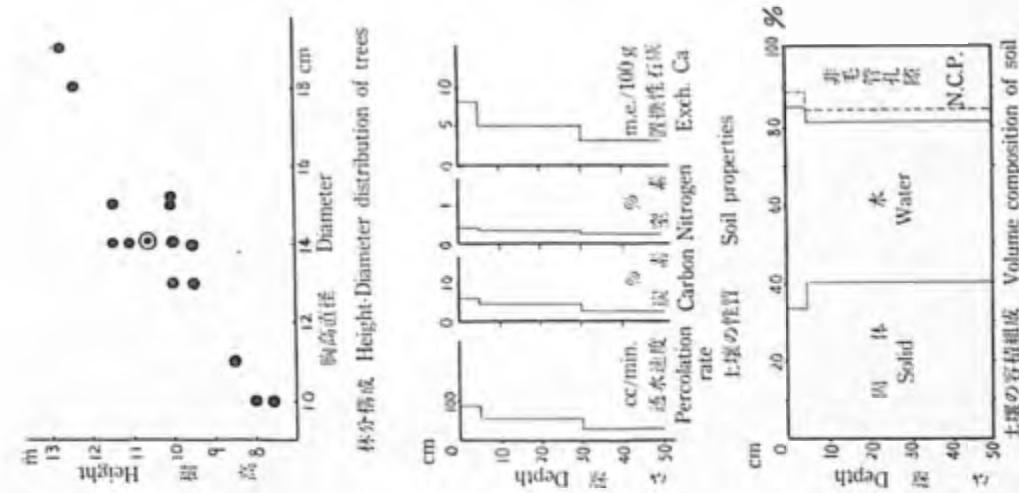
Plot. No. 95 BD 型土壌

位置および地形 46 林班イ小班, 急斜面中腹。

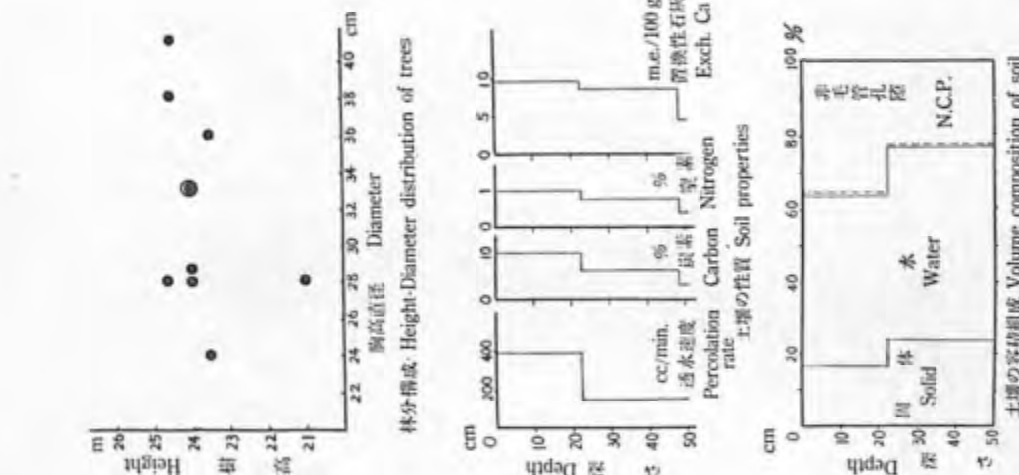
方位・傾斜 S40°W, 40°, 海拔高 450 m, 母材 (石礫) 砂岩, 粘板岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 95)

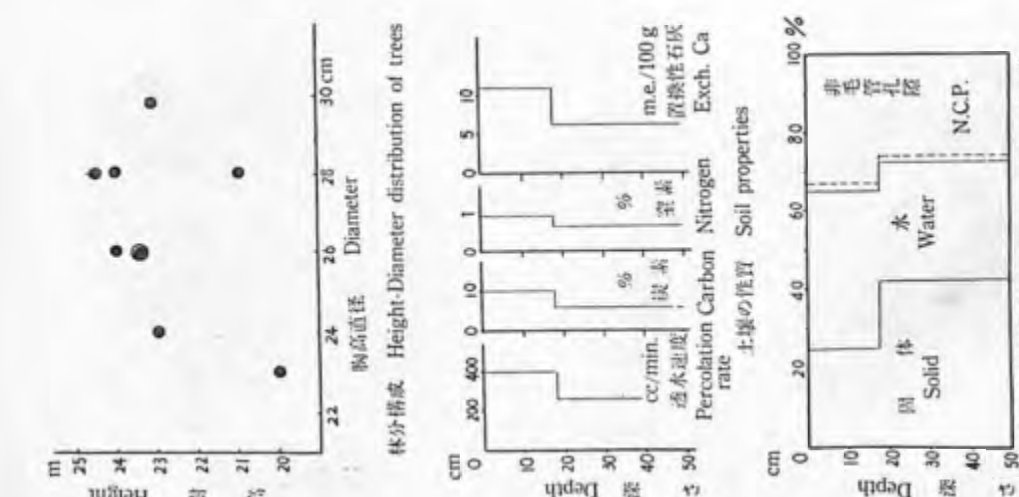
層 位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅密度	水湿 状態
L (F)	2	明	黒 褐 (2)	富 む	含 む	団粒状・弱度	IC	軟	潤
A	10	判	黒 褐 (3)	含 む	含 む	塊状・弱度	IC	軟	潤
A-B	20	漸	黒 褐 (3)	含 む	含 む	—	IC	やや堅	潤
B ₁	30	漸	濁 褐	乏 し	富 む	—	IC	やや堅	潤
B ₂	20+	漸	淡 褐	乏 し	富 む	—	IC	堅	潤



第59図 Plot. No. 94 の林分構成および土壌の性質
Fig. 59 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 94



第58図 Plot. No. 91 の林分構成および土壌の性質
Fig. 58 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 91



第57図 Plot. No. 90 の林分構成および土壌の性質
Fig. 57 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 90

造林木の成長状態 (Plot. No. 95)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
スギ	23 cm	14.5 m	40年	1,300/ha	14.5

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 60 図に示す。

植 生

ノリウツギ (+), キイチゴ (+), チヂミザサ (+), ススキ (+), アキノノゲシ (+), ノウルシ (+), オオバギボシ (+), フタリシズカ (+), フジ (+), アケビ (+), サンカタヅル (+), マルバドコロ (+)

Plot. No. 98 BD 型土壌

位置および地形 46 林班ロ小班, 長大な斜面の下部。

方位・傾斜 S 50°W, 39°, 海拔高 500 m, 母材 (石礫) 砂岩, 粘板岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 98)

層 位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐 植	石 礫	構 造	土 性	堅 密 度	水 湿 状態
L	2	明	黒 褐 (2)	含 む	含 む	団 粒 状	IC	軟	潤
A	14	判	潤 褐	含 む	含 む	—	IC	軟	潤
A-B	30	漸	褐 (1)	乏 し	富 む	—	IC	やや堅, 粗	潤
B	20	漸	灰 褐	な し	富 む	—	CL	同 上	湿
C	20+	漸							

造林木の成長状態 (Plot. No. 98)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
スギ	25.5 cm	20.7 m	40年	900/ha	20.7

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 61 図に示す。

植 生

ノリウツギ (1), ガマズミ (1), ヤブムラサキ (+), タマアジサイ (+), ウリノキ (+), ヤマザタラ (+), キイチゴ (1), チヂミザサ (2), ヤブレガサ (+), ウマノミツバ (+), エビネ (+), アキノノゲシ (+), シシウド (+), アカソ (+), サンカタヅル (+), アマチヤヅル (+), アケビ (+)

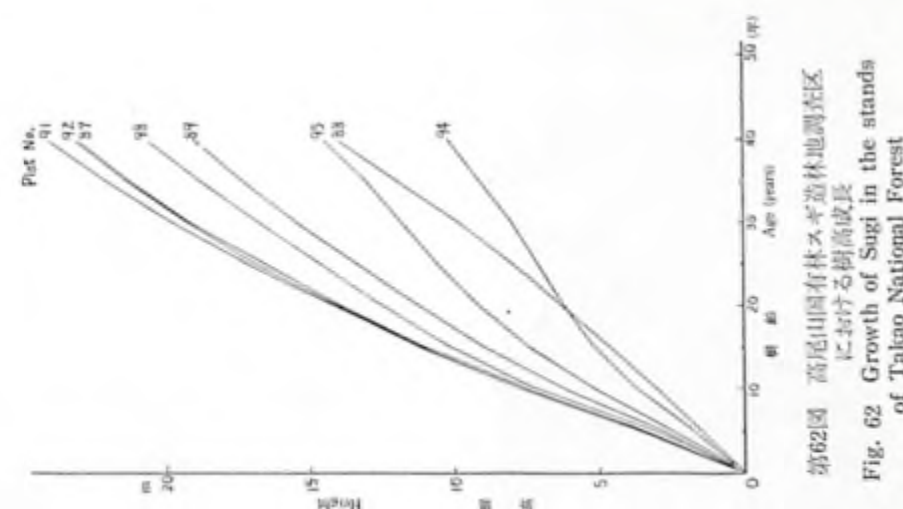
各調査区の標準木の樹高成長を第 62 図に示す。

第 3 節 総 括

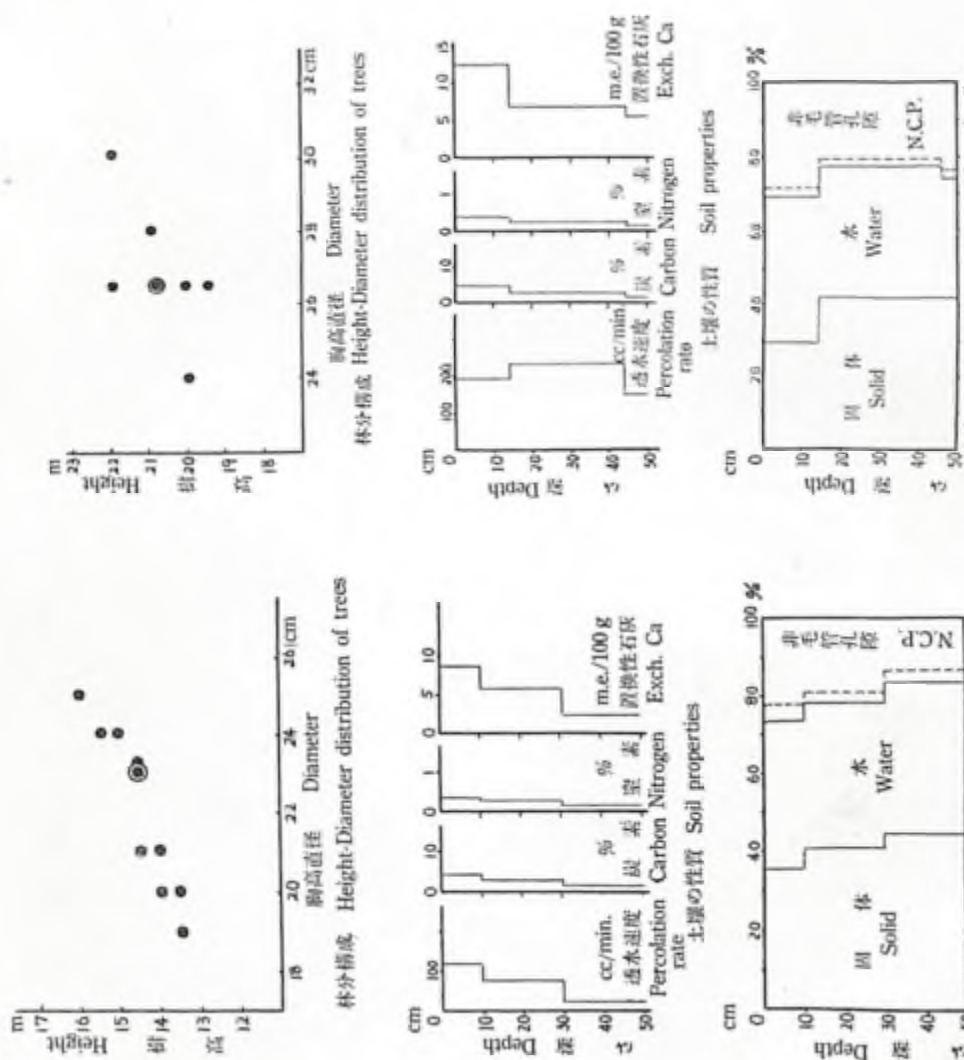
ヒノキの成長と土壌, 植生との関係

高尾山国有林におけるヒノキの成長は小尾根, 斜面上部の凸地形を除いて, 一般に良好である。9 調査区のうち, 6 は地位指数 15~18 を示し, 成長良好といえる。3 は地位指数 12 以下であり, 成長不良の林分に属する。

成長良好な林分の調査区と不良林分の調査区の調査資料を対比すれば, 土壌の性質, 植生等に次のような関係がうかがわれる。



第62図 高尾山国有林スギ造林地調査区における樹高成長
Fig. 62 Growth of Sugi in the stands of Takao National Forest



第60図 Plot. No. 95 の林分構成と土壌の性質
Fig. 60 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 95

第61図 Plot. No. 98 の林分構成と土壌の性質
Fig. 61 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 98

1) 土壤型と地位

高地位の調査区の土壤型は Be 型 1 箇所, Bd 型 4 箇所, Bf 型 1 箇所であり, 低地位の土壤型はいずれも Bd(d) 型である。この団地のりよう線上平坦面の Bd 型定積土は, 大代国有林の場合と同じく, それほどヒノキの成長は劣らない。

2) 土壤の化学的性質と地位

この団地の土壤の反応, 置換性石灰量は, 段戸, 大代国有林と異なり, かなり良好である。特に表層土は, pH 5.3~6.0, 置換酸度 (y_1) 1.3~2.2, 置換性石灰 6~12.8 m.e./100 g を示し, 酸性の弱い, 石灰に富む土壤である。しかしながら, これらの性質がヒノキの成長と明りような関係を示さないことは前の 2 国有林の場合とほぼ同様である。

3) 土壤形態と地位

高地位の土壤に共通した形態的特徴は, A 層上部に団粒状構造の発達していることであり, これに対して, 低地位の土壤は A 層上部に粒状の構造が見られ, しかも, A 層は極く薄い。また層位の推移が比較的判然とし, 全般に土壤は密であり, 堅密土層までの深さが浅いことなどが低地位の土壤の特徴と見られる。このことは大代国有林の場合とほぼ同様である。

4) 土壤の理学的性質と地位

高地位と低地位の土壤の理学的性質の相違は透水性によくあらわれており, その傾向は上記, 土壤形態の相違とよく一致する。

この団地の土性は, 傾斜地とりよう線部とで, 著しく異なり, 斜面では礫に富み, 細土は軽塩土であるが, りよう線部には礫の乏しい壤土 (関東ローム) が見られる。ただし, 造林木の成長とは直接関係を示していない。

5) 林内植生と地位

高地位と低地位の林内植生を比較すると, その出現度, 優占度から次のように分けられる。

高地位: ニワトコ, ウリノキ, サンショウ, イノコズチ, フタリシズカ, ホウチヤクソウ, ミズヒキノウ, アマチヤヅル, ハンショウヅル。

低地位: クマザサ, モミ, コウヤボウキ, コナラ, クリ, チゴユリ。

スギの成長と土壤, 植生との関係

各調査区の調査資料を総合すると, スギの成長と土壤, 植生との間には次のような傾向が見られる。

1) 土壤型と地位

8 調査区を土壤型によつて分けると, それぞれの地位指数は次に示す範囲に入る。

Be 型土壤	3 箇所	地位指数	22~24
Bd 型土壤	2 箇所	〃	19~20.7
Bd(d) 型および Bc 型土壤	3 箇所	〃	10.5~14.5

すなわち, Bd 型, Be 型土壤には比較的成長がよく, 弱乾性土壤には成長不良を示している。地位指数 19 以上を高地位, 14.5 以下を低地位として, 両者の土壤, 植生を比較する。

2) 土壤の化学的性質と地位

この団地の土壤の反応は, ヒノキ林の場合と同様, スギ林もまた一般に酸性が弱く, pH 5.0~6.0, 置換酸度 (y_1) 0.5~4.1 を示し, 置換性石灰量もまた一般に多い。スギの成長と pH との関係はほとんど

認められないが, 置換性石灰にはわずかに相違があり, 高地位の A₁ 層にはその含有が多い。

3) 土壤の形態および理学的性質と地位

地位と土壤の形態および透水性によつてあらわれる理学的性質とはかなり密接な関係を示す。すなわち, 成長の最も良好な Be 型土壤は A₁ 層に団粒状構造がよく形成され, 腐植が深くまで浸透し, 層位の推移は漸变的であり, 下層は岩屑の堆積物によつて構成されているため, その透水性ははなはだ良好である。これに対して, 成長不良の弱乾性土壤は凸形斜面にあるため, その A 層は薄く, 堅密な下層までの深さが比較的浅く, 一般に透水性は不良である。

4) 林内植生と地位

高地位地の林内植生には, 次のものが優占する。コクサギ, ニワトコ, タマアジサイ, イノコズチ, チヂミザサ, ムカゴイラクサ, ヤマミズ, アカソ, アマチヤヅル。

低地位の林分に共通して出現する優先度の高い種は少なく, コウヤボウキ, クロモジ等に過ぎないが, 高地位の植生が出現しないか, あるいはその優占度が低い。

第 6 章 天城山国有林の土壤, 植生と造林木の成長

第 1 節 調査地の概況

所管 東京営林局天城営林署, 河津営林署

所在 静岡県田方郡および賀茂郡

この国有林は伊豆半島の中央にあり, 万城岳 (海拔 1,406.8 m) を最高峰とする火山群からなる山塊の海拔は 300 m 以上の地域を占める。ほぼ東西に走るりよう線を境にして, 北側に田方経営区 (天城営林署), 南側に賀茂経営区 (河津営林署) があり, その面積は約 15,000 ha である。この団地のうち, 猫越川流域に 4 箇所, 狩野川流域に 4 箇所, 賀茂経営区, 荻栗川流域に 5 箇所, 計 13 箇所の調査地を選んだ。

地形 この団地は, 中央を北に流れる狩野川と, 南流する河津川の線を境にして 2 分され, 西は猫越山系, 東は天城山系と呼ばれている。猫越山系は伊豆半島のうちで最も古い火山であり, すでに開析がかなり進んでいる。天城山は比較的新しい二重火山で, 多くの寄生火山を持つ, 寄生火山にはまだ開析を受けず, 原形をそのまま残しているものもある。このように, 天城山塊は新旧火山の集団であり, 地形もそれぞれ, 火山生成の過程により異なるが, 調査地付近を概観すると, 中央りよう線の北側 (田方) には広大な緩斜面が残され, 南側 (賀茂) は河川の開析が進み, 急斜面が多く見られる。

地質・母材 猫越火山は変朽安山岩, 石英安山岩, 輝石安山岩, 集塊岩等よりなり, ところによつては基部の第三紀層砂岩も見られる。土壤中には天城火山の放出物と思われる火山灰, 砂, 礫 (浮石) が含まれている。天城火山には輝石安山岩等も見られるが, 火山灰, 浮石等がはなはだ厚く堆積している。荻栗川流域の調査地付近では, 侵食が進み, これらの堆積は少ない。

気候 国有林内の萩ノ入, 白田事業所および天城の観測資料によれば, 調査地付近の年平均気温は 12~15°C, 降水量は年間 3,000 mm 程度と推定される。

林況 調査地付近は大部分が造林地となつているが, 海拔 900 m 以上のりよう線部および, 制限林地には天然林形を残した林分が見られる。鈴木ら (1951) の報告では, この団地の天然林分布を分け, 海拔 600 m 以下が常緑広葉樹, 600~900 m をモミ・ツガ帯, 900 m 以上をブナを主とする落葉広葉樹帯とし

第 17 表 天城山の気象観測資料
Table 17. Climatological data of Amagisan

気 温 Temperature °C														
	海 抜 Altitude	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	全年 Year
天 城 Amagi	273	5.3	5.9	9.8	14.8	19.5	22.8	26.9	27.6	24.1	19.2	13.5	8.4	16.5
萩ノ入 Oginoiri	273	5.8	5.0	8.5	13.1	17.9	20.7	24.1	26.0	22.6	17.4	13.3	8.6	15.1
白 田 Shirata	670	1.5	1.1	3.4	8.5	13.2	18.7	23.0	24.5	20.8	15.6	11.5	6.6	12.5

降 水 量 Precipitation mm														
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	全年 Year	
天 城 Amagi	81.2	101.3	232.7	266.1	220.9	379.6	380.0	336.6	379.7	292.7	174.7	74.3	2,919	
萩ノ入 Oginoiri	87.9	129.4	214.1	347.7	294.6	301.0	392.1	227.2	397.3	293.7	194.5	182.5	3,090	
白 田 Shirata	84.9	115.8	288.2	435.0	356.7	327.6	397.7	312.1	324.8	347.9	196.4	192.4	3,362	

観測期間: 1938~1948

ている。

造林樹種は大部分がスギ・ヒノキである。スギの成長は押出し地形にはきわめて良好な箇所も見られるが、緩斜面の定積土には不良であり、また尾根等の乾性土壌には著しく不良である。団地の西側では、冬期西風が卓越するため、西向斜面上部に、風衝地特有の林型が見られる。

土壌 狩野川、萩川、御越川の開析の進んだ地域では、尾根および斜面上部にBa型、B₀(d)型等乾性ないし弱乾性の土壌が分布し、斜面中腹はB₀型、斜面下部、押出し地形にはBe型土壌が見られる。未開析地域には広大な緩斜面が残され、これにはおもにB₀型定積土が分布する。団地の全般に火山砂礫（浮石）が多く見られ、特に緩斜面の定積土、尾根等には浮石層が土層中に厚く介在している。このことはこの団地の土壌の大きな特徴の一つであり、この層が表層に近く介在する場合はスギの成長はきわめて悪い。

第 2 節 各調査区の土壌、植生およびスギの成長

団地内のスギ造林地から、尾根、斜面の上部、中部、下部、山頂緩斜面、山ろく緩斜面の地形的位置の林分を、それぞれ2ないし3箇所を選び、調査区を設けた。それらの土壌、植生、造林木の成長を次に示す。

Plot. No. 104 B₀(w) 型土壌

位置および地形 47 林班ニ小班、山脚部緩斜面（古い押出し）。

方位・傾斜 S15°W, 11°, 海拔高 520 m, 母材（石礫）火山放出物（浮石）。

土壌断面の形態（Plot. No. 104）

層 位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐 植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿 状態
A ₁	16	判	黒 褐 (3)	すこぶる富む	浮石含む	団粒状・発達	IC	鬆	過湿
A ₂	12	漸	暗一黒褐(5)	富 む	〃 含む	団粒状、塊状・弱度	IC	軟	湿
B ₁	15	漸	淡 褐	乏 し	〃 含む	カベ状	IC	堅 密	湿
B ₂ (C)	30+	漸	淡 褐	な し	〃 含む	カベ状	CL	すこぶる堅、密	湿

造林木の成長状態（Plot. No. 104）

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ス ギ	25 cm	19 m	40 年	1,080/ha	18.9

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 63 図に示す。

植 生

アブラチヤン (2) 2 m, タロモジ (+), ウラジログシ (+), ミズキ (+), ムラサキシキブ (1), ヤブムラサキ (+), ヤブニツケイ (+), マツラニツケイ (+), ケヤキ (+), イヌガヤ (+), チヂミザサ (3), オタノカンスゲ (3), モミジガサ (2), タマアジサイ (1), マツカゼソウ (1), ミゾシダ (1), オオウマノスズタサ (1), ドクダミ (1), ヤブコウジ (1), コアカソ (+), モミジイチゴ (+), メヤブマオウ (+), ジュウモンジンダ (+), ミヤマシキミ (+), オオカナワラビ (+), アカソ (+), フタリシズカ (+), ホウチヤクソウ (+), ミズヒキ (+), フタウルシ (2), アケビ (2), イワガラミ (1), テイカカズラ (+), マルバドコロ (+), ノササゲ (+)

Plot. No. 105 B₀ 型土壌

位置および地形 47 林班ニ小班、斜面中腹の微凸形斜面。

方位・傾斜 S11°W, 32°, 海拔高 550 m。

土壌断面の形態（Plot. No. 105）

層 位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐 植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿 状態
L	2	明							
A ₁	10	判	黒 褐 (2)	すこぶる富む	浮石富む	団 粒 状	SCL	鬆	過湿
A ₂	15	漸	黒 褐 (4)	富 む	含 む	—	CL	軟	湿
B ₁	20	漸	淡 褐	含 む	含 む	カベ状	SCL	堅	湿
B ₂ ~C	20+	漸	淡一黄褐 (3)	な し	富 む	カベ状	SL	堅	湿

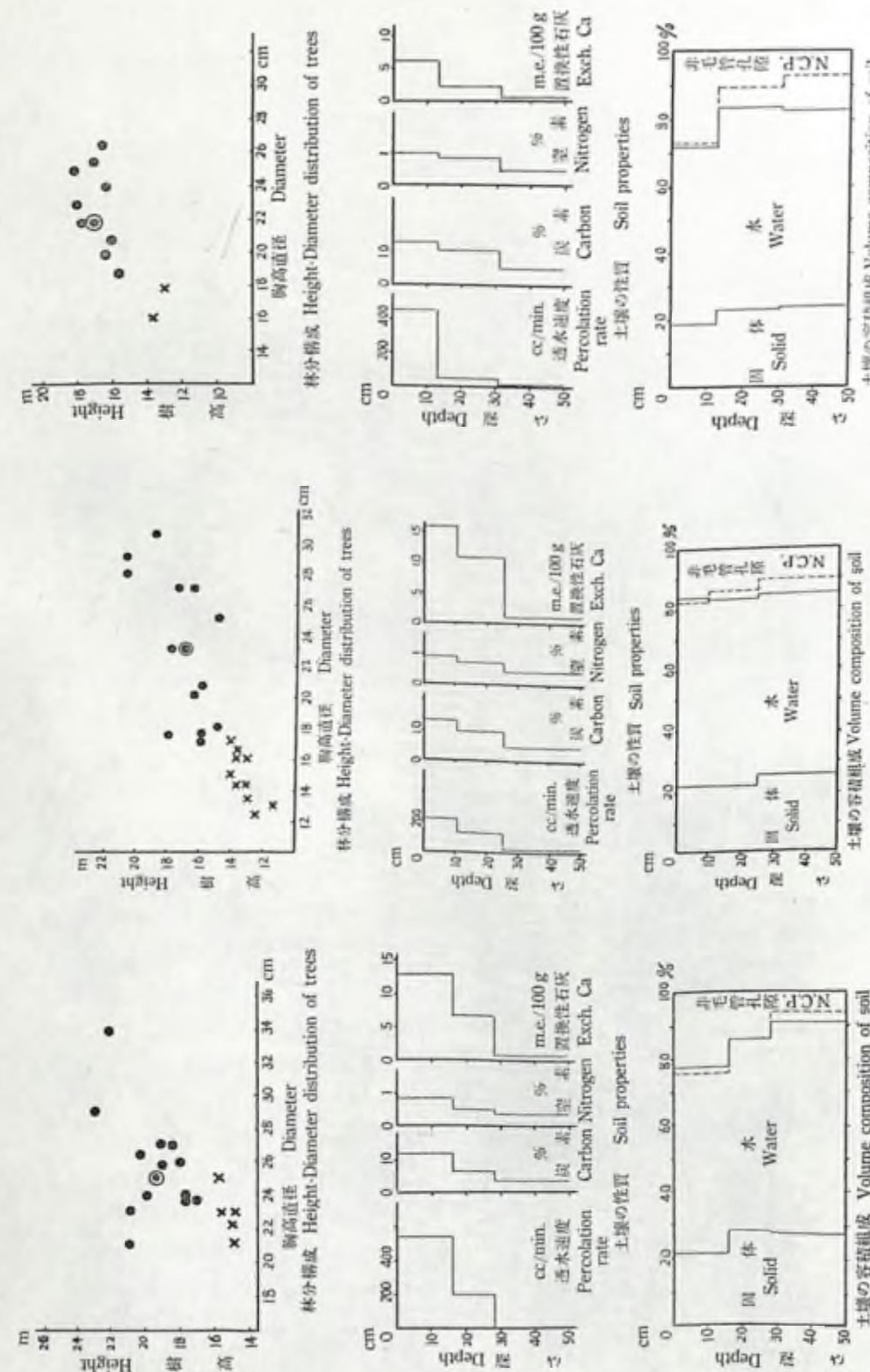
造林木の成長状態（Plot. No. 105）

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ス ギ	23 cm	17 m	40 年	1,800/ha	16.5

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 64 図に示す。

植 生

アブラチヤン (+), タロモジ (+), ウラジログシ (+), ムラサキシキブ (+), イヌガヤ (+), ヤブツバキ (+), ウリノキ (+), タマアジサイ (+), ニワトコ (+), スルデ (+), ミゾシダ (2), チヂミザサ (2), バライチゴ (1), イヌシヨウマ (1), ジュウニヒトエ (1), オオバジヤノヒゲ (1), ジュウモンジンダ (+), マツカゼソウ (+), タマワラビ (+), フタリシズカ (+), テキリスゲ (+), メヤブマオウ (+), ハンゲシヨウ (+), ヒメワラビ (+), ヨメナ (+), ヤマノイモ (1), アケビ (1), アマチヤヅル (1), イワガラミ (1), キヅタ (+), ノササゲ (+), ウマノスズタサ (+), ビナンカズラ (+)



第65図 Plot. No. 106 の林分構成および土壌の性質
Fig. 65 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 106

第64図 Plot. No. 105 の林分構成および土壌の性質
Fig. 64 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 105

第63図 Plot. No. 104 の林分構成および土壌の性質
Fig. 63 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 104

Plot. No. 106 BD 型土壌

位置および地形 55 林班イ小班, 山脚部, 小規模の押出し地形上の微凸形緩斜面。

方位・傾斜 N8°W, 18°, 海拔高 560 m, 母材 (石礫) 火山放出物。

土壌断面の形態 (Plot. No. 106)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
A ₁	13	漸	黒褐 (2)	すこぶる富む	浮石含む	団粒状	SCL	鬆軟	湿
A ₂	18	判	黒褐 (4)	富む	〃含む	団粒状・弱度	SCL	軟	湿
B~C	20	判	褐 (3)	乏し	〃富む	—	S	やや堅	湿
C	30+	漸	帯黄—黄褐	なし	大礫富む	—	SCL	堅	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 106)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
スギ	22 cm	17 m	38年	1,500/ha	17.5

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 65 図に示す。

植生

アブラチヤン (2), クロモジ (+), ウラジロガシ (+), アカガシ (+), ムラサキシキブ (+), コンテリギ (+), リヨウブ (+), ヤブムラサキ (+), アワブキ (+), イボタ (+), イヌガヤ (+), スズタケ (1), タマアジサイ (+), ミヤマシキミ (+), コカンスゲ (3), カンスゲ (2), ミゾシダ (+), チヂミザサ (+), ドクダミ (+), カタバミ (+), ヤブコウジ (+), ヤマイヌワラビ (+), ハリガネワラビ (+), センマイ (+), イワガラミ (+), ヘタソカズラ (+), ツタウルシ (+), オオツヅラジ (1), シラタチヅル (+), サンカタヅル (+), ツルウメモドキ (+), ニンドウ (+)

Plot. No. 107 BA~BD(d) 型土壌

位置および地形 57 林班イ小班, やせ尾根の頂部に近い凸形斜面。

方位・傾斜 N31°W, 26°, 海拔高 650 m, 母材 (石礫) 火山放出物。

土壌断面の形態 (Plot. No. 107)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
L	2	明							
F	3	明	黒—赤褐 (1)	腐植					
H	1	明	同上	腐植土					
A ₁	5	判	黒褐 (2)	すこぶる富む	浮石含む	細い粒状・発達	SCL	軟	やや乾
A ₂	18	判	黒褐 (3)	すこぶる富む	含む	粒状	SCL	軟	調
B	20	明	褐 (1)	含む	含む	—	SL	堅	調
Vs	30+	明	帯黄—黄褐	なし	浮石層	—	S	すこぶる堅	調

造林木の成長状態 (Plot. No. 107)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
スギ	13 cm	10 m	46年	3,300/ha	8.6

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 66 図に示す。

植 生

ウラジロガシ (2), ヒサカキ (2), アカガシ (2), シキミ (1), リョウブ (1), ツタバネガシ (1), イヌシデ (1), ヤブニツケイ (1), マツラニツケイ (+), コンテリギ (+), ヤブムラサキ (+), ウンゼンツツジ (+), ヒイラギ (+), ウツギ (+), アワブキ (+), コシアブラ (+), サカキ (+), コナラ (+), ツガ (+), タマシデ (+), リンボク (+), オトコヨウゾメ (+), ヤブコウジ (+), ウラジロ (+), タマワラビ (+), シンガシラ (+), テイカカズラ (1), フジ (1), ノササゲ (+), ミツバアケビ (+), オオツツジ (+), ウマノスズタサ (+), サンカクヅル (+)

Plot. No. 108 BE 型土壌 (崩積土)

位置および地形 99 林班口小丘, 沢沿いの押出し。

方位・傾斜 N55°W, 25°, 海拔高 400 m, 母材 (石礫) 火山放出物, 砂岩, 輝石安山岩等。

土壌断面の形態 (Plot. No. 108)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿状態
A ₁	12	漸	黒 褐 (2)	富む	富 む	団粒状・発達	SCL	鬆	湿
A ₂	20	漸	黒 褐 (3)	含む	富 む	団 粒 状	SCL	軟	湿
B	25	漸	淡黄褐 (2)	乏し	すこぶる富む	—	SL	やや堅, 粗	湿
C	30+	漸	同 上	なし	すこぶる富む	—	SCL	堅, 粗	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 108)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ス ギ	40 cm	29 m	50 年	650/ha	25.8

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 67 図に示す。

植 生

ウリノキ (1), アオキ (+), ウラジロガシ (+), ヒメシヤラ (+), ヤマダマ (+), オオモミジ (+), ケヤキ (+), ハナイカダ (+), アブラチヤン (+), スズタケ (2), タマアジサイ (2), ミツバウツギ (+), キブシ (+), エゴノキ (+), ニワトコ (+), コアカソ (2), チヤ (+), タラノキ (+), コクサギ (+), オタノカンズゲ (4), ジュウモンジンダ (2), ドタダミ (2), マツカゼソウ (1), キヨスミヒメワラビ (1), キツリフネ (1), ヤマイヌワラビ (1), カタバミ (1), ミゾンダ (+), チヂミザサ (+), ウワバミソウ (+), イノコズチ (+), ヌスビトハギ (+), イノデ (1), ホウチヤクソウ (+), オオバノイノモトソウ (+), メヤブマオウ (+), アカソ (+) タニヘゴ (+), ホソエノアザミ (+), キヨタキンダ (+), ツリフネソウ (+), セリ (+), ツユクサ (+), ヘタソカズラ (1), ニガガシユウ (1), テイカカズラ (+), アケビ (+), キヅタ (+), アマチヤヅル (+), ハンショウヅル (+), マタタビ (+)

Plot. No. 109 BD(d) 型土壌 (定積土)

位置および地形 130 林班口小丘, 小規模の尾根上平坦面, 微凸地形。

方位・傾斜 N16°W, 11°, 海拔高 690 m, 母材 (石礫) 火山放出物。

土壌断面の形態 (Plot. No. 109)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐 植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿状態
L・F	3	明							
A ₁	5	判	黒 褐 (2)	すこぶる富む	乏 し	粒 状	CL	鬆	湿
A ₂	15	判	黒 褐 (3)	富 む	乏 し	堅果状, 塊状, 弱度	SCL	軟	湿
A-B	12	明	黄 褐	含 む	含 む	—	SL	やや堅	湿
Vs	20	明	帯黄—黄褐	な し	浮石層	—	S	すこぶる堅	湿
C	20+	明	褐 (2)	な し	含 む	カベ 状	S	堅	過湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 109)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ス ギ	17 cm	11 m	45 年	2,300/ha	9.9

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 68 図に示す。

植 生

クロモジ (2), アカシデ (2), コバノガマズミ (2), ヒメシヤラ (2), アオハダ (1), オオモミジ (1), アブラチヤン (+), ムラサキシキブ (+), アマギアマチヤ (+), リョウブ (+), イヌツゲ (+), エゴノキ (+), ウツギ (+), ヤマトアオダモ (+), ヒイラギ (+), コシアブラ (+), モミ (+), シナノキ (+), スズタケ (3), コアジサイ (+), ミヤマシキミ (+), コカンズゲ (5), カンズゲ (+), ハリガネワラビ (+), キツコウハダマ (+), フルリンドウ (+), テイカカズラ (1), イワガラミ (+), ヤマノイモ (+), ツタウルシ (+), ミツバアケビ (+), サルトリイバラ (+), サンカクヅル (+), カモメヅル (+)

Plot. No. 110 BD 型土壌 (定積土)

