

林 野 土 壤 調 査 報 告

第 12 号

昭 和 37 年 3 月

FOREST SOILS OF JAPAN

REPORT 12

March 1962

GOVERNMENT FOREST EXPERIMENT STATION

Meguro, Tokyo, Japan

農 林 省 林 業 試 驗 場

東 京 ・ 目 黒

目 次

ヒバ林地帯における土壌と森林生育との関係..... 山谷 孝一.....	1
土壌の性質とトドマツの成長..... 山本 肇.....	175

CONTENTS

(With English résumé)

Kôichi YAMAYA :

Relationship between Properties of the "Hiba"	
(<i>Thujopsis dolabrata</i> var. <i>Hondai</i> MAKINO)	Page
Forest Soils and Forest Growth in the Tsugaru and the	
Shimokita Peninsulas.	1

Tadashi YAMAMOTO :

Relation between Soil Properties and Growth of Todo-fir	
(<i>Abies Mayriana</i> M. et K.).	157

ヒバ林地帯における土壌と

森林生育との関係

山 谷 孝 一⁽¹⁾

目 次

I 緒 言	3
II 津軽, 下北地方の気候, 地質, 地形および森林生育の概況	4
II-1. 気 候	4
II-2. 地質および地形	7
II-3. 森林分布と森林生育	10
III 調査ならびに実験方法	11
III-1. 野外調査方法	11
III-2. 室内実験方法	12
IV ヒバ林地帯の代表的土壌とその植生	13
IV-1. 土壌の分類方法	13
IV-2. 代表的土壌とその植生	15
V ヒバ林土壌の諸性質	19
V-1. 土壌層断面における水分状態	19
V-2. 機械的組成——粘土の含量	22
V-3. 有機物の分解および腐植の形態	23
V-4. 土壌の反応	38
V-5. 置換性塩基の含量と塩基置換容量	43
V-6. 土壌の両性反応	51
V-7. 土壌の酸化還元電位	53
V-8. 土壌の無機組成—— SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 の含量	58
VI ヒバ林地帯における水分環境の相違と土壌性質との関係	64

(1) 東北支場育林部育林第四研究室長・農学博士

VI-1. 地形と土壤水分および温度との関係	64
VI-2. 水分環境と土壤性質	69
VI-3. ヒバ林下に見られるポドゾル化土壤の 2 型式	70
VII ヒバ林地帯における土壤と植生との関係	74
VII-1. 土壤と地床植生との関係	74
VII-2. ヒバ落葉の分解状態が土壤性質におよぼす影響	79
VIII 土壤分布と森林分布との関係	94
VIII-1. 各種土壤の分布状況	94
VIII-2. 土壤分布と森林分布	109
VIII-3. 土壤と森林生育	112
IX 土壤条件に立脚したヒバ林施業にたいする意見	121
X 総 括	123
文 献	131
Résumé	136
付 表	144
第 1. 土壤の分析成績 (1)	144
第 2. 土壤の分析成績 (2)	148
第 3. 各土壤における低木階以下の植生	151
Plate	1~6

I 緒 言

林業上、いわゆるヒバと呼ばれる樹種は、九州から本州をとり、北海道渡島半島にかけて分布しているが、植物分類学的には、中部以南のものはアスナロ (*Thujaopsis dolabrata* S. et. Z.), 青森地方に広大な分布を示しているものはヒノキアスナロ (*Thujaopsis dolabrata* S. et. Z. var. *Hondai* MAKINO) と呼ばれるものである⁶⁰⁾。アスナロとヒノキアスナロの分布の境界は、WILSON によつて山形、福島県境板谷峠付近であるといわれてから多くの学者によつて支持されてきたが、林¹⁰⁾の調査によれば、両者の境界にはかなりの重複があるようである。したがつて、津軽、下北地方に分布しているヒバはヒノキアスナロに属するものであるが、林業上広くヒバと呼称されている。

アスナロ属 (*Thujaopsis*) はわが国の特産樹種であり、前述のようにその分布も広いが、大面積にわたつて優良な純林を形成しているのは津軽、下北半島にかぎられており、そのほかでは、東北地方だけについて見ても、スギ、ネズコ、コメツガ、アオモリトドマツ、キタゴヨウなどの針葉樹と混交し、ヒバの純林はほとんど見あたらない^{*1)}。また、ヒバの出現状態を見ても、津軽、下北地方では低地丘陵地帯(ところによつては海岸の断崖)からあらわれており、沢沿いから峰筋にいたるまでヒバの純林を形成しているが、両半島以南ではかなり海拔高を増した地域に峰筋に、ほかの樹種と混交林の状態であらわれているにすぎない。したがつて、津軽、下北半島は、ヒバの生育ならびに分布上から、まさに中心郷土と見ることができし、またあらゆる地形にわたる種々の林相を包含しているために、ヒバ林土壤の調査研究には最も適当しているものと思考される (Phot. 1)。

津軽、下北半島のヒバ林は約 12 万 ha であり、下部はアカマツ林地帯から上部はブナ林地帯にかけて分布し、優良美林が多いところから、古来わが国の 3 大美林の 1 つにかぞえられてきた。ヒバは耐陰性に富み、一般に天然生種樹の発生が良好であるところから、天然更新作業によつて施業されてきたが^{*2)}、戦時中の過伐につづく戦後の増伐のために、その蓄積は漸減し、林相の破壊されたヒバ林が急増するようになった。また、既往のヒバ林伐採地を見ても、ヒバによつて更新されているところもあるが、ほとんどヒバの天然生種樹はなく、陽性および湿性灌木の繁茂しているところも少なくない。このような現状から、ヒバ林地帯における林力の増強をはかるためには、天然更新の難易を科学的に判定し、更新の困難な箇所には、優良針葉樹による樹種更改をはかる必要がある。

このような関係から、筆者は昭和 22 年に、ヒバ林地帯におけるスギの適地をあきらかにするために、下北半島恐山地域において調査を実施し、ヒバ林土壤とヒバ生育の概略を知つたが¹¹⁷⁾¹¹⁸⁾、翌 23 年からは国有林野土壤調査事業として、鋭意、津軽、下北半島のヒバ林地帯を調査し、昭和 32 年までに、両半島の全域にわたる約 20 万 ha の土壤調査を完了することができた¹¹⁹⁾¹²⁰⁾。この研究は、この調査によつて得られた資料を基礎として、両半島のヒバ林地帯における代表的土壤を土壤生成的観点から系統的に考究してその特徴をあきらかにし、あわせて土壤と植生およびヒバの生育との関係について考究したものであ

*1 青森県の大鰐、野辺地地方および岩手県の早池峰山麓、五葉山麓北側にはヒバの純林が分布している。

*2 ヒバ林は大正末期までは、前更作業によつて更新されてきたが、その後は恒続林思想の影響を受けて択伐作業に推移し、松川恭佐氏の「森林構成群を基礎としたヒバ天然林作業法」に準じて実施されている。

り、その研究の各過程においては、機会を見て逐次発表してきた*。

ヒバ林の集団的分布は、地理的に見て本邦北部にかぎられているところから、筆者が昭和 22 年に調査を開始したころにはヒバ林土壌についての調査研究はきわめて少ない状態であった。三宅・田町⁹⁷⁾、大政⁷¹⁾、川島⁹⁴⁾、宮崎⁹⁸⁾の諸氏は、ヒバ林土壌を土壌生成的に考究され、ヒバ林下にはヒバ落葉の影響を顕著に反映したポドゾル土壌が生成されていることなどについて貴重な業績を残されている。

ヒバ林土壌の分類方法は、大政⁷⁰⁾によつて確立された水分環境を基礎とする新分類方式に準ずることにした。Lutz⁴⁸⁾は、森林土壌の分類にあつては森林生産力と対応させる必要があり、経営技術や収穫対象物の関係において、はなはだしく相違している農地を主たる対象として体系づけられた従来の分類方式は、森林土壌にたいしてはかならずしも満足なものではないといわれているが、大政による森林土壌の新分類方式は、土壌生成的にも、また森林植生、生産力の観点からも満足なものと考えられる。

この研究においては、ヒバ林土壌の特徴をあきらかにするために、代表土壌の選定にあつては、安定した、正常な地形、植生を必須条件とすることに特別な考慮を払つた。つまり、各代表断面は、局所環境とそれぞれ平衡状態を維持している正常な土壌とみなされるものばかりを選定するようにした。とくに、ヒバ林に由来する表層腐植の、土壌層断面における諸種の性質にたいする作用過程を究明することに重点を指向した。

ヒバ林土壌調査は青森営林局諸上司の、なみなみならぬご好意とご援助によつて実施された。ここに特記して謝意を表す。調査、研究にあつては、東京大学教授大政正隆博士、同芝本武夫博士、林業試験場土壌調査部長宮崎博博士、東北林業育種場長村井三郎技官の終始変わらざるご指導を賜つた。また、実験ならびに文献調査については、林業試験場土壌調査部の各位、農業技術研究所小坂二郎技官、東北大学助教授増井淳一博士、岩手大学助教授吉田俊博士、北海道大学助教授佐々木清一博士のご配慮をかたじけなくした。衷心から謝意を表す。なお、現地調査ならびに土壌実験については、青森営林局土壌調査係各位の絶大なるご協力を賜つた。あわせて謝意を表す。

最後に本稿についてご懇切な助言を賜つた東京大学教授弘法健三博士のご厚意にたいして深謝する。

II 津軽、下北地方の気候、地質、地形および森林生育の概況

JENNY⁹⁹⁾は土壌生成因子として、母材、気候、生物、時間、地形の各因子をあげており、ROBINSON⁷⁷⁾もまた、土壌生成はこれらの因子によつて支配されることを強調した。したがって、津軽、下北地方における土壌の生成様式を究明する上に、気候、地質、地形および植生状態の概要を知る必要がある。

II-1. 気 候

この研究の対象地域は、青森県北部の津軽、下北の両半島であり、西は日本海、北は津軽海峡、東は太平洋に面し、三方を海にかこまれている。この地域の気候が東北地方全般から見てどのような関係にあるかを、まず知る必要があるために、青森、岩手、宮城、秋田、山形の各県における気候観測値⁹²⁾を使用して、平均気温、年降水量の平均値を算定し、それと各測候所の気温、降水量との偏差をもとめ、Fig. 1 のような気候区分図を作成してみた。これによれば、青森県の気温は、黒石地区を除いては、東北地方の平

均以下であり、降水量は三陸地区を除いては、平均以下となつている。東北地方の気候を支配する要素は、奥羽山脈を中軸として、西側に奥羽丘陵、東側に北上山地が、ともに南北に縦走していること、季節風の関係、日本海と太平洋における海流の関係などであるといわれているが¹⁰⁰⁾、Fig. 1 の気候区分からは、青森県の気候状態は真日本に位置している秋田、山形両県の気候と表日本に位置している岩手、宮城両県の気候との中間的性質を示しているように観察される。

さらに、青森県内、とくに津軽、下北地方の気候状態を知るために、県内主要測候所の平均気候を示したのが Table 1 である。この表から各測候所の雨量係数をもとめ、県内における雨量係数の平均値と各測候所の雨量係数との偏差から、Fig. 2 のような青森県の気候区分図を作成した。この図を見ると、津軽半島基部西側、下北半島北端および青森県東南部は、比較的温暖多雨地域 (RF 偏差 0 以下) であり、また、津軽半島北部、下北半島西南部および同基部東側は、比較的寒冷多雨地域 (RF 偏差 0 以上) であると観察される。また、両半島の各測候所の雨量係数を位置別に区分して配列したのが Fig. 3 であり、これを見ても、各地域別の気候の特徴が推知される。菅野⁹³⁾は日本の土壌型と雨量係数との対応について発表しているが、この地域の雨量係数を同氏の分類に対比すると、褐色森林土区域の北部に位し、かなりポドゾル区域に近い位置を占めていることがわかる。

この地方は一般に、冬季にはシベリヤ気団に基づく、卓越した偏西風によつて多量の雪がもたらされ、春季には揚子江気団に基づく高温多湿な偏西風の影響を受け、また春季から夏季にかけては、オホーツク海気団に基づく寒冷多湿な北東風 (ヤマセ、山背風) によつて影響されているから¹⁰¹⁾、水陸の分布、山

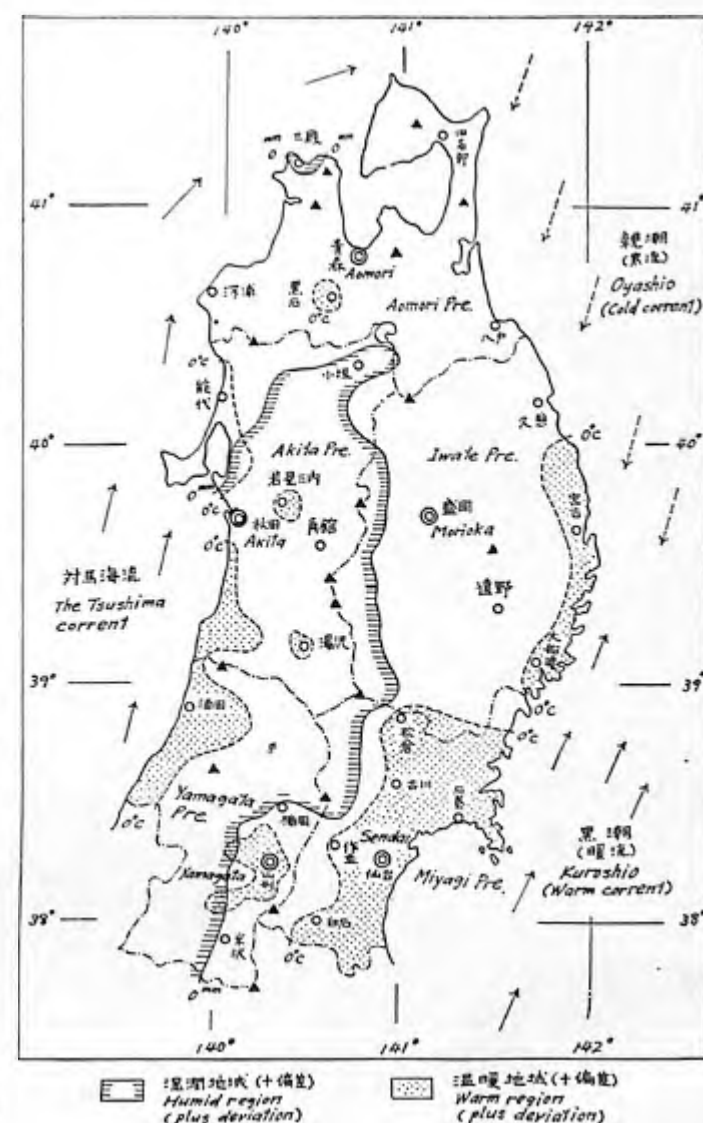


Fig. 1 東北地方の気候区分
(総平均降水量、総平均年平均温度の降水量、平均温度偏差による)
Division of climate of the Tōhoku province based on the deviations of annual precipitation and annual mean temperature.

* 調査成績は日本林学会誌、同東北支部会誌、林業試験研究発表会記録 (林試青森支場)、青森林友、林野土壌調査報告などに発表している。

Table 1. 平均気候表
Data of mean annual climate.

地 名 Location	全年 Total year		5~10月 May~Oct.		積雪量 Accumu. of snow cm	統計年 Statis. years
	降水量 Preci. mm	平均気温 Temp. °C	降水量 Preci. mm	平均気温 Temp. °C		
青森 Aomori (A)	1,369	11.0	668	19.4	Feb. 110	22
蟹田 Kanita (K)	1,479	11.2	705	19.1	Feb. 103	20
三厩 Miumaya (M)	1,855	11.0	873	18.7	Feb. 127	20
金木 Kanagi (Ka)	1,309	11.7	633	20.2	Feb. 104	21
五所川原 Goshogawara (G)	1,349	11.4	617	20.0	Feb. 111	20
小泊 Kodomari (Ko)	1,388	11.6	714	17.9	Feb. 65	18
黒石 Kuroishi (Ku)	1,159	12.5	604	21.1	Feb. 104	22
弘前 Hirosaki (H)	1,235	12.2	602	20.9	Feb. 82	22
田名部 Tanabu (T)	1,296	10.8	707	18.7	Feb. 84	22
泊 Tomari (To)	1,554	11.2	828	18.8	Feb. 123	22
脇野沢 Wakinosawa (W)	1,552	10.5	760	18.3	Apr. 102	20
大間 Ohma (O)	1,138	10.9	709	18.4	Feb. 27	21
八戸 Hachinohe (Ha)	1,083	11.5	725	19.3	Feb. 31	23
三沢 Misawa (Mi)	1,051	11.8	672	19.3	Feb. 54	12

Fig. 2 調査地域の雨量係数と偏差同値図
(上: 全年, 下: 5~10月, カッコ内は偏差)

LANG's Rain-Factor and distribution of deviation from mean value (upper: total year, lower: May~Oct., (): deviation).

これによると Type-I は日本海型, Type-II は太平洋型, Type-III は中間型に属している。

偏西風については、大政⁷⁰⁾の詳細な統計的調査があり、これが西面の土壤の乾燥に大きく影響する事実が指摘されている。また、オホーツク海気団に基づく北東風は、この地方では山背風(ヤマセ)と呼ばれ6月から8月の夏季にもっとも卓越し、その期間には気温の偏差がかなりマイナスになることが指摘されている²⁸⁾。しかし、この山背風の吹走方向は、Fig. 2のように、場所によって様ではなく、下北半島および東南部地方ではその影響が大きく、とくに脇野沢地方にいちじるしい。また、津軽半島では、東

系の配列は、さらに、このような偏西風、北東風の関係を強調していることは容易に考えられる。前述の地域別の気候差もそれがためであると思われる。それで、調査地域の代表的箇所の気候状態を Fig. 4 のように温雨図によって示して見た。Fig. 5 は Fig. 4 から代表的温雨図の3型にとりまとめたものである。この図の Type-I は三厩、脇野沢によって代表される低温多湿型で、蟹田、小泊を含み、Type-II は大間によって代表される冬季寡湿型で、八戸、三沢、五戸、三戸を含み、Type-III は黒石によって代表される高温寡湿型で、碓ケ岡、弘前、深浦、鯉ヶ沢を含むものであり、これらの3型は、この地方の気候の代表的な type であると考えられる。鈴木⁸⁸⁾は温雨図の形状から、日本海気候型と太平洋気候型に2大別されたが、そ

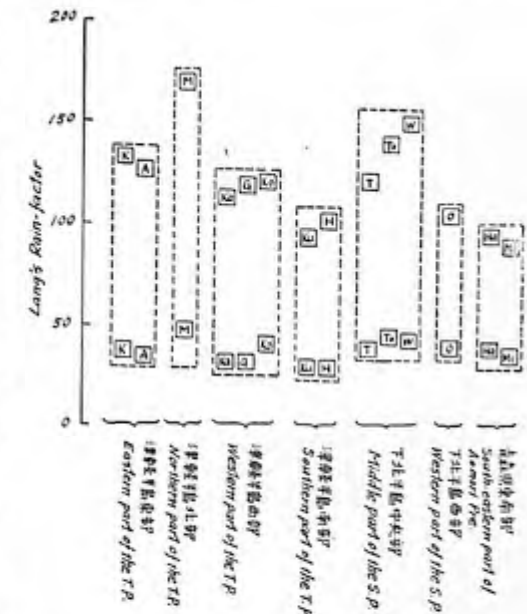
側は一般に強く影響されているが、津軽、下北両半島に存在する夏泊半島によって、津軽地方に吹走する山背風が南北にわかれていることにたいしては注目値があり、また、黒石、弘前地方は山背風の影響をほとんど受けていない。このような山背風の関係は、この地方の気候の湿度とよく一致している。

THORNTWHAITE²⁰⁾ は PE 指数と TE 指数によって気候の湿度を表現し、これと土壌型(great soil group)との関係について示しているが、調査地域における PE 指数および TE 指数は Fig. 6 のとおりであり、THORNTWHAITE の北米における土壌の climatic classification に照合すれば、PE 指数ははなはだ大きい、大体赤黄色土からボドゾルの範疇にはいるようである。

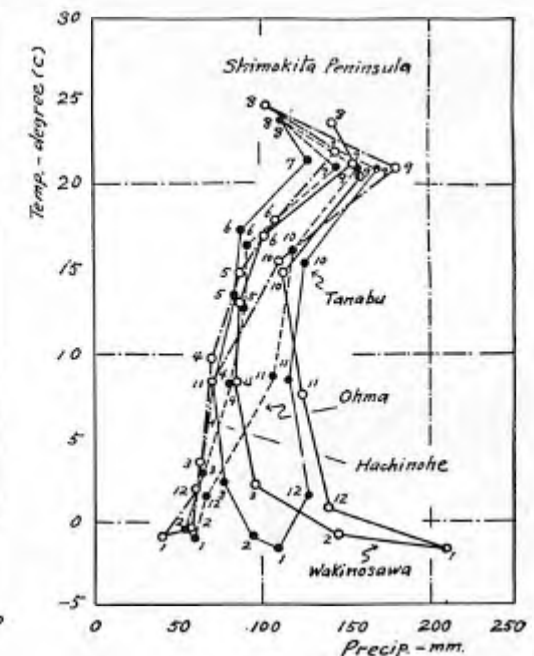
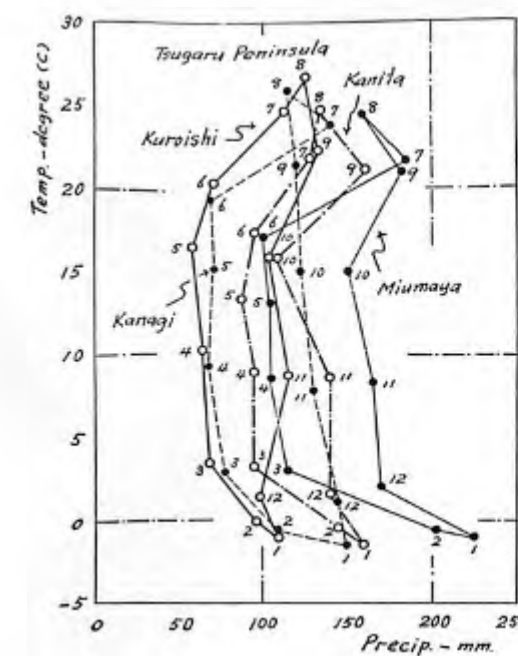
II-2. 地質および地形

a. 地 質

津軽、下北半島の地質は Fig. 7 のとおりであり⁵⁾³⁴⁾、地質系統は津軽半島と下北半島とは大分異なるために、以下それぞれについて概説しよう。

Fig. 3 調査地域の雨量係数
(上段: 全年, 下段: 5~10月, 記号は地名)

LANG's Rain-Factors of the areas surveyed (upper: total year, lower: May-Oct., symbol: names of location).

Fig. 4 調査地域の温雨図
Climographs in the areas surveyed.

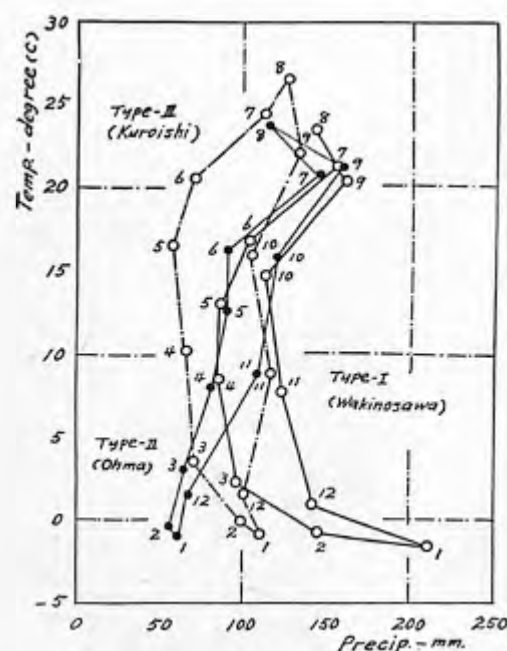


Fig. 5 温雨図の3型
Three types of climograph in the areas surveyed.

灰岩、頁岩)が分布し、海拔高を減ずるにしたがつて、浜田統、段丘堆積物に変移している。したがって、津軽半島周縁低位部では砂岩類や段丘堆積物、高位部では頁岩類や凝灰岩類が主として土壌の母材となっていることがわかる。

つぎに、下北半島では、頭部西側と東側に古生層(粘板岩、石灰岩)が露出し、頭部西側では、その周辺を新第三系の田ノ沢統、田代統、浜田統が順におおっており、中央部では恐山および燧岳火山の放出物によつて広くおおわれている。半島頭部では、北側に田代統(集塊岩)、南側に火山放出物が広く分布している。半島周縁の低位部には浜田統および段丘堆積物が見られる。したがって、下北半島では、火山放出物、凝灰岩、砂岩、頁岩が土壌のおもな母材となっている。

b. 地形

津軽半島は南北に走る脊梁山脈によつて東側と西側とにわかれ、ほぼ中央部に位置している大倉岳(677 m)を最高としている。大倉岳周辺は、比較的急峻な地形をなしているが、そのほかの地域では、海拔高を減ずるにしたがつて、地形も単純になり、海拔高 100~150 m 以下では起伏の小さい丘陵状の地貌を呈している(Phot. 2)。

また、下北半島について見ると、半島頭部では吹越鳥帽子(508 m)を最高とする丘陵状の地形であり(Phot. 3)、半島頭部には釜臥山(878 m)、大尽山(827 m)、朝比奈岳(874 m)、燧岳(781 m)が連立し、それらの周辺には急峻地形も見られるが、恐山火山および燧岳火山周辺には開析の進まない早壮年期の地形が広く発達している。また、半島頭部の西側海岸にはいたるところに急崖が発達している。

これらの関係を、地形計測資料によつて説明して見たい。

地形計測を実施した地区は Fig. 8 に示しているように、津軽半島大倉岳山塊、下北半島恐山山塊、下北半島頭部およびそれらの比較として、奥羽山脈北端の八甲田山塊の4カ所であり、その結果は Fig. 9 の

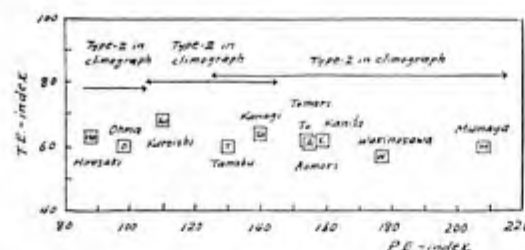


Fig. 6 調査地域の P.E. 指数と T.E. 指数
Distribution of THORNTON's P.E. and T.E.-index in the areas surveyed.

津軽半島では北端西側に一部古生層(粘板岩)の露出があり、また北部には安山岩類がかなり広く分布しているが、そのほかの地域は新第三系の各地層からなり、脊梁山脈東側を南北に縦走する断層によつて東西に2分されている。断層線東側には鮮新世上部の浜田統(砂岩、凝灰質砂岩、浮石質凝灰岩)が分布し、低位部では洪積期の段丘堆積物につづいているが、西側には中新世上部の蒲ノ沢統(硬質頁岩、頁岩、凝灰岩)、鮮新世下、中部の田代統(凝

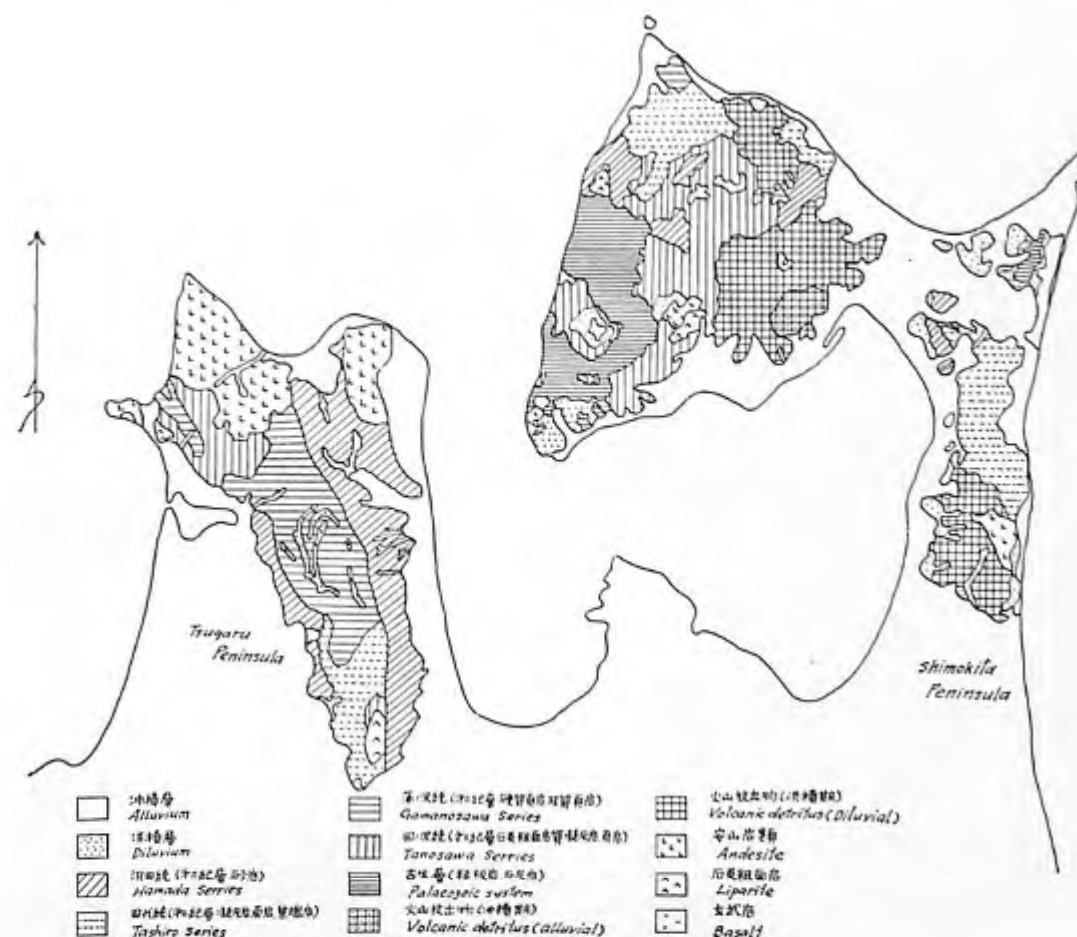


Fig. 7 調査地域の地質図
Geological map in the areas surveyed.

とおりである。Fig. 9 を見ると、津軽半島では海拔高の増加とともに傾斜度を増しているが、下北半島では海拔高 300 m 付近までは海拔高の増加とともに傾斜度を増しており、300 m 以上 600 m 付近までは傾斜度の増加がほとんどなく、600 m 以上ではふたたび傾斜度を増している。その傾向は八甲田山塊の場合とよく似ている。また、起伏量を見ると、津軽半島では海拔高の増加につれて起伏量が大きくなっているが、下北半島では海拔高 300 m 付近までは、海拔高を増すにつれて起伏量も大きくなって、300 m から 600 m 付近まではほとんど変化がなく、700 m 以上ではふたたび増大を示しており、その傾向は八甲田山塊のものによく似ている。つまり、津軽半島では地形

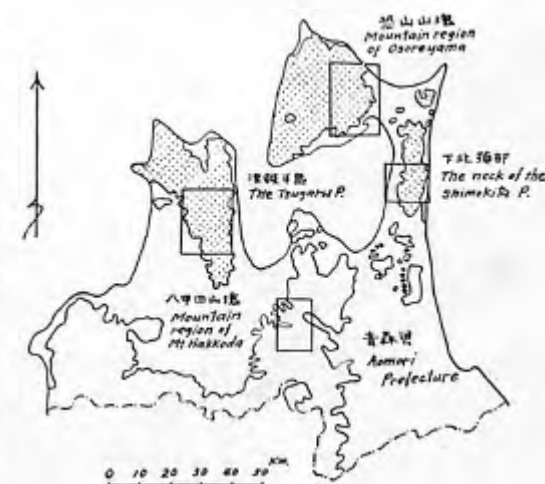


Fig. 8 地形計測位置図
Location of dissection of topography in the areas surveyed.

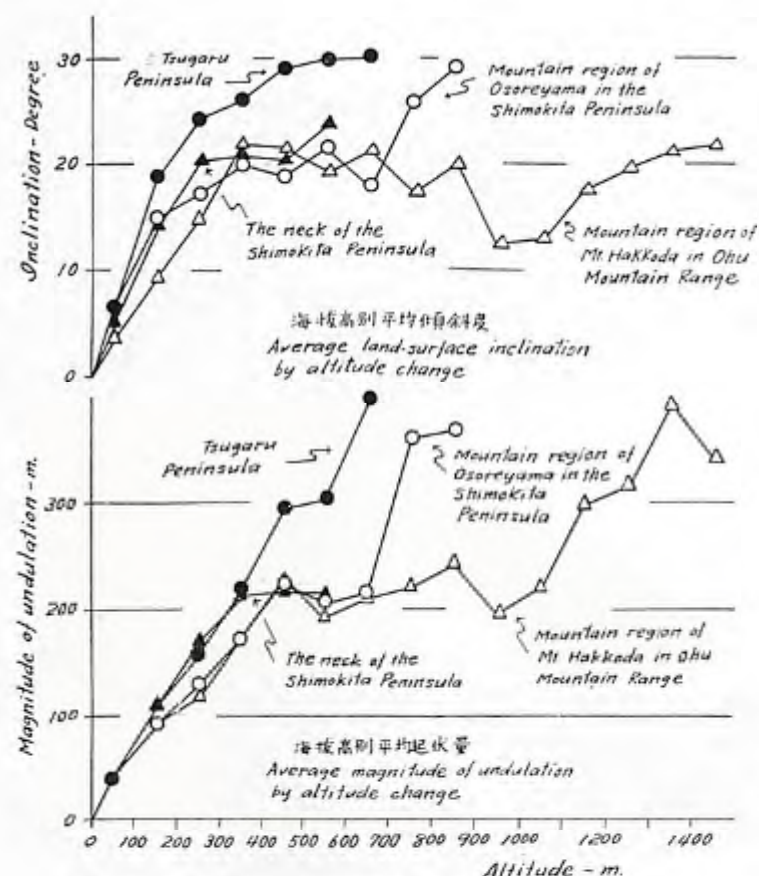


Fig. 9 調査地域の海拔高別平均傾斜度および平均起伏量
Comparison of average land-surface inclination and average magnitude of undulation by altitudinal change in the areas surveyed.

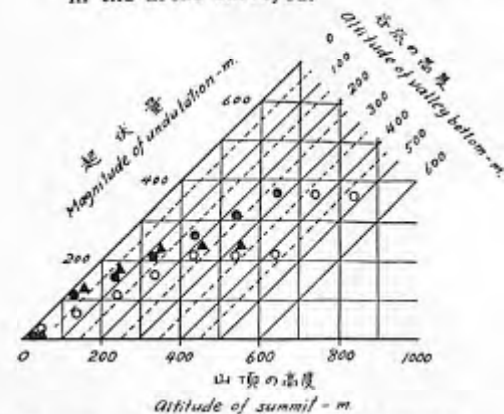


Fig. 10 各地域の開析度 (黒丸: 津軽半島, 丸: 恐山山塊, 黒三角: 下北頸部, 各点は平均値を示す)
Degree of dissection in the areas surveyed (black dot: Tsugaru P., circle: Osoreyama, black triangle: the neck of the Shimokita P., every points express average value in every altitude class).

の開析が比較的進んでいるために、海拔高を増すにしたがつて傾斜度や起伏量が大きくなり急峻となつてはいるが、下北半島では、海拔高300~600 mの範囲に、開析の進まない平坦地形が広くあらわれていることを示している。これは、下北半島では地質的に新しい火山放出物によつておおわれているためであり、八甲田山の地形と似ているのもそれがためであると思われる。

このように、下北半島の頭部と恐山山塊の地形はよく似ており、またそれらは八甲田山塊の地形と同じ性質を示しているが、津軽半島の地形はそれらよりも一層開析された状態にあり、地形的にはかなり性質がちがうようである。

Fig. 10 は各地区の開析度⁶⁶⁾を示したもので、津軽半島ではかなり最低谷底線に接近し、早壮年期の地貌を呈しているが、下北半島の300~600 m 範囲では、ほとんど横軸に平行し、準平原の様相を呈していることが類推される。したがつて、両半島におけるこのような地形の差異は、出現する土壌の種類やそれらの分布状態に大きく関係するであろうことが予想される。

II-3. 森林分布と森林生育

津軽、下北半島の植生は、大部分温帯性山地帯ブナミズナラスギヒバ群系に包含され、一部丘陵地帯に、コナラクリ群系、アカマツコナラクリ群系および海拔高約500 m 以上に亜寒帯性亜高山地帯ブナミヤマナラ群系、ダケカンパ群系が見られる。ブナミズナラスギヒバ

群系は、ブナミズナラスギヒバ群系とスギヒバキタゴヨウ群系にわかれてはいるが、広葉樹群系には、類別されている種々の群系があらわれているのにたいして、針葉樹群系には、ヒバの単純群系だけが広くあらわれており、ヒバキタゴヨウ群系がわずかに見られるだけである。ヒバ群系およびブナ群系は最も優勢であるが、これらの樹種は、ほかの広葉樹と混交林を形成している場合が多い。天然生アカマツは丘陵地帯に散見されるが、下北半島にはかなりまとまって分布しているところもある。ただし、このアカマツ林も、極相の森林が人為的に破壊され、その跡地に2次的に発達したものと見られ、吉岡¹³²⁾の分類による半自然的発達のものが多いようである。

つぎに、各地域別の森林の分布状況を示すと Fig. 11 のとおりとなり、人工林は10~15% 程度であるが、丘陵地帯の多い下北半島頭部では20% 以上となつてはいる。針葉樹林は主としてヒバ林であるが、津軽半島では下北半島よりもヒバ純林が多く、広葉樹林が少ないことはこの図によつてもあきらかである。津軽半島内でも、脊梁西側にとくにヒバ林が多い傾向がある。

両半島ともに、海拔高を増すにしたがつて、ヒバ林からブナ林に推移しているが、海拔高150~300 m の範囲にはヒバの純林が普遍的に見られ、また旺盛な生育を示している (Phot. 4)。ヒバの生育良好な林分がまとまって分布している地域は、Fig. 108 に見られるように、津軽半島の中央部や下北半島の頭部東側であるが、反対に、下北半島西部や津軽半島東部には、風衝をうけた形質不良な林分や疎開した形質のわるい林分が分布している (Phot. 5)。ヒバ林は津軽半島では、南側の馬の神岳、梵珠山付近で林分としての形態がなくなり、下北半島では、おおむね吹越島帽子付近で林分としての形態を失っている。

III 調査ならびに実験方法

III-1. 野外調査方法

a) 土壌断面の設定および土壌分布調査

国有林野土壌調査方法書によつた⁷⁸⁾。

b) 実験試料の採取

化学分析試料は層位ごとに布袋に採取した。ポドゾル土壌の場合には、溶脱および集積の状態があきらかな部分を採取した。団粒分析試料はなるべく自然状態をこわさないようにして、土塊のままでポリエチレン袋に採取した。理学的性質測定用試料は、芝木³⁾が使用した金属製採取円筒 (内容200 cc, 400 cc の2種) を使用し、おおむね層位ごとに、自然状態をこわさないように注意しながら採取した。

c) 植生調査

土壌断面付近で植生状態が正常であると思われたところに10m×10m あるいは5m×20m の方形区を区画し、河田³⁰⁾が紹介したスウェーデン式コードラート法によつて調査した。一定面積における植物の出現

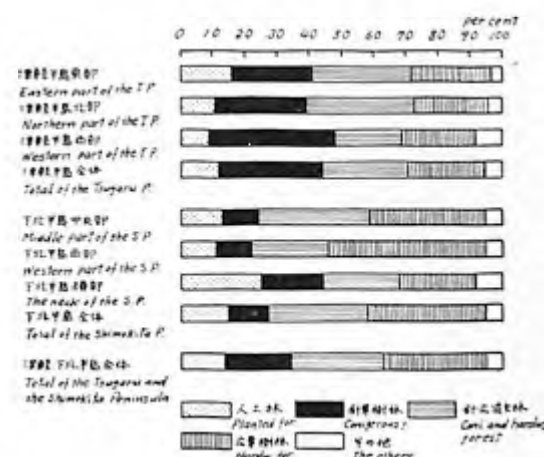


Fig. 11 津軽、下北半島の林相別割合
Comparison of ratio of planted forest and natural conifer, conifer-hardwood and hardwood forests in the areas surveyed.

状態は熟練していない場合にはその判定がむずかしいし、また少しよりあらわれていないものは見のがしやすいために、筆者は、とくにコドラート法を使用し、低木階以下の植物の出現状態を調査することにした。

この方法は、海岸植生の調査のために、1 m 平方のコドラートを 100 個に区分して使用するものであるが、ヒバ林下の調査の場合には、個体の大きい灌木および草本が対象となつていているために、河田の方法に準じて、10 m 平方のコドラートを使用することにした。各植物の出現状態は、あらわれた樹目の数によつて、つぎのように 1～5 の 5 階級に区分した。

優 占 度	樹 目 数
1	1～8
2	8～17
3	17～33
4	33～67
5	67～100

d) 成長調査

林木の成長は樹幹析解法により、林分の成長は毎木調査法（胸高直径 6 cm 以上の立木について）によつた。調査箇所は層断面設定付近で、林相の状態がおおむね正常なところに設定した。樹幹析解供試木は毎木調査資料の中央木から選定し、2 本以上について実施した。なお、ヒバ林分の構成状態を知るために、代表的土壌の毎木調査箇所について、樹幹投影図を作成した。

III-2. 室内実験方法

a) 自然状態の理学的性質

採取円筒によつて採取した土壌は林野土壌調査方法書によつて処理したが、容易に吸水しないような土壌でも特別な前処理をしていない。理学的性質を量的にあらわす場合には、採取容積にたいする百分率によることにした。また、自然状態の土壌の透水性は、林業試験場真下技官によつて考案された装置を使用して測定した。

b) 生土の粒団組成

自然状態の生土の土塊 50 g を飽水させ、2.4, 1.0, 0.54, 0.27, 0.104 mm の 5 組の篩からなる団粒分析装置に移し、30 分間水中で上下に振盪したのち、各篩に残った fraction を採取し、絶乾、秤量した。

c) 機械的組成

細土の機械分析は、大体の粒径組成を知るのを目的としたために沈底法によつて実施し、砂(2.0～0.02 mm)、シルト(0.02～0.002 mm)、粘土(0.002 mm 以下)を定量した。粘土は直接定量しないで、砂、シルト定量の差によつて算出し、しかも腐植除去の前処理をしていないために、粘土分には希アルカリ可溶の腐植をも包含している。

d) 腐植の形態

腐植の形態は SIMON 法⁸⁹⁾により、非化ソーダ、苛性ソーダ浸出液の沈殿部割合(PQ)、腐植化度(HQ)を測定したほか、シニウ酸ソーダ可溶腐植について A 型および B 型の腐植酸を定量した。各腐植の定量には KMnO₄ 滴定法を使用した。

また、SIMON 法による腐植の抽出は、すべて室温であつたために、参考として、河田²⁷⁾の実施した熱苛

性ソーダ抽出の腐植の形態についても実験してみた。

e) 一般化学的性質

腐植、炭素は TIURIN 簡易法、置換酸度は塩化カリ使用、加水酸度は酢酸石灰使用、pH は 1:5 懸濁液について硝子電極法、窒素は KJELDAHL 法、塩基置換容量および塩基飽和度は A.O.A.C. 法によつて測定した。また、置換性塩基は酢酸アンモン浸出液について、Ca⁺⁺、Mg⁺⁺ は EDTA 法、K⁺、Na⁺ は焰光分析法^{*1}によつた。

f) 電気透析

三田村縦型電気透析装置を使用し、風乾細土 10 g について電気透析を実施し、究極 pH、陰極槽内の透析性陽イオン、陽極槽内の透析性腐植を定量した。

g) 酸化還元電位測定

生土の土塊で採取した試料の内部から約 50 g をとり、1:1 の割合で水を加えて糊状にし、基準電極としては HC-200 飽和甘汞電極、白金電極としては BROWN⁹⁾ の測定装置に準じた白金線を使用し、27°C で incubator に保持し、1 週間にわたつて測定した。この間、白金電極は試料中に固定されたままである。

h) 無機成分の定量

細土を使用して、熱塩酸(sp. 1.15)浸出法により、SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃ を定量したほか、TAMM の酸性シニウ酸アンモン法¹⁰¹⁾により、易溶性コロイドを定量した。なお、一部の土壌については、2 μ 以下の無機粘土を分離、採集し、SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃ を定量した。

i) 1 次鉱物の同定^{*2}

細土に水を加え、アルカリを滴下して粘土を分散させ、それを傾斜法で除去して得た砂分を鏡視した。

j) 植物の無機、有機成分の定量

(1) 灰分分析……分析試料は乾燥、粉碎し、ガスバーナーで徐々に灰化して灰分を得た。灰分は熱塩酸で処理し、SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、P₂O₅ は常法により、CaO、MgO は EDTA 法、Na₂O、K₂O は焰光分析法によつた。

(2) 有機成分の定量……粉碎した風乾試料 10 g をとり、WAKSMAN¹⁰⁸⁾ らの有機物簡易定量法によつて、エーテル、アルコール可溶物、還元糖、粗蛋白質、リグニン腐植を定量し、また同じ試料を使用して、全炭素、全窒素を定量した。

k) 落葉の分解試験

粉碎した試料一定量を 100 cc ビーカーにとり、容水量に相当する水を加え、各試料ごとに、ヒバ林下の B_F 土壌 A_I 層の懸濁液および P₀H 土壌 H 層の懸濁液を少量あて加えて接種し、27°C で 2 カ月間および 3 カ月間 incubate し、その後乾燥し、減量をもつて分解量とした⁸⁾。また、各試料について、それぞれ pH 値を測定した。

IV ヒバ林地帯の代表的土壌とその植生

IV-1. 土壌の分類方法

津軽、下北半島のヒバ林地帯にあらわれている各種土壌を国有林野土壌調査方法にしたがつて分類し

*1 焰光分析は岩手大学吉田助教授の労をわずらわした。

*2 1 次鉱物の同定は、東北大学増井助教授の直接指導によつて実施した。

た⁷⁸⁾。

ただし、低海拔高地域の主として台状地形にあらわれている土壤で、腐植による汚染が少なく、下層が赤褐色を呈しているものがあり、また同じく低海拔高地域で、主として地質的に新しい母材のところに、前者と近接して分布し、下層が灰黄色ないし灰褐色の淡色を呈するものがあるが、これらの土壤は大致⁷⁹⁾によって分類された褐色森林土とは形態ならびに性質が多少異なるように思われた。それで、前者にたいしては基準型各型の記号に「-I」を付して亜型-I とし^{*}、後者にたいしては層断面形態が Bc 土壤に似ているところから、暫定的に Bc の記号に「-II」を付して亜型-II として区別した。

また、Bd 土壤では、層断面の形態に基づいて、偏乾性の Bd(d) と偏湿性の Bd(w) の 2 中間型をもうけ、Bc-II 土壤にたいしても同様に取りあつた。ポドゾル土壤には、母材、地形によって偏乾性砂質のものと偏湿性埴質のものがあつた。層断面の形態がそれぞれ異なるために、前者には「-s」、後者には「-c」の土性記号を付して細分した。この区分は母材による土性の差異ばかりではなく、土性による層断面形態の相違をも包含している。

ヒバ林地帯にあらわれている Pod 土壤は、腐植が下層まで浸透し、基準型よりも湿性であるために、Pod(h) として区分したし、また沢沿い平坦地にあらわれている水成堆積土で、層位の分化が不十分なものを洪涵地土 Fd として取り扱った。

以上の基準によって分類した土壤を列記すればつぎのとおりになる。

(I) 褐色森林土壤群

a. 乾性褐色森林土 (傾斜地型)	BA
同 亜型-I	BA-I
b. 乾性褐色森林土 (緩斜地型)	Bb
同 亜型-I	Bb-I
c. 弱乾性褐色森林土	Bc
同 亜型-II	Bc-II
同 (偏乾性型)	Bc(d)-II
同 (偏湿性型)	Bc(w)-II
d. 適潤性褐色森林土	Bd
同 亜型-I	Bd-I
同 (偏乾性型)	Bd(d)
同 (偏湿性型)	Bd(w)
e. 弱湿性褐色森林土	Be
同 亜型-I	Be-I
f. 湿性褐色森林土	Bf
(II) ポドゾル土壤群	
a. ポドゾル (砂質型)	Pod-s
同 (埴質型)	Pod-c
b. ポドゾル化土壤 (砂質型)	Pod-s

* 筆者の津軽半島における報告書では、この土壤の特徴を指摘し、異質であることを強調した。

同 (埴質型)	Pod-c
c. 弱ポドゾル化土壤 (腐植型)	Pod(h)
d. グライポドゾル	Pg
(III) 地下水土壤群	
a. グライ土壤	G
(IV) 黒色土壤群	
a. 乾性黒色土	B/b
b. 弱乾性黒色土	B/c
c. 適潤性黒色土	B/d
d. 湿性黒色土	B/f
(V) 未熟土	
a. 洪涵地土	Fd
b. 石礫土*	

IV-2. 代表的土壤とその植生

この報告に採用した代表的土壤の層断面形態とその植生については、すでに、林野土壤調査報告第 5 号 (昭和 31 年) および林野土壤調査報告青森営林局土壤調査報告第 3 報 (昭和 34 年) に記載したから、本項においては一般的な記載は省略する。ただし、前報告に記載しなかつた 1 次鉱物の同定については、各土壤ごとに述べることにする。各土壤の分析成績および植生については付表第 1, 第 2, 第 3 を参照せられたい。

Profile 1. BA 土壤

林土調報青森営林局土調報第 3 報 (p. 9, 断面 No. 1) 参照のこと。

Profile 2. BA-I 土壤

林土調報第 5 号 (p. 19, Prof. 3) 参照のこと。ただし、前報では BA 土壤としたが、本報では BA-I 土壤として亜型に区分した。

Profile 3. Bb 土壤

林土調報第 5 号 (p. 20, Prof. 5) 参照のこと。

なお、この土壤の砂分について、1 次鉱物を検鏡した結果、C 層では斜長石が大部分で、浮石がそれにつぎ、石英はきわめて少ない。少量の紫蘇輝石および不透明鉱物を含有している。B 層、A 層の組成も大体同じであるが、B 層の斜長石はいくぶん Fe_2O_3 で汚染されており、A 層では汚染の程度が弱く、また浮石がいくぶん減少している。

Profile 4. Bb-I 土壤

林土調報第 5 号 (p. 23, Prof. 6) 参照のこと。ただし、前報では Bb 土壤としたが、本報では Bb-I 土壤として亜型に区分した。

Profile 5. Bc 土壤

* 石礫土は風化土層がうすく、表層から石礫を混じ、土層の発達が不十分なものを指すが、層断面の形態および水湿状態によって各土壤に属せしめ、Bb-g, Pod(h)-g のように、土壤型記号に「-g」を付してあらわした。

林土調報青森営林局土調報第 3 報 (p. 13, 断面 No. 12) 参照のこと。ただし、前報では B₀(d) 土壤としたが、本報では土壤構造、その他の特徴から B_c 土壤に訂正した。

Profile 6. B_c(d)-II 土壤

この土壤だけは前報告に記載されていない。層断面の特徴を述べればつぎのとおりである。

位置および地形：中里，4 は，丘陵峰部，海拔高 150 m。母材料：第 3 紀層砂岩，林相：スギ人工林。

層断面の説明

F: 0~1 cm, スギ, ミズナラ腐葉。HA: 1~3 cm, 黒色, 壤土, 腐植にすこぶる富む, 粒状構造, 粗, 部分的に菌糸塊あり。B₁: 3~18 cm, 淡黄灰色, 壤土, 腐植を含む, 粒状ないし堅果状構造, 菌糸介在, B₂ 層よりも淡色。B₂: 18~33 cm, 暗黄灰色, 壤土, 腐植に乏し, 水湿あり, やや堅。B₃C: >33 cm, 明黄褐色, 砂壤土, 固結。

このように、層断面の形態から乾性の特徴は認められるし、付表の分析成績を見ても、乾性で、比較的酸性であることがわかるが、物質の移動は明りようでない。

Profile 7. B_c(d)-II 土壤

林土調報第 5 号 (p. 27, Prof. 8) 参照のこと。ただし、前報では B_c-s 土壤としたが、本報では B_c(d)-II 土壤として亜型に区分した。

なお、この土壤の砂分について 1 次鉱物を検鏡した結果、B₂ 層では他形の斜長石、浮石が多く、石英は少なく、石英は両錐形を呈し、なお少量の他形の角閃石、輝石、加水雲母を混じている。さらに、一部には diatom が認められる。B₁ 層では B₂ 層と同様であるが、浮石がいくぶん減少し、角閃石、紫蘇輝石はさらに風化している。このような鉱物の形態は、土壤的な風化によるよりも、それ以前の機械的破壊によるもののようである。

Profile 8. B_c-II 土壤

林土調報第 5 号 (p. 27, Prof. 9) 参照のこと。ただし、前報では B_c-c 土壤としたが本報では B_c-II 土壤として亜型に区分した。

なお、この土壤の砂分について 1 次鉱物を検鏡した結果、B₂ 層は大部分黄褐色の浮石であり、浮石の周辺は 2 次的に再結晶している。他形の斜長石、両錐形の石英、glass を少量混ざる。有色鉱物としては他形の角閃石が主であり、少量の紫蘇輝石および diatom を混入している。B₁ 層の鉱物的組成は大体 B₂ 層に似ているが、浮石は B₂ 層よりも減少し、黒色を呈しており、また Fe₂O₃ で汚染された斜長石が多くなっている。いずれも他形で、風化は B₂ 層よりも進んでいる。

Profile 9. B_c-II 土壤

林土調報第 5 号 (p. 28, Prof. 10) 参照のこと。ただし、前報では B_c-c 土壤としたが本報では B_c-II 土壤として亜型に区分した。

なお、この土壤の砂分について、1 次鉱物を検鏡した結果、B₂ 層には黒褐色の浮石がきわめて多く、斜長石、石英は少量である。有色鉱物としては少量の角閃石、紫蘇輝石および加水雲母が見られる。B₁ 層の鉱物組成も大体 B₂ 層と同様であるが、浮石は褐色が強くなり、粒子は比較的小さい。母材としては Prof. 8 とよく似ているが、加水雲母は多くなっている。

Profile 10. B_c(w)-II 土壤

林土調報第 5 号 (p. 33, Prof. 11) 参照のこと。ただし、前報では B_c-w 土壤としたが本報では B_c(w)-II

土壤として亜型に区分した。

Profile 11. B₀ 土壤

林土調報青森営林局土調報第 3 報 (p. 16, 断面 No. 8) 参照のこと。

なお、この土壤の砂分について 1 次鉱物を検鏡した結果、B₂ 層はほとんど大部分浮石であり、斜長石、石英を少量混じ、角閃石、紫蘇輝石は少ない。このことから火山灰であることはあきらかであり、しかも dacite 系のものであることが推定される。glass は見あたらない。B₁ 層の組成は B₂ 層とほとんど同様であるが、浮石は多少減少しており、A₂ 層ではさらに浮石が減少している。斜長石は上層ほど Fe₂O₃ で汚染されている。

Profile 12. B₀-I 土壤

林土調報青森営林局土調報第 3 報 (p. 19, 断面 No. 21) 参照のこと。

なお、この土壤の砂分について 1 次鉱物を検鏡した結果、B₂ 層には斜長石、石英が多く、浮石はきわめて少ない。紫蘇輝石はいくぶん多く、角閃石、不透明鉱物は少量である。浮石の周辺に再結晶が見られるところから、水成堆積の傾向がうかがわれる。このような組成からは dacite 系の火山放出物と見られる。B₁ 層の組成は B₂ 層とほとんど同様であり、紫蘇輝石がいくぶん多くなっている。A 層は B₁、B₂ 層と同様の傾向を示しているが浮石はほとんど見あたらない。

Profile 13. B₀(d) 土壤

林土調報青森営林局土調報第 3 報 (p. 13, 断面 No. 11) 参照のこと。

Profile 14. B₀(w) 土壤

林土調報第 5 号 (p. 37, Prof. 14) 参照のこと。

Profile 15. B₀(w) 土壤

林土調報青森営林局土調報第 3 報 (p. 19 断面 No. 15) 参照のこと。

Profile 16. B_e 土壤

林土調報第 5 号 (p. 38, prof. 15) 参照のこと。

Profile 17. B_e-I 土壤

林土調報第 5 号 (p. 43, Prof. 16) 参照のこと。ただし、前報では B_e 土壤としたが本報では B_e-I 土壤として亜型に区分した。

Profile 18. B_f 土壤

林土調報第 5 号 (p. 44, Prof. 17) 参照のこと。

Profile 19. P₀-s 土壤

林土調報第 5 号 (p. 48, Prof. 18) 参照のこと。

なお、この土壤の砂分について 1 次鉱物を検鏡した結果、B₂ 層では斜長石、浮石が少なく、不活性な無色鉱物が大部分である。これは屈折率 1.5 付近であるから glass に近いが、劈開があるところから有色鉱物の風化とも見られ、そのいずれであるかは判然としない。B₁ 層の組成も B₂ 層と同様であり、ほとんど大部分が不活性の風化物からなる。A₂ 層もほとんど不活性の無色鉱物であり、紫蘇輝石、黒色不透明鉱物はきわめて少ない。このように、A、B 層は同一母材であり、無色の不活性風化物が glass であるとすれば火山灰とも見られるが、むしろ、有色鉱物の風化したものと見る方が妥当なようであり、土壤生成以前に、かなり強度の風化をうけた母材であることが推定される。

Profile 20. Pdr-c 土壌

林土調報青森営林局土調報第 3 報 (p. 23, 断面 No. 36) 参照のこと。

なお、この土壌の砂分について 1 次鉍物を検鏡した結果、B₂ 層では斜長石が多く、茶褐色に汚染された浮石がかなりあり、石英は少ない。有色鉍物では紫蘇輝石が多く、角閃石、黒色不透明鉍物は少量である。有色鉍物の方が無色鉍物よりもいくぶん多い。B₁ 層では B₂ 層に比較して浮石が多くなり、斜長石が減少している。浮石は Fe₂O₃ ではなだ汚染され、斜長石も劈開面に Fe₂O₃ が見られる。有色鉍物の量は B₂ 層と大体同じである。A₂₂ 層では浮石はさらに減少しているが、やはり Fe₂O₃ で汚染され、glass をわずかに混入し、有色鉍物は下層よりも多くなっている。A₂₁ 層では浮石はほとんどなくなり、斜長石、石英も僅少である。角閃石、紫蘇輝石は風化のため結晶構造が破壊されており、新しいものはきわめて少ない。そして、淡緑色をおび、劈開面がわずかに汚染されている。このように、表層ほど浮石、斜長石が減少し、A₂₁ 層では有色鉍物が風化によつて無色に近くなり、結晶構造が破壊されている。

Profile 21. Pdr 土壌

林土調報青森営林局土調報第 3 報 (p. 23, 断面 No. 41) 参照のこと。

Profile 22. Pdr-s 土壌

林土調報青森営林局土調報第 3 報 (p. 25, 断面 No. 42) 参照のこと。

なお、この土壌の砂分について 1 次鉍物を検鏡した結果、B₂ 層では比較的新しい斜長石が多く、少量の浮石、両錐形の石英を混ざる。角閃石、紫蘇輝石が比較的多く、少量の黒色不透明鉍物、岩片を混ざる。B₁ 層では B₂ 層とほとんど同じであり、浮石がやや減少している程度である。A₂、A₁ はともに、B 層と同様であり、A₁ 層ではいくぶん石英が増加するようであるが、まったく同一母材と見られる。

Profile 23. Pdr-s 土壌

林土調報青森営林局土調報第 3 報 (p. 25, 断面 No. 44) 参照のこと。

Profile 24. Pdr-c 土壌

林土調報青森営林局土調報第 3 報 (p. 26, 断面 No. 46) 参照のこと。

なお、この土壌の砂分について 1 次鉍物を検鏡した結果、B₂ 層には浮石がきわめて多く、斜長石、石英はほとんどない。紫蘇輝石、角閃石は一般に多く、それに少量の黒色不透明鉍物を混じている。B₁ 層にも浮石が多く、その組成は B₂ 層と似ているが、浮石は Fe₂O₃ でかなり汚染されている。A 層の組成も同様であるが、浮石は B₁ 層よりも淡色で、量的にもいくぶん減少している。このように、各層の鉍物組成からは火山性の同一母材と見られる。

Profile 25. Pdr(h) 土壌

林土調報青森営林局土調報第 3 報 (p. 26, 断面 No. 50) 参照のこと。

なお、この土壌の砂分について 1 次鉍物を検鏡した結果、B₂ 層には浮石、斜長石が少なく、黒色の紫蘇輝石が大部分を占め、普通輝石、角閃石も多く、有色鉍物が大部分である。B₁、A 層の組成も同様であるが、A 層では無色鉍物がさらに少なくなっている。

Profile 26. Pg 土壌

林土調報第 5 号 (p. 59, Prof. 25) 参照のこと。

Profile 27. Pg 土壌

林土調報第 5 号 (p. 60, Prof. 26) 参照のこと。

Profile 28. G 土壌

林土調報青森営林局土調報第 3 報 (p. 28, 断面 No. 52) 参照のこと。

なお、この土壌の砂分について 1 次鉍物を検鏡した結果、G₂ 層には角閃石、紫蘇輝石などの有色鉍物が少なく、斜長石を主とし、浮石がそれにつき、石英は少ない。浮石は灰褐色に汚染され、一部再結晶のものがみられる。G₁ 層でも同様である。A₂G 層では茶褐色の浮石が主体をなし、斜長石、石英は少ない。紫蘇輝石、角閃石は他形をなしている。A₁ 層では無色鉍物は A₂G 層と大差はないが、角閃石が少なく紫蘇輝石が多い。加水雲母は僅少である。これらのことから、G₁、G₂ 層は同一母材と思われるが、A₁、A₂G 層は G 層といくぶん差異があるようである。しかし、全般的には同一母材と見なしても大過ないものと思う。

Profile 29. G 土壌

林土調報青森営林局土調報第 3 報 (p. 28, 断面 No. 53) 参照のこと。

Profile 30. B/b 土壌

林土調報青森営林局土調報第 3 報 (p. 29, 断面 No. 55) 参照のこと。

Profile 31. B/c 土壌

林土調報第 5 号 (p. 69, Prof. 31) 参照のこと。

なお、この土壌の砂分について 1 次鉍物を検鏡した結果、B 層には斜長石、浮石が多く、少量の紫蘇輝石、黒色不透明鉍物、岩片を混入している。A 層でも、やはり斜長石、浮石は多いが、浮石は B 層より大分少なく、紫蘇輝石は B 層より多い。鉍物組成からは A、B 層はほとんど同じであり、また glass が認められないところから、安山岩質の tuff と思われる。

Profile 32. B/b 土壌

林土調報第 5 号 (p. 69, Prof. 32) 参照のこと。

Profile 33. B/f 土壌

林土調報青森営林局土調報第 3 報 (p. 31, 断面 No. 57) 参照のこと。

Profile 34. Fd 土壌

林土調報第 5 号 (p. 74, Prof. 33) 参照のこと。

Profile 35. Fd 土壌

林土調報第 5 号 (p. 74, Prof. 34) 参照のこと。

V ヒバ林土壌の諸性質

前項においては、ヒバ林地帯にあらわれている代表的土壌について、層断面の形態的特徴を述べたが、ここでは、水分関係、機械的組成、有機物の分解と腐植化の程度、土壌酸度と塩基飽和度および無機成分の分布などによつて、各土壌の特徴をあきらかにし、土壌の生成過程について考察して見たいと思う。

V-1. 土壌層断面における水分状態

土壌水分が土壌生成上きわめて重要な作用を有していることは、JOFFE, JENNY, ROBINSON, WILDE, そのほか多くの学者によつて認められており、これまで、気候によつて土壌が分類され、さらに同一気候下でも、地形によつて異なる土壌があらわれているのも、結局、気候とくに降水と蒸発による水分収支によつて土壌水分が支配され、土壌水分の状態によつて、その生成様式が異なり、その結果、特徴ある層断面の

b. 各土壌の水分吸収状態

この研究においては、採取円筒を使用し、可及的自然状態で採取した土壌の下端を浸水させて 24 時間放置し、含水量を測定することによって土壌の吸水、保水状態を見たが、各土壌について前述したように、土壌によって吸水状態がはなはだ異なっている。自然状態において多量の水分を保持し、ほとんど飽水状態を呈している土壌は吸水できないのは当然であるが、採取時の水分量が少ないにもかかわらず、ほとんど吸水していない土壌も見られる。

Fig. 17 は BA, BB 土壌, BE, BF 土壌, PD I, II 土壌, G 土壌の含水量と飽差との関係を各土壌の A 層について図示したものであり、乾性土壌では含水量も飽差も小さいが、湿性土壌では両者とも大きくなり、ポドゾル土壌、グライ土壌に移行するにつれて、含水量はきわめて大きい、飽差ははなはだ小さくなっている。この関係を、さらに飽差と最小容気量について示したのが

Fig. 18 である。この図を見ると、乾性の BA~Bc 土壌はほとんど吸水していないために、最小容気量はきわめて大きい、反対に過湿の G 土壌は、飽水状態を呈しているために、飽差も小さく、最小容気量も小さくなっている。BE, BF 土壌および Bd 土壌でも、一般に飽差が小さく、最小容気量も小さい傾向がある。ポドゾル土壌は BA~Bc 土壌と Bd および BE, BF 土壌の中間的性質を示している。ヒバ林地帯の各土壌に、このような傾向が認められることについては、すでに津軽半島のヒバ林土壌について指摘しておいた¹¹⁹⁾。

V-2. 機械的組成——粘土の含量

土壌の機械的組成は母材の性質によって特徴づけられるであろうことは容易に考えられるが、また同じ性質の母材に由来した土壌でも、風化作用の程度によって、土壌の精粗に差異があらわれるであろうことも考えられる。JENNY ら²⁰⁾は北米大陸において、偏乾性気候から偏湿性気候にうつるにしたがつて、膠質粘土が直線的に増加していることを報告している。

筆者¹¹⁹⁾は、さらに、ヒバ林地帯の各土壌においては、土壌の機械的組成は土壌型とはあまり関係がなく、むしろ母材と関係していることを報告した。この研究においても、代表断面の記載で述べたように、各土壌の機械的組成は土壌型とはあまり関係が見いだされなかつたために、主要な母材——砂岩、凝灰岩、頁岩、火山放出物、火山岩——に大別して、母材ごとに粘土の含有量をあらわしてみた。

Fig. 19 は母材と粘土の含有量との関係を示したものであるが、砂岩に由来した土壌では、あきらかに

ほかの母材におけるものよりも粘土の含有量が少い。また、A 層と B 層の粘土含量について見ると、一般に A 層は B 層よりも粘土分は多いが、頁岩に由来した土壌では、A 層よりもむしろ B 層に多い傾向がある。A 層は一般に腐植を多量に含有している。この実験では、特別に腐植を除去していないために、粘土分のなかには腐植が混入しており、そのために A 層の粘土分が多くなっていることが考えられるが、頁岩の風化物の場合には、母材そのものが粘土に富んでいることも考えなければならない。

V-3. 有機物の分解および腐植の形態

a. 有機物層の分解状況

森林土壌の表層には、落葉の形態が肉眼的に認められるものから、ほとんど遺体の形態がわからないまでに分解したものまで、種々の分解過程の有機物層を堆積しており、この層を一般に A₀ 層といっている。したがって、A₀ 層は分解の程度によって、比較的新しい落葉 (recently fallen leaves) や種々の程度に腐植化した有機物層 (humified organic layer) をわけることがあり、前者は L 層、後者は分解程度によって F 層、H 層にわけられている。

自然土壌における A₀ 層の堆積は、落葉の供給と土壌微生物による分解とによって、平衡が維持されているために、各環境に応じて、おおむね一定の厚さをもった A₀ 層が堆積していることが考えられる。それで、ヒバ林地帯の代表的土壌について、土壌ごとに A₀ 層の厚さを図示したのが Fig. 20 である。この図を見ると、BA, BB のような乾性土壌では A₀ 層の堆積は比較的厚いが、Bd, BE, BF のような適潤性ないし湿性土壌ではきわめて薄い。ポドゾル土壌ではきわめて厚く A₀ 層を堆積している。また、ヒバ林下の A₀ 層は、一般に H 層を主としているが、ヒバ林以外のアカマツ林やコナラ、ミズナラ林下では F 層を主とする A₀ 層を堆積している傾向がある。

安定した天然生林下では、その環境と平衡し、一定の有機物層を堆積しているが、一度、天然生林が伐採されると急激な環境の変化をきたし、その結果、有機物の分解も急激に促進される*。乾性土壌と湿性土壌に、上述のような A₀ 層堆積の傾向があることは、一般に認められるが、褐色森林土亜型-I、亜型-II の各土壌間に、そのような A₀ 層堆積の差異があまり認められないのは、これらの土壌があらわれている地域は、既往において頻繁に伐採され、たえず環境の均衡が破られていることが大きく原因していることと思われる。黒色土の各土壌において A₀ 層がほとんどなく、土壌間に差異がないのも、草生下であるか、あるいは未熟な森林下であるためであろう。ポドゾル土壌は長期にわたってヒバの純林が維持されたところにあらわれているために、A₀ 層の堆積はきわめて厚くなっている。

MULLER が土壌有機物を mull と mor に 2 大別してから、ROMELL, HEIBERG, CHANDLER, BORNEBUSCH の諸氏によって、このような 2 型の形態的分類がなされてきた^{77) 17) 112) 113)}。褐色森林土亜型-I や亜型-II の各土壌では、ミズナラ、ブナなどの広葉樹の落葉を主とし、堆積の粗な F 層の形態で堆積し、表層は比較的

* この関係については後述する。

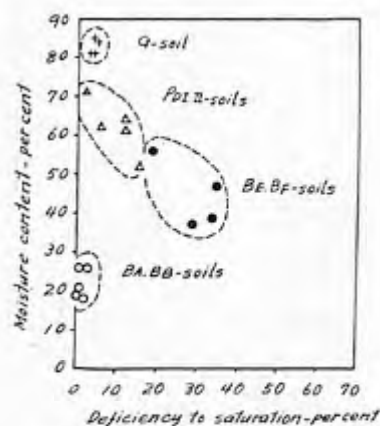


Fig. 17 表層の含水量と飽差との関係 (A 層)

Relationship between moisture content and deficiency to saturation of A-horizons in different soils.