位置および地形 130 林班口小丘, 小規模の尾根上, 緩斜面。

方位・傾斜 W, 17°, 海拔高 700 m, 母材 (石礫) 火山放出物。

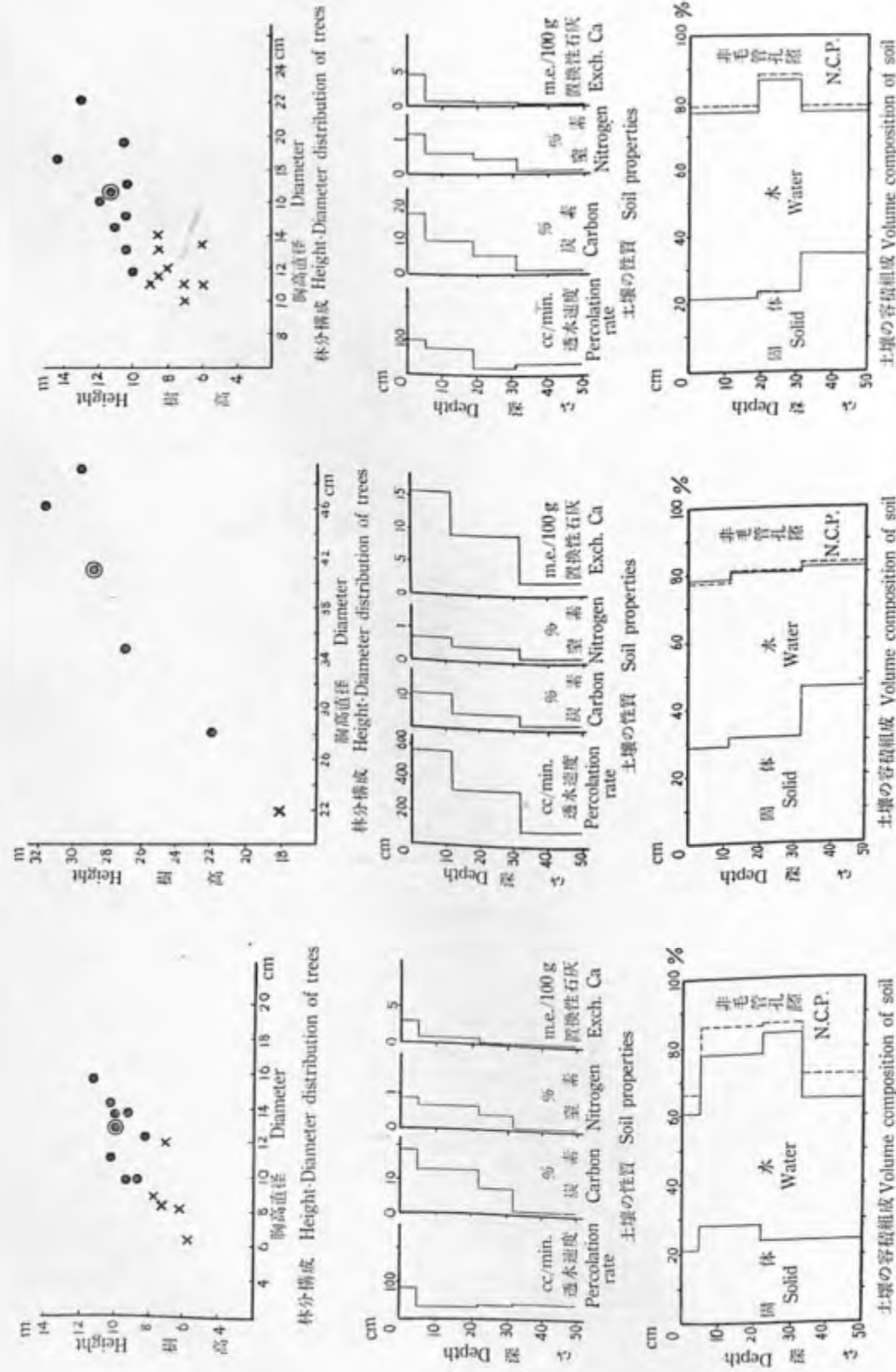
土壌断面の形態 (Plot. No. 110)

層 位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐 植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿状態
L・F	2	明							
A ₁	6	判	黒 褐 (1)	すこぶる富む	乏 し	団 粒 状	SCL	鬆	湿
A ₂	22	判	黒 褐 (4)	富 む	乏 し	団粒状・弱度	SCL	軟	湿
B	20	明	褐 (2)	含 む	含 む	—	SL	やや堅	湿
C*	10	明	褐 (3)	な し	含 む	カベ 状	S	固 結	湿
Vs	20+	明		な し	浮石層	—	S	すこぶる堅	湿

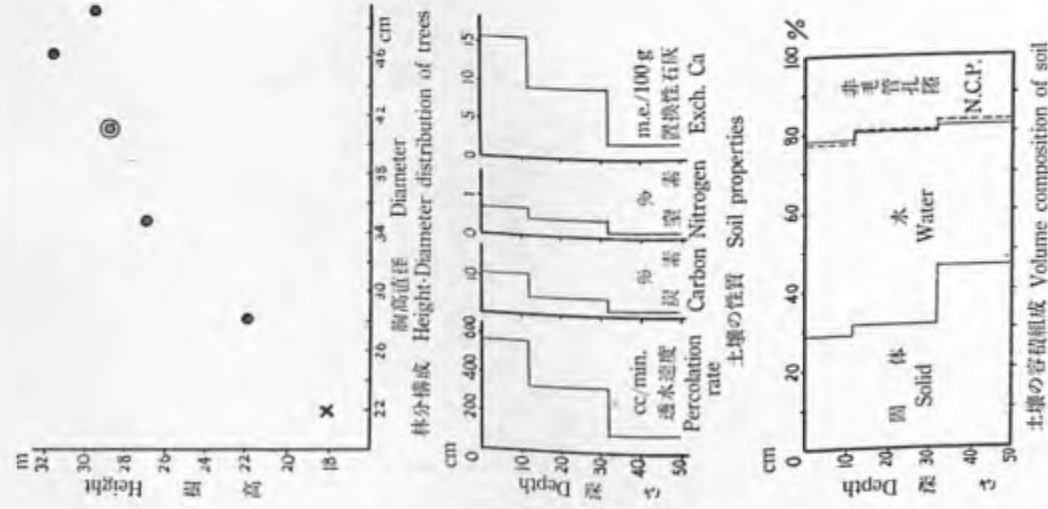
* 固結層, 不透水層, 斑鉄を認む。

造林木の成長状態 (Plot. No. 110)

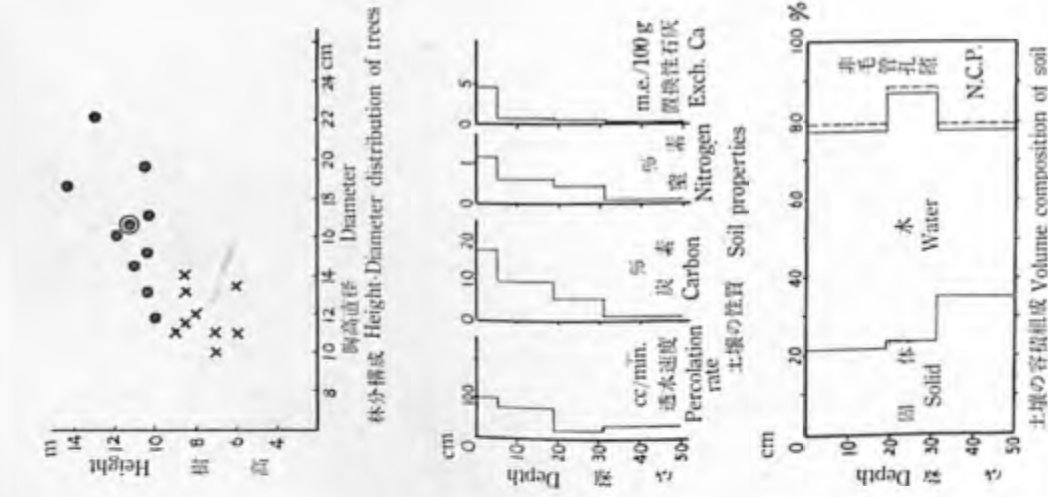
樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ス ギ	19 cm	14 m	45 年	1,850/ha	13.6



第66図 Plot. No. 107 の林分構成および土壌の性質
Fig. 66 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 107



第67図 Plot. No. 108 の林分構成および土壌の性質
Fig. 67 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 108



第68図 Plot. No. 109 の林分構成および土壌の性質
Fig. 68 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 109

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 69 図に示す。

植 生

クロモジ (3), コバノガマズミ (1), シキミ (1), ムラサキシキブ (+), アブラチヤン (+), ケヤキ (+), カヤ (+), アワブキ (+), アオハダ (+), ヤマモミジ (+), カマツカ (+), ヤマトアオダモ (+), ヤブツバキ (+), スズタケ (5), サワフタギ (+), コアジサイ (+), イスガヤ (+), サンショウ (+), タマアジサイ (+), イヌツゲ (+), ヤマダワ (+), ヒイラギ (+), コカンスゲ (+), オタノカンスゲ (+), カンスゲ (+), ハリガネワラビ (+), ミヤマシキミ (1), イボタ (+), フタリシズカ (+), シシガシラ (+), キツコウハダマ (+), イワガラミ (2), キツタ (+), オオツツラフジ (+), ヘタツカズラ (+), ミツバアケビ (+), テイカカズラ (+), オオウマノスズタサ (+), シラタチヅル (+), ツルリンドウ (+), ツタ (+), サルトリイバラ (+), ハンシヨウヅル (+)

Plot. No. 111 B1 型土壌

位置および地形 94 林班イ小斑, 斜面中腹。

方位・傾斜 E, 26°, 海拔高 380 m, 母材 (石礫) 火山噴出物。

土壌断面の形態 (Plot. No. 111)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿状態
(L) F	2	明							
A ₁	12	判	帯褐—黒 (5)	すこぶる富む	浮石含む	団粒状・発達	CL	鬆	湿
A ₂	25	明	帯褐—黒 (6)	すこぶる富む	富む	カベ状	CL	やや堅, 密	湿
B	13	明	褐 (3)	乏	富む	カベ状	SL	堅 密	湿
C	20+	漸	褐 (1)	なし	富む	—	SL	すこぶる堅	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 111)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ス ギ	26 cm	20 m	42 年	1,300/ha	18.9

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 70 図に示す。

植 生

ユズリハ (+), ヒサカキ (+), クロモジ (1), アオキ (+), シラカシ (+), タブ (+), コシアブラ (+), モミ (+), アブラチヤン (+), ウラジロガシ (+), マツラニツケイ (+), ムラサキシキブ (+), ミズキ (+), クサギ (+), ミツバウツギ (+), ケヤキ (+), ハナイカダ (+), アサヒカエデ (+), カヤ (+), キブシ (+), アカメガシワ (+), ウツギ (+), ヤマトアオダモ (+), ノイバラ (+), カラスザンショウ (+), オオシマザクラ (+), ネムノキ (+), ヌルデ (+), ヤマウルシ (+), クリ (+), ネジキ (+), イイギリ (+), ミツデカエデ (+), タラノキ (+), ミヤマシキミ (+), ドクダミ (1), オオイトスゲ (1), コブナグサ (2), カニクサ (1), キツコウハダマ (1), チヂミザサ (+), ヌスビトハギ (+), ススキ (+), センナリホウズキ (+), イワガラミ (1), ツタ (3), ヤマノイモ (1), キツタ (1), ニガガシユウ (1), ミツバアケビ (1), テイカカズラ (+), ツタウルシ (+), ビナンカズラ (+), マタタビ (+)

Plot. No. 112 BD~BE 型土壌 (崩積土)

位置および地形 賀茂経営区 165 林班, 扇状地。

方位・傾斜 N, 16°, 海拔高 320 m, 母材 (石礫) 集塊岩, 変朽安山岩等。

土壌断面の形態 (Plot. No. 112)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
A ₁	15	判	帯褐—黒 (5)	富む	含む	団粒状	CL	鬆	潤
A ₂	20	漸	黒褐 (2)	含む	富む	—	CL	やや堅	潤
B ₁	15	漸	褐 (3)	乏し	富む	カベ状	CL	堅	潤
B ₂	15	漸	褐 (2)	乏し	富む	—	SC	堅	潤
C	20+	漸	褐 (1)	なし	富む	—	SCL	堅	潤

造林木の成長状態 (Plot. No. 112)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
スギ	35 cm	23 m	50年	620/ha	20.5

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 71 図に示す。

植生

アブラチヤン (3), アオキ (2), イヌガヤ (1), ヒサカキ (+), ヤブツバキ (+), ヤマドリ (+), ヤブツケイ (+), イボタ (+), ハナイカダ (+), アサヒカエデ (+), キブシ (+), ガマズミ (+), コゴメウツギ (+), コアカソ (1), チヂミザサ (2), オオイトスゲ (4), ミゾシダ (1), モミジガサ (1), イワガネシダ (1), モミジイチゴ (+), ウワバミソウ (+), マツカゼソウ (+), ヌスビトハギ (+), オオバジヤノヒゲ (+), リョウメソウ (+), ホウチヤクソウ (+), キジノオシダ (+), タマワラビ (+), フタリシズカ (+), ベニシダ (+), タニヘゴ (+), ヘビノネゴザ (+), ホソエノアザミ (+), イワセソウ (+), テイカカズラ (2), ヤマノイモ (+), ツタ (+), ヘタソカズラ (+), ニガガシユウ (+), ノササゲ (+), ウマノスズクサ (+), シラタチゾル (+), ビナンカズラ (+), ボタンヅル (+), サンカタヅル (+), カラスウリ (+)

Plot. No. 113 BD 型土壌

位置および地形 賀茂経営区 165 林班, 山腹斜面の中腹。

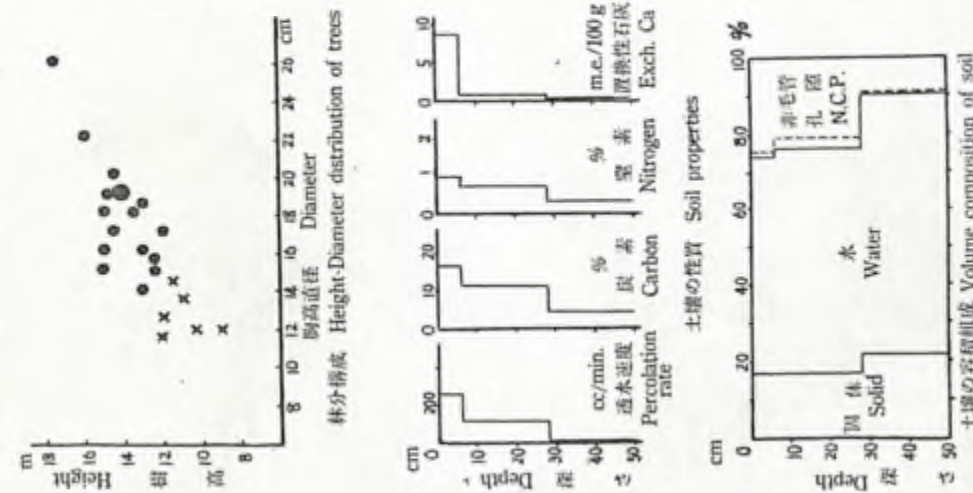
方位・傾斜 N45°W, 40°, 海拔高 360 m, 母材 (石礫) 変朽安山岩。

土壌断面の形態 (Plot. No. 113)

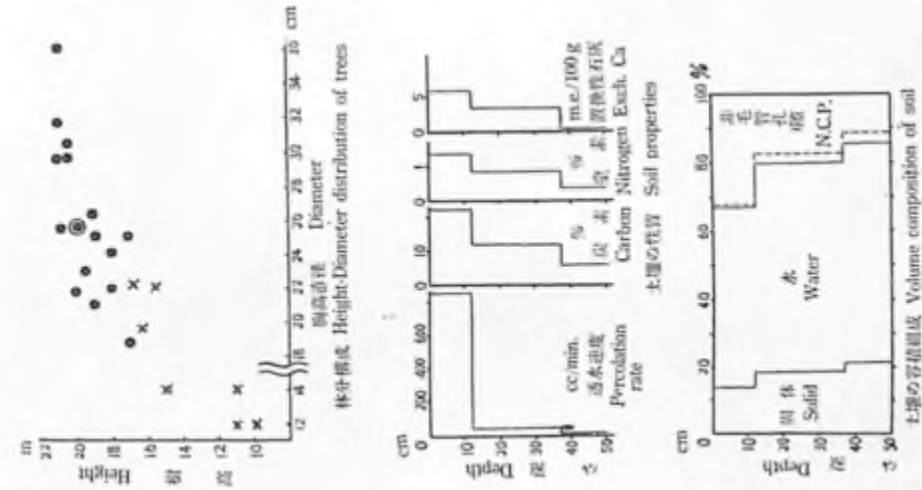
層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
A ₁	5	判	黒褐 (1)	富む	含む	団粒状	IC	軟	潤
A ₂	18	判	黒—黄褐 (1)	富む	含む	カベ状	IC	堅	潤
B	28	漸	暗—黄褐 (4)	含む	富む	カベ状	IC	堅	潤
C	20+	漸	褐 (3)	乏し	富む	—	CL	堅	潤

造林木の成長状態 (Plot. No. 113)

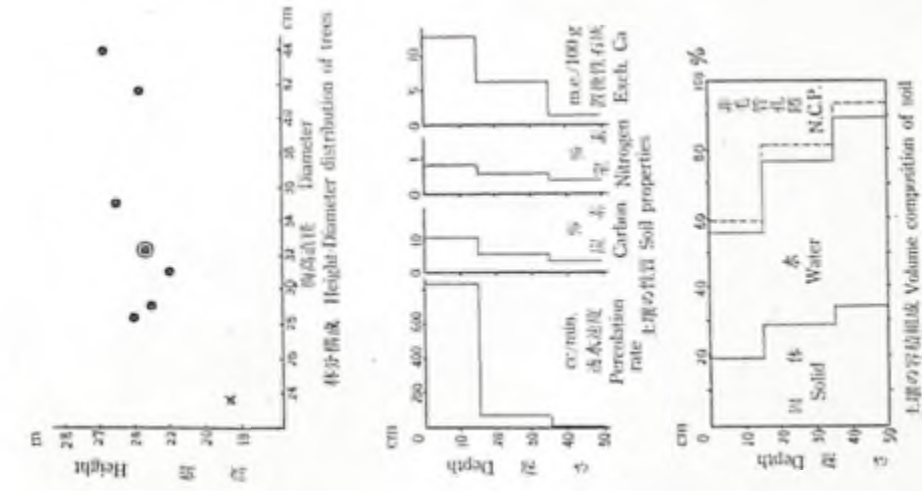
樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
スギ	27 cm	18 m	50年	1,300/ha	13.7



第59図 Plot. No. 110 の林分構成および土壌の性質
Fig. 59 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 110



第70図 Plot. No. 111 の林分構成および土壌の性質
Fig. 70 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 111



第71図 Plot. No. 112 の林分構成および土壌の性質
Fig. 71 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 112

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 72 図に示す。

植 生

クロモジ (2), マツラニツケイ (2), アオキ (+), シキミ (+), ムラサキシキブ (+), コンテリギ (+), ヤブツバキ (+), リョウブ (+), ヤマグラ (+), ヤブムラサキ (+), ケヤキ (+), アサヒカニデ (+), キブシ (+), シロダモ (+), タブ (+), サカキ (+), ヒサカキ (+), ネムノキ (+), ニシキウツギ (+), モミ (+), クリ (+), コゴメウツギ (+), マルバウツギ (+), ゴンズイ (+), イズセンリョウ (+), ミヤマシキミ (+), コバノカナワラビ (+), ホソバノカナワラビ (+), ニガイテゴ (+), ミゾシダ (+), マツカゼソウ (+), キジノオシダ (+), クマワラビ (+), オオバノイノモトソウ (+), テキリスゲ (+), ススキ (+), テイカカズラ (+), イワガラミ (+), ノササゲ (+), ミツバアケビ (+), シラクチヅル (+), ビナンカズラ (+), マタタビ (+)

Plot. No. 114 BE 型土壌 (崩積, 石礫土)

位置および地形 賀茂経営区 165 林班, 沢沿い, 山脚部急斜面。

方位・傾斜 S36°W, 40°, 海拔高 380m, 母材 (石礫) 集塊岩, 変朽安山岩等。

土壌断面の形態 (Plot. No. 114)

層位	厚さ (cm)	推移 状態	色	腐植	石 礫	構 造	土性	堅 密 度	水湿 状態
A ₁	15	漸	黒 褐 (2)	富む	富 む	団 粒 状	CL	鬆	湿
A ₂	35	漸	帯黄褐—黒灰 (2)	富む	富 む	団粒状・弱度	IC	やや堅, 粗	潤
A ₃	30	漸	同 上 (1)	富む	すこぶる富む	—	CL	同 上	湿
B	20+	漸	帯黄—暗黄灰 (5)	含む	すこぶる富む	—	CL	同 上	湿

造林木の成長状態 (Plot. No. 114)

樹 種	胸 高 直 径	樹 高	林 齢	立 木 密 度	地 位 指 数
ス ギ	28 cm	23 m	48 年	1,200/ha	20.6

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 73 図に示す。

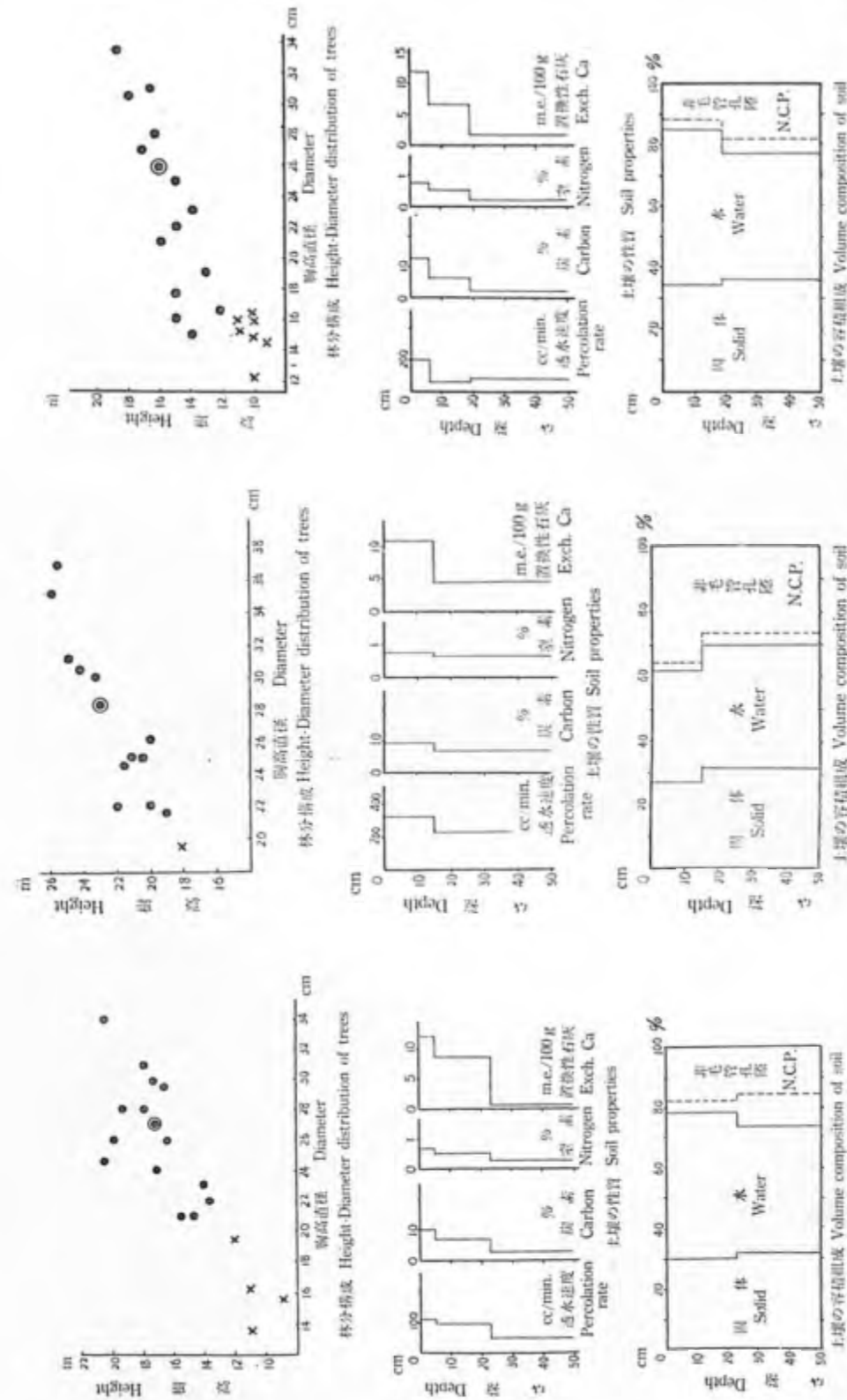
植 生

タマアジサイ (5), アオキ (2), マツラニツケイ (1), ヒサカキ (+), ムラサキシキブ (+), アマガアマチャ (+), コンテリギ (+), ヤブツバキ (+), ヤマグラ (+), タブ (+), ヤブデマリ (+), ミゾシダ (1), ジュウモンジンダ (1), イズセンリョウ (+), フユイチゴ (1), チヂミザサ (+), コバノカナワラビ (+), オオイトスゲ (+), カンスゲ (+), イノデ (+), オニカナワラビ (+), クマワラビ (+), オオバノイノモトソウ (+), イワガラミ (+), ニガガシユウ (+), ビナンカズラ (+)

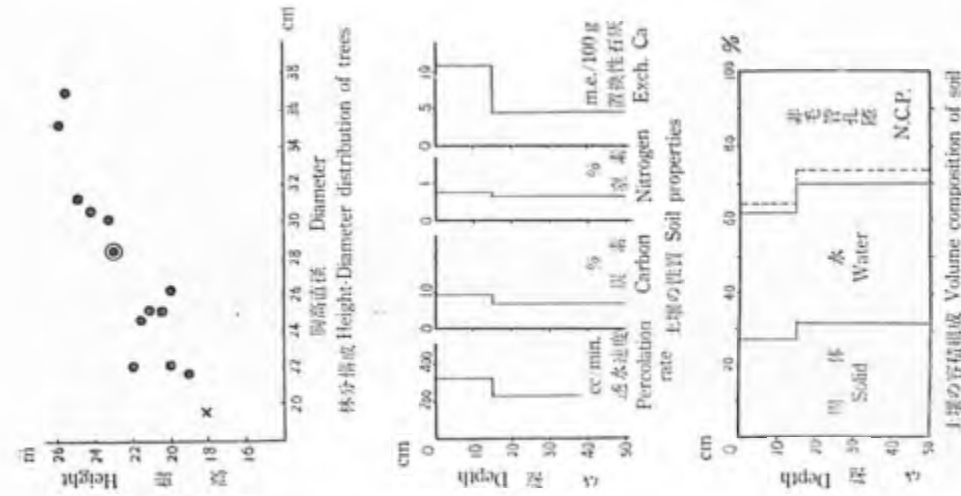
Plot. No. 115 BD(d) 型土壌

位置および地形 賀茂経営区 165 林班, 急斜面中腹。

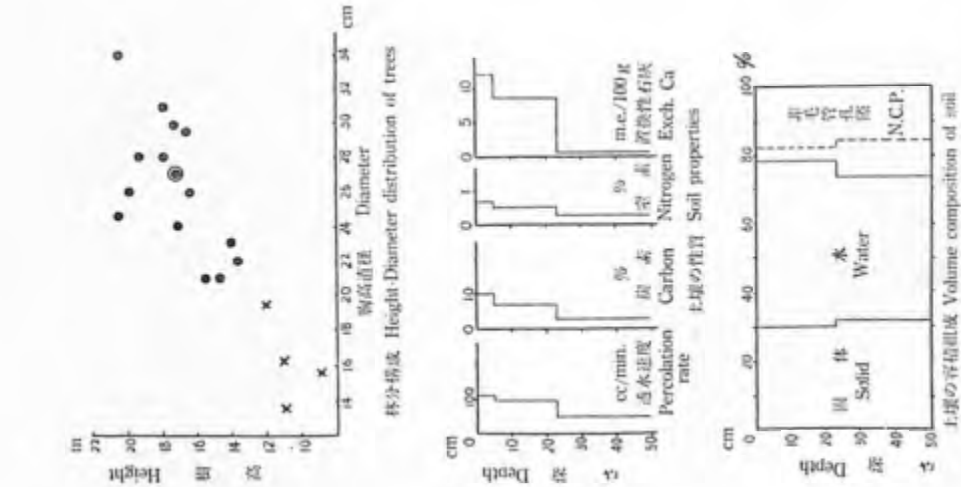
方位・傾斜 N62°W, 40°, 海拔高 380m, 母材 (石礫) 変朽安山岩。



第72図 Plot. No. 113 の林分構成および土壌の性質
Fig. 72 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 113



第73図 Plot. No. 114 の林分構成および土壌の性質
Fig. 73 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 114



第74図 Plot. No. 115 の林分構成および土壌の性質
Fig. 74 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 115

土壌断面の形態 (Plot. No. 115)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
A ₁	6	判	黒 褐 (2)	すこぶる富む	含む	団粒状, 粒状	IC	軟	潤
A ₂	13	判	黒 褐 (4)	富む	含む	堅果状, 塊状, 弱度	IC	やや堅	潤
B	30	漸	褐 (2)	乏し	含む	—	IC	軟	潤
C	20+	漸	褐 (1)	なし	富む	—	CL	軟	潤

造林木の成長状態 (Plot. No. 115)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
スギ	26 cm	16 m	50年	1,800/ha	15.2

調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 74 図に示す。

植 生

ウラジロガシ (1), マツラニツケイ (1), タマアジサイ (1), ヤブツバキ (1), コンテリギ (1), ヒサカキ (1), タロモジ (+), アオキ (+), ヤブニツケイ (+), ケヤキ (+), イヌガヤ (+), イボタ (+), ハナйкаダ (+), カヤ (+), タブ (+), サカキ (+), ホソバノカナワラビ (3), コバノカナワラビ (2), イズセンリョウ (2), フニイチゴ (+), バライチゴ (+), ドタダミ (+), マツカゼソウ (+), キジノオンダ (+), オオバノイノモトソウ (+), コナスビ (+), ツルギキョウ (+), テイカカズラ (+), ヘタソカズラ (+), ノササゲ (+), ミツバアケビ (+), ウマノスズタサ (+), サルトリイバラ (+)

Plot. No. 116 BD~BE 型土壌

位置および地形 賀茂経営区 165 林班, 山脚部微凹形斜面。

方位・傾斜 N, 30°, 海拔高 320 m, 母材 (石礫) 集塊岩, 安山岩等。

土壌断面の形態 (Plot. No. 116)

層位	厚さ (cm)	推移状態	色	腐植	石礫	構造	土性	堅密度	水湿状態
A ₁	8	漸	黒 褐 (3)	富む	含む	団 粒 状	IC	鬆	湿
A ₂	20	漸	褐 褐	含む	含む	—	IC	軟	湿
B	20	漸	暗—黄褐 (4)	乏し	富む	—	IC	堅	湿
C	20+	漸	淡—黄褐 (1)	なし	富む	—	IC	堅	湿

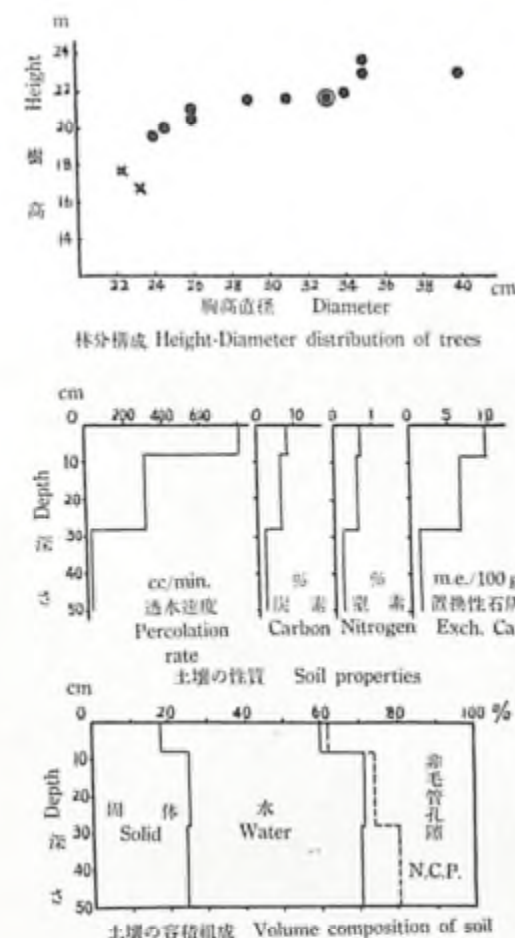
造林木の成長状態 (Plot. No. 116)

樹種	胸高直径	樹高	林齢	立木密度	地位指数
スギ	33 cm	22 m	50年	960/ha	20.3

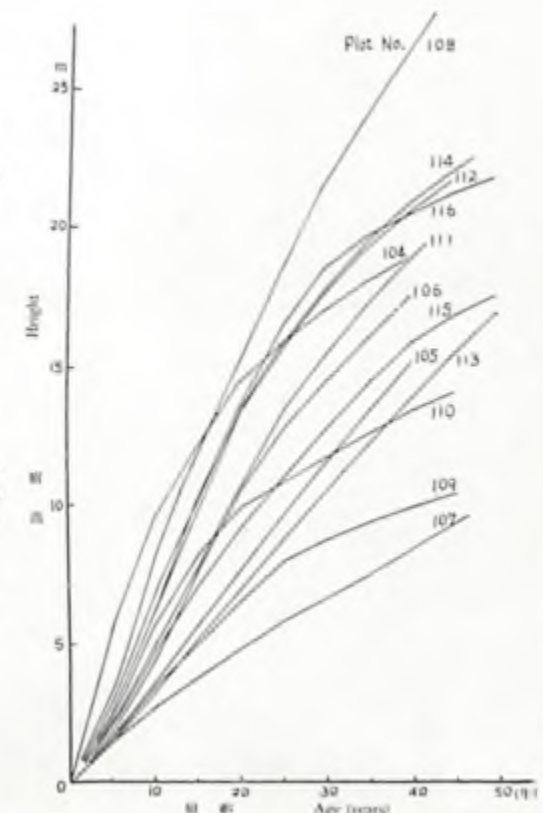
調査区内の林分構成および土壌の理化学的性質を第 75 図に示す。

植 生

アオキ (2), タマアジサイ (3), アマガミアチヤ (1), コンテリギ (1), アブラチヤン (+), ヤブツバキ (+), ヤマダワ (+), ヤブニツケイ (+), ミズキ (+), オオモミジ (+), タサギ (+), ケヤキ



第75図 Plot. No. 116 の林分構成および土壌の性質
Fig. 75 Growth of trees and some soil properties in Plot. No. 116



第76図 天城山国有林スギ造林地調査区における樹高成長
Fig. 76 Growth of Sugi in the stands of Amagisan National Forest

(+), イヌガヤ (+), イボタ (+), ハナйкаダ (+), キブシ (+), アカメガシワ (+), ニシキウツギ (+), コゴメウツギ (+), カゴノキ (+), ハゼ (+), ミゾシダ (3), フニイチゴ (3), ジュウモンジシダ (1), コバノカナワラビ (1), オオイトスゲ (1), ウワバミソウ (1), マツカゼソウ (1), オオキジノオ (2), オニカナワラビ (1), ヤブコウジ (1), コアカソ (+), モミジイチゴ (+), チヂミザサ (+), ドタダミ (1), モミジガサ (+), カタバミ (+), イノデ (+), ホウチヤクソウ (+), キジノオンダ (+), メヤブマオウ (+), トチバニンジン (+), ベニシダ (+), ナツエビネ (+), キヨスミヒメワラビ (+), テイカカズラ (1), ヤマノイモ (2), キヅタ (1), ヘタソカズラ (1), ツタ (+), イワガラミ (+), ノササゲ (+), ウマノスズタサ (+), サルトリイバラ (+)

各調査区の標準木の樹高成長を第 76 図に示す。

第3節 総 括

この団地に設定した調査区の成長は第 76 図に見られるように、著しく異なる。そして、成長の相違と土壌、植生との間には次のような関係、あるいは傾向が見られる。

1) 土壌型と地位

各調査区の地位指数を土壌型別に示す。

Be 型土壌 (Bd~Be 型を含む)	4 箇所	地位指数	20.3~25.8
Bd 型土壌 (Bd(w) 型を含む)	5 箇所	"	13.6~18.9
Bd(d) 型土壌 (BA~Bd(d) 型を含む)	3 箇所	"	8.6~15.2
Bl(Cr.) 型土壌	1 箇所	"	18.9

一般的な傾向としては、Be 型→Bd 型→Bd(d) 型の順に、乾性の土壌ほど低地位を示すことが見られ、この傾向は前 3 国有林の場合と同様である。

各土壌型の分布する地形的位置は明らかに区別される。すなわち、Be 型は長大な斜面の脚部および押出し地形上に、Bd 型は斜面の中腹、Bd(d) 型は斜面上部および尾根に、また Bd 型定積土は山頂緩斜面にそれぞれ分布しており、水分、土砂その他物質の供給、流亡の状態が異なる。なかでも土砂の堆積状態、特にこの地域に特有な火山砂礫層の介在状態が異なる。このことは土壌の形態、理学的性質によくあらわれ、スギの成長を左右する重要な因子と考えられる。