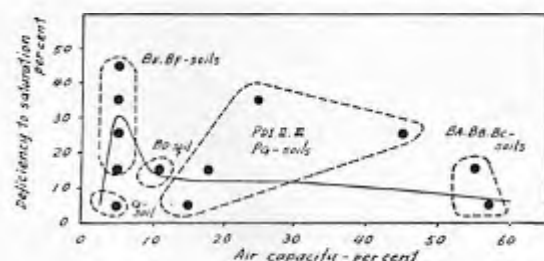


Fig. 18 表層の飽差と最小容気量との関係
Relationship between deficiency to saturation and air capacity in surface layers of different soils.

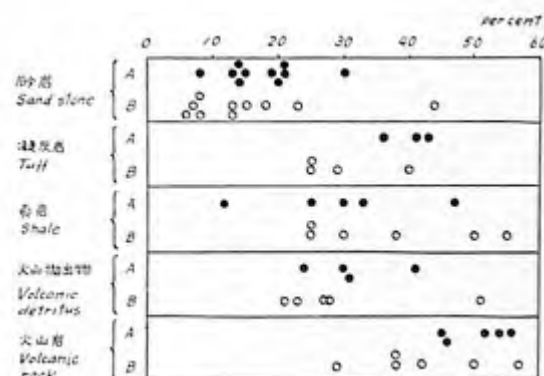


Fig. 19 母材と粘土の含量
Relationship between parent materials and clay contents.

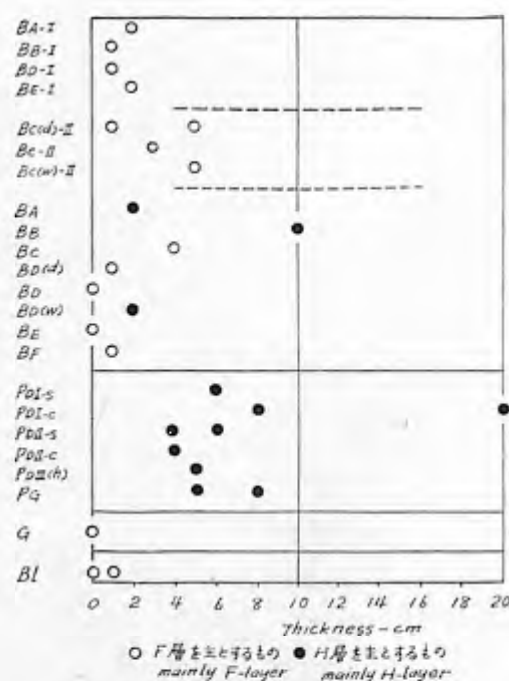


Fig. 20 ヒバ林土壌の A₀ 層の厚さ
Comparison of the thickness of
A₀ layer in different soils.

土壌の性質を支配する大きな要因であり、とくに森林土壌においては重要視しなければならない。

地表の有機物は分解、破壊されて amorphous の新しい organic complex を生成してゆくが、有機物の分解が進むにしたがってその炭素率が減少することは一般に認められている。ROBINSON⁷⁷⁾は、土壌に加えられた植物遺体の炭素率は、おおむね 40:1 の範囲であるが、土壌有機物ではその比率が小さくなり、温帯地方では大体 10:1 であるといっている。

前述のように、ヒバ林地帯の各土壌においては、A₀ 層の形態に特徴があり、落葉の分解過程の相違を思わせるものがあるために、各土壌の炭素率を Fig. 21 のように図示してみた。この図を見ると、炭素率は、褐色森林土では BA, BB のような乾性土壌に大きく、BF のような湿性土壌では小さくなっており、この傾向は亜型-I および亜型-II においても認められるが、亜型の方が比較的大きい傾向がある。ポドゾル土壌では一般に大きく、褐色森林土の適潤性ないし乾性土壌に相当する炭素率を示している。褐色森林土やポドゾル土壌の炭素率は A₀ 層の堆積状態とよく一致しているが、A₀ 層がほとんど見られない黒色土やグライ土壌の炭素率が比較的大きく、とくに過湿のグライ土壌ではきわめて大きい炭素率を示している。

JENNY ら²¹⁾は温暖地域から寒冷地域へ、また低海拔高地域から高海拔高地域へ移行し、温度が低下するにしたがって、有機物を増加し、炭素率が大きくなることを示されており、また、ANDERSON ら⁷⁾は炭素率を土壌分類に応用し、土壌型 (great soil group) 間に炭素率の大きい差異があることを認めている。この研究においても、水分環境に基づいて類別した各土壌と炭素率の大小とは密接な関係があることがわかった。

b. 腐植の形態

堆積状態は密であり、HEIBERG の firm mull の形態を呈している。ポドゾル土壌では F 層、H 層がきわめて厚く堆積し、PDI-II-c, PG のような水湿に富む土壌では greasy mor の形態を呈しているが、PDI-II-s のような比較的乾性な土壌では、むしろ fibrous mor の形態を呈している。褐色森林土において、BA, BB のような乾性土壌では F 層をとともなう A₀ 層を発達させ、fibrous mor の形態を呈しているが、BE, BF のような湿性土壌では、A₀ 層の堆積がほとんどなく、coarse mull の形態を呈している。WILDE¹¹³⁾は最近、土壌有機物を ecto-humus, endo-humus, crypto-humus の 3 型に大別し、それぞれを細分しているが、ecto-humus は mor, endo-humus と crypto-humus は mull に相当する森林腐植と見て差しかえないようである。A₀ 層は土壌養分の根源であり、また土壌にたいする諸作用の starting point であるといわれているように²²⁾、A₀ 層の堆積状態や形態の差異は、

前述のように、水分環境によつて分類した各土壌と落葉の堆積状態や有機物の分解状態とは、おおむね一致した傾向を示しているが、つぎに、水分環境によつて分類した各土壌と有機物の分解によつて生成した腐植の形態との関係について検討してみた。

土壌成分としての腐植の重要性は、今日の土壌学が独立する以前から、すでに注目され、多くの学者によつて研究されてきたことは、弘法によつて詳細に解説されている³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾。土壌腐植の形態や性質については、WAKSMAN¹⁰⁸⁾¹¹⁰⁾、TJULIN¹⁰²⁾、SPRINGER⁹¹⁾、SIMON⁸⁰⁾の諸学者によつて、それぞれの立場から研究されてきたが、筆者は、水分環境によつて分類された各土壌の腐植の形態を解明するには、ドイツ学派の方法によるのが至当であると考え、SIMON の方法に準ずることにした。

わが国においては、戦後、農耕地土壌を対象として、主としてドイツ学派に準じて、腐植の形態および性質の研究が、弘法³⁶⁾³⁷⁾、熊田⁵⁵⁾、小坂⁴³⁾、そのほかの諸氏によつて認められてきた。しかしながら、森林土壌についての、この方面の研究はきわめて少なく、わずかに河田²⁷⁾、内田¹⁰⁶⁾および筆者¹¹⁰⁾の研究が見られるだけで、ほとんどが未開の分野に属している。森林土壌の腐植についての研究も、ドイツ学派の SPRINGER および SIMON の方法に準じている。

したがって、この研究では浸出剤として N/8 NaF, N/8 NaOH を使用して、沈殿部割合 (PQ)、腐植化度 (HQ) を算定した。その結果は Table 2 のとおりである。測定値は浸出液 30cc 相当量の N/10KMnO₄ 滴定数で示されている。SIMON は土壌と浸出液の割合を鉄質土では 1:4、泥炭土では 1:10 としたが、筆者は、ヒバ林土壌の表層は、きわめて腐植の含量が高いところから 1:10 の割合で浸出することにした。

Table 2 から、土壌ごとに、H, A 層の沈殿部割合—PQ を図示したのが Fig. 22 であり、腐植化度—HQ について図示したのが Fig. 23 である。Fig. 22 を見ると、PQ は、褐色森林土では、NaF 浸出の場合でも、NaOH 浸出の場合でも、BA, BB のような乾性土壌に大きく、BD, BF のような適潤性ないし湿性土壌に減少している。この傾向は、褐色森林土亜型-II においても見ることができる。亜型-I のように、ヒバ林以外の森林下の土壌では、ヒバ林下のものに比較して、一般に PQ が小さく出ているし、Table 2 を見ればわかるように、BA-I, BD-I の浸出腐植量はきわめて少ない。NaOH 浸出の PQ は NaF 浸出のものよりも高い値を示しているのが普通である。ポドゾル土壌やグライ土壌でも、PQ は大きく、その値は乾性褐色森林土と大体似ている。このように、乾性褐色森林土やポドゾル土壌、

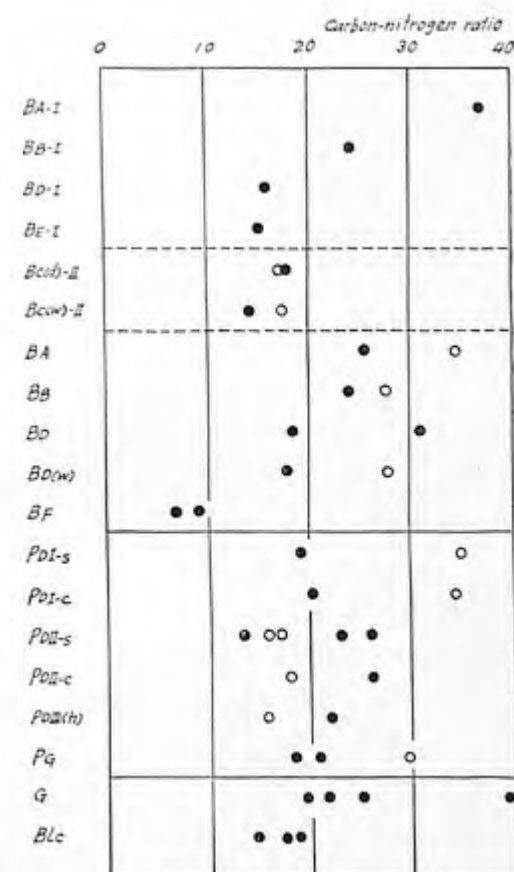


Fig. 21 各種土壌表層の炭素率 (白丸: H層, 黒丸: A層)
Comparison of C/N ratios of surface layer in different soils (circle: H-layer, black dot: A-horizon).

Table 2. 腐 植 の 形 態 (SIMON の滴定法)
Types of humus (Simon's method with titration).

番号	場所	土 壤	層 位	N/10 KMnO ₄ cc				PQ				N/10 KMnO ₄ cc				HQ	
				(a)		(b)		NaF	NaOH	NaF	NaOH	NH ₃	ac-b-4	NH ₃	ac-b-4	NaF	NaOH
				NaF	NaOH	NaF	NaOH										
2	飯 詰	Ba-I	Am B ₁	15.0 14.3	70.5 49.5	13.5 3.0	25.5 9.8	10 79	64 80	4.5 9.8	4.5 1.5	43.5 29.3	6.0 4.5	100 15	14 15		
12	田名部	Bb-I	A B ₁	22.5 3.8	46.5 20.3	13.5 0.8	22.5 6.8	40 79	52 67	15.0 3.0	7.5 tr.	24.0 10.5	6.0 tr.	50 —	25 —		
7	飯 詰	Bc(d)-II	H A B ₁	49.5 43.5 22.5	207.0 91.5 41.3	24.0 19.5 10.5	52.5 36.0 19.5	52 55 53	75 61 53	33.0 28.5 8.3	30.0 21.0 3.0	123.0 55.5 17.3	31.5 12.0 3.0	91 74 36	26 22 17		
8	飯 詰	Bc-II	B ₁	6.8	28.5	1.5	9.0	78	68	5.3	tr.	15.0	1.5	—	10		
10	飯 詰	Bc(w)-II	H A B ₁	33.0 22.5 11.3	216.0 96.0 26.3	13.5 16.5 7.5	91.5 45.0 9.8	59 27 34	58 53 63	9.0 12.0 9.0	6.0 9.0 3.0	111.0 49.5 14.3	46.5 10.5 3.0	67 75 33	42 21 21		
1	田名部	Ba	H Am B ₁	42.0 72.0 10.5	228.5 219.0 30.0	30.0 27.0 6.0	51.0 48.0 12.8	29 63 43	78 78 57	21.0 43.5 11.3	16.5 28.5 3.0	127.5 66.0 18.0	58.5 66.0 5.3	79 66 27	46 52 29		
3	内真部	Bb	H A B	43.5 88.5 55.5	237.0 168.0 73.5	19.5 16.5 34.5	48.0 52.5 43.5	55 81 38	80 69 41	19.5 61.5 27.0	19.5 54.0 18.8	136.5 105.0 36.0	94.0 37.5 9.0	100 88 70	69 36 23		
11	田名部	Bb	A ₁ A ₂ B ₁	105.0 93.0 37.5	204.0 154.5 65.3	30.8 33.0 17.3	67.5 60.0 42.0	71 65 54	67 61 36	82.5 66.8 12.0	71.3 33.0 4.5	133.5 81.0 24.0	24.8 12.0 4.5	86 49 38	19 15 19		
14	喜良市	Bb(w)	H A B ₁ B ₂	24.0 34.5 33.0 12.0	172.5 85.5 57.0 30.0	16.5 18.0 18.0 7.5	58.5 48.0 30.8 15.0	31 48 45 38	66 44 46 50	10.5 13.5 7.5 3.0	7.5 6.0 4.5 tr.	94.5 37.5 18.0 6.0	40.5 24.8 12.0 1.5	71 44 60 —	43 16 33 25		
18	内真部	Bf	A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	33.0 18.0 7.5 4.5	105.0 48.0 21.0 12.0	12.0 12.0 4.5 1.5	43.5 19.5 10.5 6.8	64 33 40 67	59 59 50 43	12.0 15.0 tr. tr.	7.5 12.0 tr. tr.	55.5 25.5 9.0 4.5	36.0 7.5 1.5 1.5	63 80 — 33	65 29 17 33		
19	喜良市	Pd I-s	H A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	30.0 93.0 31.2 55.5 26.3	220.5 234.0 73.8 81.0 39.0	18.0 25.5 13.5 43.7 15.0	54.0 63.0 36.0 61.5 32.3	40 73 57 21 43	76 73 51 24 17	15.0 57.0 18.0 16.5 6.0	10.0 57.0 16.5 3.8 3.0	129.0 132.0 43.5 28.5 11.3	33.0 27.0 10.5 12.8 6.0	67 100 92 23 50	26 20 24 45 53		

20	田名部	Pd I-c	H A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	24.0 64.5 22.5 16.5 15.0	181.5 109.5 55.5 42.0 28.5	13.5 12.0 6.0 12.0 9.0	33.0 25.5 18.0 34.5 22.5	44 81 73 27 40	82 77 68 18 21	13.5 55.5 18.0 6.0 4.5	9.0 42.0 7.5 3.0 3.0	148.5 82.5 48.0 15.0 9.0	120.0 31.5 10.5 6.0 4.5	67 76 42 50 67	81 38 22 40 50		
22	田名部	Pd II-s	H A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	33.0 100.5 63.0 36.0 42.0	226.5 226.5 120.0 81.0 69.0	15.0 13.5 15.0 19.5 27.0	40.5 46.5 46.5 46.5 43.5	55 87 76 46 36	82 79 61 43 37	22.5 99.0 55.5 25.5 24.0	19.5 81.0 40.5 12.0 10.5	136.5 136.5 97.5 46.5 34.5	130.5 72.0 36.0 21.0 12.0	87 82 73 47 44	96 53 37 45 35		
23	田名部	Pd II-s	H A B ₁ B ₂	37.5 69.0 69.0 34.5	207.0 177.0 100.5 52.5	16.5 16.5 24.0 22.5	64.5 49.5 58.5 45.0	56 76 65 35	69 72 42 14	24.0 52.5 46.5 13.5	18.0 40.5 15.0 9.0	123.0 111.0 61.5 15.0	109.5 39.0 22.5 9.0	75 77 32 67	89 35 37 60		
24	田名部	Pd II-c	H A B ₁ B ₂	25.5 49.5 43.5 43.5	192.0 135.0 91.5 73.5	18.0 24.0 31.5 33.0	49.5 57.0 61.5 57.0	29 52 28 24	74 58 33 22	18.0 36.0 30.0 24.0	7.5 24.0 13.5 12.0	123.0 78.0 49.5 36.0	112.5 21.0 19.5 13.5	42 67 45 50	91 27 39 38		
25	田名部	Pd III(h)	H A B ₁ B ₂	21.0 55.5 154.5 89.3	208.5 156.0 183.0 115.5	10.5 13.5 72.8 57.8	60.0 43.5 83.3 73.5	50 76 53 35	71 72 54 36	15.0 46.5 81.0 26.3	15.0 40.5 60.0 17.3	97.5 84.0 85.5 39.0	51.0 12.0 21.8 14.3	100 87 74 66	52 14 26 37		
26	喜良市	Pc	H A ₁ A ₂ B G	31.5 84.0 54.0 30.0	204.0 181.5 82.5 31.5	16.5 30.0 22.5 13.5	37.5 61.5 30.0 28.5	48 64 58 55	82 66 64 10	9.0 37.5 26.5 3.0	4.5 33.0 19.5 1.5	91.5 94.5 36.0 9.8	28.5 22.5 7.5 3.0	50 88 76 50	31 24 21 31		
28	田名部	G	A ₁ A ₂ G ₁ G ₂	42.0 96.0 18.0	217.5 153.0 33.0	15.0 18.0 9.0	49.5 40.5 16.5	64 81 50	77 74 50	27.8 69.0 3.8	21.0 62.3 0.8	187.5 123.0 21.8	28.5 16.5 3.0	76 90 21	15 13 14		
29	田名部	G	A ₁ A ₂ G ₁ G ₂	48.0 51.0 64.5 7.5	270.0 289.5 105.0 15.0	15.0 18.0 24.0 3.0	37.5 52.5 36.0 9.0	69 65 63 60	86 82 66 40	40.5 35.3 48.8 5.3	27.0 24.0 30.0 3.8	225.0 229.5 68.3 15.8	19.5 21.0 9.0 5.3	67 68 61 72	9 9 13 34		
31	内真部	B/c	A ₁ A ₂	51.0 61.5	117.0 94.5	20.3 18.8	37.5 28.5	60 69	68 70	37.5 46.5	33.8 39.8	81.0 78.8	14.3 9.8	90 86	18 12		

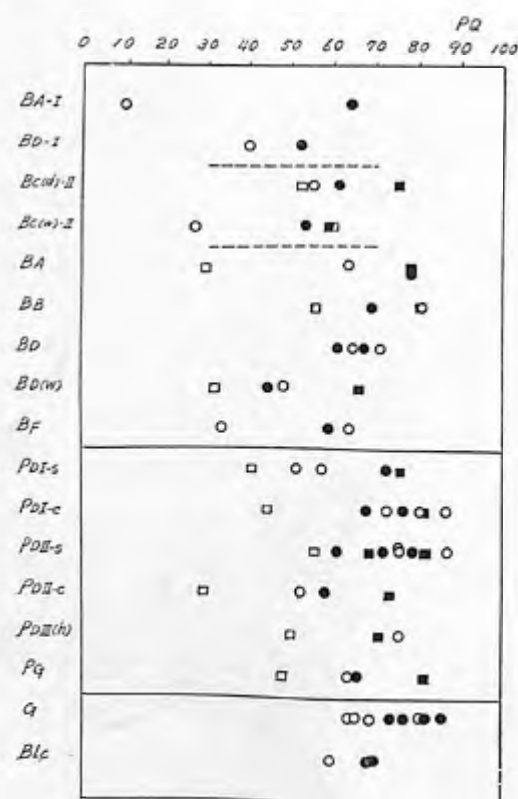


Fig. 22 腐植の形態——沈殿部割合 (四角: H層, 丸: A層, 白: NaF 浸出, 黒: NaOH 浸出)

Comparison of SIMON's PQ in surface layer of different soils (square: H-layer, circle: A-horizon, white: NaF-extract, black: NaOH-extract).

グライ土壌の腐植には腐植酸の含有割合が大きく、湿性褐色森林土の腐植には、それが比較的少ないことがあきらかであり、またヒバ林下の土壌は、そのほかの森林下のものに比較して腐植酸の含有割合が大きいことが認められる。

つぎに、Fig. 23 を見ると、各土壌とも NaF 浸出腐植の腐植化度——HQ は、NaOH 浸出の場合よりもあきらかに高く、ほとんど 100 を示しているものもある。SIMON によれば、NaF 液によつて浸出されるものは、大部分腐植化度の高い真正腐植酸であるが、NaOH 液によつて浸出されるものは腐植化度の低い腐植物質である。このことは、Fig. 23 に示される NaF 浸出と NaOH 浸出の HQ にあきらかな差異が見られることからもうなずかれる。

NaF 浸出の HQ は、褐色森林土では、BA, BB から BD, BF に移行するにしたがつて減少しており、この傾向は亜型-I, 亜型-II においても同様である。しかしながら NaOH 浸出の HQ は、A 層について見ると、BA, BD のような乾性ないし適潤性土壌よりも BF 土壌においてむしろ高い傾向があり、この傾向は亜型-I および亜型-II においても認められる。BA, BB のような乾性土壌の H 層が、おおむね高い HQ を示しているのは特徴的であり、また亜型-I, II の腐植化度は褐色森林土に対比して一般に低い傾向がある。このように、褐色森林土では、NaF 浸出の場合には湿性土壌よりも乾性土壌の腐植酸

に真正腐植酸の含有割合が大きいが、NaOH 浸出の場合には湿性土壌の腐植酸に真正腐植酸と見られるものを多く含有していることがうかがわれる。

ボルゾル土壌およびグライ土壌について見ると、NaF 浸出の場合には、Pod-I-II 土壌では比較的乾性砂質の方が、比較的湿性植質のものや Pg, G のような地下水の影響を受けている土壌よりも HQ が高い傾向がある。NaOH 浸出の場合にも、Pg, G のような過湿土壌は、やはり Pod-I-II 土壌よりも HQ が低い傾向がある。Pod-I-II の H 層も BA, BB と同様に、NaOH 浸出の場合でも高い HQ を示している。BF 土壌では、NaF 浸出の場合には、きわめて高い HQ を示しているが、NaOH 浸出の場合には、反対にはなだ低い値を示している。つまり、乾性ポドゾルは湿性ポドゾルやグライ土壌よりも腐植化度が高く、また乾性ポドゾルでは、砂質型が植質型よりも腐植化度が高いものと見ることができよう。

以上の実験結果から、乾性、適潤性、湿性、過湿性土壌に大別して表層の腐植化度を概観すると、NaF 浸出の場合には乾性土壌に腐植化度が高い傾向があり、NaOH 浸出の場合には、湿性土壌に高く、乾性、適潤性土壌がそれにつき、過湿性土壌に低い傾向がある。つまり、地下水の影響を受けている過湿性の土壌では腐植化度が低く、腐植酸の大部分が腐植物質によつて形成されているが、停滞水をとみなない水湿にめぐまれた湿性土壌では腐植化度が高く、むしろ乾性ないし適潤性土壌よりも腐植物質が少ない傾向がある。熊田³⁵⁾ は水田土壌の腐植の研究に SIMON の方法を使用し、乾田には真正腐植酸が多いが、湿田には、ほとんど存在していない事実を報告している。この傾向は、ここに述べたヒバ林土壌にも認められる。

河田³⁷⁾ は褐色森林土、ポドゾル土壌、黒色土について、熱 NaOH 浸出の腐植の形態を近似的組成および光学的性質によつて研究し、乾性土壌は適潤性および湿性土壌よりも腐植化の過程が進行していない事実を指摘している。このことは、筆者の研究においても NaOH 浸出の場合には認められることができるのである。ただし、NaOH 浸出の場合でも、乾性土壌およびポドゾル土壌の H 層は腐植化度が高くあらわれ、腐植化の進行した形態を示していることは、炭素率その他の性質から考えて疑問である。このことについて、河田も、スギ林下の褐色森林土やポドゾル土壌の H 層は、鉄物質と強く結合した形態を呈していることを指摘している。

土壌から抽出される腐植の量的、質的關係は、使用する浸出剤によつて差異があるのは当然であるが、同一溶剤でも、濃度、浸出時間、浸出温度などによつても差異があることが考えられる¹⁰⁹⁾。したがって、室温で抽出する場合と沸騰状態で抽出する場合とでは、抽出された腐植の形態に差異があるかもしれない。PAGE¹¹⁰⁾ は冷アルカリに可溶で、酸で沈殿するものを humic acid といい、冷アルカリには不溶で、熱アルカリに可溶なものを humin として区別しているが、この humin は熱アルカリで処理することによつて hydration をうけ、humic acid に変化するといっている。SPRENGEL²²⁾ はアルカリ不溶の部分を humus coal と名づけているが、Na₂CO₃ 溶液で抽出した腐植酸を、抽出後 KOH で煮沸すれば、humus coal が腐植酸の形態で溶液にあらわれることを示している。腐植の component は学者によつて命名がちがうが、とにかく、熱アルカリ抽出の際には冷アルカリで不溶のものまで抽出されるようである。しかしながら、広義には、この両者を humic acid と解しても差しつかえないように思われる。

これまで述べた SIMON 法による腐植の抽出は室温によるものであるが、河田は抽出温度を一定にするために沸騰状態で抽出した。それでこの研究においても、抽出温度によつて腐植の形態に差異があらわれるか、どうかを見るために、熱 NaOH 抽出腐植についても実験をこころみた。その結果は Table 3 の

Table 3. 腐植の形態 (熱苛性ソーダ抽出腐植)
Types of humus (hot NaOH extracted humus).

番号 No.	場所 Location	土 壌 Soils	層 位 Hori.	炭素量 C mg/1g air dried soil		
				抽出腐植 Humus material	腐植酸 Humic acid	フルボ酸 Fulvic acid
12	田名部	Bd-I	A B ₁	11.4 5.5	5.7 3.2	5.7 2.3
3	内真部	Bb	H A B	170.2 63.0 17.4	131.2 43.5 7.2	39.0 19.5 10.2
11	田名部	Bd	A ₁ A ₂ B ₁	53.0 41.3 16.0	29.7 19.8 4.2	23.3 21.5 11.8
18	内真部	Bf	A ₁ A ₂ B ₁	48.7 17.2 6.9	32.3 7.4 2.5	16.4 9.8 4.4
19	喜良市	Pd I-s	H A ₂ B ₁ B ₂	112.2 35.7 17.7 9.4	78.0 25.1 4.0 1.8	32.2 10.6 13.7 7.6
20	田名部	Pd I-c	H A ₂₁ A ₂₂ B ₁ B ₂	154.8 33.3 24.6 9.5 5.7	122.8 25.9 20.8 1.7 1.1	32.0 7.4 3.8 7.8 4.6
21	大畑	Pd I	H A ₂ B ₁ B ₂	112.2 29.7 14.2 11.1	84.6 17.2 3.4 2.2	27.6 12.5 10.8 8.9
24	田名部	Pd II-c	H A B ₁	130.7 60.7 23.5	99.9 37.1 8.5	30.8 23.6 15.0
28	田名部	G	A ₁ A ₂ G G ₁	74.6 53.6 4.6	49.5 37.7 2.3	25.1 15.9 2.3
31	内真部	B/c	A ₁ A ₂	44.6 30.5	25.9 18.5	18.7 12.0
—	大間	B/c	A ₁ A ₂	30.5 39.5	24.1 36.4	6.4 3.1

とおりである。Table 2 と 3 から、各土壌の表層の沈殿部割合 (PQ) について図示すると Fig. 24 のようになる。これを見ると、室温抽出と沸騰抽出とは、おおむね一致しており、また各土壌間の傾向はまったく同一であると見て差しつかえないようである。河田²⁷⁾のスギ林そのほかの土壌における無処理土の沈殿部含有割合を見ると、褐色森林土では、乾性土壌は適潤性および湿性土壌よりも小さくなっているが、筆者のヒバ林土壌における同一方法による実験結果では、Fig. 24 に見られるように反対の傾向を示している。

それで、秋田スギ林の継続と見られる青森県西南部の碓ヶ関営林署管内から採取した Bb, Bd, Be・F の 3 土壌と、それらに相当するヒバ林土壌の腐植の形態について比較して見た。その結果は Fig. 25 のと

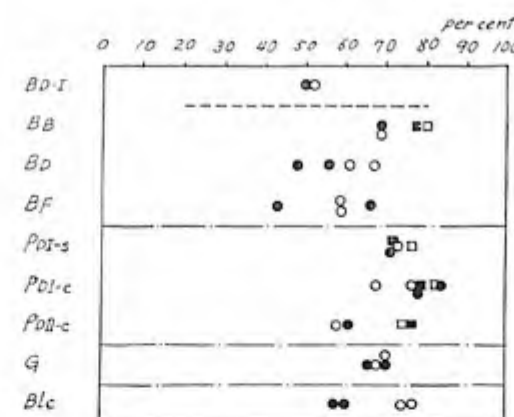
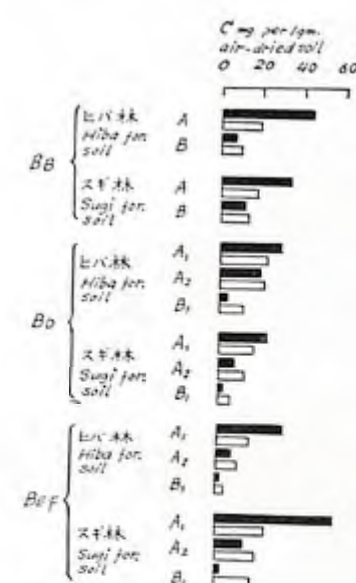


Fig. 24 希苛性ソーダ抽出による室温と沸騰抽出の沈殿部割合 (PQ) の比較 (白: 室温抽出, 黒: 沸騰抽出, 四角: H層, 丸: A層)

Comparison between SIMON's PQ in room-temperature and boiling extracts of dilute NaOH solution (white: room-temp. extract, black: boiling extract, square: H-layer, black dot: A-horizon).

Fig. 25 ヒバ林土壌とスギ林土壌の腐植形態の比較 (黒: 腐植酸, 白: フルボ酸)
Comparison of humus type in both soils of stands of "Hiba" and "Sugi" (shade: humic acid, light: fulvic acid).

おりであり、スギ林土壌ではあきらかに湿性土壌の方が腐植酸が多くなっており、ヒバ林土壌と反対の傾向を示していることがわかった。

これまでは、SIMON の思想に基づいて土壌腐植から希アルカリで抽出される腐植の、酸で沈殿する、いわゆる腐植酸と、沈殿しない、いわゆるフルボ酸の量的割合や、アルカリ抽出腐植酸の pH 4.0 酢酸塩緩衝溶液に溶解する真正腐植酸と溶解しない腐植物質の量的割合によって、ヒバ林下にあらわれている代表的土壌の腐植の形態について述べてきたが、つぎに各土壌の腐植の結合状態について、いくぶん検討して見たい。

ROBINSON⁷⁷⁾は、土壌中における腐植は粘土と結合し、その結合には鉄、アルミニウム、カルシウムが関係していると考えており、また、SPRINGER⁸¹⁾は、土壌を酸で前処理することにより、アルカリで抽出される腐植の色調度の変化から、腐植の結合状態を推定している。小坂⁴⁸⁾、河田²⁷⁾も、土壌を酸処理することによって、腐植の結合状態を推定しており、また筆者も津軽半島のヒバ林について、腐植の結合状態を検討して見た。この研究においては、津軽半島ヒバ林土壌の場合と同様に、NaOH 抽出のものに酸処理を併用し、酸処理による NaOH 抽出腐植の量的変化を検討して見た。

各土壌における NaOH 抽出腐植の酸処理土と無処理土の割合は Fig. 26 のとおりであり、またフルボ酸についてのものは Fig. 27 のとおりである。Fig. 26 を見ると、褐色森林土では湿性の Bf 土壌以外は、すべて酸処理によって溶出する腐植は減少しており、またポドゾル土壌では、一部に酸処理によって増加しているものもあるが、ほとんど大部分、減少している結果を示している。

つぎに、フルボ酸について、この関係を見ると、Fig. 27 に見られるように、各土壌とも、酸処理によって減少しており、とくに Pd I・II のようなポドゾル土壌においていちじるしく減少している。褐色森林

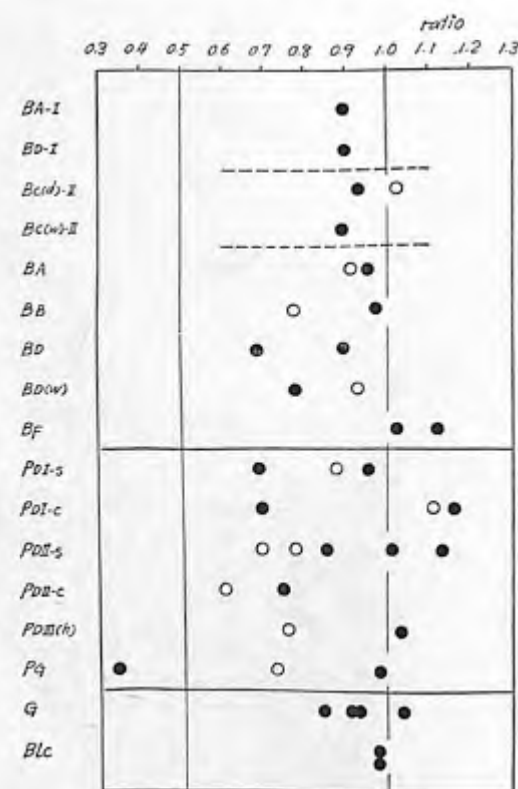


Fig. 26 NaOH 可溶腐植の酸処理土と無処理土の比率 (白: H 層, 黒: A 層)
Comparison of ratios of humus material in the surface layers of different soils soluble in N/8 NaOH aq., treated or untreated by acid (white: H-layer, black: A-horizon).

土では、湿性の Bf 土壌は適潤性ないし乾性の Bb, Bd 土壌よりも酸処理による減少割合は小さい傾向を示している。

土壌は酸処理によつて、相当量の無機膠質物を溶液中に溶出するが、その際、腐植が Ca^{++} , Mg^{++} のような 2 価イオンとゆるく結合している場合には、酸処理によつて溶出する腐植の量に変化がなく、強く結合している場合には酸処理によつて増加し、また、 Al^{+++} , Fe^{+++} のような 3 価イオンと結合している場合には、酸処理によつて溶解されるために、溶出腐植は減少するといわれている⁴³⁾⁹¹⁾。このような関係から各土壌の結合状態を見ると、ヒバ林以外の褐色森林土亜型-I, 亜型-II および黒色土では、酸処理による影響はあまりなく、腐植は遊離の形態を呈し、2 価イオンとゆるく結合していることが推定されるが、そのほかのヒバ林下に出現している各土壌は、大部分酸処理によつて溶出する腐植は減少しており、とくにポドゾル土壌においていちじるしい。したがつて、これらの土壌については 2 価イオンよりも、むしろ 3 価イオンの結合が考えられる。しかしながら、湿性の Bf 土壌では、あきらかに増加し、この土壌の腐植が 2 価イオンとかなり固く結合しており、3 価イオンにあずかつていないであろうことが推定される。

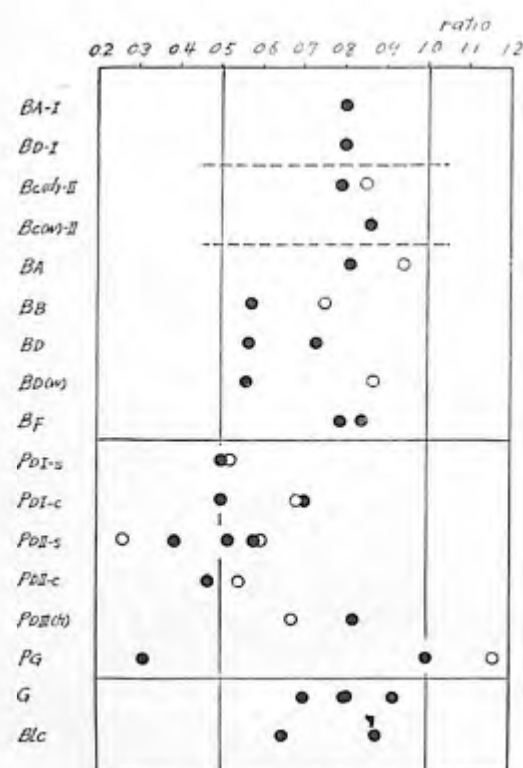


Fig. 27 NaOH 可溶フルボ酸の酸処理土と無処理土の比率 (白: H 層, 黒: A 層)
Comparison of ratios of fulvic acid in the surface layers of different soils soluble in N/8 NaOH aq., treated or untreated by acid (white: H-layer, black: A-horizon).

小坂⁴⁰⁾は本邦土壌には、一般には遊離の腐植酸および腐植酸石灰は存在せず、腐植酸鉄アルミニウムの形態をとるのが普通であるといっているが、ヒバ林土壌の腐植は、大部分腐植酸鉄アルミニウムのような結合状態を示していることが推定される。また、NaOH 可溶フルボ酸が酸処理によつてかなりの減少を示し、乾性ないし適潤性褐色森林土、とくにポドゾル土壌のようなヒバ純林下の土壌においてはなほだし。フルボ酸が、酸処理によつてこのように減少するのは、いわゆるフルボ酸として分画されるものに、酸可溶の腐植がかなりの割合で含有されていることを示しているものである。したがつて、ヒバ林下のポドゾル土壌や乾性ないし適潤性褐色森林土のいわゆるフルボ酸として分画される fraction には、低分子の、分散性の腐植が、かなりの割合で含有されていることが考えられる。

アルカリに可溶で、酸で沈殿しない fraction をフルボ酸と命名していることは、多くの学者の一致しているところであり、humus coal あるいは humin, humic acid とともに、腐植の component として考えられているが、PAGE¹¹⁰⁾ は、これを nonhumic matter として humic matter (humic acid および humin) から区分し、humic matter 自身の分解によつても生ずることを指摘している。フルボ酸は分散性が高く、水溶性でもあり、腐植酸よりもかなり低分子で、腐植化の程度が低いといわれている。

それで、ヒバ林下の代表土壌の表層について、熱アルカリで可溶腐植を抽出し、酸を加えて腐植酸とフルボ酸を定量したものと、熱アルカリで抽出した腐植を酸で沈殿させて腐植酸を分離し、さらにその腐植酸をアルカリで溶解し、酸で腐植酸を分離するというように、順々に 5 回腐植酸を沈殿させ、5 回処理後の腐植酸とフルボ酸を定量し、前者との差異を比較して見ると Table 4 のようになり、腐植酸を連続 5 回分離することによつて、腐植酸では 20~40% の減少、フルボ酸では 30~110% の増加を示している。つまり、この実験から、腐植酸として分離される fraction も、アルカリ溶解を繰り返すことによつて、一部はフルボ酸としての fraction に移行してゆくことが考えられ、その変化は、ヒバ林下の土壌に由来する腐植酸の方が、ヒバ林以外の土壌 (Bf 土壌) に由来するものよりもかなり大きく、ポドゾル土壌のフルボ酸は 2 倍以上の増加を示している。このような、ヒバ林下の土壌に由来する腐植酸の行動も、ヒバ林土壌の腐植の特徴をあらわしているかもしれない。また、フルボ酸については PAGE が指摘しているように、humic matter の分解に由来するということも、この実験から考えなければならないが、フルボ酸の量的関係や層断面における行動は土壌生成を考える場合に好都合であるために、この研究においては、希アルカリ可溶の近似的組成として腐植酸、フルボ酸を概念的に規定し、取り扱うことにした。

弘法⁹⁰⁾は置換性石灰に乏しい土壌には腐植物質が多いが、置換性石灰の増加とともに、真正腐植酸を増加するといっている。各土壌の腐植化の程度や結合状態については前述のような傾向が認められたので、Table 5 のように、腐植化の進行に関係すると思われる土壌諸性質についてまとめた。まず、褐色森

Table 4. 腐植酸分離によるフルボ酸の増加
Increasing of fulvic acid content according to separation of humic acid.

番 号 No.	場 所 Location	土 壌 Soil	層 位 Hori.	原土の炭素量 C mg per original soil 1g		5 回処理土の炭素量 C mg per 5 times treated soil 1g	
				腐 植 酸 Humic acid	フルボ酸 Fulvic acid	腐 植 酸 Humic acid	フルボ酸 Fulvic acid
3	内 真 部	Bb	A	43.5	19.5	25.6	31.7
20	田 名 部	PdI-c	H	122.8	32.0	75.0	70.5
31	内 真 部	B/c	A ₂	18.5	12.0	13.6	14.3

Table 5. 各土壌の A 層における希 NaOH 抽出腐植の腐植化度と 2,3 土壌性質との関係
Relationship between the degree of humification of dilute NaOH extract humus and some soil properties.

番号 No.	土 壌 Soil	沈殿部割合 PQ	腐植化度 HQ	フルボ酸 酸処理/無処理 Fulvic acid, acid treat./ non treat.	置換性石灰 Exch. Ca m. e.	塩基飽和度 Degree of saturation %	炭 素 Carbon %	炭 素 率 C : N ratio
2	BA-I	52	14	0.82	8.0	27	13.3	37
12	Bd-I	52	25	0.80	2.5	33	6.0	16
7	Bc(d)-II	61	22	0.79	0.4	9	8.1	18
10	Bc(w)-II	53	21	0.86	4.6	20	10.2	14
1	BA	78	52	0.81	1.0	6	25.3	25
3	Bb	69	36	0.57	0.9	6	14.0	24
11	Bd	64	17	0.65	1.0	6	18.5	25
14	Bd(w)	64	16	0.56	1.4	10	11.2	18
18	Bf	59	65	0.82	30.2	56	10.6	8
19	Pd I-s	51	24	0.50	0.2	8	12.6	19
20	Pd I-c	68	22	0.50	0.6	4	18.0	37
21	Pd II-s	61	37	0.39	0.6	6	14.8	18
24	Pd II-c	58	27	0.47	0.2	5	18.3	26
26	Pg	65	23	0.66	1.2	8	17.4	19
28	G	75	14	0.87	5.8	27	27.4	15
31	B/c	69	15	0.77	6.5	25	12.5	18

林土における希 NaOH 抽出腐植の形態について見ると、乾性ないし適潤性土壌に比較して、湿性土壌の方が腐植化の程度が高くなっているが、この傾向は、置換性石灰の含量、塩基飽和度および炭素率とおおむね一致している。ただし、BA のような乾性土壌が Bd, Bd(w) のような適潤性土壌よりも、むしろ腐植化が進行している傾向を示していることは塩基の行動とも一致しないし、疑問とするところである。酸処理によるフルボ酸の減少割合を見ても、湿性土壌は適潤性ないし乾性土壌よりも小さい傾向がある。酸可溶の腐植は、腐植化の程度が低い低分子の腐植であるといわれているが、酸処理によつてフルボ酸が減少しているものほど酸可溶の腐植が多いことになるから、腐植の結合状態から見ても、腐植化の程度が低い性質のものであることがうかがわれる。

褐色森林土亜型-I, 亜型-II の各土壌においては、一般に褐色森林土各型に比較して沈殿部割合も小さく、また腐植化度も低い傾向がある。亜型-I, II の各土壌は Bc(d)-II を除いては、ヒバ林以外の森林に基づく腐植であり、腐植の材料がまったく異なっている。置換性石灰の含量および塩基飽和度が比較的高いにもかかわらず、腐植化の程度がそれほど高くないのも疑問であり、今後の研究にまたなければならない。これらの土壌の炭素率は比較的大きい。

ポドゾル土壌の腐植化度は一般に低く、Pd I-II 土壌は、ともに砂質の方が埴質のものよりもわずかに腐植化が進行している傾向があるが、これは塩基飽和度および炭素率の傾向と大体一致している。酸処理によつてフルボ酸がいちじるしく減少しており、この点から見てもポドゾル土壌の腐植化が進行しているとは考えられない。また、Pd I-II 土壌よりも Pg 土壌の方が腐植化度が低い傾向があるが、その原因はつぎに述べる G 土壌と類似したものがある。

G 土壌の腐植化は、塩基が多いにもかかわらず、はなはだ低い。これには過湿 (water logging) の影響がもつとも大きく関係していると考えられる。このような条件下では、ほとんど腐植物質からなる腐

植が生成されることは熊田²⁵⁾によつて示されている。

黒色土の腐植は、河田²⁷⁾の研究によれば、もつとも腐植化の進行した形態を示しているが、NaOH 抽出の HQ は小さい。このような HQ は塩基の動態から見ても矛盾しており、腐植の形態としては褐色森林土亜型-I に似ている。この点については腐植の形態から後述したい。

つぎに、SIMON²⁶⁾の方法にしたがつて、シユウ酸ソーダ可溶腐植の形態から腐植化の進行状況について考えてみたい。SIMON によると、シユウ酸ソーダのような石灰沈殿剤は中性において真正腐植酸を溶解するといわれ、そのうち、Mg イオンによつて沈殿するものは A 型、沈殿しないものが B 型である。この 2 型は、SPRINGER の分類では A 型は灰色腐植酸 (Grauhuminsäure), B 型は褐色腐植酸 (Brauhuminsäure) に相当するものであり、腐植が石灰などの存在で安定してくると、しだいに A 型の割合が多くなるといわれている²⁶⁾。

各土壌の A 層における A 型、B 型腐植酸の含量は Table 6 のとおりである。この表を見ると、ヒバ林下にあらわれている BA~Bf 土壌および G 土壌には A 型が検出されず、B 型だけであるが、ヒバ林以外の森林下にあらわれている褐色森林土亜型-I, II および黒色土には A 型の割合がかなり大きい。ポドゾル土壌の A 層に、いくぶん A 型が検出されることについては、褐色森林土と対比して疑問であるが、小坂⁴⁹⁾が津軽半島のポドゾル土壌について分析した結果にも A 型の検出がみられる。このように、乾性および適潤性褐色森林土やポドゾル土壌、グライ土壌には多量の B 型があらわれているが、褐色森林土亜型-I, II および黒色土のように、ヒバ林の影響をうけていない土壌では、A 型腐植酸の割合が大きいのが特徴的である。

NaOH 抽出腐植と NaF 抽出腐植の場合とは、腐植の形態はかならずしも一致していない。それは、NaF で浸出される腐植と NaOH で浸出される腐植とは、それぞれ性格を異にするためである。それ

Table 6. 各土壌 A 層の A 型、B 型腐植酸
Comparison of contents of A-, B-types of humic acid in A-horizons.

番 号 No.	土 壌 Soil	腐 植 酸 Humic acid N/10 KMnO ₄ cc/1g soil	
		Type-A	Type-B
2	BA-I	0.3	tr.
12	Bd-I	0.3	tr.
7	Bc(d)-II	0.5	13.0
10	Bc(w)-II	tr.	4.0
1	BA	tr.	33.5
3	Bb	tr.	37.5
11	Bd	tr.	20.3
14	Bd(w)	tr.	4.0
18	Bf	tr.	1.0
19	Pd I-s	—	—
20	Pd I-c	0.5	13.3
21	Pd II-s	0.6	47.3
24	Pd II-c	0.3	12.0
26	Pg	0.4	26.0
28	G	tr.	28.5
31	B/c	0.5	6.3

Table 7. 各土壌 A 層の NaOH 抽出と NaF 抽出腐植量の比較
Comparison of contents of humus material of NaOH extract and NaF extract
in A-horizons of different soils.

番号 No.	土 壌 Soil	N/10 KMnO ₄ cc/alkali ext. solution 30 cc				NaF extract	
		NaOH 抽出 NaOH extract		NaF 抽出 NaF extract		NaOH extract	
		腐 植 Humus mat.	フルボ酸 Fulvic a.	腐 植 Humus mat.	フルボ酸 Fulvic a.	腐 植 Humus matter	フルボ酸 Fulvic acid
2	BA-I	45	26	1	14	0.02	0.53
12	Bd-I	24	23	9	14	0.37	0.60
7	Bc(d)-II	56	36	22	20	0.39	0.55
10	Bc(w)-II	51	45	6	17	0.11	0.37
1	BA	171	48	45	27	0.26	0.56
3	Bb	115	53	72	17	0.62	0.32
11	Bd	115	64	67	32	0.58	0.50
14	Bd(w)	38	48	17	18	0.44	0.37
18	Bf	45	32	14	12	0.31	0.37
19	Pd I-S	104	50	42	20	0.40	0.40
20	Pd I-C	61	22	35	9	0.57	0.40
21	Pd II-S	126	47	68	14	0.53	0.29
24	Pd II-C	85	50	33	24	0.38	0.48
26	Pg	86	46	43	26	0.50	0.56
28	G	140	45	52	17	0.37	0.37
31	B/c	50	56	13	20	0.26	0.35

で両者の量的比較をして見ると Table 7 に示しているように、NaOH 抽出に比較して、NaF 抽出の腐植、フルボ酸は、ともに 30~50% 以下である。したがって、ヒバ林土壌の腐植の大部分は腐植物質の性格をもつたものから組成されていることがわかり、腐植物質の性格によつて各土壌の腐植化の程度が大きく影響されていることを考える必要がある。

この研究においては、SIMON 法の滴定法によつて各土壌の腐植の形態、とくに腐植化の進行程度を考察したもので、光学的性質については実施することができなかつたが、以上の実験結果から、つぎのことはいうるものと思う。

1. ヒバ林下の土壌はヒバ林以外の森林下の土壌に比較して、多量のアルカリ可溶腐植を含有し、それは主として NaOH 抽出腐植（腐植物質）によつて組成されている。しかし、アルカリ可溶腐植中の腐植酸含有割合は、乾性褐色森林土、ポドゾル土壌およびグライ土壌に比較的高い傾向がある。

2. 腐植化の進行程度は、褐色森林土では、湿性褐色森林土は適潤性ないし乾性褐色森林土よりも高く、ポドゾル土壌は乾性褐色森林土と大体似ており、グライ土壌では低い。褐色森林土亜型や黒色土には腐植化の進行しない腐植が多いが、一方これらの土壌には安定した A 型腐植酸が検出される。

弘法²⁸⁾は、腐植化の進行には石灰の存在と酸化分解がおこなわれるような条件が必要であるといっているが、この研究においても、石灰の多少と排水状態によつて腐植化の程度が支配されていることが、これまで述べたことからあきらかである。すなわち、石灰が多く、水湿にめぐまれ、排水のよい土壌では腐植化度は高いが、石灰が多い場合でも過湿状態であれば腐植化度は低下している。乾性の土壌は石灰が少なく、一般に腐植化度は進行しにくい状態にあるが、安定した地形で、長く酸化分解を受けているためか、

過湿状態のところよりは腐植化は進行している。ROBINSON²⁷⁾の humification の分類には、過湿状態の anaerobic humification と石灰欠乏状態の acid humification とが見られる。グライ土壌やグライポドゾルの場合には前者に、そのほかは、Bf 土壌を除いては、ほとんど後者に属するものとみられるが、Bd, Bd(w) および Pd I-C の各土壌は、かなり前者の性質をおびているとみることができよう。

また、Table 5, 6 を見るとわかるように、アルカリ抽出腐植の含量および腐植化度と炭素の含量との間には、おおむね一定の傾向が認められる。すなわち、乾性ないし適潤性褐色森林土では湿性褐色森林土よりもアルカリ抽出腐植の含量が多く、腐植化度は低く、炭素の含量が多い傾向がある。このことについて、弘法⁴⁰⁾は、石灰に欠乏し、腐植物質が単独に集積するような条件下では炭素は多量に集積するが、それにたいして、石灰に富み、腐植物質が真正腐植酸に変化しやすい条件下では、土壌の炭素量はある程度以上集積しないと述べている。乾性ないし適潤性褐色森林土およびポドゾル土壌では、炭素量が 10~20% で、石灰に欠乏し、塩基飽和度が低く、腐植物質の集積に好適な条件下にあると推定されるが、湿性褐色森林土では石灰に富み、塩基飽和度も高く、炭素量は 10% 内外であり、腐植物質の単独集積よりも、真正腐植酸に移行しやすい条件下におかれていることが考えられる。

なお、褐色森林土亜型および黒色土では石灰含量、塩基飽和度は前二者の中間を占め、炭素量では後者に類似しているが、腐植化度は一般に低い。しかしながら、これらの土壌には A 型腐植酸が比較的多く検出されることから、真正腐植酸の生成には適している条件を具備しているが、丘陵地形の不安定な植生状態下におかれているために、環境がたえず変化し、安定した有機物の分解、腐植化の進行が阻害される結果、全般的には腐植化の進行しない形態を呈しているものと思われ、その反面、一部には腐植化の進行した安定した、腐植酸も生成されるのではないかと考えている。

つぎに、Table 2 の NaOH 抽出腐植酸およびフルボ酸を最上層 (H 層あるいは A₁ 層) にたいする比数で示し、土壌層断面におけるこれらの 2 fraction の分布状態をしらべてみた。Fig. 28 は土層における分布傾向がおおむね似ている土壌ごとに区分して図示したものであるが、この図を見ると、腐植酸は各土壌ともに、表層から下層に漸減しているが、フルボ酸の垂直的分布には土壌によつて、かなり特徴があらわれている。すなわち、褐色森林土 (Bb, Bd, Bf) では、Bb 土壌に、わずかにフルボ酸の移動が認められるが、お

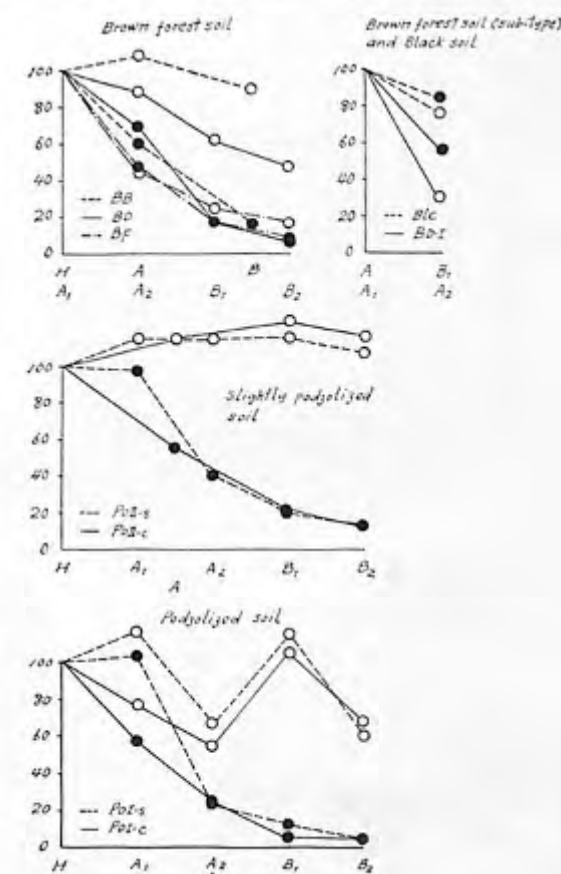


Fig. 28 主要土壌の層断面における腐植酸およびフルボ酸の分布 (白丸: フルボ酸, 黒丸: 腐植酸)

Distribution of humic acid and fulvic acid in profiles of main types of "Hi-ba" forest soil (circle: fulvic acid, black dot: humic acid).

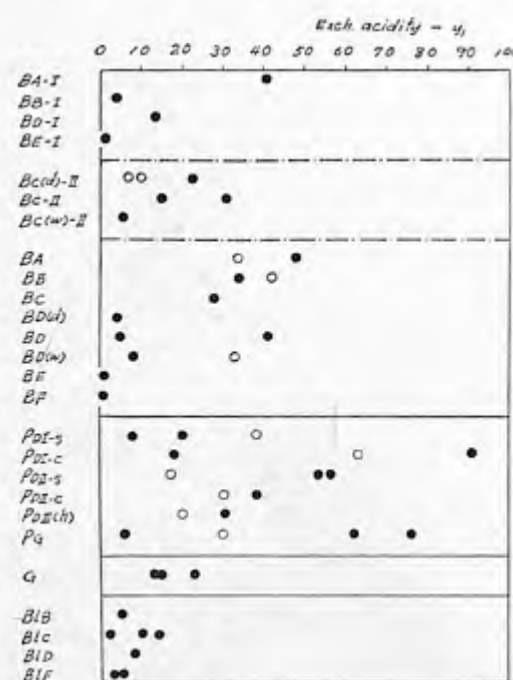


Fig. 32 各土壌表層の置換酸度 (白丸: H層, 黒丸: A層)

Comparison of magnitude of exchange acidity of surface layer in different soils (circle: H, black dot: A).

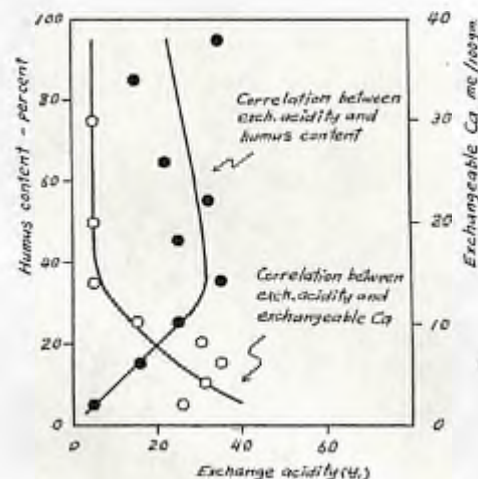


Fig. 33 表層の置換酸度と腐植および置換性石灰含量との関係

Relationship between exchange acidity (y_1) and humus and exchangeable Ca contents in surface horizons.

大きくすることが考えられる。それで、置換酸度は、置換性塩基、とくに置換性石灰の含量およびこれらの塩基を吸着する土壌コロイド——腐植および粘土——の含量や性質によつて支配されることが考えられる。

それで、ヒバ林下の各土壌の置換酸度を表層と下層にわけて、置換酸度と吸着基とみられる腐植および粘土の含量および置換酸度を緩和する作用がある置換性石灰の含量との相関関係をしらべた結果、Fig. 33 のように、表層では、腐植含量とは相関比 0.45 であまりはつきりした関係は認められないが、置換性石灰含量とは相関比 -0.81 で、かなり密接な負の相関が認められる。また、下層では、Fig. 34 のように、粘土とは相関比 0.85 で、かなり高次の相関が存在している。このことから、置換酸度は、表層では置換性石灰の集積によつて緩和されるが、下層では未飽和の無機コロイドの含量によつて影響されているとみることができよう。

DOYNE¹¹⁾ は熱帯土壌について、深さにともなう酸性増加の種々の型式を示し、Nigeria 地方の土壌では、深さにともなう酸性増加が一般的傾向であるといっている。前述の各代表土壌の層断面における置換酸度の分布状態を見ると、土壌によつてそれぞれ特徴があることがわかる。それで、層断面における置換酸度の分布傾向を、1) 表層から下層に漸減するもの、2) 表

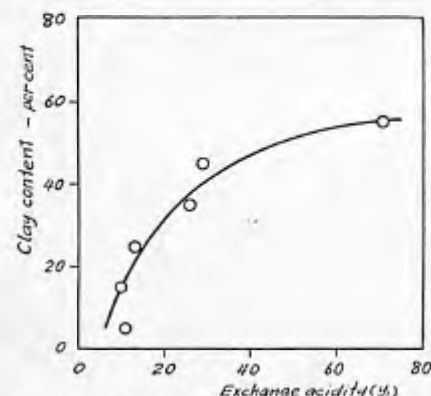


Fig. 34 下層の置換酸度と粘土含量との関係

Relationship between exchange acidity (y_1) and clay content in lower horizons (B, C and G-horizons).

層から下層に漸増するもの、3) B 層に極大値があるものの 3 型に大別して図示してみた。Fig. 35, 36, 37 は、それぞれ 1), 2), 3) の各型に属する土壌酸度の分布状態を示したものである。1) の型式に属する土壌には乾性および適潤性褐色森林土、2) の型式に属する土壌には褐色森林土亜型-I, II, 湿性褐色森林土、グライ、グライボドゾル、洪涵地土、3) の型式の土壌にはポドゾル土壌が属している。ヒバ林下の土壌の酸度分布は、土壌生成過程をうかがう上にも意義があることについては、すでに発表したとおりである¹²⁾。

森林土壌の酸性には、酸性腐植の集積、有機物の無機化による塩基の還元が関係しているであろうことがまず考えられるから、有機物の分解が阻止されるような条件下では強く酸性腐植の影響をうけ、表層は酸性が強くなり、さらに、未飽和の腐植粘土複合体の移動、集積によつて、B 層の置換酸度が高くなることが考えられる。1), 3) の型式の各土壌の置換酸度には、このようなことが関係していることであろう。1) に属するものでも、第 1 層が第 2 層よりも置換酸度が低くなっている土壌があるが、これには、表層における塩基の集積が関係しているものと思う。しかしながら、2) の型式の場合にはいくぶん吟味してみる必要がある。Be, Bf, G, Fd のような湿性土壌の場合には、有機物の分解がよく、未飽和コロイドの移動もある程度考えられるが、表層に多量の石灰を集積しているために、酸性腐植の集

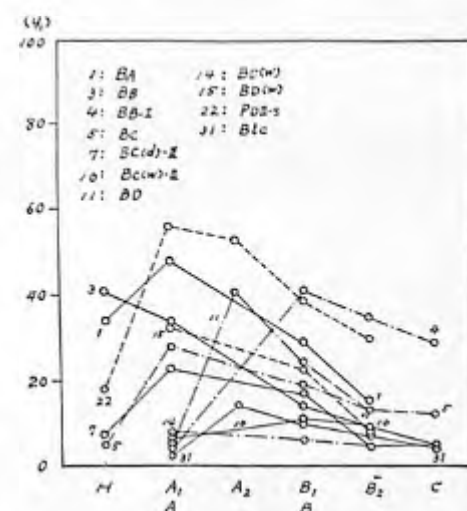


Fig. 35 置換酸度 (y_1) の垂直的分布(1)
Vertical distribution of exchange acidity (y_1) in soil profile of different soils (1).

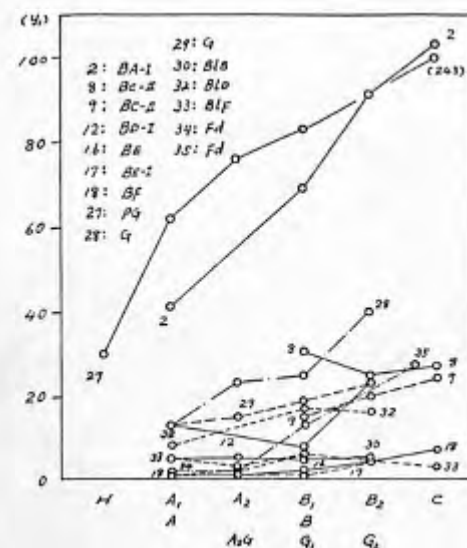


Fig. 36 置換酸度 (y_1) の垂直的分布(2)
Vertical distribution of exchange acidity (y_1) in soil profile of different soils (2).

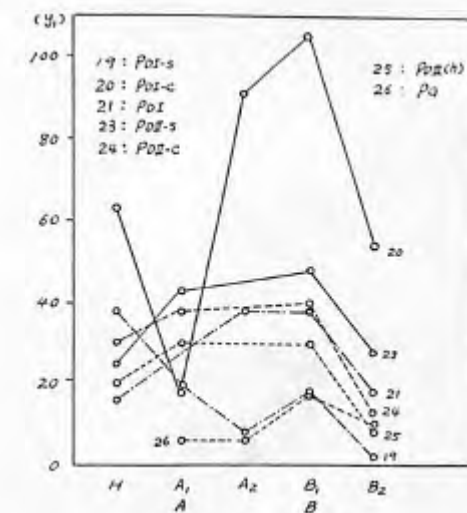


Fig. 37 置換酸度 (y_1) の垂直的分布(3)
Vertical distribution of exchange acidity (y_1) in soil profile of different soils (3).

積はほとんど考えられない。そのために、全般的に置換酸度も低く、表層が下層よりも低い型式を示しているものと思われる。それにたいして、主として低海拔高地域にあらわれている褐色森林土亜型-I, IIの各土壌では、有機物層の堆積も少なく、土壌生成過程における未飽和コロイドの移動は層断面の形態からも考えられない。1次鉱物の同定結果から見ると、これらの土壌にはかなり風化の進んだものが多く、土壌生成過程における風化というよりも、母材堆積過程において強い風化作用を受けたようにも考えられる。したがって、このような土壌は、きわめて塩基に未飽和な母材に生成し、表層には植生の影響で塩基が集積し、置換酸度が緩和されたものと解釈している。このような事実は、田町⁹⁷⁾によつて、北海道の頁岩を母材とするポドゾル土壌において指摘されているが、とくに頁岩を母材とした Pg 土壌において、同氏の指摘が当てはまるようである。

置換酸度 (y_1) と加水酸度 (y_2) とでは、加水酸度の方が大きくあらわれているのが普通であるが、2) の型式に属している BA-I 土壌の下層では、置換酸度と加水酸度と、ほとんど同値を示している。青峯²⁾は九州香椎の第三紀層頁岩に由来する赤色土について酸度逆転現象を指摘し、この現象は置換酸度 (y_1) 40 以上で、腐植に乏しく、塩基飽和度がいちじるしく低い土壌に見られがちであるといわれているが、ここに述べた BA-I 土壌にも、かなりこのような性質が認められる。

ヒバ林下の褐色森林土各型と低海拔高地域のヒバ林以外の森林下の褐色森林土亜型-Iの各土壌における「加水酸度/置換酸度」の比を示したのが Fig. 38 である。この図を見ると、ヒバ林下の腐植を多量に集積している土壌では、低海拔高地域の腐植の含量が少なく、赤褐色の下層を有する土壌よりも、加水酸度がきわめて大きく、しかも後者の場合には、表層から下層に比率が小さくなり、置換酸度と加水酸度の値が接近しつつあることがわかる。

以上は、各土壌における置換酸度 (y_1) の垂直分布について述べたのであるが、筆者は、この分布型式

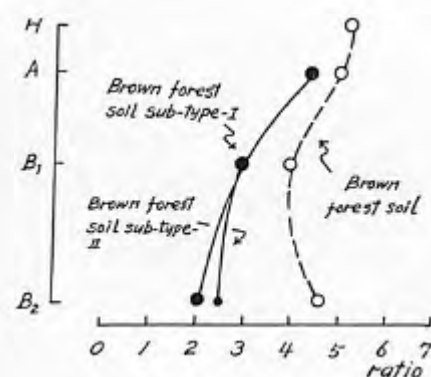


Fig. 38 褐色森林土と同亜型における加水酸度 (y_1) / 置換酸度 (y_2) の比較

Comparison of ratios of hydrolytic acidity (y_1) : exchange acidity (y_2) in brown forest soil and brown forest soil-sub-type.

は母材の性質や土壌生成過程をうかがう上に好都合であると考えている。筆者¹²¹⁾は、さきに置換酸度が表層から下層に増加する土壌には、母材の性質によるものと、母材よりもむしろ気候条件や過去における森林の取扱い状態、すなわち野火や採草地などによる腐植の集積を阻止するような人為的影響によるものの2者が見られることを報告しておいたが、BA-I 土壌は前者の代表的な例であり、そのほかの亜型-Iおよび亜型-IIの大部分は、母材の未飽和も関係しているが、これらの土壌があらわれている位置から見て、比較的温和な気候条件下にあり、しかも頻りに伐採され、裸地状態をくりかえすことなどによつて、腐植の集積が阻止されたのがおもな原因であろうと見ている。このような土壌は、低海拔高地域にまともて分布しているところから、気候、母材的方面から、さらに検討して見る必要がある。

なお、ヒバ林に由来する酸性腐植を多量に集積した PdI 土壌とヒバ林の影響を受けていない Bd-I 土壌と、かなり

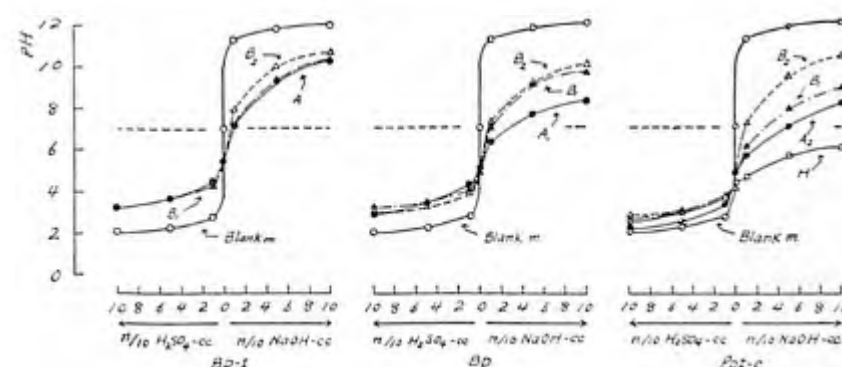


Fig. 39 代表的土壌の緩衝曲線
Comparison of buffering curves in typical soils of "Hiba" forest region.

強くヒバ林の影響を受けた Bd 土壌の 3 土壌について緩衝曲線を示したのが Fig. 39 である¹²²⁾。この図を見ると、ヒバ林腐植を多量に集積する Bd, PotI 土壌では、B 層よりも A 層の方がきらかにアルカリ側の緩衝能が大きく、酸側では層位ごとの差異はあまりない。ポドゾル土壌の A₂ 層は酸側において、わずかに緩衝能が小さい傾向がある。1cc 添加による酸側とアルカリ側における pH 値の変化を見ると Fig. 40 のようになり、一般に、酸側よりもアルカリ側の方が pH の変化は大きい。PdI 土壌の H, A₂ 層では反対の傾向がある。この実験結果からは、腐植の多い土壌ほど、アルカリ側の緩衝能が強く出ているところから、アルカリ側の緩衝能には腐植含量が主として作用していることが考えられ、また、酸側の緩衝能には、野木⁶⁹⁾が指摘しているように、pH 値の低下にともなつて溶出する Al が関係しているかもしれない。このことは、PdI 土壌について、とくに考えられる。ヒバ林下の H 層

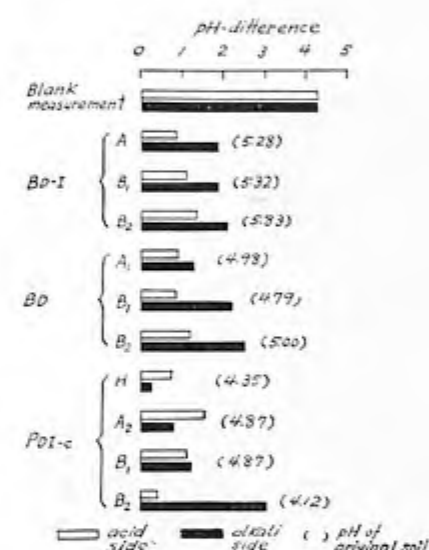


Fig. 40 1cc の酸、アルカリ添加による pH の変化
Comparison of pH-difference due to addition of 1cc of acid and alkali.

が酸側でも、アルカリ側でも、緩衝能がきわめて大きい。このような酸側における緩衝能には、吉田¹²³⁾の実験から見て、腐植吸着体の塩基保持力が小さく、吸着塩基が酸の添加によつて容易に置換されることが考えられるかもしれない。このように、ヒバ林下の酸性腐植を多量に集積する土壌とヒバ林の影響を直接受けていない土壌とでは、緩衝能にいちじるしい相違が見られることも、ヒバ林土壌の特徴をあらわしているものと見ることができよう。

V-5. 置換性塩基の含量と塩基置換容量

各土壌の塩基置換容量および塩基飽和度は Table 8 のとおりであり、さらに Table 8 から、各土壌の表層について塩基飽和度を図示したのが Fig. 41 である。この図を見ると、置換性塩基の含量は、褐色森林土においては、乾性土壌から湿性土壌に移行するにしたがつて増加し、同亜型-IIにもその傾向が認められる。ポドゾル土壌およびグライ土壌でも、乾性のものより湿性のものの方が含量が多い。置換性塩

Table 8. 塩基置換容量および塩基飽和度
Base exchange capacity and degree of saturation in different soils.

番号 No.	土 壤 Soil	層位 Hori.	塩基置換容量 Base exch. capacity m.e.	置換性塩基 Exch. base m.e.	塩基飽和度 Degree of saturation %	番号 No.	土 壤 Soil	層位 Hori.	塩基置換容量 Base exch. capacity m.e.	置換性塩基 Exch. base m.e.	塩基飽和度 Degree of saturation %
2	BA-I	Am B ₁ B ₂ B ₃	48.00 47.74 46.99 45.86	12.82 10.89 11.50 10.35	26.70 22.81 24.47 22.56	18	BF	A ₁ A ₂ B ₁ B ₂ C	76.85 30.85 23.19 25.61 26.72	43.00 19.25 10.52 9.34 9.86	55.95 62.39 45.36 36.47 36.90
12	Bd-I	A B ₁ B ₂	17.52 15.85 26.66	5.85 1.95 3.75	33.39 12.30 14.07	19	Pd I-s	H A ₂ B ₁ B ₂	79.20 26.67 36.86 25.22	14.59 2.08 1.32 1.10	18.40 7.80 3.58 4.36
6	Bc(d)-II	HA B ₁ B ₂ B ₃	82.96 27.69 28.82 21.05	44.25 8.65 5.20 3.80	53.34 31.24 18.04 18.05	20	Pd I-c	H A ₂₁ A ₂₂ B ₁ B ₂	110.06 21.76 46.44 51.03 37.21	11.34 1.23 1.90 1.59 1.12	10.30 5.65 4.06 3.12 3.01
7	B-c(d)-II	H A B ₁ B ₂	97.75 51.38 30.45 27.95	35.94 4.84 2.16 4.15	36.76 9.42 7.09 14.85	21	Pd I	H A ₂ B ₁ B ₂	93.05 33.43 34.50 35.11	— — — —	— — — —
8	Bc-II	B ₁ B ₂ C	17.03 29.93 37.91	5.96 8.04 10.69	36.00 26.86 28.19	22	Pd II-s	H A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	103.06 51.44 35.66 32.60 33.35	12.26 2.64 2.14 1.71 1.29	11.90 5.13 6.00 5.25 3.87
9	Bc-II	B ₁ B ₂ C	26.58 29.11 26.58	3.16 5.89 3.67	11.89 20.23 13.81	24	Pd II-c	H A B ₁ B ₂	120.02 45.83 40.77 35.33	12.67 2.40 2.17 1.34	10.56 5.24 5.32 3.79
10	Bc(w)-II	H A B ₁ B ₂ G	77.19 59.71 20.93 18.17	24.07 11.95 4.66 7.49	31.18 20.01 22.26 41.22	25	Pd III(h)	H A B ₁ B ₂	118.40 52.40 38.70 47.66	15.64 2.65 1.32 0.95	13.21 5.06 3.41 1.99
1	BA	H Am B ₁ B ₂	50.34 44.86 21.03 15.31	6.01 2.89 1.29 1.78	11.94 6.44 6.13 11.63	26	PG	H A ₁ A ₂ B G	97.79 59.90 28.66 34.81 29.34	23.97 5.67 1.90 1.74 5.83	24.51 9.47 6.63 6.00 19.87
3	Bb	H A B C	109.13 40.22 21.16 14.14	12.55 2.40 1.27 1.25	11.50 5.97 6.00 8.84	28	G	A ₁ A ₂ G G ₁ G ₂	48.94 42.26 26.64 22.09	19.39 5.75 1.72 3.43	39.61 13.61 6.46 15.53
11	Bd	A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	49.17 41.72 31.11 36.61	3.44 2.04 1.56 0.89	7.00 4.89 5.01 2.43	31	B/c	A ₁ A ₂ A ₃ B	47.16 30.71 30.33 28.32	20.37 2.18 2.56 4.03	43.19 7.10 8.44 14.23
14	Bd(w)	H A B ₁ B ₂	91.63 36.17 31.48 29.37	20.99 3.47 2.61 2.41	22.90 9.59 8.29 8.21						

基は、A 層よりも H 層にきわめて多く、H 層を欠く土壌では A₁ 層に多くなっている。この傾向は JOFFE をはじめ、多くの学者によつて指摘されているように、表層に堆積した有機物の無機化にともなつて、塩基を供給することに原因しているものと思われ、森林あるいは草原下の自然土壌においてだけ見られる現象であると思われる。H 層の置換性塩基も、やはり乾性土壌から湿性土壌にかけて増加しており、湿性環

境下においては有機物の分解が早く、無機化が促進されることを示しているものと思う。

各土壌における塩基飽和度を見ると、褐色森林土では乾性側から湿性側に、その値を増加し、亜型-I, II でも同様の傾向がある。褐色森林土のうち、乾性および適潤性のものは 10% 内外で、きわめて低く、また亜型の各土壌よりも低くなっているが、これには、つぎに述べる置換容量が大きいことも関係している。BF 土壌では 60% 前後のきわめて高い値を示している。ポドゾル土壌の A 層は 5~10% を示し、褐色森林土よりも、さらに、低い値を示している。各土壌における塩基飽和度は土壌酸度とよく一致した傾向を示している。

つぎに、Table 8 から、各土壌の層断面における塩基置換容量の分布傾向について見ると、1) 表層と下層とあまり差異がないが、むしろ下層が大きいもの (BA-I, Bc-II, Bd-I, B/c などの低海拔高地域にあらわれている褐色森林土亜型および黒色土)、2) 表層から下層に減少しているもの (1) 以外の褐色森林土および弱ポドゾル化土壌)、3) 表層から下層に減少しているが、B₁ 層にふたたび増加しているもの (ポドゾル土壌) などに類別することができる。LUNDBLAD⁴⁷⁾ も褐色森林土の置換容量は A 層から B, C 層に減少するが、ポドゾルでは A₀ 層と B 層上部とに置換容量の maximum があることを認め、A₀ 層の maximum は高い腐植含量、B 層のそれは無機コロイドの高い含量に由来するものとし、土壌によつて、層断面の置換容量の分布に差異があることを指摘している。

各土壌の置換容量の分布型を土壌の深さと対比して、free hand で図示したのが Fig. 42 である。この図を見てもわかるように、H 層の置換容量はきわめて大きく、100 m.e. 前後かそれ以上である。CLINE⁵⁶⁾ は、塩基置換容量は粘土と有機物含量の函数であり、土壌表層における高い置換容量は有機物含量が多いためであるといっている。ROBINSON⁷⁷⁾ によると、膠質粘土の置換容量は 16~110 m.e. であり、腐植では 250~450 m.e. であるという。また WILDE¹¹⁸⁾ は raw humus の置換容量は 40~100 m.e. であり、mull humus では無機物の含量が多いため 30 m.e. 以上の場合は稀であるが、その organic fraction だけの置換容量は 200 m.e. 以上であるとし、内田¹⁰⁹⁾ も北海道の堆積腐植の moder, mor に 100 m.e. 前後の測定値を示している。ヒバ林下の H 層は、ほとんど有機物からなり、50~80% 程度の腐植を含有

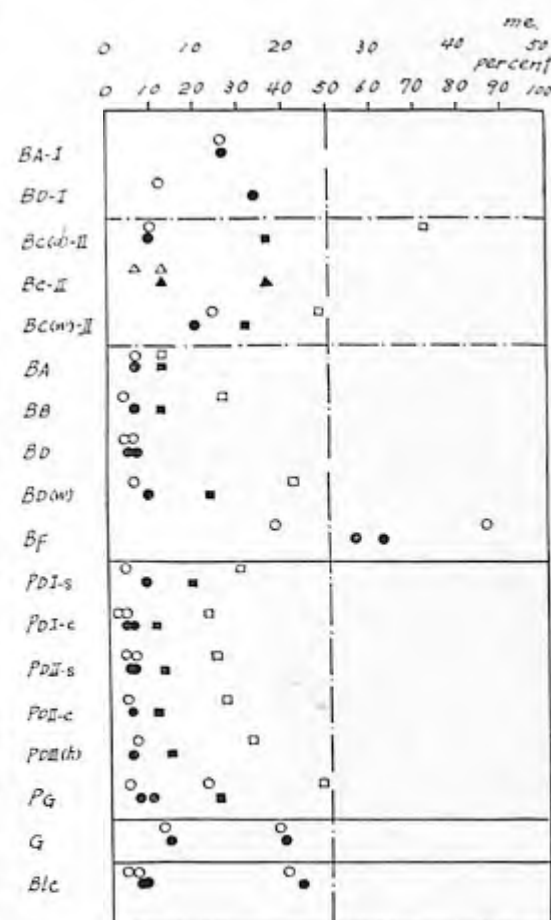


Fig. 41 各土壌表層の塩基飽和度(四角: H, 丸: A, 三角: B₁, 黒: 塩基飽和度(%), 白: 置換性塩基(m.e.))

Comparison of the degree of base-saturation in surface layer of different soils (square: H, circle: A, triangle: B₁, black: degree of base-saturation, white: exchangeable base).

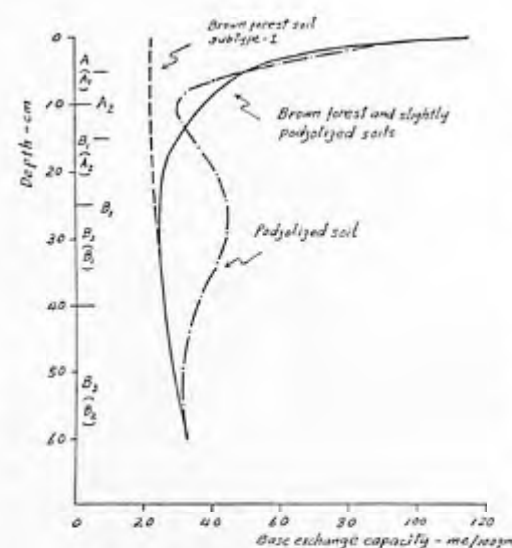


Fig. 42 置換容量の垂直的分布型式

Three types of vertical distribution of base exchange capacity in different soils of "Hiba" forest region.

鉱物と関係があることを指摘しているが、粘土鉱物の種類によつて置換容量がちがうことは衆知のことであるから¹⁴⁾¹⁰⁾、土壌の置換容量を考える場合には clay fraction の粘土鉱物の種類をも考慮する必要がある。

それで、主として有機物によつて組成されているヒバ林下の H 層について、置換容量と腐植化度との関係を見ると Fig. 43 のように、NaOH 抽出腐植の腐植化度 (HQ) とかなり密接な関係があることがわかる。ヒバ林下の H 層には、NaOH 液によつて抽出される腐植がきわめて多いために、その腐植化度 (HQ) が低いものほど腐植物質が多いことになるから、この傾向は前述の弘法の指摘した事実と一致しているものと見て差しつかえないであろう。

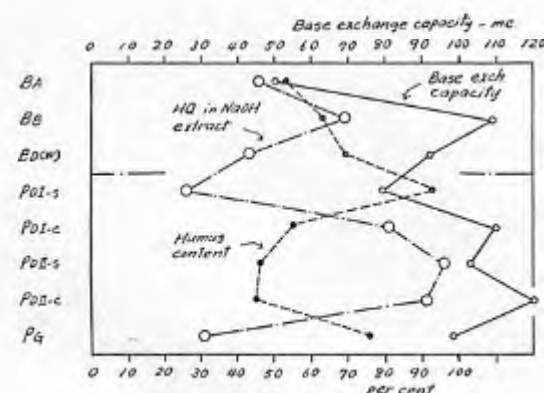


Fig. 43 ヒバ林土壌の H 層の置換容量と腐植化度との関係

Relationship between base-exchange capacity and degree of humification in H-layers of "Hiba" forest soils.

しているために、100 m.e. 前後の置換容量を示すであろうことは容易に考えられる。また、塩基置換は、粘土と腐植から組成される膠質複合体によつて営まれるから、土壌の塩基置換容量には、この 2 成分の組成割合や腐植および粘土のそれぞれの置換容量に支配されるといわれている⁷⁷⁾。つまり、腐植および粘土の置換容量には、それぞれ幅があるから、量的な方面だけではなく、質的な方面も関係していることを考えなければならない。弘法ら³⁷⁾は、熟化の過程において、腐植は減少するが、土壌の置換容量にはあまり変化のないことから、腐植物質は真正腐植酸よりも塩基置換容量に關係する役割が比較的低いことを指摘しているが、このことは、前述の WILDE の raw humus と mull humus の置換容量の差異からもうなずかれる。また、佐々木ら⁷⁹⁾は、北海道の土壌の風化過程の研究において、塩基置換容量は吸着複合体を組成する粘土

しかしながら、土壌の colloidal fraction は塩基置換複合体であり、粘土と腐植によつて組成されているから土壌中の各 fraction の量と塩基置換容量とは密接な関係にあるはずである。WILDE¹¹³⁾によると、clay fraction の塩基置換容量に關係するのは aluminum, iron silicate clay mineral であり、humate fraction では lignin-like humus compound であるという。

それで、置換容量と腐植および粘土含量との関係についてしらべてみた。その結果は Fig. 44, 45 のとおりであり、腐植含量では表層の置換容量と、粘土含量では下層の置換容量と関係しているように見られるので、それぞれの相関関係を求め

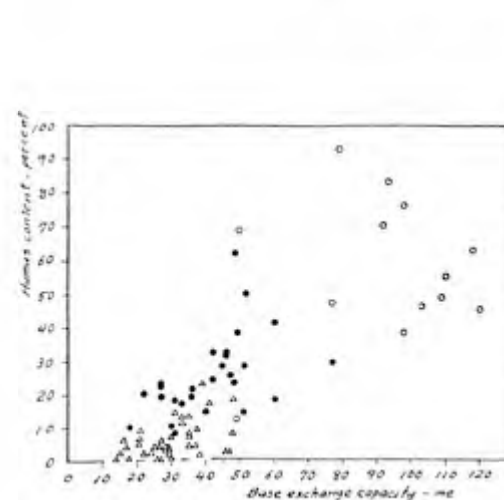


Fig. 44 塩基置換容量と腐植含量との関係 (丸: H, 黒丸: A, 三角: B)

Relationship between base-exchange capacity and humus content (circle: H, black dot: A, triangle: B).

てみた。Fig. 46 はその結果を示すものであり、置換容量は表層では腐植含量と、下層では粘土含量とそれぞれ直線相関が認められ、相関係数は置換容量と腐植含量とでは 0.77、置換容量と粘土含量とでは 0.95 であり、相当高次の相関関係が存在していることがわかる。

このように、土壌の塩基置換容量に影響するものとして、腐植と粘土が考えられ、これらの 2 fraction の性質によつても土壌の置換容量に差異があることを考えなければならないが、それとともに、それぞれの含量によつて大きく支配されていることを考えなければならない。腐植と粘土では腐植の方がはるかに置換容量にたいして大きい役割を示しているから、ヒバ林下のように、多量の腐植を集積している土壌の置換容量は、腐植の含量や性質によつて支配されるところがきわめて大きいものとみることができよう。

Fig. 42 の置換容量の分布型式を見ても、下層ではあまり差異はないが、表層では、腐植の集積が少ない低海拔高地域の土壌が、きわめて小さい置換容量を示していることから、腐植がいかに大きい役割を占めているかがわかるであろう。しかし、低海拔高地域の褐色森林土型-I, II では、表層よりも下層の方が置換容量が大きい傾向があり、またポドゾル土壌の B 層には極大値があらわれているが、このようなことは粘土含量や置換酸度からみて、前者の場合には、表層の侵蝕や機械的洗脱による colloidal fraction の減少、後者の場合には、pod-

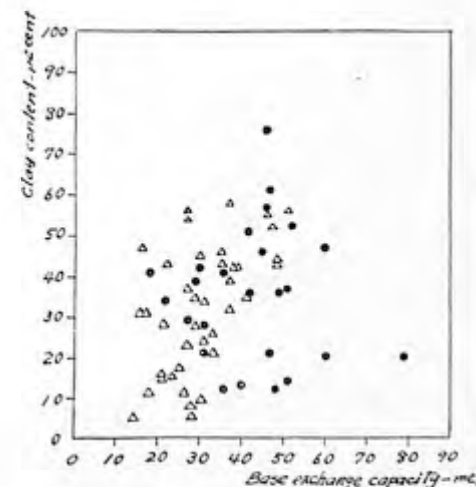


Fig. 45 塩基置換容量と粘土含量との関係 (黒丸: A, 三角: B)

Relationship between base-exchange capacity and clay content (black dot: A, triangle: B).

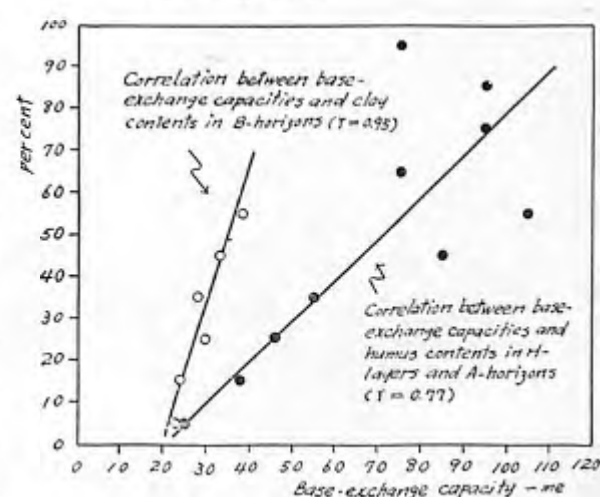


Fig. 46 塩基置換容量と腐植および粘土含量との関係

Relationships between base-exchange capacity and humus and clay contents in H, A and B horizons.

Table 9. 各土壌の置換性塩基
Contents of exchangeable base in different soils.

番号 No.	場所 Location	土 壌 Soil	層 位 Hori.	置 換 性 塩 基 Exchangeable base m.e./oven-dry soil 100 g			
				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺
12	田名部	Bd-I	A B ₁ B ₂	2.49 0.33 1.19	1.82 1.07 2.07	1.09 0.71 0.74	1.80 0.98 1.26
8	飯詰	Bc-II	B ₁ B ₂ C	1.06 3.12 2.43	3.78 7.27 7.68	0.35 0.51 0.41	1.35 1.53 1.87
1	田名部	BA	H Am B ₁ B ₂	3.15 1.00 0.64 0.55	4.04 1.64 0.53 0.11	0.51 0.67 0.24 0.26	1.60 1.78 1.18 1.78
3	内真部	Bb	H A B C	5.06 0.87 0.63 0.52	5.95 0.43 tr. 0.10	0.85 0.34 0.16 0.22	2.52 1.26 0.86 0.99
11	田名部	Bd	A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	1.11 0.79 0.55 0.45	1.09 tr. 0.22 0.22	0.45 0.33 0.21 0.12	1.32 1.19 1.07 1.05
14	喜良市	Bd(w)	H A B ₁ B ₂	14.53 1.41 0.65 0.99	10.83 1.71 1.28 0.98	1.17 0.48 0.33 0.26	1.93 1.38 1.70 1.38
18	内真部	Bf	A ₁ A ₂ B ₁ B ₂ C	30.20 13.97 6.65 5.20 7.00	11.13 3.46 2.54 3.43 3.02	1.02 1.10 1.01 0.87 0.83	2.01 1.50 1.27 1.39 2.16
19	喜良市	PdI-s	H A ₂ B ₁ B ₂	3.94 0.21 0.22 0.22	5.79 0.51 1.09 0.22	0.95 0.24 0.24 0.20	2.33 1.20 0.91 1.06
20	田名部	PdI-c	H A ₂₁ A ₂₂ B ₁ B ₂	4.71 0.72 0.63 1.50 0.22	4.31 tr. 0.83 0.11 0.22	0.90 0.17 0.19 0.23 0.24	1.96 1.37 1.19 1.41 0.73
21	大畑	PdI	H A ₂ B ₁ B ₂	9.40 0.43 0.45 0.22	4.84 0.74 0.89 0.66	0.90 0.40 0.52 0.46	2.55 1.31 1.30 1.28
22	田名部	PdII-s	H A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	6.83 2.20 0.64 0.43 0.43	4.66 1.41 1.08 0.52 0.11	0.92 0.58 0.35 0.25 0.31	2.77 2.75 1.23 0.94 1.23
24	田名部	PdII-c	H A B ₁ B ₂	5.25 0.22 0.76 0.22	6.73 1.29 1.50 0.55	0.78 0.41 0.48 0.21	2.14 1.51 1.63 1.02
25	田名部	PdIII(h)	A B ₁ B ₂	1.00 0.44 0.47	1.42 0.33 0.12	0.56 0.24 0.12	1.79 1.36 1.40
26	喜良市	Pg	H A ₁ A ₂ B G	13.74 1.91 0.42 0.44 3.44	9.60 1.45 0.32 0.64 4.90	1.03 0.69 0.25 0.26 0.42	2.15 1.68 1.05 1.07 0.94
28	田名部	G	A ₁ A ₂ G G ₁ G ₂	8.98 2.54 0.43 0.54	6.38 2.08 0.74 1.69	0.55 0.38 0.23 0.14	1.89 1.36 1.06 1.27
31	内真部	B/c	A ₁ A ₂	12.32 0.65	4.72 0.86	0.76 0.32	1.78 1.31

zolization に基づく colloidal

fraction の集積に起因しているもの

と思われる。

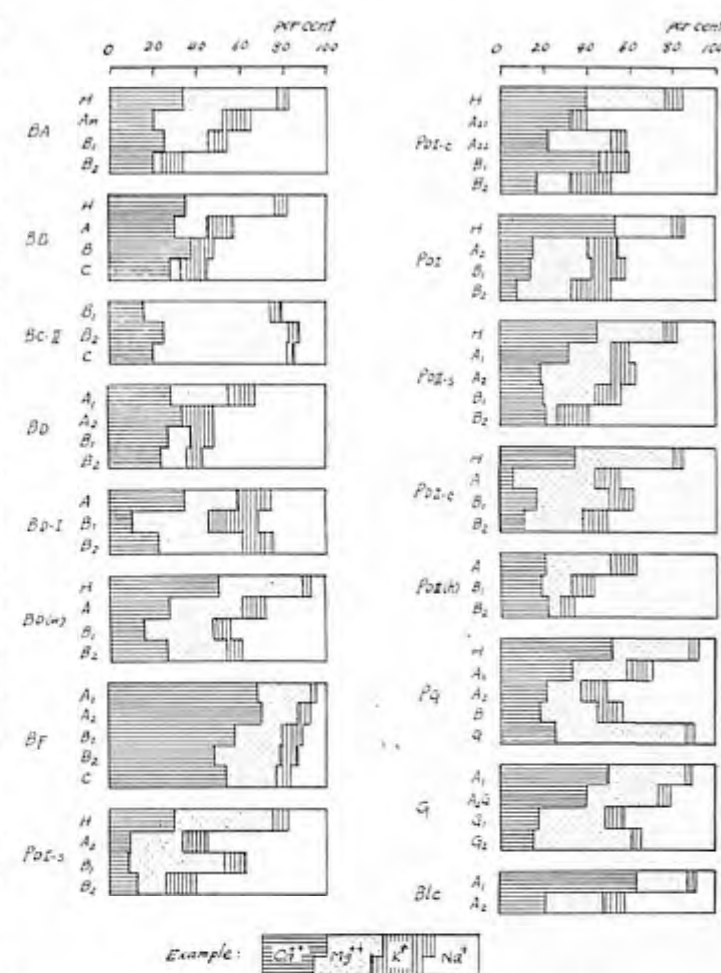
つぎに、各土壌における置換性陽イオンの含量および各陽イオンの行動について述べてみたい。各土壌に吸着されている置換性塩基 (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺) の含量は Table 9 に示されており、またそれらの含有割合は Fig. 47 のとおりである。この分析結果からまず考えられることは、腐植に富む表層には 2 価イオンの含有割合が大きく、腐植に乏しい下層では 1 価イオンの含有割合が大きくなっていることである。この関係は、土層によつてかなりの変動はあるが、表層土（とくに、H 層）と下層土において、吸着されている塩基に差異があることは一般的傾向として認めることができる。

これらの土壌は、自然状態においては、有機物の無機化によつて塩基を表層に供給されているが、また一方、種々の程度の酸性反応下

で、たえず leaching をうけている。しかし、このような塩基の収支関係は環境条件によつてそれぞれちがうことも考えられるが、各土壌は、ある程度環境と平衡した normal type のものが選定されているために、諸種の土壌の性質は、現在の環境条件とかなり平衡状態にあるものと見て差しつかえないであろう。したがつて、ここに示した各種陽イオンの含量は、酸性反応下における、種々の腐植を含有する土壌の、塩基吸着の状態を示しているものと見ることができる。

Fig. 47 を見ると、第 1 層の H 層では、Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ の含量が K⁺, Na⁺ の含量よりもきわめて多く、この傾向は H 層をとまなわない土壌の A 層にも見られる。第 2 層の A 層（溶脱層）では Na⁺ の含量が多くなり、第 3 層以下の B 層では、Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ の含有割合の減少、Na⁺, K⁺ の増加が認められる。つまり、表層から下層にかけて腐植の含量が減少するにしたがつて、2 価塩基の含有割合が減少し、1 価塩基の含有割合が増加している。Mg⁺⁺, K⁺ にはそれほど変化は認められないが、Ca⁺⁺ と Na⁺ には、とくにこの傾向が認められる。

腐植に富む表層と腐植に乏しい下層において、吸着する塩基の種類に、このように大きい差異を示して



Example:

Fig. 47 置換性 Ca, Mg, K, Na の割合
Relative contents of exchangeable Ca, Mg, K
and Na in different soils.

いるのに対しては、表層に供給される各塩基の量的関係と、表層と下層における塩基吸着に作用する吸着体の差異について考える必要がある。落葉が分解して表層に供給される塩基は、後述のように Ca^{++} が大部分で、 Mg^{++} がこれにつき、 K^+ 、 Na^+ はきわめて少量である。したがって、表層は下層に比較して 2 価塩基の含量が多く、1 価塩基の割合は小さいことは当然考えられる。しかしながら、表層に供給された塩基は、土層内で営まれる諸種の物理化学的作用によつてたえず変化しており、また遊離の状態ではなく、土壌の colloid fraction に吸着の状態で存在していることを考えなければならないから、塩基の吸着保持に關与する吸着体の差異および吸着強度について考える方が、自然状態における塩基吸着を見るに必要なことであろう。

塩基吸着の役割を果たしているのは、表層（とくに、H 層）では主として腐植であるかもしれないが、下層では主として膠質粘土であると思われる。吉田¹³³⁾ は腐植質土壌と無機質土壌を使用して塩基吸着強度および塩基の選択吸着性を研究した。ヒバ林土壌の表層と下層における塩基吸着状態の差異は、吉田の塩基吸着能に關する研究を適用することによつて十分説明されるものと思われるし、また同氏の実験的理論を自然土壌について例証したものともみることができよう。

しかしながら、 Mg^{++} は Ca^{++} のように、層断面において規則的に変化していない。MATTSON⁵⁰⁾ は電気透析によつて、 Mg^{++} は Ca^{++} よりも透析されにくいことを強調し、また河水の可溶性塩類の組成からも、 Ca^{++} は Mg^{++} よりも leaching されやすいことを示している⁵⁰⁾。さらにまた、MATTSON⁵⁰⁾ はカルシウムの大部分は置換態で存在しているが、マグネシウムやカリウムは小部分だけ中性塩で置換されるところから、これらの塩基は加水分解生成物からできる間に、コロイド内部に固定される性質があるといっている。したがって、 Ca^{++} と Mg^{++} の吸着状態や ionization の mechanism については、さらに検討の必要があるように考えられる。

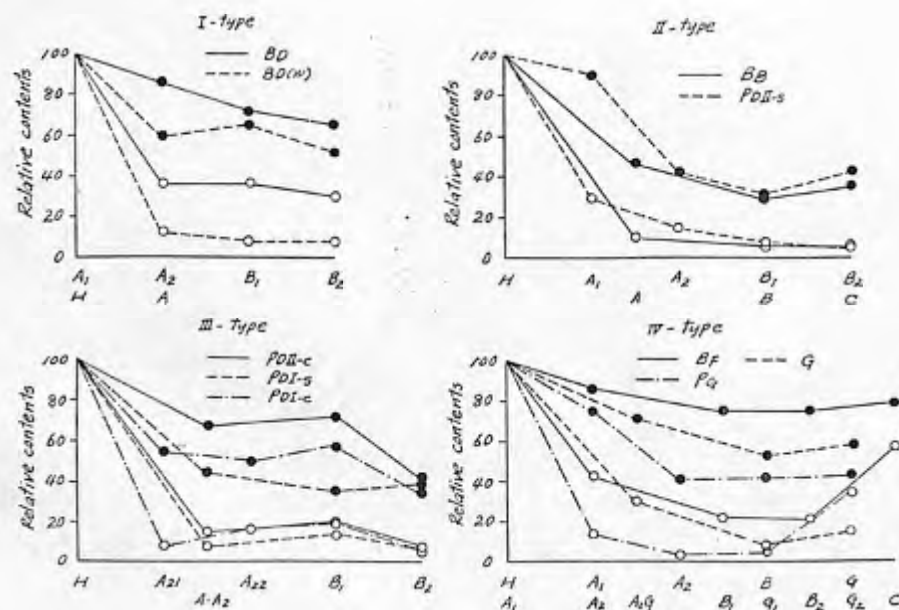


Fig. 48 1 価、2 価塩基の層断面における分布

Distribution of divalent and monovalent bases in soil profiles (circle: divalent, black dot: monovalent).

つぎに、Table 9 について各土壌の層断面における塩基の分布状態を見ると、土壌によつてそれぞれ特徴があることがわかる。それで、2 価イオンと 1 価イオンに區別してその分布傾向を見ると、Fig. 48 に示しているように、1) 1 価、2 価イオンは、ともに下層に漸減しているもの、2) 2 価イオンは下層に漸減しているが、1 価イオンは下層でふたたび増加するもの、3) 1 価、2 価イオンは、ともに B₁ 層に増加するもの、4) 1 価、2 価イオンは、ともに G 層に増加し、とくに 2 価イオンの増加が顕著なものの 4 傾向が認められる。Fig. 49 は、これらの分布傾向をあきらかにするために、深さ別に平均値をプロットし、free hand で図化したものである。I 型式には B₀ のような podzolization がほとんど認められない標式的な褐色森林土、II 型式には B₀、P₀H-s のような弱度に podzolization が起こりつつある弱ポドゾル化土壌、III 型式には P₀I-s、P₀I-c のような podzolization があきらかに認められるポドゾル土壌、IV 型式には P₀G、G のような地下水の影響を受けたグライ土壌がそれぞれ属している。

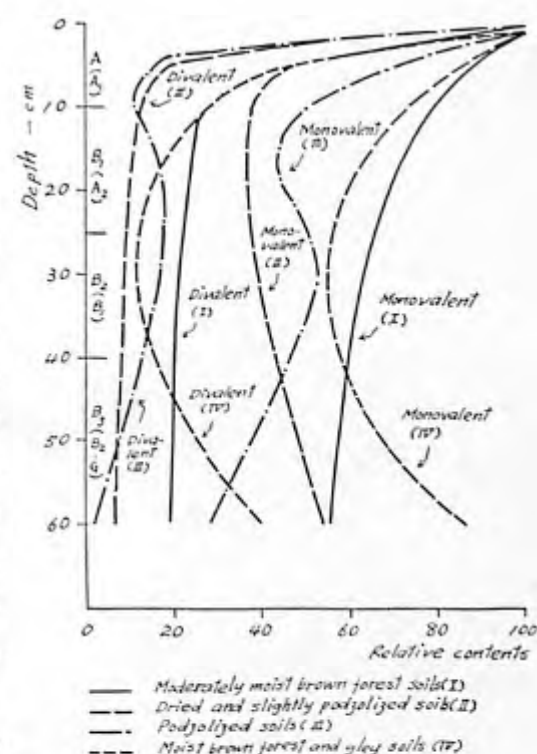


Fig. 49 塩基の分布型式
Distribution of divalent and monovalent bases in different soils.

II 型式の下層、III 型式の B₁ 層に 1 価イオンが比較的増加しているのは上部から下降した 1 価イオンの集積と見られるが、これは podzolization による無機コロイドの集積に由来するものと思われる。しかしながら、G 層における塩基の増加、とくに 2 価塩基の増加は、吉田の腐植吸着体による o-charge の吸着では説明することはできない。これにたいしては、停滞水に溶解した塩基に原因するものと考えた方が妥当であろう。

V-6. 土壌の両性反応

MATTSON は土壌生成作用の解明に役だつものとして、土壌の両性反応 (amphoteric reaction) を強調しており⁵¹⁾⁵²⁾、わが国でも、菅野³²⁾は赤色土の研究にこの方法を応用し、赤色土の生成にたいする podzolization の関係について追究した。

各土壌（とくに、電気透析していない）における両性点の測定結果は Table 10 のとおりである。これを見ると、いずれも置換酸性を示しており、acidoid の activity が高いことがうかがわれる。 Na_2SO_4 溶液の場合は、 BaCl_2 溶液の場合よりも、つねにアルカリ性側にあることは、MATTSON の理論と一致している。MATTSON が Västergötland の Unden 湖付近から採取した podzol では、あきらかに A 層は置換酸性 (positive value)、B 層は置換アルカリ性 (negative value) を示しているがこの研究に使用したポドゾル土壌では、いずれも置換酸性を示している。しかしながら、A 層に比較して B 層はあきらかに置換アルカリ性に偏倚しており、cationic sol complex が A 層から移動し、B 層に等電的に沈殿していることが推定される。

Table 10. 各土壌の両性反応
MATTSON's amphoteric reactions in different soils.

番号 No.	場所 Location	土壌 Soil	層位 Hori.	pH values in			pH difference	
				water	0.01 N Na ₂ SO ₄	0.01 N BaCl ₂	W-Na ₂ SO ₄	W-BaCl ₂
12	田名部	Bd-I	A	5.34	5.01	4.42	0.33	0.92
			B ₁	4.98	4.76	3.84	0.22	1.14
			B ₂	5.17	4.69	3.65	0.48	1.52
7	飯詰	Bc(d)-II	H	3.82	3.66	3.51	0.16	0.31
			A	4.31	3.80	3.20	0.51	1.11
			B ₁	4.79	4.11	3.49	0.68	1.30
8	中里	Bc-II	B ₂	5.09	4.81	4.25	0.28	0.84
			B ₂	5.49	5.03	4.39	0.46	1.10
			C	5.56	5.13	4.38	0.43	1.18
3	内真部	Bb	H	3.42	3.20	2.91	0.22	0.51
			A	4.11	3.76	3.23	0.35	0.88
			B	4.92	4.37	4.04	0.55	0.88
11	田名部	Bd	C	5.53	4.84	4.34	0.69	1.19
			A ₁	4.47	4.11	3.53	0.37	0.94
			B ₁	5.29	5.11	4.45	0.18	0.84
18	内真部	Bf	B ₂	5.29	5.36	4.52	-0.07	0.77
			A ₁	6.22	6.01	5.83	0.21	0.39
			A ₂	6.54	6.06	5.75	0.48	0.79
19	喜良市	Pd I-s	B ₁	6.42	5.73	5.32	0.69	1.10
			B ₂	6.60	6.00	5.36	0.60	1.24
			C	6.40	5.80	5.09	0.60	1.31
20	田名部	Pd I-c	H	4.60	4.19	3.88	0.41	0.72
			A ₂	5.18	4.68	4.02	0.50	1.16
			B ₁	4.98	4.75	4.03	0.23	0.95
22	田名部	Pd II-s	B ₂	6.02	5.60	5.03	0.42	0.99
			H	3.59	3.33	3.03	0.26	0.56
			A ₂₁	4.70	4.40	3.90	0.30	0.80
24	田名部	Pd II-c	A ₂₂	4.41	4.07	3.61	0.34	0.80
			B ₁	4.31	4.11	3.61	0.20	0.70
			B ₂	4.30	4.30	3.76	0.00	0.54
25	田名部	Pd III(h)	H	3.51	3.23	2.98	0.28	0.53
			A ₂	4.25	3.99	3.49	0.26	0.76
			B ₁	4.53	4.28	3.83	0.25	0.70
28	田名部	G	B ₂	4.86	4.62	4.15	0.24	0.71
			H	4.05	3.88	3.62	0.17	0.43
			A	4.42	4.18	3.68	0.24	0.74
25	田名部	Pd III(h)	B ₁	4.60	4.48	4.01	0.12	0.59
			B ₂	5.28	5.15	4.45	0.13	0.83
			A	4.82	4.35	3.75	0.47	1.07
28	田名部	G	A ₁	5.18	4.83	4.22	0.35	0.96
			A ₂ G	5.88	5.58	4.87	0.30	1.01
			G ₁	4.61	4.41	4.06	0.20	0.55
28	田名部	G	G ₂	4.93	4.71	4.19	0.22	0.74
			G ₁	5.39	4.74	4.13	0.65	1.26
			G ₂	5.44	4.61	4.18	0.83	1.26

MATTSON⁵³⁾ は leached soil を anionic solvation and eluviation によるものと cationic solvation and eluviation によるものとに 2 大別しているが、菅野⁵¹⁾ は前者を酸性コロイド溶脱作用、後者を塩基性コロイド溶脱作用と呼んでいる。ここで研究した土壌は、いずれも MATTSON の cationic solvation and eluviation の group に属するものであり、とくに Pd I・II のようなポドゾル土壌において判然としている。

また、MATTSON ら¹⁸⁾ によると、土壌の両性反応は、humus acidoid を含有している場合には、humus の activity が高いために、土壌粘土の SiO₂/M₂O₃ とはあまり関係を示さないが、heating (275°C, 6 時間) によつて humus acidoid の activity を除去すると、両性反応は一層強調され、また土壌の Al や

Fe と密接な関係を示すようになるという。とくに Al は Fe よりも active であるために、basoid の activity におよぼす影響が大きいといっている。

それで、代表的な土壌について、両性反応と酸性修酸アンモン可溶の Al₂O₃ 量との関係を図示すると Fig. 50 のようになり、大部分の土壌は、Al₂O₃ の増加につれて置換酸性が低下している。この関係は Fig. 51 を見ると一層明瞭であり、置換反応 (pH(H₂O) - pH(Na₂SO₄)) と易溶性アルミナ含量とに直線的な負の相関関係 (-0.98) が存在していることがわかる。

また、Fig. 50 を見てもわかるように、褐色森林土の各土壌では表層から下層に移行するにしたがつて、acidoid の activity がいくぶん増加しているが、ポドゾル土壌では、反対に basoid の activity がいくぶん増加している傾向がある。ポドゾル土壌のこの傾向は、前述のように、cationic sol complex (Al, Fe) の集積に由来するものであろう。しかしながら褐色森林土の傾向にたいしては、このような関係からばかり説明することはできない。とくに、表層においては humus acidoid が多く、Al は少ないが、下層よりも置換酸性が弱くなっている。それゆえに、比較的塩基を多く含む腐植質コロイドの置換反応については、さらに検討の必要がある。

V-7. 土壌の酸化還元電位

酸化還元電位 (oxidation reduction potential) は生物学の分野においては多数の学者によつて研究さ

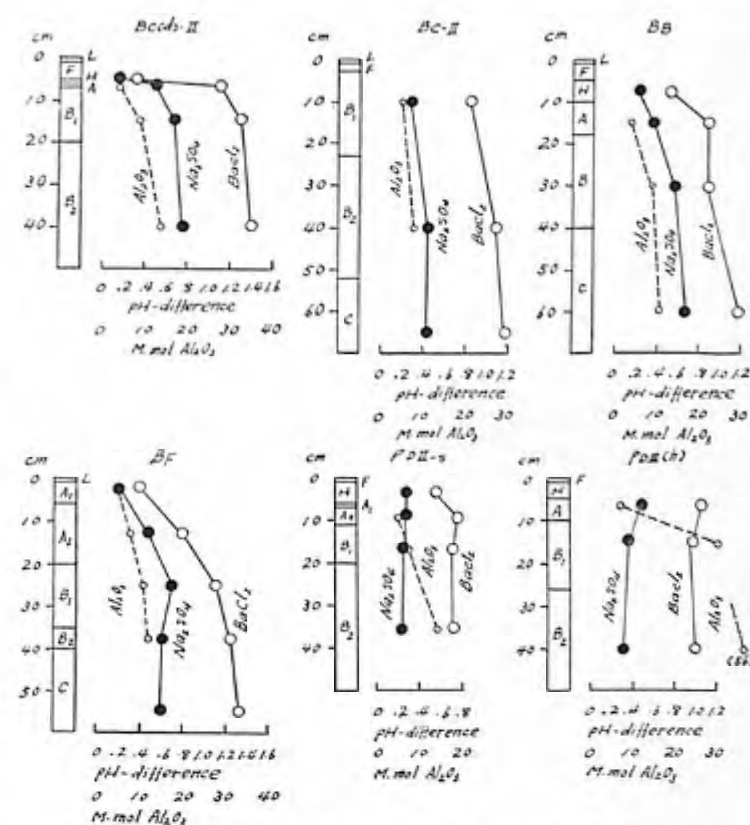


Fig. 50 両性反応と易溶性アルミナとの関係
Relationship between amphoteric reaction and acid-oxalate soluble aluminum content.

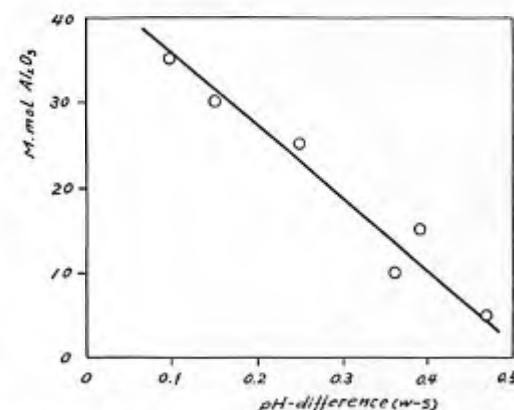


Fig. 51 置換反応と易溶性アルミナとの関係
Correlation between pH-difference between of pH of water and that of Na₂SO₄, and acid-oxalate soluble alumina content.

れてきたが、最近、土壌学の研究にも、これが応用され、わが国でも、水田土壌や畑土壌については多数の研究が見られるが、森林土壌においては、ほとんど測定例がなく、わずかに竹原ら⁹⁰⁾の測定例を見るにすぎない。

Brown⁹¹⁾ は、主として生物系統に使用されていた酸化還元電位を土壌に応用し、白金電極の使用によって Eh 測定法を研究し、土壌：水の比が 7：4、土壌と電極の接触時間 35 分で、満足な結果がえられることを報告している。この研究では、自然状態の生土を使用し、土壌：水を 1：1 として、おおむねカニ状とした後、Brown が使用したようなラセン状の白金電極を挿入して、27°C の incubator に静置した。

現在、わが国の森林土壌は、主として水分環境に基づいて湿性から乾性に分類されているが、これまで述べた各種の分析成績は、おおむねこの分類方式にたいして満足な結果を与えているものと思う。乾性土壌は湿性土壌よりも排水が良好であるために、酸化還元電位-Eh が高いことが推定されるし、地下水土壌では、はなはだしく低くなっていることが考えられる。また、土壌を湛水状態にすれば Eh は低下し、さらに有機物を添加すれば Eh の低下がいちじるしいことが、水田土壌についてあきらかにされている⁹⁴⁾。それは、有機物の分解にともなう酸素が消耗し、還元状態になるためであろう。Wilde¹¹³⁾ は、森林土壌の Eh は地下水停滞の程度、森林被 (forest cover) の型式や林分の生育状態に支配されると述べている。それで、この研究においては、乾性土壌と湿性土壌における Eh の差異、季節による Eh の変化、湛水状態下の Eh の変化などについて検討してみた。

ヒバ林下の代表的土壌——Bb, Bf, Pd1-s, Pd1-c, Pg, G——の Eh は Fig. 52 に示されている。この Eh は 7～8 月に採取した土壌について、電極挿入 1 時間および 24 時間後の測定結果を示したものである。この図を見ると、1 時間後の Eh は Bb, Pd1-s > Pd1-c > Pg > Bf > G の順に低い傾向があるが、この傾向は自然状態におけるこれらの土壌の酸化還元状態を示しているものと見なして差しつかえないであろう。また、24 時間湛水後の Eh を見ると、各土壌とも腐植の多い表層では、はなはだしく Eh を低下する傾向があるが、とくに Bf, G 土壌の表層においていちじるしく、Bb 土壌ではそれほど低下して

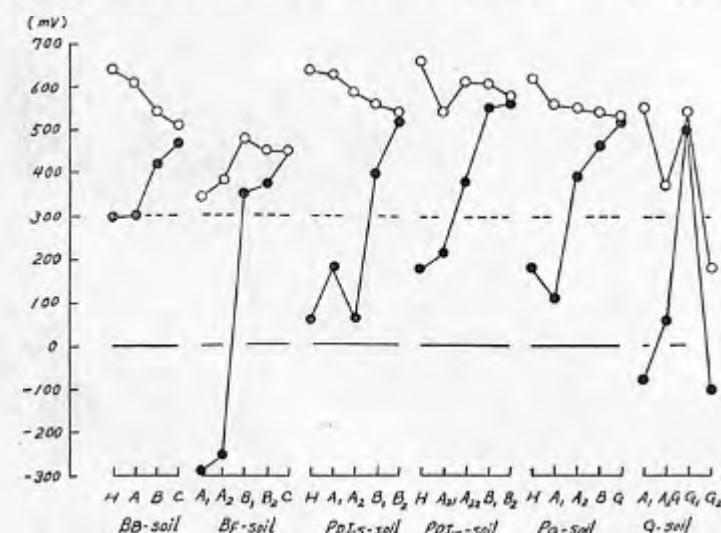


Fig. 52 夏季における各土壌の Eh の比較 (丸: 1 時間後, 黒丸: 24 時間後)
Comparison of Eh of each soil in summer season (circle: after 1 hr., black dot: after 24 hrs.).

いない。それで、各土壌の層位ごとの Eh の季節的变化を見るために、Bb, Bf, PdII の 3 土壌について、1 時間後と 24 時間後の Eh について見ると Fig. 53, 54 のとおりとなる。Fig. 53 を見ると、各土壌とも、Eh は 4 月から 6 月にかけて上昇し、8 月では下降するが、10 月ではふたたび上昇している。H 層ではこの変化は不規則である。8 月に Eh が下降するのにたいしては、夏季における有機物の活潑な分解について考える必要があらう。さらに、Fig. 54 を見

ると、Bb 土壌に比較して、Bf, PdII 土壌の表層の 6～8 月採取のものは、極端に Eh が低下している。すなわち、夏季に採取した Bf, PdII 土壌の表層は、湛水 27°C の条件下では急激に Eh を低下させるが、それはこの期間における旺盛な微生物の活動を物語るものである。この関係は、Fig. 55 の 3 土壌の層断面における Eh (4～10 月の平均値, 24 時間後の測定) と腐植含量からも容易に考えられる。

森田⁹⁴⁾ は水田土壌に種々の窒素質肥料をほどこし、湛水状態の Eh の変化を測定し、湛水によって Eh は急激に低下し、2 週間目および 7 週間目に

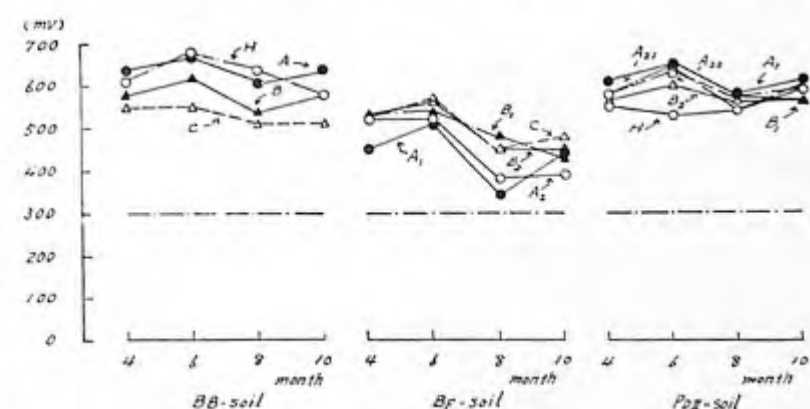


Fig. 53 Eh (1 時間後) の季節的变化
Seasonal variations of Eh (after 1 hr.) in different soils.