2) 土壌の化学的性質と地位

調査区を地位指数により 3 区分し、それぞれの A₁ 層土壌の反応、置換性石灰等を示す。

地位指数	pH	置換酸度 (y _i)	置換性石灰 m.e./100g	C-N 比
20.3~25.8	5.8~6.2	1.1~8.0	9.8~15.6	12~15
15.2~18.9	5.2~6.2	1.3~5.9	5.9~16.0	13~17
8.6~13.7	4.8~6.1	1.3~13.5	3.0~11.9	15~20

高地位の土壌は酸性が弱く、置換性石灰に富み、C-N 比が低い傾向を示すが、各地位区分の偏差はかなり大きい。

3) 土壌形態と地位

土壌形態と地位との関係は前 3 国有林に見られた傾向とほぼ同様のことがこの団地にも見られる。すなわち、高地位の土壌は A 層上部に団粒構造が形成され、腐植が比較的深くまで浸透し、難透水性の下層が少なくとも 50 cm 以上の土層には見られない。このほか、本団地には、火山砂礫層の介在が重要な問題となる。この層は粒径のあらいもので構成されているにもかかわらず、はなはだ密に堆積しているため、その透水性は存外に不良である。Plot. No. 111 の土壌ではこの層の上部に鉄の被膜が見られることから、現実にもこの層が不透水層となつていていることがわかる。そして、これが浅く存在する土壌は著しく低地位を示す。

火山砂礫層は尾根上の残積土、未開析地域の定積土に見られ、侵蝕されつつある地域には少ない。特に高地位の Be 型崩積土には全く見られない。

4) 土壌の理学的性質と地位

土壌の理学的性質のうち、土性、容積組成、最大容水量、最小容気量等とスギの成長とは直接的な関係が小さいが、透水性とはかなり密接に関係し、その傾向は前 3 国有林の場合と同様である。

5) 林内植生と地位

林内植生には、地位、土壌型に対応して、次のような種が優占あるいは出現する傾向がある。

地位指数 20.3 以上 (Be 型, Bd~Be 型土壌)

タマアジサイ, ジュウモンジシダ, アオキ, ミゾシダ, フユイチゴ。

地位指数 17.5~18.9 (Bd 型, Bl(Cr.) 型)

アブラチヤン, ムラサキシキブ。

地位指数 13.6~15.9 (Bd (定積土), Bd(d) 型土壌)

クロモジ, シキミ, コバノカナワラビ, ホソバノカナワラビ。

地位指数 8.6~9.9 [Bd(d)~BA 型土壌]

アカシデ, リョウブ, ウラジロガシ, ヒサカギ。

第 7 章 土壌の諸性質と地位指数との関係

土壌はその性質の一つをとり上げても、林木の成長の良否を判断することはできない場合が多い。このことは既往の研究からもよくうかがわれる。総合的な土壌の性質の見かたの一つとして土壌型による標示が近年広く使われるようになり、多くの報告から造林木の成長との間に 2, 3 の傾向が認められている。

本研究における 56 調査区の地位指数と土壌型との関係を第 77 図に示す。土壌型のうち、Bd~Be 型崩積土は Be 型に、Bd(w) 型は Bd 型に入れた。

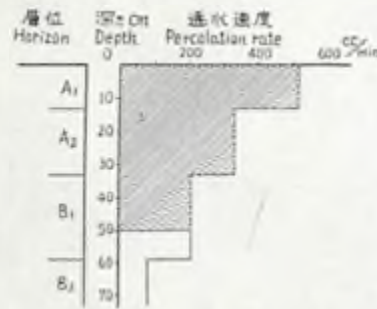
ヒノキの成長は Bd 型, Be 型土壌によく、BA 型, Bc 型, Bd(d) 型等、乾性、弱乾性土壌にはよくない。Bl 型土壌では、団粒状構造の土壌によく、カベ状の土壌には不良である。スギの場合はヒノキより、土壌型による相違が明りようであり、BA 型→Bc 型→Bd 型→Be 型の順に成長が良好となる。このような傾向は他の多くの報告ともよく一致する。

土壌型のように、土壌を諸種の性質により総合的に区分し、評価することが重要であることはいうまでもないが、成長不良な林地の土壌を解明し、樹種更改、あるいは土壌改良等積極的な生産向上を計るためには、その不良な原因の解明もまた必要であろう。また、土壌の諸性質のうち、造林木の成長に最も密接な条件を抽出し、これによつて地位判定の方法を考究することは、さらによりよき土壌区分法の推進となるであろう。このような考え方から、土壌の諸性質を個々にとりあげ、地位との関係を求めた。

I 透水指数と地位指数

各団地のスギ・ヒノキ造林地において、表層に団粒状構造がよく発達し、堅密なカベ状構造の下層土までの深さが比較的深い土壌が高地位の林分に共通してあらわれた。このような土壌断面の形態的特徴はまた土壌の透水性によつてよくあらわれ、透水速度の大きな土壌の深いほど高地位を示す傾向がうかがわれた。筆者ら (1958) はこのことをあらわすために、土壌の「透水速度—深さ」指数による 1 標示法を報告し、地位との関係を求めた。本研究においても、この標示法にしたがつて、土壌の透水性と地位との関係を求めた。なお、前報告ではこの指数を透水係数と仮称したが、この名称はまぎらわしいので透水指数と呼ぶことにする。透水指数は、深さ 50 cm までの各土層から採取した円筒試料の透水速度 cc/min. (第 1 篇, 第 3 章参照) にその層の厚さ cm を乗じた積の合計値である。この値を図示すれば、第 78 図中の斜線部の面積に相当する。

透水指数の算出にあつて、深さ 50 cm までの値を採用した理由は、この範囲を根系の活動領域と考えたからである。一般に林木の吸収根 (細根) は A₁ 層に密であり、Be 型崩積土の 2, 3 の例を除けば、



第 78 図 透水指数の図示
Fig. 78 Diagrammatic represent of 'Permeability-depth' index

較するとヒノキについては、透水指数 2,000 以下の土壌は、例外なく低地位を示し、良好な成長は 4,000 ~ 5,000 以上の土壌を必要とする。スギの場合はこれよりはるかに大きな透水指数の土壌が必要で、良好な成長を示す土壌は 10,000 以上である。

このような両樹種間の相違は主として根の張り方の違いによると考えられる。苅住 (1957) の報告では、ヒノキは浅根性の樹種であり、スギはこれより深根性の樹種に類別され、特に細根の分布には顕著な相違が示されている。このことは筆者の土壌断面観察からもよく認められた。

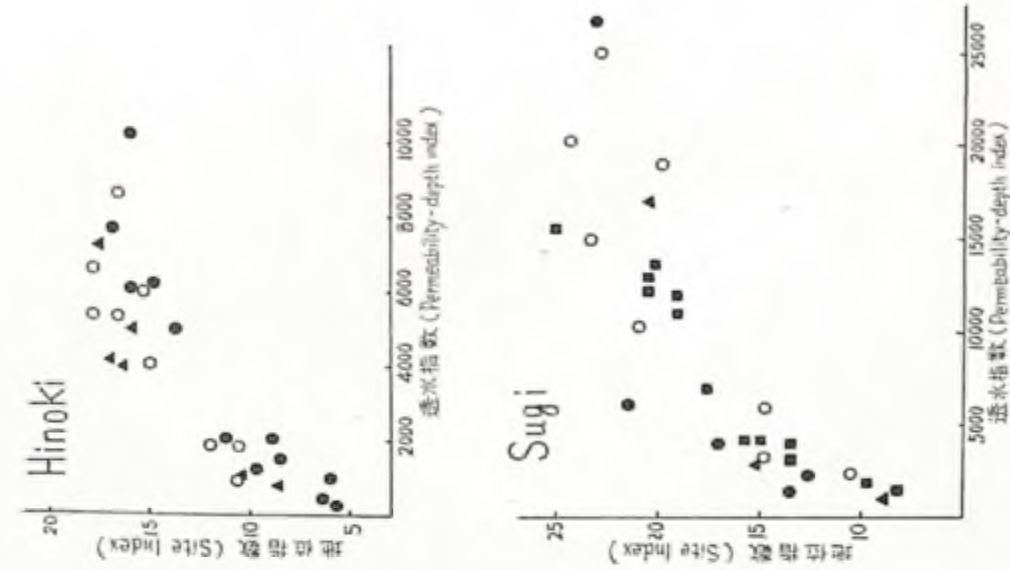
もちろん、林木の根の分布、伸張の状態は、同一樹種であつても、土壌条件に強く影響される。2, 3 の例をあげると、スギ林においては、Plot. No. 17, 94, 107, 109 等、透水指数のはなはだ小さい土壌すなわち、乾性ないし弱乾性土壌および Bp 型定積土では、一般に根は表層に集まり、下層土に細根の分布はまれである。これに対して、深くまで透水の良好な土壌、たとえば Plot. No. 8, 87, 114 等の Bx 型崩積土では、根は一部に偏することなく、全般に深くまで疎に分布する。このような傾向はヒノキにも見られ、透水性の極端に悪い Plot. No. 10, 18, 19, 21 等では、細根が土壌の表面に密集し、細根網層を形成しているが、透水指数の大きい土壌では根系の分布は比較的疎である。

しかしながら、ヒノキはスギより根系の分布範囲が浅いことは一般的な傾向であり、Plot. No. 82, 83 等から考えて、B 層が堅密、難透水性を示すことがあつても、細根が十分に活動できる A 層の厚さが 30 cm 程度あれば、40 年位の期間のヒノキの成長にはそれほど障害とならないと想定される。この想定は次のことから裏付けられるであろう。すなわち、ヒノキの場合は、透水指数の算出基準に、深さ 30 cm までの値をとつても、地位指数との関係ははなはだ良好である。

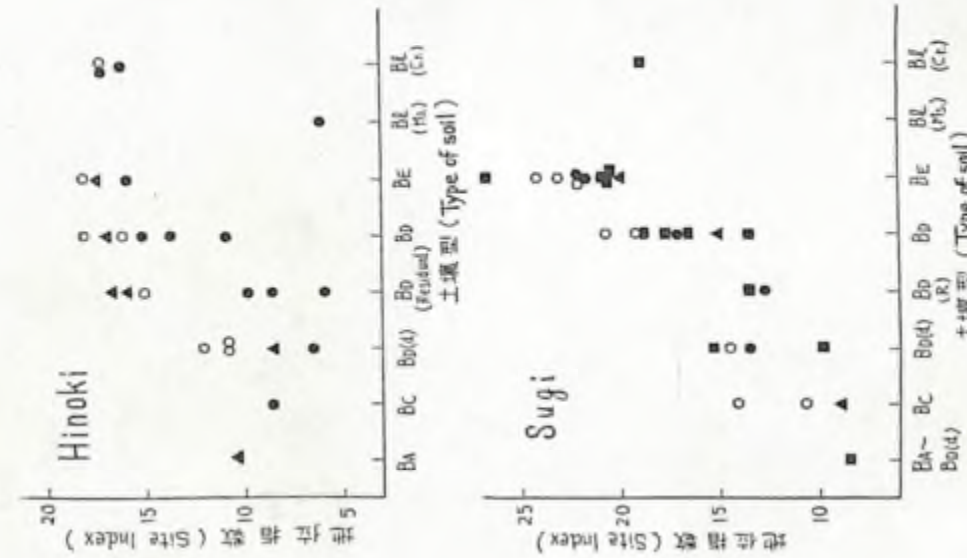
II 土性と地位指数

土性 (機械的組成) は同一土壌断面であつても、層位によつて異なる場合が多い。異母材、特に火山灰、砂、礫層の介在する場合を除いて、筆者の調査した土壌では、それほど大きな相違ではないが、A 層、B 層、C 層の順に粘土、微砂等微細粒子が少なくなる傾向が一般的に見られた。そこで B 層上部 (B₁ 層) の土性をその土壌の代表と見なした。B₁ 層が特に他の土層の土性と異なる場合は A₂ 層の土性にかえた。各調査区の地位指数と B₁ 層または A₂ 層の土性 (微砂、粘土含有量) との関係は第 80 図に示す。

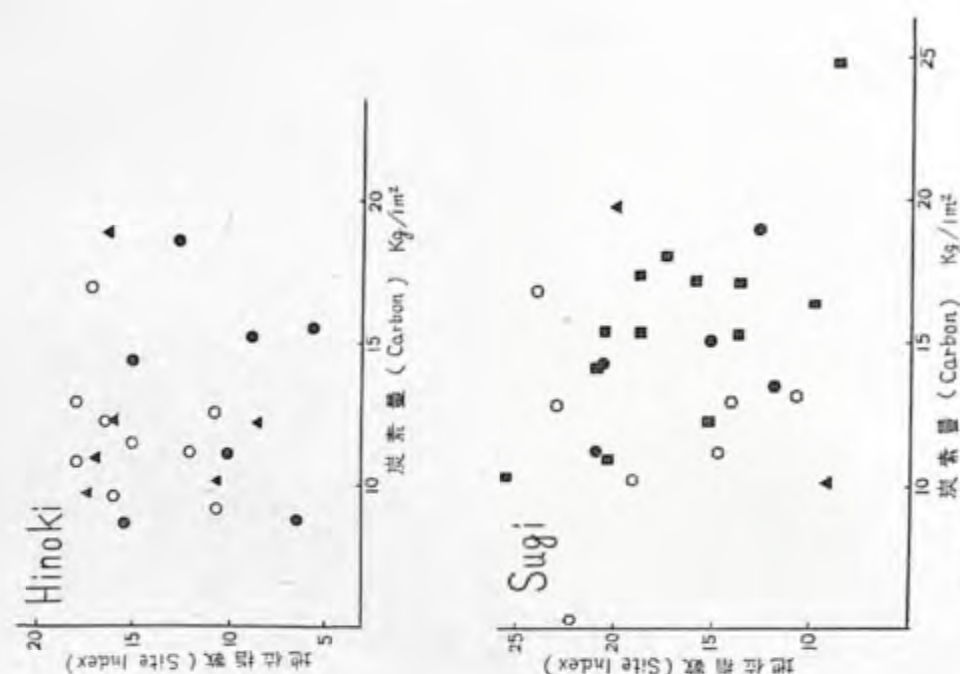
段戸国有林においては、スギ・ヒノキとも砂質の土壌ほど高地位を示す傾向が見られたが、全調査地を総合すると、このような傾向は認められない。



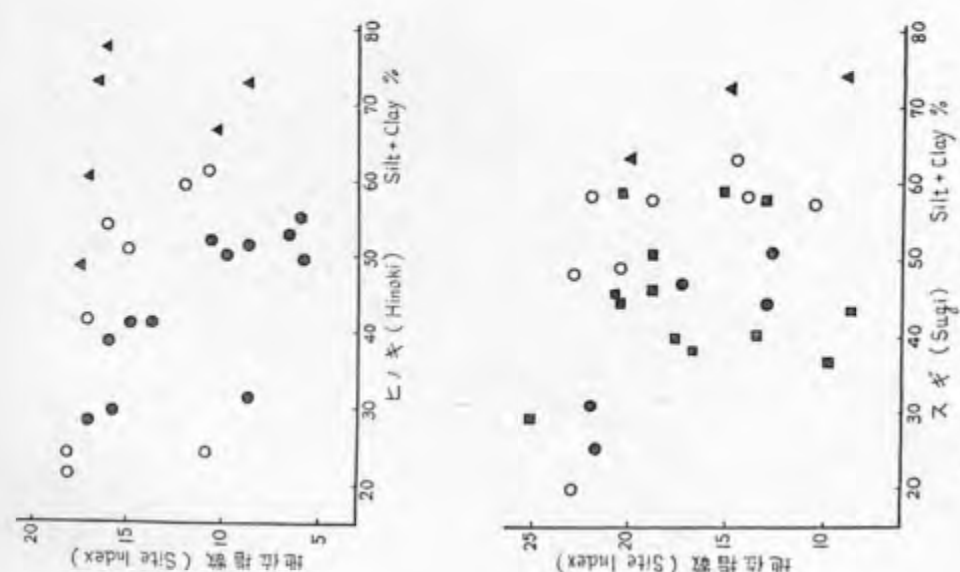
第 79 図 土壌の透水指数と地位指数との関係
Fig. 79 Relation between 'Permeability-depth' index and site index
Site index : Height (m) of sample tree at 40 years
○ 段戸国有林 Dando National Forest
▲ 天城山国有林 Amagisan National Forest



第 77 図 土壌型と地位との関係
Fig. 77 Relation between site index and type of soil
地位指数 : 林齢40年の樹高 (m)
○ 段戸国有林 Dando National Forest
● 高尾山国有林 Takao National Forest



第 81 図 土壌中の全炭素量と地位指数との関係
Fig. 81 Relation between amount of carbon in soil and site index



第 80 図 土性との地位指数との関係
Fig. 80 Relation between soil texture and site index

土性は古くから土壌分類上重要な因子として扱われ、また土壌の物理的性質の基礎的因子として研究された。林木の成長との関係についても多数の報告があり、一般的な傾向として、林木の成長は、砂土、粘土では劣り、壤土ないし植壤土に最も良好であることが認められている。すなわち、STOECKELER (1948) の示した関係図が普通に考えられている。しかし、本研究の結果からはこのような傾向は見られず、スギ林の場合、砂質の土壌に成長のよい 2, 3 の例は見られるが、一般に、土性はスギ・ヒノキともに、その成長に関与する重要な土壌因子とは認め難い。

III 深さ 50 cm までの土層に含まれる全炭素量および全窒素量と地位指数

A₀ 層を除き、1 m² あたり、深さ 50 cm までの土壌に含まれている全炭素量と地位指数との関係を第 81 図に示す。

各調査区の土壌はいずれも炭素量 10~20 kg を含有しており、スギ・ヒノキともに、その地位指数との関係はほとんど認められない。全窒素量についても、炭素の場合と同様に、深さ 50 cm までの含有量と地位指数との関係を第 82 図に示す。ヒノキ林調査区の土壌は、窒素含有量 500~1,500 g を示し、多くは 800~1,000 g にあつまる。スギ林の土壌はヒノキ林よりやや多く、1,000~1,500 g の含有量を示すものが多い。両樹種とも窒素量と地位指数とが無関係であることは炭素量との場合とはほぼ同様である。

土壌中の腐植、特に窒素は植物の生育に不可欠の成分であり、これが乏しい土壌には良好な成長を望めないはずである。しかしながら、現実の林分では、その成長と土壌中の窒素、その他林木の生育に必要な成分の含有量とは必ずしも一致しない例が多く報告されており、本編第 1 章においてもふれたように、その理由として次のことが考えられる。TARRENT (1949) はこのことについて、彼の調査した地域がたまたま十分な養分を保有していたため、林木成長の制限因子とならなかったと考えた。本調査地域の土壌でも、スギ・ヒノキ林ともに、1 m² あたりの窒素 1 kg 前後、炭素 10~20 kg の含有量は決して少ないものではない。ちなみに、原田 (1958) が分析した 40 年生のスギの窒素量を例にとれば、上記土壌の含有量はその数十倍に相当する。ただし、ここにあらわした窒素量は必ずしも林木に利用される状態のものではない。もし可給態の窒素量が標示されるならば、林木の成長とはもつと密接な関係が見られるであろう。このことは次に述べる C-N 比と地位指数との関係からも想定される。

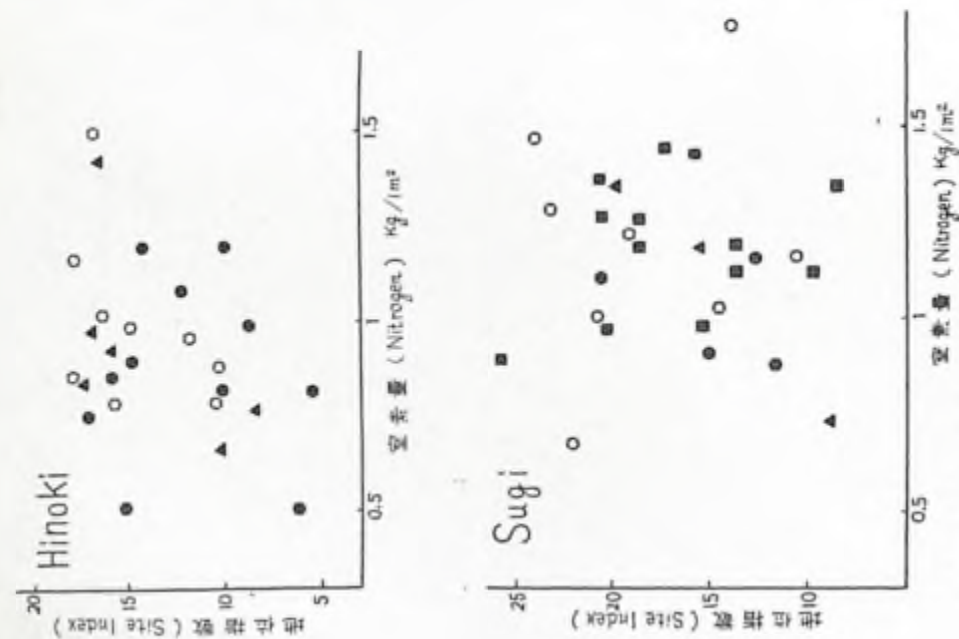
なお、炭素、窒素の含有量は下層ほど減少するのが普通であり、深さによるこれらの減少度を注目すれば、地位との関係もある程度考えることができる。このことについては後節で検討する。

IV 表土の C-N 比と地位指数

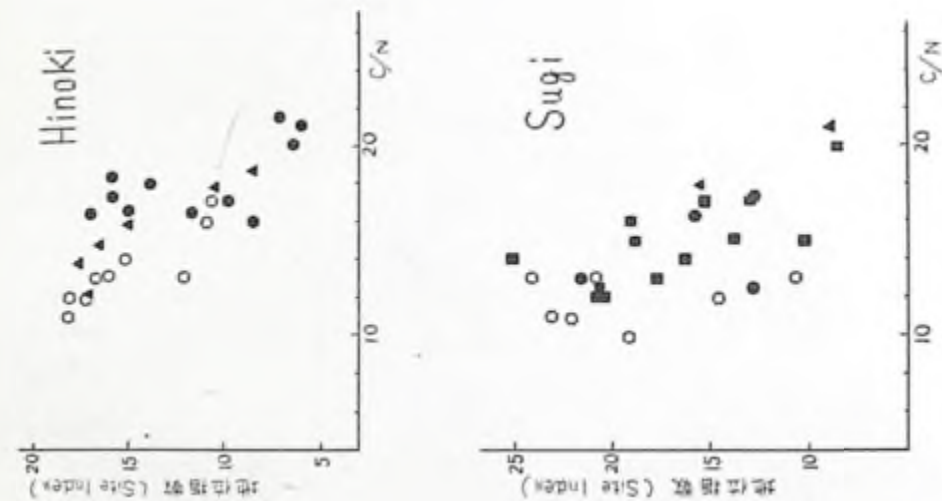
C-N 比は同一断面のうちでも、層位により、著しく異なり、下層ほど小さい値を示すのが一般的な傾向である。そして、B 層の C-N 比はスギ・ヒノキ林とも、10 前後を示すものが多く、地位指数との関係は特に認められないが、A 層、なかでも A₁ 層の C-N 比は地位指数とよく対応する。第 83 図に A₁ 層の C-N 比と地位指数との関係を示す。

ヒノキ林土壌の場合は、C-N 比 11~22 を示し、この値の低い土壌ほど高地位を示す傾向が見られる。また、地域による相違も見られ、高尾山の土壌には低い値のものが多く、大代国有林はこれにつき、段戸国有林には高い値を示す土壌が多い。スギ林土壌は、C-N 比 10~21 の範囲にあり、ヒノキ林よりやや低く、12~17 を示す土壌が多い。地位指数との関係は、多少ばらつきは大きくなるが、ヒノキ林と同様の傾向が見られる。両樹種とも C-N 比 20 以上の土壌は特に低地位を示す。

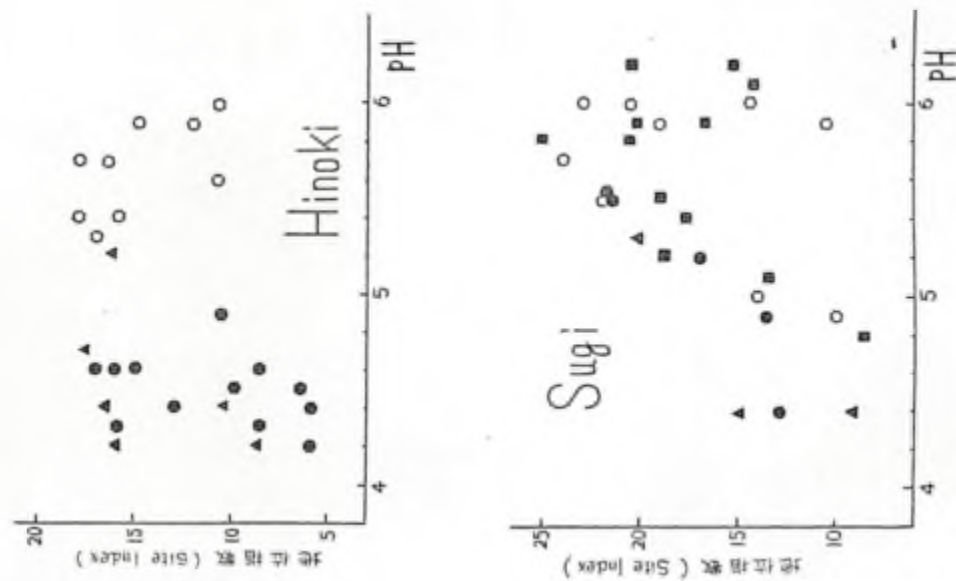
V 表土の酸性と地位指数



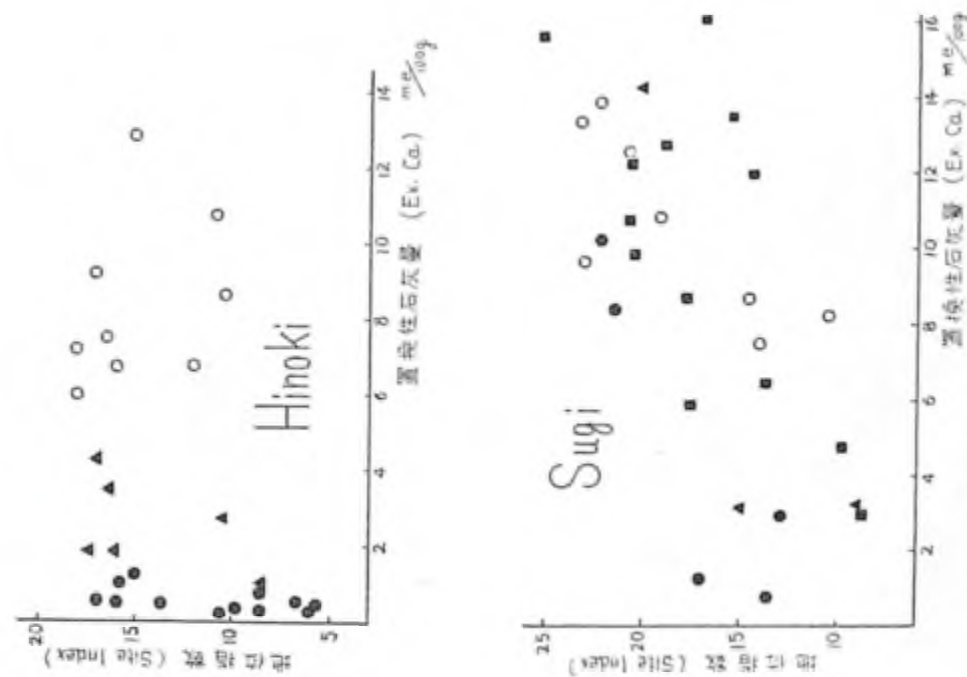
第 82 図 土壤中の全窒素量と地位指数との関係
Fig. 82 Relation between amount of nitrogen in soil and site index



第 83 図 A_1 層の C-N 比と地位指数との関係
Fig. 83 Relation between C-N ratio in A_1 -horizon and site index



第 84 図 表土の pH と地位指数との関係
Fig. 84 Relation between pH value in surface soil and site index



第 85 図 表土の置換性石灰量と地位指数との関係
Fig. 85 Relation between amount of exchangeable Ca in surface soil and site index

A₁ 層の pH と地位指数との関係を第 84 図に示す。A 層について、A₁, A₂ 層の亜層区分を行なっていない土壌では A 層の値をとった。ヒノキ林の土壌は pH 4.2~6.0 を示し、地位指数との関係は特に明りようではないが、低地位の土壌には強酸性を示すものが多い。ヒノキは酸性土壌に対する抵抗が比較的強い樹種であるといわれているが、pH 4.2 の土壌にもよく成長する例が本調査区のうちにも見られる。

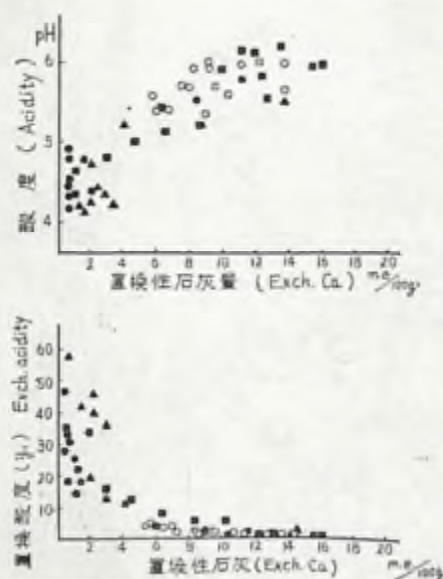
スギ林の土壌は pH 4.4~6.2 を示し、地位指数との関係が若干認められる。すなわち、高地位の土壌は pH 5.0~6.0 付近に多くあつまり、pH 5 以下の土壌は低地位を示す傾向が見られる。

土壌の pH 値は、地域によつてかなり大きな差異がある。特にヒノキ林ではこの差異が著しく、高尾国有林の土壌は pH 5.3~6.0 を示し、酸性が弱く、大代国有林、段戸国有林では、大部分が pH 4.2~4.8 にあつまり、強酸性を示す。スギ林調査地の土壌はヒノキ林より弱酸性の土壌が多いが、上記の傾向はこれにも見られる。そしてこのような傾向は下層土についてもまた同様である。

VI 表土の置換性石灰と地位指数

A 層あるいは A₁ 層の置換性石灰量と地位指数との関係を第 85 図に示す。ヒノキ林調査区の土壌は置換性石灰 0.2~13 m.e./100 g を含有し、地位指数との関係は、それほど明りようでなく、地位指数 10 以下の土壌に置換性石灰がきわめて乏しいことが見られる程度であるが、地域による相違は前記 pH 値の場合と同様にかなり顕著にみられる。スギ林の場合は、ばらつきは大きい、高地位の土壌ほど置換性石灰量が多くなる傾向を認めることができる。地域による相違は、ヒノキ林の場合ほど明りようではないが、段戸、大代、天城山、高尾山の順に石灰量が多い。

以上、置換性石灰量と地位指数、地域差に関する傾向は pH 値の場合によく似ている。元来、土壌の酸性と石灰量とは互いに密接に関係するもので、石灰の豊富な土壌の酸性は一般に弱い。このことはよく知られている事実ではあるが、筆者の調査した土壌についてもまた、認めることができる。第 86 図に、



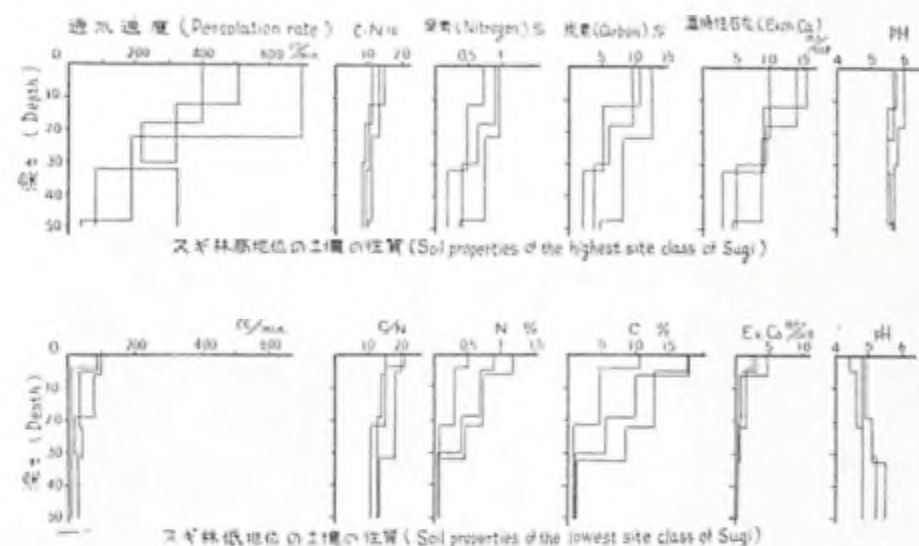
第 86 図 表土の置換性石灰と pH および置換酸度との関係
Fig. 86 Relations of the amount of exchangeable Ca to pH value and exchangeable acidity in surface soil

各調査区の表土の置換性石灰量と、pH、置換酸度との関係を示す。

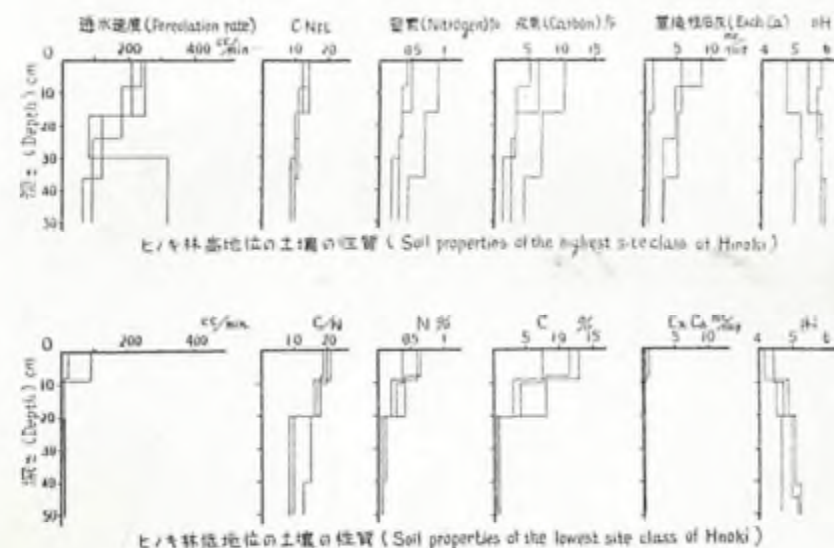
VII 高地位と低地位林分における土壌の比較、特に下層への推移状態の相違

I~VI に、土壌の個々の性質と地位指数との関係を求めたが、これら諸性質を総合すれば、さらによい地位評価となることが考えられる。また、炭素、窒素量は 50 cm までの総量をあらわし、C-N 比、pH、置換性石灰量は表土について比較したが、これら諸物質および諸性質の、表層から下層へ変化する状態も重要な土壌因子の 1 つである。このような観点から、スギ林、ヒノキ林調査区について、最高地位と最低地位の土壌、各 3 Plot ずつをとり、諸性質、諸物質の深さによる変化を第 87 図および第 88 図に示す。ここに比較する土壌は次頁に示す 12 調査区である。

第 87 図および第 88 図から認められるように、高地位と低地位の土壌にはきわめて明りような相違がある。すなわち、スギ・ヒノキとも、高地位の土壌は透水性が良好で



第 87 図 スギ林における高地位と低地位の土壌の比較
Fig. 87 Comparison of soil properties in Sugi stands between the highest and lowest site class



第 88 図 ヒノキ林における高地位と低地位の土壌の比較
Fig. 88 Comparison of soil properties in Hinoki stands between the highest and lowest site class

	高 地 位			低 地 位		
	調査区番号	土 壌 型	地位指数	調査区番号	土 壌 型	地位指数
ヒノキ林	86	Be 型	17.5	10	Bl(Ms.) 型	6.0
	93	Bd 型	18.0	18	Bd 型定積土	5.9
	99	Be 型	18.0	19	Bd(d) 型	6.4
スギ林	90	Be 型崩積土	23.0	79	Bc 型	9.0
	91	Be 型	24.0	107	BA~Bd(d) 型	8.6
	108	Be 型	25.8	109	Bd(d) 型	9.9

あるばかりでなく、酸性は弱く、置換性石灰に富み、表土の C-N 比は低い等、化学的性質も良好である。また、全炭素量、全窒素量についてはさきに述べたように、その全量は地位指数と関係していないが、下層への推移状態には明らかな相違が見られ、高地位の土壌ではこれらの含有量が下層へ向かつて漸減しているが、低地位は表層に蓄積され、下層へ移動していない。

土層の推移が漸進的であつて、極端な変化の少ないことが良好な土壌条件の 1 つと考えられ、このことは大政 (1929)、芝本らがすでに指摘している。特にこの条件はスギの成長に重要である。なお、諸物質の下層への浸透は土壌の透水性に強く影響されるであろう。そして、これら物質の推移状態は土壌の透水性——深さ指数によつて代表される性質とも考えることができる。

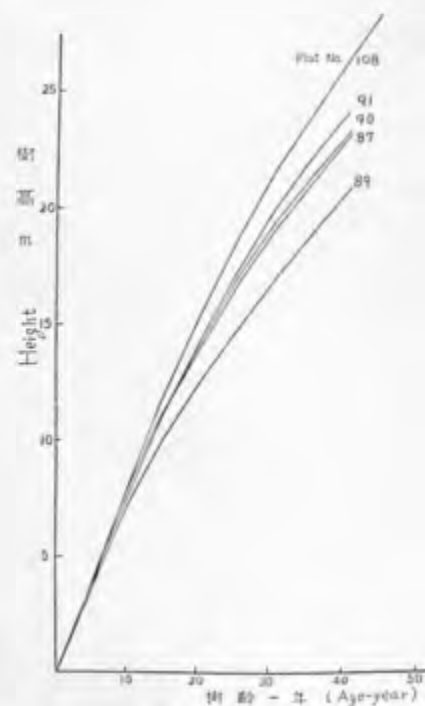
Ⅲ スギの成長過程におよぼす難透水性の下層土あるいは介在層土の影響

第 32, 43, 62, 76 図に示した各団地のスギ樹高成長過程には次の 2 つの型が見られる。

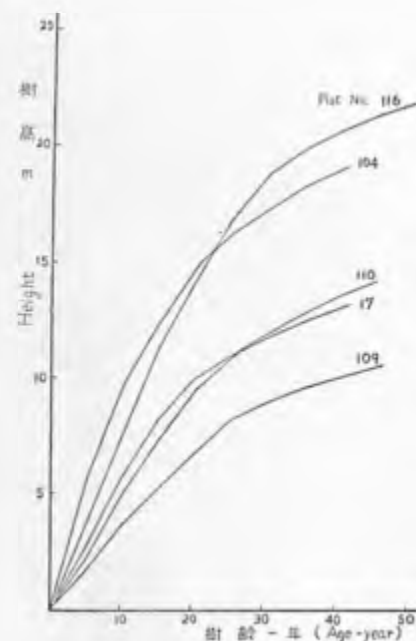
- 1) 40~50 年の生育期間中、成長速度があまり変化しないもの。
- 2) 植栽後 20~30 年経過すると急激に成長の衰えるもの。

高尾山の Plot. No. 87, 89, 90, 91 等岩屑、石礫崩積地および天城山の Plot. No. 108 の成長過程はいずれも 1) の型に属す。これを第 89 図に示す。これに対して段戸国有林の Plot. No. 17 および天城山の Plot. No. 104, 110, 116 等は第 90 図に示されるように、その成長過程は 2) の型に属する。

このような成長過程の相違の原因を土壌の性質に求めると、両成長型には明らかに、下層あるいは介在層土の透水性の相違が見られる。



第 89 図 深くまで透水性の良好な土壌におけるスギの成長
Fig. 89 Growth of Sugi on the deep well-permeable soil



第 90 図 下層に難透水層のある土壌におけるスギの成長
Fig. 90 Growth of Sugi on the soil having impermeable subsoil

ただし、地表から不透水層ないし難透水層までの深さに問題がある。2) の型すなわち、成長の衰える林分の土壌は例外なく深さ 20~30 cm 以下に堅密土壌があり、その透水性ははなはだ不良である。また、1) の型、成長の衰えない林分の土壌はかなり深くまで (1 m 以上) 不透水層が存在しないものが多いが、Plot. No. 91 の例から、少なくとも 50 cm の深さまでは透水性の良好な土壌と見ることができる。以上の傾向は第 18 表に示す下層土の性質から想定したものである。

第 18 表 下層土の透水性および土性

Table 18. Permeability and texture of the subsoil

A. 成長の衰えない林分 Stands growing on well after 40 years

Plot No.	下層土 Subsoil 深さ 40~50 cm depth "	石 礫 Gravel % by dry soil	土 性 Texture clay/fine sand	透水速度 Percolation rate cc/min	堅密土層までの深さ Depth to hard subsoil cm
87	B-horizon	54.1	1.9	250	80+
89	"	39.8	2.4	230	60
90	"	65.0	1.7	175	80+
91	Kantō Loam	20.5	0.1	182	48
108	B-horizon	57.1	0.5	86	80+

B. 30~30 年後成長の衰える林分 Stands growing weakly after 20 or 30 years

Plot No.	堅密土層 Hard subsoil	石 礫 Gravel % by dry soil	土 性 Texture clay/fine sand	透水速度 Percolation rate cc/min	堅密土層までの深さ Depth to hard subsoil cm
17	A-B	—	1.9	0	18
104	B	—	19.7	4	28
109	B~(Vs)	浮石 Pumice	46.2	20	20
110	B	" "	7.5	5	30
116	B	—	25.4	25	28

中村 (1943) は東大千葉演習林のスギ造林地において、すでに上記とほぼ同様な 2 成長過程を報告している。そして、成長過程の相違の原因として、土壌形態、土性特に下層土の粘土と細砂比に注目した。この報告によれば、成長の衰える林分の下層土は粘土——細砂比が特に大きい小さい値を示す。筆者の調査した地域では、第 18 表に示したとおり、スギの成長過程に対して、下層土の礫量、土性、粘土——細砂比はそれほど影響を及ぼしていないが、形態調査では、次のことが観察された。

天城山国有林の火山山ろく緩斜面および尾根地形には火山砂礫 (Vs 層) が下層に堆積している箇所が多い。この層は比較的粒径の粗い浮石を多量に含む砂層であるが、も密に堆積しているため、その透水性は存外に不良であり、またこのような異質の介在層がある場合、水の下向移動の妨げとなることが考えられ、現実にもこの層の上部が不透水層となつていいると見なされる断面の例 (Plot. No. 110) もある。そしてこの層が地表下に浅く存在する場合は、表土の性質が良好であり、スギの成長が初期に盛んであつても、その後急激に衰える。また段戸国有林の Plot. No. 17 においても、A-B 層がすこぶる堅密で、この層内にはほとんど根の分布が見られない。スギの成長過程に影響しているこれら下層、介在層の不良な条件は、透水性によつてよくあらわされる。

さきに示した透水指数は主として表土の透水性を重要視したものであり (なぜならば、下層土は透水速

度が一般に小さく、これが不透水層であつても、透水指数にはそれほど影響しない、これとスギの成長とは密接な関係を示したが、さらに下層土の透水性を考慮すれば、地位の判定・成長の予測に関してよりよい土壌評価法ができるであろう。

第 8 章 考 察

東海地区の気候区に属する 4 団地の国有林において、スギ・ヒノキ造林地の土壌を調査し、造林木の成長に関与する土壌条件のうちから、最も密接な関係を示す因子の抽出を試みた結果、筆者の測定した数種の土壌理化学的性質のうちでは、透水性が最も密接に関係することが認められた。特に筆者の算定した透水速度と土層の厚さを標示する「透水指数」はスギ・ヒノキの成長ときわめて良好な相関性を示した。また、この調査を行なつた 4 団地がそれぞれ地質、地形、海拔高等を異にしており、土壌の他の諸性質にもかなりの相違が見られることから、透水性であらわされる土壌条件の意義、特に他の土壌諸性質との関連に関して考究しなければならない。

本章では、なぜに透水指数が林木の成長に密接な関係を持つ土壌条件であるかという問題を中心にして、土壌の理化学的性質とスギ・ヒノキの成長との関係および、理化学的諸性質の相互関係について考察する。

I 土壌の理学的性質と林木の成長に関する考察

森林土壌の理学的性質と林木の成長とはきわめて関係が深い。このことは古くから認められており、本篇第 1 章に紹介した COILE その他の人々の見解および報告からも十分に認められている。農業方面では、従来ややもすれば土壌の生産力（肥沃度）は養分の保有量によつてきまるという考え方が強く、理学的性質はそれほど注目されないか、ないしは等閑にふせられる傾向さえある。しかし林地では土壌の理学的性質はきわめて重要な問題となつてゐる。このことはまた、森林土壌の特性ともいうことができる。なぜならば、農耕地では耕耘、施肥が常に行なわれ、場合によつては排水、灌水等、人為的に土壌の理学的性質、状態を改良することもできる。しかし、林地ではこのような改良はほとんど行なわれていない。木場作、間作など、粗放ながら林地の耕耘を行なつてゐる地方もあるが、長年月の間、土壌の理学的性質を人為的に好適な状態に保つことは不可能に近い。このため、いかに養分を豊富に保有している土壌であつても、もし理学的性質が不良であれば、林木の良好な成長は期待できない。

土壌の理学的性質には植物に対する養分等を保持する機能も一部含まれるが、本研究ではおもに空気、水分の保持、移動に関する機能について考究した。両者の保持、供給は、林木の生育に対して、必要な土壌条件であることはいふまでもない。元来、水分と空気はともに土壌の孔隙を占めており、互いに一方が豊富になれば他方は減少する。このことは第 1 篇第 4 章に示した多数の土壌容積組成から、十分うかがうことができる。そこで土壌中における両者のバランスが重要となる。乾燥しやすい環境下の土壌には保水能が、また逆に水分の供給の多い位置の土壌では排水能が特に重要な条件となることは容易に想定される。

林木の成長に水分の必要なことは周知の事実である。ただし土壌の水分状態は 1 回の調査で得た試料の分析値から、その土壌の常に置かれている水分環境を標示することはむずかしいが、水分環境の反映と推定される諸種の土壌形態および土壌の置かれている地形的位置から判断することはできよう。これらを総

合した標示が土壌型である。土壌型とスギ・ヒノキの地位指数との関係は第 77 図に示したように、かなり密接で、乾性、弱乾性土壌には成長が悪く、適潤性、弱湿性土壌に良好である。この傾向は特にスギの場合に顕著に見られる。

水分と同様に土壌中の空気量およびその補給もまた見のがしてはならない重要な土壌条件である。なぜならば、もし土壌中に空気（酸素）が欠乏すれば、植物の根の呼吸は妨げられ、自己の成長および生活機能を維持することができなくなり、水分、空気の吸収は著しく低下する。このことは土壌学者、植物生理学者のひとしく認めるところである。もちろん、水稻のような植物の場合は別であるが、林木の根は一般に土壌中の空気を必要とする。

このほか、土壌中に生息する生物の大部分が酸素を消費し、炭酸ガスを放出する。ROMELL (1922) の推定によれば、土壌中の炭酸ガス発生量は存外に大きい。そしてこの量はおもに微生物の活動に比例して増大することが推定されている。小動物微生物の活動により、土壌に与えられた有機物は分解され、窒素その他林木の養分の有効化が促進されることを考えれば、土壌中の酸素供給の意義は大きい。

土壌に新鮮な有機物の供給が多く、しかもその分解が速やかであれば、また林木の生育が盛んであればあるほど土壌中の炭酸ガス発生量は増大する。したがつて、土壌内の空気と大気との交換がすみやかに行なわれなければならない。

土壌空気の更新に関して、BAVER (1956) は多くの文献を集め、これに関与する土壌条件、特に孔隙の問題の解説を行なつてゐる。これによると、土壌の換気作用の原因は主として炭酸ガス、酸素の土壌から大気へ、また大気から土壌への拡散作用であり、拡散の速度は土壌の厚さに強く影響されることはもちろんであるが、主として土壌の空隙（水で満たされていない孔隙）に支配されることが多くの研究から認められる。すなわち、ROMELL によれば、大気圧の変化、気温の日変化、土壌と大気との温度較差、風等、気象条件の変化によつておこる土壌空気の更新は、全換気量の極く一部に過ぎない。また雨水が土壌に侵入して孔隙内の空気を置換する作用はやや大きい、これも全換気量のわずか 1/12~1/16 程度であり、大部分が気体の拡散作用によつて行なわれると推定されている。

土壌を透過して行なわれるガス体の拡散に関する研究は古く BUCKINGHAM (1904) によつて行なわれ、拡散速度は土壌の自由孔隙量の 2 乗に比例することが報告された。この自由孔隙とは水で満たされていない孔隙を指す。その後この関係はさらに多数の研究者によつて追求された。特に最近 10 年間の研究が多い。このことは土壌の換気作用に関する性質が現在最も重要な研究課題となつてゐることを示すものといえよう。そして、PENMAN (1940)、BLAKE ら (1948)、TAYLOR (1949)、VAN BAVEL (1951) 等の実験から、拡散速度はほぼ空隙量に比例することが知られる。

土壌の換気作用は、その直接的測定はなかなか困難であるが、土壌の諸性質、特に空隙の量からこれを推定することは容易に考えられる。すなわち、空隙の多い土壌ほどすみやかにガス交換が行なわれ、その関係は透水性とよく似たものと想定される。なぜならば、透水性は土壌の非毛管孔隙量と関係が深い。そして非毛管孔隙の多い土壌では多量の水が供給されてもすみやかにこれを排除し、常に空気量が多い。このような土壌では当然換気作用も良好に行なわれることが考えられる。もちろん、土壌の排水の良否には多分に地形的条件が関与する。しかし、特に地下水位の高い湿地、沼沢地を除けば、根系の活動範囲の換気作用の難易は主として土壌の非毛管孔隙量によつてあらわすことができるであろう。実際にも、土壌中の非毛管孔隙量は植物の生育にきわめて重要な条件である。このことは YODER (1937)、BAVER ら (1940)、

PAGE ら (1946) 等, 多くの報告から認められる。

従来, 土壤の理学的性質を代表する因子として土性が重要視された。土性は一般に保水能, 透水能 (換気能) と関係が深いと考えられたからである。確かに, 砂土より埴質の土壤の方が水分を保持する能力は大きい。しかし第 1 篇第 4 章で述べたように, 微細な粒徑の土壤は高 pF 値の水分保持能力は大きい, pF 2 前後の水分を保持する孔隙量は土性より土壤構造に強く影響される。そして, pF 2 付近が森林土壤の最も普通な水湿状態であり, 多くの林木の成長に適した水湿状態がこの附近にあることを考えれば, 土性は必ずしも林木の有効水の保持能力をあらわす因子とはいえない。また透水性, 非毛管孔隙量の多少と深い関係のある土壤因子は土性ではなく, 構造であることも第 1 篇で認められた。

II 土壤の化学的性質と林木の成長とに関する考察

本研究において測定した土壤の化学的性質は, 第 2 章に記載した 6 項目に過ぎず, 土壤の肥沃度を解明するにははなはだ不備な点が多いが, 研究結果の範囲内で考察を試みる。

酸性, 置換性石灰量

土壤の pH, 置換酸度, 置換性石灰量は元来同一の内容, すなわち, 移動可能な塩基類の飽和状態をあらわすもので, もし土壤の塩基置換容量が同等ならば, これらの 1 つで他を代表することができる。本研究の調査地のうちでは, 大代国有林の土壤が特に埴質であり, 置換酸度が著しく大きい, 上記の傾向は第 86 図から十分に認められ, 置換性石灰の乏しい土壤は置換酸度が大きく, 強酸性に傾く。したがって, 地位と pH, 置換性石灰等との関係は大同小異となつてい

これらの性質は, スギの場合には成長との関係が認められ, 酸性の弱い, 石灰に富む土壤が高地位を示す傾向が見られたが, ヒノキの場合は直接的な関係が少ない。しかし地域別に見ると顕著な相違があり, 段戸国有林の土壤は著しく酸性が強く, 石灰に乏しい。大代国有林の土壤はこれに次ぎ, 高尾山の土壤はこれよりさらに石灰に飽和されている。ちなみに, 段戸国有林は比較的海拔高が高く気温が低い。そして同団地内にボドゾル化土壤, 弱ボドゾル化土壤が一部に出現していることから, この団地の 1,000 m 付近の土壤が一般に置換性塩基類の欠乏していることが知られる。ヒノキの成長も地域別にかなり相違し, 段戸国有林では劣悪な成長を示す林分が多く, 高尾山には特に不良な林分は見られない。そしてこの傾向は同地域を調査した際, よく観察された。

ヒノキは酸性土壤に対する抵抗がかなり強い樹種であることが認められており, 本研究においても, pH 4.2 を示す土壤にもよく成長することが認められる。しかし, pH, 石灰等は直接, 成長に影響を及ぼさないとしても, 間接的な影響は種々考えることができよう。たとえば, 酸性土壤には微生物の活動が制限され, したがって有機物の分解は遅滞するであろう。事実, 段戸国有林の A₁ 層土の C-N 比は一般に高く, 大代国有林はこれに次ぎ, 高尾山には特に高い値を示す土壤は見られない。もちろん, 表土の C-N 比はこのほか多数の原因を考えなくてはならない。

土壤中の窒素量, 炭素量および C-N 比

林木の成長に対して, 水, 空気の供給等に関する土壤の理学的性質の重要性を本章のはじめに強調したが, しかしこれらのみで林木は成長するものではなく, 窒素その他各種の養分が必要なことはいうまでもない。

土壤中におけるこれら必須成分は, 林地ではおもに落葉, 落枝その他生物の遺体等の有機物として補給される。このほか雨水その他水の移動にともなつて供給されるもの, 氫物の風化物から遊離するものなど

があるが, 落葉等の有機物はその量も多く, また窒素, 炭分等を多量に含有している。しかしこれらが分解されず, いたずらに表層に蓄積されていたのでは林木の栄養源とはならないであろう。

有機物の土壤への還元, 有効化, 林木による吸収等, 物質の循環に関してはまだ研究すべき余地が多く残されているが, 一般に, 成長の盛んな林地では, 落葉等有機物の供給は多いが, すみやかに分解されるため, 土壤の有機物量はそれほど多くはない。これに対して, 成長不良の林地では, 有機物の供給は少ないはずであるが, その分解がおそく, 表層に, 未分解ないし不完全分解の粗腐植が多く蓄積される傾向が顕著に見られる。

各調査区の土壤はいずれもかなり多量の腐植, 窒素を含有しており, 地位指数と全炭素量, 全窒素量との関係はほとんど見られないが, 見られてもそれほど良好なものではなかつた。このことは前章でもふれたように, 腐植, 窒素が十分に存在するため, 林木の成長に対する制限因子とはならないと解釈するよりも, これらが有効態の養分の量を示していないと解釈した方がよい。土壤中の有機物, 窒素はその量の多少より, これらが分解される程度, あるいは速度が重要となることが考えられよう。そしてこのことは C-N 比と地位指数とが比較的良好な関係を示すことから裏付けられる。

有機物の分解には, 微生物の活動が必要であり, これを促進するために, 適当な温度, 水分, 空気の供給がきわめて重要な条件となる。そして, 水分環境, 土壤の理学的性質の好適な林地では, 寒冷な地域でない限り, 有機物の分解が正常に行なわれることが予想されよう。これに反して, 微生物等の活動が抑圧され, 有機物の分解が円滑に行なわれない場合には酸性腐植が生成されやすく, 土壤は酸性に傾くことが考えられる。土壤に石灰その他塩基の少ないこと, 落葉中の炭分が土壤に還元されないことは, さらに土壤の酸性化を促進するであろう。土壤の酸性が強くなれば, 一般に微生物の活動は阻害され, 有機物の分解はますます遅滞するという悪循環をまねく恐れがある。

土壤に水分, 空気が不足することは, 直接林木の成長に影響するばかりでなく, 上記のような悪循環の結果, 土壤の酸性化, 貧栄養化促進の 1 因ともなる。乾性土壤, 理学的性質の不良な土壤に不良林分ができる原因はこれら悪条件の総合された結果にはかならない。

III 土壤の理学的性質と化学的性質との関連に関する考察

林木の成長に関与する土壤条件を追求する場合, 土壤の個々の性質を単独に成長と結びつけても, もし他の性質が制限因子となつていような場合には, 良好な相関性を得られないこともありうる。また単独では成長とあまり明りような関係を示さない因子であつても, それが他の因子との関連によつて重要性を示すこともあろう。土壤を調査して, 林木の成長を予測する場合には, 単独の因子によるよりも, 多数の因子を総合した結果から判定を下す方が危険は少ない。事実, 前章に示したように, 最高地位の土壤はすべての点で最低地位の土壤よりすぐれている。

しかしながら, 多数の土壤因子が互いに無関係に存在しているとは考えられない。程度の差はあつても, 互いに影響しあつていことが予想される。前項には 2, 3 の化学的性質相互の関係および理学的性質との関連について考察し, 特に, 化学的性質が水分, 空気の供給状態に影響されている面を強調したが, この反面, 土壤の理学的性質もまた化学的性質に負うところが少なくない。

水分, 空気の保持, 動向に関する土壤機能の基礎となつてい土壤構造, 特に団粒の生成に例をとつて見れば, 上記のことはおのずから明らかになろう。団粒生成の機構にはまだ不明の点が多いが, 生物, 微生物が盛んに活動することおよび有機物がすみやかに分解されるとき生成される腐植により土壤

の団粒化が促進されることが RUSSELL (1938), MARTIN & WAKSMAN (1940) により推論されている。土壤に置換性石灰の多いこと、酸性の弱いことも、直接的証明はまだなされてはいないが、少なくとも微生物の活動を助長する意味において、団粒化促進の 1 条件となることが想定される。

美國ら (1957) の行なつた土壤団粒の生成に関する実験では、いねわら等新鮮な有機物と石灰を加え、好氣的条件下に incubation を行なつた結果 1 mm 以上の団粒が著しく増加することが認められている。筆者もこの実験の追試を試みた。すなわち、林業試験場内の下層土 (関東ローム) を圧砕し、0.2 mm のふるいを通したものに、大豆の茎葉の粉末、炭酸石灰を加え水でこねて土塊とし、pF 2~2.5 程度の水湿状態に保つて 1 箇月 incubation を行なつた結果、水中でほとんど崩壊しない土塊となつた。しかし、このことだけで土壤の団粒状構造の生成は説明できない。盛んな成長を示すヒノキ・スギ林地の A₁ 層に見られる団粒は土粒の集合が数次にわたつて繰り返された膨軟、多孔質の複合体であり、その生成にはさらに、幾多の作用、たとえば、小動物の生活作用、植物の根の作用、乾湿の繰り返しによる機械的作用等、その他多くが必要であろう。しかし、新鮮な有機物が多量に供給されること、石灰等塩基類が豊富で、酸性の弱いこと、そして微生物が活潑に活動することは少なくとも土壤団粒の生成を促進するに役立つことは十分考えられる。

IV 土壤の透水指数の意義

透水性は土壤の非毛管孔隙量 (粗孔隙量) と密接に関係することが前篇の研究で十分に認められた。したがって透水速度の大きい土壤には非毛管孔隙が多い。この孔隙内の水はすみやかに排除され、常時空隙となつている。このような孔隙に富む土壤は換気作用も遅滞なく行なわれることが容易に考えられる。溪間、斜面下部等、水が豊富に供給される地形的位置にある土壤では特に透水性の重要性が強調されよう。

土壤の透水速度の意義はこればかりではなく、土壤構造の特性を示すことにおいて、その意義はさらに重大となる。前篇において詳細に検討したように、透水速度は土壤の構造によつて著しく異なる。湿润性土壤の場合には、団粒状構造がよく発達した土壤ほど、すなわち、非毛管孔隙の多い土壤ほど透水速度は大であるが、乾性土壤では、粒状、細粒状構造がよく発達し、粗孔隙に富む土壤であつても透水速度は小さく、極端な乾性土壤の場合はほとんど水を透過させない。

このように透水不良の土壤は粗孔隙に乏しく、換気作用の不良な土壤か、あるいは乾性の環境下に生成された土壤を意味する。いずれにせよ林木の成長に不適な土壤であることはいうまでもない。

さらに筆者は土層の厚さを考慮に入れて、透水指数を算出し、根系活動領域の土壤理学的性質を標示した。その主旨は次のことによる、林木が良好な成長をするためにはその根の伸張に十分な厚さの有効土層が必要である。いかに良好な条件をそなえた土壤であつても、その層が薄い場合、あるいは堅密、不透水層が地表下に浅く存在しては、根の伸張が妨げられる。特にこのことはスギの成長に重大な障害となる。

透水指数の大きな土壤は良好な条件をそなえた土層が深くまで存在することを意味する。そしてこの土壤は単に粗孔隙が多いというだけでなく、今までに考察されたように諸種の良い理化学的性質の反映したものといえよう。したがって林木の成長に好適な条件の土壤と考えることができる。この考え方は第 79 図に示したスギ・ヒノキの成長と透水指数との関係によつて十分に立証された。

摘 要

スギ・ヒノキの成長に関する土壤条件

スギ・ヒノキはわが国の最も重要な造林樹種であり、その造林にあつて、適地の選定を適確に行なうことは林業生産の向上にはなほ肝要である。このためにはこれら樹種の成長と土壤との関係が解明されなければならない。本研究においては土壤条件のうち、特に理学的性質に重点を置き、造林木の成長との関係を解明することに努めた。

近年、林野土壤調査の進展にともなつて、各地域における林木の成長と土壤型 (主として土壤形態) との関係が報告されはじめている。土壤の構造、孔隙の状態など、土壤の形態的特徴は透水性によつてよくあらわされることが第 1 篇の研究で解明されたが、透水性はまた造林木の成長ともきわめて密接に関係することが本研究で認められた。

第 2 篇でおこなつた研究の概要は次のとおりである。

1. 調査地の概況

本研究は、地質、地形、海拔高、気象条件などの異なる 4 団地の国有林でおこなつた。各団地の概況と林木の成長状態を次に示す。

	段 戸	大 代	高 尾 山	天 城 山
位 置	愛 知 県	静 岡 県	東 京 都	静 岡 県
地 形	おもに、準平原平坦地、一部開析の進んだ急斜面がある。	壮年期地形 V 字形斜面。りよう線上に平坦面がわずかに存在する。	壮年期地形 同 左 谷間に凹形緩斜面がよく発達している。	火山山ろく緩斜面 (幼年期)、一部に開析の進んだ地域がある。
海 拔 高	740~1,000 m	360~500 m	350~570 m	320~700 m
年平均気温	10~12°C	13°C 前後	12°C 前後	12~15°C
降水量 (年)	約 2,000 mm	約 3,000 mm	約 1,500 mm	約 3,000 mm
地 質	古生層に由来する変成岩 (黒色片岩)、一部、花崗岩	中生層 (未詳) 砂岩	中生層 (小仏層) 粘板岩、砂岩	安山岩類
土壤の母材	同 上	りよう線上には、古生層変成岩に由来すると思われる埴土が堆積する。	りよう線上には関東ロームが堆積する。	火山放出物 (浮石) を多量に含有する。
土性・石礫	準平原地域は軽埴土、礫に乏しい。開析地域は砂質埴埴土、礫に富む。	りよう線上は重粘土、礫に乏しい。斜面は軽埴土、礫にすぶる富む。	りよう線上は埴土、礫に乏しい。斜面は軽埴土、礫にすぶる富む。	埴埴土ないし軽埴土が多い。緩斜面、尾根等の残積土には火山砂礫層が介在する。
ヒ ノ キ 調 査 区	12 Plot. 地位指数 6.0~18.0	6 Plot. 地位指数 8.5~17.5	9 Plot. 地位指数 10.8~18.0	
スギ調査区	5 Plot. 地位指数 12.9~22.0	3 Plot. 地位指数 9.0~20.2	8 Plot. 地位指数 10.5~24.0	13 Plot. 地位指数 8.6~25.8

2. 地位指数

土壌の生産力は一定期間中、一定面積の総収穫量であらわすのが望ましいが、この量は立木密度によって変化し、また現実の林分では間伐等の取り扱い方で相違することが考えられるから、これら密度効果などの影響の少ない樹高によつてあらわした。すなわち、林齢 40 年における標準木の樹高 (m) をその土壌の地位指数とした。この値は標準木の樹幹開析によつて求めた。

3. 土壌型と地位指数との関係

スギ・ヒノキとも、BA 型、Bc 型、Bn(d) 型等乾性ないし弱乾性土壌は低地位を示し、Bn 型、Be 型等適潤ないし弱湿性の土壌は高地位を示す傾向があり、この傾向はスギの場合、特に顕著である。また、Bn 型土壌では定積土に低地位が多く見られる。

4. 土壌の透水指数と地位指数との関係

深さ 50 cm までの土壌について、「各層の厚さ (cm)」×「その層の透水速度 (cc/min)」を合計した値を透水指数と呼んだ。透水指数の大きい土壌は深くまで透水性の良好な土壌を意味する。

透水指数と地位指数との関係はスギ・ヒノキとも、きわめて密接であり、透水指数の小さい土壌は例外なく低地位を示す。両樹種を比較すると、スギが盛んに成長するためにはヒノキの場合より約 2 倍の透水指数をもつ土壌を必要とする。

5. 土性と地位指数との関係

各調査区の土壌の土性（機械的組成）を B₁ 層あるいは A₁ 層の粘土+微砂含有量であらわし、これと地位指数との関係を求めた結果、スギ・ヒノキとも、明りような関係は得られなかった。ヒノキの場合、段戸国有林では砂質の土壌が埴質よりやや良好な地位を示す傾向が見られたが、他の団地の場合を総合すると、このような傾向は認められない。スギ林では、天城山の火山砂礫土がはなはだ低地位を示すが、この団地の例を除けば一般に、砂質埴壤土に成長がよく、埴土に成長が悪い傾向が若干見られる。

6. 深さ 50 cm までの土壌に含まれる全炭素量、全窒素量と地位指数との関係

A₁ 層を除き、1 m² あたり、深さ 50 cm までの土壌に含まれる全炭素量、全窒素量と地位指数との関係を求めた。各調査区の土壌はいずれも炭素量 10~20 kg、窒素量 1 kg 前後を含有しており、地位指数との関係は特に認められない。しかしながら、低地位の土壌ではこれらが表層に蓄積され、またその C-N 比が高いことから、土壌の有機物（腐植）はその量が多いことより、これが分解され、それに含まれる窒素等植物の養分の有効化、土壌への還元等の問題に重要性があると考えられる。

7. 表土の C-N 比と地位指数との関係

A₁ 層の C-N 比と地位指数との関係はヒノキの場合、かなり良好であり、C-N 比の低い土壌ほど高地位を示す傾向が認められる。スギの場合も、ヒノキより多少ばらつきは大きい、同様の傾向を示す。両樹種とも C-N 比 20 以上の土壌には特に成長が不良である。

8. 表土の酸性と地位指数との関係

ヒノキ林の全調査区の土壌は、A₁ 層の酸度が pH 4.2~6.0 を示し、地位指数との関係はそれほど明らかではないが、強酸性の土壌には低地位を示すものが多い。またヒノキは酸性土壌に対する抵抗の比較的強い樹種といわれているが、pH 4.2 の土壌にもよく成長する例が見られた。スギ林の土壌は pH 4.4~6.2 を示し、高地位の土壌は pH 5.5~6.0 に集まり、比較的酸性が弱く、低地位の土壌は pH 5 以下を示すことが認められた。

9. 表土の置換性石灰量と地位指数との関係

上記、表土の pH と地位指数との間に見られた傾向とはほぼ同様なことが、表土の置換性石灰量と地位指数との間に認められた。元来、土壌の pH、置換酸度、置換性石灰量は同一の内容をあらわすものであり、相互間の関係が深い。各土壌の A₁ 層についてこの関係を求めると、置換性石灰の多い土壌は置換酸度が小さく、pH 値は中性に近い。この関係はかなり密接であることが認められた。これらの性質は林分の成長に対してそれほど直接的な影響は強くないが、地域による相違は著しく、段戸、大代国有林の土壌は一般に強酸性、石灰に乏しいが、天城山、高尾山国有林では酸性の弱い、石灰の豊富な土壌が多い。

10. 高地位と低地位の土壌の比較、特に下層への推移状態の相違

スギ、ヒノキとも、最高地位と最低地位を示す土壌各 3 断面、計 12 断面を比較すると、高地位の土壌は低地位より、あらゆる点でその性質がすぐれていることがわかる。すなわち、高地位の土壌は酸性弱く、置換性石灰に富み、表土の C-N 比が低く、透水性は深くまで良好である。また炭素、窒素の全量は地位指数と関係を示さなかったが、これらの下層への推移状態にはかなり明りような相違があり、高地位の土壌では、これらの物質の含有が下層へ向つて漸減しているのに対して、低地位の土壌では表土に蓄積されて、下層への浸透がはなはだ悪い。

11. スギの成長過程に及ぼす下層土、介在層土の不透水の影響

スギ林各調査区の標準木の樹高総成長量曲線には次のような 2 型が見られた。1 つは 40~50 年を経過して、成長が衰えず、今後十分に成長することが期待されるもの。他の 1 つは造林後 20~30 年を経過すると、その後の成長が極端に衰えるものである。両成長過程を示す代表的な 5 調査区ずつを選び、土壌の性質を比較すると、次のような相違が見られた。

成長の衰えない林分の土壌は深くまで透水性が良好であり、少なくとも 50 cm ぐらいの深さまでには堅密、不透水の土層が存在しない。これに対して、20~30 年後成長の衰える林分の土壌は深さ 20~30 cm 以下に堅密、不透水の土層が存在または介在する。中村は両成長型の相違について、粘土係数（粘土と細砂の比）をとりあげ、これとの関係を報告したが、筆者の調査した林分では、土性、礫量、粘土細砂比との関係は特に認められない。

12. 林木の成長に対する土壌の透水性の意義に関する考察

透水性であらわされる土壌の理学的性質がスギ・ヒノキの成長にきわめて重要な土壌条件であることが本研究で認められた。

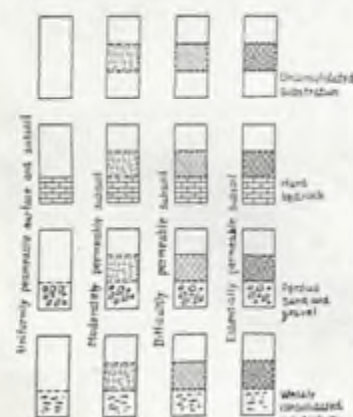
土壌の透水性は第 1 篇で研究されたように、構造、孔隙の状態、および水分環境を標示する土壌型と関係が深い。常に乾燥する位置に置かれた土壌、あるいは水分の供給は豊富であつても空気に乏しい土壌の透水指数は小さい。このような土壌では林木の根は生育を妨げられ、林木の成長は抑制される。このほか、土壌の生物、微生物の活動も抑えられ、土壌に供給される有機物の分解は遅滞し、これに含まれる窒素その他、林木の養分の利用は妨げられ、C-N 比の高い腐植が表層に蓄積される。そして土壌の酸性化も促進されることが想定される。このような悪条件のかさなる結果、林木の成長はさらに不良となり、落葉等の有機物供給は減少し、また土壌の化学的性質の不良なこと、微生物の活動の阻害されることなどが土壌の良好な団粒の発達をさまたげるという悪循環の恐れも考えられる。

結 言

土壤の理学的性質による土壤区分および林木成長の予測への応用

土壤の理学的性質、特に水、空気の保持に関する性質は林木の成長にきわめて重要な条件である。このことは古くからよく知られており、また、これによる土壤区分、林木成長の予測、地位判定法への応用が種々試みられている。

既に述べたように、COILE は A 層の厚さと B 層の 'Imbibitional water 量' とによつて地位の判定を試みた。この Imbibitional water 量とは透水、通気等、土壤の理学的性質を標示したものであり、さらにこれを B 層の緊密度であらわすことにより、現地調査における地位判定表を作成している。



第 91 図 基準土壌断面
(米国、土壌保全局)
Fig. 91 Standard soil profiles
(S. C. S. Washington)
(after COILE 1952)

米国の土壌保全局がかつて (1948) 示した基準土壌断面は第 91 図に示す 16 単位で、その分類の基準はおもに、下層土の透水性と基層の理学的性質に置かれている。HILL (1948) らはこの土壌分類と Douglas fir の成長との関係を報告し、深くまで透水性のよい土壌で、中庸の土性のものに最もよく成長することが認められている。

これら土壌の評価あるいは区分に関して、下層の理学的性質は重視されているが、表土については、単に厚さ、土性を示す程度で、それほど重点が置かれていない。農業方面では、このことをあるいは是認されるかもしれない。なぜならば、表土は常に耕転されており、したがってその状態も常に変化する。このように変化するものを基準とはし難いであろうし、また、常に好適な条件に保つべく努力が払われているのである。そして、もし変化の少

ない性質を区分基準にとるならば、水分、養分等の保持および耕転の難易等に関する性質として土性があげられることもまた考えられる。なお、土壌保全局が最も最近 (1958) 行なっている通達では、土地利用可能性の区分に関する土壌評価法に、根系領域の通気・透水性、有効土層の厚さ等がうたわれている。

本邦林野土壤調査に採用されている土壌型区分には A 層の発達の状態、A 層の構造等、表土の性質にも重点が置かれており、その区分概念は土壌の置かれている水分環境にあることは前にも述べた。そして、各土壌型の現実の水湿状態もこの概念とよく一致することが本研究でも明らかにされた。このほか、この土壌型は A 層の厚さ、有効土層、その他諸種の理化学的性質とも関係が深い。一般に乾性土壌は斜面上部、尾根上等乾燥しやすい地形的位置にあり、このような地形上の土壌は侵食を受けやすく、また水分不足、林木の成長不良などが相まつて A 層の発達は悪く、その理化学的性質は劣悪で、有効土層も浅い。湿潤土壌ではこの逆の傾向が一般に見られる。したがって土壌型と林木の成長とは関係が深い。本研究においてもこのことが第 77 図に示された。