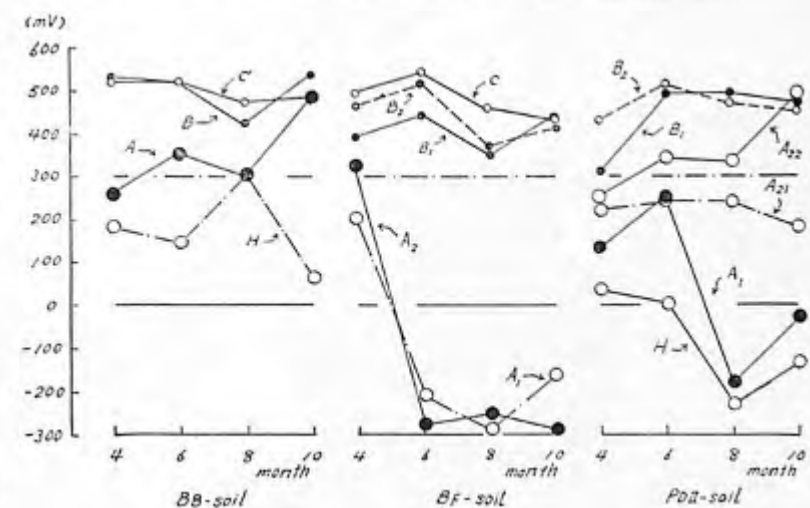


Fig. 54 Eh (24 時間後) の季節的变化
Seasonal variations of Eh (after 24 hrs.) in different soils.

最低となり、その後は上昇すること、有機質肥料を施肥した場合は Eh の低下がいちじるしいことなどの結果を得られている。ヒバ林下の Pd1-s, Pd1-c, Pg, G の各土壌における 120 時間 (5 日間) の Eh の変化過程を Fig. 56 に示し、また Bb, Bf, PdII の各土壌における季節的变化を Fig. 57～59 に示した。酸化状態と還元状態の境界は大抵 Eh 300 mV と考えられており、未分解有機物を含有している場合は、Eh は 0 mV 以下になるといわれている¹⁴⁾。また Brown⁹¹⁾ も 116 時間で -40 mV, 240 時間で -146 mV の測定例を示している。Fig. 56 を見ると、有機物を多量に含む H, A 層は、湛水することによって電位は急激に低下するが、B, G 層はあまり変化していない。ただ

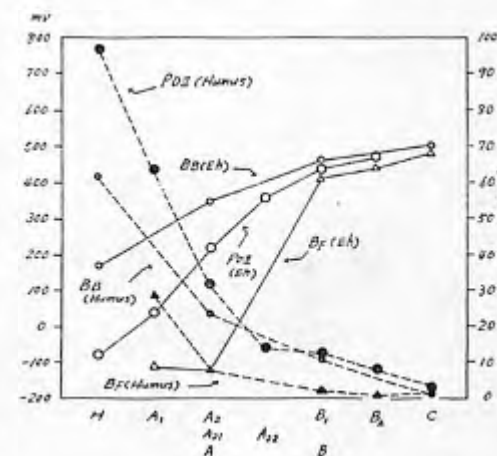


Fig. 55 Eh と腐植含量との関係 (季節別採取試料の平均値)
Relationship between mean Eh after 24 hours and humus contents.

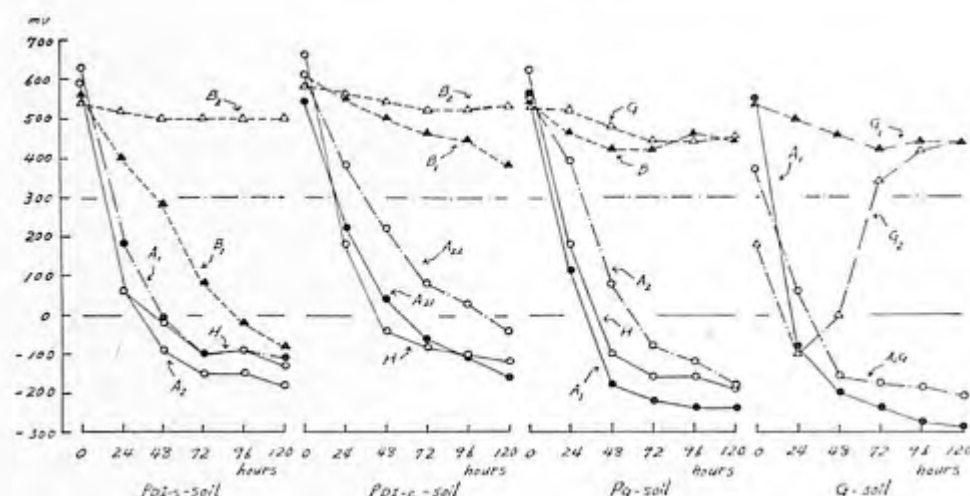


Fig. 56 ポドゾルおよびグレイ土壌の Eh 曲線 (1957, 7 月採取)
Eh-curves of podzolized and gley soils (sampled in July, 1957).

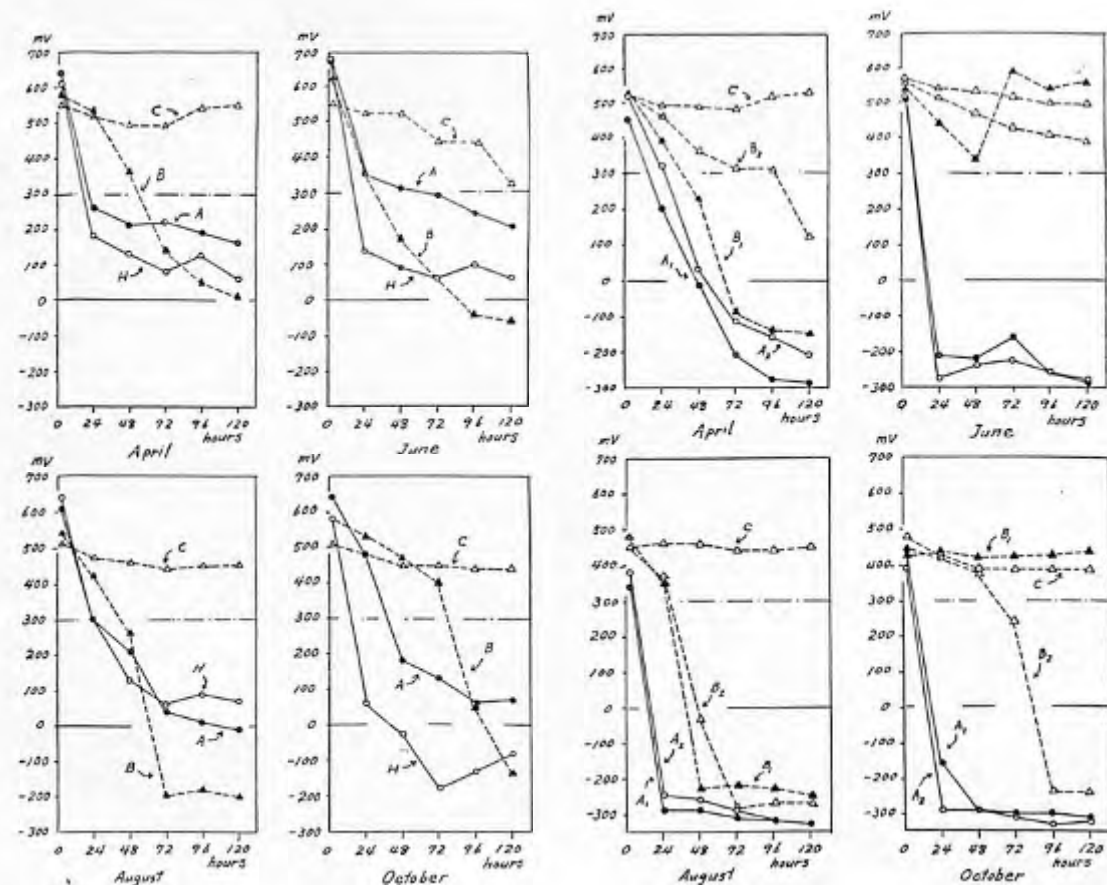


Fig. 57 Eh の季節的変化 (Ba 土壌)
Seasonal variations of Eh on Ba-soil.

Fig. 58 Eh の季節的変化 (Bf 土壌)
Seasonal variations of Eh on Bf-soil.

し、Pod-s 土壌の B₁ 層は表層に似た傾向を示し、G₂ 層は 24 時間後には上昇し、96 時間では G₁ 層とほとんど同じ値を示している。それは、G₂ 層は常時地下水位以下にあるために、自然状態では Eh は低くなっているが、この層は腐植をほとんど含んでいないために、一定条件下で湛水を継続することによって、酸化還元にあずかる物質の反応が平衡に達し、しだいに物質の形態が還元状態から酸化状態に移行するためではないかと推察している。Pod-s 土壌の B₁ 層が A 層と似た傾向を示しているが、Pod-c 土壌の B₁ 層には主として鉄が集積しているのに対し、Pod-s 土壌の B₁ 層には鉄、腐植を集積している形態的特徴と照合して興味ある事実である。各土壌とも 24~48 時間で、だいたい最低電位近くまで降下している。

Fig. 57~59 を見ると、4 月から 10 月間の層位ごとの変化過程がよくあらわれており、季節的には 6 月、8 月の土壌が湛水によって、いちじるしく電位が降下している。ここで興味あるのは、各土壌の B 層における Eh の季節変化である。B 層の Eh は 4 月から 6、8 月にかけて一般に降下し、10 月にはふたたび上昇している。この変化過程は土壌によって多少の相違はあるが、春季から夏季にかけての旺盛な有機物の分解が B 層の上部でおこなわれ、その影響をうけて夏季の Eh は降下するが、秋季では表層の微生物の活動も緩慢となるために、ふたたび上昇するものと推測している。B 層の電位降下は、A 層よりも季節的にみられてあらわれていることから、このようなことが考えられる。森田の研究⁶⁰でも、下層の

最低電位は表層よりもみられてあらわれている結果が見られる。

このように、湛水条件下の Eh には、現在、自然状態で営まれている有機物の分解状況が関係しているように考えられる。それで、ヒバ林下と、それに隣接した皆伐地における同時採取試料 (10 月採取、

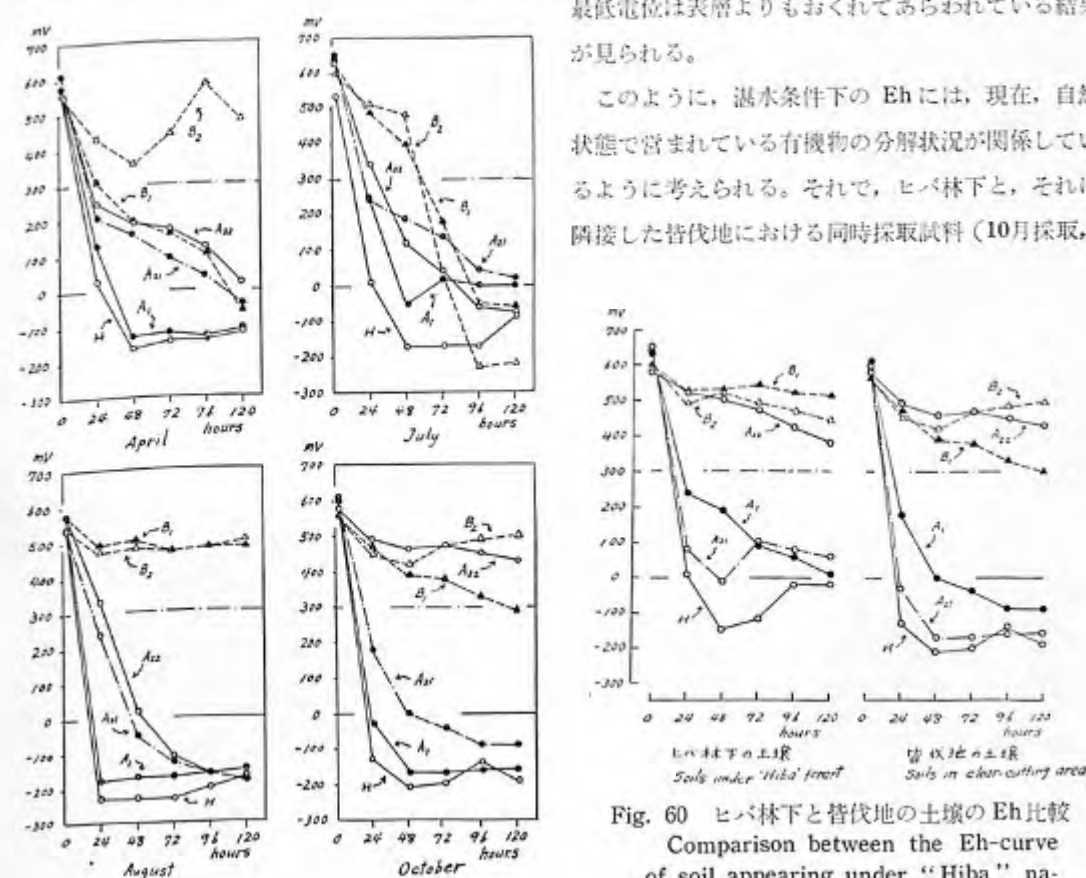


Fig. 59 Eh の季節的変化 (PodII 土壌)
Seasonal variations of Eh on PodII-soil.

Fig. 60 ヒバ林下と皆伐地の土壌の Eh 比較
Comparison between the Eh-curve of soil appearing under "Hiba" natural forest and that of clear-cutting area (PodII-c-soil, sampled in Oct., 1957).

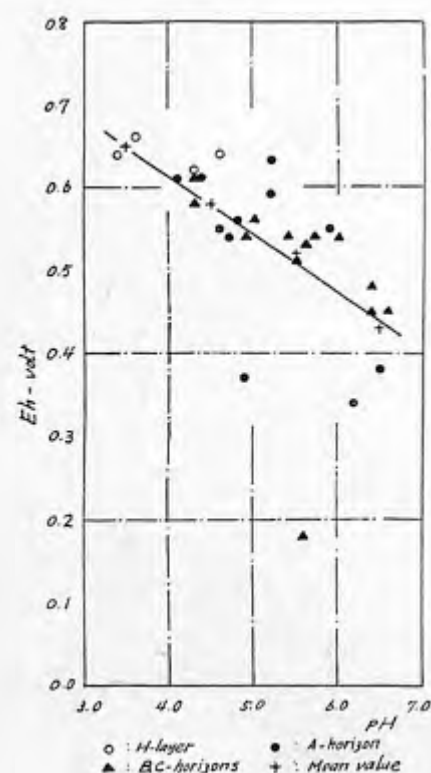


Fig. 61 Eh (1時間後) と pH との関係
Relationship between Eh
(after 1 hour) and pH value.

夏にかけては、表層にかなり強度の還元状態があらわれることがあるかもしれない。

つぎに、PURI⁶⁾は水素土壌に種々の量のアルカリを加え、pH と Eh との関係を研究した結果、Eh は pH が増加するにつれて減少し、その変化割合は pH 1 にたいして 58 mV であることを明らかにした。PURI によると、土壌の Eh は水素イオン濃度と関係があるように考えられるので、この研究に使用した自然土壌の Eh と pH との関係を検討してみた。Fig. 61 は各土壌の Eh (1時間後) と pH との関係を示したものであり、pH の増加にしたがつて Eh が減少しているのがあきらかに認められる。その関係は直線的であり、またその変化状態も大体 pH 1 にたいして 60 mV 前後であり、PURI の実験結果とおおむね一致した傾向を示していることがわかった。また、この傾向は自然土壌の層断面における Eh の分布と pH との関係からも容易に類推される。

V-8. 土壌の無機組成— SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 の含量

この研究においては、熱塩酸可分解分および Tamm¹⁰⁾の酸性シユウ酸アンモン溶液可溶分について、 SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 を定量し、各土壌における無機成分の分布状態について検討した。熱塩酸に溶出する成分は、土壌の風化物だけではなく、一部未風化物をも包含するようであるが⁷⁷⁾、一般に風化生成物の定量に使用されてきた。Tamm の酸性シユウ酸アンモン法は土壌膠質複合体の無機組成を測定するに好都合なものとして、同氏によつて提唱されたものである。その後、Lundblad⁴⁶⁾は、土壌コロイドと酸性シユウ酸アンモン液間の反応を、Mattson の両性反応の概念によつて理論的に説明し、さらに実験的に検討し、その結果、この方法は風化コロイドの量的定量よりも、unaged weathering product をよく溶解

PdII 土壌) について Eh を比較してみた。Fig. 60 はその結果を示したものであり、いずれの土壌でも、H, A₁, A₂₁ の各層では、湛水によつて急激な電位の降下があらわれているが、腐植の少ない A₂₂, B₁, B₂ の各層ではあまり変化がない。皆伐地の PdII 土壌では、後述するように、皆伐によつて A₀ 層の厚さを減少し、量的にも、質的にもかなりの変化をうけているが、ヒバ林下のものに比較して H 層から B₁ 層までの電位降下は大きくなっている。これは、皆伐直後においてはアルカリ可溶腐植が増加していることから、有機物分解が活潑に進行していることを示すものではなからうかと推定している。

以上のように、ヒバ林土壌の Eh 測定を実施した結果、土壌の Eh は水分環境、土壌採取の季節、有機物の含量および分解状態などに支配されていることがわかった。竹原⁹⁵⁾は、乾性ポドゾルと湿性ポドゾルの湛水条件下における Eh 測定結果から、両土壌の酸化還元状態を推定しており、電位降下と有機物量とは密接な関係があることを示している。この実験からもわかるように、24~48時間で、ほとんど最低電位近くまで降下することや、電位降下は夏季や皆伐直後の土壌ほど大きいことなどを考えると、春から

するところから、土壌の風化作用を判断するに好適であり、種々の土壌の生成過程の研究にきわめて価値があることを強調した。ここでは、Lundblad と同様に、Tamm の A 液 (pH 3.25) を使用して、各土壌を浸出した。近年、佐々木⁸⁹⁾は北海道の土壌風化過程の研究に、この方法を応用している。

熱塩酸可溶の SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 の含量およびこれらの無機成分間の分子比率は各土壌ごとに前述しておいたが、ここでは、層断面におけるこれらの 3 成分の移動状態を分子比率によつて総括的に述べてみたい。

$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ や $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ は土壌の風化型式を推知するためにきわめて重要な意義を有しているが、Robinson⁷⁷⁾は clay fraction に存在する多量の Fe_2O_3 は、決して偶発的に存在するものではなく、粘土鉱物は aluminosilicate および ferrosilicate を包含するものであるとの考え方から、 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ よりも $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ の使用を推奨している。

各土壌の層断面における $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ の分布状態を見ると、土壌によつてかなりの特徴が見うけられる。すなわち、その分布型式を見ると、1) 表層から下層に増加するもの、2) 表層と下層とあまり変化がないもの、3) 表層から下層に減少するもの、4) 下層に比較して表層が極端に大きいもの、の 4 型式に大別することができる。これらの 4 型式は Fig. 62 に示されている。

Fig. 62 を見ればわかるように、1) 型式にはヒバ林の影響がまったくない低海拔高地域にあらわれている褐色森林土亜型、2) 型式の土壌も、大体 1) 型式のものに似ているが、ヒバ林の影響を弱度にうけているもの、3) 型式には主としてヒバ林下の褐色森林土各型、4) 型式には強度にヒバ林の影響を受けたポドゾル土壌が属している。すなわち、

$\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ の層断面における分布型式はよく土壌の生成様式と一致しており、低海拔高地域の酸性腐植の影響をうけていない土壌では、 R_2O_3 の下層への移動はほとんどなく、むしろ、表層に残留の傾向さえ認められるものもあるが、ヒバ落葉の影響をうけるにしたがつて、 R_2O_3 の移動があらわれ、この傾向はヒバ林下の褐色森林土に広く認められる。さらに、ヒバ純林下で、強く酸性腐植の影響をうけているポドゾル土壌では表層から下層へ多量の R_2O_3 の移動があきらかにあらわれている。

つぎに、各土壌の層断面における Al_2O_3 と Fe_2O_3 の量的関係を見ると決して一様ではなく、それぞれ特徴が見られるので、 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ によつて、 Fe_2O_3 , Al_2O_3 の移動状態

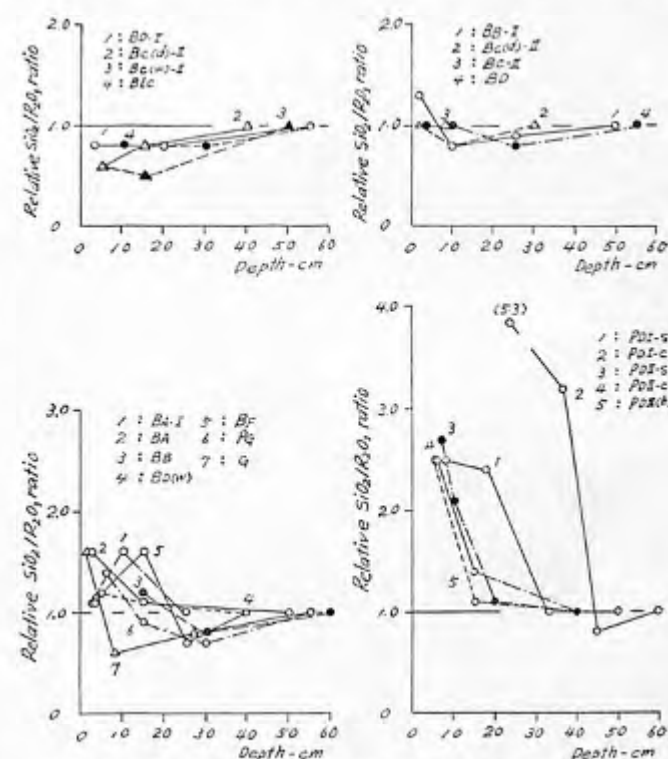
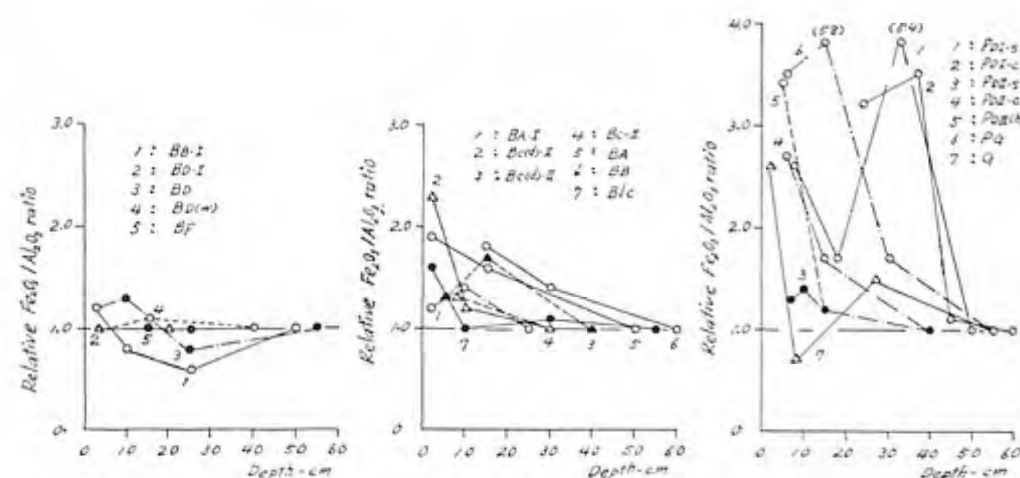


Fig. 62 各土壌の層断面における $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ の分布型式
Types of distribution of $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ ratios in
profiles of different soils (in hot HCl sol. ingredi-
ent).

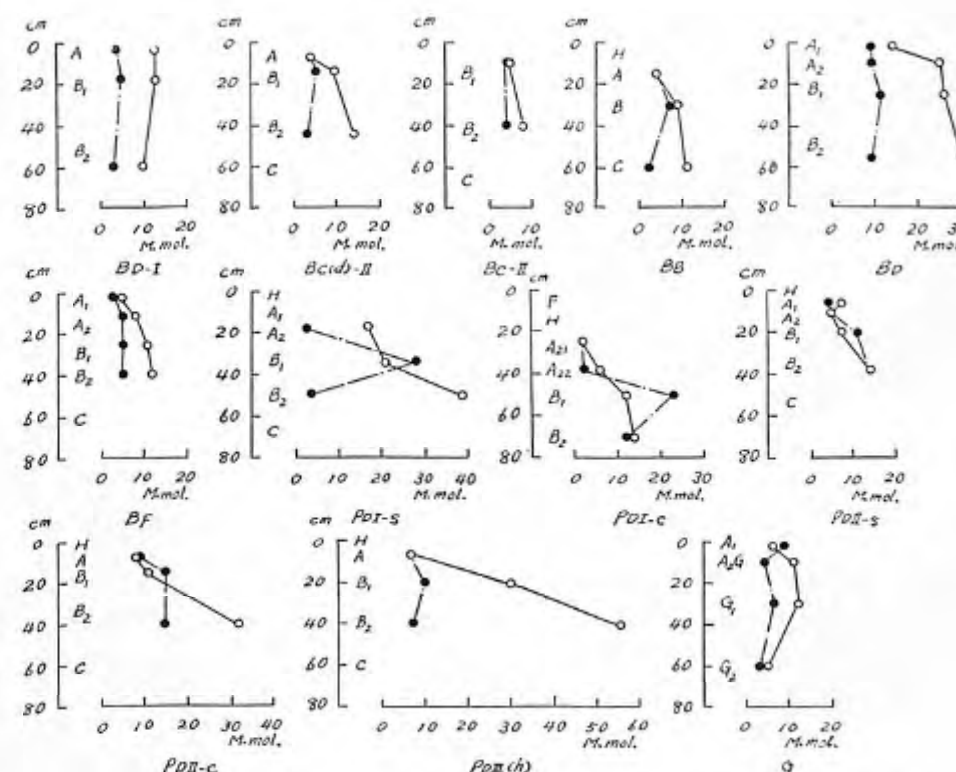
を吟味してみた。MATTSON⁵³⁾によると、Al は Fe よりも強塩基性であり、その compound は高い等電点をもっているために、 Al_2O_3 は Fe_2O_3 よりも高い pH でゾル化し、溶脱されるし、また、cationic sol complex は十分な pH にあうと沈殿するが、podzolization では cationic Al-complex は強く陽荷電し、土層深く移動する性質がある。したがって、酸性腐植の影響を受けている土壌の表層から移動した Al_2O_3 、 Fe_2O_3 が下層に沈殿する場合には、 Fe_2O_3 は比較的 B 層上部に波殿するであろうが、 Al_2O_3 は Fe_2O_3 よりも、かなり下層までおよぶであろうことが考えられる。また、JOFFE²²⁾は Fe、Al と腐植との相互沈殿 (mutual coagulation) についての AARNIO の実験について記載しているが、それによると、Fe よりも Al を沈殿するに要する腐植が多いことから、層断面においては、Fe は Al よりも迅速に固定され、Al の loss が多いことを指摘しており、河水に Al が多く含有しているのも、それがためであるといっている。

各土壌の層断面における Fe_2O_3/Al_2O_3 の分布傾向を見ると、1) 表層と下層とあまり変化がないもの、2) 表層から下層に減少しているもの、3) 下層に比較して表層が極端に大きいもの、の 3 型式が見られる。この関係は Fig. 63 に示されている。この図を見ると、1) 型式には低海拔高地域の褐色森林土亜型-I および適潤性ないし湿性褐色森林土、2) 型式には、主として乾性褐色森林土、3) 型式にはポドゾル土壌およびグライ土壌が属している。すなわち、1) 型式に属している褐色森林土亜型-I や適潤性ないし湿性褐色森林土では、層断面における Al_2O_3 、 Fe_2O_3 の割合にあまり差異はなく、むしろ Al_2O_3 が表層に多い傾向のものさえみうけられるが、2) 型式の乾性褐色森林土では、表層から Al_2O_3 が溶脱され、さらに 3) 型式のポドゾル土壌では、表層から極端に Al_2O_3 が移動していることがわかる。3) 型式のうち、Pd I-s 土壌の B₁ 層に比率の増加が認められるのは、 Fe_2O_3 の顕著な集積を示すものであり、また G 土壌の G₁ 層にも Fe_2O_3 の沈殿が認められる。このような Fe_2O_3/Al_2O_3 の分布型式から見ると、 Fe_2O_3 にたいする Al_2O_3 の移動は、酸性が強い土壌ほどいじりしくなるようであり、これは、MATTSON⁵⁰⁾ もいっているように、pH 値の低下にしたがつて、 Al_2O_3 がイオンの形態となり、可動性を増すためであろう。また、NIKIFOROFF⁶⁸⁾は、podzolization が層断面に判然としているものを Phaneropodzolic soil group、層断面では判然としないが、化学分析によつて podzolization が認められるものを Cryptopodzolic soil group と命名しているが、 Fe_2O_3/Al_2O_3 分布の 3) 型式のポドゾル土壌は前者に、2) 型式の乾性褐色森林土は後者に属するものとみて差しつかえないであろう。

つぎに、TAMM の酸性シニウ酸アンモン可溶の各成分量は Table 11 のとおりであり、この表から Al_2O_3 、 Fe_2O_3 の層断面における分布を示したのが Fig. 64 である。この図を見ると、1) B_d-I 土壌では Al_2O_3 、 Fe_2O_3 はいずれも下層に減少し、2) Bc(d)-II、Bc-II、B_B、B_D、B_F の各土壌では、 Al_2O_3 は表層から下層に増加しているが、 Fe_2O_3 の分布にはあまり変化がなく、3) Pd I-s、Pd I-c、Pd II-s、Pd II-c、Pd III(h) の各土壌では、 Al_2O_3 は表層から下層にいちじるしく増加し、 Fe_2O_3 は B₁ 層に増加している。4) G 土壌では Al_2O_3 、 Fe_2O_3 が G₂ 層から流亡し、G₁ 層に Fe_2O_3 のわずかな沈殿が見られる。このように、 Fe_2O_3 は B 層上部に沈殿するが、 Al_2O_3 は、さらに下層まで移動しているのは、前述の MATTSON らの等電沈殿 (isoelectric precipitation) の理論によつてよく説明されるであろう。また、G₂ 層では、 Al_2O_3 だけではなく、 Fe_2O_3 も移動しているのは、地下水の影響によつて ferric iron が ferrous iron に変わっているためであろう。MATTSON によると、ferrous hydroxide は Al_2O_3 よりもさらに強塩基性であり、 Al_2O_3 や Fe_2O_3 よりも高い pH で可動性となることが考えられるから、G₂ 層にお

Fig. 63 各土壌の層断面における Fe_2O_3/Al_2O_3 の分布型式

Types of distribution of Fe_2O_3/Al_2O_3 ratios in profiles of different soils (in hot HCl sol. ingredient).

Fig. 64 層断面における酸性シニウ酸アンモン可溶 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 の分布 (白丸: Al_2O_3 , 黒丸: Fe_2O_3)

Distribution of Al_2O_3 and Fe_2O_3 soluble in TAMM's acid ammonium-oxalate solution in profiles of different soils (circle: Al_2O_3 , black dot: Fe_2O_3).

Table 11. シニウ酸・シニウ酸アンモン可溶成分量 (乾土 100 分中)
Amounts of SiO_2 , Al_2O_3 and Fe_2O_3 soluble in TAMM's acid ammonium-oxalate solution (in oven dry matter 100 g).

番 号 No.	場 所 Location	土 壌 Soil	層 位 Hori.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Total
12	田 名 部	Bd-I	A	0.33	1.37	0.69	2.39
			B ₁	0.36	1.36	0.85	2.57
			B ₂	0.28	1.02	0.41	1.71
7	飯 詰	Bc(d)-II	A	0.07	0.43	0.69	1.19
			B ₁	0.17	0.94	0.78	1.89
			B ₂	0.48	1.43	0.51	2.42
9	中 里	Bc-II	B ₁	0.27	0.48	0.59	1.34
			B ₂	0.28	0.77	0.68	1.73
3	内 真 部	BB	A	0.12	0.42	0.65	1.19
			B	0.24	0.96	1.12	2.32
			C	0.38	1.15	0.36	1.89
11	田 名 部	Bd	A ₁	0.14	1.46	1.36	2.96
			A ₂	0.38	2.50	1.39	4.27
			B ₁	0.72	2.76	1.70	5.18
			B ₂	1.03	3.08	1.44	5.55
18	内 真 部	BF	A ₁	0.07	0.56	0.44	1.07
			A ₂	0.12	0.93	0.79	1.84
			B ₁	0.26	1.08	0.79	2.13
			B ₂	0.24	1.27	0.85	2.36
19	喜 良 市	Pd I-s	A ₂	0.01	0.17	0.50	0.68
			B ₁	0.36	2.11	4.49	6.96
			B ₂	1.56	4.01	0.67	6.24
20	田 名 部	Pd I-c	A ₂₁	0.05	0.22	0.38	0.65
			A ₂₂	0.06	0.57	0.31	0.94
			B ₁	0.33	1.23	3.70	5.26
			B ₂	0.45	1.46	1.93	3.84
22	田 名 部	Pd II-s	A ₁	0.12	0.69	0.71	1.52
			A ₂	0.10	0.55	0.85	1.50
			B ₁	0.10	0.76	1.69	2.55
			B ₂	0.18	1.46	2.22	3.86
24	田 名 部	Pd II-c	A	0.14	0.85	1.43	2.42
			B ₁	0.08	1.08	2.45	3.61
			B ₂	0.79	3.26	2.41	6.46
25	田 名 部	Pd III(h)	A	0.09	0.70	1.05	1.84
			B ₁	0.32	3.10	1.55	4.97
			B ₂	1.71	5.70	1.18	8.59
28	田 名 部	G	A ₁	0.11	0.61	1.50	2.22
			A ₂ G	0.13	1.13	0.69	1.95
			G ₁	0.29	1.26	0.94	2.49
			G ₂	0.11	0.50	0.41	1.02

ける Fe_2O_3 の流亡も、これによつて説明されるであらう。

A 層における Al_2O_3 と Fe_2O_3 がほとんど等量であり、下層では Al_2O_3 が増加しているのが、ヒバ林下の褐色森土の一般的傾向で、これは前記 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ の 2) 型式に相当するものである。さらに、podzolization が進むと、表層と下層の Al_2O_3 の差がいくばくしくなり、 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ の 3) 型式になるが、ヒバ林の影響がない赤褐色の褐色森林土亜型-I では、 Al_2O_3 , Fe_2O_3 の分布は表層から下層へ減少してお

り、 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ の 1) 型式に属している。この土壌の Al_2O_3 が下層で減少しているのは G 土壌の G₂ 層と同じように考えることはできない。Table 11 を見るとわかるように、Bd-I 土壌だけは、酸性シニウ酸アンモン可溶 SiO_2 は表層よりも下層に少ない傾向があり、また熱塩酸可溶成分の $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ もほかの土壌に比較して低い傾向がある。ヒバ林下の各土壌は、程度の差はあるが、塩基性コロイド溶脱作用を受けているが、この土壌にはその傾向が判然とせず、土壌生成様式がヒバ下の土壌とだいたいふんちがうように考えられる。

土壌の生成様式は、JENNY が述べているように、種々の環境因子によつて支配され、生成様式の相違は土壌の性質に特徴を与えていることは、これまで述べたところからあきらかである。しかしながら、母材の相違は土壌の化学的性質を支配し、土壌生成に関与することは、CUSE¹⁰⁾ の New York における brown podzolic soil と brown forest soil の生成と母材に含有される石灰量との関係、佐々木ら⁷⁹⁾ の北海道における塩基性母材と中性ないし酸性母材との差異による土壌生成、竹原ら⁸⁰⁾ の木曾地方における石英斑岩に由来する podzol 土壌の生成などから見ても当然考えられることである。

これまで述べた種々の土壌は、それぞれ母材的にも差異があるために、下北半島の恐山地域における代表土壌と母材との関連について検討してみよう。この地域は恐山火山放出物によつておおわれ、これを母材とした Bd-I, Bd, Pd II-c, Pd I-c の 4 土壌を選定することにしたが、各土壌のポドゾル化は記載の順に進行している。Bd-I 土壌はアカマツ林下であり、ヒバ林の影響はまったくないが、Bd, Pd II-c, Pd I-c の各土壌では、記載の順にヒバ林の影響を強くうけ、とくに Pd I-c 土壌では、きわめて密なヒバ純林を形成している。

これらの土壌の 1 次鉱物は、層断面の記載において述べたように、いずれも浮石を含み、とくに Bd, Pd II-c 土壌には多量に含有されているところから、恐山火山に由来する火山灰および火山放出物を母材としていることがわかる。しかしながら、低海拔地域の Bd-I 土壌の浮石には再結晶のものが見られるところから水成堆積の傾向もあり、山岳地域のヒバ林下の母材といくぶん堆積様式がちがうようでもある。

Table 12. 土壌コロイド (2 μ 以下) の熱塩酸可溶成分量 (絶乾コロイド 100 分中)
Mineral constituents of colloidal material soluble in hot HCl solution (oven dry colloidal material basis).

番 号 No.	場 所 Location	土 壌 Soil	層 位 Hori.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	熱塩酸 可溶物 Hot HCl soluble matter	分 子 比 率 Molecular ratio		
								$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$
12	田 名 部	Bd-I	A	21.47	25.46	10.15	75.07	1.43	1.14	0.25
			B ₁	22.09	27.06	10.37	76.46	1.39	1.11	0.24
			B ₂	24.27	28.09	9.71	78.04	1.47	1.20	0.22
11	田 名 部	Bd	A ₁	19.77	13.97	8.99	57.74	2.40	1.70	0.41
			A ₂	19.19	20.79	9.97	69.64	1.57	1.20	0.31
			B ₁	19.54	16.83	10.63	67.78	1.97	1.40	0.40
			B ₂	16.42	14.56	8.69	55.93	1.91	1.39	0.38
24	田 名 部	Pd II-c	A	18.61	14.02	11.52	55.58	2.25	1.48	0.52
			B ₁	15.46	16.50	10.34	59.29	1.59	1.14	0.40
			B ₂	17.89	21.14	9.86	67.08	1.44	1.11	0.30
20	田 名 部	Pd I-c	A ₂₁	11.81	4.39	10.02	37.00	4.57	1.86	1.46
			A ₂₂	15.62	6.89	6.38	37.53	3.85	2.42	0.59
			B ₁	17.03	7.52	18.35	57.52	3.85	1.50	1.56
			B ₂	24.86	14.24	15.49	66.88	2.96	1.75	0.69

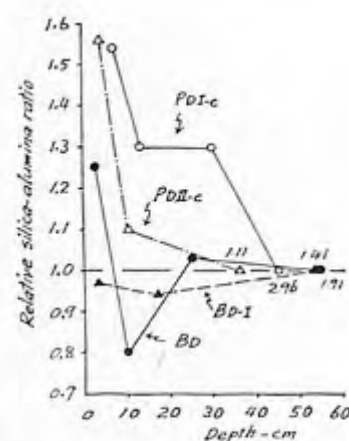


Fig. 65 無機コロイド珪礬比の比較

Comparison of relative silica-alumina ratio of the inorganic colloidal fraction (hot HCl soluble) in four soils of volcanic material.

のと推定している。

VI ヒバ林地帯における水分環境の相違と土壌性質との関係

VI-1. 地形と土壌水分および温度との関係

降水が地表に到達した際は、流去、蒸発（蒸散）および浸透などの諸現象に変形されるために、土壌水分については気候的因子と土地因子の2方面が考えられる⁹⁸⁾。気候的因子には降水量および蒸発量、土地因子には地形、土壌条件および植生状態が関係している。また、土壌温度は、元来、気温に基づくものであるが、地形、土壌水分、植生状態によつて大きく支配されている。したがつて、季節による土壌の水分および温度の変化を把握し、地形による土壌の水分および温度の変化の傾向を知ることは、土壌生成にあずかる局所気候（土壌気候）の影響を知る上にきわめて必要なことである。

a. 地形と土壌水分との関係

平坦地形では降水の土壌浸透は正常であるが、凸地形では流去による水分の損失があるために、降水に比較して土壌浸透率は少なく、また凹地形では流去水の集合により、降水に比較して土壌浸透率が多くなることは衆知のことである²⁰⁾。したがつて、凸地形の土壌は偏乾性（locally arid）になり、凹地形の土壌は偏湿性（locally humid）になりやすく、平坦地形では水分にたいして中庸であると考えられる。また、土壌水分は降水によつて供給され、蒸発によつて消費されるものであるから、これらの気候要素の差異、いかにいへば、季節によるこれらの気候要素の変化に応じて土壌水分が変化していることが考えられる。

筆者¹²³⁾は、ヒバ林下の土壌水分が、季節や地形によつてどのように変化しているかを究明するために、津軽半島内真部山国有林において、1948年には中腹のPDII土壌、1949年には峯部のBB土壌、斜面下部のBF土壌について、4～10月間、毎月下旬に層位ごとに自然状態の土壌を採取円筒で採取し、水分量および飽差（飽水時水分量と採取時水分量との差）を調べてみた。その結果はFig. 66のとおりである。土壌水分には採取以前の降水量および蒸発量が関係していることになるが、玉手⁹⁸⁾は採取前15日間

これらの4土壌について、2 μ 以下のclay fractionを分離し、SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃を定量した結果はTable 12のとおりであり、また4土壌のSiO₂/Al₂O₃の層断面における分布を示したのがFig. 65である。clay fractionの無機組成は、各土壌の層断面の形態とよく一致しており、podzolizationの程度を明りように示していることがわかる。とくに、BD-I土壌のSiO₂/Al₂O₃は2.0以下であり、ほかの土壌と比較して、無機組成にかなりの特徴がある。

BD、PDII-c、PDI-c土壌のpodzolizationの進行は、ヒバ林に由来する酸性腐植の影響によるものと解釈されるが、BD-I土壌ではヒバ林の影響がなく、ポドゾル化はまったく認められず、R₂O₃はむしろ表層に残留の傾向さえうかがわれ、その生成様式はヒバ林下の3土壌とは同一に考えられない。つまり、ヒバ林の影響をまったくうけていないことと、母材そのものの風化型式がこの土壌の生成に影響しているもの

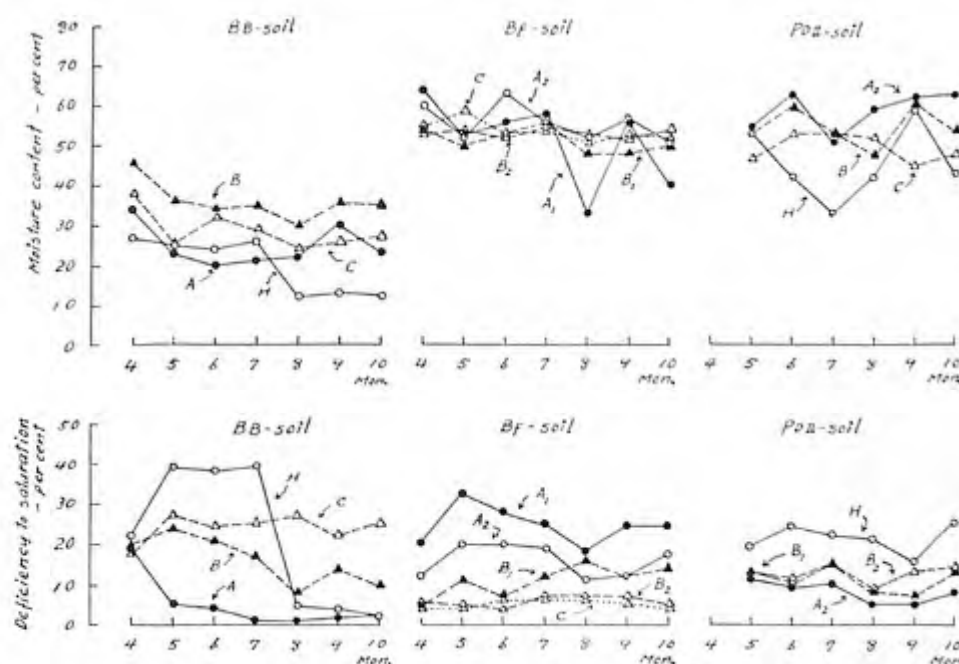


Fig. 66 土壌水分の季節的变化
Seasonal variation in soil moisture.

のものがもつとも関係があることをあきらかにしている。それで、1948年および1949年の各月の土壌採取以前15日間の降水量および蒸発量（青森測候所観測資料）をもとめるとFig. 67のようになる。

土壌水分と土壌採取前15日間の降水量、蒸発量との関係を知るために、単相関係数をもとめてみるとTable 13のとおりとなり、さらに、偏相関および全相関係数を算定するとTable 14のとおりになる。Table 13を見ると、土壌水分と降水量および蒸発量との相関程度は一般に低い傾向を示している。これは、土壌水分には降水量および蒸発量の影響のほか、地形や土壌条件が関係し、気候要素の影響を相殺している現象があるためである。また、土壌水分には降水量および蒸発量が単独に作用するものではなく、互いに相関連して同時に作用しているために、土壌水分と気候因子との関係はTable 14の全相関係数によつて見るべき性質のものであろう。

Table 14を見ると、峯部のBB土壌では、H、A層よりもB、C層の方が相関程度が高くなっているが、中腹のPDII土壌では、H、A、B層の順に相関程度が低くなり、また斜面下部のBF土壌では、A層よりもB、C層の方が相関程度が高くなっている。BF土壌の下層では降水量と負の密接な相関が認められ、この傾向はPDII土壌のC層にもうかがわれる。それがために、BF土壌の下層、PDII土壌のC層が全相関係数を増加しているのであるが、このことは、土壌と降水量との関係を見る場合に興味のある

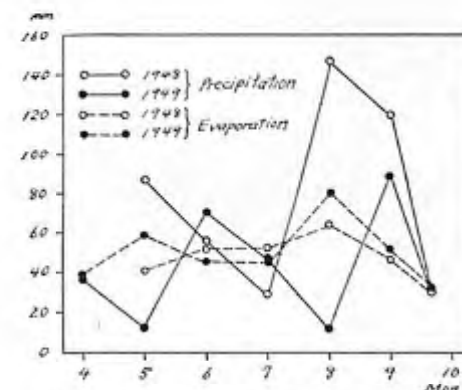


Fig. 67 試料採取前15日間の降水量および蒸発量
Monthly distributions of precipitation and evaporation during 15 days before soil sampling in 1948 and 1949.

Table 13. 土壤水分量と降水量, 蒸発量との単相関係数
Single correlation coefficients between soil moisture content and precipitation, evaporation

土 壤 Soil	層 位 Hori.	土壤水分量と降水量 Soil moist. cont. and preci.	土壤水分量と蒸発量 Soil moist. cont. and evapo.
B _B Ridge	H	0.00	-0.29
	A	0.17	-0.25
	B	0.39	-0.64
	C	0.19	-0.60
P _D II Middle slope	H	0.55	-0.27
	A ₂	0.21	-0.16
	B	-0.18	-0.26
	C	-0.20	0.38
B _F Lower slope	A ₁	0.32	-0.54
	A ₂	0.24	-0.38
	B ₁	-0.56	-0.52
	B ₂	-0.34	-0.37
	C	-0.61	0.01

Table 14. 土壤水分量と降水量, 蒸発量との偏相関, 全相関係数
Partial and total correlation coefficients between soil moisture content and precipitation, evaporation.

土 壤 Soil	層 位 Hori.	土壤水分量と降水量 Soil moist. cont. and preci.	土壤水分量と蒸発量 Soil moist. cont. and evapo.	土壤水分量と降水量, 蒸発量 Soil moist. cont. and preci. evapo.
B _B Ridge	H	-0.14	-0.32	0.32
	A	0.07	-0.16	0.27
	B	-0.17	-0.57	0.65
	C	-0.09	-0.58	0.60
P _D II Middle slope	H	0.92	-0.90	0.93
	A ₂	0.39	-0.37	0.46
	B	-0.03	-0.19	0.26
	C	-0.56	0.64	0.65
B _F Lower slope	A ₁	0.12	-0.47	0.55
	A ₂	0.10	-0.32	0.39
	B ₁	-1.00	-0.98	1.00
	B ₂	-0.59	-0.60	0.66
	C	-0.67	-0.34	0.67

ることである。つまり、土壤水分が降水量と負の相関を有することは、降水の季節的分布にたいして、土壤水分が季節的な「遅れ」をもつてあらわれていることを示しているものであり、この関係は Fig. 66 を見ればあきらかである。この季節的「遅れ」のあらわれる深さは、斜面中腹ではかなり深い、斜面下部では 20~30 cm の深さであらわれている。この「遅れ」は地表面を流下する流去水や表層中を下降する地水に基因するものと考えられるから、地形と降水の変化過程ないしは降水の土壤水分にたいする作用過程を考える場合に注目すべきであろう。Fig. 68 はこれらの関係を模式的に示したものである。

また、Fig. 66 の飽差を見ると、P_D II, B_F 土壤においては、季節によつて吸水状態にいくぶん変化はあるが、水分量の季節的变化と対比してみると、おおむね吸水状態が正常であることがわかる。しかしながら、B_B 土壤においては、A 層では 5 月、H 層では 8 月に、乾燥の影響をうけて水分量を低下すれば 10 月までほとんど吸水不能の状態を呈していることがわかる。つまり、ヒバ林腐植を多量に含有する表層が

5 月の乾燥期に強く脱水されると、なかなか吸水しにくくなることを示している。大政⁷⁰⁾は表層腐植の吸水過程と脱水過程に hysteresis が認められることを実験的に証明したが、偏乾性の凸地形にあらわれている土壌の表層には、あきらかに hysteresis の現象が考えられる。5 月の乾燥は偏西風の影響によるものであることも大政によつて指摘されている。しかし、B_B 土壌の H 層と A 層の乾燥による脱水および飽水による吸水の状態は季節的にかなり相違しており、H 層は A 層よりも脱水にたいする抵抗力が大きいことが考えられる。このことは、つぎの簡単な一実験からも類推されよう。Fig. 69 は飽水後の H, A, B の各層を室内 (約 20°C) に放置し恒量に達するまでの蒸発減量を示したものであるが、これを見ると H 層は A 層に比較して、かなり脱水にたいする抵抗力が大きいことがわかる。この傾向は宮崎⁸⁰⁾の実験結果にも見ることができ

以上述べたところにより、土壤水分は気候因子によつて支配されるが、気候因子は局所地形によつて変形され、さらに、そのことが土壌条件を支配し、土壤水分の吸収保持に関係しているというように、連鎖的に相関連していることがあきらかになったものと思う。このような関係が、土壌の生成様式に重要な役割りを占めているものと考えている。

b. 地形と土壌温度との関係

土壌の温度は太陽の輻射熱に由来しているから、地形、植生および土壌条件は土壌の温度を支配するおもな要素であると考えられるし、またこれらの要素によつて支配される土壌温度の変化は、下層に移行するにしたがつて減少するであろうことも考えられる。土壌温度は植物の生育や微生物の活動を支配する重要な因子であるが、このような関係から土壌温度を研究された事例は比較的少なく⁸¹⁾、とくに、林業方面では、山田¹¹⁶⁾がスギ、ヒノキ林について測定した成績のほかはあまり見あたらない。

筆者は、昭和 29, 30 年に、青森、岩手、宮城県内の森林を広く踏査した際に、約 400 点の土壌について温度を測定することができた¹²⁰⁾。もちろん、この測定は、季節は 6 月から 10 月にわたっており、測定時の天候や測定箇所環境——林況、微地形、海拔高など——もまちまちであつたために、土壌ごとに、月別にまとめてみると、かなりの変化の幅が見られたが、それでも、土壌別、月別にまとめた結果からは、変化の傾向を類推することは可能であつた。土壌温度の測定は棒状温度計を使用し、掘孔後なるべく速や

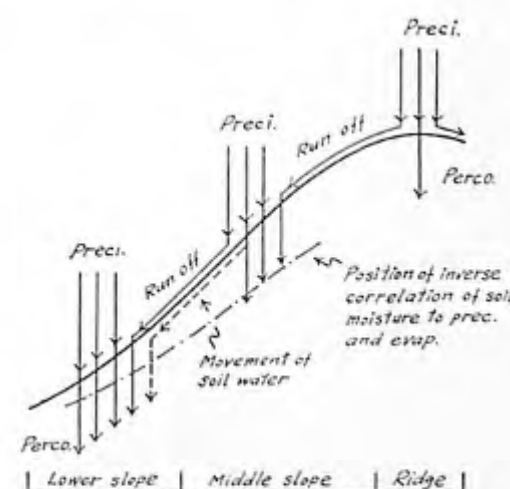


Fig. 68 地形による降水の変化過程
Process of change of precipitation due to micro-relief.

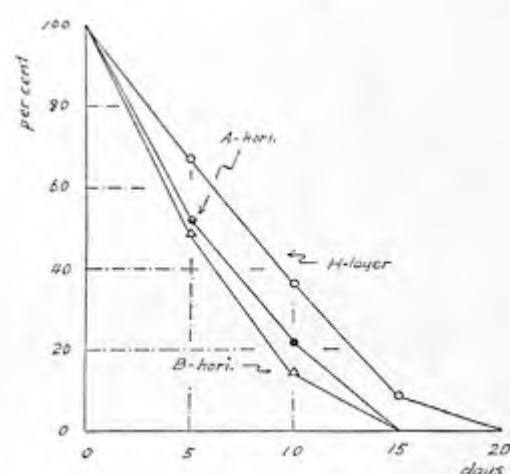


Fig. 69 森林土壌各層の室温による蒸発減量
Relative rate of decreasing moisture content of different soils in room temperature (about 20°C).

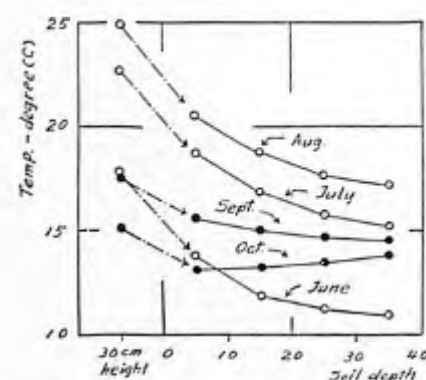


Fig. 70 森林土壌の平均温度の月別変化

Monthly variation of average temperature of forest soil.

温度分布を示し、9～10月ではしだいに冬型の温度分布に移行しつつある状態を示しているものと見ることができる。

また、この図を見ると、気温の変化に応じて土壌温度が変化しているが、その変化の程度は表層ほど大きくなっている。それで、地上 30 cm の気温と 0～10 cm, 10～20 cm, 20～30 cm, 30～40 cm 深度の土壌温度との相関係数を算定してみると、それぞれ 0.97, 0.93, 0.85, 0.76 のようになり、深さとともに相関程度が低下しており、30～40 cm 以下では、はっきりした有意性は認めがたい (0～30: $P < 0.05$, 30～40: $P > 0.05$)。山田は地表下 50 cm までは温度変化が大きいことを報告し、また八嶽は、土壌温度の最高、最低は深さを増すにしたがつて小さくなり、30 cm 以下では僅少であるといわれている。

つぎに、各土壌の季節的溫度変化を見ると、Fig. 71 のように、6月から8月にかけては Bb, Bd, Be-F 土壌の順に温度は低下しているが、9月では Be-F 土壌は Bd 土壌よりも高くなり、10月では、6～10月とは反対に、Be-F, Bd, Bb 土壌の順に温度が低下している傾向がある。つまり、Bb 土壌のような乾性土壌は Be-F 土壌のような湿性土壌に比較して、あたためやすいと冷えやすいが、これは湿性土壌ほど比熱の大きい水を多く含有しているために、気温変化にたいして乾性土壌のように鋭敏に変化しないことが考えられるし、また、実際、Bb 土壌は尾根筋に位置し、沢沿いや凹部に位置している Be-F 土壌よりも秋季の寒冷な季節風の影響を受けやすい状態におかれていることも大きく関係していることであろう。

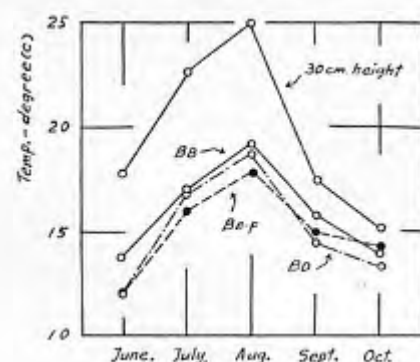


Fig. 71 Bb, Bd, Be-F 土壌の平均地温の季節的变化

Seasonal change of average soil temperatures in Bb-, Bd- and Be-F-soils.

かに地上 30 cm 付近の気温および 0～40 cm 深度の土壌温度について測定したものである。土壌の種類はかなり多かつたが、6～10月にかけて測定資料のそろっているのは Bb, Bd, Be-F の 3 土壌であつたために、これらの土壌の測定結果について述べてみたい。

Fig. 70 は Bb, Bd, Be-F の 3 土壌の、土壌温度平均値を月別、土壌別に示したものである。まず、土壌温度の月別変化を見ると、6月から8月にかけての温度分布と、9月から10月にかけての温度分布とは傾向がかなりちがっている。土壌の温度は気温の変化に応じて日変化、年変化をなし、夏季には表層から下層に温度は下降し、冬季には、反対に表層から下層に温度が上昇することが報告されているが¹¹⁶⁾、ここに述べた測定結果からも、6～8月では夏型の

温度分布を示し、9～10月ではしだいに冬型の温度分布に移行しつつある状態を示しているものと見ることができる。

c. 地形と土壌の水分および温度との関係

土壌の水分および温度は、前述のように、土壌および気候によつて、それぞれ変化していることがあきらかになった。測定に使用した土壌は、水分では Bb, Pd II, Bf 土壌、温度では Bb, Bd, Be-F 土壌であり、これらの土壌は局所地形の変化によつてあらわれているから、Bb 土壌を偏乾性、Be-F

土壌を偏湿性地形におけるものと見なして差しつかえないであろう。それで、偏乾性地形と偏湿性地形における表層土の水分量および温度の変化を、前述の測定値を使用して free hand で図化したのが Fig. 72 である。

このような、微地形による局所気候(土壌気候)の変化は、つぎに述べるように、各種土壌の性質が微地形によつて変化しているところから、土壌生成に作用する根本的なものと考えられる。弘法¹²⁾は、土壌気候は温度、水分、蒸発に依存するものとし、土壌の諸性質と密接な関係があると述べている。

VI-2. 水分環境と土壌性質

土壌の水分状態に基づいて類別した各土壌と腐植含量、有機物の分解状態、土壌酸度、塩基吸着状態とは、おおむね一致した傾向があることについては、すでに、各土壌性質の項において詳細に述べた。それで、ここでは、各土壌の表層土について、これらの土壌性質相互の相関関係について検討してみたい。

Fig. 73 は、各土壌表層の pH 値と採取時水分量、腐植含量、炭素率、塩基置換容量、塩基飽和度との相関程度を示したものであり、pH 値と採取時水分量とは 0.91, pH 値と腐植含量とは -0.87, pH 値と炭素率とは -0.90, pH 値と置換容量とは 0.91, pH 値と置換性塩基とは 0.94 の相関係数を示し、それぞれ密接な関係にあることを示している。

さらに、Fig. 73 から、含水量を基礎として、これらの各性質を示したのが Fig. 74 である。この図を見ると、乾性から湿性に移行するにしたがつて、酸性は弱くなり、有機物の分解が促進され、腐植の含量が減少し、置換容量は小さくなり、置換性塩基を増加していることがあきらかに認められる。水分状態に対応する地形および土壌も、Fig. 74 を見ればあきらかである。

水分環境の相違による土壌諸性質のこのような変化については、すでに筆者¹¹⁹⁾は津軽半島のヒバ林について発表しておいたし、また、河田²⁷⁾の斜面地

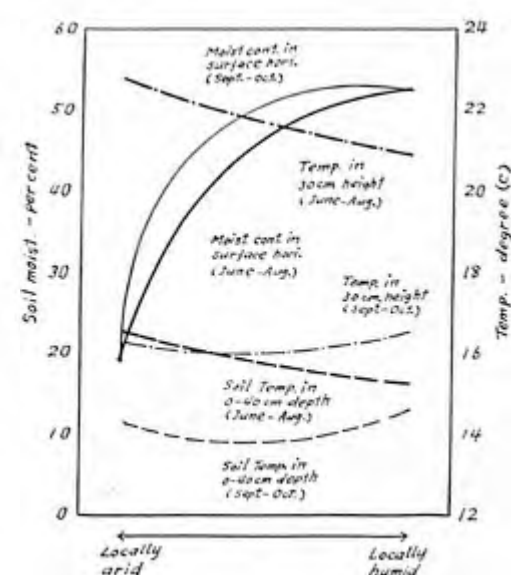


Fig. 72 起伏による地表気温、土壌水分、土壌温度の関係

Schematic representation of temp. above ground, soil moisture and soil temp. based on relief.

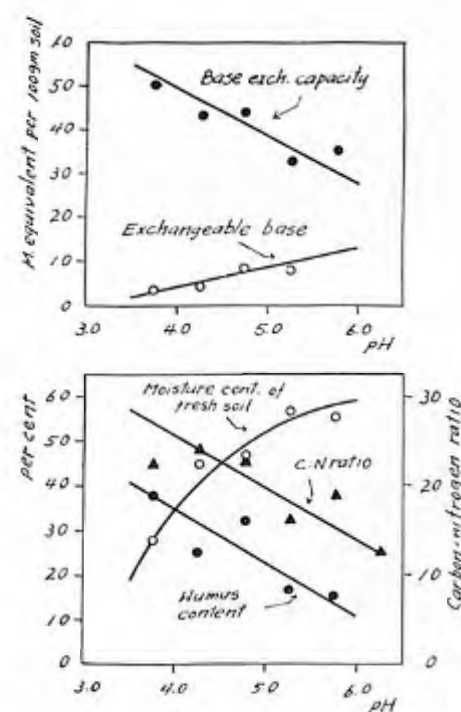


Fig. 73 表層土の土壌水分、腐植、pH、塩基の相互関係

Relationships among moisture, humus content, pH-value and base status in A-horizons of different soils.

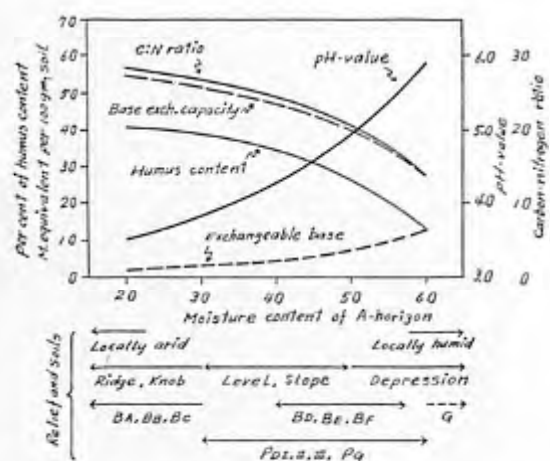


Fig. 74 地形にもとづく表層水分量と土壌性質との関係

Relationships among relief, moisture content and base status of A-horizons in different soils of the natural forest of "Hiba".

述べているように、気候的にポドゾル化が進みにくいような地域でも、酸性母材ではポドゾル土壌が発達することは考えられるであろうし、またその反対の場合も考えられるが、津軽、下北地方のように、気候的にポドゾル土壌が生成しやすい地域では、植生、地形の条件が具備すれば、特定の母材だけではなく、容易にポドゾル化が促進されることは前述したとおりである。ヒバ林下の台地あるいは峯などの安定地形においては、前述のように、種々の程度に podzolization をうけた土壌があらわれており、それらのポドゾル化土壌は、層断面の形態、土壌反応、腐植および二三酸化物の移動、集積などから見て、ポドゾル化作用の所産であることはあきらかである。

ヒバ林下のポドゾル化土壌について見ると、代表断面について記載したように、PdI-s, PdII-s 土壌のように、偏乾性砂質のものと、PdI-c, PdII-c 土壌のように偏湿性埴質のものとがあり、この2型は、層断面の形態においてあきらかに特徴がある。偏乾性砂質のポドゾル土壌は、尾根地形の乾燥の影響を受けやすいところにあらわれるのに対して、偏湿性埴質のポドゾル土壌は、平坦な台地状地形にあらわれ、前者に比較してかなり排水がわるくなっている。さらに、排水の関係には母材の差異をとらなっており、偏乾性砂質のものは砂岩、凝灰岩などを母材とし、偏湿性埴質のものは頁岩、火山放出物などを母材としている傾向がある。しかして、広くヒバ林地帯の土壌分布を調査し、podzolization の過程について吟味して見ると、偏乾性砂質のポドゾル土壌は Bb 土壌から、偏湿性埴質のポドゾル土壌は Bd(w) 土壌から発達したものであると見ることができるようである。すなわち、Bb 土壌があらわれている尾根地形で、ヒバが純林を形成し、モル型腐植を厚く堆積しているところは、A層内に暗灰色、斑状に溶脱された部分が見られる PdII-s 土壌とかわつており、また、Bd(w) 土壌があらわれている平坦台地状地形で、ヒバが純林を形成しているようなところでは、A層直下のB層上部に、灰緑色の溶脱斑が見られる PdII-c 土壌にかわつているなどの事例をしばしば見ることができる。

それで筆者は、ヒバ林土壌のポドゾル化作用については、凸地形の偏乾性側におけるものと、平坦地形の偏湿性側におけるものの2型式を認めている。この2型式のポドゾル化土壌は、層断面の形態、土壌諸

形における各土壌についての研究結果ともよく一致しているところから、この傾向は、起伏によつて水分状態に差異がある森林土壌の一般的傾向と見なして差しつかえないであろう。

VI-3. ヒバ林下に見られるポドゾル化土壌の2型式

ポドゾル化作用は、冷湿気候下の針葉樹林のような、落葉の分解がおそく、酸性腐植を集積する森林土壌に見られることは、ROBINSON, JOFFE, WILDE そのほか多数の学者によつて認められており、とくに、表層にモル型の酸性腐植を堆積することは podzolization を生ずる essential であると見ることが出来る。もちろん、土壌のポドゾル化には、気候、植生のほかに母材が関係しており、CLINE¹⁰⁾ や JOFFE²²⁾ が

性質にそれぞれ特徴が認められるが、それらの相違は、層断面において進行している podzolization の相違に基因しているものと思われる。

偏乾性側と偏湿性側における podzolization の進行にともなう層断面の変化過程は Fig. 75 のとおりである。この図を見ればわかるように、偏乾性側では A 層内に斑状に溶脱部があらわれ、B₁ 層には鉄、腐植が集積しているが、偏湿性側では溶脱斑は A、B 層界（むしろ B 層の上部）にあらわれ、溶脱作用がすすむにしたがつて、暗灰色の A₂₁、灰褐色の A₂₂ の2層にわかれ、B₁ 層には腐植の集積はほとんど認められず、主として鉄が集積している。筆者¹²³⁾ は、ヒバ林下のポドゾル化土壌に、腐植および二三酸化物を集積するものと、二三酸化物、とくに鉄を集積するものの2型があることを指摘しておいたが、層断面の形態からは、偏乾性砂質のものは腐植および二三酸化物を、偏湿性埴質のものは主として二三酸化物を集積する土壌に該当している。

つぎに、これらの2型式の土壌諸性質について図示したのが Fig. 76 である。表層の水分含量は偏乾性の方があきらかに少ないが、いずれの場合でも、ポドゾル化のすすんだ土壌では水分含量が多くなっている。これには、ヒバが密な純林を形成するにつれて、湿性側に移行してゆくことや、土壌のポドゾル化にはかなりの水分を必要とすることなどを考慮する必要がある。水分以外の各性質は、A 層を基準とした場合の B 層の量的関係を示したものである。

NaOH 抽出腐植について見ると、偏乾性側のフルボ酸は、Bb 土壌では A>B であるが、PdI-s 土壌では A<B であり、偏湿性側でも同様であるが、抽出腐植は偏湿性側ではいずれも A>B であり、B 層への移動はほとんど認められない。2価塩基は、いずれの場合でも、PdI 土壌では A<B となつていますが、1価塩基は偏乾性側では A>B、偏湿性側では A<B となつていて、熱塩酸可溶の Al₂O₃, Fe₂O₃ はよく podzolization の process を示しているが、偏乾性側では Fe₂O₃、偏湿性側では Al₂O₃ の集積が特徴的である。

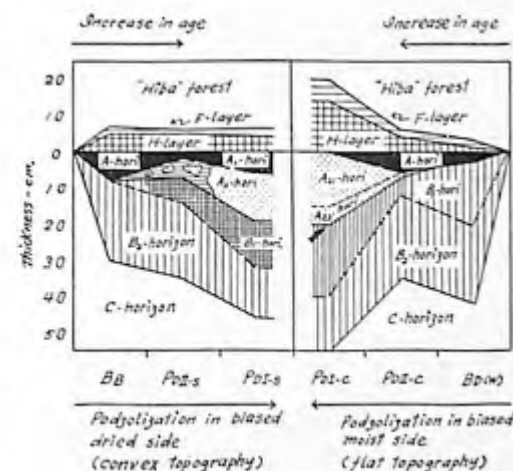


Fig. 75 ヒバ林下に見られるポドゾル化土壌の2型式

Two types of process of podzolization appearing in the "Hiba" natural forest.

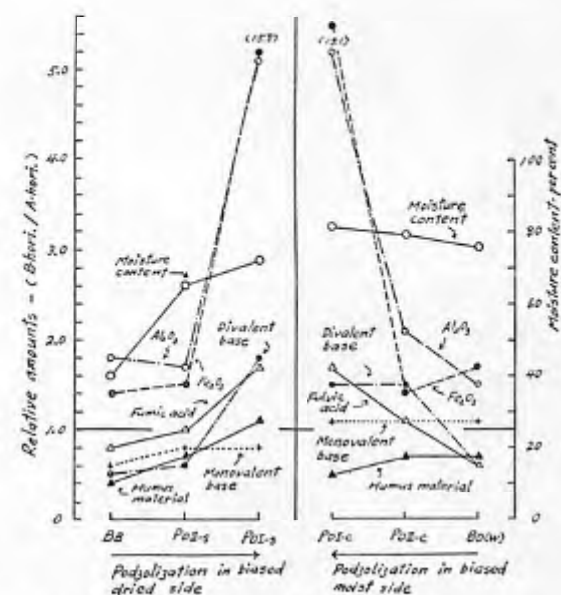


Fig. 76 ヒバ林下のポドゾル化作用の進行による土壌諸性質の変化

Changes of soil properties with the progress of podzolization in the "Hiba" forest soil.

このように、偏乾性側では腐植酸、フルボ酸、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 を集積するポドゾル土壌に発達し、偏湿性側ではフルボ酸、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 を集積するポドゾル土壌に発達する傾向がある。この 2 型は、ROBINSON⁷⁷⁾、LUNDBLAD⁴⁶⁾ の考え方からは、前者は鉄、腐植ポドゾル (iron-humus podzol)、後者は鉄ポドゾル (iron podzol) に帰属するものと思われる。

この 2 型のポドゾル土壌において特徴があるのは、腐植、1 価塩基、 Al_2O_3 の集積状態である。すなわち、偏乾性側では偏湿性側に比較して、B 層に腐植および Fe_2O_3 の集積が多いが、1 価塩基や Al_2O_3 は、むしろ偏湿性側の B 層に多い傾向がある。これは、偏乾性のものは、層断面において垂直方向に leaching を受けやすいが、偏湿性のものは B 層がきわめて重粘であるために、percolation が阻止され、垂直方向の leaching は容易ではなく、水平方向にも leaching されるためであるかもしれない。つまり、leaching を受けやすい 1 価塩基が B₁ 層に比較的多く、 Fe_2O_3 よりも下層まで移動する性質のある Al_2O_3 が B₁ 層に多く集積し、またフルボ酸よりも安定している腐植酸はほとんど集積していないなどの事実、地質母材における leaching の状態をよくあらわしているものと見ることができよう。

以上のように、ヒバ林下のポドゾル化土壌を偏乾性の鉄、腐植ポドゾル型のもものと偏湿性の鉄ポドゾル型のものに区分した。前者は大政の dry podzolic soil であるが、後者は、いくぶんそれと異なっているために、森林土壌の取扱上からも区分しておく必要がある。偏湿性のポドゾル土壌は、竹原⁹⁰⁾が木曾地方のヒノキ林下で調査したものに似たところがあり、同氏もこの土壌を大政の wet podzolic soil に帰属させるには難点があることを指摘している。また河田²⁷⁾は、この種のポドゾル土壌を適潤性ポドゾル (Pm) として細分した。

MATTSON⁵⁴⁾は土壌を電気透析した際、陽極付近の colloidal complex は acidic になり、陰極付近では basic になるところから、この現象は podzol profile の A、B 層の関係とよく似ていることを指摘しており、また、LUNDBLAD⁴⁷⁾は、褐色森林土とポドゾルでは、究極 pH が前者に高い傾向があることを指摘している。MATTSON によれば、究極 pH は完全に電気透析された土壌の pH であり、それは acidoid と basoid の activity によつて支配されている。

前述のように、podzolization の process が進むにしたがつて、諸種の土壌性質の変化をとらなっているが、代表的土壌について電気透析を実施し、上述の MATTSON の理論を検討してみた。その結果は Table 15 のとおりである。この表を見ると、究極 pH は、podzolization がまったく認められない B₀-I 土壌では 5 代、わずかに podzolization が認められる褐色森林土では 4 代、ポドゾル土壌では 3 代であり、podzolization の process が進むにしたがつて、究極 pH が低下している傾向が認められる。この傾向は、前述のように、恐山地域に出現している B₀-I、B₀、P₀II-c、P₀I-c 土壌について見ると、さらに判然としている。したがって、究極 pH は $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ が高いほど低い傾向を示していることがわかる。

また、原土の pH と究極 pH との関係について見ると Fig. 77 のようになり、B₀-I 土壌の B 層が、究極 pH よりも原土 pH の方が低くなっているほかは、一般に究極 pH の方が低くなっている。両者の差異は podzolization が判然と認められる土壌において大きい傾向がある。以上の研究結果は LUNDBLAD⁴⁷⁾が Sweden における podzol と brown forest soil について研究した結果とよく一致しているものと見ることができよう。原土の pH が究極 pH よりも高い傾向があるのは、ある程度塩基を吸着していることが関係していることであろう。陽極槽内にあらわれる透析性腐植は podzolization の process が判然とし

Table 15. 各種土壌の電気透析
Electrodialysis in different soils.

番 号 No.	土 壌 Soil	層 位 Hori.	原土の pH pH of original soil	究極 pH Ultimate pH	陰極槽内の塩基 Base content in cath. cham. m.e./100g	陽極槽内の腐植 Humus cont. in anode cham. N ₁₀ KMnO ₄ cc/100 g
12	B ₀ -I	A	5.34	5.02	4.13	3.0
		B ₁	4.98	5.01	1.75	1.1
		B ₂	5.17	5.12	3.88	tr.
8	B ₀ -II	B ₁	4.22	4.10	3.63	6.9
		B ₂	5.26	4.68	3.75	2.5
3	B ₀	A	4.11	3.37	4.50	25.9
		B	4.92	4.30	1.28	4.4
11	B ₀	A ₁	4.47	4.12	3.63	3.8
		A ₂	4.81	4.60	1.68	2.8
		B ₁	5.29	4.63	0.75	1.3
		B ₂	5.29	4.64	0.45	tr.
19	P ₀ I-s	A ₂	5.18	4.10	1.20	2.5
		B ₁	4.98	4.31	0.78	1.9
		B ₂	6.02	5.10	0.68	2.8
20	P ₀ I-c	A ₂₂	4.41	3.50	2.90	38.4
		B ₁	4.31	3.62	0.90	6.4
		B ₂	4.30	3.86	0.38	tr.
22	P ₀ II-s	A ₂	4.25	3.68	1.25	17.6
		B ₁	4.53	3.92	1.05	6.4
24	P ₀ II-c	A	4.42	3.75	1.58	20.1
		B ₁	4.60	4.08	2.13	3.4

ている土壌ほど多い傾向がある。

このように、ヒバ林下の代表的土壌について、究極 pH を測定して見ると、podzolization が進むにつれて、究極 pH が低下し、原土の pH よりも低くなり、透析性腐植が多くなる傾向がある。JOFFE²⁹⁾も酸性腐植の集積は表層の究極 pH を低下させ、表層の R_2O_3 は移動を余儀なくされるといわれている。それで、まったく podzolization が認められない B₀-I 土壌の B 層と微弱な podzolization が認められる B₀ 土壌の B 層を使用し、水溶性腐植の種々の量を添加して電気透析を実施したところ、Table 16 のような結果がえられた。この水溶性腐植は、ポドゾル土壌の H 層を温水 (約 50°C) で処理した際に溶出したもので、大体フルボ酸類似のものと思われる。

Table 16 を見ると、水溶性腐植 (フルボ酸) の添加量を増加するにしたがつて、究極 pH は低下し、透析性腐植が多くなり、ついには R_2O_3 の移動を生ずることがわかる。MATTSON⁵⁴⁾は Sassafras loam

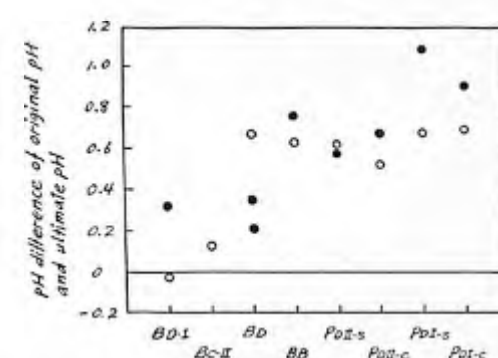


Fig. 77 ポドゾル化作用の進行にともなう pH 差 (原土 pH-究極 pH) の変化 (黒丸: A, 白丸: B)
Changes of pH-difference (original pH-ultimate pH) with the progress of podzolization (black dot: A, circle: B).

Table 16. 水溶性腐植 (フルボ酸) の添加による Bd-I, Bb 土壌 B 層の電気透析
Electrodialysis in B-horizons of Bd-I and Bb-soil by addition of water soluble humus (fulvic acid).

番 号 No.	土 壤 Soil	処 理 別 Treatment	究 極 pH Ultimate pH	陰極槽内の R_2O_3 R_2O_3 in cathode chamber g/100 g	陽極槽内の腐植 Humus in anode chamber NKMnO ₄ 10 cc/100 g
12	Bd-I B ₁	無 処 理 Untreated	5.01	tr.	1.1
		10cc 添加 10cc added	5.08	tr.	3.9
		20cc 添加 20cc added	4.72	tr.	8.3
		40cc 添加 40cc added	4.53	0.022	24.6
3	Bb B	無 処 理 Untreated	4.30	tr.	4.4
		10cc 添加 10cc added	4.71	tr.	27.4
		20cc 添加 20cc added	4.33	tr.	31.1
		40cc 添加 40cc added	4.18	0.044	28.0

水溶性腐植 10 cc あたり 13.9 mg C.
Water soluble humus: —13.9 mg per 10 cc.

の B 層を使用し、腐植酸添加によつて、究極 pH が低下し、 R_2O_3 が可動的になることを認めているが、このことは、ここに述べた実験結果からも認められ、大体、土壌 100 g にたいしてヒバ林下の H 層から抽出した水溶性腐植で、約 500 mg 炭素相当量を添加すれば、 R_2O_3 が可動的になるようである。この実験は、ヒバ純林下の土壌が酸性腐植を集積するにしたがつて、表層の究極 pH を低下し、 R_2O_3 が移動しはじめる、いわゆる podzolization の process をよく説明しているものといえるであろう。最近、De Long ら¹²⁾ は、ポプラ葉粉末の水抽出液でポドゾル土壌を leaching したところ、Fe, Al が抽出されることをあきらかにし、また抽出された Al は Fe よりもかなり多量であつたことを報告しているが、これから見ても、ヒバ林下の H 層の抽出液が Fe, Al を可動的にすることは当然であろう。

VII ヒバ林地帯における土壌と植生との関係

これまで述べてきたように、ヒバ林下には形態、性質を異にする種々の土壌があらわれているが、それらの土壌は、いずれも局所気候（地形的要素を含む）の所産であると見られる。植物は気候因子や土地因子に支配されて分布しているために⁹⁾、土壌条件の相違は植物の分布と密接な関係があることは容易に考えられる。しかして、土壌の相違は植物の種類や生育状態を支配しているから、植物が落葉を通じて土壌に作用する性質を考えなければならない。とくに、ヒバ純林下のように、厚くモル型腐植を堆積している場合には、植生の土壌におよぼす影響はきわめて大きいといわなければならない。宮崎⁵⁸⁾は、四国の森林土壌と植生との相互関係について詳細に研究され、両者間に密接な関係があり、相互に作用しあつて種々の群落および土壌層断面を形成するものであることを指摘した。

この研究においても、土壌によつて植物のあらわれ方がどのようにちがつているか、および落葉の分解状態や森林被の破壊が土壌の諸性質をどのように変化させるかの 2 方面について考究したい。

VII-1. 土壌と地床植生との関係

植生調査は調査方法において述べたように、コドラート法によつて優占度をもとめ、土壌ごとに出現頻度を算定した。津軽、下北地方における 152 箇所の植生調査資料を土壌ごとにとりまとめ、平均優占度および出現頻度から各土壌の特徴植物をもとめたのが Table 17 である。植生調査は低木階以下についてと

Table 17. 各土壌の特徴植物
Characteristic plants of each soil appearing in the natural forest of *Thujaopsis dolabrata* in the areas surveyed.

土 壤 Soil	統計数 Statistical No.	種 類 Species
BA-I ~ Be-I	18	ヤマウルシ、ワラビ、アズキナシ、ウワミズグサ
Bc-II	13	ミヤマガマズミ、ウワミズグサ、アオダモ、アズキナシ、ツノハシバミ、ベニイタヤ、チゴユリ、ツルシキミ、ヤマモミジ、ハウチワカエデ、ミヤマカンスゲ、タチツボスミレ、ワラビ、トリアシシヨウマ
BA	7	アキバ、ツルシキミ、ムラサキヤシオウツヅ、ハウチワカエデ、ヒメモチ、チシマザサ、ハナヒリノキ、ヤマウルシ、ミヤマガマズミ
Bb	12	ツルアリドオシ
Bd	10	チシマザサ、アオダモ、ツルシキミ、シノブカグマ、ミヤマイタチシダ、ハウチワカエデ、ヤマソテツ
Bd(w)	10	ミゾシダ、オクノカンスゲ、ミヤマイタチシダ、オシダ、マルバフユイタゴ、ウスバサイシン、ハナйкаダ、シラネウラボ
Be-F	13	ミゾシダ、オシダ、ウリノキ、リョウメンシダ、ウワバミソウ、ハナйкаダ
PdI-s	7	ヤマソテツ、アオハダ、シノブカグマ
PdI-c	12	ヤマソテツ、シノブカグマ
PdII-s	8	ヤマソテツ、ツルアリドオシ、シノブカグマ、ツルリンドウ、タチツボスミレ、ナナカマド、ミヤマイタチシダ
PdII-c	10	ミヤマイタチシダ、ノリウツギ、ヤマソテツ
PdIII(h)	8	チシマザサ、ツルシキミ、ヒメモチ、ナナカマド
G	7	ミゾシダ、アキタブキ、オクノカンスゲ、ハウチワカエデ、ミズバショウ、ヤマドリゼンマイ、ノリウツギ、クルマバソウ、ツリバナ、チシマザサ
BI	9	ワラビ、チゴユリ、ヤマブドウ、タチツボスミレ、ヤマウルシ、コマユミ、ツノハシバミ
Fd	8	ミゾシダ、アキタブキ、オクノカンスゲ、イラクサ、ヤマブドウ、オシダ、クサソテツ、タマブキ、ヤマダ

りまとめたが、それは、水分環境（局所地形）によつて支配されている各土壌の指標植物をうるためには、地床植生がもつともその特徴をあらわしていると思われたからである。Table 17 の各植物は、その土壌において優占度および出現頻度が大きく、しかも各土壌に共通でないものであるから、その土壌に特徴的であり、したがって、その土壌の指標植物となる性質を有しているものと考えている。

津軽、下北地方の森林分布は、概況において述べたように、ヒバ林は、下部地域ではアカマツ林やコナラ、ミズナラ林に接し、上部地域ではブナ林に接し、おおむね海拔高 150~300 m の範囲において、主として旺盛な生育をしている。この関係は、ヒバ林地帯の主要樹種の出現状態を示した Fig. 78 を見ればあきらかであり、コナラ、ミズナラはヒバ林地帯の下部に多く、ブナは上部に多くなっている。したがって、両半島におけるアカマツ林、ヒバ林、ブナ林の各地域では既往の人為的影響や地形、気候条件が異なっているために、それぞれ特徴ある植物があらわれていることが考えられる。Table 17 の BA-I ~ Be-I, Bc-II, BI の各土壌は大体ヒバ林分布地域下部のアカマツ、ミズナラ林下にあらわれており、また、PdIII(h) 土壌

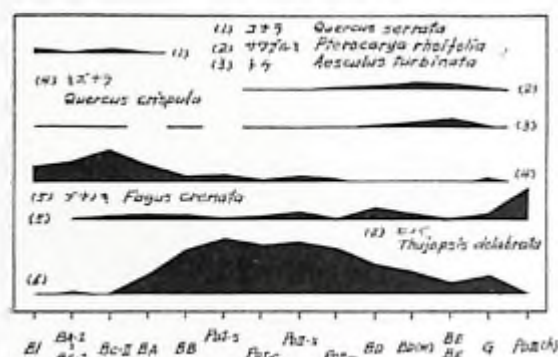


Fig. 78 ヒバ林地帯の種々の土壌における主要樹種の出現状態
Occurrence of main tree species in different soils appearing in the natural forest of "Hiba".

潤性ないし弱乾性土壌にシノブカグマが優勢であるのは特徴的である。

つぎに、各土壌に共通してあらわれる、いわゆる普通植物⁽⁶²⁾について示したのが Table 19 である。この表を見ると、ヒバ林地帯ではオオバクロモジ、ゴトウヅル、ツタウルシ、ヒメアオキ、ムシカリは調査箇所の 50% 以上にあらわれており、立地にたいする可塑性はきわめて広いことがわかる。これらの植物は、土壌ごとに見た場合には普通植物となるが、広くヒバ林地帯としてみた場合には、その特徴植物として見ることができるであろう。Table 19 の各植物は、各土壌にたいして一様な出現状態を示しているものではなく、やはり土壌によつて出現状態が異なっている。Fig. 79 は各土壌における個々の普通植物の出現状態を示したものであるが、この図を見てもわかるように、各植物は各土壌にわたつて出現しているが、イヌツゲはヒバ林地帯下部に優勢であり、ヒメアオキ、ツタウルシ、ゴトウヅルはヒバ林下に優勢な生育を示し、またオオバクロモジは各土壌にわたつて優勢であるなどの特徴がある。

前述の Fig. 78 に示したヒバ林地帯における主要樹種は、地床植物とちがつて、かなり立地にたいする可塑性は大きい、それでも、コナラは低海拔高地域にかぎられ、サワグルミはトチよりも湿性土壌に特徴的であり、ミズナラは低海拔高地域や乾性土壌に多く、またヒバは乾性ないしボドゾル土壌において、もつともよく繁茂していることがあきらかに認められる。

つぎに、ヒバ林地帯におけるシダ植物の出現状態について説明しよう。この関係については、津軽半島南部のヒバ林をとりまとめた際にも報告しておいたが、ここでは、津軽、下北半島全域について取まとめた資料にもとづいて説明したい。

丘陵地帯のアカマツ林やアカマツ、ミズナラ、コナラ林のように、既往において伐採がくりかえされたようなところとヒバ林のように、長く密な林分を維持してきたところとでは、出現する植物に、きわめて顕著な差異があることについては、前述のとおりであるが、とくに、ヒバ林下では、密な林分を構成しているために、地床植物が一般に少なく、そのような場合でも、シダ植物はよく環境に応じてあらわれている。したがって、ヒバ林下ではシダ植物の指標値は大きく評価される価値があるものと考えている。

佐伯⁽⁸¹⁾⁽⁸²⁾は秋田地方におけるシダ植物の指標値について研究し、形態的に特徴があり、環境の変化にたいして敏感で、しかも最適地にたいして集中する性質が強いところから、その指標値はきわめて大き

Table 18. 津軽、下北半島の各土壌の特徴植物の比較 (低木階以下の植生)
Comparison of characteristic plants of each soil appearing in the natural forest of *Thujopsis dolabrata* in the Tsugaru and the Shimokita Peninsulas.

土 壌	津軽半島 Tsugaru Peninsula		下北半島 Shimokita Peninsula	
	統計数 Statistical No.	種 類 Species	統計数 Statistical No.	種 類 Species
BA-1 ~ BE-1	7	ヤマウルシ、エゾユズリハ、ミヤマガマズミ、ウワミズザクラ、アズキナシ	11	ワラビ、ヤマウルシ、チゴユリ
Bc-II	10	ミヤマガマズミ、ウワミズザクラ、ヤマウルシ、アズキナシ、アオダモ、ツルシキミ、マイズルソウ、ツノハシバミ、ミヤマカンスゲ	3	ウワミズザクラ、ベニイタヤ、アオダモ、マイズルソウ、ミヤマガマズミ、ツノハシバミ、チゴユリ、トリアシシヨウマ、アキノキリンソウ、アズキナシ、マンサク、ツルウメモドキ、ヤマモミジ、ハウチワカエデ、ワラビ、チマキザサ
BA	4	ヒメモチ、ツルシキミ、ミヤマガマズミ、アキタブキ、ハウチワカエデ、ゴンゼツ、チシマザサ、ヤマウルシ、マイズルソウ	3	ムラサキヤシオツツジ、アキタブキ、ハウチワカエデ、アオハダ、ハナヒリノキ
Bb	6	ツルアリドオシ	6	ツルアリドオシ
Bd	4	チシマザサ、ツルシキミ、アオダモ、ミヤマイタチシダ、ヤマソテツ、ツルリンドウ	6	チシマザサ、シノブカグマ、ハウチワカエデ
Bd(w)	5	ミゾシダ、ハナイカダ、オクノカンスゲ、オシダ、マルバフユイチゴ、ウスバサイシン	5	ミヤマイタチシダ、ミゾシダ、シラネワラビ
BE-F	6	ミゾシダ、ウリノキ、ハナイカダ、オシダ、イラクサ、ウツバミソウ、サワグルミ、トチ	7	ミゾシダ、オシダ、リョウメンシダ
PdI-s	3	ツルアリドオシ	4	アオハダ、ヤマソテツ、シノブカグマ
PdI-c	5	ヤマソテツ、シシガシラ、ミヤマイタチシダ	7	シノブカグマ、ヤマソテツ
PdII-s	4	タチツボスミレ、ツルアリドオシ、ツルリンドウ、ヤマソテツ、ミヤマイタチシダ、ヤマウルシ	4	シノブカグマ、ヤマソテツ、ナナカマド
PdII-c	4	ヤマソテツ、ノリウツギ、ミヤマイタチシダ、チシマザサ	6	ミヤマイタチシダ、ノリウツギ
Pg	2	ノリウツギ、ミヤマイタチシダ、タチツボスミレ、シシガシラ、アオダモ、ベニイタヤ、ツルリンドウ、ヤマソテツ		
PbIII(h)	4	チシマザサ、ハウチワカエデ	4	チシマザサ、ヒメモチ、ツルシキミ、ホソバノトウゲシバ、ナナカマド、シノブカグマ
G	3	ミゾシダ、オクノカンスゲ、アキタブキ、ノリウツギ、ハウチワカエデ、チシマザサ、ツリバナ、ワラビ、クルマバソウ、コマユミ、スギナ、ミズバシヨウ、ベニイタヤ、ヤマブドウ、ヤマドリゼンマイ	4	ミゾシダ、オクノカンスゲ、ミズバシヨウ、ヤマドリゼンマイ
BI	3	チゴユリ、ミツバアケビ、ヤマブドウ、ワラビ、ツリバナ、タチツボスミレ、チマキザサ、ヤマザクラ、ヤマウルシ、コマユミ、ツノハシバミ、ウワミズザクラ、フジ、アラゲガマズミ、タニウツギ、ツルウメモドキ、オカトラノオ、ミヤマカンスゲ、ヤマグラ、クリ、ヒヨドリバナ	6	ワラビ、チゴユリ
Fd	4	ミゾシダ、アキタブキ、ヤマブドウ、イラクサ、ヤマグラ、ノリウツギ、カンボク、オクノカンスゲ	4	ミゾシダ、アキタブキ、オクノカンスゲ、オニシモツケ、タマブキ、オシダ、イラクサ

Table 19. ヒバ林地帯における普通植物の出現状態
Occurrence of common plants appearing in the natural forest of
Thuopsis dolabrata.

種 名 Species	津 軽 半 島 Tsugaru P.		下 北 半 島 Shimokita P.		全 地 域 Total area surveyed	
	優 占 度 Dominancy	出現頻度 Frequency %	優 占 度 Dominancy	出現頻度 Frequency %	優 占 度 Dominancy	出現頻度 Frequency %
オオバクロモジ <i>Benzoin membranaceum</i>	2.1	86	1.4	75	1.7	80
ゴトウツル <i>Hydrangea paniculata</i>	1.9	65	1.9	57	1.9	60
ツタウルシ <i>Rhus toxicodendron</i>	1.5	65	1.7	64	1.6	64
ヒメアオキ <i>Aucuba japonica</i>	2.3	82	1.1	44	1.6	62
ムシカリ <i>Viburnum furcatum</i>	1.4	64	1.4	57	1.4	60
ハイイヌガヤ <i>Cephalotaxus nana</i>	1.7	72	0.7	33	1.2	51
アオダモ <i>Fraxinus Sieboldiana</i>	0.8	50	1.0	49	0.9	49
イワガラミ <i>Shizophragma hydrangeoides</i>	1.2	57	0.6	27	1.0	41
イヌツゲ <i>Ilex crenata</i>	1.0	50	0.7	36	0.8	42

統計数 Statistical No.

津軽半島 Tsugaru Peninsula 74
下北半島 Shimokita Peninsula 84
全地域 Total area surveyed 158

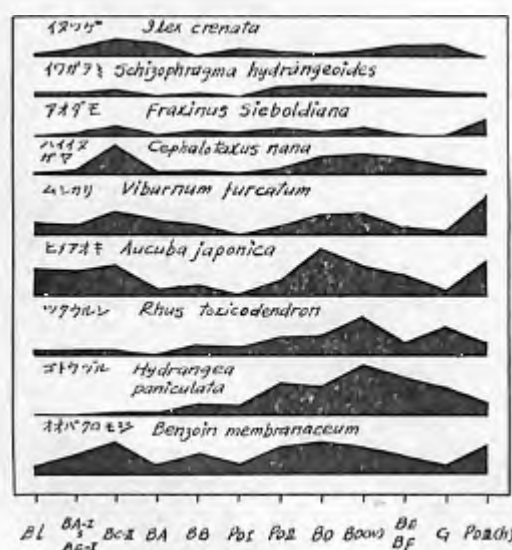


Fig. 79 ヒバ林地帯の各土壌における普通植物の出現状態

Occurrence of common plants in different soils appearing in the natural forest of "Hiba".

いことを強調しており、また村井⁽⁶²⁾も、地位によつて出現するシダ類に差異があることを認めている。

各土壌に特徴的なシダ植物について取りまとめた結果は Table 20 のとおりである。この表を見ると丘陵地帯のアカマツ林地帯ではワラビが特徴的であるが、ヒバ林地帯では水分環境に応じて、それぞれ出現種に特徴があらわれている。乾性土壌ではシシガシラ、適潤性土壌ではヤマソテツ、シノブカグマ、ミヤマイトチシダ、シラネワラビ、湿性土壌ではミゾシダ、オシダ、リョウメンシダ、ジユウモンジシダ、過湿性土壌ではヤマドリゼンマイが優勢である。さらに、これらのシダ植物の各土壌における出現状態を示したのが Fig. 80 である。この図を見ると、水分環境によつてあらわれるシダ植物の種類や環境にたいする可塑性の大小、つまり、指標値の程度がきわめてよくあらわれている。また、各土壌におけるシダ植物の出現状態を津軽、下北の両半島

Table 20. 各土壌の特徴的なシダ植物
Characteristic fern plants of each soil.

土 壌 Soil	統 計 数 Statistical No.	種 名 Species
BA-I ~ BE-I	18	ワラビ
Bc-II	13	ワラビ
BA	7	(シシガシラ)
Bb	12	(シシガシラ)
Bd	10	シノブカグマ、ミヤマイトチシダ、ヤマソテツ
Bd(w)	10	ミゾシダ、ミヤマイトチシダ、オシダ、ヤマソテツ、シラネワラビ
Be-F	13	ミゾシダ、リョウメンシダ、ジユウモンジシダ
Pd I-s	7	ヤマソテツ、シノブカグマ
Pd I-c	12	ヤマソテツ、シノブカグマ
Pd II-s	8	ヤマソテツ、シノブカグマ、ミヤマイトチシダ
Pd II-c	10	ミヤマイトチシダ、ヤマソテツ
Pd III(h)	8	(シノブカグマ)
G	7	ミゾシダ、ヤマドリゼンマイ
Bl	9	ワラビ
Fd	8	ミゾシダ、オシダ、クサソテツ

にわけて示したのが Table 21 であり、下北半島ではシノブカグマがかなり広くヒバ林下にあらわれているのが特徴的である (Phot. 6)。

VII-2. ヒバ落葉の分解状態が土壌性質におよぼす影響

森林植生が土壌におよぼす影響としては、宮崎⁽⁶⁸⁾の研究にも見られるように、1) 林分構成状態による林内気候の変化、2) 落葉層の土壌性質におよぼす影響、3) 根系の土壌に及ぼす影響、などが考えられるが、結局、同氏もいつているように、落葉層の形態や分解過程が土壌層断面の形態や性質に影響するもつとも大切な因子であると考えられる。

したがって、ここでは、ヒバ落葉の無機、有機組成および分解状態をスズ、アカマツ、カラマツ落葉と比較検討して、ヒバ落葉の特徴をあきらかにし、落葉が分解して土壌腐植に変移する過程における物質の移動を追求し、さらに、ヒバ天然生林下の落葉が、天然生林の伐採によつて、どのように変化

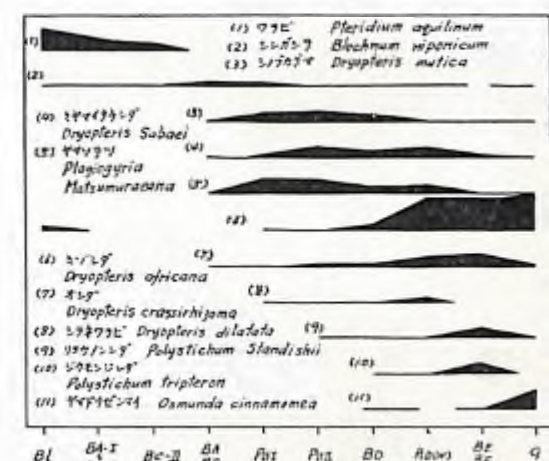


Fig. 80 ヒバ林地帯の各種土壌における主要シダ植物の出現状態

Occurrence of main fern plants in different soils appearing in the natural forest of "Hiba".

Table 21. 津軽, 下北半島の各土壌にあらわれたシダ植物
Comparison of fern plants of each soil in the Tsugaru and the Shimokita Peninsulas.

土 壌 Soil	津軽半島 Tsugaru Peninsula		下北半島 Shimokita Peninsula	
	統計数 Statistical No.	種 類 Species	統計数 Statistical No.	種 類 Species
BA-I ~ BE-I	7	ワラビ, シシガシラ	11	ワラビ, シシガシラ
BC-II	10	ワラビ, シシガシラ, ゼンマイ	3	ワラビ
BA	4	シシガシラ, ヤマソテツ, ミヤマイタチシダ	7	シシガシラ
BB	6	ヤマソテツ, シシガシラ, ミヤマイタチシダ, シノブカグマ, ミゾシダ, ゼンマイ	6	シシガシラ, シノブカグマ, ミヤマイタチシダ, ヤマソテツ, オシダ
Bd	4	ヤマソテツ, ミヤマイタチシダ, シシガシラ, ヒロハノイヌワラビ, ミゾシダ, シノブカグマ, ホソバナライシダ, オシダ, ゼンマイ, ジュウモンジシダ	6	シノブカグマ, ミゾシダ, ミヤマイタチシダ, ヤマソテツ, シラネワラビ, オシダ, メシダ, ジュウモンジシダ, ヒメシダ, ヤマドリゼンマイ, クサソテツ
Bd(w)	5	ミゾシダ, オシダ, ヤマソテツ, シノブカグマ, ミヤマベニシダ, シラネワラビ, リョウメンシダ, サカゲイノデ, ジュウモンジシダ, ワラビ, シシガシラ	5	ミヤマイタチシダ, ミゾシダ, シラネワラビ, ヤマソテツ, オシダ, シノブカグマ, リョウメンシダ, イスガソク, ジュウモンジシダ, メシダ
BE-F	6	ミゾシダ, オシダ, サカゲイノデ, リョウメンシダ, ジュウモンジシダ, ミヤマイタチシダ, ヒロハノイヌワラビ, イスガソク, クジャクシダ, コウヤワラビ, ヤマイスワラビ, サトメシダ, クサソテツ, ワラビ	7	ミゾシダ, リョウメンシダ, ジュウモンジシダ, ヤマソテツ, ミヤマイタチシダ, シノブカグマ, ヒロハノイヌワラビ, サトメシダ, ワラビ
PdI-S	3	シシガシラ, ヤマソテツ	4	ヤマソテツ, シノブカグマ, ミヤマイタチシダ, シシガシラ
PdI-C	5	ヤマソテツ, ミヤマイタチシダ, ミゾシダ, シノブカグマ, ゼンマイ, ヤマイスワラビ	7	シノブカグマ, ヤマソテツ, ヤマドリゼンマイ, オシダ, シシガシラ, ミヤマイタチシダ, シラネワラビ, ジュウモンジシダ, ゼンマイ, ワラビ
PdII-S	4	ヤマソテツ, ミヤマイタチシダ, シシガシラ, ホソバナライシダ, シノブカグマ, ミゾシダ	4	シノブカグマ, ヤマソテツ, ミヤマイタチシダ, ヤマドリゼンマイ, ミゾシダ, リョウメンシダ, オシダ
PdII-C	4	ヤマソテツ, ミヤマイタチシダ, ミゾシダ, シシガシラ, シノブカグマ, オシダ, シラネワラビ, ヤマイスワラビ, ヤマドリゼンマイ	6	ミヤマイタチシダ, オシダ, シノブカグマ, ヤマソテツ, ヤマドリゼンマイ, シラネワラビ, クサソテツ, ヒメシダ, シシガシラ, サトメシダ
PdIII(h)	4	シノブカグマ	4	シノブカグマ, ヤマソテツ, シラネワラビ, ヒロハノイヌワラビ, シシガシラ, ミヤマイタチシダ
G	3	ミゾシダ, ヤマドリゼンマイ, ヤマソテツ, ミヤマイタチシダ, ヒメシダ, リョウメンシダ, コウヤワラビ, シシガシラ, オシダ, サカゲイノデ, ゼンマイ, ヤマイスワラビ	4	ミゾシダ, ヤマドリゼンマイ, ゼンマイ, シノブカグマ, オシダ, ヤマソテツ
BI	3	ワラビ, ゼンマイ, ミゾシダ	6	ワラビ, ゼンマイ, ミゾシダ, シシガシラ, ヒメシダ
Fd	4	ミゾシダ, コウヤワラビ, サカゲイノデ, オシダ, ワラビ, クサソテツ, クジャクシダ, ヤマドリゼンマイ, ホソバナライシダ, ジュウモンジシダ, ミヤマベニシダ, ヤマイスワラビ, サトメシダ, ヒメシダ	4	ミゾシダ, オシダ, クサソテツ, リョウメンシダ, コウヤワラビ, ゼンマイ, シノブカグマ, ヤマソテツ

下線: 特徴的シダ植物 Under line: Characteristic fern plants.

し、土壌に影響してゆくかについて述べてみたい。

a. 主要針葉樹の葉分析および落葉分解試験

林木落葉の無機、有機組成についての研究は比較的少なく、苗木については芝本⁸⁴⁾、壮齡木については守屋⁸⁵⁾、中塚⁸⁷⁾の研究が見られる。筆者¹²⁶⁾もヒバ天然生稚樹の葉分析について報告した。これまでの林木の成分分析は、主として鉱物質養分の要求度を究明することを目的としていたために、灰分分析が主たるものであり、多くの場合、生葉および落葉を研究の対象としていた。芝本は、主要林木の鉱物質養分要求度の研究において、植物体における灰分分布は樹種によつて多少の相違はあるが、葉部に最大で、幹、枝部に最小であり、葉部が体構成上主要な割合を占めているところから、葉部を研究することによつて、植物体全体についての養分関係をうかがうことができることをあきらかにした。

この研究においては、主要林木の鉱物質養分要求度を追求するというよりも、落葉の分解におよぼす葉部組成の影響や落葉が分解し、無機化することによつて、土壌に還元される無機成分の動態を究明し、とくに、このような関係におけるヒバ落葉の特徴をあきらかにするのが目的である。

植物体中の成分は、立地によつても差異があるし、また季節によつてもかなりの変動があることが、中塚の研究やさきに報告した筆者の研究でもあきらかである。それで、ヒバ、スギ、アカマツ、カラマツの生葉・落葉は同一時期(4月末)に、類似の立地(尾根筋の Bb 土壌および P₀₁₁ 土壌)から採取した。ヒバは 100~150 年生の密な純林、アカマツは 50~60 年生の天然生 2 次林、スギ、カラマツは 50 年前後の人工林であつた。

これらの主要針葉樹針葉の無機組成は Table 22, 23 のとおりであり、灰分組成を見ると、生葉では、ヒバはスギ、アカマツよりも CaO, Na₂O は多いが、K₂O, P₂O₅ が少ない傾向があり、落葉ではスギと大した差異はない。カラマツの落葉に SiO₂ がきわめて多く、CaO, K₂O が比較的少ない。カラマツ落葉の SiO₂ 含量については、ほかに参考すると data は見あたらないが、欧州におけるカラマツ葉部の SiO₂ 含量に類似の分析結果が見られるところから¹⁰⁰⁾、ヒバ、スギ、アカマツに比較して、きわめて多くの

Table 22. ヒバ, スギ, アカマツ, カラマツ針葉の無機組成 (灰分 100 分中)
Mineral constituents of needle leaves of Hiba, Japanese Cedar, Japanese Red Pine and Japanese Larch (in 100 g of ash content).

試 料 Sample	Sand	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
生葉 Fresh leaves	4.38	1.57	2.34	2.01	2.23	39.30	7.33	14.66	8.14
ヒバ L	7.29	1.24	1.53	1.54	1.04	45.60	5.27	2.85	2.35
ヒバ F	59.28	9.57	7.47	5.59	1.00	7.89	3.63	2.38	1.89
ヒバ H	66.77	8.51	8.27	6.24	0.89	3.45	3.66	1.69	1.65
スギ生葉 Fresh leaves	3.62	0.76	0.90	9.45	4.61	21.51	8.59	24.04	3.25
J. Cedar L	5.51	0.77	0.99	1.20	1.40	45.32	8.03	3.40	2.18
アカマツ生葉 Fresh leaves	5.03	0.13	6.72	8.40	6.60	9.50	8.29	29.79	4.84
J. Red Pine L	23.31	1.06	4.10	2.77	1.38	34.45	5.98	4.66	2.34
カラマツ L	29.28	36.26	3.67	2.43	1.48	13.39	8.05	2.95	1.67
J. Larch F	50.11	23.38	5.45	3.62	1.14	8.78	5.05	1.61	1.05

33 年 4 月採取
Sampled in April, 1957.

Table 23. ヒバ, スギ, アカマツ, カラマツ針葉の無機組成 (乾物 100 分中)
Mineral constituents of needle leaves of Hiba, Japanese Cedar, Japanese Red Pine and Japanese Larch (in 100 g of oven-dry matter).

試料 Sample	有機物 Organic m.	Sand	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	灰分 Ash
生葉 Fresh leaves	95.07	0.22	0.08	0.12	0.10	0.11	1.94	0.36	0.72	0.40	4.93
ヒバ L	95.26	0.35	0.06	0.07	0.07	0.05	2.16	0.25	0.14	0.11	4.74
ヒバ F	91.27	5.17	0.84	0.65	0.49	0.09	0.69	0.32	0.21	0.17	8.73
ヒバ H	90.71	6.20	0.79	0.77	0.58	0.08	0.32	0.34	0.16	0.15	9.29
スギ生葉 Fresh leaves	96.04	0.14	0.03	0.04	0.37	0.18	0.85	0.34	0.95	0.13	3.96
J. Cedar L	95.19	0.27	0.04	0.05	0.06	0.07	2.18	0.39	0.16	0.11	4.81
アカマツ生葉 Fresh leaves	97.50	0.13	0.003	0.17	0.21	0.17	0.24	0.21	0.75	0.12	2.50
J. Red Pine L	97.21	0.65	0.03	0.12	0.08	0.04	0.96	0.17	0.13	0.07	2.79
カラマツ L	94.77	1.53	1.90	0.19	0.13	0.08	0.70	0.42	0.15	0.09	5.23
J. Larch F	86.56	6.74	3.14	0.73	0.49	0.15	1.18	0.68	0.22	0.14	13.44

33 年 4 月採取
Sampled in April, 1957.

SiO₂ を含有しているのも、カラマツ落葉の特徴のひとつに見ることができるかもしれない。

また、有機組成は Table 24 のとおりである。WAKSMAN¹⁰⁸⁾によると、この有機物分析近似法は土壌有機物の 90~95% を、はつきりした化学複合物に確定することができるし、これによつて、1) lignin-like complex, 2) nitrogenous complex, 3) fat, wax, resinous substance, 4) carbohydrate (hemicellulose, cellulose-like substance) の 4 group にわけられる。この表から見ると、生葉では、ヒバはスギ、アカマツよりもエーテル、アルコール可溶物は少ないが、リグニンはいくぶん多い傾向がある。落葉でも、ヒバはスギ、アカマツよりもリグニンは多いが、カラマツよりは少ない。カラマツの落葉にはエーテル、アルコール可溶物はきわめて少ないが、リグニンは多い特徴がある。

生葉および落葉の pH 値や窒素は Table 25 に示しているが、これを見ると、ヒバの生葉および落葉は、ほかの針葉樹に比較して酸性が強いというわけではなく、窒素の含量にもあまり差異はない。ただし、アカマツ生葉の窒素含量は、ほかの針葉樹に比較してはるかに多い傾向がある。

Table 24. ヒバ, スギ, アカマツ, カラマツ針葉の有機組成 (絶乾無灰物 100 分中)
Approximate organic constituents of Hiba, Japanese Cedar, Japanese Red Pine and Japanese Larch (in 100 g of oven-dry and ash-free matter).

試料 Sample	エーテル・アルコール可溶物 Ether-alcohol soluble matter	糖類 Carbohydrate as sugar	粗蛋白質 Crude protein	リグニン腐植 Lignin humus	計 Total
生葉 Fresh leaves	21.28	28.88	2.18	37.85	90.19
ヒバ L	17.60	17.84	2.22	54.03	91.69
ヒバ F	6.68	18.34	3.87	70.01	98.90
ヒバ H	7.35	12.08	5.38	71.65	96.46
スギ生葉 Fresh leaves	39.45	25.30	1.47	32.03	98.25
J. Cedar L	31.01	24.27	2.51	49.74	107.53
アカマツ生葉 Fresh leaves	26.34	25.49	3.04	35.04	89.91
J. Red Pine L	17.90	29.25	1.21	44.91	93.27
カラマツ L	5.50	22.04	2.36	65.25	95.15
J. Larch F	5.09	19.28	4.48	70.71	99.56

Table 25. ヒバ, スギ, アカマツ, カラマツ針葉の pH 値および窒素
pH values and nitrogen contents of needle leaves of Hiba, Japanese Cedar, Japanese Red Pine and Japanese Larch.

試料 Sample	pH(H ₂ O) 1:5	炭素 Carbon %	窒素 Nitrogen %	炭素率 C:N ratio
生葉 Fresh leaves	4.58	52.51	0.73	71.9
ヒバ L	4.92	55.93	0.54	103.6
ヒバ F	4.02	44.10	1.16	38.0
ヒバ H	3.98	43.79	1.35	32.4
スギ生葉 Fresh leaves	4.32	47.52	0.79	60.1
J. Cedar L	4.90	48.26	0.37	130.4
アカマツ生葉 Fresh leaves	4.53	51.75	1.35	38.9
J. Red Pine L	4.10	50.16	0.39	128.6
カラマツ L	4.98	44.55	0.70	63.6
J. Larch F	4.94	40.11	1.27	31.5

さらに、落葉を熱 NaOH で抽出し、腐植酸およびフルボ酸について見たのが Table 26 である。これを見ると、ヒバ落葉の腐植酸は、ほかの樹種に比較して多い傾向がある。

このように、ヒバ生葉および落葉の無機、有機組成を見ると、スギ、アカマツに比較して、いくぶん P₂O₅, K₂O が少なく、リグニンが多い傾向がうかがわれるが、窒素含量にも大差はなく、大体、スギ落葉と似た組成を示している。カラマツには SiO₂ が多く、塩類に乏しく、樹脂類は少ないが、リグニンに富む特徴が見うけられる。

つぎに、同一箇所の壮齢天然生ヒバ林下で採取した生葉、L, F, H 層について、無機、有機組成の変動について検討してみよう。

ヒバ落葉の分解にともなう無機成分の変化を見ると、SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ の増加, P₂O₅, CaO, MgO, K₂O, Na₂O の減少があらに認められるが、分解過程における各成分の変動割合は決して一様ではない。Fig. 81 は、ヒバ針葉の分解にともなう無機、有機成分の変化過程について示したものであるが、この図を見ると、無機成分では SiO₂, R₂O₃ は F 層で急増し、CaO は F 層で急減している。しかしなが

Table 26. ヒバ, スギ, アカマツ, カラマツ落葉の熱苛性ソーダ抽出腐植
Types of hot NaOH sol. extracted humus of fallen leaves of Hiba, Japanese Cedar, Japanese Red Pine and Japanese Larch.

試料 Sample	炭素量 C mg/1g air-dried matter			沈殿部 割合 SIMON'S PQ	炭素量 C mg/total C. 100 g		
	抽出腐植 Humus matter	腐植酸 Humic acid	フルボ酸 Fulvic acid		抽出腐植 Humus matter	腐植酸 Humic acid	フルボ酸 Fulvic acid
ヒバ L	182.2	117.7	64.5	65	32.5	21.0	11.5
ヒバ F	176.1	123.0	53.1	70	39.9	27.9	12.0
ヒバ H	177.6	129.0	48.6	73	40.5	29.5	11.0
スギ L	167.0	82.0	85.0	49	34.6	17.0	17.6
アカマツ L	177.6	115.4	62.2	65	35.4	23.0	12.4
カラマツ L	173.1	103.3	69.8	60	38.8	23.2	15.6
J. Larch F	126.0	76.7	49.3	61	31.4	19.1	12.3

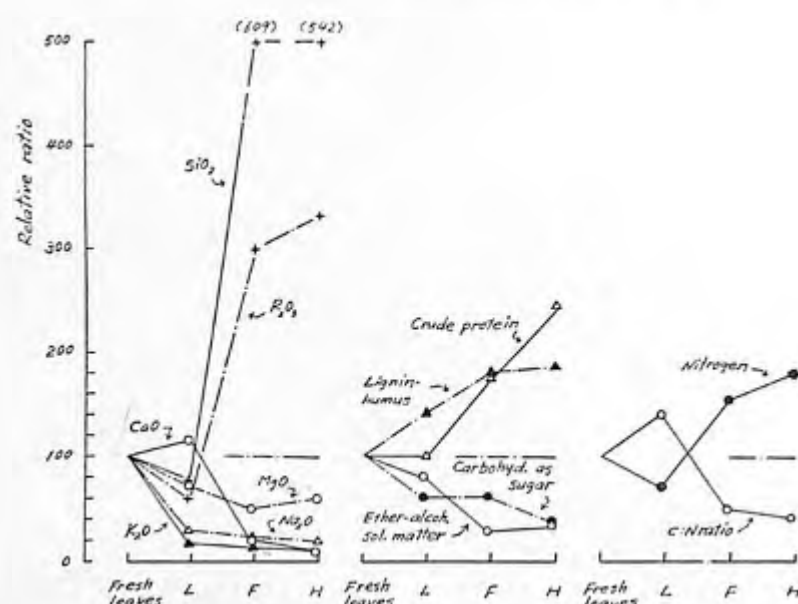


Fig. 81 ヒバ針葉の分解にともなう無機、有機成分の変化
Changes of inorganic and organic constituents of "Hiba" needle leaves due to decomposition.

MATTSON⁵⁴⁾ は Ca^{++} , K^+ , Na^+ は Mg^{++} よりも colloid から遊離しやすいことを電気透析によってあきらかにしたが、落葉の分解過程において、無機化した塩基のうち、 MgO の洗脱がほかの塩基よりも徐々におこなわれているのも Mg^{++} の特徴であるかもしれない。JOFFE⁵⁵⁾ は、土壌中においては、 Na^+ は H^+ によって真先きに置換され、 K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} がそれにつぐといわれているが、土壌中の脱塩過程では、1価塩基がまず洗脱されることが考えられる。針葉を組成している2価塩基は、いくぶん落葉が分解しかける段階で急激に消失しているが、1価塩基は落葉後迅速に消失する性質があることは、この研究からあきらかである。実際、1価塩基は秋季紅葉すれば、樹体に付着した状態でも消失しはじめるといわれている。

つぎに、有機成分における変化状態を見ると、エーテル、アルコール可溶物（樹脂、蠟、脂肪）や糖類（ヘミセルローズ、セルローズ）は落葉の分解とともに減少しているが、粗蛋白質やリグニンは増加している。L, F, H 層におけるこのような有機成分の変化は、WAKSMAN¹¹⁰⁾ が white pine-hemlock 林下の raw humus soil で実施した結果とよく一致している。リグニンは植物の有機成分中でもつとも分解されにくいといわれているから、相対的に集積され、分解残渣中では L, F, H に移行するにしたがつて増加することが考えられる。粗蛋白質の増加は窒素の増加と一致している。また、熱 NaOH 可溶の腐植酸は L, F, H と変化するにしたがつて増加し、フルボ酸は減少している。窒素は、L 層は生葉よりも減少しているが、L, F, H の方向に増加し、炭素率は反対の傾向を示している。WAKSMAN は、有機物の分解にともなつて、セルローズ、ヘミセルローズは減少し、リグニンは分解されないで集積してゆき、無機成分を生成するか、分解過程においてリグニンの一部は変化し、腐植酸を形成してゆくといわれているが、上述の変化過程はよくこのことを示しているものと思う。このように、ヒバ生葉が地表に落下して L 層になり、しだいに分解して F, H 層と形態的に変化してゆくが、それにともなつて、 SiO_2 , R_2O_3 の増加、塩基の減少、リグニン、粗蛋白質の増加、樹脂類、セルローズの減少、腐植酸の増加、フルボ酸の減少、窒

ら、 K_2O , Na_2O は L 層で急減し、 MgO は L, F 層にかけて漸減している。つまり、落葉の分解が進むにしたがつて、 SiO_2 , R_2O_3 は集積するが、塩基は洗脱されており、その際、2価塩基は F 層の階層で洗脱されるが、1価塩基は L 層の階層で、すでに洗脱されることを示している。落葉と腐朽葉におけるこのような成分の差異は、守屋⁵³⁾ の試験結果にも見ることができる。

素の増加などの成分変化が生じている。このような変化において、スギはおおむねヒバに類似しているが、アカマツ、カラマツはいくぶん異なるようである。

樹種や落葉層の形態によつて、無機、有機成分に、それぞれ特徴があることがわかったが、つぎに一定条件下で、ヒバ、スギ、アカマツ、カラマツの生葉および落葉を分解させた結果について説明しよう。この分解試験は BROADFOOT ら⁸⁾ の方法に準じて実施し、接種材料としては P₀II 土壌の H 層と B₀ 土壌の A₁ 層を選定した。それは、前者は標式的なモル型腐植であり、後者はミル型腐植であるから、微生物の flora に差異が予想されたからである。それで、その関係を確かめるために、ブイヨンとペレイシヨの寒天培養基に、それぞれ接種、培養してみたところ、Phot. 7 に見られるように、P₀II 接種では菌類（主として *Penicillium* spp.）, B₀ 接種ではバクテリア（主として繊維素分解菌類）が優勢であるように見うけられた*。大政・河田⁷⁴⁾の研究によると、森林土壌における糸状菌では *Penicillium*, *Trichoderma* が主位を占めており、その出現率は土壌型によつて差異があることがわかり、また、沖永⁷⁵⁾はヒバ林土壌の微生物相について研究されたが、それによると、糸状菌が多く、とくに *Penicillium* の出現頻度は最大であり、繊維素分解菌が少ない事実が認められている。

ヒバ、スギ、アカマツ、カラマツの生葉および落葉の分解状態は Table 27 のとおりであり、さらに、この関係を樹種別に図示したのが Fig. 82 である。この図を見ると、実験室において、一定条件下で、2 カ月および 3 カ月間分解させた結果は、生葉と落葉とは差異があり、樹種によつても相違しているが、P₀II 接種と B₀ 接種とは一定の傾向は見いだしにくい。また、3 カ月間に分解されたものの大部分は、最初の 2 カ月間に分解されていることがわかる。以下細部について検討してみよう。

生葉と落葉の分解量について見ると、各樹種ともに生葉の方が分解量が多い。これは、前述のように、生葉は落葉に比較して塩基が多く、リグニンが少ないなどの成分組成の状態から、容易に考えられるであ

Table 27. ヒバ、スギ、アカマツ、カラマツ針葉の分解と pH の変化
Amounts of decomposition and changes of pH value in needle leaves of different tree species after 2 and 3 months.

処理別 Treatment	材料 Material	樹種 Species	原試料の pH(1:5) pH of original material	分解後の pH(1:5) pH after periods of decomposition		分解量 Amounts of decomposition	
				2 カ月 2 months	3 カ月 3 months	2 カ月 2 months	3 カ月 3 months
P ₀ II 土壌接種 Inoculation with solution of P ₀ II-soil	生葉 Fresh leaves	ヒバ Hiba	4.58	5.87	5.89	12.12	13.04
		スギ J. Cedar	4.32	5.68	6.31	14.02	16.51
		アカマツ J. Red Pine	4.53	5.50	5.91	8.83	12.36
	落葉 Litter	ヒバ Hiba	4.92	5.96	6.17	9.75	9.29
		スギ J. Cedar	4.90	5.94	6.36	9.45	10.81
		アカマツ J. Red Pine	4.10	4.75	4.78	6.69	6.91
B ₀ 土壌接種 Inoculation with solution of B ₀ -soil	生葉 Fresh leaves	ヒバ Hiba	4.58	5.88	5.97	12.12	16.24
		スギ J. Cedar	4.32	5.48	6.12	12.44	14.70
		アカマツ J. Red Pine	4.53	5.47	5.82	10.15	12.14
	落葉 Litter	ヒバ Hiba	4.92	5.92	6.21	8.84	9.97
		スギ J. Cedar	4.90	6.10	6.42	12.38	14.41
		アカマツ J. Red Pine	4.10	4.68	4.78	6.25	6.25
		カラマツ J. Larch	4.98	5.08	5.52	9.28	9.04

* 微生物の培養は、林試東北支場横沢技官の指導によつた。

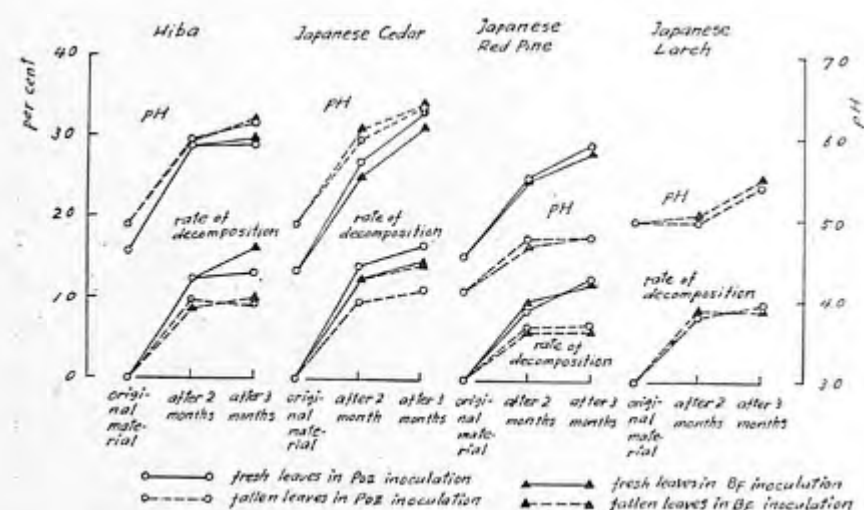


Fig. 82 主要針葉樹の針葉の分解過程

Process of decomposition of needle leaves of main conifers appearing in the "Hiba" forest region.