しかしながら、土壌の性質から林木の成長を判定する場合には、さらに 2, 3 の区分、あるいは標示が必要であろう。その 1 つに母材区分、土性区分があげられる。母材はその風化、土壌の成熟度等に関係が深く、森林立地に対する意義はまだ明確にされていない面も多いが、軽視することはできない。しかし土

性区分は本研究の結果から、必ずしも林木成長に対する重要な区分基準とはいえない。むしろ堆積様式、構造等土壌の孔隙の性状をあらわす理学的性質による区分が有効であろう。もちろん、林野土壤調査の土壌型は自然構造と密接に結びつくものではあるが、さらに、構造の発達程度およびその層の深さを明示し、同時に下層土の状態、特にその通気・透水に関する性質をあわせて標示するならば、林木の成長とは一層良好な関係を示す土壌標示となるであろう。

本研究で示した土壌の透水指数は上記の諸条件を総合標示するもので、これによる土壌区分を加えれば、地位判定法としてすぐれたものとなることは言をまたない。

文 献

- 1) 明永久二郎、芝本武夫：尾鷲地方における扁柏林の産業上注意すべき土壌要素について、日林誌, 15, (1933)
- 2) AUTEN, J. T.: Some soil factors associated with site quality for planted black locust and black walnut. J. Forestry, 43, (1945)
- 3) AUTEN, J. T.: Prediction of site index for yellow poplar from soil and topography. J. Forestry, 43, (1945)
- 4) BAVER, L. D.: Soil permeability in relation to non-capillary porosity. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 3, (1938)
- 5) BAVER, L. D.: Soil physics. New York, (1948), (1956)
- 6) BENDIXON, T. W., Hershberger, M. F., Stater, C. S.: A basis for classing soil permeabilities. J. Agr. Res. 77, (1948)
- 7) BLAKE, G. R., Page, J. B.: Direct measurement of gaseous diffusion in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 13, (1948)
- 8) BOUYOCOS, G. J.: A new, simple, and rapid method for determining the moisture equivalent of soils, and the role of soil colloids on this moisture equivalent. Soil Sci. 27, (1929)
- 9) BRADFIELD, R., JAMISON, V. C.: Soil structure—attempts at its quantitative characterization. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 3, (1938)
- 10) BUCKINGHAM, E.: Contributions to our knowledge of the aeration of soils. BAVER (5) による。(1904)
- 11) BEUHRER, T. F.: The movement of gases through the soil as a criterion of soil structure. Arizona Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 39, (1932)
- 12) COILE, T. S.: Soil and the growth of forests. Advance in Agronomy. IV. New York, (1952)
- 13) CHRISTIANSEN, J. E.: Effect of entrapped air upon the permeability of soils. Soil Sci. 58 (1944)
- 14) COLMAN, E. A.: A laboratory procedure for determining the field capacity of soils. Soil Sci. 63, (1947)
- 15) CHONEY, D., COLMAN, J. D.: Soil structure in relation to soil suction (pF). J. Soil Sci. 5, (1954)
- 16) 土居長男：青森県林局管内における杉造林地の生育と土壌性について、日林誌, (1942)
- 17) DON KIRKHAM, FENG, C. L.: Some test of the diffusion theory and law of capillary flow in soils. Soil Sci. 67, (1949)
- 18) EDLEFSEN, N. E.: A new method of measuring aqueous vapour pressure of soils. Soil

- Sci. 38, (1934)
- 19) FISHER, E. A.: Remarks and observation on imbibitional soil moisture. J. Agr. Sci. 14, (1924)
 - 20) HILL, W. W. · ARNST, A. · BOND, R. M.: Method of correlating soils with Douglas-fir site quality. J. Forestry 46, (1948)
 - 21) HAINES, W. B.: The volume-changes associated with variations of water content in soil. J. Agr. Sci. 13, (1923)
 - 22) HAINES, W. B.: Studies in the physical properties of soils. IV. further contribution to the theory of capillary phenomena in soils. J. Agr. Sci. 17, (1927)
 - 23) 茨木親義・柴田章・蛇川英雄・伊藤幸雄・鈴木信三郎・伊藤忠雄: 秋田スギ林地帯の土壤, 林土調報 7, (1956)
 - 24) 刈住昇: 樹木の根の形態と分布, 林試研報, 94, (1957)
 - 25) 川島緑郎・永田正直: 森林樹種の生育と土壤反応並に石灰との関係 (6), 日土肥誌, 17, (1943)
 - 26) 川島緑郎・永田正直・陶山源一郎: 同上 (7), 日農化誌 20, (1944)
 - 27) 木崎弘隆・渡辺利夫: 大子, 世付, 東京経営区の土壤, 林土調報 4, (1954)
 - 28) 子幡弘之・木崎弘隆・渡辺利夫: 瀬尻経営区の土壤, 同上 2, (1952)
 - 29) 同 上 : 賀茂経営区の土壤, 同上 3, (1953)
 - 30) 小出博: 段戸山御料林を中心とする地質, 御料林, 118, (1937)
 - 31) 小出博: 森林立地の地質学的岩石学的研究 2, 東大演報, 24, (1937)
 - 32) 小出博: 西南日本の地質並に地形区とスギ林業, 日林誌, 21, (1939)
 - 33) 小出博: 応用地質, 東京, (1952)
 - 34) 窪田四郎・井上輝一郎: 大橋経営区の土壤, 林土調報, 2, (1952)
 - 35) 黒島忠・松本久二: 顕微鏡観察による土壤の研究 1, 同上, 9, (1958)
 - 36) LAATSCH, W.: Dynamik der Mitteleuropäischen Mineralböden. Dresden und Leipzig, (1954)
 - 37) LEBEDEF, A. F.: Methods of determining the maximum molecular moisture-holding capacity of soils. Proc. 1st International Congr. Soil. Sci. 1, (1927)
 - 38) LIVINGSTON, B. E. · KOKETSU, R.: The water-supplying power of the soil as related to the wilting of plants. Soil Sci. 9, (1920)
 - 39) LUNT, H. A.: Soil characteristics, topography and lesser vegetation in relation to site quality of second-growth oak stand in connecticut. J. Agr. Res. 59, (1939)
 - 40) MARTIN, J. P. · WAKSMAN, S. A.: Influence of microorganism in soil aggregation and erosion. Soil Sci. 50, (1940)
 - 41) 前田滋三・宮川清: 伊豆天城地方造林地の林床植生, 日林誌, 40, (1958)
 - 42) 真下育久: 土壤水の性質—pF 値について—, 同上, 34, (1952)
 - 43) 真下育久: 森林土壤の水分に関する研究 (I), 同上, 38, (1956)
 - 44) 真下育久・久保哲茂: 同 上 (II), 同上, 38, (1956)
 - 45) 真下育久: 同 上 (III), 同上, 38, (1956)
 - 46) 真下育久・久保哲茂: 段戸経営区の土壤, 林土調報, 6, (1956)
 - 47) 真下育久: 森林土壤の水湿状態 (pF), 同上, 8, (1957)
 - 48) 真下育久・橋本与良・宮川清: スギ, ヒノキの成長と土壤条件, 同上, 8, (1958)
 - 49) MIDDLETON, H. E.: The moisture equivalent in relation to the mechanical analysis of soils. Soil Sci. 9, (1920)
 - 50) 美園繁・木下彰: 土壤構造に関する研究 II, 農技研報, B7, (1957)
 - 51) 美園繁・木下彰: 土壤構造に関する研究 III, 農技研報, B7, (1957)

- 52) 美園繁・寺沢四郎: 火山灰土壤の水分系に関する研究, 同上, (1957)
- 53) 宮崎紳: 四国森林植生と土壤形態との関係について, 東京, (1942)
- 54) 森川均一: 杉林の生態と土壤条件との関係について, 九大学芸誌, 4, (1931)
- 55) 守屋重政・永井芳雄: 酸性土壤に対する樹種の抵抗について, 林試報, 26, (1925)
- 56) 松村保男・渡辺利夫・佐藤吉郎: 田方経営区の土壤, 林土調報, 3, (1953)
- 57) 中村得太郎: 千葉県演習林におけるスギ植栽林の生長過程と土壤の形態学的性質との関係, 東大演報, 32, (1943)
- 58) 大政正隆: 千葉県演習林におけるスギ及ヒノキ生長試験地土壤の酸度並有機物について, 同上, 8, (1929)
- 59) 大政正隆: 本曾御料林に於けるヒノキ人工林の土壤酸度に関する調査, 御料林, 66, (1933)
- 60) 大政正隆: スギ人工林土壤の酸度並塩基飽和度について, 帝室林野局林業試験場報告, 3, (1935)
- 61) 大政正隆: ブナ林土壤の研究, 林土調報, 1, (1951)
- 62) 大政正隆・真下育久: 森林土壤の吸水性について, 同上, 8, (1957)
- 63) 大内晃・八木下弘: 秋田地方におけるスギの樹高生長と腐植土層の厚さ及び含水量との関係, 林曹会報, 313, (1943)
- 64) PENMAN, H. L.: Gas and vapour movements in soil I, II J. Agr. Sci. 30, (1940)
- 65) PURI, A. N.: Soils their physics and chemistry, New York, (1949)
- 66) RICHARDS, L. A.: A pressure membrane extraction apparatus for soil solution. Soil Sci. 51, (1941)
- 67) RICHARDS, L. A. · WEAVER, L. A.: Moisture retention by some irrigated soils as related to soil-moisture retention. J. Agr. Res. 69, (1944)
- 68) RICHARDS, L. A.: Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soils. Soil Sci. 66, (1948)
- 69) ROMELL, L. G.: Luftväxlingen i marken som ekologisk faktor. BABER (5) による, (1922)
- 70) RUSSELL, E. J. · APPLEYARD, A.: The atmosphere of the soil, its composition and the causes of variation. J. Agr. Sci. 7, (1915)
- 71) RUSSELL, J. C. · BURR, W. W.: Studies on the equivalent of soils. Soil Sci. 19, (1925)
- 72) RUSSELL, M. B. · RICHARDS, L. A.: The determination of soil moisture energy relations by centrifugation. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 3, (1938)
- 73) RUSSELL, M. B.: Soil water and plant growth—Soil physical condition and plant growth. New York, (1952)
- 74) SCHOFIELD, R. K.: The pF of the water in soil. Trans 3rd Intern. Congr. Soil Sci. (1935)
- 75) SCHOFIELD, R. K. · DA COSTA, J. B. V.: The determination of the pF at permanent wilting and at the moisture equivalent by the freezing-point method. ibid. (1935)
- 76) SHAW, C. F.: The normal moisture capacity of soils. Soil Sci. 23, (1927)
- 77) 芝本武夫: スギ, ヒノキ, アカマツの栄養並びに森林土壤の肥沃度に関する研究, 東京, 林野庁, (1952)
- 78) 柴田信男: 杉植栽林に於ける不成熟地の研究 (I), 日林誌, 19, (1937)
- 79) 柴田信男: 同 上 (II), 同上, (1937)
- 80) 柴田信男: スギ林とその環境—スギの研究, 東京, (1950)
- 81) STOECKELER, J. H. · BATES, C. G.: Shelterbelts: The advantages of porous soils for trees. J. Forestry 37, (1939)
- 82) STOECKELER, J. H.: The growth of quaking aspen as affected by soil properties and fire.

J. Forestry, 46, (1948)

- 83) 鈴木時夫・蜂屋欣二：伊豆半島の森林植生，東大演報，(1951)
- 84) 杉本一：高知県東部及び西部に於けるスギ，ヒノキ造林成績と土壌性について，日林誌，(1942)
- 85) 竹原秀雄：吉野に於けるスギの適地に関する 2, 3 の土壌学的考察について，日林誌，20, (1938)
- 86) TAYLOR, S.A.: Oxygen diffusion in porous media as a measure of soil aeration. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 14, (1949)
- 87) TARRANT, R. F.: Douglas-Fir site quality and soil fertility J. Forestry, 47, (1949)
- 88) VAN BAVEL, C. H. M.: A soil aeration theory based on diffusion. Soil Sci. 72, (1951)
- 89) VAN BAVEL, C. H. M.: Gaseous diffusion in porous media. Soil Sci. 73, (1952)
- 90) VEIHMEYER, F. J. · HENDRICKSON, A. H.: The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils. Soil Sci. 32, (1931)
- 91) VEIHMEYER, F. J. · HENDRICKSON, A. H.: Method of measuring field capacity and permanent wilting percentage of soils. Soil Sci. 68, (1949)
- 92) 山田昌一：北阿武隈相馬地方の地質地形並に花崗岩における杉の造林について，山林局，(1941)
- 93) 山田昌一：微細地形解析に関する森林立地学的研究，東京，(1955)
- 94) YOUNG, H. E.: Forest soils-site index studies in Maine. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 18, (1954)
- 95) ZUNKER, F.: Das Verhalten des Bodens zum Wasser. Handbuch der Bodenlehre. VI. Berlin (1930)

Studies on the Physical Properties of Forest Soil and Their Relation to the Growth of Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*)

Yoshihisa MASHIMO

(Résumé)

In recent years the forest soil survey has been extensively conducted in our country as a base of forest practice. In these surveys, the forest soils of Japan were usually divided into several unit-types in accordance with OHMASA's classification, reported in 1951. The relations between these soil types and the growth of forest stands were researched in various tree species and regions. KAWADA has studied (1959) on the chemical properties of forest soil, such as the nature of humus and exchangeable Ca and Mg, and has found some characteristics within these unit-types of soil. The writer has been studying on the physical properties of soil, and their effect to the growth of forest trees.

This paper consists of two parts: In the first, moisture, structure and porosity of the soil are studied mainly by measuring the soil-water energy relationship. The relations between various soil factors and permeability are also studied. It is found, as a result of these studies, that permeability of soil is closely related to the structure or characteristics of the soils classified in our system adopted by OHMASA. In the second, the growth of Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) on 56 stands in 4 forest lands is measured, and the relation of their site index to soil condition is studied. The results of this study, revealed that physical property of soil expressed in terms of "Permeability-depth index" is the most effective to the growth of the two forest tree species mentioned above.

Part I. Physical properties of forest soils

The soil samples used in this study are collected from 10 forests located in the middle part of Japan as shown in Fig. 1.

Soil water

Measurement of pF value: The pF value of soil water is measured by the following three methods:—Aqueous vapour pressure method (pF 4~7), centrifugation method (pF 2.7~3.7), and suction-membrane method (pF 0~2.7). They have been reported in our previous papers (OHMASA & MASHIMO—1957, MASHIMO—1957).

As shown in Fig. 2, it is found in some soil that the pF-moisture relation, in all ranges of pF value from 0 to 7, determined by these three methods, looks like "composite of three curves in the same coordinates" suggested by VEIHMEYER and EDLEFSEN. The writer has nothing to solve this problem, but it may be considered the data shown in Fig. 2 illustrate that pF-moisture relation obtained by the one method is not always the same as that by the other method. Therefore, the three pF ranges are separated from one another in this study. Lower range of pF value is mainly studied by a suction-membrane method to analyze the moisture condition and pore-distribution in soil.

Moisture of soil: To make clear the difference of moisture condition of various types of soil in their sites, 117 Profiles containing 289 soil samples are collected from 10 forests shown in Fig. 1, at different seasons from August 1954 to March 1957 (see Fig. 4), and pF value and moisture saturation in natural condition are measured. The data are shown in Fig. 3, and their average, lowest and highest values in each types of soil, are also given in Table 2. (They include the data reported in 1957.) Fig. 3 and Table 2 indicate that the relation between unit-type of soil and pF value is not so different from that of the previous report, that is, the moisture condition of soils or pF values are ranged from dry to wet, in accordance with the order of BA-, Ba-, Bc-, Bd-, Be-soil. Considering the results, the moisture condition of each soil is as follows:—BA-soil is the most dried soil, even in rainy season, the soil of this type is dried indicating higher than pF 3, because it is difficult to become

wet. (The peculiar character of this soil will be discussed later.)

Bb-soil is also dry and ranked next to the Ba-soil, but the data are insufficient to indicate moisture condition at various times.

Bc-soil is called the weakly dried soil by OHMASA, and this is well recognized from this examination.

Bd-soil is divided into 3 sub-types in this study on the basis of their structure and morphological features. Their moisture condition are as follows:—Bd(d)-soil, having granular structure in A-horizon, is a weakly dried soil and its pF value in site is similar to that of Bc-soil. Bd-soil, the moderately moist soil shows pF 2.0~2.2. Therefore, it may be considered that this range of pF value is the suitable moisture condition for major plants.

Bd(r)-soil, residual soil, having massive subsoil, is slightly wet, and pF values of this soil lay between Bd-soil and Be-soil.

Be-soil, slightly wet soil, shows the moisture condition below pF 2.0.

Bl-soil (Ando soil black), which is pure black in color in A-horizon is also divided into 3 units. Their moisture condition are: Bl(d)-soil is weakly dried soil as Bd(d)-soil. Bl-soil shows the same moderate moistness as that of Bd-soil. Bl(w)-soil is similar to Be-soil.

Among 289 soils, only 3, which are taken after rain fall, show the moisture condition lower than pF 1.7. Therefore, the soil water in range of pF 0~1.7 is regarded as the excess water, which is drained rapidly through soil, and the pore in soil occupied by this water may be called non-capillary pore. (Soil pores related to the water permeability will be discussed in detail later.)

Field capacity of soil had been thought to be laid near the moisture equivalent by SHAW (1927), VEIHMEYER and HENDRICKSON (1931) and others. Thereafter, it was found by RICHARDS and WEAVER (1944) and COLMAN (1947), that the tension for field capacity was about 1/3 atmosphere or pF 2.5. Recently, however, RUSSELL (1952) suggested, that its tension was about pF 2.0~1.7, and the same opinion was found in LAATSCH (1954). It may be considered in my work that the moisture condition of forest soil, except for the one on the dry site, is usually about pF 2.0, and after rain fall the soil may be drained rapidly to near about pF 1.7.

Moisture saturation $\left(\frac{\text{Soil moisture}}{\text{Maximum water holding capacity}} \right)$ is not always parallel with pF value. As given in Table 2, pF values of Bd(r)-soil are not so different to those of Bd-soil. Nevertheless, the moisture saturation of the former is remarkably higher than that of the latter. It may be caused by the difference of structure.

Moisture saturation (%) of several soils at pF 2.0 is given in Table 3, for trial, to compare the difference of saturation affected by the soil structure, and found that surface soil developing crumb structure or porous subsoil shows about 60~70% of saturation at this tension, and on the contrary, massive soil is about 90% of saturation.

Shrinking of the soil: Shrinking of some soils which consist of the same materials, as a function of moisture content, are shown in Fig. 5. First, core-soil samples in natural condition are wetted from the bottom, and then they are dried slowly. Shrinkage is not found in the range of moisture content from saturation to a certain moisture condition about pF 2.7. Below this moisture condition, however, the volume of the soils decreases with the decrease of their moisture. Furthermore it is found in Fig. 5 that massive soil has smaller volume of moisture causing no shrinkage compared with that of crumb soil, and also that the volume of shrinkage in the former soil is greater than that of the latter.

Removal of the water in soil: Soil moisture retained against a capillary tension is determined by some ceramic porous plate. Saturated core soil is placed on the dried porous plate for about 24 hours, and then the moisture remaining in soil is measured. Shrinkage of soil is also observed at this time. The data of 48 soils are given in Table 4. pF value of soil moisture retained against the tension is about pF 2.5~2.7, and the majority of the samples shows slight shrinkage. In this experiment, the coarser and finer porous plate are used. However essentially no difference is found between the data obtained by these two plates.

Moisture equivalent: Relationship between moisture equivalent and soil texture was

studied by many workers, and some good relationship were found. To make clear the relationship between soil properties and water in higher part of pF value retained in soil, moisture equivalent, texture, carbon content, and others of 157 soils are determined. The data of them are divided into 3 groups on the basis of carbon content (Fig. 6). These soil groups, 0~5%, 5~10%, and 10~15% of carbon content are nearly equal to the soils in B-, A₂-, A₁-horizon, respectively. The majority of soils shows good relationship between silt+clay and moisture equivalent in each group, and it is also found that the soils contained large amounts of carbon tend to have large moisture equivalent.

There are some soil, however, which are far different from the relation mentioned above. A volcanic ash soil, so-called Kanto loam, has high moisture equivalent in spite of its coarse texture, or little content of carbon, and the similarity is also found in A₁-horizon of Bl-soil. Therefore, it must be considered that the capacity of soil holding water in the range of higher pF value is affected not only by the texture of soil, but also by the nature of parent material, content of humus and its nature.

From the results of the above experiments, soil water may be divided into following three parts.

pF 0~1.7: This water means gravitational water or non-capillary water.

pF 1.7~2.7: This water may be called removable capillary water.

pF 2.7~7.0: This water may contain the film water around soil particles.

It is interesting to note that soil water higher than pF 2.7 is related to the shrinkage of soil and mainly affected by the soil materials. On the contrary, the water lower than pF 2.7 has no relation with the volume change of soil, and mainly affected by soil structure (as will be found later).

Soil structure

Structure of forest soils in our country has been classified into several types. As a function of the soil structure, pore-size distribution analysis, water-stable aggregate analysis, and soil permeability are studied.

Soil pore analysis: According to the equation (11), pF-moisture (by volume per cent) curve in natural condition may be regarded as a pore-size distribution curve. In this respect, pF-moisture curves of several soils having typical structure classified in our system are determined. First of all, as a preliminary test, pF-moisture curves of some soils, which consist of the same material are shown in Fig. 7, and it is concluded that the pF ranges which is mainly affected by soil structure is lower than pF 2.7.

The characteristics of the structure expressed by pF-moisture curves are as follows:—The soils having loose granular structure and granular structure are rich in large pores, especially they are rich in the pore containing the water of about pF 1.5~2.0. Crumb soil is also rich in large pores. However, pore-size distribution is relatively continuous. The soil of nutty structure is poor in large pores, and massive soil is very poor in pores. (Fig. 8)

Aggregate analysis: The size distribution of wet-sieving soil aggregates is determined, and the data of typical soil for each structure are shown in Fig. 9, which indicates that granular soil is rich in the aggregate of 1~5 mm, crumb soil rich in the aggregate of 1~2 mm. Nutty soil rich in large aggregate or clod, and massive soil has very little amount of aggregate.

Soil permeability

Measuring method of soil permeability: The core soil (4 cm×100 cm²) in natural condition is prewetted from the bottom for about 24 hours, placed in the apparatus shown in Fig. 10, and supplied with water over the soil at a constant head of 2 cm. Then water percolation rate (cc/min.) is measured.

Effect of soil properties to permeability: Relations of soil texture (expressed by per cent of silt+clay) and content of gravel in soil to water permeability are studied. It may be generally considered that soil permeability is closely related to soil texture and stoniness. However, the data of 266 soil samples (Fig. 11-A and -B) illustrate that there are essentially no relations between the two soil properties and permeability, except that some rapid

permeable soils have medium texture or large amounts of gravel.

Relation of soil pores to water permeability is also studied on 266 soil samples. It is found in Fig. 11-C that total pore space (volume of soil—volume of solid) has no relation with permeability, because the major part of this pore is filled with the water, which is retained tightly by soil in saturated condition. Minimum air capacity of soil shows a little better relationship to permeability, except for several soils (Fig. 11-D). It is an interesting fact that A-horizon of dried soil such as BA-soil and B_n-soil are very poor in permeability in spite of large air content. It may be stated from this research, that the most effective soil pore for permeability is expressed by air space in soil at pF 1.7 (total pore space—volume of water higher than pF 1.7), which was regarded as non-capillary pore.

Furthermore, some soil characteristics such as form and nature of aggregate surface also must be considered for soil permeability.

Soil structure and permeability: To make clear the characteristics of soil structure classified in our system, the relations of air space to permeability of various types of soil are compared, and some results obtained are as follows:—

BA-soil is always accompanied with well developed loose granular structure in A-horizon and rich in large pores, but the soil of this structure, as given in Table 7, absorbs little water when it is allowed to wet for about 24 hours, and its permeability is very poor in this condition. To make the soil in a fully saturated condition, they are sprayed with hot dilute alcohol, and then wetted by usual moistening. After this pretreatment, the soil absorbs a good deal of water, and shows a considerable rapid percolation rate.

B_n-soil which has granular structure in A-horizon shows the similar characteristics for water absorption and permeability to those of BA-soil.

B_c-, B_d(d)-, and B_l(d)-soil, weakly dried soil, also have granular structure in A₁-horizon. Some of them have high permeability in A₁-horizon, but others have low permeability, in spite of their porous structure, as given in Table 8. It is found that the former soils are moistened lower than pF 2.5 in site and the latter are dried higher than this moisture condition.

It may be considered that the peculiar characteristics of water movement as shown in A-horizon of BA-soil are common in the soil developed in dry site.

Permeability of the moderate and slightly wet soil such as B_n-, B_c-, B_l-soil which have crumb structure in A₁-horizon, contrarily, depends mostly upon the volume of non-capillary pore or the degree of development of crumb.

Massive soil, which is often found in subsoil of B_n-residual soil and B_l-soil, is of poor permeability, because it is lacking in non-capillary pore.

Volume composition of the soil

Volume composition of soil solid-water-air in natural condition is determined, to compare the characteristics or structure of several types. From the data of 289 soil samples as given in Table 12, it may be found that the volume of water in soil increases in the following order, BA-soil < B_n-soil < B_c-soil, B_l(d)-, B_c-, B_n-, B_l(Cr.)-soil < B_d(r)-soil < B_l(Ms.)-soil. But the volume of air in soil decreases in the following order, BA-soil > B_n-soil > B_l(d)-soil > B_l(Cr.)-, B_c-, B_n-, B_d(d)-soil > B_d(r)-, B_l(Ms.)-soil.

The remarkable informations obtained from the comparison shown in Fig. 12, are as follows:—

BA-soil and B_n-soil are very poor in water.

B_d(r)-soil and B_l(Ms.)-soil are lacking in air.

We cannot expect the good growth of trees on such soil.

Volume of soil solid is related to the materials of soil as shown in Fig. 13, that is, it increases by the decrease of carbon content; and it is also found that the volume of solid in volcanic ash and pumice soil is smaller than that in other material soil; and that of gravelly soil is larger than others.

Part 2. Soil conditions related to the growth of Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*)

Sugi and Hinoki are the major tree species for planting in our country. It is very important for forest management to know how conditions are suitable for these species. So many workers have studied on this problem in various regions. The results of these studies, it was found that Sugi grew well on the deep, moist soils which were rich in exchangeable calcium, and that Hinoki grew well on the moderate moist soil, and was considered to be more resistant than Sugi to dryness and acidity of soil. We have also studied on the same problem, and reported in 1958 some relations between the growth of these trees and soil conditions, that is, the growth of trees was influenced mostly by the physical condition of soil expressed by the "percolation rate—depth index". Thereafter, the same investigations were continued on other forest lands.

In this study, some soil conditions related to the growth of trees on four forest lands are determined. Mountain features, altitude, climate, geology, soil and other environments of these forest lands are different for one another as follows:—

	Dando National Forest	Ohjiro National Forest	Takaosan National Forest	Amagisan National Forest
Topographical features	Peneplane, partly steep slope (rejuvenated valley)	Slope in mature stage	Slope in mature stage	Gentle slope of volcano
Altitude	800~1,000 m	300~500 m	350~550 m	350~700 m
Mean annual temperature	10~12°C	about 13°C	about 12°C	12~15°C
Annual precipitation	about 2,000 mm	about 3,000 mm	about 1,500 mm	about 3,000 mm
Geology, Parent material of soil	Graphite, sericite shist, partly granit	Mesozoic sand stone	Mesozoic clay slate and sand stone Kanto loam on the ridge	Basaltic andesite Volcanic ash and sand
Soil texture, Stoniness	Light clay on the peneplane, Gravelly, sandy clay loam on the slope	Gravelly, light clay on the slope Heavy clay on the ridge	Gravelly, light clay on the slope Loam, on the ridge	Clay loam containing pumice layer on the gentle slope

Experimental method

Site index: It is to be desired that the productivity of an area for a certain tree species is expressed by all products grown in a given area for a given period. However, yield in a given area may be affected by stand density, method of thinning, etc. Therefore, in this study, soil productivity is expressed by the total height (meter) of sample tree at 40 years, and it is called 'Site Index' in accordance with the method used by COILE (1952).

Soil properties: In order to know the soil conditions related to the growth of forest trees or site index, some chemical and physical properties of soil are determined, and soil morphological features are observed at the same time follows:—

Chemical properties of soil, such as acidity, exchangeable acidity and calcium, total carbon and nitrogen, and C-N ratio are determined.

Physical properties of soil, such as volume weight, volume composition of air-water-solid, the maximum water holding capacity, tension analysis, the minimum air capacity, percolation rate, texture and gravel content are also determined from 4 cm-core samples in natural condition.

Morphological features of soil such as, thickness, color, development of structure, hardness, moisture, field texture, form and nature of gravel and root distribution in each horizon are observed.

Soil, ground vegetation and growth of forest in each stand Dando National Forest:

This forest is located in the middle of Mikawa Plateau, Shizuoka prefecture. Major part of this area is covered with Hinoki plantation, and 12 sample plots are selected here. Soils in these plots are very poor in calcium, and high in acidity and C-N ratio are also found in A-horizon. However, the growth of Hinoki is not influenced by such poor chemical soil properties, but by some physical or morphological natures such as, texture, stoniness, permeability, depth to the hard subsoil and development of crumb in surface soil.

Ground vegetations related to the site index of Hinoki are as follows.

Good site (site index; higher than 13): *Callicarpa japonica*, *Cacalia delphiniifolia*, *Astilbe congesta*.

Poor site (site index; lower than 10): *Abies firma*, *Pieris japonica*, *Lyonia Neziki*, *Lycopodium clavatum* var. *nipponicum*.

Sugi forest is planted on the slopes in the minor part of this area, from which 5 sample plots are selected. These trees grow well on the deep, moist soil which is developed on the lower part or bottom of the slope. Some better chemical properties are also found in this soil.

Vegetations on the forest floor of Sugi are as follows.

Good site (site index; higher than 20): *Cornus controversa*, *Hydrangea involucrata*, *Astilbe congesta*, *Leptogramma totta*.

Poor site (site index; lower than 15): *Quercus serrata*, *Quercus crispula*, *Clethra barbinervis*, *Rhus trichocarpa*.

Ohjiro National Forest: This forest is located on the bank of River Ohi in Shizuoka prefecture. Most of this land are covered with an artificial forest of Hinoki. Six sample plots are set on the various topographic conditions such as, slightly convex, concave and flat tops of the ridges; upper, middle and lower parts of the slope. The soil on the ridge consist of heavy clay and that on the slope of gravel. They show high in acidity and low in exchangeable calcium.

The growth of Hinoki on the dried site, such as upper slope and slightly convex land on the ridge is very poor. However, on the other side they grow well.

Remarkable vegetations in both good and poor site are:

Good site (site index 16~17): *Aucuba japonica*, *Callicarpa japonica*, *Hydrangea serrata*, *Hydrangea hirta*, *Tripterospermum japonicum*.

Poor site (site index 8~10): *Abies firma*, *Illicium anisatum*, *Ilex pedunculosa*, *Pieris japonica*, *Carpinus laxiflora*.

On the forest of Sugi, only 3 sample plots are surveyed. They are set on the upper, middle and lower parts of the same slope, respectively. Their site index increases in the order of, upper < middle < lower position, and it is found also that soil properties such as permeability, acidity, amount of exchangeable calcium and others are becoming better in the same order. Under the forest of good site, *Aucuba japonica*, *Helwingia japonica*, *Callicarpa mollis* are found, and *Abies firma*, *Carpinus laxiflora* and others are observed in the poor site.

Takaosan National Forest: This forest land is located outside suburbs of Tokyo. In this area, Sugi has been planted mainly on the lower parts and bottom of the slope, and the top and upper parts of the slope are covered with Hinoki. Survey was made on 9 plots of Sugi and 8 plots of Hinoki. Soil on the slope is gravelly. Especially, deep, moist, well permeable soil is developed on the bottom. On the contrary, flat top of the ridge is covered with so-called Kanto Loam which has hard, impervious subsoil. The soil in this forest land both on the slope and ridge are remarkably rich in exchangeable calcium, or low in acidity. Growth of forest is generally good, except for some dry site. Particularly on the colluvial deposit, higher site quality of Sugi is found.

Following vegetations are frequently found on the forest floor:—

Hinoki forest—good site: *Sambucus Sieboldiana*, *Marlea macrophylla* var. *trilobata*, *Zanthoxylum piperitum*, *Achyranthes japonica*, *Chloranthus serratus*, *Disporum sessile* var. *macrophyllum*, *Tovara filiformis*, *Sanicula chinensis*, *Gynostemma pentaphyllum*, *Clematis japonica*.

—Poor site: *Sasa Veitchii*, *Abies firma*, *Castanea crenata*, *Lindera umbellata*, *Disporum smilacinum*.

Sugi forest—good site: *Oriza japonica*, *Sambucus Sieboldiana*, *Hydrangea involucrata*, *Achyranthes japonica*, *Oplismenus undulatifolius*, *Boehmeria tricuspidis*, *Achudemia japonica*, *Gynostemma pentaphyllum*.

—Poor site: *Quercus serrata*, *Lindera umbellata*, *Pertya scandens*, *Wistaria floribunda*.

Amagisan National Forest: This forest land is located in the center of Izu peninsula, Shizuoka prefecture. Survey was made on 13 sample plots of Sugi stand on the various topographic conditions. On the gentle slope and flat top of ridge, a certain thickness of volcanic sand (pumice) layer is found in soil profile. This layer is very hard, and prevents tree rooting. On the soil with such profile, the growth of Sugi appears to depend mostly upon the depth of soil from surface to the pumice layer. Relations of soil nature such as chemical, physical properties and morphological features to the growth of Sugi in this forest are exactly the same as those observed in other forests mentioned above.

Noticeable vegetations are as follows:—

Good site: *Hydrangea involucrata*, *Polystichum tripteris*, *Aucuba japonica*, *Leptogramma totta*, *Rubus Buergeri*.

Poor site: *Carpinus laxiflora*, *Clethra barbinervis*, *Cyclobalanopsis stenophylla*, *Eurya japonica* var. *montana*, *Rumohra aristata* var. *pseudo-aristata*.

Relation of soil properties to site index of both trees

As the result of the research on 56 sample plots in four forest lands, the following relation between soil properties and site index of both trees is obtained:—

Unit-type of soil: Relation between type of soil and site index of Sugi and Hinoki are shown in Fig. 77. It is found in the figure that both trees tend to grow better on moist soil than on dry site, and this tendency is found to be more evident for Sugi than for Hinoki. Furthermore, it may be considered from the figure that the soil lacking in air has poor productivity.

Soil permeability: It has been observed in all forests surveyed in this study, that both trees grow well on the deep, well permeable soil which is developed on the talus and mud-flow deposit, or the soil having well developed crumb structure in A-horizon. To express those physical and morphological characters of soil, 'percolation rate—depth' index is used. This index, as reported in the previous paper (1958), is the summed up value of the product made by 'percolation rate (cc/min.) × depth (cm)' of each horizon in soil profile from surface to 50 centimeters depth. The value of this index is represented diagrammatically by hatched area in Fig. 78.

Good correlations are found in both trees between site index and permeability—depth index, as shown in Fig. 79, that is, site index of both trees increases in accordance with the increase of percolation rate—depth index of soil. Fig. 79 also illustrates that there is a difference of soil condition between the growth of the two species. The value of percolation rate—depth index necessary for better growth of Sugi, is twice as much as that for Hinoki. It is interesting to note that such difference seems to agree with the fact that the development of roots of Sugi is usually deeper and wider than that of Hinoki.

Soil texture: In Dando National Forest, Hinoki grow better on the coarser soil than on the finer one, but in other forests, essentially no relation is obtained between site index of Hinoki and soil texture expressed by per cent of silt+clay, as shown in Fig. 80. In the case of Sugi, some high site qualities are found on sandy soil, except for pumiceous soil. However, the relationship is also not so significant. It may be considered from the data that soil structure or arrangement of soil particles, which closely relates to soil permeability is more effective to forest growth than soil texture or diameter of soil particles.

Acidity and exchangeable calcium in soil: The relation of pH value of surface soil to site index of both trees and that of exchangeable calcium content are shown in Fig. 84 and 85, respectively.

Large differences of pH value and amount of calcium are found among the soils shown in these figures, especially, their regional differences are evident. However, the relation to the growth of forest is not so significant. It is only slightly found that Sugi grows better on the soil having low acidity and high content of calcium, than that of high acidity and

low in calcium.

Content of carbon and nitrogen, and C-N ratio: Relation of the amount of carbon contained in soil, from surface of A-horizon to 50 centimeters depth, to site index of both trees is given in Fig. 81. The same relation of nitrogen is also shown in Fig. 82.

As found in these figures, large amount such as 10~20 kilograms of total carbon and 0.5~1.5 kilograms of nitrogen per square meter are contained in the soil, and there is no relation between site index of both trees, and the amount of carbon and nitrogen in soil. It is found, however, C-N ratio of the surface soil relates to the site index, that is, as shown in Fig. 83, the site index increases with the decrease of C-N ratio.