て、3カ月間の分解過程を見ると、分解量の大部分が最初の2カ月間に分解されていることがわかるが、ヒバ、アカマツ、カラマツの落葉では、2カ月と3カ月の分解量の差異はきわめて小さい。BROADFOOT⁸⁾は、一定条件下で各種落葉を分解させた際、もつとも迅速な分解は最初の2カ月間にあらわれているといわれており、ここに述べた分解試験の結果と同様の傾向を示していた。大政⁷²⁾は、野外における落葉の分解は、初年度にいちじるしく進行し、2年以後は緩慢になるといつている。

従来、針葉樹林下にはモル型、広葉樹林下にはムル型の森林腐植ができやすいことは一般に認められているが、その原因についてはそれほど判然としていない。ROMELLは、森林腐植のtypeは落葉の分解量や分解割合によるものではなく、微生物のtypeによるものであると主張しているが、このような微生物のtypeが何ゆえに各森林型に特徴的になっているかはあきらかにされていない。BROADFOOT⁸⁾やWAKSMAN¹⁰⁾も、落葉の化学組成は種々の森林腐植の形成に関係があることを認めており、また大政⁷²⁾は、針葉樹の落葉は広葉樹に比較してエーテル、アルコール抽出物が多く、窒素が少ないが、これが針葉樹落葉の分解しにくい理由として考えられるといっている。堤¹⁰⁰⁾は、コナラ、ハンノキ、スギ、ヒノキ落葉の分解速度を、一定条件下で系統的に研究し、それらの分解速度を化学成分の量的差異だけから判断することは困難であり、各組成成分の分解にたいする難易性を究明する必要があることをあきらかにした。たとえば、スギ、ヒノキはハンノキ、コナラよりも、あきらかにエーテル、アルコール抽出物が多いが、この成分を除いても分解速度は促進されないことを実験的に示している。

大政らの林内における落葉分解試験からはスギ>アカマツ・ヒノキ>ケヤキ>クリ・コナラの順に分解が容易になる結果がえられており、堤の実験室内の分解試験からは、30日間ではスギ>ヒノキ>コナラ>ハンノキ、54日間ではアカマツ>コナラ>ヒメヤシヤブシの順に分解が容易になる結果がえられている。この研究では、生葉ではアカマツ>ヒバ・スギ、落葉ではアカマツ>ヒバ・カラマツ>スギの順に分解が容易になつており、いずれの場合でもアカマツがもつとも分解がわるいようである。ヒバとスギを比較した場合には、生葉ではほとんど差異はないが、落葉ではいくぶんスギの方が分解が容易である。これらの樹種の3カ月間における落葉分解速度を、前述の成分組成から裏づけることは困難である。堤がいつてい

るように、落葉を組成している化学成分の量的関係だけからでは無理であるかもしれない。しかしながら、スギにエーテル、アルコール抽出物が多く、ヒバにはリグニンが比較的多く含有されていることを考慮する必要があるうし、またカラマツ落葉にエーテル、アルコール抽出物は少ないが、リグニンを多量に含有しており、また塩基に乏しく、 SiO_2 がきわめて多いことも考える必要がある。大政⁷²⁾は、ケヤキの分解速度に SiO_2 含量が多いことが関係しているかもしれないといっているが、このことはカラマツについても考えられるようである。アカマツには窒素が多く、分解を阻害する特別の原因は見あたらない。いずれにしても、一定条件下で分解させた結果からは、ヒバの落葉は特別分解が困難であるとは考えられないし、また落葉の無機、有機成分の量的関係から見ても同様である。

落葉の分解が進むにつれて、無機成分を生成することはWAKSMAN¹⁰⁾によつて指摘されたとおりであり、また、BROADFOOT⁸⁾らは、分解が進行するとともにpH値は増加し、それはもとの落葉の塩基量と関係があることを示している。WHITE¹¹⁰⁾は、土壌反応のちがう土壌に種々の有機物を添加して、その分解状態を調査したところ、酸性の強い土壌ではいちじるしく分解がわるいことを実験的に示し、土壌反応は有機物分解にあずかる微生物の活動に大きく影響するといわれている。各分解過程におけるpH値はFig. 82のとおりであり、ヒバ、スギでは生葉よりも落葉の方がpH値が高いが、アカマツでは反対に、生葉の方がpH値が高い。スギ、ヒバは分解が進むにつれてpH値は増加しているが、アカマツ落葉はpH値も低いし、その変化はスギ、ヒバよりもだいぶ小さい。アカマツ落葉は分解にともなつてpH値が増加しないことは大政らによつても指摘されている。このように、落葉分解にともなうpH値の変化から見てもヒバは正常であり、スギに比較して、いくぶん酸性にかたむいているようではあるが、それほど特徴ある性質は見うけられない。

つぎに、Bf土壌接種とPdII土壌接種の場合を比較してみると、はつきりした傾向は見あたらないし、その差異も僅少である。それは、分解に使用した材料を、あらかじめ滅菌処理していないし、また、incubateした期間中にも、かなりの雑菌が混入することが考えられるからである。このような関係については後日検討したい。

以上述べたのは、ヒバ針葉の化学的組成とその分解状態が、スギ、アカマツ、カラマツと比較して、どのような特徴を有しているかを検討したものであるが、これらの関係において、ヒバ針葉が特徴的であるという理由は、この研究からは見だしにくい。さらに、各化学成分の分解にたいする性質を究明する必要があるかもしれない。化学組成的には、スギと似た傾向を有しているといえるものの、自然条件下では、ヒバ林下のA₀層はスギ林下のものに比較して、堆積は厚く、腐植酸の含量も多い傾向があり、あきらかに落葉の分解がスギ林下に比較して不良であることが観察される。WAKSMAN¹⁰⁰⁾は有機物の分解速度や性質を支配する因子として、1) 植生型、2) 微生物の種類、3) 土壌の性質、4) 環境条件をあげ、とくに分解過程や微生物の発達にたいして、環境条件が大きく作用することを述べている。

したがって、自然条件下における落葉の分解にたいしては、落葉の化学的組成は1次的に重要な条件ではあるが、落葉が分解される条件、つまり微生物の発達に關係する環境条件がきわめて大切な因子であり、とくに、局所乾性の地形に成立しているヒバ密林下においては、強く考慮する必要があるように思われる。ヒバ林下でも、モル型腐植を形成しているのは、大体峯部の局所乾性地形にかぎられており、しかも、このようなところでは、ヒバがきわめて密な純林を形成する性質がある。

Fig. 83はBb, PdI・II, Be・F土壌における林分構成状態——林地被覆状態——を示したものである

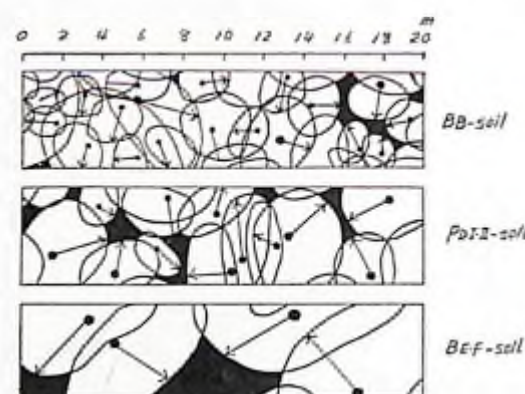


Fig. 83 乾性、ポドソル、湿性土壌におけるヒバ林の被覆状況
Closing condition of crown of "Hiba" forest in different soils.

Table 28. 各土壌におけるヒバ樹冠の大きさと被覆度
Comparison of dimensions of crown of "Hiba" and of cover degree for ground.

土 壌 Soil	平均樹冠面積 (50 年) Mean dimension of tree crowns (50 years) m^2	林地被覆度 Cover degree for ground	
		$\frac{\text{樹冠総面積}}{\text{単位面積}} \times 100$ Total dimen. of tree crown Definite dimension $\times 100$	比 数 Ratio
Bb	33.1	144	100
Pod I - II	32.8	116	81
BE-F, G	41.7	98	68

有しているから、ブナよりも有機酸がしやすいものと考えており、ヒバ落葉の分解が阻害されているのにたいして地形、林況、針葉形態などが大きく関係していることを認めている。筆者は、ヒバ林下の厚いモル型腐植の発達にたいしては、ヒバ落葉の化学的組成よりも、ヒバ落葉が分解される場所の環境条件（林分構造、土壌、気候）を重要視したい。

b. 落葉分解にともなう塩基の行動

ヒバ落葉の無機成分は、有機物の分解が進むにしたがつて、各成分に量的差異を生ずるが、ここでは、落葉から供給される Ca^{++} 、 Mg^{++} 、 K^+ 、 Na^+ が土壌によつてどのように含有割合がちがうものか検討してみたい。無機土壌中の塩基は主として母材の風化に由来するものと考えなければならないが、土壌層断面における塩基の分布を見ると、最上部に顕著に集積しているところから、一般には、ほとんどその給源を落葉にもとめていると見ても大した誤りとはならないであろう。Joffe²²⁾ は、ポドソル化の過程では、 A_0 層から塩基は下方へ移動し、B 層に一時的に保留されるが、それらは、一部は洗脱され、一部は吸着され、一部は根によつて地上に返されるといつている。したがつて、各土壌の層位ごとの塩基の組成割合と生葉、落葉の組成割合とを対比し、塩基の行動を探究することは可能である。

それで、Table 9 から、各土壌の層位ごとに、各塩基の組成割合を算定し、類似の組成状態を示すものを集計して平均組成をもとめたところ、8 種の group にわけることができた。それらの平均組成を土壌

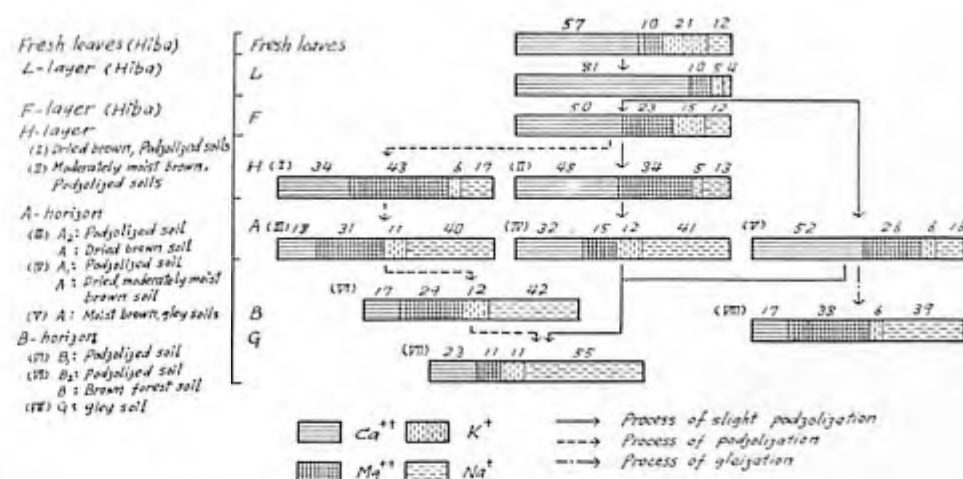


Fig. 84 土壌生成作用による置換性塩基の組成変化
Change of proportion of exchangeable bases due to podzolization and gleization.

生成に立脚して層位ごとに配列したのが Fig. 84 である。この図を見ると、各平均値には、それぞれ土壌生成的に類似の性質を有する層位が包含されているが、このことはとりもなおさず、その塩基組成割合は土壌生成過程における状態をよくあらわしているものと解釈される。もちろん、有機物灰分中の塩基が、どの程度置換態で供給されるかは疑問であるが、土壌成分中に存在している置換態と非置換態の塩基とは性質を異にしていることであろう。

生葉から供給される塩基は Ca^{++} を主とする 2 価塩基が主体であるが、L、F、H と形態変化をするにしたがつて、 Ca^{++} 割合が減少し、 Mg^{++} 割合が大きくなっている。さらに、A、B 層へ移行すると Ca^{++} 割合は極端に減少し、 Na^+ 割合が多くなっている。 Mg^{++} 割合の減少は Ca^{++} 割合に比較してはるかに少なく、また、G 層では Mg^{++} が増加している傾向がある。 Mg^{++} はほかの塩基に比較して移動しにくいことは前述のとおりである。podzolization が判然としている土壌では、H 層の段階で、すでに Ca^{++} 含有割合は Mg^{++} よりも小さく、 Na^+ が増加しはじめているが、A、B、C 層へと移行するにしたがつて、 Na^+ はいっじりしく増加している。判然とした podzolization の過程では、A 層は $Ca^{++} < Mg^{++}$ の含有割合を示しているが、微弱な podzolization の過程では $Ca^{++} > Mg^{++}$ の含有割合を示しており、さらに、湿性土壌では、なおさら Ca^{++} を主とする 2 価塩基が主体をなしている。ポドソル土壌の B₁ 層では Na^+ が主体であるが、 $Ca^{++} < Mg^{++}$ の含有割合を示し、B₂ 層では 2 価塩基は減少し、 Na^+ 割合がきわめて大きい。podzolization のはつきりしない B 層もそれと同様である。

また、A 層における塩基の組成は、podzolization が強いものから弱いものに移るにしたがつて、divalent < monovalent, divalent = monovalent, divalent > monovalent の傾向があり、B 層では、一般に divalent < monovalent であるが、G 層では divalent > monovalent の傾向がある。落葉の分解過程でも説明したように、2 価塩基は 1 価塩基よりも洗脱されにくいように見られるが、下層では 2 価塩基の割合は小さく、1 価塩基の割合が多くなっている。量的には表層よりも、はるかに少ないというものの、このような現象が下層に見られるのは、塩基の洗脱、消失にたいして、1 価塩基の方が容易に落葉から遊離し、たえず下層に供給されることに原因しているものか、いまのところ判然としない。それに反して、G 層では停滞水の影響範囲内におかれ、塩基の洗脱、消失をまぬかれる性質が強く、また、地下水による塩

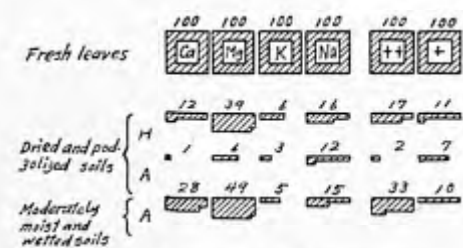


Fig. 85 土壌による供給塩基保持状態の差異

Comparison of base holding condition between the dried and wetted soils.

係は、まったく異なるものであることを考慮に入れる必要がある。

c. ヒバ天然生林の皆伐が土壌性質におよぼす影響

新葉および落葉の灰分組成および有機成分の量的関係からは、ヒバはスギと大差はなく、また一定条件下で生葉および落葉を分解させた場合にも、ヒバはスギ、カラマツ、アカマツに比較して、特別に分解がわるい事実はなく、スギに比較してわずかに劣る程度である。しかしながら、局所乾性地形におけるヒバ天然生林下には厚く落葉層を堆積し、海拔高 150 m 前後の地域でもポドゾル土壌があらわれており、場所によっては、かなり強度に溶脱作用を受けたポドゾル土壌が見られるが、このような土壌は、アカマツ天然生林下にはあらわれていないし、スギ天然生林下においても、なかなか見ることにはできない。自然条件下における落葉の分解には、樹種の成分的特徴も関係しているが、分解に関係する環境条件に支配されるところがきわめて大きいものと考えている。それは、ヒバ林下でも、斜面下部の水湿に恵まれた湿性土壌のところでは、ほとんど落葉層を堆積していないが、斜面上部の乾性土壌のところでは代表的モル型の落葉層を堆積している事実からも容易に考えられる。局所環境の差異によつて、落葉の堆積状態がこのように相違していることについては、土壌性質の相違による微生物群落の差異が大きく影響していることであろうが、微生物の活動、分解の促進は林分構造の差異——密林分と疎林分——にも強く支配されることであろう。それで、ここでは、尾根筋沿いにあらわれている乾性土壌 (Bb), 適潤性土壌 (Bd), 弱ポドゾル化土壌 (PdII) のヒバ林を皆伐し、放置した場合における土壌の変化、とくに、落葉層の変化について述べてみたい。これは、青森営林局蟹田営林署管内の後潟山国有林におけるヒバ林樹種更改試験地の土壌推移の観察結果によるものであり、昭和 32 年 7 月に皆伐したから、皆伐 2 年目 (同 33 年 10 月) までの試験結果によるものである。

土壌は環境条件に支配され、環境条件と平衡状態を維持する方向に生物学的、化学的变化をつづける動的なものと考えられる。極盛植生下の局所地形に相応してあらわれる各種の残積土は、一応、環境条件と平衡状態にある成熟土壌と見なされ、とくに、ヒバ林のように高齢樹種であり、過去において温存され、長く純林状態を維持してきた林分下においてその感を深くする。したがって、ヒバ純林を皆伐した場合には、急激な環境条件の変化をきたし、土壌と環境との平衡がくずれ、急変した環境条件と平衡を保持するために、土壌の諸性質、とくに落葉層の形態、性質が急激に変化してゆくことが予想される。この際、もしもヒバの落葉自体に、きわめて分解しにくい特殊性があるならば、林分皆伐にたいする環境の激変にたいしても、大きい抵抗性があり、急激な変化は考えられないはずである。後潟試験地における Bb, Bd, PdII 土壌の林分構成状態は Fig. 86 および Phot. 8~10 に見られるとおりであり、Bb, PdII 土壌

基の供給も考えられるので、2 価塩基の含有割合が比較的高いのではないかと憶測している。

なお、生葉の塩基含有量を基準として、乾性土壌およびポドゾル土壌群、適潤性および湿性土壌群の H, A 層における各成分の割合を図示したのが Fig. 85 である。これを見ると、podzolization の強弱によつて、A 層の塩基含有量に、いかに差異があるかを推察できるであろう。この場合においても、 Mg^{++} , Na^{+} の含有割合が比較的大きいが、leaching にたいする Mg^{++} と Na^{+} の関

では密なヒバ壮齡林であるが、Bd 土壌では疎開したヒバ林であることがわかる。Phot. 11, 13 は Bb, PdII 土壌における皆伐跡地を示したものであり、伐根の配置からも、いかに密な林分を形成していたかがうかがわれるであろう。

Fig. 87 は Bb, PdII 土壌 (Bd 土壌には A₀ 層はほとんど堆積していない) における皆伐前と皆伐後 2 年目における A₀ 層の形態変化を示したもので、皆伐後 2 回夏季を経過することによつて、モル型 A₀ 層は厚さをいじむしく減少し、PdII 土壌では、まだモル型の形態を維持しているが、Bb 土壌では L, F, H の形態区分がはつきりしないほどに分解されている。この関係は Phot. 14~19 の皆伐前と皆伐後 2 年目の層断面を見てもわかるであろう。すなわち、Fig. 88 の Bb, PdII 土壌の H 層の腐植について見ると、皆伐後 1 回夏季を経過するだけでは、いくぶん腐植含量が減少している程度であるが、2 回夏季を経過することによつて、大きく腐植含量が減少している。また、NaOH 可溶腐植について見ると、皆伐後 1 回夏季を過ぎた時は、落葉の分解が進行し、NaOH 可溶腐植がかなり増加しているが 2 回夏を過ぎることによつて Bb 土壌では激減しているが、PdII 土壌では、なお落葉分解の促進過程にあることがうかがわれ、A₀ 層の形態変化ともよく一致しており、Bb 土壌と PdII 土壌における A₀ 層の分解過程の差異をあきらかに示

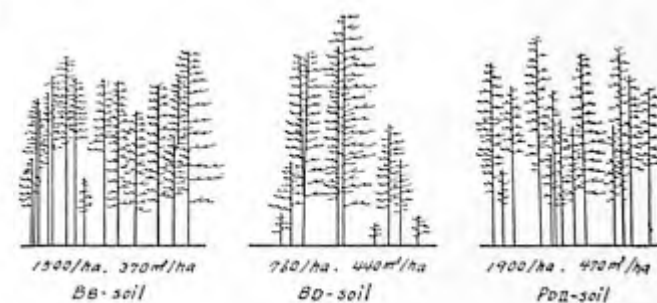


Fig. 86 各土壌におけるヒバ林の構成状態
Stands of "Hiba" before cutting in different soils.

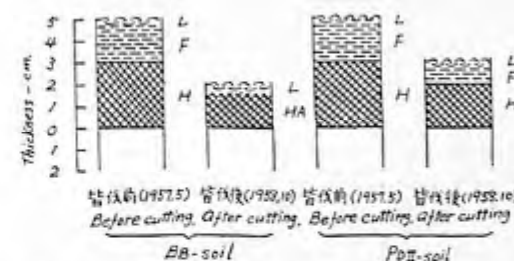


Fig. 87 ヒバ林皆伐による A₀ 層の形態変化
Morphological change of A₀-layer of Bb-, PdII-soils due to clear-cutting in the "Hiba" forest.

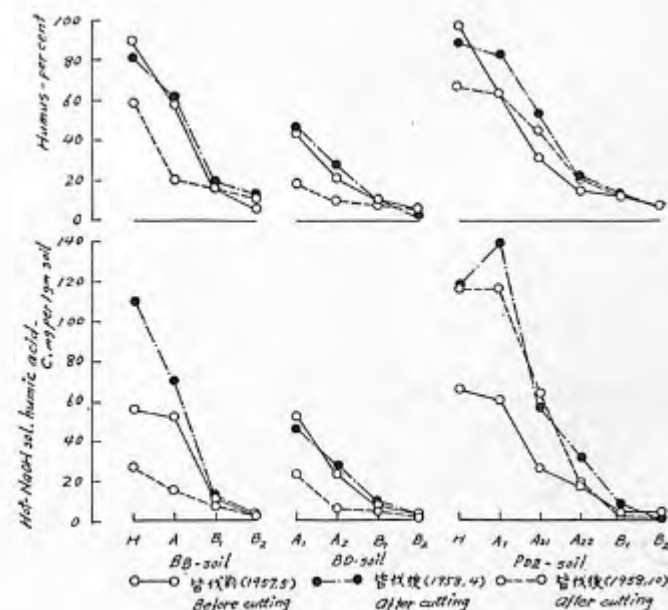


Fig. 88 ヒバ林皆伐による腐植の変化
Change of humus content due to clear-cutting of the "Hiba" forest.

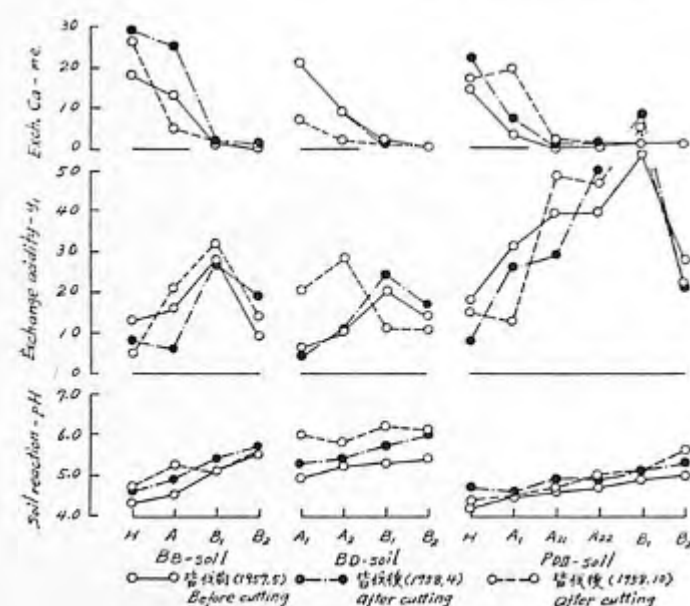


Fig. 89 ヒバ林皆伐による酸度および置換性石灰の変化
Changes of soil acidity and Ca content due to clear-cutting of the "Hiba" forest.

伐によって変化しているのは表層 10 cm 前後までの A 層であり、その下部は、2 年目現在ではほとんど変化していない。腐植含量は Bb, Bd 土壌では皆伐後落葉分解によって一時的に増加するが、2 年目では急減しており、アルカリ抽出腐植含量の変化も同様の傾向がある。しかしながら、PdII 土壌では、2 年目においてはいくぶん減少の傾向を示すが、まだ皆伐前より増加の状態を呈しており、またこの関係は Table

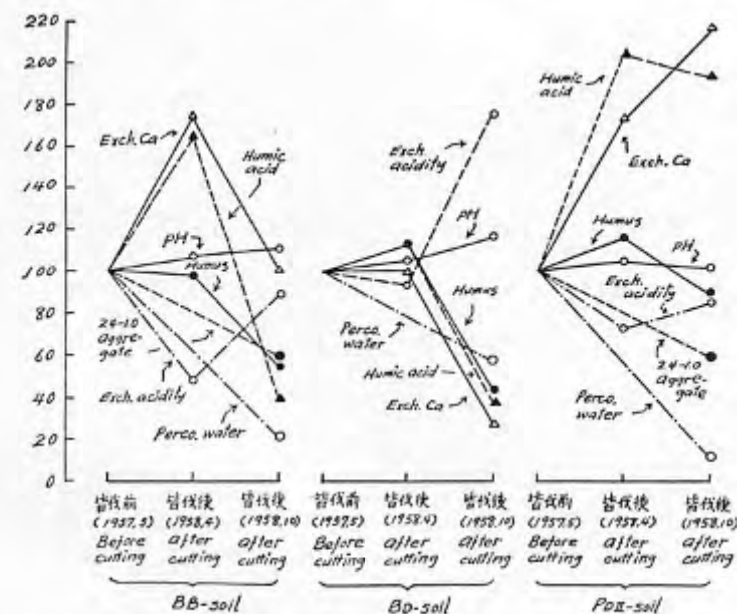


Fig. 90 ヒバ林皆伐による土壌諸性質の変化過程
(表層 10 cm 深度)

Process of changes in soil properties of surface layer due to clear-cutting of the "Hiba" forest.

している。皆伐前には厚く堆積していたモル型の A₀ 層も、皆伐 2 年目において、このように急激な変化を示していることは、ヒバ落葉の特殊性よりも、林冠閉鎖の破壊による地表気候の急激な変化によって強く支配されることを示しているものと思われる。ヒバ落葉の厚い堆積には、閉鎖した林分というものが大きい要素をなしているようである。

つぎに、皆伐による落葉の分解が、その下部の土層に、どのように影響しているかを検討してみよう。

ヒバ林皆伐による各土壌における腐植の変化は Fig. 88 に示されている。この図を見ると、各土壌とも皆

伐 29 の窒素含量の変化にもよくあらわれている。

各土壌の酸度および置換性石灰の変化は、Fig. 89 のとおりである。これを見ると、Bb 土壌では、一時的に土壌酸度が弱くなり、置換性石灰が増加するが、2 年目では置換性石灰が減少し、土壌はふたたび酸性化し、置換酸度は皆伐前よりも大きくなっている。Bd 土壌では、皆伐によって、ただちに置換性石灰が減少の過程をたどり、土壌は酸性化の傾向を示しており、その変化過程は Bb 土壌といくぶん異なっている。さらに、PdII 土壌では、皆伐 2 年

目においても、なお置換性石灰の増加傾向を示しているが、置換酸度から見ると、酸性化の過程に入りつつあることがうかがわれる。

このように、ヒバ林皆伐に原因する Bb, Ba, PdII 土壌の悪化の速度は Bb > Ba > PdII 土壌の順におそく、これには、落葉層の堆積状態が関係しているようである。すなわち、皆伐によつて、落葉層の分解が促進されるために、Ba, PdII 土壌のように、厚くモル型の落葉層を堆積している土壌では、一時的に土壌条件が好転し、その後悪化しているが、落葉層の堆積がない Bd 土壌では、皆伐直後から悪化の過程を

Table 29. ヒバ林皆伐による表層の炭素率の変化
Changes of C:N ratio of surface layer due to clear cutting of the "Hiba" forest.

土 壤 Soil	試料採取年月 Date of sample collec.	炭 素 % Carbon %	窒 素 % Nitrogen %	炭 素 率 C : N ratio
Bb (H, A)	1957, 5 1958, 10	42.20 22.87	1.47 0.83	36 29
Bd (A ₁ , A ₂)	1957, 5 1958, 10	18.74 8.27	0.80 0.37	23 23
PdII (H, A ₁ , A ₂)	1957, 5 1958, 10	37.67 33.57	1.16 1.22	36 34

Table 30. ヒバ林皆伐による土壌透水性の変化
Changes of water-permeability due to clear-cutting of the "Hiba" forest.

土 壤 Soil	層 位 Hori.	透過水量(30 分後)cc/min. Perco. water after 30 min.	
		皆伐前 (1957, 5) Before cutting	皆伐後 (1958, 10) After cutting
Bb	B ₁ B ₂	15.0 3.0	3.2 1.3
Bd	A ₂ B ₁	6.0 5.5	3.4 3.8
PdII	H A ₁ A ₂ B ₁	175.0 11.2 20.5 4.0	11.0 5.0 1.8

Table 31. ヒバ林皆伐による粒団組成の変化
Changes of aggregate constituent due to clear-cutting of the "Hiba" forest.

土 壤 Soil	処 理 別 Treatment	層 位 Hori.	粒径区分 Class of diameter-mm percent				
			>2.4	2.4~1.0	1.0~0.54	0.54~0.27	0.27~0.104
Bb	皆伐前(1957, 5) Before cutting	A B ₁	37 51	23 20	13 9	11 7	16 13
	皆伐後(1958, 10) After cutting	A B ₁	56 68	12 13	8 7	9 5	15 7
PdII	皆伐前(1957, 5) Before cutting	A ₁ A ₂ B ₁	54 86 80	23 7 10	11 3 5	7 2 2	5 2 3
	皆伐後(1958, 10) After cutting	A ₁ A ₂ B ₁	68 93 90	14 3 4	9 2 2	5 1 2	4 1 2

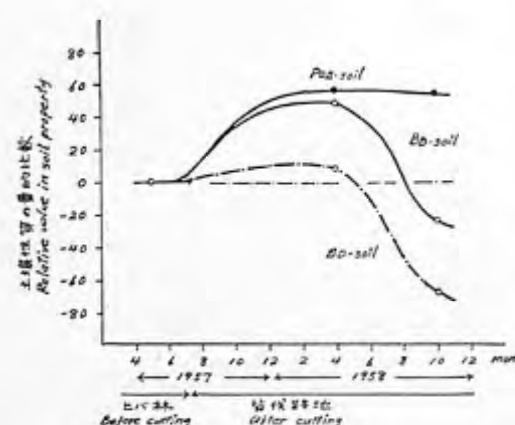


Fig. 91 Bb, Bd, Pod II 土壌の皆伐による変化過程

Process of changes of soil properties due to clear-cutting of the "Hiba" forest.

粒団とくに 2.4~1.0 mm の粒団が減少していることから、土壤理学的性の悪化が推察される。ヒバ林皆伐による、このような土壤諸性質の変化は Fig. 90 を見ればきわめて明りようであるし、さらに、Fig. 90 から、総合的な土壤性質の好転、悪化の過程を Fig. 91 のようにあらわすことができる。

天然林皆伐による土壤変化の研究は、これまでも 2, 3 見られ、四手井・堤ら⁸⁷⁾は高野山国有林における 5 種の林分についての研究から、皆伐後、有機物の分解が促進され、A₀ 層の厚さを減じ、皆伐の影響は、まず A₀ 層、第 1 層にあらわれることをあきらかにした。従来のこの種の研究は、類似環境における隣接地の種々の林分について研究した結果から、皆伐後の土壤の変化過程を類推するのが普通であつたが、この研究は、天然林の土壤をまず採取し、その後皆伐して、所定の時期に土壤を採取することにより、土壤の推移過程を究明するものであり、現在は、まだ皆伐後 2 年目の結果を把握したに過ぎないが、植生が土壤生成に作用する因子としての役割りは、以上の結果から十分理解されるものと思われる。

VIII 土壤分布と森林分布との関係

VIII-1. 各種土壤の分布状況

森林土壤の分類における大政の新分類方式は、水分環境に基づく、土壤層断面の形態的特徴に主眼をおく土壤生成的分類であるから、この方法によつて分類された土壤の分布は、地域的气候の特徴によつて支配されるだけでなく、起伏の形状や海拔高の高低によつても特徴があるはずである。つまり、土壤の分布は、地域的關係による大気候 (macro climate) および地形的關係による小気候 (micro climate) の両面の影響をうけているわけである。大気候として考えなければならないのは、冬季に多量の降雪をもたらす、シベリヤ気団に基づく偏西風と、春季に吹走する高温乾燥の揚子江気団に基づく偏西風と、夏季に卓越する寒冷多湿のオホーツク海気団に基づく北東風 (山背風、ヤマセ) であろう。これらの季節風や局地風にたいして、水陸の分布や地形の配列がどのような状態を呈しているかによつて、土壤の分布が大きく支配されていることが考えられる。

それで、津軽半島と下北半島に区分して、各種土壤の分布状態をしらべてみると、Table 32 のようになり、さらに、Table 32 から各土壤群別に図示すると Fig. 92 のようになる。この図を見ると、津軽半

たどることについては注目する価値がある。Bb 土壤と Pod II 土壤では、Ba 土壤の方が落葉の分解が早いために、Pod II 土壤よりも早く悪化の過程に入っている。つまり、このような関係から落葉層は環境条件の変化から土壤を保護する buffer の役割りを有していることが考えられるのである。

皆伐後における土壤性質のもつとも大きい変化は、落葉分解にともなう土壤腐植の消耗であると思われる。ヒバ林下のように、多量の腐植を堆積している土壤でも、2 年目においてはあきらかにこの現象が認められる。土壤腐植の分解、消耗は土壤の理学的性に影響することは当然考えられ、Table 30, 31 に見られるように、透水性は悪化し、2.4 mm 以下の

Table 32. 津軽、下北半島の土壤分布
Distribution of different soils in the Tsugaru and the Shimokita Peninsulas.

土 壤 Soil		津軽半島 Tsugaru P.		下北半島 Shimokita P.		全 地 域 Total area surveyed	
		分布面積 Dimension ha	分布割合 Proportion %	分布面積 Dimension ha	分布割合 Proportion %	分布面積 Dimension ha	分布割合 Proportion %
褐色森林土 Brown forest soil	BA	222	—	20	—	242	—
	Bb	17,751	18	20,546	19	38,297	19
	Bd(d)	4,091	4	2,900	3	6,991	3
	Bd	17,377	18	22,604	21	39,981	19
	Bd(w)	2,199	2	1,675	2	3,874	2
	BE-F	32,002	32	20,084	19	52,086	25
	計 Total	73,642	74	67,829	64	141,471	68
褐色森林土 重型-I Brown forest soil, Subtype-I	BA-I	48	—	—	—	48	—
	Bb-I	1,047	1	313	—	1,360	1
	Bd-I	1,659	2	3,988	4	5,647	2
	BE-I	36	—	—	—	36	—
	計 Total	2,790	3	4,301	4	7,091	3
同重型-II Subtype-II	Bc-II	7,225	7	955	—	8,180	4
	計 Total	7,225	7	955	—	8,180	4
ポドゾル土 Podzolized soil	Pod I	610	—	244	—	854	1
	Pod II	1,621	2	7,524	7	9,145	4
	Pod III	6,554	7	3,067	3	9,621	5
	Pg	12	—	84	—	96	—
	計 Total	8,797	9	10,919	10	19,716	10
グライ Gley soil	G	338	—	371	—	709	—
	計 Total	338	—	371	—	709	—
黒色土 Black soil	B/b	538	1	918	1	1,456	1
	B/c-p	497	—	13,511	13	14,008	7
	B/f	70	—	753	—	823	—
	計 Total	1,105	1	15,182	14	16,287	8
未熟土 Immature soil	Fa	2,545	3	1,028	1	3,573	2
	岩石地ほか	2,808	3	6,651	7	9,459	5
	計 Total	5,353	6	7,679	8	13,032	7
合 計 Total		99,250	100	107,236	100	206,486	100

島は下北半島に比較して褐色森林土の分布が広く、黒色土およびポドゾル土の分布が少ないことがわかり、また、褐色森林土では、津軽半島に Bc-II 土壤の分布が特徴的である。

さらに、津軽半島と下北半島における分布の特徴をあきらかにするために、津軽半島を Fig. 93 のように 3 地域に、下北半島を Fig. 94 のように 3 地域に区分し、それぞれの土壤分布について示してみた。Fig. 93 を見ると、脊梁西側では、Bc-II, Bd 土壤の分布が特徴的であるが、東側では Be-F およびポドゾル土の分布が広く、北部では BA, Bb 土壤が少なく、Bd 土壤やポドゾル土の分布が広い傾向がある。また、Fig. 94 を見ると、下北半島西側では BA, Bb 土壤の分布が広いが、内陸部では Bd 土壤の分布が特徴的であり、半島頭部では黒色土の分布がきわめて広い。ポドゾル土は、半島頭部を除いては、一般に広く分布している。

地域的な差異によつて、土壤の分布に特徴があることは、ここに述べた土壤の分布割合から明らかであるが、さらに、地域的な土壤分布の状態を代表的地区の土壤図によつて説明してみよう。

Fig. 95 は津軽半島中部以南の比較的開析された地形における土壤図であり、これを見ると、脊梁山系

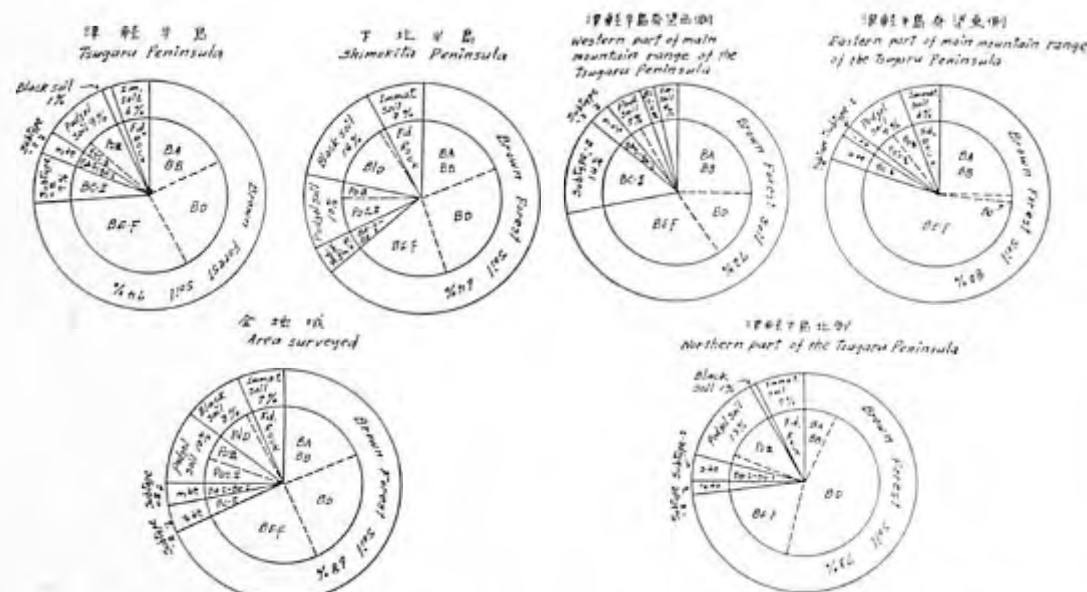


Fig. 92 津軽、下北半島の土壌分布
Proportion of distribution of different soils in the Tsugaru and the Shimokita Peninsulas.

Fig. 93 津軽半島の土壌の分布
Proportion of distribution of different soils in the Tsugaru Peninsula.

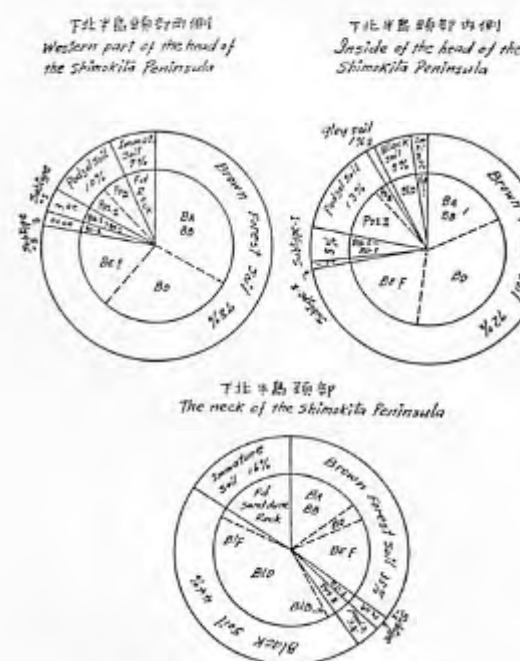


Fig. 94 下北半島の土壌の分布
Proportion of distribution of different soils in the Shimokita Peninsula.

いる。このような地形では、北向斜面に Pod I・II, 南向斜面に Bb 土壌が分布している特徴があり、さらに高度を増した峯部では、Bb 土壌から Bd 土壌に推移していることがわかる。

低位部では、東側にも、西側にも Be・F 土壌が分布しているが、海拔高の増加とともに、Pod I・II 土壌から Pod III 土壌に推移していることがわかる。Be・F 土壌が、脊梁東側にも、西側にも広く分布しているのは湿潤な北東風（山背風）の影響によるものであると考えている。山背風の吹走時は、ほとんど霧雨をとまない、しかも雲の高度がきわめて低いために、山肌を徹うようにして吹走し、脊梁がほとんど目立たないような場合には容易に越えるが、いくぶん高度を増すことにより、遮断されやすい性質がある。Fig. 95 の南半では、脊梁はほとんど平坦で、はっきりしていない。また、高度を増した北半では、西側に Bd 土壌が峯部に分布しているが、東側では Pod I・II 土壌が比較的広く分布している。

Fig. 96 は下北半島頭部の脊梁西側における土壌の分布を示したもので、沢の走向が、おおむね東西であるために、斜面は北向と南向にわかれて



Fig. 95 地形と土壌分布との関係 (津軽半島喜良市、内真部地区)
Relationship between topography and distribution of different soils in Kiraichi and Uchimappe districts on the Tsugaru Peninsula.

Fig. 97 は、下北半島頭部恐山地区の開析の進まない火山地形における土壌の分布を示したもので、火口湖の宇曾利湖から、外輪山を越え、陸奥湾にかけての土壌図である。これを見ると、宇曾利湖側の内斜面では、湖畔から、G, Pod I・II, Bd, Pod III 土壌の順に、高度を増すにつれて土壌が変化しており、外斜面でも上部には Pod III, Bd 土壌、下部には Bb 土壌が広く分布し、Pod I・II 土壌の分布は Bd 土壌と Bb 土壌の中間的位置を占めている。Pod I・II 土壌の分布が、このような位置を占めていることは、前 2 例の地区における分布やポドゾル土壌の生成に關与する水分環境から見て興味あることと思われる。

Fig. 98 は、下北半島頭部恐山地区の北方に位置している磐岳火山南東斜面における土壌図で、恐山地区と同様に、開析されない火山地形である。この地区の開析されない平調な斜面では、下方から高度を増すにつれて、Bd・I, Bd, Pod III 土壌の順にあきらかな分布を示し、Bb 土壌の分布は、地形の關係からきわめて少ない。Pod I・II 土壌は比較的狭い峯部に局部的にあらわれているだけである。赤褐色の下層を有する褐色森林土亜型-Iには、ヒバの純林がほとんど形成されていないのが普通であるが、この地区で

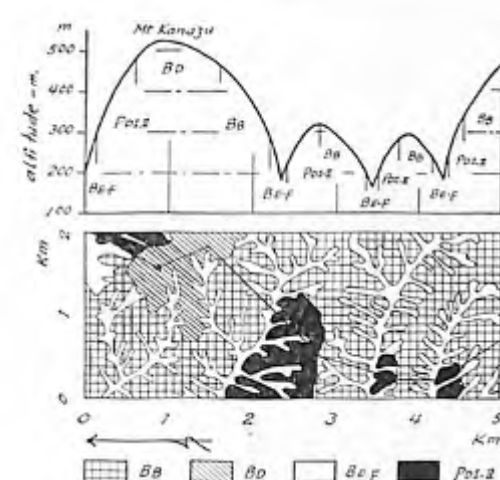


Fig. 96 地形と土壌分布との関係 (下北半島横浜地区)
Relationship between topography and distribution of different soils in Yokohama district on the Shimokita Peninsula.

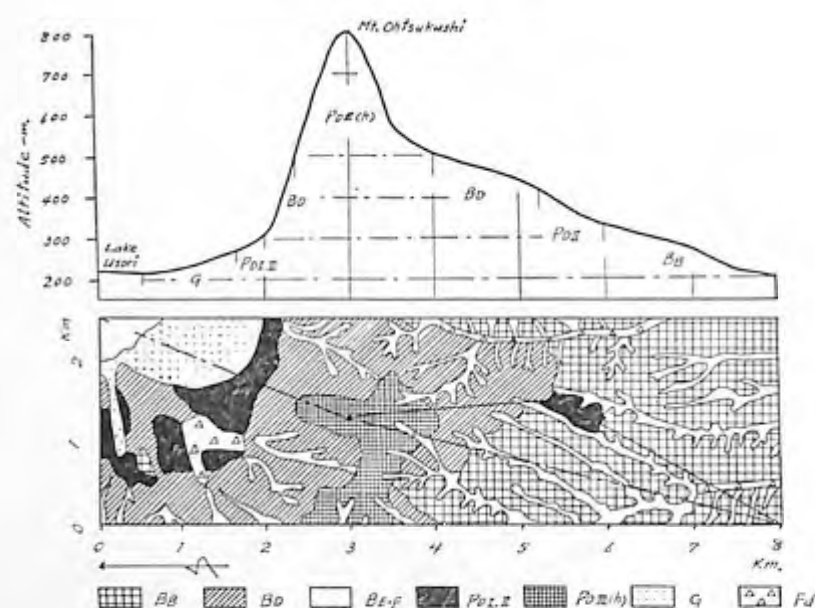


Fig. 97 地形と土壤分布との関係（下北半島田名部地区）

Relationship between topography and distribution of different soils in Tanabu district on the Shimokita Peninsula.

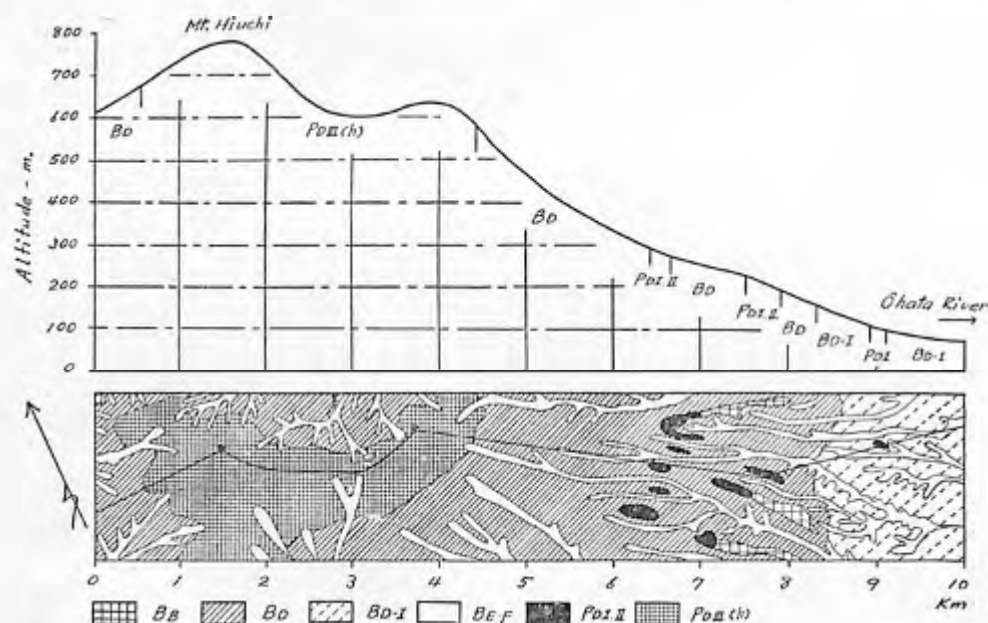


Fig. 98 地形と土壤分布との関係（下北半島大畑地区）

Relationship between topography and distribution of different soils in Ōhata district on the Shimokita Peninsula.

は、この土壤にもヒバの純林が局部的にあらわれ、そこにはポドゾル土壤 (Phot. 21) があらわれていたことは、ほかの地域に見られない特徴である。この土壤は珪礫比が低いので、一般にはポドゾル化しにくいものと考えている。

以上は、津軽、下北半島の代表的地区における土壤図の一部を示すことにより、地形的、位置的關係に

よる土壌分布の状態を示したのであるが、斜面地形では沢沿に $Be \cdot F$ 土壌、峯部に Bb 土壌が分布しているというように、起伏に基づく水分環境の相違によってあらわれる土壌が異なるし、また、峯部の比較的安定した地形の、低位部から高位部にかけてあらわれている土壌について見ると、海岸につづく丘陵台地には $Bd \cdot I$ 土壌、比較的開析された峯部では Ba 土壌、平潤な広い峯部では Bd 土壌、さらに、その上部は $PdIII$ 土壌というように、おおむね高度を増すことによって、あらわれる土壌が規定されている傾向が見うけられる。 $PdI \cdot II$ 土壌は Ba 土壌と Bd 土壌の中間的位置を占め、両土壌の推移地域や Bd 土壌分布地域内のいくぶん乾性な地形にあらわれている。

ヒバ林地帯の土壤分布に、このような傾向が認められることについては、すでに筆者は津軽半島南部のヒバ林土壤について指摘しておいた。生成的観点から分類された土壤の分布は、起伏による水分環境の相違によつて差異があるのは当然であるが、また、高度を増すにしたがつて気候が寒冷多湿となるし、とくに、夏季に冷湿な北東風の影響をつよくうけ、しかも皆伐されることが少なく、長くヒバを主とする天然生林におおわれてきたこの地域では、海拔高 400~500 m の高度差は、かなり大きい気候条件の変化をもたらすことを考えなければならない。海拔高を増すにしたがつて、植物や土壤が変化していることは、これまで報告され、山岳地帯では climatic zone と平行する soil zone の存在が認められている。THORP¹⁰⁵⁾ は北部 Wyoming (Rocky 山脈) において垂直的土壤帯(vertical soil zone)の存在を認め、また JOFFE²²⁾ は山岳土壤における垂直的成帯性(vertical zonation)を強調され、WILDE¹¹³⁾ は Russia における ZAKHAROV の結果から、山岳土壤における vertical zonality は、平原における horizontal zonality と同様の性質をもつものであるといわれている。

それで、この地域の土壌分布と海拔高との関係を見るために、地形計測を実施した代表的地区において、地形計測資料に基づいて、海拔高別に各土壌の分布割合をもとめてみた。その結果は Fig. 99のとおりである。ここには参考として、奥羽山系に属している八甲田山北麓の火山泥流および火山熔岩を母材とする地域の土壌分布をも図示した。

Fig. 95 を見ると、峯部にあらわれる土壌としては、津軽半島では下方から B_d-I, B_c-II, B_b, P_DI-II, B_d, P_DIII 土壌の順にあらわれ、この垂直的分布の傾向は下北半島においても、おおむね同様である。とくに、八甲田山北麓斜面においては、この傾向がきわめて明りようにあらわれていることから、これは、この地方における山岳土壌の垂直的分布の傾向と見なしても差つかえないものと思う。しかしながら、津軽半島と下北半島とでは、各土壌の分布している高度に差異があり、下北半島の方が、各土壌の分布高度が約 100

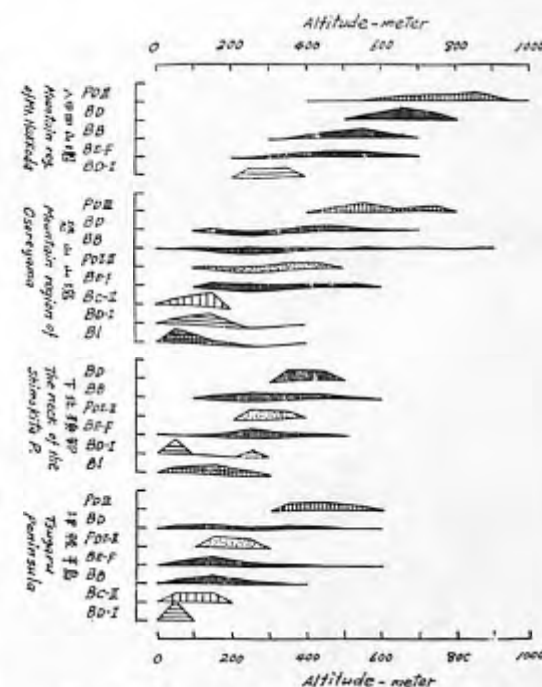


Fig. 99 各地域における土壌分布と海拔高との関係

Relationship between frequency of distribution of soils and altitude in the Tugaru, the Shimokita Peninsulas and Ohu Mountain Range.

m くらい高い傾向があり、さらに、八甲田山では、下北半島よりも 200~300 m 高くなっている。地形の性質は、下北半島と八甲田山とは大体似ており、津軽半島は、それらと異なっていることは前述のとおりである。各地域における土壌の垂直的分布を Fig. 99 から、さらに土壌ごとの平均海拔高をもとめて図示したのが、Fig. 100 であり、これによると、各土壌の垂直的関係や地域差による各種土壌の出現高度の相違があらわである。

土壌の生成には、母材が大きく関係していることは衆知のことであるから、津軽半島および下北半島における土壌分布と母材との関係を地形計測資料からもとめてみた。その結果は Fig. 101, 102, 103 に示されるとおりである。これらの図を見ると、海拔高の増加にしたがって、洪積層、浜田統、田代統および洪積期火山放出物の順に地質系統が配列されており、土壌の垂直的分布は前述のとおりであるが、土壌の分布が地質系統によつて支配されているとは考えられない。しかしながら、Bd-I 土壌のような赤褐色の下層をもつ褐色森林土亜型-I は、洪積期の段丘堆積物と密接な関係があり、また Bc-II 土壌のような黄

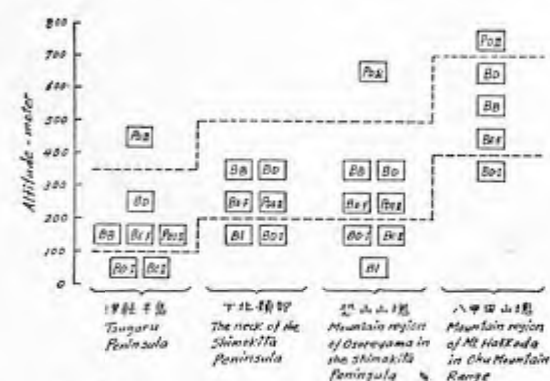


Fig. 100 各地域における土壌の出現と海拔高との関係

Relationship between the occurrence of soils and altitude in the Tsugaru, the Shimokita Peninsulas and Ohu Mountain Range.

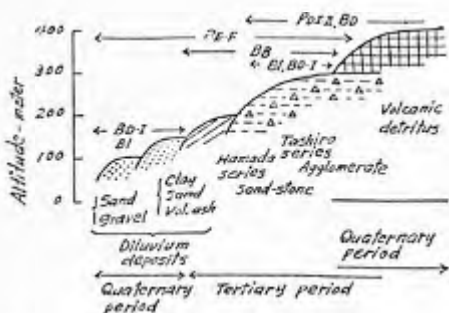


Fig. 102 下北半島頸部の地質と土壌分布との関係

Relationship between geology and soil distribution on the neck of the Shimokita Peninsula (based on data of dissection of topography).

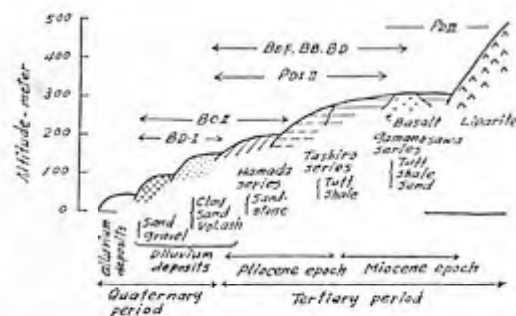


Fig. 101 津軽半島の地質と土壌分布との関係

Relationship between geology and soil distribution on the Tsugaru Peninsula (based on data of dissection of topography).

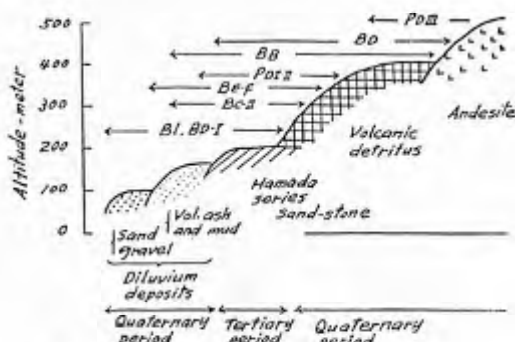


Fig. 103 下北半島奥山山塊の地質と土壌分布との関係

Relationship between geology and soil distribution of mountain region of Oosoreyama on the Shimokita Peninsula (based on data of dissection of topography).

褐色の下層をもつ褐色森林土亜型-II は、洪積層および新第三系鮮新世の浜田統と密接な関係があるものと考えている。つまり、褐色森林土の各型や Pod(h) 土壌の垂直的分布には、主として、気候条件が関係しているものと思われるが、褐色森林土亜型-I, II の出現には、多分に母材の要素が関係しているものとみている。

前述のように、津軽、下北および八甲田地域では、土壌の垂直的分布に、それぞれ高度差があつたが、洪積期堆積物の高度は、3 地区ともまったく同様である。したがって、褐色森林土亜型-I, II の分布といえども、母材の関係ばかりではなく、気候その他の環境因子を、土壌の生成要因として考えなければならないものと思う。

これまで、津軽および下北半島における各土壌の分布状況について述べたが、土壌の分布は同一高度範囲においても起伏によつて異なるし、また台地および峯地形でも相対的高度によつて異なっている。この地方の森林土壌にも垂直的分布が認められることは前述のとおりであり、海拔高の低い地域から、褐色森林土亜型-I, 同亜型-II, 褐色森林土, 弱ポドゾル土壌——Pod(h)——の順にあらわれているが、Pod(h) 土壌を除いては*, 各土壌群には起伏に応じて、それぞれ特徴的な土壌を包含している。したがって、両半島に出現している土壌を、MILNE⁵⁹⁾ の catena の概念によつて分類することは可能であり、また、概括的な土壌分布を示す上に便利であるように考えられる。それで、つぎに catena の概念によつて類別した各土壌群の出現状態や土壌性質の特徴について述べてみたい。

catena は MILNE によつて、mapping の unit として提唱された土壌の grouping であり、これは同一か類似の母岩に発達し、地形に基づく排水状態によつて土層断面の形態が変化している一連の土壌群を意味している。MILNE の catena は JENNY²⁰⁾ の toposequence に包含され、これはまた、MUCKENHIRN⁶³⁾ の soil-relief sequence をあらわすものと見て差しつかえないようであるが、米国の学者は、catena を類似の母材から発達した土壌の group を意味するものとして、MILNE の考え方を、さらに補正し、genetic grouping として取り扱っている¹¹⁶⁾。ROBINSON⁷⁷⁾ も、catena は mapping の目的で、もつとも広く受け入れられる土壌の grouping であるとし、Canada や Scotland に導入された association とは類似の概念であるといわれている。WINTER¹¹⁴⁾ によると、catena は、MILNE によつて踏査における作図単位 (cartographic unit) として使用されたが、米国では、むしろ土壌間の生成的関係をあらわすために用いられ、とくに湿潤地方の土壌調査に重宝がられているといわれる。

わが国でも、鴨下⁵⁹⁾ は津軽平野における土壌型の相互関係を地形と排水状態によつて示しているが、このあらわし方は一種の catena の概念に基づくものと思われるし、石塚・佐々木¹⁹⁾ は北海道石狩平野の土壌調査に catena の概念を適用して、高度、傾斜、排水などによつて、あらわれている土壌相互の生成関係をあらわかにしており、また田村・山田⁹⁹⁾ は北海道火山灰の調査結果を catena の概念によつて表現している。一方、森林土壌は太政⁷⁰⁾ によつて、地形に基づく水分環境 (排水状態) の差異により、乾性から湿性に分類されているが、この分類は catena の概念によつて整理することができるし、同氏は catena key の作成によつて各土壌が整然と配列され、土壌分布図の作成や解説に貴重な資料となることを強調している。

森林土壌のように、丘陵地帯から山岳地帯までの種々の地形を包含し、主として高度、起伏に基づく水分環境 (排水状態) の差異によつて、土壌の生成様式に特徴があらわれているような場合には、太政が指

* この地方の Pod(h) 土壌の分布地域では峡谷を呈し、沢部は岩石地の場合が多い。

m くらい高い傾向があり、さらに、八甲田山では、下北半島よりも 200~300 m 高くなっている。地形の性質は、下北半島と八甲田山とは大体似ており、津軽半島は、それらと異なっていることは前述のとおりである。各地域における土壌の垂直的分布を Fig. 99 から、さらに土壌ごとの平均海拔高をもとめて図示したのが、Fig. 100 であり、これによると、各土壌の垂直的関係や地域差による各種土壌の出現高度の相違がきらかである。

土壌の生成には、母材が大きく関係していることは衆知のことであるから、津軽半島および下北半島における土壌分布と母材との関係を地形計測資料からもとめてみた。その結果は Fig. 101, 102, 103 に示されるとおりである。これらの図を見ると、海拔高の増加にしたがって、洪積層、浜田統、田代統および洪積期火山放出物の順に地質系統が配列されており、土壌の垂直的分布は前述のとおりであるが、土壌の分布が地質系統によって支配されているとは考えられない。しかしながら、Bd-I 土壌のような赤褐色の下層をもつ褐色森林土亜型-I は、洪積期の段丘堆積物と密接な関係があり、また Bc-II 土壌のような黄

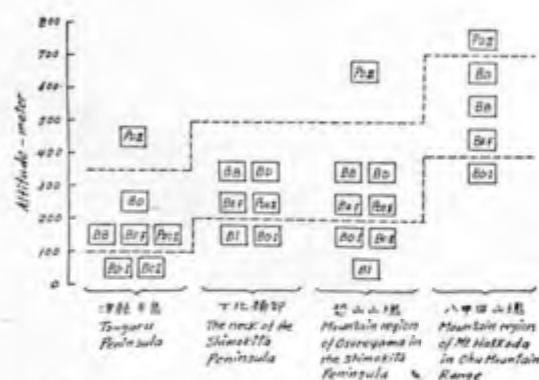


Fig. 100 各地域における土壌の出現と海拔高との関係

Relationship between the occurrence of soils and altitude in the Tsugaru, the Shimokita Peninsulas and Ohi Mountain Range.

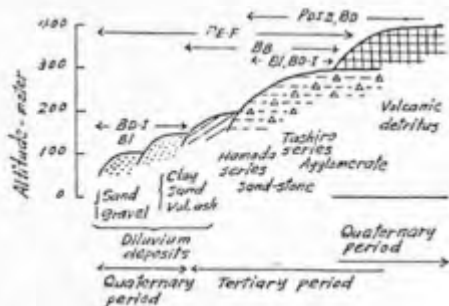


Fig. 102 下北半島頸部の地質と土壌分布との関係

Relationship between geology and soil distribution on the neck of the Shimokita Peninsula (based on data of dissection of topography).

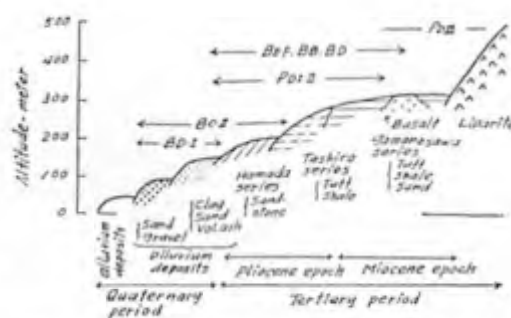


Fig. 101 津軽半島の地質と土壌分布との関係

Relationship between geology and soil distribution on the Tsugaru Peninsula (based on data of dissection of topography).

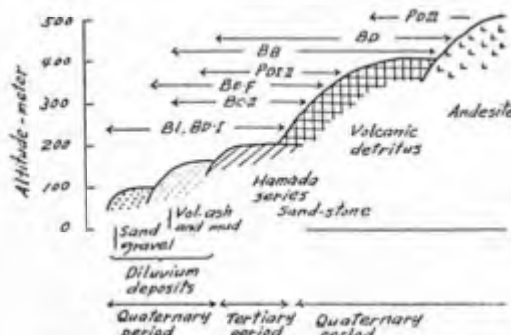


Fig. 103 下北半島奥山山塊の地質と土壌分布との関係

Relationship between geology and soil distribution of mountain region of Osoreyama on the Shimokita Peninsula (based on data of dissection of topography).

褐色下層をもつ褐色森林土亜型-II は、洪積層および新第三系鮮新世の浜田統と密接な関係があるものと考えている。つまり、褐色森林土の各型や PoIII(h) 土壌の垂直的分布には、主として、気候条件が関係しているものと思われ、褐色森林土亜型-I, II の出現には、多分に母材的要素が関係しているものとみている。

前述のように、津軽、下北および八甲田地域では、土壌の垂直的分布に、それぞれ高度差があつたが、洪積期堆積物の高度は、3 地区ともまったく同様である。したがって、褐色森林土亜型-I, II の分布といえども、母材的關係ばかりではなく、気候その他の環境因子を、土壌の生成要因として考えなければならないものと思う。

これまで、津軽および下北半島における各土壌の分布状況について述べたが、土壌の分布は同一高度範囲においても起伏によって異なるし、また台地および峯地形でも相対的高度によって異なっている。この地方の森林土壌にも垂直的分布が認められることは前述のとおりであり、海拔高の低い地域から、褐色森林土亜型-I, 同亜型-II, 褐色森林土, 弱ポドゾル土壌—PoIII(h)—の順にあらわれているが、PoIII(h) 土壌を除いては、各土壌群には起伏に応じて、それぞれ特徴的な土壌を包含している。したがって、両半島に出現している土壌を、MILNE²⁰⁾ の catena の概念によって分類することは可能であり、また、概括的な土壌分布を示す上に便利であるように考えられる。それで、つぎに catena の概念によって類別した各土壌群の出現状態や土壌性質の特徴について述べてみたい。

catena は MILNE によって、mapping の unit として提唱された土壌の grouping であり、これは同一か類似の母岩に発達し、地形に基づく排水状態によって土層断面の形態が変化している一連の土壌群を意味している。MILNE の catena は JENNY²⁰⁾ の toposequence に包含され、これはまた、MUCKENHIRN²¹⁾ の soil-relief sequence をあらわすものと見て差つかえないようであるが、米国の学者は、catena を類似の母材から発達した土壌の group を意味するものとして、MILNE の考え方を、さらに補正し、genetic grouping として取り扱っている¹⁴⁾。ROBINSON²²⁾ も、catena は mapping の目的で、もつとも広く受け入れられる土壌の grouping であるとし、Canada や Scotland に導入された association とは類似の概念であるといわれている。WINTER¹⁴⁾ によると、catena は、MILNE によって踏査における作図単位 (cartographic unit) として使用されたが、米国では、むしろ土壌間の生成的關係をきらかにするために用いられ、とくに湿润地方の土壌調査に重宝がられているといわれる。

わが国でも、鴨下²³⁾ は津軽平野における土壌型の相互関係を地形と排水状態によって示しているが、このあらわし方は一種の catena の概念に基づくものと思われるし、石塚・佐々木¹⁹⁾ は北海道石狩平野の土壌調査に catena の概念を適用して、高度、傾斜、排水などによって、あらわれている土壌相互の生成関係をきらかにしており、また田村・山田²⁴⁾ は北海道火山灰の調査結果を catena の概念によって表現している。一方、森林土壌は太政²⁵⁾ によって、地形に基づく水分環境 (排水状態) の差異により、乾性から湿性に分類されているが、この分類は catena の概念によって整理することができるし、同氏は catena key の作成によって各土壌が整然と配列され、土壌分布図の作成や解説に貴重な資料となることを強調している。

森林土壌のように、丘陵地帯から山岳地帯までの種々の地形を包含し、主として高度、起伏に基づく水分環境 (排水状態) の差異によって、土壌の生成様式に特徴があらわれているような場合には、太政が指

* この地方の PoIII(h) 土壌の分布地域では峡谷を呈し、沢部は岩石地の場合が多い。

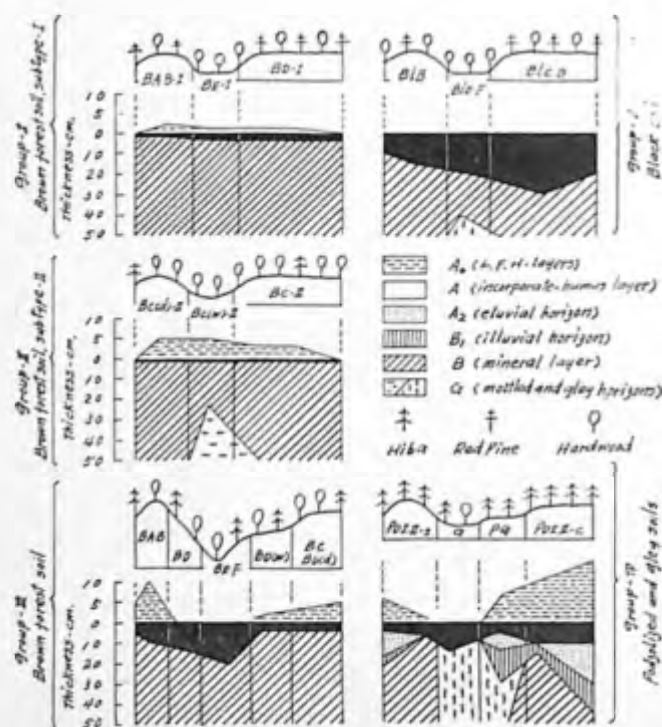


Fig. 104 catena の概念による soil group の分類と各 soil group 内の土壌分布

Classification into each soil group after the idea of catena and distribution of each soil in different soil groups.

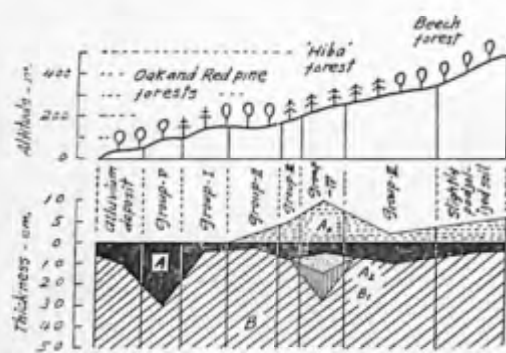


Fig. 105 津軽半島における各 soil group の垂直的位置

Vertical situation of each soil group in the Tsugaru Peninsula.

し、また形態的特徴からも podzolization の所産とは考えられない。母材そのものの酸性に基因しているものと思われる。塩基置換容量はヒバ林下のほかの soil group に比較して、むしろ小さい傾向があるが、その大きさは表層と下層はほとんど同じであるか、あるいは下層の方がむしろ大きくなっている。易溶性ゲルとしての Al_2O_3 含量は Fe_2O_3 に比較してきわめて多く、約 2 倍に達しているが、この傾向は podzol group と対照的である。究極 pH は 5 代を示し、ほかの group に比較して高い傾向がある。

2. Soil group-II. 低海拔高地域のミズナラを主とする広葉樹林下に多くあらわれるが、ヒバ林下の

摘しているように、catena の概念を適用することによって整理する方が、土壌の分布状態や土壌相互の生成的關係をあらわすのに便利である。津軽、下北地方のヒバ林土壌は、前述のように起伏による排水状態や高度によって、あらわれる土壌に特徴が認められたので、catena の概念を適用し、5 種の soil group に分類した。各 group 内においては、母材の性質はおおむね類似し、土壌の変化は地形の差異に応じてあらわれている。

分類した 5 種の soil group および各 soil group 内の土壌のあらわれ方は Fig. 104 に示されており、また、各 soil group の垂直的位置は Fig. 105 のとおりである。各 soil group 内では、起伏による排水状態の差異によって、乾性、適潤性、湿性土壌があらわれており、soil group 内の各土壌の性質は Table 33~41 に示されている。つぎに、5 種の soil group の特徴について列記する。

1. Soil group-I. 低海拔高地域のアカマツ林やクリ、コナラ林下に見られ、洪積世堆積物を母材とし、 A_0 , A 層はきわめてうすく、下層は赤褐色を呈し、一般に堆積状態は密である。表層における腐植の集積は一般に少なく、腐植化の程度は比較的低い傾向がある。表層よりも下層の方が強酸性を呈するのがこの group の大きい特徴であるが、これについては、無機コロイドの移積は認められない

Table 33. 各 soil group の海拔高、母材、植生
Altitude, parent material and vegetation of each soil group.

Soil group	海拔高 Altitude-m		母材 Parent material		植 生 Vegetation
	津軽半島 Tsugaru P.	下北半島 Shimokita P.	津軽半島 Tsugaru P.	下北半島 Shimokita P.	
I	50~100	50~200	洪 積 層 第三紀層 鮮新世上部	洪 積 層	アカマツ林 クリ、コナラ林
II	50~150	50~200		第三紀層	コナラ、ミズナラ林 ブナ林、ヒバ林
III	100~400	100~600	第三紀層	第三紀層	ヒバ林 ヒバ、ブナ、ミズナラ林
IV	150~250	200~400		火山放出物	ヒバ林
V	50~100	50~200	洪 積 層	洪 積 層	アカマツ林 クリ、コナラ林

Table 34. 各 soil group の層断面の形態
Morphology of profile of each soil group.

Soil group	土 壌 Soil	層 厚 Thickness cm		B 層 の 色 Color of B-hori.
		A_0	A	
I	BA, BB-1	1.5	2.5	Reddish brown
	BD-1	1.0	6.0	
	BE-1	2.0	3.0	
II	Bc(d)-II	—	—	Yellowish brown
	Bc-II	4.0	1.0	
	Bc(w)-II	5.0	1.0	
III	BA, BB	6.0	5.5	Brown or dark brown
	BD, (d)-(w)	—	—	
	BE, BF	1.0	19.0	
IV	Pd 1-II-s	5.3	10.7	Rusty or orange
	Pd 1-II-c	12.0	13.0	
	Pg, G	3.3	13.8	
V	B/B, B/C	0.5	29.0	Reddish brown or brown
	B/D	1.0	18.0	
	B/E, B/F	0	20.0	

Table 35. 各 soil group の物理的性質
Physical properties of each soil group.

Soil group	土 壤 Soil	容 積 重 Volume weight (B)	含 水 量 Moisture content (A)	飽 差 Deficiency to satu. (A)	最小空気量 Air capacity (A)	100 cc 中の 土 壤 実 積 Solid in 100cc (B)
I	BA, BB-1	94.5	20.9	2.3	55.0	36.1
	Bd-1	86.7	44.3	11.0	15.0	32.4
	BE-1	95.3	34.1	41.5	8.4	39.4
II	Bc(d)-II	92.7	24.5	16.0	38.5	36.4
	Bc-II	93.4	27.0	9.6	31.6	36.9
	Bc(w)-II	130.2	27.0	23.7	7.6	47.4
III	BA, BB	64.4	20.1	0.5	55.3	30.7
	Bd, (d)·(w)	61.1	55.2	13.0	11.2	24.1
	BE, BF	91.4	44.7	28.8	5.1	33.9
IV	Pd1·II-s	59.9	50.3	8.6	22.6	26.8
	Pd1·II-c	64.8	67.1	7.3	6.0	24.2
	Pg, G	101.2	64.1	7.5	-2.0	37.5
V	B/b, B/c	74.9	37.4	17.3	13.9	33.2
	B/d	83.1	43.4	19.0	17.6	32.8
	B/f	86.9	54.3	15.0	8.6	32.3

Table 36. 各 soil group の腐植の形態
Humus types of each soil group.

Soil group	土 壤 Soil	NaOH sol. humus		NaOH sol. humus		炭 素 Carbon (A) %	窒 素 Nitrogen (A) %	炭素率 C : N ratio (A)
		腐植酸 ⁺ (A) Humic a.	フルボ酸 ⁺ (A) Fulvic a.	PQ (A)	HQ (A)			
I	BA, BB-1	48.0	22.5	68	14	12.00	0.40	31
	Bd-1	24.0	22.5	52	25	5.98	0.37	16
	BE-1	—	—	—	—	11.64	0.77	15
II	Bc(d)-II	—	—	—	—	16.27	—	—
	Bc-II	37.5	22.5	65	16	4.69	0.33	14
	Bc(w)-II	51.0	45.0	53	21	10.24	0.72	14
III	BA, BB	143.2	50.3	74	44	19.65	0.79	25
	Bd, (d)·(w)	89.5	58.5	57	17	15.72	0.71	22
	BE, BF	45.5	31.5	59	42	10.60	1.24	8
IV	Pd1·II-s	118.0	48.3	67	34	15.13	0.80	20
	Pd1·II-c	66.5	33.5	68	29	16.03	0.54	33
	Pg, G	153.7	45.3	75	15	25.06	1.07	24
V	B/b, B/c	172.8	33.0	69	15	10.35	0.61	17
	B/d	—	—	—	—	—	—	—
	B/f	—	—	—	—	—	—	—

+: 抽出液 30 cc の N/10 KMnO₄ cc 数
N/10 KMnO₄ cc in 30 cc of extracted solution.

Table 37. 各 soil group の酸度
Soil acidities of each soil group.

Soil group	土 壤 Soil	pH (A)	置 換 酸 度 Exch. acidity (y ₁)	
			A	B
I	BA, BB-1	4.94	22.59	61.38
	Bd-1	5.34	12.50	15.00
	BE-1	6.30	1.03	4.13
II	Bc(d)-II	5.53	10.00	5.03
	Bc-II	4.54	22.99	16.78
	Bc(w)-II	5.09	5.63	10.00
III	BA, BB	3.87	40.87	19.38
	Bd, (d)·(w)	4.91	22.91	13.38
	BE, BF	6.36	1.07	2.34
IV	Pd1·II-s	4.53	35.67	27.21
	Pd1·II-c	4.51	48.75	52.81
	Pg, G	4.77	26.51	30.78
V	B/b, B/c	5.51	7.31	5.53
	B/d	5.40	8.27	16.25
	B/f	5.80	3.75	4.38

Table 38. 各 soil group の塩基飽和度と置換性塩基
Degree of base saturation and contents of exchangeable base of each soil group.

Soil group	土 壤 Soil	塩基置換容量+ Base exch. capacity		置換性+ 塩 基 Ex. base (A)	塩 基 飽和度 Deg. satu. (A)	置換性塩基 (A)+ Exchangeable base			
		A	B			Ca++	Mg++	K+	Na+
I	BA, Bb- I	48.00	46.86	12.82	26.70	—	—	—	—
	Bd- I	17.52	21.26	5.85	33.39	2.49	1.82	1.09	1.80
	Be- I	—	—	—	—	—	—	—	—
II	Bc(d)- II	27.69	24.94	8.65	31.24	—	—	—	—
	Bc- II	31.66	29.36	4.65	19.10	1.06	3.78	0.35	1.35
	Bc(w)- II	59.71	19.55	11.95	20.01	—	—	—	—
III	BA, Bb	42.54	19.17	2.65	6.21	0.94	1.04	0.51	1.52
	Bd, (d) + (w)	42.35	32.14	2.98	7.16	1.10	0.93	0.42	1.30
	Be, Bf	53.85	24.40	31.13	59.17	22.09	7.30	1.06	1.76
IV	Pd I + II - s	37.92	32.01	2.29	6.31	1.02	1.00	0.39	1.73
	Pd I + II - c	38.01	41.09	1.84	4.98	0.52	0.71	0.26	1.36
	Pg, G	44.94	28.22	8.18	17.33	3.46	2.56	0.47	1.50
V	B/b, B/c	36.07	28.32	8.04	19.58	6.49	2.79	0.54	1.55
	B/d	—	—	—	—	—	—	—	—
	B/f	—	—	—	—	—	—	—	—

+: m.e. per 100 g dried soil.

Table 39. 各 soil group の究極 pH
Ultimate pH of each soil group.

Soil group	土 壤 Soil	層 位 Hori.	原土の pH Original pH	究 極 pH Ultimate pH
I	Bd-I	A B	5.34 5.08	5.02 5.07
II	Bc-II	A B	4.22 5.26	4.10 4.68
III	Bd	A B	4.64 5.29	4.36 4.64
IV	Pd I・II-c	A B	4.42 4.05	3.63 3.85

Table 40. 各 soil group の熱塩酸可溶成分の分子比率
Molecular ratios of hot HCl soluble matter of each soil group.

Soil group	土 壤 Soil	SiO ₂ /Al ₂ O ₃		SiO ₂ /R ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃	
		A	B	A	B	A	B
I	BA, BB-I	6.46	5.53	3.64	3.20	0.74	0.59
	Bd-I	2.51	3.15	1.96	2.23	0.43	0.42
	BE-I	—	—	—	—	—	—
II	Bc(d)-II	7.86	4.84	3.66	3.15	1.15	0.54
	Bc-II	5.76	7.48	3.48	4.38	0.61	0.68
	Bc(w)-II	7.39	15.06	5.30	5.87	0.39	1.31
III	BA, BB	7.84	4.28	3.87	2.47	1.02	0.72
	Bd, (d)・(w)	3.36	2.66	2.22	1.92	0.51	0.52
	BE, BF	6.20	4.09	4.36	1.90	0.43	0.44
IV	Pd I・II-s	8.13	4.31	4.56	2.18	0.79	0.73
	Pd I・II-c	25.10	3.57	7.05	1.90	2.40	0.87
	Pg, G	7.32	4.05	3.94	3.06	0.83	0.33
V	BfB, BfC	3.61	3.65	1.87	2.07	0.93	0.77
	BfD	—	—	—	—	—	—
	BfE, BfF	—	—	—	—	—	—

Table 41. 各 soil group の酸性シニウ酸アンモン可溶成分
SiO₂, Al₂O₃ and Fe₂O₃ of acid ammonium-oxalate soluble matter of each soil group.

Soil group	土 壤 Soil	層 位 Hori.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %
I	Bd-I	A	0.33	1.37	0.69
		B	0.32	1.19	0.63
II	Bc-II	A	0.17	0.46	0.64
		B	0.31	1.05	0.66
III	Bd	A	0.26	1.98	1.38
		B	1.38	2.92	1.57
IV	Pd I・II-c	A	0.12	0.55	0.71
		B	0.41	1.76	2.62

場合もある。新第三紀層の地質的に新しい母材に生成し、A₀, A 層はきわめてうすい。垂直的位置は soil group-I よりいくぶん高く、下層の色調が黄褐色や灰黄色の淡色であるほかは、堆積状態も密であり、soil group-I とかなりよく似ている。表層における腐植の集積、腐植化の程度は、大体 soil group-I と同じであるが、酸性は表層の方がむしろ強い傾向があり、置換容量の大きさにも同様の傾向が認められる。無機コロイドの移積はあまり判然としないが、乾性の Bc(d)-II 土壌では、わずかに Al₂O₃ の移動が認められる。

3. Soil group-III. 山岳地形にもつとも広く分布し、新第三系の各層および火山放出物を母材とし、ヒバ林やヒバと各種広葉樹の混交林があらわれている。起伏に応じて A₀, A 層の発達状態に差異があり、また腐植の集積や腐植化の程度にも、それぞれ差異があらわれている。土壌酸度、無機コロイドの移積、塩基の状態も起伏による排水状態にもとづいて整然とあらわれており、catena の概念がもつともよく適用される group である。しかしながら、この group の適潤性ないし乾性土壌では、無機コロイドの移動があらわれているが、これは、表層に集積するヒバ林に由来した酸性腐植の影響によるものである。したがって、表層は下層に比較して酸性も強く、置換容量もはなはだ大きくなっている。

4. Soil group-IV. この group は soil group-III のあらわれている範囲に包含されるが、凹部の過湿土壌を除いては、ヒバの密な純林でおおわれているのが植生的特徴である。A₀ 層を厚く堆積し、表層には多量の腐植を集積している。有機物の分解程度や表層の腐植化の程度は一般に低く、腐植化は排水不良な土壌ほど進行していない。ヒバ林に由来する多量の酸性腐植の影響をうけ、台地部ではあきらかに Fe₂O₃, Al₂O₃ の移積が認められるポドゾル土壌があらわれており、また過湿の低凹部ではあざやかなグライ層をとともうグライ土壌が生成され、両者の推移部にはグライポドゾルがあらわれていることがある。WINTER⁽¹⁴⁾ の述べた genetic grouping としては、Biosequence と Toposequence の両者と関係しており、とくにヒバ林の影響を強くうけている。究極 pH は 3 代で、soil group のうちでは最低であり、易溶性ゲルの Al₂O₃, Fe₂O₃ に比較してきわめて少ないのも、この group の特徴をよくあらわしており、塩基置換容量や置換酸度が A 層より B 層に大きくあらわれているのも podzolization の所産であると考えている。これらの関係において、soil group-I とはまったく対照的である。

5. Soil group-V. これは soil group-I の出現する範囲にあらわれ、やはり主として洪積層を母材としている。soil group-I と異なり、暗黒色の土層がきわめて厚いのが特徴的である。A₀ 層をほとんど堆積していない。有機物の分解、腐植化の程度はそれほど高くないが、一部に安定した腐植の生成が見られる。無機コロイドの移動は認められず、そのほかの土壌性質から見て、かなり soil group-I と似た傾向を有していることがわかる。この group では起伏のほか、人為的影響による草原の形成について考慮する必要がある。

以上は、5 種の soil group のおもな特徴について述べたが、各 group の垂直的位置は Fig. 105 のようになる。WILDE⁽¹⁵⁾ は地形的特徴、排水状態、母材、森林被などによる microzonality に基づく土壌の分類が造林上必要であると強調されているが、Fig. 105 の垂直的配置は、WILDE の microzonality の性格を有するものと考えている。それで、Miami catena の分類方法⁽¹⁶⁾ に準じて、各 soil group 内の土壌を起伏、排水状態によって配列し、土壌検索表 (soil key) を作成すると、Table 42 のようになり、各土壌が生成的に grouping され、さらに、soil group 内の土壌相互の関係がきわめてわかりやすくなっている。この表の最後の欄の土壌型を堆積様式、土性、深度などによつて小わけすれば、さらに応用価値

Table 42. ヒバ林地帯の土壌検索表

Soil key of the "Hiba" forest region on the Tsugaru and the Shimokita Peninsulas.

Soil group	Parent material	Relief	Natural drainage	Soil type
I Brown forest soil subtype-I	Diluvium deposit Clay Sand Vol. ash	Knob	Well drained	BA-1 Ba-1
		Level flat	Well drained	Bd-1
		Shallow depression	Moderately well drained	Be-1
II Brown forest soil subtype-II	Tertiary period Pliocene epoch Sand stone Tuff	Knob	Excessively to well drained	Bc(d)-II
		Level flat, Gently sloping	Well drained	Bc-II
		Shallow depression	Poorly drained	Bc(w)-II
III Brown forest soil	Tertiary period Sand stone Shale Tuff Vol. detritus	Ridge	Excessively drained	BA Ba
		Level flat, Gently sloping	Well drained	Bc Bd(d)
		Gently sloping	Moderately well drained	Bd
		Level flat, Shallow depre.	Poorly drained	Bd(w)
		Gently sloping, Lower part	Moderately well drained	Be Bf
IV Podzolized and gley soils	Tertiary period Sand stone Shale Tuff Vol. detritus	Ridge	Well drained	Pd I-S Pd II-S
		Level flat, Gently sloping	Moderately to poorly drained	Pd I-C Pd II-C
		Shallow depression	Poorly drained	Pg
		Deeper depression	Very poorly drained	G
V Black soil	Diluvium deposit Clay Sand Vol. ash	Knob	Well drained	B/b
		Level flat	Well drained	B/c B/d
		Shallow depression	Poorly drained	B/e B/f

の高い soil key が作成される。

catena の概念に基づいて、ヒバ林地帯の土壌を soil group に総括したが、津軽、下北半島における各 soil group およびそのほかの土壌の分布を図示したのが Fig. 106, 107 である。catena は MILNE によつて、もともと踏査における作図単位として使用されたものであり、米国においても catena に土壌を grouping する研究は、主として野外調査員によつて実施されてきたが、catena に包含される各土壌の相



Fig. 106 津軽半島国有林土壌図

Soil map of national forest on the Tsugaru Peninsula.

互関係があきらかになれば、catena を単位とした作図は一地域の土壌分布を示す上に簡便な方法であるし、土壌検索表と対比すれば、各 group 内の土壌相互の生成的關係も理解される。

VII-2. 土壌分布と森林分布

土壌は母材に気候因子が直接的、間接的に作用することによつて生成されるものと考えられるから、土壌生成に立脚して分類された土壌は、母材および気候条件と関連して出現していることについては前項に



Fig. 107 下北半島国有林土壌図
Soil map of national forest on the Shimokita Peninsula.

詳述したとおりである。また一方、森林の種類、生育、分布も、主として気候因子の直接的、間接的影響を受けているために、土壌と森林の種類および生育、土壌分布と森林分布間には密接な関係が存在しているものと思われる。土壌と植生との関係については既述のとおりであるから、ここでは調査地域全般についての、土壌分布と森林の生育および分布について述べてみたい。土壌と森林との関係については、これまでも内外の植物生態、造林ならびに土壌学者によって述べられているが、とくに WILDE¹¹²⁾ は soil-forest



Fig. 108 調査地域における地理的関係と天然生ヒバの生育
Relationship between geographical situation and the growth of "Hiba" natural forest.

type の概念について強調し、soil-forest type 相互の推移関係をあきらかにして、造林実行上、また植物生態学上大いに貢献している。

津軽、下北半島における catena の概念に基づく soil group の分布状態は Fig. 106, 107 のとおりであり、また両半島における森林、とくにヒバ林の生育および分布を示したのが Fig. 108 である。Fig. 108 を見ると、優良ヒバ林は津軽半島の南半と北端および下北半島の頸部東側に分布し、主としてポドゾル土壌 (soil group-IV) からなり、また天然更新の良好なヒバ林は津軽半島西側、下北半島頸部西側および頸部の東側、西側に分布しており、津軽半島では soil group-III の乾性褐色森林土、soil group-II の一部、soil group-IV、下北半島では soil group-III の乾性褐色森林土および soil group-IV に主としてあらわれている。津軽半島中央東側に、更新、生育の不良なヒバ林が分布しているが、ここには、Fig. 95 に見られるように、湿性褐色森林土が分布しており、また下北半島頸部西側には風衝の影響を受けた形質不良なヒバ林が分布している。そのほかの地域は soil group-III の適潤性褐色森林土や PoIII(h) 土壌を主とし、ヒバ、広葉樹林 (とくにブナ林) からなる。天然生のヒバ林は黒色土 (soil group-V) には分布していないし、また soil group-I, II にもほとんど分布していないことは、植物地理的に見て興味がある。このように、母材、地形、気候などによつて、土壌の地理的分布に特徴があらわれており、また森林、とく

にヒバ林の生育、分布状態も、それに応じて特徴づけられているが、このような関係は森林を取り扱う上に大切な問題である。

Ⅶ-3. 土壌と森林生育

植物の生活は土壌を基盤として営まれているから土壌条件によつて植物の生育に差異があるであろうし、しかも、水分環境に基礎をおいて分類した土壌とは密接な関係にあることが考えられる。しかしながら、森林の生育と土壌との関係を考える場合に留意しなければならないことは、人工林の場合と天然生林の場合とでは、それぞれ条件がちがうことである。それは、人工林の場合には、土壌条件が良好なところほど成長が旺盛であるが、天然生林の場合には、成長の良否は、かならずしも土壌の沃瘠と平衡してはいようであるからである。苗畑で肥培管理された苗木を、条件のちがう環境にうつして森林を造成する場合と、自然条件下で稚樹が自生し、環境に順応しながら森林を造成する場合とでは、環境にたいする関係が根本的に異なっていることについて考えなければならない。ここでは、津軽、下北半島の天然生林の主体をなしているヒバ林および主要造林樹種の成長と土壌との関係について述べてみたい。

a. 天然生ヒバ林の生育と土壌

津軽、下北半島全域にわたつて、各土壌から調査方法に述べた方法によつて中央木を選定し、その樹幹析解を実施した。樹幹析解によつて齢階別の成長を算定したが、ここでは樹高成長と土壌との関係について述べる。それは、肥大成長は林分密度に大きく支配されるが、樹高成長はその地力に負うところが大きいものと考えられるからである²⁰⁾²³⁾。各土壌における 5～10本の中央木の樹高成長の平均値を示したのが Fig. 109 である。この図を見ると、天然生ヒバの樹高成長は土壌によつても異なるし、また年齢によつても成長状態が異なるようである。つまり、幼時に旺盛な成長をしても、年齢を増すとともに、しだいに成長が減退するものや、幼時に成長はおそいが、しだいに旺盛な成長をするものなどが見うけられる。それで、50, 100, 150, 200 年における土壌別のヒバの樹高成長をもとめると Fig. 110 のようになる。この図を見ると、Ba-I, Bc-II, BA, PdI-s 土壌におけるヒバは、50 年では中以上の成長を示しているが、100 年以降では中以下におちており、それにたいして、Be-F, Bd, Bd(w), PdII-c 土壌のヒバは年齢を増すとともに成長が旺盛になる傾向を示している。筆者は津軽半島南部の天然生ヒバの樹高成長経路に、やはり成長が前半において旺盛なものと後半において旺盛なものがあり、前者には乾性土壌やポドゾル土壌、後者には湿性土壌のヒバが属していることを報告したが、この傾向は津軽、下北全域のヒバの成長経路においても大体認められるようである。すなわち、津軽、下北全域のヒバを対象としても、乾性土壌、とくに低海拔高地域の土壌や偏乾性砂質のポドゾル土壌のヒバは、初期において旺盛な成長をするが、比較的早く成長が衰える傾向があり、それにたいして、適潤性ないし湿性土壌や偏湿性塩質土壌のヒバは、年齢とともに成長が旺盛になる傾向がある。

また、150 ないし 200 年のヒバの成長を見ると、Be-F, PdI-c, Bd 土壌では、Ba, PdI-s, BA 土壌のものよりも上位の成長を示している。すなわち、天然生ヒバは偏湿性塩質土壌では、偏乾性砂質土壌のものよりも良好な成長を示しているといえることができるし、またこの傾向は津軽半島南部のヒバ林についても認められた。

以上は、天然生ヒバの単木の成長であるが、つぎに各土壌における毎木調査資料から、ヒバ林分の構造ならびに成長状態について説明しよう。Table 43 は、種々の土壌におけるヒバ林分の毎木調査資料であるが、調査の対象となった林分は、なるべく人為的影響（伐採など）の少ないものを選定するようにとく

に吟味した。この表から、ヒバと広葉樹の混交状態を材積割合で示したのが Fig. 111 であるが、この図を見ると、各土壌とも人為的影響の少ないヒバ林が選定されたために、広葉樹の混交は一般に少ないが、それでも適潤性ないし湿性土壌では、乾性土壌やポドゾル土壌の場合に比較して広葉樹の混交が多くなっている (Phot. 20)。ただし、Ba-I 土壌では、海拔高も低くあらわれ、ヒバ林分布の下部限界付近に位置しているために、ヒバが侵入し、純林を形成するには困難な状況下であり、多くの場合、コナラ、ミズナラなどの広葉樹を混交している (Phot. 21)。

また、Table 43 から、各土壌におけるヒバ林の径級別本数および材積について図示したのが Fig. 112 である。この図を見ると、幼壮齢林では小径級のものが大部分で、材積は少ないが、壮老齢林においても、乾性土壌やポドゾル土壌では適潤性ないし湿性土壌のものよりも本数が多い傾向がある。ただし、林分蓄積は林齢の増加とともに多くなる傾向があるので、

Table 43 から、林齢対材積および本数について、Fig. 113 のように図示した。この図を見ると、林分蓄積は土壌によつても多少の相違はあるが、むしろ林齢増加とともに一定の増加をたどっていることがよくわかる。つまり、林分として保有できる材積は、土壌によつて本数に差異があり、単木材積はそれぞれちがうが、おおむね林齢に応じて、大体の範囲があるように思われる。

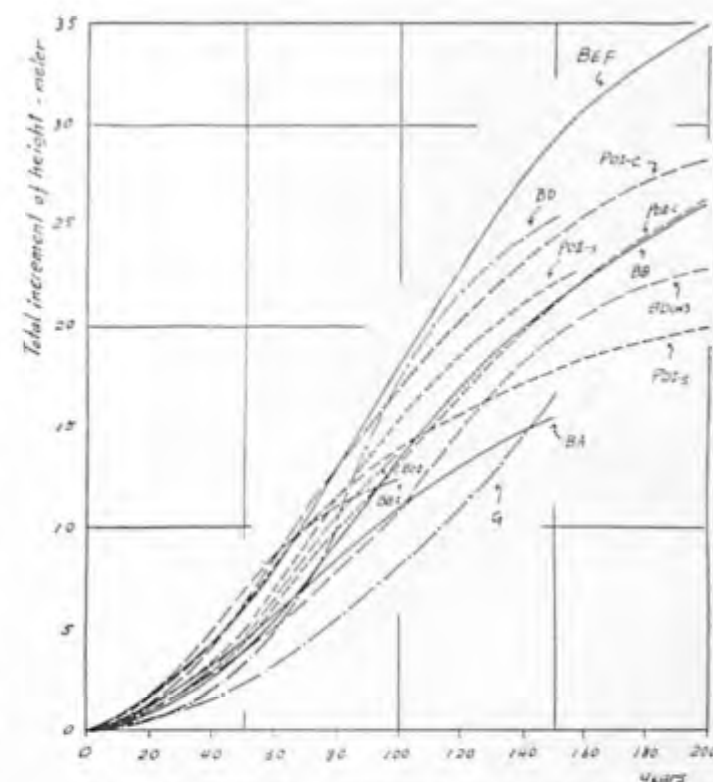


Fig. 109 天然生ヒバの樹高総成長 (中央木の資料)
Total increments of height of natural "Hiba" in different soils (based on data of mean trees in sample plot).

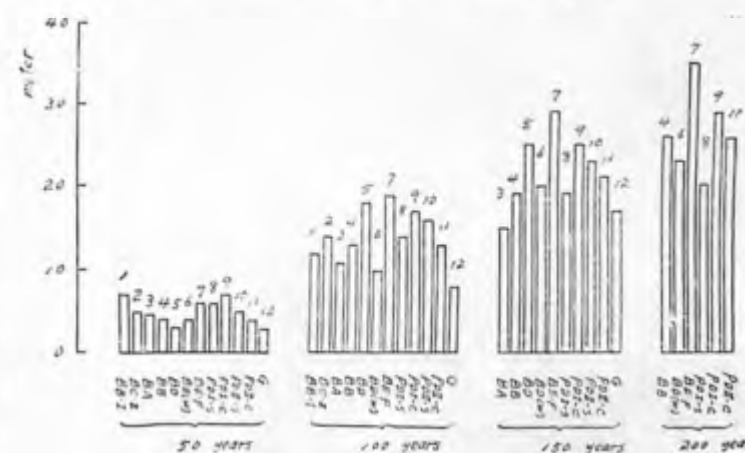


Fig. 110 各土壌における天然生ヒバの 50, 100, 150, 200 年の樹高総成長
Total increments of natural "Hiba" 50, 100, 150 and 200 years old in different soils.

Table 43. 種々の土壌におけるヒバ林分の毎木調査資料
Data from sample plots of the "Hiba" natural forest in different soils.

場所 Location	土壌 Soil	面積 Area ha	樹種 Kind	6~20 cm in breast-h. dia.		22~50 cm in breast-h. dia.		>52 cm in breast-h. dia.		計 Total		ha 当たり per ha		中央木 の樹齢 Age of mean tree
				本数 Stem No.	材積 Volume	本数 Stem No.	材積 Volume	本数 Stem No.	材積 Volume	本数 Stem No.	材積 Volume	本数 Stem No.	材積 Volume	
中 里	Bb-I	0.0569	N	91 (88)	5.74 (61)	12 (12)	3.74 (39)	—	—	103 (100)	9.48 (100)	1,810	167	76
			L	52 (90)	4.94 (68)	6 (10)	2.28 (32)	—	—	58 (100)	7.22 (100)	1,019	127	—
中 里	Bc-II	0.0476	N	78 (83)	10.63 (66)	16 (17)	5.36 (34)	—	—	94 (100)	15.99 (100)	1,975	336	90
			L	2 (100)	0.04 (100)	—	—	—	—	2 (100)	0.04 (100)	43	1	—
内真部 (1)	Bb	0.1029	N	151 (77)	10.75 (25)	43 (22)	29.10 (68)	1 (1)	3.09 (7)	195 (100)	42.94 (100)	1,895	417	92
			L	1 (100)	0.01 (100)	—	—	—	—	1 (100)	0.01 (100)	9	—	—
内真部 (2)	Bb	0.1089	N	35 (37)	2.04 (2)	48 (51)	94.00 (94)	12 (12)	3.65 (4)	95 (100)	99.69 (100)	872	915	196
			L	7 (88)	0.20 (30)	1 (12)	0.46 (70)	—	—	8 (100)	0.66 (100)	73	6	—
田名部	Bd	0.1581	N	28 (37)	2.58 (5)	45 (59)	44.23 (78)	3 (4)	9.81 (17)	76 (100)	56.62 (100)	480	358	146
			L	11 (46)	0.69 (3)	8 (33)	7.66 (28)	5 (21)	18.64 (69)	24 (100)	26.99 (100)	151	171	—
喜良市	Bd(w)	0.1543	N	1 (3)	0.29 (0)	16 (47)	19.31 (20)	17 (50)	76.01 (80)	34 (100)	95.60 (100)	221	620	256
			L	12 (75)	0.20 (2)	2 (13)	1.94 (18)	2 (12)	8.69 (80)	16 (100)	10.83 (100)	104	70	—
内真部	Be-F	0.1894	N	2 (4)	0.45 (0)	23 (43)	35.09 (19)	29 (53)	150.19 (81)	54 (100)	185.73 (100)	285	981	186
			L	1 (20)	0.30 (1)	—	—	4 (80)	25.85 (99)	5 (100)	26.15 (100)	26	138	—
喜良市	Pd I-s	0.0805	N	92 (70)	3.88 (11)	37 (28)	24.21 (68)	3 (2)	7.45 (21)	132 (100)	35.54 (100)	1,639	442	85
			L	16 (89)	0.53 (35)	2 (11)	0.97 (65)	—	—	18 (100)	1.50 (100)	227	19	—
喜良市	Pd I-c	0.0532	N	—	—	14 (58)	23.46 (42)	10 (42)	32.00 (58)	24 (100)	55.46 (100)	452	1,042	220
			L	5 (100)	0.16 (100)	—	—	—	—	5 (100)	0.16 (100)	94	3	—
田名部	Pd I-c	0.2114	N	34 (19)	4.90 (4)	136 (77)	117.94 (85)	6 (4)	16.63 (11)	176 (100)	139.47 (100)	832	660	161
			L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
田名部	Pd II-s	0.1255	N	34 (35)	3.52 (2)	50 (51)	52.27 (49)	14 (14)	52.75 (49)	98 (100)	107.53 (100)	780	857	158
			L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
田名部	Pd II-c	0.1878	N	9 (11)	1.42 (1)	48 (59)	47.72 (36)	24 (30)	82.18 (63)	81 (100)	131.32 (100)	431	699	174
			L	—	—	1 (100)	0.48 (100)	—	—	—	0.48 (100)	5	3	—
田名部	G	0.0606	N	43 (61)	2.74 (12)	27 (39)	20.53 (88)	—	—	70 (100)	23.28 (100)	1,155	384	158
			L	7 (35)	0.82 (7)	12 (60)	8.77 (75)	1 (5)	2.04 (18)	20 (100)	11.63 (100)	331	192	—

() 径級別割合 Proportion

このように、天然生ヒバは、単木的には偏湿性塩質土壌の方が偏乾性砂質土壌の場合よりも、あきらかに良好な成長をしているが、林分の材積は、土壌によつてそれほどはっきりした差異はない。しかしながら、偏乾性砂質土壌のヒバ林には、天然生稚樹の発生が旺盛であるから、単位面積あたりの本数が多く、

成長過程の初期において旺盛な成長を示しているが、偏湿性塩質土壌のヒバ林は比較的本数が少なく、成長過程の初期よりも、むしろ後期において良好な成長を示している。したがって、林分を構成しているヒバの形質や形態にはそれぞれ差異があり、乾性ないしポドゾル土壌では枝下が高く、完満通直であるが、適潤性ないし湿性土壌、とくにグレイ土壌では枝下が低く、畸型本を混じり、梢殺のものが多く傾向がある(180)。このように、環境(とくに土壌)の差異によつて、ヒバ林の成立、成長過程が異なり、ヒバの形態や形質に差異をもたらす傾向があることは、ヒバ林の経営上注意しなければならないものと思われる。

上述のように、土壌の差異によつて、ヒバ林分蓄積にははっきりした差異は認められなかったが、ヒバ単木の成長にはあきらかに特徴が認められた。それは、天然生ヒバの成長もやはり、土壌条件に支配されていることを示している。したがって、ある土壌における天然生ヒバの成長が、ヒバ林地帯としてはどの程度の位置を占めているか、つまり、天然生ヒバの成長にたいする各土壌の地力がわかれば、ヒバ林を施業するに好都合であろう。それで、津軽、下北地方のヒバ林地帯から、広く集めたヒバ中央木の樹幹析解資料を使用して、簡単な地位区分図を作成してみた。この際、胸高直径や材積は林分自体の密度に支配される性質があるが、樹高は比較的那ような影響を受けることが少ないために、成長と土壌の地力との関係を見るためには、樹高成長を使用する方が合理的であるという従来の林業通念に基づいて、樹高成長を

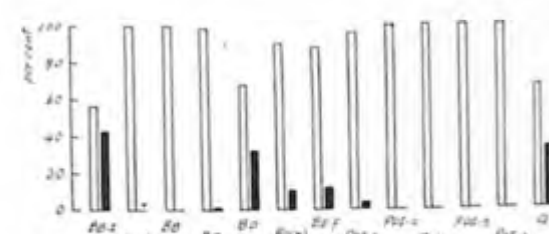


Fig. 111 各土壌におけるヒバ、広葉樹の混交状態(材積割合)(白: ヒバ林, 黒: 広葉樹林)

Proportion of "Hiba" and broad-leaved trees in different soils.

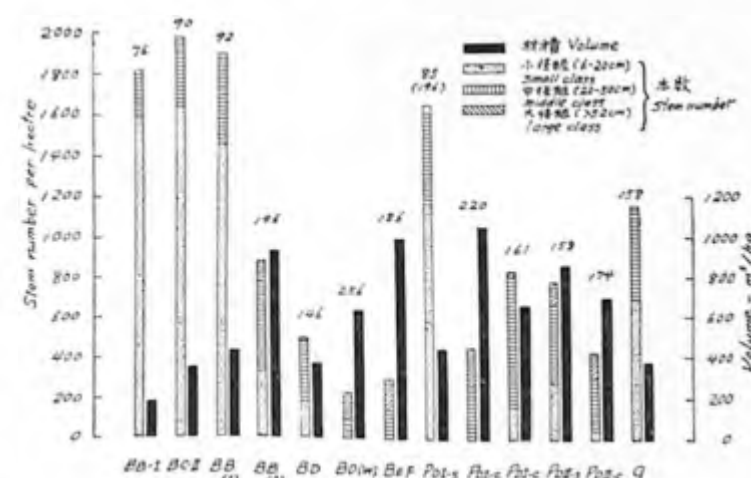


Fig. 112 各種土壌における ha あたりヒバ本数と蓄積および林分構造

Comparison between number of stems and volume per hectare of "Hiba", and of the proportion of number of stems in every breast-height diameter class (> 6 cm).

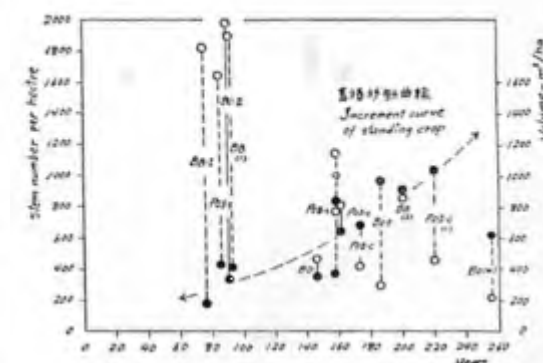


Fig. 113 各種土壌におけるヒバ林分の林齢对本数および林齢対材積(白丸: 本数, 黒丸: 材積)

Comparison of number of stems and volume in every years of different soils (circle: number of stems, black dot: volume).

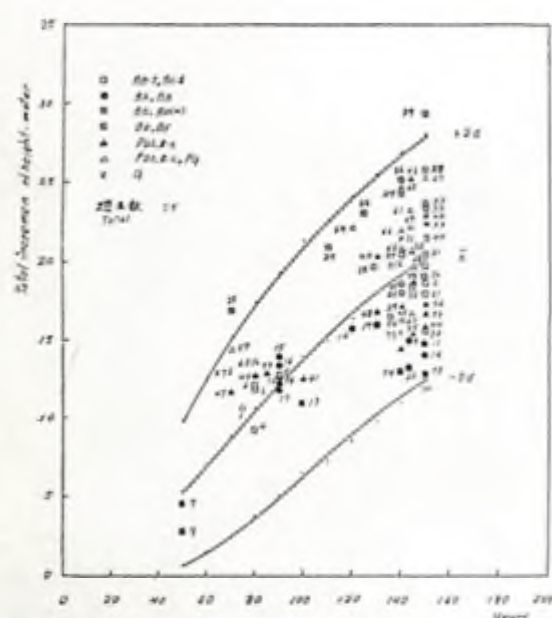


Fig. 114 図上修正による天然生ヒバの平均樹高成長曲線(Σ)と供試木の分散状態
Mean total increment curve (Σ) of height of natural "Hiba" by the free-hand method and dispersion of sample trees.

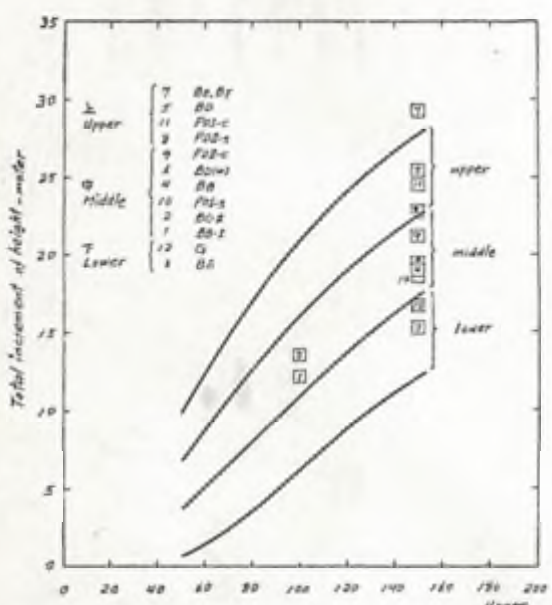


Fig. 115 天然生ヒバの樹高成長による地位区分
Site classification according to the increment of height of natural "Hiba".

ドゾルでも「中」以下の成長を示している。このように偏乾性砂質土壌では、やはりヒバの成長は「中」以下であり、過湿土壌ではきわめて不良であることは、土壌的にも容易に考えられるが、ポドゾル土壌におけるヒバの成長が、おおむね良好であることにたいしては、いくぶん検討して見る必要がある。

使用することにしたが、ヒバ天然生林の場合でも、樹高成長はよく土壌条件を反映しているものと考えている。

地位区分図の作成にあたっては、全域にわたって集められた75本の中央木の樹高成長を年齢ごとに平均して平均値(Σ)をもとめ、さらに、それぞれの標準偏差(2σ)をもとめた¹⁰⁷⁾。このようにしてもとめた年齢ごとのΣおよび2σをFig. 114のように年齢ごとにプロットしたが、年齢によっていくぶん本数に差異があったために、円滑な曲線がえられなかった。それで、free handで図上修正して平均樹高成長曲線をもとめ、2σによって上限および下限を決定した。Fig. 114は、このようにして決定したものに、各土壌における現実の中央木の樹高成長をカン入したものであるが、75例のうち2例が該当しないだけであり、おおむね満足な結果を与えていることがわかる。それでΣにたいして±2σによって決定した上限、下限内を3等分して上、中、下とし、Fig. 115のような地位区分図を作成した。

樹高成長による地位区分図に、各土壌の中央木の樹高成長(Fig. 109の資料)をカン入すると、各土壌におけるヒバの成長状態がどの程度のものであるかがわかる。Fig. 115を見ると、天然生ヒバが上位の成長を示している土壌は、Be-F, Bb, Pd1-c, Pd1-s, 中位のものにはPd1-c, Bb(w), Bb, Pd1-s, Bc-II, Bb-I, 下位のものはG, BAであり、適潤性ないし湿性土壌や植質ポドゾル土壌では良好な成長を示しているが、風衝地帯の乾性褐色森林土やグライ土壌ではきわめて成長がわるいことがわかる。低海拔高地域の褐色森林土亜型では「中」以下の成長を示しており、乾性褐色森林土や砂質ポ

ポドゾル土壌は強酸性を呈し、表層から腐植ならびに無機成分が溶脱された不良な土壌であるから、一般に地力が低いように考えられる。中部ヨーロッパではraw humusやhard panをとともうポドゾルはsick soilと見なされ、森林の生育は不良であるといわれるが、Wulze¹¹²⁾によると、米国では、このような土壌でも立派な針葉樹林や広葉樹林が見られるという。ヒバ林下のポドゾル土壌は、かなり厚いraw humusをとともなっているが、あきらかなhard panが発達しているようなものは見あたらない。しかも、天然生ヒバであり、稚樹の発生頭初から現地の自然環境におかれているために、環境に順応した生育を維持することも考えられるから、良好なヒバ林があらわれても、それほど不思議ではないように考えられる。

乾性環境では、ヒバは密な純林を形成しているが、湿性環境では、比較的疎開した林分を形成しやすい傾向があることは、これまで述べたところからあきらかである。しかも、ヒバ稚樹の発生状態を見ても、乾性ないしポドゾル土壌ではきわめて旺盛であるが、適潤性ないし湿性土壌では、稚樹の発生は比較的貧弱である。このような、ヒバ稚樹の発生状態が林分構成に大きく影響していると考えている。それで、湿性土壌において、稚樹の発生が貧弱である原因についてみると、発芽状態が不良であることや、発生後の消失が大きいことなどが考えられる。筆者¹²⁰⁾が融雪後の4月に、湿性土壌の水分を調査した際に、腐植土層と無機土層の境界を地水が流れ、表層の水分含量がきわめて大きく、かなり飽水に近い状態を呈しているのを観察した。津軽、下北地方のような積雪地帯では、積雪下の地表面の融雪によって、このような過湿状態が、かなり長く維持されていることが推定される。したがって、秋季落下した種子が、過湿状態の地表面に、かなりの期間にわたって保持されることによって、発芽力が減退することが予想されたので、浸水条件を変えて、ヒバ種子の活力について実験して見たところ、過湿状態(容積率60~70%)で2~3ヵ月種子が保持されると、健全種子がきわめて少なくなり、いちじるしく活力が減衰することがわかった¹²¹⁾。したがって、湿性土壌に落下し、積雪下に越冬する間に、かなりヒバ種子の活力が減衰するであろうことは容易に考えられる。このことは、湿性土壌では腐朽した倒木や朽根上にだけ稚樹が発生していることからもうなずかれるであろう。しかも湿性土壌では、灌木、草本の繁茂が旺盛であり、落葉層を欠く表層は水分変化にも鋭敏であることなどによって、発生した稚樹も消失しやすいことであろう。

それにたいして、乾性土壌やポドゾル土壌では、表層に落葉層(とくにH層)を堆積しているが、このH層は、Fig. 69からもわかるように、腐植土や無機質土に比較して脱水されにくいし、またTable 30からもわかるように、きわめて透水性がよいから過湿になることは考えられない。つまり、表面に落下した種子は、H層を有するような土壌では、適当な水分状態で保持され、しかも発芽した場合にも、乾燥によって急激に脱水されることがないために、消失する稚樹も比較的少ないから、稚樹の発生が良好なものと思われる。H層、つまりraw humusは、欧米においては森林更新の助けとなるような場合が多いといわれ、石灰や窒素肥料の施与によって分解を促進することが実施されており、またわが国でも、アカマツの天然更新にはA層(この場合は主としてF層の形態である)が助けとなつていから、地床処理によって稚樹の発生を促進しているのも見うけられるが¹⁰⁷⁾、ヒバの天然更新にはそのような心配はなく、H層はもつとも安定した発芽床であることを強調したい。しかも、前述のように、土壌の保護にたいするbufferとして大きい役割を占めていることも考えた際、ヒバ林下のA層の効用については見なおす必要があるであろう。

また、ヒバ林下のポドゾル土壌で良好な成長を示していることについては、根系の形態や養分吸収状態

Table 44. ヒバ新葉の成分と土壌の成分

Relationship between constituents of fresh leaves of "Hiba" and of soils.

土 壤 Soil	月 Man.	土壌中の含量 ¹⁾ Amount in soil %			新葉中の含量 ²⁾ Amount in fresh leaves %		
		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Ba	Jun.				7.52	22.37	27.19
	Aug.	0.37	0.60	2.97	7.43	20.48	23.48
	Oct.				6.38	18.91	37.06
Bf	Jun.				6.95	20.44	36.82
	Aug.	0.35	1.06	22.09	7.56	19.06	36.35
	Oct.				6.71	19.33	35.25
PdII	Jun.				6.26	16.92	39.41
	Aug.	0.22	0.75	4.52	5.96	16.00	40.58
	Oct.				5.82	16.43	40.91

1) 表層の含量 Amount of surface layer.

2) 灰分100分中 Ash basis.

について考える必要がある。根系の形態は、宮崎²⁸⁾によっても示されているように、ヒバはきわめて浅根性であり、その吸収根はほとんど表層、とくにH層に分布し、H層は root duff の形態を示している。しかし、ポドゾル土壌でもH層やA層には比較的腐植の含量が多く、またこの土壌におけるヒバの養分吸収量を見ても (Table 44)、土壌間におけるような差異は認められない。このように、ポドゾル土壌においては、稚樹の発根が旺盛であり、表層に根系がよく分布しているところから、養水分の吸収も比較的正常であるなどの理由によつて、生育良好なヒバ林があらわれているものと推察される。ポドゾル土壌でも偏乾性砂質の場合には、Ba土壌と同様に、生育はあまり良好ではない。

なお、ヒバ林下のポドゾル土壌は、これまで述べたように、ヒバ林の影響を強くうけて生成したものであり、ヒバ林地帯でも、ヒバ林以外の広葉樹林下にはあらわれていない。高海拔高地域の寒冷多湿気候下では、ブナ林下でも弱度のポドゾル土壌があらわれているから、樹種よりも気候の影響を強くうけているようであり、生成条件はヒバ林下の場合とかなり異なっている。しかも、ヒバ林下のポドゾル土壌は、Ba, Bb土壌があらわれるような乾性環境のところでもあらわれにくいし、また、Be, Bf土壌があらわれるような湿性環境のところでもあらわれにくい。ポドゾル土壌がでやすい水分環境はおおむね弱乾性のところである。このような水分環境のところでは、ヒバはよく更新し、密な純林を形成する傾向があり、その結果、土壌はしだいにポドゾル化の過程をたどるものと解釈される。つまり、ヒバ林下のポドゾル土壌は、ヒバがもつとも旺盛な生育をした結果生成されたものと見られるから、天然生林の生育も旺盛であり、しかも、土壌にたいする根系の形態、養水分の吸収状態から見て、ポドゾル土壌に生立した天然生ヒバも比較的良好な生育を維持できる条件下にあるものと思われる。なお、ヒバ林下のポドゾル土壌は、水分環境としては弱乾性のところにあらわれやすいが、北や東に偏した斜面上部にまとまってあらわれる傾向があり、この傾向は Fig. 96 によくあらわれている。それは、鈴木²⁸⁾も述べているように、ヒバはブナやミズナラよりも好湿性であり、とくに空中湿度の多いところに好んで群落を形成する性質があるためであろう。

b. 主要植栽林の生育と土壌

ヒバ林地帯にはスギ、カラマツ、アカマツ、ヒバ、ヒノキなどの植栽林が見られたが、これらの植栽林の成長状態と土壌との関係について述べてみよう。植栽木の成長経路は天然生ヒバの場合ともがつて単純であり、40～50年生のものが多かったために、各樹種とも土壌ごとに平均し、40年現在の樹高ならびに胸高直径の増成長によつて成長比較をすることにした。樹幹析解供試木は調査地の中央木であり、各土壌ごとの増成長は数カ所の供試木の平均値で示した。

各種土壌におけるスギ植栽木の成長状態は Fig. 116 のとおりである。この図はスギの樹高成長の良好なものから不良なものへ配列したものであるが、B/e-f, Be-f, Fdのような湿性土壌では良好な成長を示し、Ba, Bc-II, Bd-I, Gのような乾性土壌（とくに、堆積状態の密な土壌）や過湿土壌では不良な成長を示している (Phot. 22～24)。Pd-I-c土壌におけるスギの成長が乾性土壌におけるものよりも、むしろ良好な成長を示していたことは興味がある。このスギ林は、ヒバ林の皆伐跡地に造林されたもので、40年以上経過したにもかかわらず、Pd-I-c土壌の形態が判然と認められ、その生育状態はそれほど不良ではない。スギは酸性が弱く、腐植に富む土壌において良好な生育を示すことは、前述の結果からも、また大政の研究²⁹⁾からも十分考えられるが、埴質ポドゾルのように、水湿に恵まれている土壌では、むしろ乾性土壌や堅密な土壌よりも良好な成長を示していることは、土壌水分が、いかに大きくスギの成長に関係しているかをよく示しているものと思われる。

スギ植栽木の樹高成長を秋田スギ林収獲表と対比して各土壌の地位判定をするとつぎのようになる。

地位 上 B/e-f, Be-f, Fd

中 B/d, Be-I, B/b-c

下 Pd-I-c, G, Bd-I, Bc-II, Ba, Bc(d)-II

Fig. 117 はカラマツ、アカマツ、ヒノキの成長状態を示したものであり、カラマツの成長はスギと同様に湿性土壌によく、乾性土壌では不良であり、ヒノキにもその傾向があるが、ヒノキの場合はアカマツと同様に、低海拔高地域において良好な成長を示している。ただし、アカマツの場合には、弱乾性土壌において比較的良好な生育を示している。これらの樹種の成長と土壌との関係は、さきに報告した津軽半島南部のヒバ林地帯におけるものとまったく同様である。

カラマツの樹高成長を長野県地方カラマツ林分収獲表に対比して各土壌の地位を判定するとつぎのようになる。

地位 上 Be-f, B/d

中 Bd-I, Bc-II, Ba

また、アカマツの樹高成長を岩手地方アカマツ林分収獲表に対比すると、つぎのとおりである。

地位 上 Bd-I

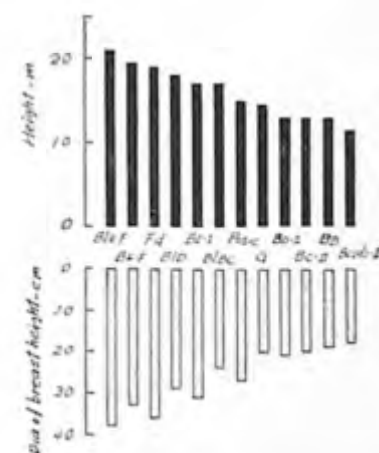


Fig. 116 各種土壌におけるスギ植栽木の成長 (40年生)

Comparison of mean total increments (height and breast-height diameter) of planted Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) in different soils (40 years).

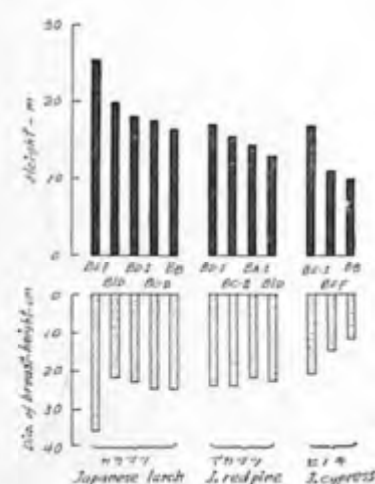


Fig. 117 各種土壌における2, 3植栽木の成長(40年生)
Comparison of mean total increments (height and breast-height diameter) of a few planted trees in different soils.

中 Bc-II, BA-I, B/d
乾性土壌と湿性土壌とは水分、養分(肥沃度)の関係において、まったく相反しているが、この2土壌におけるヒバ、スギ、カラマツの成長を示したのが Fig. 118 である。この図を見ると、スギ、カラマツの成長は、前述のように、肥沃な土壌ほど良好な生育を示しているが、ヒバの場合には、むしろ乾性土壌において良好な成長を示している傾向があり、スギ、カラマツとだいぶ趣きを異にしている。これには、芝木⁴³⁾がヒノキについて指摘したように、ヒバにおいても水分調節能力が大きいために、乾燥地でもよく生育するであろうことや、湿性土壌のヒバは幼時、灌木、草本に被圧されること¹²⁷⁾などが関係していることであろう。

つぎに、津軽半島の低海拔高地域には、褐色森林土亜型-IIが、かなり普遍的に分布し、地利的に便利であるところから種々の樹種が植栽されているが、生育はあまり良好ではない。こ

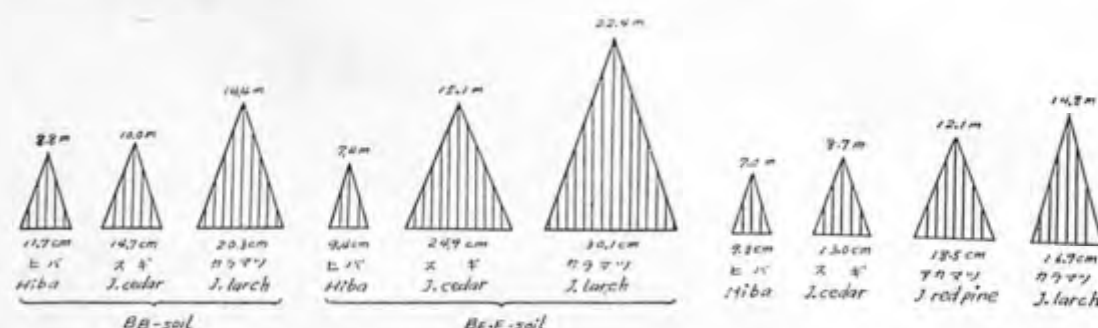


Fig. 118 Bb, Bc-F 土壌におけるヒバ、スギ、カラマツの成長比較(30年生)
Comparison of mean total increments (height and breast-height diameter) of "Hiba" (*Thuja plicata*), Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) and Japanese larch (*Larix leptolepis*) on Bb- and Bc-F-soils (30 years).

の土壌は比較的乾性で、しかも堆積状態がきわめて密である。この土壌におけるヒバ、スギ、アカマツ、カラマツの成長状態は Fig. 119 のとおりであり、成長状態はヒバ<スギ<アカマツ<カラマツの順に良好で、スギはほとんどヒバと差異がない状態である。ヒバ植栽木の成長は、ヒバ林上部のヒバ・ブナ林やブナ林地域では不良であり、ヒバ林下部のコナラ、ミズナラ林地域では良好である(Phot. 25, 26)。Bd-I, Bc-II 土壌におけるヒバ植栽木の成長は、ヒバ植栽林としては良好な方である。このことは、能登地方のアテ林が丘陵地帯に成立している優良ヒバ人工林であることとあわせかんがえ¹²⁸⁾、ヒバ人工林の造成にたいして、ある種の指針を示しているものと見る事ができるであろう。

IX 土壌条件に立脚したヒバ林施業にたいする意見

森林施業は生産の保続や生産量の増加などの経済的要求のほかに、国土保全や地元施設などの公共、公益的要求についても支配されるから、ただ成長の良否だけによって決定される性質のものではないが、少なくとも、森林施業の主体をなし、量的生産を最大限に望まれている森林(国有林野営規定による第2種森林)においては、立地ならびに樹種との関連において、最高度に地力が発揮され、生産力が増加されなければならないものと思う。津軽、下北半島の森林地帯においては、ヒバ林やヒバ・広葉樹林が過半数を占めており、これらの森林は択伐作業による天然更新作業によって施業されてきた。しかしながら、これまでに施業跡地を見ると、森林更新、生育ならびに生産の保続などの観点から、かならずしも満足な状態を呈していない。それで青森営林局では、数年前から、ヒバの天然更新が困難であり、スギの生育が良好な沢沼の湿性環境のヒバ林は、スギに樹種更改をする方針がきまり、この方針によって施業してきた。しかも、最近、わが国における森林資源の長期需給の安定化をはかり、生産力を増大するために、林種転換、樹種更改、伐期短縮、林地施肥、林木育種などの画期的方策がうち立てられている。ヒバは比較的天然更新も容易であり、利用価値も高く、用途も広いが、成長がおそいために、早期に森林を造成することにおいて、ほかの有用針葉樹よりも、はなはだ不利である。したがって、青森営林局においても、ヒバ林施業を確固たる基礎のもとに推進するために、ヒバ純林下の種々の立地にたいして、ヒバ林を皆伐し、有用針葉樹(スギ、カラマツ、アカマツ、トドマツ、ヒバ)を植栽して樹種更改の可能性を追求している。この試験は、植栽木の生育状況を土壌的方面から究明するものであり、違わずその結果が判明することであろう。

津軽、下北地方のヒバ林地帯は、前述のように、低海拔高地域からアカマツ、コナラ、ミズナラ林、ヒバ林(ヒバ・広葉樹林を含む)、ブナ林の順に垂直的に変化している。ヒバ林地帯における施業方法を考える場合には、まず、ヒバ林の造成を目的とする地域と、スギ、アカマツ、カラマツ林の造成(樹種更改を含む)を目的とする地域とを土壌的根拠によって識別し、施業の安全、生産力の増強をはかるべきであろう。それは、ヒバは土壌によつては更新が旺盛なところから、かなり容易に、天然力を利用してヒバ林を造成することは可能であるし、また、このようなところは、ほかの有用針葉樹に樹種更改をしても、それほど良好な成長が期待できないように思われるからであり、また、一方、ほかの針葉樹を植栽して人工林を造成する場合にも、これらの樹種は、土壌によつていちじるしく成長状態がちがうからである。つまり、現在の段階としては、天然更新によつて容易にヒバ林を造成できるところは、人工補整を加えても、なるべくヒバ林を造成することにし、そのほかの地域を、ほかの針葉樹林に更改する方が無難なようである。

ヒバの天然更新が容易なところは、乾性褐色森林土 BA~Bd(d) およびボドゾル土壌であり、適潤性および湿性土壌や過湿性土壌では、なかなか更新が困難である。湿性環境においても、伏条更新(Fig. 120)および伐根、倒木更新(Phot. 27)をするから、長期間にはヒバ林が成立することであろうが、短期間に目的を達成することはむずかしい。Fig. 121 は、乾性環境と湿性環境におけるヒバ林成立の過程を示したものであるが、更新の良否によつて、造成された森林にいちじるしい差異があることがわかるであろう。

* 筆者は、青森営林局在勤当時、この試験地の設定および土壌調査を担当し、初年度の試験結果については発表済みである。

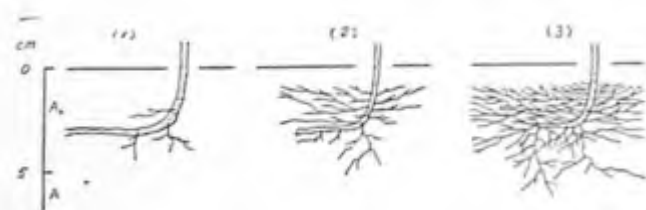


Fig. 120 ヒバ伏条稚樹の成立過程
A process of establishment of "Hiba" young tree owing to asexual reproduction.