Considering the result, the nature of humus or decomposition of organic matter is more effective for forest growth than the amount of humus in soil. Furthermore, transition of humus to under soil must be considered for the soil condition related to site index.

Comparison of the soil properties, especially, the difference of transition from surface to under soil, between high and low sites

Several soil properties such as percolation rate, pH, exchangeable calcium, content of carbon and nitrogen, C-N ratio are compared in Fig. 87 between the highest and lowest site class of Sugi.

The same comparison of Hinoki is also shown in Fig. 88. The data used for these comparisons are taken from 12 sample plots.

It is interesting to note that all of soil properties in the highest site class are remarkably better than those in the lowest one, that is, higher amount of exchangeable calcium, lower acidity and C-N ratio, and better permeability are found in the soil of the highest site class rather than those in the lowest site. Moreover, transition of organic matter is deeper in the best site than in worst site, and this may be due to the good physical condition such as permeability.

Effect of the poor permeable or impervious subsoil to the growing process of Sugi

In the processes of height-growth of Sugi, as shown in Figures 32, 43, 62, 76, the two types are found as follows.

Type-1: For 40 years or more after planting, the total height of this type increases continuously.

Type-2: About 20~30 years after planting, the increase of height drops suddenly.

Some typical examples of both types are shown in Fig. 89 and 90. And soils are also given in Table 18.

There is a remarkable difference between the soils of type-1 and 2, that is, the stands of type-1 are found on the deep, well permeable soils. On the contrary, those of type-2 are standing on the soils which contain some poor permeable or impervious subsoils under about 20 or 30 centimeters.

Discussion on the soil conditions related to the growth of forest trees

Among the soil properties examined in this study, it is apparent that physical condition expressed by percolation rate-depth index is the most effective soil factor for the growth of Sugi and Hinoki. Here, the reason will be discussed why this condition affects the growth of forest trees.

Soil permeability or percolation rate, as has been recognized in Part 1 of this study, is directly influenced by the volume of large pores such as non-capillary pore in soil which permits air to move in soil. So, it may be possible to think that permeability represents aeration of soil. Especially, on the moist soil, we must emphasize the importance of this soil condition as a function of air supply.

On the other hand, some soils developed on the dry site such as Ba- and B_a-soil are rich in large pores. Nevertheless, percolation rate of these soils are very poor, and the similar peculiarity is also found slightly in the weakly dried soils. It may be considered, therefore, the soil having poor percolation-rate represents either poor aeration or dry situation.

Undoubtedly, soil aeration and water supply are the most important factors for plants, to develop their roots and absorb water and nutrients.

Moreover, these physical conditions of soil may also influence on the activities of microorganisms in soil which decompose organic matter. Actually, a large amount of organic matter accumulated in the surface soil is found in poor site. Some undesirable chemical properties, such as high acidity and C-N ratio, lack of calcium and other available nutrients may be also found in such humus. Organic matter is one of the important sources of nutrients supplied for forest trees. However, it may be considered that the growth of trees is influenced, not by the amount of organic matter, but by its nature or availability, which may be induced greatly to the activity of microorganisms.

It may be necessary to consider, that formation of structure or aggregate of soil which relates closely to soil permeability is influenced by the activities of the soil microorganisms and their by-products. And some chemical soil properties, such as acidity, content of calcium and other nutrients, also influence directly or indirectly upon the activities of microorganisms and soil structure.

Above discussion may be concluded; Percolation rate of soil represents supply of the air and water in soil, accordingly, it relates to some chemical properties which affect on forest growth.

The results of this study, it is also found that sufficient soil depth necessary for development of roots is one of the most important soil conditions related to the growth of forest trees.

We can say percolation-depth index represents the most effective soil condition for the growth of Sugi and Hinoki.

採集土壌の諸性質一覽表 (1)

断面 番号	土 壤 型	層 位	容 積 重 (自然状態)	細 土 の 真 比 重	塊 状 の 容 積 重 (円筒内%)	容積組成 (採取時%)			採取時水分量 (水飽状態)	乾燥土重に 対する%	pH	最小容気量 %	透水速度 cc/min	採取時 年月日
						固 体	水	空 気						
段 戸 国 有 林 Dando National Forest														
1	BA	A	54.1	2.47	2.0	25.4	24.2	50.4	52.0	(43.2)	3.0	(19.2)	—	1954 8.23
2	Ba	B	70.0	2.59	2.4	27.8	36.2	36.0	54.0	58.4	2.5	16.8	—	—
3	Bb	B	52.9	2.48	12.3	21.9	48.0	30.1	105.6	78.4	1.9	16.8	—	—
4	Bc	A ₂	57.3	2.57	1.6	22.7	51.8	25.5	94.2	79.0	2.4	12.2	—	—
5	Bc	A ₂	79.9	2.54	3.8	32.1	58.5	9.4	77.3	82.9	2.3	—2.4	—	—
6	Bc	A-B	93.8	2.53	1.1	37.5	49.2	13.3	83.5	84.1	2.4	4.1	—	—
7	(定積土)	A	65.0	2.49	4.2	26.9	54.5	18.6	89.1	78.0	2.5	3.2	—	—
8	(定積土)	B	83.1	2.60	5.3	32.6	54.0	13.4	69.6	82.9	2.2	2.2	—	—
9	Bc	B	75.8	2.61	13.9	29.7	51.8	18.7	80.0	84.6	1.7	9.1	—	—
10	Bc	B	88.2	2.61	15.3	34.0	53.0	13.0	71.0	87.6	1.7	5.5	—	—
11	(定積土)	A	58.5	2.45	1.5	26.1	55.5	18.4	98.9	85.1	1.8	7.4	110	1955
12	(定積土)	B	62.8	2.56	0.5	26.1	56.2	17.7	86.9	83.6	1.85	6.5	25	3.31
13	(定積土)	A	61.5	2.45	2.6	26.5	52.0	21.5	89.2	89.9	1.7	12.8	150	—
14	(定積土)	B ₁	78.8	2.61	3.7	30.6	57.0	12.4	75.2	86.4	1.8	3.6	27	—
15	(定積土)	B ₂	88.0	2.64	4.8	33.2	56.3	10.5	—	—	1.8	3.8	8	—
16	Bc	A	45.9	2.42	2.2	19.7	45.5	34.8	103.2	72.5	1.6	19.8	1,000	4.2
17	(崩積土)	B	83.1	2.67	16.6	31.3	40.2	28.5	58.1	69.7	1.7	10.9	500	—
18	Bc	A	40.2	2.39	0.5	17.6	53.2	29.2	135.9	71.0	1.9	7.1	290	—
19	Bc	B	64.2	2.51	4.2	25.6	62.8	11.6	102.7	88.4	1.9	3.4	65	—
20	(定積土)	A	45.5	2.41	0.7	21.2	56.2	23.6	131.6	81.1	2.0	8.8	90	—
21	(定積土)	B ₁	83.5	2.62	1.0	33.8	61.8	4.4	77.2	93.0	2.0	—0.3	2	—
22	Bc	A ₁	40.1	2.38	0.7	20.2	42.5	37.3	118.5	66.8	1.9	15.1	115	—
23	Bc	A ₂	61.6	2.45	1.1	24.9	66.0	9.1	112.5	89.1	1.9	0.8	9	—
24	Bc	A ₁	48.3	2.45	3.5	20.2	48.2	31.6	103.0	71.1	1.9	11.8	570	—
25	(定積土)	A-B	72.8	2.51	2.1	29.5	57.4	13.1	80.8	82.7	1.9	1.2	62	—
26	Bc	A	56.3	2.37	24.0	24.7	39.0	36.3	93.2	65.8	1.9	15.6	350	—
27	(崩積土)	B	73.7	2.54	11.0	30.0	43.5	26.5	66.3	68.5	1.9	7.6	215	—
28	Bc	A ₂	83.7	2.50	3.5	34.9	43.6	21.5	55.8	75.8	2.3	7.2	75	—
29	(定積土)	A-B	88.4	2.62	2.4	34.8	44.4	20.8	52.7	76.3	2.2	6.8	10	—

*1 Plot. No., *2 Type of soil, *3 Horizon, *4 Volume weight (g/100 cc), *5 Specific gravity of fine soil, *6 Gravel weight % in core soil, *7 Volume composition of soil, *8 Solid, *9 Water, *10 Air, *11 Moisture condition of soil, *12 % by weight, *13 % by saturation, *14 Minimum air capacity, *15 Percolation rate, *16 Date of sampling

備考 () 内は完全飽水処理による値

断面 番号	土 壤 型	層 位	容 積 重 (自然状態)	細 土 の 真 比 重	塊 状 の 容 積 重 (円筒内%)	容 積 組 成 (採取時%)			採取時水分量 (水飽状態)		最小容気量 %	透水速度 cc/min	採取 年月日
						固 体	水	空 気	乾燥土重に 対する%	飽水状態に 対する%			
15	Bc	A ₁	59.5	2.46	5.4	25.2	36.5	38.3	66.0	70.7	2.0	23.3	1955 10.21
		A ₂	88.3	2.53	1.8	35.6	51.2	12.2	59.9	86.2	1.9	5.0	—
		B	103.3	2.65	2.8	39.4	44.2	16.4	44.1	79.0	2.1	1.4	—
16	Bc	A ₁	41.0	2.34	4.4	19.5	44.1	36.4	106.4	72.8	2.2	20.9	—
		A ₂	66.5	2.48	5.9	27.6	50.9	21.5	82.6	81.5	2.0	9.8	—
		B	84.8	2.63	2.4	32.0	45.8	22.2	56.0	75.0	2.0	7.0	—
17	(定積土)	A ₁	37.8	2.38	4.0	19.0	54.1	26.9	163.3	80.9	2.0	13.1	—
		A ₂	54.9	2.50	2.0	23.0	58.1	18.9	111.0	82.5	2.0	6.1	—
		A-B	82.7	2.59	1.9	32.1	64.2	3.7	80.0	96.7	2.0	0.9	—
18	(定積土)	A	69.2	2.46	1.2	32.7	49.8	17.5	80.4	80.9	2.1	5.0	—
		A-B	80.9	2.59	3.7	32.8	46.9	20.3	62.3	78.4	2.0	7.1	—
		B	97.6	2.65	1.2	37.7	53.0	9.3	55.8	85.0	2.0	—0.2	—
19	(定積土)	A	52.6	2.49	1.1	23.1	47.9	29.0	96.7	70.3	2.0	8.2	—
		B	83.7	2.63	1.6	33.1	56.6	10.3	70.3	90.5	1.9	4.2	—
		C	90.1	2.62	1.9	34.7	56.9	8.4	64.5	89.4	1.7	1.6	—
20	Bc	A	62.2	2.50	14.3	28.4	37.8	33.8	84.9	73.5	2.0	12.0	—
		A-B	69.6	2.55	13.6	27.7	50.4	21.9	78.2	64.8	1.9	5.7	—
		B	84.3	2.66	3.2	32.2	58.2	9.6	71.3	92.1	1.9	5.1	—
21	(定積土)	A	58.7	2.46	6.8	35.9	60.3	13.8	115.3	89.3	1.9	6.3	—
		A-B	79.4	2.56	6.0	32.3	59.2	8.5	81.1	90.6	2.1	2.3	—
		B	80.6	2.65	3.3	30.7	58.4	10.9	75.0	91.0	2.0	4.8	—
22	Bc	A ₁	80.0	2.56	2.0	32.4	44.5	23.1	58.2	69.9	1.9	3.6	—
		A ₂	82.0	2.60	4.8	32.3	43.1	24.6	56.2	71.6	1.8	7.4	—
		A'	73.3	2.57	3.0	28.7	55.5	15.8	78.5	87.0	1.8	6.6	—
		B'	96.5	2.69	1.2	36.0	55.2	8.8	58.1	94.5	1.7	5.3	—
23	Bc	A ₁	63.4	2.45	3.9	26.7	49.8	23.5	84.6	75.5	2.0	6.0	—
		A ₂	79.5	2.52	2.9	32.8	58.0	9.2	76.8	86.7	2.0	0.2	—
		B	84.6	2.67	3.5	31.7	50.9	17.4	62.3	83.2	1.9	7.2	—
24	Bc	A ₁	69.7	2.45	32.4	28.9	38.5	32.6	84.5	74.4	1.85	19.1	—
		A ₂	104.6	2.59	29.2	40.3	46.3	13.4	62.8	81.9	1.9	3.2	—
		B	139.3	2.70	47.2	52.1	30.8	17.1	41.7	70.2	1.7	4.1	—
25	Bc	A ₁	67.0	2.60	7.0	25.7	48.7	25.6	78.1	76.4	1.8	10.6	—
		A ₂	89.1	2.69	8.3	33.1	54.2	12.7	66.4	89.0	1.8	5.9	—
		B	104.0	2.66	8.4	39.1	51.5	9.4	54.1	88.0	1.8	2.4	—
		A'	94.7	2.66	7.6	35.6	54.6	9.8	62.4	89.8	1.8	3.6	—

断面 番号	土 壌 型	層 位	容 積 重 (自然状態)	細 土 の 真 比 重 (円筒内%)	容積組成 (採取時%)			採取時水分量 (水湿状態)		最小容気量 %	透水速度 cc/min	採 取 年月日	
					固 体	水	空 気	乾燥土重に 対する%	飽水量に 対する%				pF
那 須 お よ び 黒 羽 国 有 林 Nasu National Forest													
26	Bl (定)	A	41.1	2.28	0.7	19.2	66.8	14.0	168.6	88.0	1.9	4.8	1954 10.15
27	Bl (定)	A	44.7	2.27	0.5	21.6	70.2	8.2	164.3	91.7	2.0	1.7	"
28	Bl (定)	A A-B	51.0	2.31	0.2	22.6	67.1	10.3	133.3	90.9	2.0	3.5	"
			61.8	2.54	0.5	25.0	67.7	7.3	111.4	94.1	1.9	3.1	
29	Bl (定)	A	56.6	2.49	1.8	25.0	59.3	15.7	112.1	82.9	2.0	3.2	" 16
30	Bo(d) ~(Ba)	A B	71.4	2.56	3.8	28.9	39.7	31.4	59.2	61.4	2.8	6.2	"
			52.1	2.56	4.6	20.4	41.7	37.9	37.9	83.8	57.9	2.5	
31	Bl	A ₁ A ₂	60.6	2.38	1.3	25.6	67.4	7.0	113.0	88.8	1.9	-1.5	" 17
			55.3	2.48	1.1	22.7	67.0	10.3	123.3	89.4	2.0	2.1	
32	苗畑 (Bl)	A A ₁	61.6	2.35	0.4	26.2	53.0	20.8	86.3	78.2	2.1	6.0	" 19
			51.8	2.35	0.2	22.5	44.5	33.0	86.7	68.8	2.2	12.8	
33	Bo(d) ~(Ba)	A	70.0	2.49	10.0	28.9	36.8	34.3	60.0	57.0	2.7	6.2	" 20

東京都市道水源林 (多摩川上流) Tokyo City Forest

34	Bl(d)	A-B B	32.4 33.2 39.0	2.13 2.23 2.46	0 0 0	17.6 15.0 15.9	46.5 57.0 65.2	35.9 28.0 18.9	155.0 170.0 167.3	65.6 71.6 84.0	2.4 2.1 2.1	1954 11.10
35	Bl	A B ₁ B ₂	31.6 36.7 57.8	2.25 2.28 2.61	0 0.6 0	15.3 16.3 22.2	48.0 52.0 62.8	36.7 31.7 15.0	157.5 142.6 86.8	62.7 66.5 86.8	2.2 2.0 2.0	"
36	Bl(d)	A ₁ A ₂ B	33.7 40.2 59.4	2.27 2.36 2.64	0 0 0	15.1 17.2 22.3	35.2 42.0 54.5	49.7 40.8 23.2	105.0 104.8 91.7	48.5 59.2 78.2	2.5 2.3 2.2	11.11
37	Bl	A	37.6	2.33	0	19.0	39.2	41.8	108.4	54.0	2.2	"
38	崩壊地	C ₁ C ₂	110.6 140.0	2.73 2.65	17.5 42.7	40.6 52.5	13.0 29.2	46.4 18.3	14.0 38.7	30.2 53.0	2.5 2.3	11.12
39	Bl	A	39.2	2.35	0.5	17.3	40.0	42.7	104.5	55.3	2.2	"
40	Bl	A-B B	32.8 40.0 39.3	2.16 2.29 2.47	0 0.2 0	16.0 19.8 16.1	45.0 54.2 49.8	39.0 26.0 34.1	140.9 144.6 126.8	57.1 69.3 64.6	2.1 2.2 2.1	"

断面 番号	土 壤 型	層 位	容 積 重 (自然状態)	細 土 の 真 比 重 (円筒内%)	容積組成 (採取時%)			採取時水分量 (水湿状態)		最小容気量 %	透水速度 cc/min	採 取 年月日
					固 体	水	空 気	乾燥土重に 対する%	飽水量に 対する%			
41	Bl(d)	A	40.6	2.38	0.3	17.8	36.0	46.2	91.0	56.0	2.6	1954 11.13
42	Bn	A	40.0	2.32	0.9	17.3	37.5	45.2	103.1	60.0	2.0	11.22
		B	62.0	2.46	11.5	25.3	45.0	29.7	82.8	72.7	1.9	
43	Bn	A	58.2	2.38	7.9	24.4	43.8	31.8	81.7	67.5	2.0	11.22
		B ₁	61.8	2.50	5.3	24.7	40.8	34.5	70.3	63.1	1.9	
		B ₂	110.1	2.83	36.1	40.4	43.8	15.8	62.3	74.5	1.8	
44	Bn	A	50.3	2.32	2.8	24.7	36.5	38.8	76.1	64.1	2.0	11.23
		B ₁	59.0	2.46	2.5	24.8	50.2	25.0	87.8	74.2	2.1	
		B ₂	64.2	2.54	1.4	25.5	51.8	22.7	81.9	76.7	1.9	
45	Bn	A	71.8	2.33	14.1	30.8	38.2	31.0	61.7	64.0	2.1	11.24
		B	91.2	2.49	7.2	36.6	45.5	17.9	53.9	77.9	2.1	
46	Bn	A	31.5	2.23	1.3	15.3	46.0	38.7	154.4	64.9	2.0	"
		B ₁	46.7	2.29	10.3	20.3	57.0	22.7	136.6	80.6	2.0	
		B ₂	44.2	2.44	0.9	18.3	62.8	18.9	143.6	83.7	1.9	
47	Bn	A	31.9	2.24	2.8	14.4	38.8	46.8	87.5	60.8	2.0	"
		B	38.7	2.25	1.3	17.3	47.2	35.5	124.0	69.9	2.0	

新 館 お よ び 中 村 国 有 林 Niidate and Nakamura National Forest

48	Bl	A ₁ A ₂	30.5 44.4	2.20 2.29	0.3 3.2	14.7 19.6	48.5 70.0	36.8 10.4	164.2 164.0	68.3 92.2	2.0 1.9	1954 12.1
49	Bl	A ₁ A ₂ B ₁	29.8 41.2 40.8	2.16 2.25 2.37	0 0 0	14.1 18.3 17.2	41.2 66.7 70.5	44.7 15.0 12.3	139.3 161.9 172.8	63.7 87.5 90.4	2.1 2.2 2.1	"
50	(Bl) 褐色	A ₁ A ₂ B ₁	41.5 56.5 60.8	2.33 2.45 2.45	2.7 0 2.8	18.2 23.1 24.8	43.2 51.5 56.5	38.6 25.4 18.7	108.8 91.1 95.7	63.8 76.9 83.7	2.0 1.9 1.9	12.2
51	(Bl) 褐色	A A-B	34.8 62.3	2.26 2.48	1.1 1.8	15.6 25.4	35.2 58.2	49.2 16.4	103.0 95.5	58.9 84.2	2.0 2.0	"
52	Ba	A(M) B	68.1 87.0	2.49 2.59	15.4 21.3	27.3 34.2	11.4 11.7	61.3 54.1	19.8 17.9	18.9 24.0	3.5 2.9	1955 8.14
53	Bc	A B ₁	69.2 68.6	2.51 2.69	2.3 2.2	27.7 25.5	43.3 46.2	29.0 28.3	64.2 68.9	72.7 67.9	2.7 2.3	8.11
54	Bc	A B	68.2 105.2	2.59 2.73	0 0.3	27.7 38.7	41.0 49.6	31.3 11.7	62.1 47.4	72.0 83.5	2.5 2.3	8.20
55	Bo (崩壊土)	A B	41.7 82.5	2.44 2.74	0 0.2	19.7 30.3	30.8 36.3	49.4 33.4	79.3 44.2	55.0 70.1	2.5 2.4	8.22

断面 番号	土 壤 型	層 位	容 積 重 (自然状態)	細 土 の 真 比 重	礫 の 重 量 (円筒内%)	容 積 組 成 (採取時%)			採取時水分量 (水温状態)			最小容気量 %	透水速度 cc/min	採 取 年月日
						固 体	水	空 気	乾燥土重に 対する%	飽水量に 対する%	pF			
56	B ₀ (残積土)	A ₁ B	82.3 90.2	2.72 2.78	1.5 3.1	30.7 32.5	34.0 64.8	35.3 2.7	42.0 74.2	66.6 85.2	2.5 2.0	16.4 -8.5	57 9	1955 8.23
57	B ₀	A ₁ A ₂ B	60.8 90.6 100.0	2.57 2.66 2.70	24.2 21.9 17.7	23.4 33.9 37.2	31.0 35.2 34.8	45.6 30.9 28.0	67.2 49.7 42.3	64.2 67.1 68.9	2.0 1.9 1.9	21.8 13.7 12.2	850 185 70	8.20
58	B ₀	A ₁ B	37.5 73.7	2.45 2.69	5.1 0	15.7 27.4	38.0 44.6	46.3 28.0	108.1 60.4	61.9 74.4	1.9 2.0	22.9 12.2	410 210	"
59	B ₁ (d)	A ₁ A ₂ B ₁	43.9 44.2 52.1	2.35 2.40 2.66	0 0 0	20.8 18.4 19.6	40.8 45.8 53.2	38.4 35.8 27.2	103.1 103.5 102.2	69.5 67.8 75.2	2.6 2.5 2.3	18.8 14.0 9.2	26 210 28	8.11
60	B ₁ (d)	A ₁ B ₁ B ₂	33.6 44.8 56.1	2.07 2.34 2.57	2.4 4.2 15.9	17.3 19.9 21.8	43.7 47.8 39.4	38.9 32.3 38.8	139.0 113.9 83.6	71.8 71.5 62.9	2.2 2.0 2.0	- 13.1 15.5	340 148 208	8.12
61	B ₁ (定積土)	A ₁ A ₂ B	72.5 61.2 93.2	2.44 2.52 2.67	7.2 10.0 14.8	29.6 24.2 37.4	58.5 57.8 43.8	11.9 18.0 18.8	87.2 104.9 55.1	84.2 77.8 72.8	2.2 2.1 2.0	0.9 1.5 2.4	27 16 32	8.14
62	B ₁ (w)	A ₁ A ₂ B	43.5 61.5 95.7	2.42 2.45 2.64	9.4 9.9 24.7	15.5 25.3 36.2	44.2 50.7 48.3	40.3 34.0 15.5	114.1 87.0 79.6	78.3 68.3 75.0	1.9 1.9 1.8	17.2 7.9 4.2	120 63 24	8.10
63	B ₁ (w) (崩積土)	A ₁ A ₂ B	48.2 57.1 69.2	2.36 2.58 2.60	1.7 2.1 3.3	21.8 22.4 26.6	52.0 48.2 53.3	26.2 29.4 20.1	112.8 92.0 67.1	65.6 76.0 81.1	1.8 1.7 1.9	11.0 6.9 2.4	370 105 68	"
64	B ₁	A ₁ B	59.9 83.3	2.75 2.81	70.1 19.8	27.7 30.1	16.8 25.3	57.5 44.6	30.7 31.8	42.4 44.1	3.5 2.9	34.7 (12.6)	-	6.15
65	B ₁	A ₁ B	67.4 83.7	2.64 2.79	17.4 32.4	28.1 30.4	14.3 22.0	57.6 47.6	25.2 39.0	41.3 (57.1)	3.4 2.6	37.3 (31.1)	-	"
66	B ₁ (定積土)	A ₁ A ₂ A-B	57.2 58.3 52.5	2.40 2.40 2.50	6.5 5.1 6.3	25.3 24.5 20.9	61.2 63.0 62.7	13.5 12.5 16.4	118.6 114.9 127.5	84.1 85.4 85.9	2.1 2.0 1.85	1.7 1.5 6.2	41 8 8	1956 6.16
67	B ₁ (w)	A ₁ A-B	45.2 50.2	2.31 2.54	2.0 5.2	21.2 19.8	70.0 69.3	8.8 10.9	161.7 145.9	90.1 91.4	1.9 1.8	1.0 4.4	26 2	6.17

瀬 尻 国 有 林 Sejiri National Forest

68	B ₀	A ₁ B	59.6 68.9	2.56 2.63	8.6 5.5	25.1 27.1	26.2 34.5	48.7 38.4	48.5 54.4	36.9 (56.1)	2.9 2.7	1.7 (11.0)	3(62) 62	1955 12.13
69	B ₀	A ₁ B ₁ B ₂	50.5 79.1 82.3	2.47 2.61 2.67	11.0 6.7 9.4	23.7 31.4 31.0	30.0 46.2 43.7	46.3 22.4 25.3	68.0 63.8 58.6	39.9 (70.3) (70.3)	2.9 2.6 2.5	6.1 2.9 7.8	13(125) 24 40	1956 12.14

断面 番号	土 壤 型	層 位	容 積 重 (自然状態)	細 土 の 真 比 重	礫 の 重 量 (円筒内%)	容 積 組 成 (採取時%)			採取時水分量 (水温状態)			最小容気量 %	透水速度 cc/min	採 取 年月日
						固 体	水	空 気	乾燥土重に 対する%	飽水量に 対する%	pF			
70	B ₀ (d)	A ₁ A ₂	53.5 106.0	2.45 2.62	25.4 43.4	21.6 40.7	35.5 42.0	42.9 17.3	89.8 70.0	55.8 (74.8)	2.6 2.4	23.1 3.1	125 24	1955 12.14
71	B ₀	A ₁ B ₁ B ₂	83.0 105.0 99.3	2.49 2.65 2.67	34.7 39.7 35.4	32.9 39.7 37.7	33.2 40.7 40.4	33.9 19.6 21.9	61.5 64.4 62.9	67.4 75.1 76.8	2.3 1.9 1.9	17.9 6.4 9.7	780 200 212	1956 3.12
72	B ₀ (崩積土)	A ₁ A ₂	77.5 105.2	2.48 2.55	61.2 67.6	30.6 41.2	43.8 27.7	25.6 31.1	- 81.5	64.2	2.0 2.0	10.4 15.6	790 960	3.13
73	B ₀ (崩積土)	A ₁ A ₂	79.3 91.8	2.61 2.66	40.4 39.1	30.9 35.1	39.2 42.0	29.9 22.9	83.7 75.6	71.1 77.0	2.0 1.9	13.9 10.4	790 470	"

沢 渡 国 有 林 Sawatari National Forest

74	B ₁ (d)	A ₁ A ₂ B	25.6 37.5 56.3	2.17 2.35 2.58	2.0 4.8 9.1	13.0 18.0 23.5	37.2 44.0 46.5	49.8 38.0 30.0	156.2 127.2 83.6	59.2 65.7 71.3	2.2 2.2 2.2	21.8 14.5 11.2	465 140 97	1956 4.27
75	B ₁ (w) (定積土)	A ₁ A ₂ A ₃	46.3 42.8 40.5	2.30 2.37 2.42	8.0 1.4 25.4	20.5 18.1 16.7	61.0 77.0 75.0	18.5 4.9 8.3	144.7 182.3 186.4	79.8 92.8 94.0	1.9 1.85 1.7	3.0 -1.1 3.3	31 3 1	"
76	B ₁ (d)	A ₁ B ₁ B ₂	32.5 36.7 39.1	2.23 2.37 2.54	0 0.3 1.3	16.3 16.5 15.5	42.5 50.2 52.3	41.2 33.2 32.2	138.0 136.4 135.3	61.5 70.0 70.4	2.2 2.2 2.0	14.0 11.4 10.2	400 336 87	"
77	B ₁ (crumb)	A ₁ A ₂ B(C)	36.2 51.4 55.9	2.25 2.44 2.57	3.3 3.1 6.8	16.7 22.5 21.8	43.5 57.3 49.3	39.8 20.2 28.9	127.1 119.3 94.5	61.7 79.6 68.4	2.0 1.9 1.9	12.6 5.2 6.1	255 18 120	"

大 代 国 有 林 Ojio National Forest

78	B ₁	A ₁ B	63.8 100.4	2.39 2.56	27.3 35.5	29.5 39.3	22.0 34.0	48.5 26.7	40.0 53.1	41.7 (60.0)	3.8 2.9	16.3 (3.9)	0(113) 13	1956 3.10
79	B ₁	A ₁ B	95.9 130.0	2.51 2.66	19.4 27.8	38.5 49.3	35.0 39.0	26.5 11.7	34.1 41.4	60.0 84.3	2.8 2.6	3.7 4.7	13 13	"
80	B ₁ (d) (定積土)	A ₁ A ₂ B	51.2 61.0 126.3	2.38 2.47 2.75	12.3 2.6 13.7	23.6 28.0 46.2	38.5 49.5 47.5	37.9 22.5 6.3	90.4 89.7 43.6	54.9 77.2 90.1	2.7 2.4 2.3	5.4 7.3 1.2	24 18 7	3.11
81	B ₁	A ₁ A ₂ B	93.4 104.1 110.1	2.54 2.59 2.68	38.9 40.7 28.5	36.2 39.9 41.3	38.0 40.3 47.0	25.8 19.8 10.7	66.6 65.2 82.2	73.4 73.1 82.2	2.5 2.5 1.9	12.0 4.0 0.5	190 40 53	3.13
82	B ₁	A ₁ A ₂ B	32.2 70.4 87.3	2.06 2.50 2.72	22.4 27.7 11.7	15.1 27.8 32.3	42.0 53.0 61.2	42.9 19.2 6.5	169.0 104.1 79.4	60.9 81.5 94.5	2.3 1.9 2.0	15.9 7.2 3.0	275 85 3	"

断面 番号	土 壤 型	層 位	容 積 重 (自然状態)	細 土 の 真 比 重	礫 の 重 量 (円筒内%)	容 積 組 成 (採取時%)			採取時水分量 (水湿状態)		最小容気量 %	透水速度 cc/min	採 取 年 月 日
						固 体	水	空 気	乾燥土重に 対する%	飽水量に 対する%			
83	B ₀ (定積土)	A ₁	55.1	2.39	6.0	23.8	50.0	26.2	98.4	74.5	9.0	140	1956 3.14
		A ₂ B	79.0 94.1	2.60 2.56	7.5 16.3	30.4 36.7	60.0 61.8	9.6 1.5	82.6 78.4	90.8 93.5	3.6 -2.7	20 1	
84	B ₀	A ₁	58.5	2.40	25.3	26.7	34.8	38.5	79.3	77.1	(10.3)	150	3.15
		A ₂ A-B B	80.0 105.0 114.9	2.56 2.65 2.69	28.3 26.8 27.0	31.5 39.9 43.5	40.2 40.7 45.5	28.3 19.4 11.0	69.8 53.0 53.8	66.9 75.1 76.0	8.5 5.9 -2.8	60 25 9	
85	B ₀ (崩積土)	A ₁	64.5	2.34	59.5	25.7	36.7	37.6	141.3	72.8	23.1	680	"
		A ₂ B	82.8 102.1	2.53 2.70	37.2 18.1	32.4 38.2	36.7 41.0	30.9 20.8	70.8 49.1	60.3 72.6	6.7 5.3	320 80	
86	B ₀	A ₁	90.8	2.52	38.9	33.4	33.5	33.1	60.6	56.3	(6.9)	220	3.16
		A ₂ B	96.1 99.8	2.51 2.63	40.5 32.7	38.0 38.4	38.2 38.7	23.8 22.9	67.2 54.3	75.1 71.3	9.2 6.9	146 130	
高 尾 山 国 有 林 Takaosan National Forest													
87	B ₀ (崩積、 石礫土)	A ₁	125.6	2.48	91.2	46.0	22.0	32.0	199.1	67.2	1.6	1,200	1956 8.27
		A ₂ B	127.1 131.7	2.74 2.76	70.3 54.1	46.1 47.8	26.2 28.0	27.7 24.2	69.4 46.3	62.5 65.5	1.7 1.7	760 250	
88	B ₀ (d)	A ₁	99.8	2.65	41.3	37.3	47.2	15.5	62.2	81.7	2.1	110	"
		A ₂ B	101.6 91.8	2.72 2.76	42.6 23.9	37.2 33.2	41.5 46.2	21.3 20.6	71.2 66.1	72.2 73.7	2.1 2.2	208 135	
89	B ₀	A	85.1	2.56	55.1	32.0	43.8	24.2	114.7	78.5	1.7	810	8.28
		A-B B	88.6 93.0	2.66 2.72	44.0 39.8	32.8 34.0	38.0 35.0	29.2 31.0	76.8 62.5	67.6 64.2	1.95 2.0	260 230	
90	B ₀ (崩積、 石礫土)	A ₁	64.1	2.50	50.7	24.4	40.5	35.1	128.6	71.7	1.8	395	"
		A ₂	114.8	2.69	65.0	42.0	30.5	27.5	75.8	63.2	1.8	175	
91	B ₀ (崩積土)	A ₁	44.5	2.49	51.2	17.0	47.0	36.0	217.0	75.8	1.85	705	9.4
		A ₂ B	63.5 80.1	2.55 2.76	21.6 20.5	24.5 29.0	52.8 47.0	22.7 24.0	105.9 73.4	81.8 78.2	1.85 2.0	182 12.5	
92	B ₁	A ₁	27.0	2.40	4.4	11.2	55.7	33.1	216.5	71.5	2.0	400	"
		A ₂ A-B	45.5 52.2	2.55 2.58	4.3 5.6	17.8 20.1	58.0 53.8	24.2 26.1	133.1 109.0	76.1 73.4	2.1 2.1	30 25	
93	B ₀	A ₁	39.1	2.52	4.3	15.5	41.0	43.5	109.7	63.1	2.1	240	9.5
		A ₂ B	48.2 44.0	2.61 2.58	3.3 5.2	18.4 17.0	47.0 48.8	34.6 34.2	100.9 116.8	66.9 66.3	2.0 2.0	115 56	
94	B ₀	A	82.1	2.57	20.8	32.6	52.2	15.2	81.2	88.3	4.7	87	"
		A-B	105.2	2.66	42.4	39.5	41.0	19.5	67.2	80.7	2.3 2.3	87 54	

断面 番号	土 壤 型	層 位	容 積 重 (自然状態)	細 土 の 真 比 重	礫 の 重 量 (円筒内%)	容 積 組 成 (採取時%)			採 取 時 水 分 量 (水湿状態)		最小容気量 %	透 水 速 度 cc/min	採 取 年 月 日
						固 体	水	空 気	乾燥土重に 対する%	飽水量に 対する%			
95	B ₀	A	96.1	2.68	31.8	35.7	38.0	26.3	58.0	67.6	8.1	120	1956 9. 6
		A-B B	111.2 122.4	2.72 2.76	26.2 22.5	40.8 44.4	37.2 39.2	22.0 16.4	45.3 41.4	73.8 78.5	8.8 5.6	78 22	
96	B ₀	A ₁	51.6	2.52	9.7	20.4	47.2	32.4	101.6	79.1	19.9	82	9. 7
		A ₂ B	60.8 62.7	2.61 2.75	11.7 11.6	23.6 23.4	46.2 47.0	30.2 29.6	86.5 84.9	72.6 68.6	15.2 8.1	200 150	
97	B ₀ (d)	A ₁	48.2	2.45	1.9	20.3	47.2	32.5	100.7	80.0	20.7	39	"
		A ₂ B ₁	48.9 50.5	2.47 2.67	2.2 8.5	20.4 24.4	47.0 45.8	32.6 29.8	99.1 99.3	76.7 61.8	18.4 1.6	118 40	
98	B ₀	A	78.3	2.65	24.6	29.5	39.8	30.7	67.5	72.3	15.5	190	9. 8
		A-B B	116.1 116.2	2.77 2.79	36.1 38.8	42.1 42.1	35.5 32.5	22.4 25.4	47.9 45.6	74.3 66.0	10.2 8.6	230 145	
99	B ₀	A ₁	107.5	2.68	43.5	40.0	38.8	21.2	63.8	73.8	7.4	170	"
		A ₂	102.5	2.66	31.1	38.2	44.5	17.3	63.1	83.2	8.3	85	
100	B ₀	A ₁	85.5	2.61	28.0	33.4	37.5	29.1	61.5	70.8	13.6	160	9. 9
		A ₂	92.0	2.64	24.2	35.8	41.2	23.0	59.8	74.7	9.0	250	
101	B ₀	A	44.5	2.39	1.8	18.8	55.8	25.4	128.2	82.9	13.9	320	"
		A-B B	49.2 54.1	2.66 2.63	5.3 5.4	18.8 19.8	45.2 48.0	36.0 36.1	97.5 118.5	61.4 63.4	7.5 8.3	59 52	
102	B ₀ (d)	A	90.4	2.65	16.7	34.0	40.7	25.3	54.2	76.2	12.5	62	9.10
		B	102.3	2.71	25.9	37.8	40.2	22.0	53.2	71.2	9.8	24	
103	B ₀ (d) (残積土)	A	68.2	2.59	14.1	26.7	42.5	30.8	73.0	74.6	16.3	50	"
		B	98.1	2.71	23.5	36.5	53.5	10.0	71.6	83.9	-0.5	15	
天 城 山 国 有 林 Amagisan National Forest													
104	B ₀ (w)	A ₁	50.2	2.42	24.0	21.2	55.0	23.8	145.7	81.5	11.3	540	1957 3. 6
		A ₂ B	70.3 69.5	2.50 2.56	27.7 19.7	27.9 27.5	57.7 63.2	14.4 9.3	113.8 113.5	85.9 92.0	4.9 3.4	200 4	
105	B ₀	A ₁	51.6	2.34	25.6	22.1	61.7	16.2	162.5	82.3	4.4	210	"
		A ₂ B	54.3 64.1	2.46 2.51	7.9 17.2	22.1 25.9	61.0 58.8	16.9 15.3	122.0 119.0	83.6 82.5	4.3 3.8	110 19	
106	B ₀	A ₁	41.0	2.22	16.8	18.8	53.2	28.0	158.9	75.3	10.5	460	3. 7
		A ₂ B-C	52.5 55.0	2.26 2.45	17.7 31.5	23.3 23.4	60.0 59.0	16.7 17.6	140.0 156.3	83.0 84.6	0.6 6.8	50 9	
107	B ₀ ~B ₀ (d)	A ₁	47.0	2.12	8.7	21.1	39.8	39.1	97.6	72.3	23.9	85	"
		A ₂ B	53.4 55.8	2.22 2.36	8.1 15.1	28.2 23.9	49.8 60.0	22.0 16.1	106.4 127.0	76.5 84.0	6.8 5.6	33 38	
		Vs	67.0	2.52	39.3	28.1	36.8	35.1	87.7	65.9	16.6	19	

断面 番号	土 壤 型	層 位	容 積 重 (自然状態)	細 土 の 真 比 重	容 積 組 成 (採取時%)	採取時水分量 (水湿状態)			最小容気量 %	透水速度 cm/min	採 取 年月日
						乾燥土重に 対する%	飽水量に 対する%	pF			
108	B _g (崩壊土)	A ₁ A ₂ B	72.2 79.9 120.5	2.46 2.53 2.67	28.8 31.3 46.0	49.2 48.8 35.8	22.0 19.9 18.2	113.1 104.3 69.1	78.6 73.9 69.8	1.7 1.75 1.8	1957 3. 8
109	B _g (d) (定積土)	A ₂ B V _s	43.9 53.1 83.8	2.22 2.34 2.39	21.1 23.0 34.8	55.8 63.5 42.2	23.1 13.5 23.0	137.7 134.4 93.9	79.6 85.2 78.6	1.85 1.75 1.7	3. 9
110	B _g (定積土)	A ₁ A ₂ A-B	36.2 36.5 51.8	2.17 2.20 2.35	17.1 17.1 22.2	57.5 59.2 68.5	25.4 23.7 9.3	168.4 173.0 143.5	81.8 82.0 92.9	1.80 1.90 1.80	"
111	B _l	A ₁ A ₂ B	26.8 48.5 51.5	2.07 2.24 2.44	13.4 18.3 21.3	51.7 61.8 64.0	34.9 19.9 14.7	226.3 207.6 194.7	70.5 83.8 87.0	1.95 1.9 1.85	3.10
112	B _g -E (崩壊土)	A ₁ A ₂ B	44.6 72.2 85.6	2.38 2.50 2.55	19.2 28.9 34.2	36.8 48.0 55.0	44.0 23.1 10.8	109.7 85.8 82.8	61.8 75.1 85.6	2.2 2.0 2.0	3.12
113	B _g	A B	72.8 78.5	2.54 2.57	29.8 31.5	48.5 42.0	21.7 26.5	69.8 68.2	73.8 68.3	2.2 2.3	"
114	B _g (崩壊土)	A ₁ A ₂	65.9 78.2	2.43 2.48	26.8 31.2	34.8 38.0	38.4 30.8	103.7 91.6	66.8 66.6	2.0 2.1	3.13
115	B _g	A ₂ B	87.6 93.1	2.59 2.63	34.1 35.9	51.0 41.0	14.9 23.1	74.2 78.4	83.3 68.8	2.3 2.25	"
116	B _g (崩壊土)	A ₁ A ₂ B	42.7 63.4 63.4	2.48 2.48 2.58	18.0 25.2 24.5	41.8 46.0 45.8	40.2 28.8 29.7	105.0 118.6 96.8	67.3 72.0 69.6	2.0 2.0 2.0	3.14
広島 国 有 林 Hiroshima National Forest											
117	B _g	A B C	91.8 139.1 147.8	2.59 2.64 2.64	42.0 53.1 56.0	7.0 17.2 16.0	51.0 29.7 28.0	10.8 17.9 13.9	(13.2) 49.3 54.0	3.6 2.6 2.4	1955 11. 6

採集土壌の諸性質一覽表 (II)

断面番号	土 壤 型	層 位	pF O (最大含水量)	pF 関 係			(容積%) *			非毛管水量 %	非毛管孔隙量 %	水分当量 %
				1	1.5	2.0	1.7	2.0	2.5			
段 戸 国 有 林 Dando National Forest												
1	Ba	A	55.4	50.8	44.0	41.4	35.4	33.9	14.0	33.2	16.9	
		B	62.0	56.9	48.8	41.4	39.3	35.9	18.6	29.4	16.8	
2	Bb	A	61.4	56.2	50.8	46.9	42.6	40.3	13.5	30.3	32.6	
		B	65.6	—	—	—	—	51.2	—	—	24.7	
3	Bc	A	70.6	68.5	63.6	61.8	59.5	57.4	8.8	6.4	16.9	
		A-B	58.5	57.7	54.0	52.0	50.2	48.4	6.5	10.5	16.8	
4	(定積土)	A	70.0	69.1	65.0	62.1	58.4	54.5	7.9	11.1	32.7	
		B	65.2	63.9	60.5	58.5	55.4	52.2	6.7	8.9	30.1	
5	Be	A	61.3	58.5	53.7	51.3	48.7	46.8	10.0	19.1	21.8	
		B	60.5	58.2	55.1	53.3	51.3	50.3	7.2	12.7	21.2	
6	(定積土)	A	65.2	62.2	—	54.4	50.7	46.7	10.8	18.2	36.2	
		B	67.5	66.3	—	58.9	52.8	48.3	7.3	13.8	29.4	
7	(定積土)	A	60.8	59.0	—	52.4	49.0	45.0	8.2	21.0	27.0	
		B	66.0	65.2	61.8	58.0	54.2	49.4	7.2	10.8	25.3	
8	(崩積土)	A	63.0	54.4	47.2	44.2	41.5	37.5	18.8	38.6	39.5	
		B	57.8	52.6	44.0	39.0	36.0	32.3	18.0	28.9	30.0	
9	Bd	A	75.2	68.2	60.0	55.2	50.4	40.4	20.0	27.1	41.5	
		B	71.0	70.2	67.8	65.5	62.0	56.8	5.5	8.9	31.3	
10	Bf	A	70.0	68.5	64.5	61.2	55.5	51.0	8.8	17.6	34.1	
		B ₁	66.5	66.5	—	63.3	60.7	55.7	3.2	2.9	—	
11	Bf	A ₁	64.8	61.3	53.4	47.8	41.3	37.3	17.0	22.1	34.6	
		A ₂	74.2	73.2	71.8	69.4	64.7	59.0	4.8	5.6	27.6	
12	Bf	A ₁	68.0	64.8	—	51.8	45.2	39.0	16.2	28.0	32.3	
		A-B	69.3	68.3	65.9	63.2	58.6	55.1	6.1	7.3	31.3	
13	(崩積土)	A	59.8	54.6	47.0	42.3	37.6	34.6	17.5	33.1	32.4	
		A-B	63.5	58.3	52.0	47.0	42.3	36.5	16.5	17.7	25.3	
14	Bc	A	57.8	53.1	50.8	47.0	44.0	40.6	10.8	18.0	16.9	
		A-B	58.4	55.3	52.3	48.0	44.6	41.4	10.4	17.2	16.8	
15	Bd	A ₁	51.7	48.2	43.3	39.7	36.7	33.9	12.0	35.3	28.2	
		A ₂	59.4	57.9	55.0	52.6	50.4	46.4	6.8	11.8	26.2	
		B	59.2	58.0	54.3	49.2	44.6	39.2	10.0	11.4	20.9	

*1 Plot No., *2 Type of soil, *3 Horizon, *4 pF-moisture relation (vol. %), *5 Non-capillary water at saturation (vol. %), *6 Non-capillary pore space (vol. %), *7 Moisture equivalent.

断面番号	土 壤 型	層 位	pF 関 係 (容積%)					非毛管水量 %	非毛管孔隙量 %	水分当量 %	
			pF O (最大含水量)	1	1.5	1.7	2.0				2.5
16	B _D	A ₁	59.6	56.5	52.0	48.6	45.0	41.4	11.0	31.9	35.8
		A ₂	62.7	59.9	56.7	53.2	50.7	46.9	9.5	19.3	28.2
		B	61.0	59.5	58.0	50.5	44.2	39.0	10.5	17.5	20.7
17	B _D (定積土)	A ₁	67.6	64.4	60.5	56.8	53.7	49.1	10.8	23.9	45.4
		A ₂	70.6	67.9	64.1	61.1	57.5	51.6	9.5	15.6	40.1
		A-B	66.4	66.0	65.6	65.3	63.9	59.6	1.1	2.0	38.0
18	B _D (定積土)	A	62.3	60.1	58.3	55.5	50.3	46.8	6.8	11.8	33.7
		A-B	60.1	58.0	56.3	53.1	46.3	40.1	7.0	14.1	23.7
		B	62.5	61.3	59.5	56.9	53.0	48.0	5.6	5.4	19.8
19	B _D (d) (定積土)	A	68.7	65.3	59.8	53.9	47.4	41.5	14.8	23.0	—
		B	62.6	60.6	59.6	58.6	56.4	51.4	4.0	8.3	—
		C	63.7	62.7	61.6	60.2	54.7	51.5	3.5	5.1	—
20	B _D	A	59.6	54.6	46.8	41.8	37.5	33.6	17.8	29.8	30.4
		A-B	66.6	64.8	57.6	53.1	48.1	43.6	13.5	19.2	27.0
		B	63.2	63.2	61.7	60.4	56.0	50.0	2.8	7.9	25.0
21	B _D (定積土)	A	67.8	66.7	64.7	62.7	59.0	47.8	5.1	11.4	34.2
		A-B	65.4	64.6	63.0	62.2	59.8	55.4	3.2	5.5	—
		B	64.2	63.4	61.8	60.2	58.0	51.4	4.1	8.9	—
22	B _D (w)	A ₁	64.0	59.2	51.8	46.2	40.5	36.4	17.8	21.4	28.3
		A ₂	60.3	58.0	50.5	46.3	41.3	35.3	14.0	21.4	28.6
		A'	63.7	62.3	60.2	57.5	53.7	48.2	6.2	13.8	27.8
23	B _D	B'	58.7	58.4	56.7	55.7	53.2	48.9	3.0	8.3	24.4
		A ₁	67.3	64.3	61.9	57.1	50.5	43.8	10.2	16.2	44.0
		A ₂	67.0	66.6	63.6	62.2	58.4	52.2	4.8	5.0	36.0
24	B _E	B	61.1	60.1	57.9	54.2	47.0	41.2	6.9	14.3	20.3
		A ₁	52.0	47.6	45.5	40.5	36.4	33.8	11.5	30.6	29.0
		A ₂	56.5	53.0	51.3	47.9	45.0	42.5	7.6	11.8	26.1
25	B _E	B	43.8	48.2	36.2	30.9	26.2	23.3	12.9	15.0	16.9
		A ₁	63.7	58.7	51.9	49.2	46.2	42.1	14.5	25.1	29.7
		A ₂	61.0	59.1	55.8	54.4	51.6	48.0	6.6	12.5	29.6
26	B _E	B	58.5	56.5	53.5	52.0	49.4	45.5	6.5	8.9	25.0
		A'	60.8	59.4	57.1	53.3	50.7	48.0	7.5	11.1	—
26	B _I (定)	A	76.0	74.5	72.0	69.5	66.2	63.5	6.5	11.3	—
27	B _I (定)	A	76.7	75.1	73.7	72.3	69.9	68.4	4.4	6.1	—
28	B _I (定)	A	73.9	72.0	70.7	71.4	67.0	65.1	4.5	8.0	35.9
		A-B	71.9	70.7	69.9	69.0	67.1	64.5	2.9	6.0	31.2

那 須 お よ び 黒 羽 国 有 林 Nasu National Forest

断面番号	土 壤 型	層 位	pF 関 係 (容積%)					非毛管水量 %	非毛管孔隙量 %	水分当量 %	
			pF O (最大含水量)	1	1.5	1.7	2.0				2.5
29	B ₀ (定)	A	71.8	70.0	65.0	62.4	59.0	55.2	9.4	12.6	35.2
30	B ₀ (d)~(B ₀)	A	64.9	62.6	55.0	50.4	47.1	42.1	14.5	20.7	27.8
		B	71.9	69.5	59.7	53.4	47.5	42.1	18.5	26.2	22.8
31	B ₀	A ₁	75.9	74.6	71.4	69.1	66.3	62.8	6.8	5.3	46.7
		A ₂	73.8	73.8	70.8	68.2	66.9	62.9	6.8	8.9	37.1
32	苗 畑 (B ₀)	A	67.7	65.9	61.1	57.9	54.1	49.2	9.8	15.8	61.5
		A	64.7	60.9	54.7	47.6	45.7	41.6	17.1	29.9	61.5
33	B ₀ (d)~(B ₀)	A	65.0	63.0	66.2	50.1	43.0	38.8	14.9	21.1	32.3
東京 都 水 道 水 源 林 (多摩川上流) Tokyo City Forest											
34	B ₀ (d)	A	71.8	67.8	60.4	54.6	48.7	45.8	17.2	27.9	—
		A-B B	79.5 77.8	75.7 75.0	68.3 70.9	63.5 69.0	57.7 66.3	54.3 64.0	16.0 8.8	21.5 15.4	—
35	B ₀	A	77.0	73.8	63.8	55.2	49.6	45.2	21.8	29.5	—
		B ₁ B ₂	78.2 72.2	74.3 70.4	64.3 67.5	58.3 66.0	51.7 63.0	48.4 59.9	19.9 6.2	25.4 11.8	—
36	B ₀ (d)	A ₁	72.8	67.8	56.9	50.5	39.8	35.8	22.3	34.5	—
		A ₂ B	71.0 69.8	66.0 67.8	57.2 63.0	53.2 60.1	47.0 56.3	39.5 51.8	17.8 9.7	29.6 17.5	—
37	B ₀	A	74.0	69.0	57.8	51.8	41.5	36.5	22.2	26.2	—
38	崩 壊 地	C ₁	42.2	39.7	32.7	29.7	18.4	13.2	12.5	—	—
		C ₂	55.2	51.7	43.6	37.7	30.0	27.7	17.5	9.7	—
39	B ₀	A	72.8	67.0	55.6	52.3	42.3	37.8	20.5	30.2	—
40	B ₀	A	79.2	71.0	56.2	49.2	46.0	42.5	30.0	33.8	—
		A-B B	79.0 77.0	75.2 73.0	66.2 64.0	61.0 57.2	56.2 51.0	51.8 46.0	18.0 19.8	19.2 26.7	—
41	B ₀ (d)	A	64.8	58.8	48.8	45.0	41.6	37.6	19.8	36.3	—
42	B ₀	A	62.5	56.7	45.3	41.3	36.7	32.5	21.2	41.4	—
		B	63.0	54.0	50.5	47.2	44.2	39.5	14.8	27.0	—
43	B ₀	A	64.3	56.0	51.6	47.3	43.8	39.0	17.5	28.3	—
		B ₁ B ₂	62.2 56.2	52.7 50.2	46.0 47.4	41.6 45.0	38.0 42.0	33.7 37.2	20.6 11.2	30.6 14.5	—

東京都水道水源林(多摩川上流) Tokyo City Forest

断面番号	土 壤 型	層 位	pF 関 係 (容積%)					非毛管水量 %	非毛管孔隙量 %	水分当量 %
			pF O (最大含水量)	1	1.5	1.7	2.0	2.5		
44	B ₀	A	57.2	52.7	44.1	41.0	37.2	33.5	16.2	35.7
		B ₁	62.6	62.6	56.0	53.0	50.8	47.8	22.2	—
		B ₂	67.5	64.3	58.7	57.0	50.5	46.0	10.5	17.6
45	B ₀	A	55.5	52.1	46.0	42.3	38.8	35.5	13.2	—
		B	58.5	56.0	52.0	48.7	46.3	44.5	27.0	—
		B ₁	71.2	66.7	56.4	50.0	46.0	41.0	21.2	—
46	B ₀	A	70.8	68.3	63.8	60.3	56.8	50.6	10.5	—
		B ₁	75.0	73.5	69.5	66.0	61.5	57.3	9.0	—
		B ₂	63.8	58.6	50.0	44.6	38.3	35.0	19.2	—
47	B ₀	A	67.5	63.5	56.5	52.5	46.5	42.5	15.0	—
		B	71.2	68.4	59.2	55.2	48.0	45.0	30.0	—
		B ₁	74.5	74.5	73.8	72.2	69.0	65.5	8.2	—

大 子 国 有 林 Daigo National Forest

48	B ₁	A ₁	71.2	68.4	59.2	55.2	48.0	45.0	16.0	30.0	71.7
		A ₂	76.0	74.5	73.8	72.2	69.0	65.5	3.8	8.2	57.4
49	B ₁	A ₁	64.8	59.6	50.0	46.0	42.8	39.8	18.8	40.0	70.9
		A ₂	75.4	72.4	72.4	71.2	68.2	64.2	5.0	10.4	59.4
		B ₁	78.0	77.8	75.2	74.2	71.4	67.2	3.8	8.6	45.0
50	B ₁	A ₁	68.0	65.0	56.2	49.2	43.2	38.0	18.8	32.6	—
		A ₂	67.0	63.5	58.2	54.5	50.5	46.8	12.5	16.7	45.8
		B ₁	67.5	65.3	60.5	58.5	54.3	49.7	9.0	16.7	30.3
51	B ₁	A	60.0	55.0	46.2	40.5	35.2	32.0	19.5	43.9	54.5
		B	69.2	67.8	64.4	62.2	58.0	50.0	7.0	12.3	53.5
		A-B									

新 館 お よ び 中 村 国 有 林 Niidate and Nakamura National Forest

52	B ₀	A (M)	(12.4)60.4	54.9	43.4	32.4	25.4	20.4	28.0	40.3	24.7
		B	(19.2)50.0	45.2	36.0	27.0	—	17.0	23.0	38.8	16.6
53	E _c	A	(51.3)58.8	58.3	56.0	54.0	50.3	44.8	4.8	17.0	44.9
		B ₁	68.0	66.5	62.0	57.0	50.0	42.4	11.0	17.6	41.0
		A	(57.2)62.2	(52.7)57.4	(48.4)50.7	(45.2)47.0	(42.8)43.2	(39.0)38.8	(12.0)15.2	(27.0)25.3	36.7
54	B ₀	B	59.4	58.4	55.6	53.2	50.4	45.9	6.2	8.2	31.7
		A	57.0	48.8	41.2	36.5	34.2	31.0	20.5	43.5	51.4
		B	51.8	47.3	45.3	40.0	38.6	35.3	11.8	29.8	35.3
55	B ₀	A	51.0	48.5	44.0	41.5	38.0	36.3	9.5	26.9	33.6
		B	76.0	73.5	69.2	67.0	64.5	61.0	9.0	0.5	30.3
		A ₁	55.8	48.8	37.3	33.0	31.0	27.8	22.8	44.6	29.0
56	B ₀	A ₂	52.4	48.2	40.9	36.6	34.2	31.2	15.8	29.5	22.1
		B	50.6	47.1	40.6	37.4	33.8	30.8	13.2	25.4	22.7
		A	61.5	55.3	43.5	39.5	36.5	32.7	22.0	44.9	55.0
57	B ₀	A	59.8	54.3	48.0	44.8	43.6	42.6	15.0	27.2	38.8
		B									
		A-B									

断面番号	土 壤 型	層 位	pF 関 係 (容積%)					非毛管水量 %	非毛管孔隙量 %	水分当量 %
			pF O (最大含水量)	1	1.5	1.7	2.0	2.5		
59	B ₁ (d)	A ₁	59.6	57.4	55.8	50.1	47.1	43.1	9.5	58.5
		A ₂	67.6	64.8	59.6	54.8	49.4	45.1	12.8	54.0
		B ₁	70.7	70.7	67.0	61.0	53.7	46.7	9.7	49.9
60	B ₁ (d)	A	(71.0)61.3	(66.5)57.3	(57.0)54.3	(51.0)50.8	(44.5)46.5	(40.8)40.8	20.0	31.7
		B ₁	67.0	64.2	59.0	54.5	47.2	40.5	12.5	25.6
		B ₂	62.6	58.6	49.6	43.8	38.1	32.4	18.8	40.6
61	B ₁	A	69.5	68.5	67.5	65.3	61.6	57.0	4.2	45.3
		A-B	74.3	73.1	69.8	65.5	62.1	52.8	8.8	37.7
		B	60.0	57.8	53.5	50.0	45.5	39.8	10.0	28.3
62	B ₁ (w)	A ₁	66.8	62.8	57.6	54.6	51.0	47.8	12.2	48.5
		A ₂	70.7	67.7	62.7	57.2	47.0	40.2	13.5	36.2
		B	71.1	70.6	65.3	70.0	52.6	44.5	11.0	32.2
63	B ₁ (w)	A ₁	67.4	60.4	53.6	46.2	42.6	37.9	21.2	45.8
		A ₂	66.7	63.2	58.2	53.7	49.9	44.7	13.0	38.8
		B	59.5	57.7	55.0	51.5	47.0	41.3	8.0	28.4
66	B ₁	A ₁	73.0	72.5	70.5	67.2	61.8	58.8	6.8	43.1
		A ₂	74.0	73.5	71.2	68.0	63.0	58.5	6.0	45.1
		A-B	73.0	72.2	69.5	68.2	60.8	55.0	7.8	38.1
67	B ₁ (w)	A	77.8	76.3	74.0	72.0	68.6	64.0	5.8	47.3
		A-B	75.8	75.7	73.3	71.2	67.3	61.1	4.6	42.4
		B								

瀬 尻 国 有 林 Sejiri National Forest

68	B ₀	A	73.2	67.4	56.7	46.0	38.4	35.2	27.2	28.9	42.1
		B	64.2	60.4	54.7	49.7	44.7	40.2	14.5	24.1	40.0
69	B ₀	A	70.2	62.2	50.7	41.2	35.2	32.7	29.0	35.1	52.0
		B ₁	65.7	62.7	59.7	56.5	51.9	48.7	9.2	12.1	41.0
		B ₂	61.2	58.2	54.2	50.7	46.2	43.2	10.5	18.3	37.2
70	B ₀ (a)	A ₁	(64.0)55.3	(59.0)52.1	(49.0)49.3	(43.4)42.8	(39.0)39.8	(36.0)36.8	(20.6)12.5	(35.0)35.6	42.4
		A ₂	56.2	54.2	51.7	49.0	45.2	41.4	7.2	10.3	33.3
		B	49.2	45.2	39.2	36.4	34.0	31.7	12.8	30.7	35.8
71	B ₀	A	54.2	50.2	44.7	41.7	40.0	36.4	12.5	18.9	32.2
		B ₁	52.8	49.0	44.6	42.0	39.0	35.3	10.8	20.5	32.6
		B ₂	59.0	54.8	48.2	45.8	43.2	41.0	13.2	23.6	30.7
72	B ₀	A ₁	43.2	40.0	33.0	30.0	27.7	25.0	13.2	28.8	27.7
		A ₂	55.2	51.4	44.7	41.4	38.7	35.7	13.8	27.7	28.4
		B	54.5	51.5	45.5	43.0	41.0	37.7	11.5	21.9	30.5

断面番号	土 壤 型	層 位	pF		pF (容積%)					非毛管水量 %	非毛管孔隙量 %	水分当量 %
			pF O (最大含水量)	1	Sawatari National Forest							
					1.5	1.7	2.0	2.5				
沢 渡 国 有 林												
74	Bl(d)	A ₁	65.2	61.2	52.0	46.0	39.0	35.0	19.2	41.0	63.4	
		A ₂	67.2	64.7	57.4	50.7	44.7	40.4	16.5	31.0	54.8	
		B	65.2	63.0	57.7	52.0	45.2	41.7	13.2	24.4	42.8	
75	Bl(w)	A	76.5	74.5	69.5	65.3	60.0	54.3	11.2	14.2	51.8	
		A-B	83.0	82.5	81.2	79.5	76.0	70.8	3.5	2.4	43.3	
		A'	79.8	79.3	77.6	75.8	73.6	69.8	4.0	7.3	39.8	
76	Bl(d)	A	69.8	65.8	59.6	53.8	44.6	38.3	16.0	30.0	54.6	
		B ₁	72.0	68.0	60.4	55.5	50.2	44.2	16.5	27.9	54.9	
		B ₂	74.2	71.2	64.2	58.2	51.4	45.2	16.0	26.2	56.5	
77	Bl (crumb)	A ₁	70.8	67.6	59.8	53.3	44.6	37.9	17.5	40.1	46.9	
		A ₂	72.2	70.4	66.4	63.0	58.0	51.4	9.2	14.4	44.7	
		B(C)	72.0	69.5	61.0	55.0	47.2	43.9	17.0	23.2	26.9	
大 代 国 有 林												
Ojiro National Forest												
78	BA	A ₂	54.2	49.7	40.4	36.2	33.4	31.7	18.0	34.3	45.7	
		B	56.8	53.3	47.0	43.6	40.0	36.3	13.2	16.9	43.2	
		A ₂	57.8	54.3	48.6	46.0	42.6	37.0	11.8	15.5	36.9	
79	Bc	B	46.0	45.2	43.2	42.2	41.0	39.5	3.8	8.5	34.1	
		A ₁	60.5	58.3	52.5	49.0	43.7	41.3	11.5	27.4	48.3	
		A ₂	64.8	62.3	59.3	57.0	53.0	49.0	7.8	15.1	43.8	
80	Bb(d)	B	52.8	52.8	51.6	50.8	49.0	46.8	2.0	3.2	35.5	
		A	51.8	48.0	43.6	41.3	39.6	37.8	10.5	22.5	34.5	
		A-B	55.0	52.0	49.0	47.5	44.8	39.5	7.5	11.5	36.0	
81	Bb	B	57.2	54.4	51.7	47.4	47.2	43.4	7.8	8.3	37.9	
		A ₁	69.0	63.8	55.5	48.0	44.0	40.8	21.0	36.9	53.8	
		A ₂	65.0	62.5	60.0	57.2	54.5	50.2	7.8	16.0	43.0	
82	Bb	B	59.8	59.3	58.8	58.3	56.0	53.0	1.5	4.5	38.7	
		A ₁	67.8	66.2	63.9	60.8	55.1	48.3	6.5	15.5	43.0	
		A ₂	66.0	65.0	64.5	63.0	60.5	56.5	3.0	6.6	40.2	
83	Bb	B	66.0	66.0	65.8	64.5	63.5	59.2	1.5	2.0	38.5	
		A ₁	63.0	58.2	48.8	45.2	40.8	36.5	17.8	27.8	44.5	
		A ₂	60.0	56.2	51.5	48.8	45.0	40.0	11.2	19.7	36.8	
84	Bb	A-B	54.2	52.7	49.7	47.7	45.0	42.4	6.5	12.4	36.1	
		B	59.8	58.0	56.0	54.0	48.3	45.8	5.8	3.0	—	
		A ₁	50.5	44.3	39.3	36.0	34.5	31.8	14.5	37.6	44.0	
85	Be	A ₂	61.0	56.5	47.0	42.8	41.0	38.8	18.2	24.9	34.0	
		B	56.5	55.3	51.0	48.5	45.0	42.7	8.0	13.3	31.5	

断面番号	土 壤 型	層 位	pF					容 積 (%)					非毛管水量		非毛管孔隙量		水分当量 %	
			pF O (最大含水量)		1			1.5		1.7		2.0		2.5		%		%
			高 尾 山 国 有 林 Takaosan National Forest															
86	Be	A ₁	32.8	27.0	22.8	21.3	20.3	19.3	11.6	33.4	36.4							
		A ₂	42.0	35.8	28.0	26.5	25.5	23.2	15.5	27.6	25.9							
		B	42.8	36.8	29.8	28.6	27.6	25.6	14.2	23.6	23.7							
88	B ₀ (d)	A ₁	57.5	54.5	50.3	48.0	47.5	45.3	9.5	14.5	35.2							
		A ₂	57.5	53.0	45.5	43.7	42.3	40.0	13.8	19.1	35.0							
		B	62.8	61.0	56.4	52.2	47.9	44.0	10.6	14.7	37.1							
89	B ₀	A	55.8	50.8	45.6	43.8	42.3	40.6	12.0	24.2	37.1							
		A-B	56.2	50.2	42.2	39.7	37.7	35.7	16.5	27.5	32.5							
		B	54.5	49.0	40.5	37.0	34.6	32.7	17.5	29.0	33.0							
90	Be	A ₁	56.5	50.3	43.0	40.7	38.9	36.7	13.5	32.6	40.5							
		A ₂	48.2	42.0	34.7	31.3	29.3	27.4	16.9	26.6	29.5							
91	Be	A ₁	62.0	57.0	50.8	48.0	45.9	43.0	14.0	35.0	61.5							
		A ₂	64.5	60.3	54.6	53.6	51.6	48.7	10.9	21.8	51.6							
		B	59.8	58.3	55.0	51.6	46.8	42.6	8.2	19.2	46.1							
92	B ₁	A ₁	78.0	71.8	64.0	58.2	55.8	52.8	19.8	30.7	58.6							
		A ₂	76.2	73.4	70.0	65.0	59.4	54.2	11.2	17.2	55.4							
		A-B	73.2	72.1	68.3	65.6	54.6	49.0	7.6	14.2	49.9							
93	B ₀	A ₁	65.0	59.8	52.2	45.5	41.8	38.8	19.5	39.0	60.0							
		A ₂	70.2	66.0	60.0	52.7	47.4	42.7	17.5	28.9	53.1							
		B ₁	73.5	71.4	66.0	59.0	48.7	44.5	14.5	23.9	60.2							
94	B ₀	A	62.8	60.4	56.8	55.3	53.4	51.3	7.5	12.2	36.9							
		A-B	50.8	49.4	46.6	44.3	42.9	41.6	6.5	16.2	32.3							
95	B ₀	A	56.2	52.2	44.7	42.2	39.2	37.0	14.0	22.1	33.0							
		A-B	50.5	47.3	42.0	40.0	38.5	37.0	10.5	19.3	32.0							
		B	50.0	46.8	43.2	42.0	40.6	38.8	8.0	13.6	31.9							
96	B ₀	A ₁	59.8	55.8	51.2	49.3	47.0	45.3	10.5	30.4	58.4							
		A ₂	61.2	56.7	51.4	49.7	48.2	46.2	11.5	26.7	52.5							
		B	68.5	64.0	56.6	49.9	45.7	42.5	18.6	24.7	48.8							
97	B ₀ (d) (定積土)	A ₁	59.0	57.1	54.4	52.5	49.8	47.0	6.5	27.2	64.1							
		A ₂	61.2	58.2	54.4	52.0	49.7	47.0	9.2	27.6	63.4							
		B ₁	74.0	72.8	71.0	60.8	48.5	44.2	13.2	14.8	59.7							
98	B ₀	A	55.0	51.5	44.2	42.0	40.2	38.8	13.0	28.5	40.4							
		A-B	47.8	45.3	38.3	37.6	36.3	35.0	10.2	20.4	34.1							
		B	49.2	44.7	36.7	34.2	32.0	30.2	15.0	23.6	28.9							

断面番号	土 壤 型	層 位	pF 関 係					(容積%)					非毛管水量 %	非毛管孔隙量 %	水分当量 %
			pF O (最大容水量)					1 1.5 1.7 2.0 2.5							
99	B _g	A ₁ A ₂	52.5 53.5	48.7 50.5	42.4 46.0	40.0 44.7	37.9 43.0	36.0 41.7	12.5 8.8	19.9 17.1	31.9 35.0				
100	B _D	A ₁ A ₂	53.0 55.2	48.5 52.0	42.0 45.8	39.8 43.4	38.0 41.2	36.2 39.2	13.2 11.8	27.1 20.8	54.0 30.9				
101	B _D	A A-B B	67.2 73.8 75.8	64.0 70.6 73.9	59.7 63.8 68.3	58.2 57.3 60.0	56.3 47.0 51.4	54.7 43.8 48.6	9.0 16.5 16.0	22.9 24.0 24.3	59.6 57.0 61.0				
102	B _D (d)	A B	53.5 56.5	51.1 54.0	47.0 49.3	45.3 46.5	43.3 43.1	41.3 41.0	8.2 10.0	20.7 15.8	37.2 33.5				
103	B _D (d) (残積土)	A B	57.0 63.8	54.5 63.0	49.8 59.0	47.8 56.3	45.9 53.6	44.0 50.6	9.2 7.5	25.5 7.0	42.4 44.6				
天 城 山 国 有 林 Amagisan National Forest															
104	B _D (w)	A ₁ A ₂ B	67.5 67.2 68.8	60.4 61.2 68.2	56.1 59.2 67.2	54.4 57.6 65.9	52.4 56.3 63.3	49.0 53.2 57.3	13.1 9.1 2.9	24.4 14.5 6.3	38.7 34.8 31.0				
105	B _D	A ₁ A ₂ B	73.5 71.8 69.6	68.0 66.8 68.1	63.5 63.8 66.1	60.0 62.0 62.6	57.0 60.0 58.6	52.5 56.8 54.6	13.5 9.8 7.0	17.9 14.1 10.8	42.8 31.7 32.3				
106	B _D	A ₁ A ₂ B-C	70.7 72.5 69.3	64.7 69.0 66.9	57.5 65.0 64.2	55.2 62.3 62.0	51.5 59.7 58.3	48.5 56.3 52.8	16.5 10.2 7.3	27.0 10.8 14.1	38.6 31.8 23.5				
107	B _A ~B _D (d)	A ₁ A ₂ B Vs	54.2 65.0 70.5 54.2	50.0 63.0 68.0 —	46.3 60.0 64.6 —	44.6 57.5 62.2 —	42.1 51.0 56.9 —	39.7 47.0 51.3 —	9.6 7.5 8.3 8.8	34.3 14.3 13.9 —	41.8 38.2 29.8 19.3				
108	B _g (崩積土)	A ₁ A ₂ B	63.0 66.0 51.2	57.5 60.2 46.7	52.5 53.5 40.0	48.5 49.5 37.0	46.2 46.5 33.6	43.8 44.2 31.0	14.5 16.5 14.2	23.0 19.2 16.9	31.6 29.1 22.2				
109	B _D (定積土)	A B Vs	70.0 74.5 53.8	66.5 72.6 49.8	63.0 68.0 45.0	57.5 65.0 43.8	53.8 60.4 39.0	50.0 56.0 35.0	12.5 9.5 10.0	21.4 12.0 21.5	33.0 24.8 16.0				
110	B _D (定積土)	A ₁ A ₂ A-B	70.0 72.2 73.8	65.0 68.0 72.0	60.0 63.7 70.6	58.0 62.0 69.0	55.8 58.2 66.8	52.8 54.2 63.3	12.0 10.0 4.8	24.6 20.9 8.9	34.2 33.6 22.1				
111	B _l	A ₁ A ₂ B	73.2 73.5 73.2	66.2 70.5 71.7	57.7 66.7 69.2	54.3 64.5 66.7	51.2 60.6 61.2	49.0 56.0 57.7	18.9 9.0 6.5	32.3 17.7 11.7	62.7 47.9 32.4				

断面番号	土 壤 型	層 位	pF 関 係 (容積%)					非毛管水量 %	非毛管孔隙量 %	水分当量 %
			pF O (最大容水量)							
			1	1.5	1.7	2.0	2.5			
112	B _{0-ε} (崩積土)	A ₁	52.0	42.5	39.5	37.5	35.7	20.0	41.2	40.2
		A ₂	59.0	54.0	51.5	48.5	44.5	11.5	18.6	23.5
		B	62.0	60.7	59.0	55.0	48.7	5.2	6.8	29.4
113	B _D	A	60.8	55.8	52.6	50.0	46.6	12.2	17.7	31.4
		B	58.0	53.0	50.7	44.3	40.3	10.8	17.0	30.1
114	B _E (崩積土)	A ₁	45.0	39.2	37.0	35.0	33.2	15.0	36.2	40.9
		A ₂	52.3	45.0	41.6	38.6	36.0	15.2	27.0	36.2
		B	57.2	54.4	53.7	52.2	50.0	7.5	12.2	33.6
115	B _D	A ₁	53.2	48.0	45.5	42.2	39.7	12.7	18.3	31.7
		A ₂	58.2	54.4	53.7	52.2	50.0	7.5	12.2	33.6
		B	61.1	57.2	54.4	52.2	50.0	7.5	12.2	33.6
116	B _D (崩積土)	A ₁	54.8	46.0	43.8	41.8	35.0	18.2	38.2	36.1
		A ₂	58.1	50.9	48.5	46.2	42.0	15.5	26.3	30.3
		B	61.8	57.3	55.6	46.0	42.0	10.2	19.9	31.7

採集土壌の諸性質一覽表 (III)

断面 番号	土壌型	層位	機 械 的 組 成 (%)				土 性	pH		置換酸度 Y ₁	置換性石灰 m.e./100g	炭 素 %	窒 素 %	C-N 比
			粘 土	微 砂	細 砂	粗 砂		H ₂ O	KCl					
段 戸 国 有 林 Dando National Forest														
1	Ba	A B	11.4	9.0	23.1	56.4	SL	4.3	3.9	22.3	0.54	5.9	0.24	24.7
			7.6	8.8	38.6	44.9	SL	4.8	4.4	8.8	0.14	3.2	0.13	24.8
2	Ba	H-A A B	28.1	25.0	39.1	7.8	IC	3.9	3.3	44.9	1.32	23.9	1.35	17.7
			26.4	21.3	44.0	8.3	IC	4.1	3.8	37.1	0.31	10.0	0.77	13.1
3	Bc	A A-B B	18.5	11.4	36.5	33.6	SCL	4.3	4.0	18.5	0.41	4.1	0.31	13.2
			19.9	12.1	31.1	36.9	SCL	4.4	4.1	15.0	0.32	3.7	0.29	12.9
4	Bd (定積土) (R)	A ₁ A ₂ B	19.2	10.5	31.8	38.5	SCL	4.5	4.2	13.9	0.14	2.1	0.19	11.3
			25.3	21.7	20.5	32.4	IC	4.4	4.0	31.5	0.36	7.9	0.49	16.1
5	Be	A ₁ A ₂ B	26.9	18.6	18.9	35.5	IC	4.7	4.2	26.1	0.18	6.1	0.41	14.8
			18.8	17.5	17.6	46.1	SCL	5.2	4.5	11.3	0.17	1.7	0.17	10.0
		A ₁ A ₂ B	16.3	11.1	56.4	16.3	SCL	4.9	4.3	6.9	4.88	9.2	0.67	13.7
			18.3	12.4	55.1	14.1	SCL	4.7	4.1	17.0	0.94	3.6	0.36	10.0
		B ₁ B ₂ B	19.7	14.0	48.4	17.9	SCL	4.7	4.2	15.6	0.32	2.3	0.26	8.7

*1 Plot No., *2 Type of soil, *3 Horizon, *4 Mechanical composition, *5 Clay, *6 Silt, *7 Fine sand, *8 Coarse sand, *9 Texture, *10 Exchangeable acidity, *11 Exchangeable calcium, (extract by N-KCl solution) *12 Carbon, *13 Nitrogen, *14 Ratio.

断面 番号	土壌型	層位	機械的組成 (%)					pH		置換酸度 y ₁	置換性石灰 m.e./100g	炭素 %	窒素 %	C-N 比
			粘土	微砂	細砂	粗砂	土性	H ₂ O	KCl					
6	Bo (定積土)	A	30.0	22.4	39.7	7.9	IC	4.7	4.2	25.6	0.61	7.9	0.49	16.0
		A-B	30.0	21.8	40.6	7.6	IC	4.9	4.3	18.9	0.24	6.2	0.41	15.0
7	Bo (定積土)	B	22.1	24.3	38.6	14.9	CL	5.0	4.6	8.1	0.16	2.7	0.23	12.0
		A	29.4	18.6	31.4	20.6	IC	4.7	4.2	20.2	0.84	6.4	0.39	16.0
		B ₁	28.9	22.1	31.8	17.2	IC	4.9	4.5	10.8	0.25	2.8	0.19	15.0
		B ₂	25.8	23.0	32.4	18.8	IC	5.1	4.4	10.9	0.32	1.7	0.13	13.4
8	Be (崩壊土)	A	22.2	17.8	28.4	31.6	SCL	5.5	5.1	1.3	10.23	6.9	0.46	15.0
		B	16.3	14.8	36.4	32.4	SCL	5.5	5.5	22.9	1.40	0.5	0.09	6.0
9	Bo	A	26.7	13.3	35.2	24.8	SC	5.0	4.5	13.5	0.70	9.1	0.60	15.0
		A-B	25.4	14.5	37.0	23.1	SC	5.0	4.5	13.5	0.37	6.6	0.39	17.0
10	Bf	B	25.5	7.9	32.9	23.7	SC	5.2	4.7	5.4	0.19	2.5	0.25	10.0
		A	32.4	26.1	20.3	21.2	IC	4.2	3.9	46.8	0.34	13.1	0.62	21.0
		B ₁	32.6	21.0	15.2	31.3	IC	4.9	4.4	13.7	0.09	3.2	0.20	16.0
		B ₂	30.2	23.1	17.8	28.9	IC	5.0	4.4	15.1	0.15	0.4	0.05	8.0
11	Bf	A ₁	27.0	17.5	16.4	39.1	IC	4.4	4.0	35.8	0.30	14.0	0.74	19.0
		A ₂	26.8	15.6	16.0	41.6	SC	4.8	4.3	20.6	0.31	8.7	0.46	12.0
		B	22.5	21.9	19.3	36.6	SCL	5.1	4.6	6.9	0.21	5.6	0.48	12.0
		A ₁	25.4	17.7	17.2	39.5	SC	4.6	4.1	26.0	0.10	7.6	0.46	16.5
12	Bf	A-B	26.3	17.2	16.5	38.0	SC	4.7	4.3	18.5	0.19	5.4	0.31	17.5
		B	15.4	12.5	16.1	56.0	SCL	4.8	4.5	12.5	0.10	2.9	0.17	17.2
		A	21.7	16.0	35.2	27.0	SCL	4.6	4.1	28.3	0.43	8.9	0.48	18.5
		A-B	23.0	15.0	37.2	24.7	SCL	5.0	4.4	17.5	0.25	4.8	0.27	18.0
13	(崩壊土)	A ₁	25.2	13.9	25.7	35.2	SC	4.4	3.7	30.4	0.52	10.1	0.56	18.0
		A ₂	28.9	2.6	27.0	41.5	SC	5.0	4.3	13.3	0.37	5.2	0.31	16.8
		B	27.5	13.1	27.8	31.6	SC	5.2	4.2	10.2	0.30	1.0	0.03	12.5
		C	16.5	7.0	33.6	42.9	SCL	5.3	4.2	8.4	0.17	0.24	0.02	12.0
16	Bo	A ₁	19.6	14.9	30.5	35.0	SCL	4.6	3.8	22.0	1.20	11.1	0.64	17.3
		A ₂	21.2	15.4	31.0	32.3	SCL	5.0	4.2	13.2	0.64	5.6	0.39	14.3
		B	21.3	17.5	24.7	36.5	SCL	5.3	4.5	4.0	0.54	1.58	0.13	12.1
		A ₁	33.5	20.7	27.6	18.1	IC	4.5	3.7	33.9	2.09	11.9	0.82	14.5
17	(定積土)	A ₂	29.9	19.4	30.3	20.4	IC	5.1	4.3	17.4	0.56	8.2	0.49	16.6
		A-B	31.8	19.4	27.6	21.2	IC	5.1	4.3	11.7	0.41	4.6	0.23	19.0
		A	28.9	18.6	31.7	21.0	IC	4.5	3.6	32.7	0.54	7.35	0.37	19.8
		A-B	27.3	21.2	31.6	20.0	IC	4.8	3.9	26.1	0.26	4.90	0.29	17.0
18	(定積土)	B	26.4	22.0	31.0	20.6	IC	5.1	4.3	20.1	0.33	1.74	0.13	15.6
		A	30.4	17.7	28.4	23.5	IC	4.5	3.7	34.8	0.56	9.03	0.42	21.6
		A-B	29.6	19.2	30.1	21.1	IC	4.8	4.1	36.0	0.44	4.97	0.26	17.0
		B ₁	24.9	17.4	32.2	25.5	SC	5.3	4.5	8.4	0.27	1.66	0.12	13.8
19	(定積土)	B ₂	26.2	18.2	32.4	23.2	SC	5.2	4.4	10.7	0.44	2.03	0.16	12.6

断面 番号	土壌型	層位	機械的組成 (%)					pH		置換酸度 y ₁	置換性石灰 m.e./100g	炭素 %	窒素 %	C-N 比
			粘土	微砂	細砂	粗砂	土性	H ₂ O	KCl					
20	Bo	A	30.0	22.4	39.7	7.9	IC	4.9	3.9	28.9	0.26	7.96	0.48	16.5
		A-B	30.0	21.8	40.6	7.6	IC	4.8	4.2	14.1	0.30	4.35	0.31	14.1
21	Bo (定積土)	B	22.1	24.3	38.6	14.9	CL	5.2	4.4	14.9	0.48	2.50	0.23	11.3
		A	28.4	19.3	29.4	22.9	IC	4.6	3.8	31.5	0.33	7.96	0.46	17.1
		A-B	30.6	19.0	32.1	18.2	IC	4.8	4.1	24.1	0.50	6.22	0.41	15.1
		B	30.4	19.8	32.8	17.0	IC	5.1	4.3	14.4	0.17	2.77	0.24	11.5
22	Bo(w)	C	30.3	19.3	34.2	16.2	IC	5.2	4.3	9.6	0.21	1.90	0.18	10.6
		A ₁	25.6	10.1	33.0	31.3	SC	5.3	4.2	15.8	1.14	3.70	0.22	16.7
		A ₂	25.3	18.1	27.1	29.5	SC	5.1	4.3	16.5	0.24	4.50	0.27	16.6
		A'	25.7	21.5	29.7	23.1	IC	5.0	4.2	16.2	0.28	4.10	0.25	16.4
23	Bo	B'	22.5	13.0	32.5	32.0	SCL	4.6	4.1	16.0	0.51	3.20	0.25	13.0
		A ₁	35.0	28.6	15.0	21.4	IC	4.9	3.9	23.5	0.78	8.10	0.46	17.5
		A ₂	31.0	29.4	22.8	16.8	IC	5.2	4.3	14.3	0.43	4.00	0.25	16.0
		B	12.3	17.0	36.4	34.2	SL	4.9	4.2	11.9	0.31	1.95	0.15	13.0
24	Be	A ₁	15.4	14.6	39.4	30.7	SCL	4.3	3.5	38.3	1.01	8.70	0.49	17.7
		A ₂	16.7	15.3	31.2	36.7	SCL	5.7	4.4	14.5	1.08	3.30	0.21	15.8
		B	9.1	11.7	33.1	45.1	SL	5.0	4.1	21.8	0.73	0.92	0.06	18.4
		A ₁	15.6	15.2	24.7	57.7	SCL	5.5	4.6	2.2	8.37	5.27	0.40	13.1
25	Be	A ₂	16.4	11.7	30.6	51.2	SCL	5.4	4.7	4.7	8.68	3.70	0.28	13.2
		B	13.1	11.0	16.8	59.1	SL	5.4	4.2	10.7	1.60	1.94	0.17	11.4
		A'	18.6	13.7	16.2	51.5	SCL	5.4	4.1	11.6	1.21	2.09	0.19	11.0
		A	18.9	37.3	33.7	10.2	CL	5.8	5.0	1.0	4.75	12.6	0.76	17.0
26	Bf	A	19.0	18.5	39.4	23.1	SCL	5.5	4.4	5.9	0.33	13.0	0.80	16.0
		A	16.4	20.5	35.5	27.7	CL	5.3	4.4	10.0	0.65	16.0	0.94	17.0
28	Bf	A	6.7	21.2	50.7	21.5	SL	5.4	4.8	7.4	0.37	11.6	0.82	14.0
		A-B	11.7	13.8	19.4	55.1	SL	5.5	4.7	2.4	0.30	6.6	0.62	11.0
29	Bf	B	—	—	—	—	—	5.4	5.3	0.7	0.22	—	—	—
		A	14.9	18.9	34.7	31.5	SL	5.5	4.8	2.3	0.86	8.7	0.59	15.0
		A	10.4	19.6	32.3	37.8	SL	5.2	4.7	3.4	0.40	6.5	0.43	15.0
		B	13.5	10.6	37.2	38.7	SL	5.5	5.0	1.1	0.38	4.5	0.28	16.0
30	Bf(d) ~Ba	A ₁	13.0	18.4	32.3	36.4	SL	5.7	4.9	1.4	6.68	—	—	—
		A ₂	13.1	19.2	24.2	43.5	SL	5.6	4.9	1.9	3.00	—	—	—
		A	18.9	37.3	33.7	10.2	CL	5.8	5.0	1.0	4.75	12.6	0.76	17.0
		A	13.0	28.5	37.9	20.6	L	4.5	4.1	41.9	0.37	9.4	0.54	17.0
31	苗畑 (Bf)	A	—	—	—	—	—	5.1	4.4	23.9	0.27	—	—	—
		A-B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

那 須 国 有 林 Nasu National Forest

断面 番号	土壌型	層位	機械的組成 (%)				pH		置換酸度 y ₁	置換性石灰 m.e./100g	炭素 %	窒素 %	C-N 比
			粘土	微砂	細砂	粗砂	土性	H ₂ O					
新館および中村国有林 (阿武隈) Niidate and Nakamura National Forest													
52	B _A	A (M) B	9.6 8.8	11.5 10.3	26.9 27.2	51.9 53.6	SL SL	4.8 4.9	10.3 9.0	0.40 0.11	4.1 2.2	0.14 0.10	29.0 22.0
53	B _C	A B ₁ B ₂	28.6 23.2 28.9	23.7 28.2 28.5	24.0 21.1 22.3	23.9 27.6 20.2	IC CL IC	5.0 5.3 5.4	13.3 3.9 8.1	0.30 0.10 0.20	10.2 4.0 1.1	0.67 0.26 0.07	15.0 15.0 15.0
59	B _l (d)	A ₁ A ₂ B	30.6 29.9 4.3	27.0 26.6 17.4	23.0 25.5 59.8	20.6 18.0 18.6	IC IC SL	5.0 5.3 5.9	15.2 9.8 1.2	1.40 0.70 0.30	15.0 11.7 4.6	0.82 0.72 0.31	18.0 16.0 15.0
60	B _l (d)	A (H) A ₂ B	26.3 13.9 12.2	31.6 23.3 22.9	18.4 20.7 29.0	23.7 42.1 25.9	IC L L	4.2 5.1 5.4	34.7 11.5 3.9	3.30 0.50 0.20	28.0 14.7 6.9	1.74 0.64 0.32	16.0 23.0 20.0
61	B _l (定置土)	A A-B B	14.7 11.4 15.5	15.7 17.7 20.4	21.1 28.6 27.4	48.5 42.3 36.7	SL SL SL	5.5 5.5 5.8	6.5 2.6 2.2	0.60 0.20 0.10	10.2 8.7 1.4	0.55 0.45 0.12	19.0 19.0 12.0
62	B _l (w)	A ₁ A ₂ B	21.8 8.9 14.5	21.1 12.0 30.8	20.2 19.9 22.2	36.9 59.2 32.4	CL SL L	5.2 5.8 5.8	11.3 1.8 2.8	2.60 0.70 1.20	13.8 6.9 5.9	0.71 0.36 0.34	20.0 16.0 17.0
63	B _l (w)	A ₁ A ₂ B	18.4 18.5 18.3	20.9 18.1 15.3	24.3 26.9 23.5	36.3 36.5 42.8	CL SCL SCL	5.9 5.7 5.3	0.9 3.1 5.9	7.80 4.30 0.50	13.8 10.0 2.8	1.03 0.75 0.24	13.0 13.0 12.0
66	B _l	A A-B B	20.0 17.6 29.8	18.5 23.5 23.4	26.2 25.0 21.3	35.4 33.8 25.5	SCL CL IC	— — —	— — —	— — —	13.9 10.8 1.6	0.88 0.64 0.12	17.0 17.0 13.0
67	B _l	A A-B B	24.2 21.1 23.2	19.9 25.4 27.4	24.1 23.9 28.4	31.7 29.6 21.1	CL CL CL	— — —	— — —	— — —	14.6 8.9 1.3	0.78 0.47 0.11	19.0 19.0 12.0

瀬尻国有林 Sejiri National Forest

68	Ba	H A B ₁ B ₂	— 22.9 22.7 20.9	— 35.3 36.0 37.8	— 33.9 32.6 32.1	— 8.0 8.7 9.2	— CL CL CL	3.5 3.9 4.4 4.8	2.6 2.9 3.3 3.4	62.5 114.0 108.0 80.2	0.52 0.13 0.16 0.23	29.2 9.6 4.6 2.8	1.08 0.49 0.27 0.18	27.0 20.0 17.0 16.0
69	Ba	H A B ₁ B ₂	— 23.6 22.8 21.8	— 34.6 37.2 35.1	— 33.4 29.7 30.1	— 5.3 10.3 12.9	— CL CL CL	3.6 3.9 4.4 4.7	2.8 3.0 3.4 3.6	62.3 103.4 81.2 41.4	1.60 0.43 0.33 0.33	30.6 8.4 4.1 2.5	1.14 0.42 0.25 0.17	27.0 20.0 17.0 15.0

断面 番号	土型	層位	機械的組成(%)				pH		置換酸度 Y ₁	置換性石灰 m.e./100g	炭素 %	窒素 %	C-N比	
			粘土	微砂	細砂	粗砂	土性	H ₂ O						KCl
沢渡 国 有 林 Sawatari National Forest														
71	B ₀	A	—	—	—	—	—	4.5	3.7	33.2	0.20	5.0	0.33	16.0
		B ₁	—	—	—	—	—	4.6	3.7	30.9	0.35	3.2	0.23	14.0
		B ₂	—	—	—	—	—	4.7	3.8	27.2	0.19	2.0	0.14	14.0
72	B _ε	A ₁	—	—	—	—	—	4.4	3.9	27.8	0.88	8.9	0.47	19.0
		A ₂	—	—	—	—	—	4.7	4.1	18.4	0.37	4.9	0.23	15.0
		B	—	—	—	—	—	4.9	4.1	18.4	0.27	3.5	0.26	13.0
73	B _ε	A ₁	—	—	—	—	—	4.5	3.9	21.4	1.12	5.4	0.31	17.0
		A ₂	—	—	—	—	—	4.8	4.1	15.9	0.33	3.2	0.30	11.0
		B	—	—	—	—	—	4.9	4.7	14.0	0.29	2.6	0.24	11.0
大 代 国 有 林 Ōjiro National Forest														
74	B _l (d)	A ₁	17.5	21.1	33.3	28.1	CL	—	—	—	—	—	—	—
		A ₂	18.5	23.1	36.9	21.5	CL	—	—	—	—	—	—	—
		B	9.3	19.8	29.1	41.9	SL	—	—	—	—	—	—	—
75	B _l (w)	A	18.0	23.0	37.7	21.3	CL	—	—	—	—	—	—	—
		A-B	14.5	24.2	37.1	24.2	SL	—	—	—	—	—	—	—
		A'	9.8	14.8	39.3	36.1	SL	—	—	—	—	—	—	—
77	B _l	A ₁	10.4	19.4	37.3	32.8	SL	—	—	—	—	—	—	—
		A ₂	11.6	21.7	44.9	21.7	SL	—	—	—	—	—	—	—
		B(C)	5.4	6.8	36.5	51.4	S	—	—	—	—	—	—	—
78	B _A	A ₁	45.2	28.8	12.3	13.7	hC	4.4	3.9	48.3	2.70	10.3	0.58	18.0
		A ₂	46.3	28.0	13.4	12.2	hC	4.4	3.9	58.0	0.56	6.1	0.38	16.0
		B(C)	40.9	25.8	15.1	18.3	IC	4.6	4.1	43.3	0.23	1.6	0.14	11.0
79	B _c	A ₁	40.0	33.3	17.3	9.3	IC	4.4	4.2	30.7	2.36	10.5	0.50	21.0
		A ₂	40.7	32.6	16.3	10.5	IC	4.6	4.1	38.9	1.73	4.9	0.32	15.0
		B	48.0	26.5	15.3	10.2	hC	4.8	4.2	53.0	0.33	1.0	0.09	11.0
80	B ₀ (d)	A ₁	46.5	29.6	21.1	2.8	hC	4.2	3.8	56.7	0.99	11.6	0.60	19.0
		A ₂	51.4	23.0	21.6	4.1	hC	4.5	4.0	47.8	0.33	7.9	0.43	18.0
		B	44.3	28.9	18.5	8.2	IC	4.7	4.2	42.3	0.40	1.2	0.12	10.0
81	B ₀	A	33.7	20.5	12.0	33.7	IC	5.2	4.4	12.0	4.41	6.4	0.54	12.0
		A-B	39.5	20.9	12.8	26.7	IC	4.9	4.4	17.7	2.37	4.5	0.41	11.0
		B	40.4	27.3	15.2	17.2	IC	4.8	4.3	19.9	0.23	1.0	0.15	7.0
82	B ₀	A ₁	50.0	27.4	14.5	8.1	hC	4.2	3.9	43.8	1.77	13.4	0.92	15.0
		A ₂	51.5	24.3	14.9	9.5	hC	4.1	4.2	33.7	0.45	8.3	0.63	13.0
		B	51.6	26.4	13.2	8.8	hC	4.7	4.4	17.1	0.45	1.6	0.18	9.0
83	B ₀	A ₁	42.6	27.9	17.6	11.8	IC	4.4	3.9	36.8	3.65	13.1	0.87	15.0
		A ₂	44.0	27.4	16.7	11.9	IC	4.7	4.2	36.4	0.58	5.5	0.46	12.0
		B	44.9	28.1	16.8	10.1	IC	5.0	4.4	12.2	0.28	2.3	0.26	9.0

断面 番号	土壌型	層位	機 械 的 組 成 (%)					pH		置換酸度 Y ₁	置換性石灰 m.e./100g	炭 素 %	窒 素 %	C-N 比
			粘 土	微 砂	細 砂	粗 砂	土 性	H ₂ O	KCl					
84	B _D	A ₁	41.2	29.4	13.2	16.2	IC	4.4	4.1	13.2	3.09	14.8	0.82	18.0
		A ₂	44.4	27.2	13.6	14.8	hC	4.4	4.1	34.5	0.79	7.3	0.53	14.0
		A-B	47.7	25.0	12.5	14.8	hC	4.5	4.2	29.4	0.23	4.1	0.31	13.0
		B	46.9	27.1	10.4	15.6	hC	4.7	4.3	24.4	0.23	1.2	0.14	9.0
85	B _E	A ₁	34.8	21.2	19.7	24.2	IC	5.3	5.2	3.1	14.31	14.1	0.81	17.0
		A ₂	35.9	21.8	19.2	23.1	IC	5.1	4.9	2.3	9.33	8.1	0.60	14.0
		A ₃	38.6	22.9	16.9	16.9	IC	4.9	4.4	14.0	3.33	5.5	0.48	11.0
		B	38.4	25.3	23.2	13.1	IC	5.5	4.4	14.6	0.21	1.1	0.14	8.0
86	B _E	A ₁	28.4	21.0	19.7	30.9	IC	4.7	4.3	19.7	1.96	6.8	0.50	14.0
		A ₂	30.8	23.1	17.6	28.5	IC	5.2	4.5	12.5	1.06	3.5	0.39	10.0
		B	26.0	22.9	21.9	29.2	IC	5.0	4.4	18.6	1.07	1.3	0.18	7.0
高 尾 山 國 有 林 Takaosan National Forest														
87	B _E	A ₁	27.4	15.6	15.2	41.6	IC	5.5	5.0	0.6	13.9	8.7	0.78	11.0
		A ₂	31.2	7.5	17.5	43.7	IC	5.7	4.8	1.2	6.7	2.3	0.36	6.4
		B	32.0	25.9	17.0	25.0	IC	5.9	4.9	0.6	2.8	1.6	0.28	6.4
88	B _D (d)	A ₃	37.3	18.0	16.7	27.9	IC	5.7	5.1	0.8	7.6	4.8	0.55	9.0
		B	39.5	18.5	14.8	27.1	IC	5.7	5.0	1.0	5.1	3.6	0.54	7.0
89	B _D	A	33.5	11.0	16.7	38.1	IC	5.9	5.4	1.0	10.8	7.1	0.72	10.0
		A-B	32.9	16.4	13.9	36.7	IC	5.9	5.1	0.5	7.8	4.4	0.52	8.0
		B	37.8	19.5	15.8	26.8	IC	5.8	4.8	2.2	5.9	2.8	0.39	7.0
90	B _E	A ₁	26.8	20.8	19.8	32.6	IC	6.0	5.4	1.0	13.4	9.7	0.88	11.0
		A ₂	29.7	18.0	17.1	35.2	IC	5.8	5.1	0.6	9.2	5.8	0.62	9.0
		A ₁	24.2	28.5	24.8	22.5	SL	5.7	5.3	1.3	9.6	12.6	0.95	13.0
91	B _E	A ₂	22.1	27.3	21.4	29.3	CL	5.5	5.0	0.6	8.6	8.0	0.76	11.0
		B	3.9	38.8	44.4	12.9	L	5.7	5.1	0.6	4.5	3.9	0.39	10.0
		A ₁	27.7	19.2	24.0	29.1	IC	5.3	4.9	1.3	9.2	17.5	1.41	12.0
92	B _I	A ₂	13.0	27.0	24.4	35.4	L	5.5	5.0	1.3	4.1	9.4	0.90	10.0
		A-B	20.0	24.9	39.6	15.5	CL	5.6	5.2	0.6	3.7	8.6	0.85	10.0
		B	10.8	17.1	48.1	24.1	SL	6.0	5.8	0.6	3.5	5.4	0.57	9.0
93	B _D	A ₁	4.6	17.6	37.5	40.3	SL	5.4	5.0	1.3	6.0	10.5	0.91	12.0
		A ₂	6.4	22.8	32.9	38.9	SL	5.8	5.4	0.6	5.2	7.0	0.64	11.0
		B	2.4	22.6	30.6	44.4	SL	5.9	5.6	0.6	3.1	4.5	0.43	10.0
94	B _C	A	35.5	18.0	16.7	30.8	IC	5.9	5.2	1.3	8.3	5.4	0.41	13.0
		A-B	37.0	20.4	13.8	28.8	IC	5.5	4.5	4.1	5.2	4.2	0.37	11.0
		B(C)	34.8	20.6	14.0	30.6	IC	5.2	4.2	0.8	3.4	2.4	0.24	10.0
95	B _D	A	35.9	22.1	17.0	25.0	IC	6.0	5.2	1.3	8.7	4.2	0.35	12.0
		A-B	36.3	24.0	15.9	23.8	IC	5.9	5.0	1.3	5.9	3.0	0.29	10.0
		B	39.4	23.6	16.0	20.9	IC	5.5	4.5	0.6	2.5	1.7	0.18	10.0

断面 番号	土壌型	層位	機械的組成 (%)					pH		置換酸度 y ₁	置換性石灰 m.e./100g	炭素 %	窒素 %	C-N 比
			粘土	微砂	細砂	粗砂	土性	H ₂ O	KCl					
96	B ₀	A ₁	27.7	25.9	21.7	24.7	IC	5.7	4.8	1.5	7.5	9.3	0.69	13.0
		A ₂	23.0	33.5	24.9	18.6	CL	5.9	4.9	1.3	3.7	5.9	0.52	11.0
		B	2.8	24.4	50.6	22.4	SL	5.8	5.2	0.9	1.9	2.3	0.25	9.0
97	B ₀ (d)	A ₁	25.4	28.8	26.9	18.9	IC	5.6	5.1	1.4	10.7	15.2	0.91	17.0
		A ₂	17.4	39.0	30.7	13.0	L	5.5	4.8	2.4	5.5	10.5	0.71	15.0
		B	2.0	24.2	63.0	10.9	SL	5.6	5.1	1.1	3.3	2.6	0.25	10.0
98	B ₀	A	28.1	25.0	18.9	30.0	IC	6.0	5.2	1.5	12.5	4.9	0.38	12.0
		A-B	28.4	20.1	24.0	27.5	IC	5.8	4.5	3.8	6.8	2.8	0.28	10.0
		B	27.7	20.7	21.5	30.1	IC	6.0	4.6	3.1	5.6	1.5	0.16	9.0
99	B _E	A	29.1	15.9	18.2	36.7	IC	5.6	4.7	2.7	5.2	3.6	0.34	11.0
		A-B	30.2	23.4	17.3	29.1	IC	5.8	4.8	1.9	3.5	3.3	0.23	10.0
		A ₁	29.0	22.4	16.4	32.1	IC	5.4	4.7	2.2	6.7	4.8	0.36	13.0
100	B ₀	A ₁	30.4	20.8	19.4	29.4	IC	5.4	4.6	4.4	5.0	3.8	0.32	12.0
		A ₂	33.3	21.2	16.0	29.5	IC	5.8	4.9	1.9	4.6	2.2	0.20	11.0
		B	9.6	40.7	27.4	23.3	L	5.9	5.4	1.3	12.8	14.7	1.05	14.0
101	B ₀	A-B	6.8	34.4	29.5	39.3	L	5.9	5.3	0.6	3.9	7.7	0.69	11.0
		B	4.4	37.2	30.0	28.4	L	6.0	5.8	0.5	1.9	3.7	0.38	10.0
		A	33.2	19.8	18.6	23.4	IC	5.9	5.2	1.1	6.7	5.7	0.45	13.0
102	B ₀ (d)	A	36.2	22.6	21.3	19.9	IC	5.6	4.7	2.5	2.4	2.1	0.20	11.0
		B	39.6	23.2	19.2	18.0	IC	6.0	5.3	1.3	8.6	10.1	0.64	16.0
		A ₂	38.4	23.8	22.1	15.7	IC	5.8	4.9	1.3	5.5	5.5	0.44	13.0
103	B ₀ (d)	B	29.6	31.3	24.7	14.5	IC	5.8	4.9	1.3	2.9	2.4	0.22	11.0
天城山 国有林 Amagisan National Forest														
104	B ₀ (w)	A ₁	29.2	22.5	23.6	24.6	IC	5.5	4.7	1.5	12.8	11.8	0.80	15.0
		A ₂	29.2	21.8	22.3	26.9	IC	5.2	4.6	3.1	6.7	6.1	0.52	12.0
		B	25.5	25.8	24.3	24.3	IC	5.0	4.4	4.3	0.7	3.8	0.39	10.0
105	B ₀	A ₁	24.2	23.7	23.1	28.8	SCL	5.9	5.2	1.3	16.1	12.9	0.89	14.0
		A ₂	26.3	24.0	23.5	26.3	IC	5.6	5.0	1.3	11.0	9.3	0.73	13.0
		B	17.2	21.0	34.4	27.3	SCL	5.2	4.6	2.1	1.1	4.3	0.43	10.0
106	B ₀	A ₁	20.7	21.8	22.5	35.0	SCL	5.4	4.6	3.9	5.9	13.3	1.00	13.0
		A ₂	20.1	20.1	24.9	34.9	SCL	5.1	4.5	4.6	2.1	11.0	0.88	12.0
		B-C	8.6	14.9	29.5	47.0	S	5.2	4.9	0.5	0.4	5.5	0.47	12.0
107	B _A ~ B ₀ (d)	A ₁	20.0	25.8	20.1	34.2	SCL	4.8	4.2	13.5	3.0	18.2	0.89	20.0
		A ₂	20.3	23.9	23.9	32.0	SCL	4.8	4.3	9.0	0.7	12.9	0.71	18.0
		B	7.5	25.4	30.4	36.7	SL	5.1	4.9	0.6	0.3	8.5	0.46	18.0
108	B _E (崩壊土)	V _s	5.1	6.8	9.1	80.0	S	5.5	5.3	0.5	0.3	1.0	0.08	13.0
		A ₁	17.6	22.1	18.8	41.5	SCL	5.8	5.0	1.3	15.6	10.5	0.72	15.0
		A ₂	19.3	21.2	24.3	35.1	SCL	5.5	4.8	1.3	9.1	4.8	0.46	10.0
		B	12.7	16.7	24.5	46.1	SL	5.6	4.5	3.5	2.1	1.4	0.15	9.0

断面 番号	土壌型	層位	機械的組成 (%)				pH			置換酸度 y ₁	置換性石灰 m.e./100g	炭素 %	窒素 %	C-N 比
			粘土	微砂	細砂	粗砂	土性	H ₂ O	KCl					
109	B ₀ (d) (定積土)	A ₁	21.6	26.8	30.1	21.5	CL	4.9	4.1	11.5	4.7	18.1	1.17	15.0
		A ₂	17.2	20.1	32.8	29.9	SCL	4.9	4.4	7.9	0.5	9.9	0.69	14.0
		B	14.4	12.8	34.9	37.9	SL	5.1	4.7	1.3	0.4	5.6	0.42	13.0
		Vs	5.3	4.5	3.0	87.2	S	5.2	5.2	0.5	0.2	1.0	0.08	13.0
110	B _{0-E} (定積土)	A ₁	18.9	23.9	33.3	34.0	SCL	5.1	4.3	7.8	6.5	16.3	0.98	17.0
		A ₂	18.4	23.3	33.4	24.9	SCL	5.0	4.3	8.0	1.6	11.3	0.74	15.0
		A-B	4.5	17.0	38.8	39.7	SL	5.2	4.9	0.6	0.4	4.5	0.33	14.0
		A ₁	20.7	35.4	23.1	20.9	CL	5.2	4.4	5.9	8.7	22.2	1.38	16.0
111	B ₁	A ₁	16.7	29.5	22.7	31.1	CL	4.9	4.5	3.4	0.6	12.1	0.83	15.0
		A ₂	6.7	15.9	23.0	54.4	SL	5.0	5.0	0.4	0.3	6.0	0.51	12.0
		B	24.3	22.0	27.2	26.5	CL	5.8	5.0	1.1	12.4	10.4	0.80	13.0
		B _{0-E} (崩積土)	26.5	18.3	28.8	26.4	SC	5.3	4.6	3.0	6.1	5.9	0.54	11.0
112	B _{0-E} (崩積土)	B	24.2	20.9	32.6	22.3	CL	5.2	4.4	4.0	1.1	3.8	0.37	10.0
		A ₁	—	—	—	—	—	6.1	5.3	1.3	11.9	10.0	0.66	15.0
		A ₂	42.2	20.3	19.6	17.9	IC	5.8	4.9	1.2	8.6	7.1	0.51	14.0
		B	38.6	20.1	22.3	19.0	IC	5.1	4.3	6.4	0.6	2.8	0.26	11.0
114	B ₀ (崩積土)	A ₁	22.6	20.1	20.6	36.7	CL	6.2	5.3	8.0	10.7	9.2	0.74	12.0
		A ₂	25.8	19.0	20.5	34.8	IC	5.4	4.6	1.7	4.3	6.8	0.63	11.0
		A ₂	23.5	21.9	22.9	31.7	CL	5.5	4.6	3.1	3.7	7.0	0.75	9.0
		A ₁	32.4	23.7	20.1	23.8	IC	6.2	5.3	1.6	13.5	12.7	0.74	17.0
115	B ₀	A ₂	37.6	22.5	19.5	20.4	IC	5.6	4.8	1.3	6.5	6.2	0.52	12.0
		B	40.0	19.3	22.8	17.9	IC	5.3	4.3	3.9	1.6	2.1	0.20	11.0
		A ₁	42.1	17.6	17.6	22.6	IC	5.9	5.0	1.3	9.8	8.2	0.68	12.0
		A ₂	37.9	20.8	22.8	18.6	IC	5.5	4.5	3.0	6.4	6.4	0.60	11.0
116	B ₀ (崩積土)	B	35.6	23.2	23.1	18.0	IC	5.1	4.1	14.1	1.1	2.4	0.20	12.0
		A	10.0	16.4	13.5	60.0	SL	4.5	3.7	21.9	2.36	12.0	0.64	19.0
		B	8.9	13.8	29.4	47.8	SL	5.1	4.2	10.5	0.92	1.7	0.09	19.0
		C	10.5	14.3	18.5	56.7	SL	5.1	4.2	11.4	1.06	0.9	0.06	19.0
117	B _A	広島 国 有 林 Hiroshima National Forest												
		A	10.0	16.4	13.5	60.0	SL	4.5	3.7	21.9	2.36	12.0	0.64	19.0
		B	8.9	13.8	29.4	47.8	SL	5.1	4.2	10.5	0.92	1.7	0.09	19.0
		C	10.5	14.3	18.5	56.7	SL	5.1	4.2	11.4	1.06	0.9	0.06	19.0

昭和 35 年 3 月 20 日 印刷

昭和 35 年 3 月 25 日 発行

林野土壤調査報告 第 11 号

農林省 林業試験場

東京都目黒区下目黒 4 の 770

電話 (712) 1131 ~ 7

G D