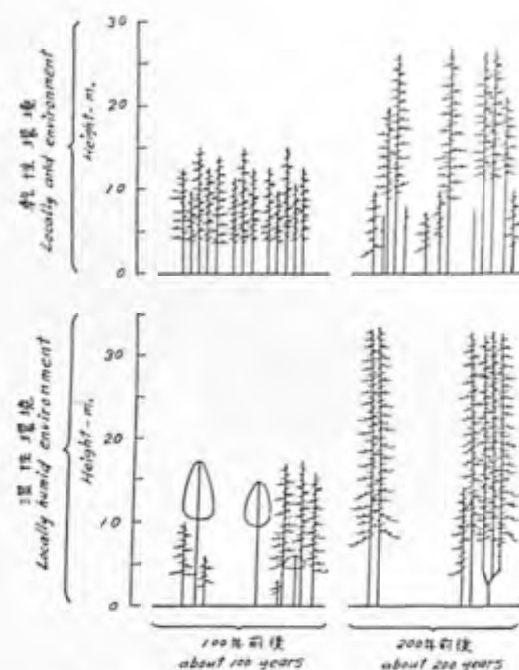


Fig. 121 乾性 (Bb, Po I・II) および湿性 (Bd, Be・F) 環境におけるヒバ林成立過程の比較

Comparison of process of establishment of natural "Hiba" forest on both locally arid and humid environments.

域的にかなりの差異があるからであろう。

ヒバ林上部のブナ林分布地域や下部のアカマツ、コナラ、ミズナラ林分布地域およびヒバ林分布地域内の適潤性ないし湿性土壌のところでは、天然更新作業によってヒバ林を造成することは困難である。したがって、これらの地域にたいしては、それぞれ土壌に応じた適当樹種を植栽してゆくべきであろう。

前述の植栽木の成長と土壌との関係から、各土壌における成長状態を見ると、湿性土壌——Be・F, Fd, B/E・F にはスギ、カラマツ、乾性土壌——Bb, Bc にはカラマツ、アカマツが比較的良好である。ただし、アカマツの場合には、低海拔高地域が適当であり、ヒバ林下の乾性土壌にはあまり適当ではない。したがって、低海拔高地域の乾性土壌にはアカマツ、湿性土壌にはスギ、ヒバ林分布地域の湿性土壌にはスギ、適潤性土壌にはカラマツ、ブナ林地域の適潤性ないし乾性土壌にはカラマツ、湿性土壌にはスギを

(Phot. 28)。したがって、ヒバ林やヒバ・広葉樹林の分布地域で、乾性環境のところは、なるべくヒバ天然生林を造成し、施業してゆきたい。この際、前更的取扱いをするか、択伐的取扱いをするかは環境に応じて決定すべきであろう。往時の前更跡地で、なかなかつばに成林した幼齡林があちこちに見られるが、稚樹の発生が、期待されるところでは、むしろ更新の方面からは、疎間させる方が好結果をもたらしている (Phot. 29)。天然更新が容易な環境においても、かなりの大面積にわたって皆伐することは、広葉樹の侵入をまねくから、成林にたいしては人工補整を加える必要があるし、とくに植質ポドゾル土壌では、湿潤であるために、伐採面積を大きくすることには注意をする必要があろう (Phot. 30)。

また、ヒバ林の造成を目的とする場合に、地域的なヒバの生育状態について考慮しなければならない。Fig. 108 にも見られるように、ヒバの更新が良好であり、ヒバの優良林分を形成している地域はそれほど多くない。もちろん、この傾向は土壌の分布と密接な関係はあるが、乾性土壌においても、Phot. 31に見られるように、ブナが優勢であつて、ヒバ林に移行しにくいところもあるし、またポドゾル土壌においても、形質良好なヒバ林と不良なヒバ林とがある (Phot. 32)。このような関係は、ヒバ林の生育には土壌条件だけではなく、気候条件 (風、空中湿度など) にも支配されるし、しかも気候条件は地

域的にかなりの差異があるからであろう。

計画し、ヒバ林下の乾性ないしポドゾル土壌には、天然更新によるヒバ林の造成を計画する方が、土壌的に見て合理的であると考えられる。このような方法で、津軽、下北地方のヒバ林地帯における造林樹種の成立割合を算定して見ると Fig. 122 のようになる。この図を見ると、津軽、下北地方のヒバを主とする森林は、半分以上有用針葉樹に樹種更改することが可能であり、その結果、ヒバ天然生林は全地域の 20~30% に減少することになる。つまり、ヒバ林地帯の樹種更改を土壌に立脚して強力に推進するとすれば、大体、広葉樹天然生林 20%、ヒバ天然生林 30%、人工林 50% の割合となり、人工林では、スギ、カラマツ林がそれぞれ 20%、アカマツ林が 10% 程度になろう。ただし、カラマツは諸種の病害に弱いところから、適潤性土壌にスギを積極的に計画し、またヒバ林下のそれには人工補整によるヒバ林の造成を考えるならば、ヒバ林、スギ林の成立割合はさらに増加するであろう。

津軽、下北半島のヒバは 3 大美林のひとつにみえられてきた有名樹種であり、これまでもヒバ林増殖のために、ヒバを人工植栽したり、またヒバ林上部のブナ林下に下木植栽したりした。しかしながら、ヒバ植栽林で良好な成長を示しているのは、低海拔高地域の褐色森林土型Ⅰ、Ⅱの分布地域に多い傾向がある。筆者は、ヒバ林を増殖するためには、ヒバ林上部のブナ林地域よりも、ヒバ林下部のコナラ、ミズナラ林地域の方が望ましいように考えている⁽¹²⁹⁾。能登地方の有名なアテ林業 (Phot. 33) は、丘陵地帯のアカマツ、ミズナラ林地帯を対象としているが、津軽、下北地方の低海拔高地域にも、アテ林におとらないようなヒバ人工林がしばしば見られることからこの感を深くする。

また、峯部の乾性ないしポドゾル土壌は、ヒバ林を皆伐することによって、急激に腐植の消耗を来とし、土壌条件を悪化させる傾向があるから、地力維持の立場から峯部のヒバ林を皆伐することはあまり適当であるとは思われない。

X 総 括

1. この研究は、ヒバ (ヒノキアスナロ) がもつとも旺盛な生育をしている津軽、下北両半島のヒバ林地帯を対象として実施したものであり、ヒバ林土壌の特徴を究明し、土壌と植生、森林生育との相互関係をあきらかにするのを主眼としている。とくに、ヒバ林土壌の生成性質をあきらかにするために、代表断面の選定にあたっては、局所環境と平衡状態を維持していると考えられた土壌を採取することにした。

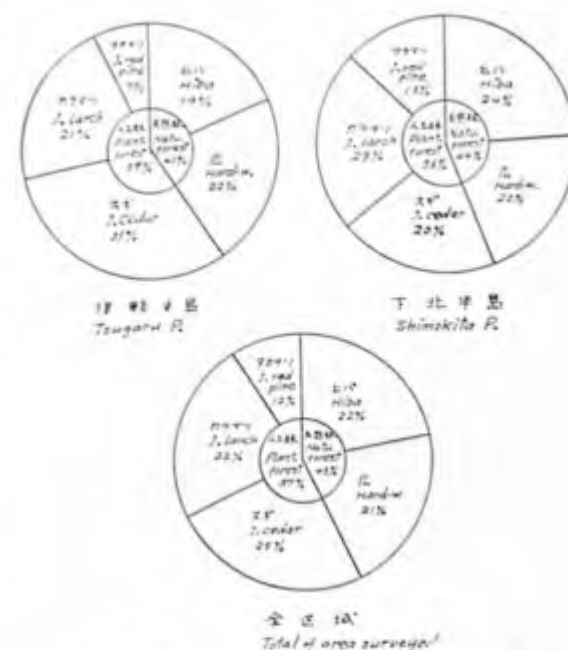


Fig. 122 土壌を基礎とした将来の主要樹種の成立割合
Constructive ratio of main forest trees in future based on soil types in the areas surveyed.

2. 調査地域の土壤生成に関与すると思われる気候、地質および地形、植生の概要について述べるとつぎのとおりである。

気候……調査地域は日本海気候と太平洋気候の中間的位置を占め、春季の比較的高温多湿の偏西風および夏季の低温多湿の北東風（ヤマセ風）の影響を強くうけている。津軽半島西南部は比較的高温多湿であるが、津軽半島東部および下北半島では一般に低温多湿である。気候的には褐色森林土ないしポドゾル土壤が生成される地域であると見なされる。

地質……津軽半島では主として新第三系の各層からなり、低位部では段丘堆積物、砂岩類、高位部では頁岩類、凝灰岩類を母材としており、下北半島では、主として火山放出物、新第三系の各層からなり、低位部では、段丘堆積物、火山放出物、高位部では火山放出物、凝灰岩類、頁岩類からなる。

地形……津軽半島では、開析の進んだ地形が多く、海拔高を増すにしたがつて傾斜度および起伏量を増加しているが、下北半島では、海拔高 300~600 m の範囲に開析の進まない準平原の様相を呈する地形が多く、八甲田山の火山地形と類似した傾向を示している。

植生……低位部にはアカマツ林、高位部にはダケカンバ林の分布が見られるが、ヒバ林やヒバ、広葉樹（主としてブナ、ミズナラ林）混交林が主体をなしている。ヒバがもつとも旺盛な生育を示している地域は海拔高 150~300 m の範囲である。また、ヒバ純林の分布は、下北半島よりも津軽半島に多い傾向がある。

3. 土壤の分類

津軽、下北半島のヒバ林地帯にあらわれている土壤を、大政の分類方法によつて類別すると、褐色森林土壤群—6 基準型、ポドゾル土壤群—4 基準型、地下水土壤群—1 基準型、黒色土壤群—4 基準型、未熟土—2 基準型となる。この研究においては、さらに、褐色森林土壤群に、下層の赤褐色なものと黄褐色のものの 2 亜型をもうけ、また、中間型として偏乾性型と偏湿性型をもうけたほか、砂質型と埴質型の細分を併用し、各土壤の類別を適切にした。

4. 土壤の諸性質

4-1. 土壤の水分状態 水分環境に基づいて分類した各土壤の含水量について見ると、乾性土壤 (BA~Bc) は適潤性ないし湿性土壤よりもあきらかに含水量が小さく、またポドゾル土壤では、砂質ポドゾルは、埴質ポドゾルよりも含水量が小さい。また、ポドゾル土壤の含水量は褐色森林土に比較して湿性側に偏している傾向がある。

また、各土壤の吸水、保水状態について見ると、乾性土壤では飽差（容水量と含水量との差）が小さく、最小容気量が大きく、水分吸収にたいして正常な状態を示していないが、適潤性ないし湿性土壤では最小容気量が小さく、水分吸収にたいして、おおむね正常な性質を具備しているものと見なされる。ポドゾル土壤はこれらの関係において、乾性土壤と湿性土壤の中間的性質を示している。

乾性、適潤性、湿性の各褐色森林土、ポドゾル土壤およびグライ土壤におけるこのような吸水、保水の関係は、水分環境に基づき、層断面の形態的特徴によつて類別した各土壤と、おおむね一致した傾向を示しているものと見ることができる。このことは、土壤中の水分量は、季節的变化によるよりも、局所地形の影響を強くうけていることを示しているものと見ることができるであろう。

4-2. 粘土の含量 粘土の含量は、水分環境にもとづいて分類した各土壤とは、あまり関係はなく、砂岩を母材とした土壤は頁岩、凝灰岩、火山放出物などを母材とした土壤よりも、あきらかに粘土分が少

なく、むしろ母材と関係があるように見うけられた。

4-3. 有機物層の形態および分解状態 土壤の有機物層は、おおむね極相の状態を呈している天然森林下では、乾性土壤では厚く、適潤性ないし湿性土壤ではうすく、その堆積状態は、水分環境によつて分類した土壤と平行している。ポドゾル土壤では一般に厚く堆積し、グライ土壤や黒色土ではほとんど認められない。また、たえず伐採が繰り返された低海拔高地域の褐色森林土亜型では、水分環境との平行は認められない。

ヒバ林下では H 層を主とした A_o 層を堆積しているが、ヒバ林以外では F 層を主とした A_o 層を堆積している。乾性褐色森林土や砂質ポドゾルでは fibrous mor、埴質ポドゾルでは greasy mor、湿性褐色森林土では coarse mull の形態を呈している。

有機物層の厚さは落葉の分解状態を示すものと思われ、有機物層の厚さと炭素率の大小とはよく一致している。ただし、有機物層を堆積していない黒色土や過湿のグライ土壤でも炭素率は大きい傾向がある。

4-4. 腐植の形態 各土壤の腐植の形態を見るために、SIMON の方法に準じて、沈殿部割合—PQ、腐植化度—HQ を算定してみた。腐植酸の含有割合は乾性褐色森林土やポドゾル土壤では、湿性褐色森林土におけるよりも大きい傾向があり、また、ヒバ林下の土壤は、そのほかの森林下の土壤に比較して腐植酸の含有割合は大きい。NaF 浸出腐植は NaOH 浸出腐植よりも、あきらかに腐植化度が高く、また腐植化度は、NaF 浸出では乾性土壤に高く、適潤性、湿性土壤に低い傾向があるが、NaOH 浸出では、反対に湿性土壤に高く、乾性、適潤性土壤がそれにつき、過湿性土壤では低くなっている。褐色森林土、ポドゾル、グライの各土壤を概観するとこのような傾向が認められる。乾性褐色森林土やポドゾル土壤の H 層の腐植化度が高くあらわれているのにはたいしては、今後検討の必要がある。

NaOH 抽出のものに酸処理を併用し、酸処理と無処理における NaOH 可溶腐植の量的変化から、各土壤の腐植の結合状態について検討してみた。褐色森林土では、B_f 土壤以外は、酸処理によつて溶出する腐植は減少し、ポドゾル土壤でも一般に減少の傾向を示している。NaOH 抽出フルボ酸について見ると、各土壤とも酸処理によつて減少している。B_f 土壤ではそれほど減少していないが、ポドゾル土壤ではきわめて減少している。したがって、ヒバ林地帯の各土壤では、B_f 土壤が 2 価イオンとかなり固く結合しているほかは、むしろ 3 価イオンとの結合が考えられ、とくに、ポドゾル土壤にその傾向が強いように思われる。

酸可溶腐植は、腐植化の程度が低い低分子の腐植であるといわれているが、ヒバ林下の適潤性ないし乾性土壤やポドゾル土壤では、酸処理によつて、フルボ酸が大きく減少しているから、これらの土壤には腐植化の程度の低い腐植を多量に混じっていることがわかる。

NaF 抽出と NaOH 抽出とは、土壤の腐植化の程度に差異があるが、量的には NaOH 抽出腐植が大部分であるから、NaOH 抽出腐植の腐植化度が高い土壤は、腐植化の進行した土壤と見なして差しつかえないであろう。ヒバ林下の腐植酸は、ほとんど SIMON のいう B 型であるが、ヒバ林以外の腐植酸には A 型がかなり検出される。

腐植化の程度は塩基含有量と関係があり、塩基含有量の低い土壤では腐植化度が進行せず、腐植物質の単独集積をきたし、炭素量の増加をともなっている。

腐植酸およびフルボ酸の層断面における分布状態を見ると、腐植酸は表層から下層に減少しているが、フルボ酸では、表層から下層に減少するもの（褐色森林土）、B₁ 層にわずかに集積を示すもの（弱ポドゾ

ル土壌), A₂ 層に最少, B₁ 層に最大の分布を示すもの(ポドゾル土壌)の 3 型がある。とくに, マルボ酸は腐植酸よりも容易に移動しやすいから, ポドゾル化作用にたいして重要な役割りを果たしていることが考えられる。

4-5. 土壌の反応 各土壌の pH 値を見ると, 褐色森林土では乾性から湿性にかけて高くなり, ポドゾル土壌では一般に低い。この傾向は, 置換性石灰含量や塩基飽和度と平行しているところから, 主として塩基の含量と関係があるように考えられる。しかしながら, 層断面における pH 値の変化を見ると, かならずしも塩基含量と一致していない。それには, 酸性腐植に由来する有機酸が関係しているためであると思われる。

各土壌における置換酸度の傾向は, おおむね pH 値の場合と似ている。置換酸度の大きさには, 置換性塩基および塩基吸着基となる腐植や粘土の含量が関係しているが, 表層では, 置換性塩基の集積によって緩和され, 下層では, 未飽和の無機コロイドの含量によって影響されていると見ることができる。

層断面における置換酸度(y₁)の分布傾向から, 表層から下層に漸減するもの, 表層から下層に漸増するもの, B 層に極大値があるものの 3 型にわけられるが, この分布傾向は塩基の動態や酸性腐植の集積, 母材の未飽和などに関係するところから, 土壌の生成状態を示しているものと考えている。

4-6. 置換性塩基および塩基置換容量 置換性塩基の含量や塩基飽和度は, 水分状態によって区分した土壌とよく一致している。

各土壌の塩基置換容量の層断面における分布を見ると, 表層から下層へ変化がないか, むしろ下層へ増加しているもの, 表層から下層に減少しているもの, 表層から下層に減少しているが, B₁ 層でふたたび増加するものの 3 型があり, 前述の置換酸度の分布型式と同様の傾向を示している。

置換容量の大きさは, 置換複合体を組成している腐植と粘土の含量や性質に影響されているが, とくにヒバ林下の土壌には多量の酸性腐植を集積しているために, 置換容量にたいする腐植の役割りはきわめて大きいといわねばならない。

層断面における置換性塩基の含有割合を見ると, 腐植に富む表層では 1 価イオンよりも 2 価イオンの方がきわめて大きく, 腐植に乏しい下層では表層と反対の傾向を示している。それは, 落葉の無機化によって供給される塩基が 2 価イオンが大部分であることにも原因するが, 塩基吸着基が表層では結晶構造のない腐植であるのにたいして, 下層では無機粘土が大部分であることにも関係がある。

置換性塩基含量の層断面における分布は, podzolization の強度と関係があり, 断面における分布型式には 4 型が認められる。

4-7. 両性反応 MATTSON によつて, 土壌生成作用を簡単に, しかも科学的に表現するものとして提唱された土壌の両性反応について測定してみた。ヒバ林土壌は MATTSON の cationic solvation and eluviation の group に属しており, 両性反応は cationic sol complex (とくに Al 含量) と humus acidoid に関係があることがわかった。

4-8. 酸化還元電位 各土壌の酸化還元電位-Eh は, Bn, Pd I-s 土壌のような乾性土壌では高く, Bf, G 土壌のような湿性土壌では低い傾向がある。湛水による Eh の降下は, 腐植含量の多い表層ではきわめて大きい, 下層ではあまり変化がない。腐植含量の多い土壌が湛水によつていちじるしく還元状態を呈するのは微生物の活動と関係がある。

Eh の季節的变化を見ると, 4 月から 6 月にかけて上昇し, 6 月から 8 月にかけて降下しているが, 10

月では, ふたたび上昇する傾向があり, この傾向は B 層によくあらわれている。これは夏季における微生物の活動, 腐植の分解に原因しているものと思われる。Eh の大きさは pH と密接な関係があり, pH が高くなるにしたがつて Eh が減少する傾向がある。

4-9. SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ の含量 各土壌における熱塩酸可溶の SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ 量の分布状態を分子比率によつて見ると, ヒバ林の影響をほとんど受けていない褐色森林土型では, 珪礫比, 鉄礫比ともに, 表層と下層とあまり差異はないが, ヒバ林の影響を受けている褐色森林土では, 表層から下層に減少し, さらにその影響をつよくうけているポドゾル土壌では, 下層に比較して表層の分子比率がきわめて大きい。このような傾向は, podzolization の進行にともなつて Al₂O₃, Fe₂O₃ が表層から移動していることを示し, また Al₂O₃ は Fe₂O₃ よりも移動しやすく, しかも Fe₂O₃ よりも土層深く移動することを示している。このような関係は TAMM の酸性シニウ酸アジモン可溶の易溶性コロイドの成分組成によつてよく説明され, 土壌生成におよぼすヒバ林の影響の大きさが痛感される。しかして, ヒバ林の影響のない褐色森林土型では表層からの植生的影響よりも内部的な母材の性質を反映していることがわかり, ヒバ林下の土壌と比較して特徴的であることが認められた。

5. 水分環境と土壌性質との関係

土壌は局所地形によつて変化するが, 局所地形は土壌水分および土壌温度の変化と関係がある。

1) 峯, 中腹, 斜面下部における 3 土壌の季節的水分変化を見ると, 降水量および蒸発量などの気候要素に支配されながらも, 局所気候による土壌条件の変化を強く反映している。峯部の土壌では, 5 月ないし 8 月の乾燥で脱水されることによつて疎水性となり, 反対に, 斜面下部では, 流下地水の影響によつて, 土壌水分の分布が気候要素の変化にたいして時期的な「ズレ」を有している。局所地形によるこのような水分変化は, 土壌生成にたいして重要な役割りを有しているものと思う。

2) 土壌温度は気温と関係しているために, 表層ほど温度の変化が大きく, また 6~8 月では表層から下層に減少しているが, 9~10 月では, しだいに下層の方が高くなる傾向がある。一般に, 乾性土壌は, 春季から夏季にかけては温度は高いが, 秋季ではむしろ湿性土壌の方が高くなる傾向がある。これは, 比熱の大きい水を多く含んでいる土壌ほど, あたたまりにくく, 冷えにくいためであろう。

3) このように, 偏乾性地形と偏湿性地形とでは, 水分, 温度の状態がまったくちがうが, このような土壌気候の差異が土壌生成, 土壌の諸性質を支配する根本的なものと考える。

4) したがつて, ヒバ林土壌では, 水分量を増すにつれて, 有機物の分解が促進され, 腐植の含量が減少し, 置換容量が小さくなり, 置換性塩基を増加しているが, この傾向は, 起伏によつて水分状態に差異がある森林土壌の一般的傾向であると見ることが出来るであろう。

6. ヒバ林下にあらわれるポドゾル土壌の 2 型式

ヒバ林下のポドゾル土壌には, 偏乾性のものと偏湿性のものとがあり, 前者は乾性の Bn 土壌, 後者は偏湿性の Bd(w) 土壌から発達したものとみている。偏乾性のポドゾル土壌では腐植, Al₂O₃, Fe₂O₃ を集積しているが, 偏湿性のポドゾル土壌では腐植をほとんど集積せず, 主として Al₂O₃, Fe₂O₃ を集積している。したがつて, 前者は腐植, 鉄ポドゾル, 後者は鉄ポドゾルとして類別されるものと思われる。しかして, 偏湿性のものは偏乾性のものに比較して, 腐植の集積が少なく, Al₂O₃, 1 価イオンを多く集積しているが, これは埴質であるために, 垂直方向の leaching が困難であり, podzolization が進行しにくいことに原因がある。

酸性腐植の集積により、表層の究極 pH が低下し、 R_2O_3 が可動的になることは、種々の土壌の性質を比較して見るとあきらかであるが、この podzolization の過程は、ヒバ林土壌 H 層の水溶性腐植を添加した土壌を電気透析することによってもあきらかにされた。

7. 土壌と植生との相互関係

7-1. 土壌と地床植生 土壌と地床植生との関係を見ると、各土壌にそれぞれ特徴植物があらわれており、またヒバ林下とヒバ林以外のミズナラ、コナラ林やブナ林とはかなり地床植生に差異がある。とくに、ヒバ林地帯ではシダ植物の指標値は大きい。すなわち、低海拔高地域のミズナラ林下ではワラビが優勢であり、ヒバ林下では、乾性土壌にシシガシラ、適潤性土壌にヤマツツ、シノブカグマ、ミヤマイタチシダ、シラネワラビ、湿性土壌にミゾシダ、オシダ、リョウメシダ、ジユウモンシダ、過湿性土壌にヤマドリゼンマイが特徴的である。下北半島ではシノブカグマの生育が旺盛である。

7-2. ヒバ針葉の成分組成およびその分解状態 植生が土壌の形態や性質におよぼす影響としては、表層に堆積する落葉の占める役割りはきわめて大きく、とくに、ヒバ林下のように、一般に厚くモル型の落葉層を堆積し、種々のポドゾル化土壌を生成しているような場合には、落葉の分解過程が土壌にたいして大きい作用を有していると思わなければならない。それで、ヒバ、スギ、カラマツ、アカマツ針葉の無機、有機組成を比較し、ヒバ針葉組成の特徴について見ると、ヒバはスギ、アカマツに比較して、いくぶん P_2O_5 、 K_2O が少なく、リグニンが多い傾向がうかがわれるが、大体、スギ落葉と似た組成を示しており、成分的には、特別に分解を阻害するような特徴は見あたらない。

また、ヒバ生葉が地表に落下して L 層となり、しだいに分解が進んで F、H 層となるが、このような形態変化にともなつて、 SiO_2 、 R_2O_3 、リグニン、粗蛋白質、窒素、腐植酸は増加し、塩基、樹脂類、セルロース、フルボ酸は減少する傾向がある。とくに、塩基の変化において、1 個塩基の K_2O 、 Na_2O は L 層で急減し、2 個塩基の CaO は F 層で急減し、 MgO は漸減している。

一定条件 ($27^\circ C$ で incubate) 下で、ヒバ、スギ、アカマツ、カラマツの生葉および落葉に PoII 土壌の H 層および B₁ 土壌の A₁ 層の懸濁液を接種し、分解試験を実施して見たところ、生葉ではアカマツ > ヒバ、スギ、落葉ではアカマツ > ヒバ、カラマツ > スギの順に分解が容易であり、ヒバの生葉、落葉が特に分解がわるい事実は見あたらない。いずれの場合にも、アカマツがもつとも分解がわるいようである。このように、ヒバ落葉は、ほかの主要針葉樹に比較して、成分的にもそれほど特徴があるとは見うけられないし、また、一定条件下で分解させても、それほど分解がわるい事実は見あたらない。しかしながら、自然条件下の局所乾性地形では、スギおよび広葉樹天然生林下に比較して、きわめて落葉の分解がわるい傾向がある。このような地形では、水分環境および林分構造に特徴があるところから、落葉の分解が促進されない原因については、とくに、分解にあずかる環境条件に支配されることを強調したい。

ヒバ林土壌の層断面における塩基の分布は、表層に多く、下層に少ないところから、主として落葉の無機化によつて供給されていることが考えられる。それで podzolization の程度による層断面における塩基の行動について見ると、落葉層、表層では 2 個塩基 > 1 個塩基であるが、下層ではそれと反対であり、さらに、G 層では 2 個塩基が多い。表層における塩基の割合は、podzolization の強い方から弱い方へ 2 個塩基 < 1 個塩基、2 個塩基 = 1 個塩基、2 個塩基 > 1 個塩基の傾向がある。 MgO は一般に溶脱されにくく、また 1 個塩基は溶脱されやすいが、たえず表層から供給されていることが推定される。

7-3. 自然条件下のヒバ落葉の分解とそれが土壌性質におよぼす影響 ヒバ落葉は、成分組成から

も、一定条件下で分解させた場合も、大体スギに類似し、特別に分解がわるい事実は見あたらない。天然生林下では厚くモル型腐植を堆積している場合が多く、その結果、かなり明りようなポドゾル土壌の発達を見ることが多い。ヒバの現実林分下でも、落葉の分解がわるいのは峯筋の密なヒバ純林下であり、中腹以下の水湿に恵まれたヒバ疎林下では、そのような傾向は見あたらない。したがって、ヒバ落葉の厚く堆積していることにたいしては、落葉の分解を支配する局所環境——林分の疎密度と地形条件——にばかり強く考える必要がある。それで、尾根地形の厚くモル型腐植層を堆積している B₁、PoII 土壌およびミズナラ落葉層を堆積していない B₀ 土壌のヒバ林を皆伐し、落葉層および土壌諸性質の変化について調査して見た。

ヒバ林を皆伐すると、2 年目には落葉層の形態、性質はいまじらしく変化し、落葉層を堆積している B₁、PoII 土壌では、一時的に土壌の諸性質は好転するようであるが、伐採後 2 回夏を過ごすことによつて、表層の腐植は減少し、塩基は流亡し、土壌は酸性化の過程をたどることがあきらかになった。これらの関係において、B₀ > B₁ > PoII の順に土壌悪化の速度を減じているが、これは、落葉層は環境の激変から土壌を保護する buffer の役割を有していることを示している。この試験結果からも、ヒバ落葉の分解にたいしては、環境条件がきわめて大きい役割を有していることがわかり、また土壌性質にたいする植生の大きい役割についてもよく知ることができる。

8. 土壌の分布と catena の概念による土壌の分類

津軽、下北半島の土壌の水平的分布を見ると、津軽半島では下北半島に比較して褐色森林土の分布が広く、黒色土およびポドゾル土の分布が少い傾向がある。津軽半島西側では Bc-II 土壌、東側では Be-F、PoI-II 土壌、北側では B₀、PoI-II 土壌の分布が広く、また下北半島西側では B₁、B₀ 土壌、内陸部では B₀ 土壌、頸部では黒色土の分布が広い傾向があるが、このような地域的分布の特徴は、気候条件と位置、地形との関係に支配されていると思われる。

さらに、この地域の土壌は、高度を増すにつれて変化しており、海拔高の低い地域から、B₀-I、Bc-II、B₁、PoI-II、B₀、PoIII 土壌の順にあらわれている。しかしながら、各土壌のあらわれる海拔高において、津軽半島は下北半島よりも約 100 m 低く、下北半島は八甲田山よりも 200~300 m くらい低くなっている。B₀-I、Bc-II 土壌は、母材の影響をかなり強くうけているが、これらの母材の出現位置は、各地区とも大差がないから、これらの土壌においても、やはり気候の影響をうけていることは否定できない。

このように、ヒバ林地帯の土壌は、起伏および高度に基づく水分環境の差異によつて生成様式があらうので、MILNE の catena の概念を適用し、調査した各土壌をつぎのように 5 種の soil group に類別した。

- | | |
|----------------|--|
| soil group-I | 低海拔高地域の洪積世堆積物を母材とする赤褐色土壌群 (褐色森林土型-I) |
| soil group-II | 低海拔高地域の新第三紀層の新しい母材に生成した黄褐色土壌群 (褐色森林土型-II) |
| soil group-III | 山岳地形の各種母材に生成し、類似の母材において、もつともよく catena の概念が適用される土壌群 (褐色森林土) |
| soil group-IV | soil group-III 内にあらわれるポドゾルおよびグライ土壌群 |
| soil group-V | 主として soil group-I の分布地域にあらわれる黒色土壌群 |

大政の分類方法によつて類別したヒバ林地帯の各土壌を、排水状態、地形、母材によつて、以上の soil

group に整理し、soil key を作成した。

9. 土壌分布と森林分布

土壌生成に立脚して分類した土壌と森林の種類および分布とは密接な関係にあり、とくに、ヒバ林の分布および生育状態は土壌の地理的分布と関係が深い。

10. 天然生ヒバおよび主要造林樹種の成長と土壌との関係

天然生ヒバの成長と土壌との関係を見ると、乾性土壌では、幼時に旺盛な成長を示しているが、比較的早く衰えやすく、適潤性ないし湿性土壌では、遅くまで旺盛な成長を持続している。したがって、単木的には、偏湿性植質土壌では偏乾性砂質土壌におけるよりも、ヒバの成長は良好である。しかしながら、林分として見た場合には、蓄積は林齢とともに増加し、乾性土壌では湿性土壌におけるよりも本数は多いが、土壌による蓄積の差異はあまりはつきりしない。

単木的には、よく土壌条件を反映した成長を示しているから、ヒバの樹高成長によつて地位区分図を作成した。各土壌における樹高成長を、地位区分図によつて区分して見るとつぎのとおりである。

地位「上」 BE・F, Bd, Pd I・C, Pd II・S

「中」 Pd II・C, Bd(w), Bb, Pd I・S, Bc・II, Bb・I

「下」 G, Ba

天然生ヒバはポドゾル土壌でおおむね良好な生育を示しているが、このような土壌では更新は旺盛であり、ポドゾル土壌はヒバが密な純林を形成する結果生成されるものと考えられるから、良好な生育を示していても別に不思議ではない。しかも表層には比較的多量の養分を含有し、吸収根はほとんど表層に繁茂しているために、ポドゾル土壌に成立したヒバも、それほど成長には影響されないものと思う。

ヒバ林地帯の植栽木の成長を見ると、スギは BE・F, B/E・F, Fd のような湿性土壌によく、カラマツにもその傾向があるが、アカマツは低海拔高地域の赤褐色土壌によく、ヒバは湿性土壌よりも、むしろ乾性土壌において良好な生育を示している。ヒバ植栽木の生育が低海拔高地域の褐色森林土亜型-I, II 分布地域に良好であることは、ヒバの人工植栽にたいして、ある種の指針をあたえているものと思われる。

11. 土壌に立脚したヒバ林施業への意見

ヒバ林地帯における土壌と森林生育との関係からヒバ林の施業を考える場合には、ヒバ林の造成を目的とする地域とスギ、カラマツ、アカマツ林の造成を目的とする地域とにわけなければならない。すなわち、乾性ないし、ポドゾル土壌の分布地域は天然更新によつてヒバ林を造成し、そのほかの土壌では人工更新によつて有用針葉樹の増殖をはかるべきであろう。この際、低海拔高地域の湿性土壌にはスギ、適潤性および乾性土壌にはアカマツを、ヒバ林分布地域の湿性土壌にはスギ、適潤性土壌にはカラマツを、ブナ林分布地域の湿性土壌にはスギ、適潤性ないし乾性土壌にはカラマツを植栽するのが土壌的に見て無理がない。ヒバ人工林の造成には、むしろ低海拔高地域の適潤性ないし乾性土壌が適当である。

このような関係から、津軽、下北半島における将来の樹種別成立割合を想定すると、大体、広葉樹天然生林 20%、ヒバ天然生林 30%、人工林 50% の割合となり、人工林ではスギ、カラマツ林がそれぞれ 20%、アカマツ林が 10% 程度となるであろう。ただし、カラマツは諸種の病害に弱いところから、適潤性土壌にたいするスギ造林および人工補整によるヒバ林の造成について考慮する必要がある。

文 献

- 1) 明木久次郎・芝本武夫：尾鷲地方における闊葉林の施業上注意すべき土壌要素に就て，日林誌，15，(1933) p. 733~740
- 2) 青峯重範：土壌の置換酸度と加水酸度の関係に就て，日土肥誌，19，(1948) p. 87
- 3) 青木 茂：土壌と植生，(1954)
- 4) 青森県林局：後潟ヒバ林樹種更改試験地概要，(1959)
- 5) 青森県：青森県下地域別地質調査報告書，(1955)
- 6) ALWAY, F.J., KITTEREDGE, J. and METHLEY, W.J.: Composition of the forest floor layers under different types on the same soil type. Soil Sci., 36, (1933) p. 387~398
- 7) ANDERSON, M.S. and BYERS, H.G.: The carbon-nitrogen ratio in relation to soil classification. Soil Sci., 38, (1934) p. 121~138
- 8) BROADFOOT, W.M. and PIERRE, W.H.: Forest soil studies; I. Relation of rate of decomposition of tree leaves to their acid-base balance and other chemical properties. Soil Sci., 48, (1939) p. 329~348
- 9) BROWN, A.L.: Oxidation-reduction potentials in soils; I. Principles and electrometric determination. Soil Sci., 37, (1934) p. 65~76
- 10) CLINE, M.G.: Profile studies of normal soils of New York; I. Soil profile sequence involving brown forest, graybrown podzolic, and brown podzolic soils. Soil Sci., 68, (1949) p. 259~272
- 11) DOYNE, H.C.: Studies in tropical soils. Increase of acidity with depth. J. Agr. Sci., 25, (1935) p. 192~197
- 12) DE LONG, W.A. and SCHNITZER, M.: Investigations on the mobilization and transport of iron in forested soils; I. The capacities of leaf extracts and leachates to react with iron. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 19, (1955) p. 360~363
- 13) 船引貞吾・青峯重範：新撰土壌実験法，(1957)
- 14) 船引貞吾：土壌，(1958)
- 15) 林 弥栄：日本産主要樹種の天然分布 針葉樹，第 2 報，林試研究報告，55，(1952)
- 16) 橋本与良・脇 孝介：ポドゾルの化学的性質 (第 1 報)，66 日林講，(1956) p. 67~68
- 17) HEIBERG, S.O.: Nomenclature of forest humus. J. Forestry, 35, (1937) p. 36~39
- 18) HOVDEN, A., WIKLANDER, L. and MATTSO, S.: The laws of soil colloidal behavior; XXII. The thermal stability of acidoid and basoid. Soil Sci., 50, (1940) p. 65~76
- 19) 石塚喜明・佐々木清一・本間康造：北海道における catena の概念の適用について (第 1 報)，石狩平野における一例，日土肥誌，27，(1957) p. 487~491
- 20) JENNY, H.: Factors of soil formation. (1941)
- 21) JENNY, H. and LEONARD, C.D.: Functional relationships between soil properties and rainfall. Soil Sci., 38, (1934) p. 363~381
- 22) JOFFE, J.S.: Pedology. (1949)
- 23) JOFFE, J.S.: Soil profile studies; III. The process of podzolization. Soil Sci., 35, (1933) p. 239~257
- 24) 川島緑郎・永田正直・陶山源一郎：青森県下北半島に於ける森林土壌型に就て，日土肥誌，15，(1941) p. 28~42
- 25) 川村一水：土壌の分類について，農業及園芸，25，(1950) p. 11~14
- 26) 河田 杰：水戸付近における砂丘地の植生連続に関する統計的観察，日林誌，23，(1941) p. 223~234

- 27) 河田 弘: 森林土壌の化学的性質および腐植の形態に関する研究, 林土誌, 10, (1959) p. 1~108
- 28) 門脇関郎: 山背風, 東北地方の気候, 仙台管区気象台, (1951) p. 72~76
- 29) 鴨下 寛: 青森県津軽平野の土壌型について, 日土肥誌, 10, (1936)
- 30) 鏡本徳二: 森林立地学, (1930)
- 31) 菅野一郎: 土壌調査法, (1953)
- 32) 菅野一郎・松井 健・岡田久江: 北九州福岡市外香椎の赤色土, 日土肥誌, 21, (1950) p. 11~16
- 33) 菅野一郎: 日本の土壌型と NS 係数, 雨量係数との関係, 日土肥誌, 20, (1949) p. 21~23
- 34) 木立正嗣: 青森県地質説明書, (1950)
- 35) 熊田恭一: 水田土壌の腐植質に関する研究 (I), 日土肥誌, 20, (1949) p. 45~48
- 36) 弘法健三: 開墾地土壌の熟化過程における腐植の形態変化, 東大立地研究報告, 2, (1949) p. 1~7
- 37) 弘法健三: 畑土壌の化学的研究 (II), 日土肥誌, 21, (1950) p. 69~70
- 38) 弘法健三: 腐植についての覚書 (1), 日土肥誌, 21, (1950) p. 125~128
- 39) 弘法健三: 腐植についての覚書 (2), 日土肥誌, 21, (1950) p. 306~310
- 40) 弘法健三: 腐植についての覚書 (3), 日土肥誌, 22, (1951) p. 145~147
- 41) 弘法健三・赤塚 恵: 開墾地土壌の熟化過程に関する研究 (第 2 報), 熟化過程における土壌の塩基置換容量並に等電点の変化, 日土肥誌, 21, (1950) p. 107~110
- 42) 弘法健三: 土壌生産力について, 農業及園芸, 25, (1950) p. 15~18
- 43) 小坂二郎・井碓昭: 土壌型と腐植の形態との関係に関する研究 (第 1 報), 滴定法によるシモン法の応用について, 日土肥誌, 21, (1951) p. 279~282
- 44) 小坂二郎・井碓昭: 土壌型と腐植の形態との関係に関する研究 (第 3 報), 土壌層位による腐植の差異について, 日土肥誌, 23, (1952) p. 57~60
- 45) 小坂二郎・井碓昭: 腐植の結合に関する研究, 農技研報告, B 7, (1957) p. 161~182
- 46) LUNDBLAD, K.: Studies on podzols and brown forest soils; I. Soil Sci., 30, (1934) p. 137~155
- 47) LUNDBLAD, K.: Studies on podzols and brown forest soils; II. Soil Sci., 41, (1936) p. 295~313
- 48) LUTZ, H.J. and CHANDLER, R.F.: Forest soils, (1947)
- 49) 松川恭佐: 森林構成群を基礎とするヒバ天然生林の施業法, 青森営林局, (1935)
- 50) MATTSON, S.: The laws of soil colloidal behavior; IX. Amphoteric reactions and iso-electric weathering. Soil Sci., 34, (1932) p. 209~240
- 51) MATTSON, S. and WIKLANDER, L.: The laws of soil colloidal behavior; XXI. A. The amphoteric points, the pH, and the Donnan equilibrium. Soil Sci., 49, (1940) p. 109~134
- 52) MATTSON, S. and WIKLANDER, L.: The laws of soil colloidal behavior; XXI. B. The Amphoteric points, the pH, and the Donnan equilibrium. Soil Sci., 49, (1940) p. 135~153
- 53) MATTSON, S.: The laws of soil colloidal behavior; XXIII. The constitution of the pedosphere and soil classification. Soil Sci., 51, (1941) p. 407~425
- 54) MATTSON, S.: The laws of soil colloidal behavior; XI. Electrodialysis in relation to soil process. Soil Sci., 36, (1933) p. 149~163
- 55) MATTSON, S.: Electrodialysis of the colloidal soil material and the exchangeable base. J. Agr. Res., 33, (1926) p. 553~567

- 56) Mc CALEB, S.B. and CLINE, M.G.: profile studies of normal soil of New York; III. Physical and chemical properties of brown forest and gray-brown podzolic soils. Soil Sci., 70, (1950) p. 315~327
- 57) 三宅康次・田町以信男: 気候の土壌型より見たる本邦北部の土壌, 日本学術協会報告, 9, (1934)
- 58) 宮崎 楠: 四国森林植生と土壌形態との関係について, (1942)
- 59) MILNE, G.: Some suggested units of classification and mapping, particularly for East African soil. Soil Research, 4, (1935) p. 183~198
- 60) 村井三郎: 東北地方の主要造林樹種とその変種問題, 造林技術講演集, 青森営林局, (1947) p. 132~151
- 61) 村井三郎: 青森営林局管内森林植生の概要, 青森林友, 25~29, (1950~1951)
- 62) 村井三郎: 杉人工林地位別指標植物の研究, 林試青森支場, (1952)
- 63) MUCKENHORN, R.J., WHITESIDE, E.P., TEMPLIN, E.H., CHANDLER, R.F. and ALEXANDER, L.T.: Soil classification and the genetic factors of soil formation. Soil Sci., 67, (1949) p. 93~106
- 64) 森田修二: 土壌学汎論, (1951)
- 65) 守屋重政: 落葉の成分および森林土壌の変成に関する研究 (第 1 回報告), 林試研究報告, 10, (1913) p. 153~161
- 66) 中野孝正・吉川虎雄: 地形調査法, (1956)
- 67) 中塚友一郎: 樹木および稚苗の生理化学的研究 (第 3 報), 針葉の無機成分および窒素量の季節変化, 日林誌, 31, (1949) p. 121~126
- 68) NIKIFOROFF, C.C.: Soils of the phaneropodzolic group in Western Oregon. Soil Sci., 44, (1937) p. 447~466
- 69) 野本亀雄・荒木浩一・石川昌男・鎌田嘉孝・小瀬川康雄・吉岡真一: 東北地方の畑地土壌の化学的諸性質について, 東北農誌研究報告, 5, (1955) p. 30~144
- 70) 大政正隆: ブナ林土壌の研究, 林土調, 1, (1951)
- 71) 大政正隆: 北日本の天然林の土壌について, 日林誌, 22, (1940) p. 378~390
- 72) 大政正隆・森 経一: 落葉に関する二, 三の研究, 帝室林野局林試報, 3, (1937) p. 39~101
- 73) 大政正隆: スギ人工林土壌の酸度並に塩基飽和度に就て, 帝室林野局林試報, 2, (1935) p. 1~41
- 74) 大政正隆・河田 弘・河田明子: 土壌型と微生物群落との関係, 林試研究報告, 95, (1957) p. 1~70
- 75) 沖永哲一: 森林土壌の微生物学的研究 (II), ヒバ林の土壌微生物相, 日林誌, 34, (1952) p. 227~232
- 76) PURI, A.N.: Soils, their physics and chemistry, (1949)
- 77) ROBINSON, G.W.: Soils, their origin, constitution and classification, (1951)
- 78) 林業試験場・林野庁: 国有林野土壌調査方法書, (1955)
- 79) 佐々木清一・石塚喜明: 北海道における土壌の風化過程について (第 4 報), 母岩の相違が土壌の置換性塩基に及ぼす影響に就て, 日土肥誌, 23, (1953) p. 293~296
- 80) 佐々木清一・石塚喜明: 北海道における土壌の風化過程に就て (第 3 報), 母材の相違が土壌の風化型に及ぼす影響に就て, 日土肥誌, 23, (1952) p. 17~22
- 81) 佐伯直臣: 秋田の森林と羊歯の指標価値について, 秋田林曹会報, 209, (1934) p. 14~30
- 82) 佐伯直臣: 秋田の森林と羊歯の指標価値について, 秋田林曹会報, 210, (1934) p. 1~29
- 83) 斎藤孝蔵: 樹木生理, (1954)
- 84) 芝本武夫: スギ, ヒノキ, アカマツの栄養ならびに森林土壌の肥沃度に関する研究, (1952)

- 85) 芝本武夫: スギ及びヒノキ苗木の生長と土壤水分に関する研究, 日林東北支部育苗研究会記録, (1951)
- 86) SIMON, K. und SPEICHERMAN, H.: Beiträge zur Humus-untersuchungsmethodik. Bodenk. und Pflanzener. 8, (1938) p. 129~152
- 87) 四手井綱英・堤 利夫・木村隆臣: 環境の変化に依する土壤有機物の消長について (1), 65 日林講, (1956) p. 119~121
- 88) 鈴木時夫: 東亜の森林植生, (1952)
- 89) 杉本 剛・山谷孝一・並河 浩: ヒバ天然生林の樹種更改試験 (第 1 報~第 3 報), 69 日林講, (1959) p. 116~124
- 90) 須藤俊男: 粘土鉱物, (1953)
- 91) SPRINGER, U.: Zur Kenntniss der Bindungsformen der Humusstoffe besonders in Waldböden. Zeitschr. Pflanz. Düng. u. Bodenk., 45, (1936) p. 327~352
- 92) 仙台管区气象台: 東北地方の気候, (1951)
- 93) 館脇 操・吹上芳雄: 北限地帯におけるヒバ林の植生, 函館営林局, (1951)
- 94) 館脇 操: 植物の分布, (1948)
- 95) 竹原秀雄・久保哲茂・細川一信: ポドゾル土壤の酸化還元的傾向について, 68 日林講, (1958) p. 112~114
- 96) 竹原秀雄・久保哲茂・細川一信: 本曾地方における石英斑岩に由来する podzol 化土壤について, 日林誌, 39, (1957) p. 419~426
- 97) 田町以信男: 酸度の垂直的分布による灰白土の 3 型とその成因, 日本学術協会報告, 13, (1938) p. 605~607
- 98) 玉手三葉寿: 土壤中の水分と気象要素との関係, 日林誌, 4, (1928) p. 198~207
- 99) 田村昇市・山田 忍: 火山灰土の基本的断面形態について, 土壤凍結地帯における火山性土の特性に関する研究 (第 1 報), 日土肥誌, 29, (1958) p. 375~379
- 100) 高橋松尾: カラマツ林業綜説, 東京営林局, (1943)
- 101) TAMM, O.: Über die Oxalatmethode in der chemischen Bodenanalyse. Meddel. Statens. Skogarsförsöksanst., 34, (1932) p. 1~20
- 102) TJULIN, A.T.: The composition and structure of soil organo-mineral gels and soil fertility. Soil Sci., 45, (1938) p. 343~357
- 103) 堤 利夫: 林木落葉の分解について, 京大農学部演習林報告, 26, (1956) p. 59~87
- 104) THORP, J. and SMITH, G.D.: Higher categories of soil classification; Order, suborder? and great soil groups. Soil Sci., 67, (1949) p. 117~126
- 105) THORP, J.: The effect of vegetation and climate upon soil profiles in northern and northwestern Wyoming. Soil Sci., 32, (1931) p. 283~301
- 106) 内田丈夫: 北海道における針葉樹林の堆積腐植に関する研究, 林試研究報告, 114, (1959) p. 53~205
- 107) 植杉哲夫: 岩手地方赤松林の成長, 収獲ならびに施業法に関する研究, 林野序, (1952)
- 108) WAKSMAN, S.A. and STEVENS, K.R.: A critical study of the method for determining the nature and abundance of soil organic matter. Soil Sci., 30, (1930) p. 97~116
- 109) WAKSMAN, S.A.: On the origin and nature of soil organic matter or soil humus. II. Method of determining humus in the soil. Soil Sci., 22, (1926) p. 221~232
- 110) WAKSMAN, S.A.: Humus,—origin, chemical composition and importance in nature, (1936)
- 111) 和達清夫: 日本の気候, (1958)
- 112) WILDE, S.A.: forest soils and forest growth. (1946)

- 113) WILDE, S.A.: Forest soils. (1958)
- 114) WINTERS, E.: Interpretative soil classifications; Genetic grouping. Soil Sci., 67, (1949) p. 131~139
- 115) WHITE, J.W., HOLBEN, F.J. and JEFFRIES, C.D.: Influence of soil acidity on the decomposition of organic matter in soils. Soil Sci., 37, (1934) p. 1~14
- 116) 山田昌一: 微細地形開析に関する森林立地学的研究, 林野経済会, (1955)
- 117) 山谷孝一: 恐山山岳林におけるヒバ林土壤の形態について, 日林誌, 31, (1949) p. 14~21
- 118) 山谷孝一: ヒバ林地帯におけるスギの適地について, 林試研究発表会記録, (1949) p. 63~72
- 119) 山谷孝一: 津軽半島南部ヒバ林土壤について, 林土調, 5, (1956)
- 120) 山谷孝一・山田耕一郎ほか: 下北半島の土壤, 林土調, 青森営林局土壤調査報告, 3, (1959)
- 121) 山谷孝一: ヒバ林地帯の土層断面にあらわれた酸度の分布傾向について (英文), 日林誌, 35, (1953) p. 1~5
- 122) 山谷孝一: ヒバ林土壤の緩衝能について, 68 日林講, (1958) p. 128~130
- 123) 山谷孝一: ヒバ林土壤水分量の季節的变化, 日林誌, 33, (1951) p. 97~102
- 124) 山谷孝一: 山地土壤の温度について, 67 日林講, (1957) p. 116~118
- 125) 山谷孝一: ヒバ林下に出現する弱ポドゾル化土壤について (第 3 報), 土層断面における無機成分の分布, 63 日林講, (1954) p. 141~142
- 126) 山谷孝一: ヒバ種樹針葉の無機成分の季節的变化 (英文), 日林誌, 37, (1955) p. 374~378
- 127) 山谷孝一: ヒバ植栽木成長の一例, 青森林友, 6, (1950)
- 128) 山谷孝一・前田安之: 能登のアテ林, 青森林友, 34, (1951)
- 129) 山谷孝一: ヒバ人工造林に対する私見, 研究だより, 39, 林試青森支場, (1954)
- 130) 山谷孝一・山田耕一郎: ヒバ樹形に関する一考察, 林試研究発表会記録, (1949) p. 53~61
- 131) 山谷孝一: 長期浸水によるヒバ種子活力の減衰について, 青森林友, 4, (1953)
- 132) 吉岡邦二: 日本松林の群落型と発達について, 生態学研究, 11, (1948) p. 204~216
- 133) 吉田 稔: 土壤の吸着能に関する研究 (第 3 報), 塩基吸着基の吸着特性による分類とその分別定量, 日土肥誌, 28, (1957) p. 195~198

Relationship between Properties of the "Hiba" (*Thujaopsis dolabrata* var. *Hondai* MAKINO) Forest Soils and Forest Growth in the Tsugaru and the Shimokita Peninsulas.

Kôichi YAMAYA¹⁾

(Résumé)

1. This study was made in the "Hiba" (*Thujaopsis dolabrata* var. *Hondai* MAKINO) forest region of the Tsugaru and the Shimokita Peninsulas where the growth of "Hiba" is very vigorous. In this study, the writer intends to describe the characteristics of the "Hiba" forest soil and mutual relation between soils and either vegetation or forest growth.
2. The outlines of climate, geology, topography and vegetation in the area surveyed are as follows:

Climate (Fig. 1 and Table 1)---The climate of the area surveyed is intermediate between the Japan Sea type and Pacific Ocean type, and is influenced by the warm-dried westerly wind particularly strong in spring, and the cool-moist north-eastern wind (Yamase wind) prevailing in summer. The climate of the southwestern part of the Tsugaru Peninsula is generally warm and dry, and that of the eastern part of the Tsugaru Peninsula, and that of the Shimokita Peninsula are cool and moist in general. Judging from the climatic condition mentioned above of this area surveyed, it is presumed that brown forest and podzolized soils are formed.

Geology (Fig. 7)---Parent materials of soils in the lower parts of the Tsugaru Peninsula are derived from Terrace Deposit and Sandstone, and in upper parts from Shale and Tuff, and those in the lower parts of the Shimokita Peninsula from Terrace Deposit and Volcanic Detritus, and in upper parts from Volcanic Detritus, Tuff, Sandstone and Shale.

Topography (Fig. 9)---On the Tsugaru Peninsula, dissection of topography makes good progress, and the magnitude of gradient and undulation increase in accordance with altitude, and on the Shimokita Peninsula, the topography between 300 and 600 m in altitude shows an appearance of peneplain, because of the dissection making little progress, similar to volcanic topography of Mt. Hakkôda.

Vegetation (Fig. 11)---"Hiba" forests and "Hiba"--hard wood forests are widely distributed in the area, except the Red Pine forests in the lower parts and Birch forests in upper parts. In the area between 150~300 m altitude, "Hiba" grows most vigorously. The distribution area of pure "Hiba" stand is larger in the Tsugaru Peninsula than in the Shimokita.

3. Classification of soils:

Soils appearing in the "Hiba" forest regions of the Tsugaru and the Shimokita Peninsulas are classified, after a new classification system of Dr. OHMASA, into Brown Forest soil group---6 standard types, Podzol soil group---4 standard types, Groundwater soil group---1 standard type, Black soil group---4 standard types and Immature soil group---2 standard types. In this study, furthermore, soils of both reddish-brown and yellowish-brown profile were distinguished from normal brown forest soil, and treated as subtype of brown forest soil. Besides, to meet the actual conditions, the intermediate types of biased dried and biased wetted soils, and subdivided forms of sandy and clayey types were used.

4. Soil properties:

- 4-1. Moisture conditions of each soil (Fig. 12~18)---From the data of each soil based on the difference of water-environment, it is clear that moisture content of dried soil is less than that of moderately moist and wetted soils; and in podzol soils, that of sandy

type is less than that of clayey type. Comparing the water-holding capacity and adsorptive power of these soils with each other, it is found that dried soils is abnormal to adsorptive power of water, because of less deficiency to saturation (difference between water-holding capacity and moisture content) and larger air capacity, but the others (moderately moist and wetted soils) are normal in general. The properties of podzol soil are situated between the dried and the wetted soils.

The conditions of water-holding capacity and adsorptive power of water in the dried, moderately moist and wetted brown forest soils, podzolized soils and gley soils coincide with different soils originating from the various water-environment. In view of the above, it is found that soil moisture is greatly influenced by change of micro-relief rather than seasonal variation of soil moisture.

- 4-2. Clay contents of each soil (Fig. 19)---Clay contents of soils are not related to the soil classified by water-environment, but are related to parent material. That is, clay contents of soils derived from Sandstone are less than those derived from Shale, Tuff and Volcanic Detritus.

- 4-3. Morphology and decomposition of humus layer (Fig. 20~21)---The thickness of humus layer appearing in the natural forest coincides with soils classified by originating water-environment in general, that is, the humus layers of dried soil and podzolized soil are thicker, that of moderately moist and wetted soils is thin, and in gley soil and black soil, it is scarcely seen. And, in the subtypes of brown forest soil appearing in the lower part, the thickness of humus layer does not concur with water-environment, because of frequent cutting. While A₀ layers of soils appearing in the "Hiba" forest are largely composed of H-layer, those in other forests are composed of F-layer in general. Judging from the morphological feature of A₀-layer, dried brown forest and dried sandy podzolized soils belong to fibrous mor, wetted clayey podzolized soil to greasy mor, and wetted brown forest soil to coarse mull. Since the thickness of A₀-layer is related to the degree of decomposition of fallen leaves, that of A₀-layer considerably accords with the carbon-nitrogen ratio. However, carbon-nitrogen ratios of black soil and gley soil are larger in spite of lack of A₀-layer.

- 4-4. Types of humus (Fig. 22~29 and Table 2~7)---The writer examined the nature and form of humic substance of each soil after SIMON's method. He calculated Präzipitation Quotient—PQ and Huminsäure Quotient—HQ of NaF- and NaOH-extracts, and investigated the humic acid, fulvic acid, rotted material (SIMON's Rotteprodukte) in different soils. Humic acid exists clearly more in the dried than in the wetted of the brown forest soil, and it occurs most in the podzolic soils. Moreover, humic acid exists generally more in each soil appearing in the "Hiba" natural forest than in the other forest. SIMON said that humic acid of NaF-extract is true humic acid, and that of NaOH-extract is rotted material. From the results of the writer's experiment, it is also presumed that the greater part of humic acid of NaF-extract is true humic acid because its HQ is higher, and that of NaOH-extract is rotted material because HQ is very low. From the results of experiments on brown forest, podzolic and gley soils, it is found that the degree of humification in NaF-extract is lower in order of dried > moderately moist, wetted > super-wetted soils, and that in NaOH-extract is lower in order of wetted > moderately moist, dried > super-wetted soils. The writer has some question about higher HQ of H-layer in the dried brown forest and podzolic soils, which require further examination being conducted.

Because of the change of content of NaOH-soluble humic material of both acid-treated and -untreated soils, the writer examined the combined form of humic acid and metallic ion in each soil. He found that NaOH-soluble humus content in acid-treated is generally more reduced than that in untreated in the brown forest soils, except in Br-soil and in podzolic soils, and such tendency is still more emphasized in the case of NaOH-soluble fulvic acid. Accordingly, it is presumed that humic acid of brown forest soil appearing in the "Hiba" forest tends to be associated with trivalent ion rather than with divalent ion, that of Br-soil with divalent ion, and that of podzolized soil is clearly associated with trivalent ion.

(1) Tôhoku Branch Station, Government Forest Experiment Station, Morioka, Japan.

Since acid-soluble humus is of lower molecular, it is clear that humus of lower humification exists more in humus material in the "Hiba" natural forest soil. Moreover, humic acid in the "Hiba" forest soil is mostly of SIMON's B-type, but that in other forest soils consists of A- and B-types in general.

Since the degree of humification is related to base content, it is found that humification of soils with poor base content is generally lower; rotted material accumulates independently, and consequently carbon content increases. As regards the distributions of humic and fulvic acids in each soil profile, the writer found that humic acid decreases according to depth. There are the following three types of fulvic acid: in the first type fulvic acid decreases from surface to lower layer (brown forest soil), in the second type fulvic acid slightly accumulates in B₁-horizon (slightly podzolized soil) and in the third type minimum and maximum of fulvic acid exist in A₂ and B₁-horizon respectively. Since the fulvic acid moves more easily than the humic acid does, it is presumed that fulvic acid plays an important part in podzolization.

4-5. Soil reaction of each soil (Fig. 30~40)...Comparing the pH value of each soil, it is found that in the brown forest soil, the pH value of the dried soil is lower than that of the wetted one, and that of podzolized soil is low in general. Since the above tendency coincides with content of exchangeable calcium and the degree of base-saturation, it is considered that pH value is mainly related to base content. However, in view of the change of pH value in profile, it is found that does not always depend on base content, organic acid derived from acid humus being related to the pH value.

The tendency of exchange acidity in each soil is similar to that of pH value. The writer has found that values of exchange acidity are controlled by the content of both exchangeable base and base-absorbed complex (humus, clay), while in the surface layer it is influenced by the accumulation of exchangeable calcium, in the lower layer, by the content of unsaturated inorganic colloids.

Considering now the tendencies of distribution of exchange acidity (y_1) in each profile, the following three types are recognized: the first shows gradual decrease with depth, the second gradual increase with depth, and the third has a maximum in B-horizon. The writer believes that the tendency of exchange acidity shows the condition of soil genesis, because that is related to the base status, accumulation of acid humus, and the degree of unsaturation of parent material.

4-6. Exchangeable base content and base-exchange capacity (Fig. 41~49 and Table 8~9)...Reviewing the analytical data of each soil, it is found that contents of exchangeable base and the degree of base saturation are clearly in accord with classified soils on the basis of water-environment.

Comparing the distribution of base exchange capacity in each soil profile, the writer recognizes the following types: the first does not change or increase with depth, the second decreases with depth, and the third has a maximum in B-horizon. The value of exchange capacity is controlled by contents of humus and clay in the exchange complex. The "Hiba" forest soils are rich in acid humus in particular, and humus plays an important part in the action of humus to exchange capacity.

Comparing the proportion of contents of exchangeable base, the writer finds that content of divalent base is much higher than that of the monovalent in humus-rich surface layer, but that of base in humus-poor lower layer is opposite to that of surface layer. He considers that the result above mentioned is due to the following facts; firstly, bases derived from fallen leaves are, for the most part, divalent base; secondly, the base-adsorbed complex of surface layer mostly consisting of the humus has not a crystalline structure, while that of the lower layer mainly consisting of mineral clay has a specific crystalline structure.

The types of distribution of exchange base in soil profile are controlled by the degree of leaching, and four types are classified.

4-7. Amphoteric reaction of each soil (Fig. 50~51 and Table 10)...MATTSON said that amphoteric reaction of soil, based upon activities of acidoid and basoid groups, offers a simple, direct and scientific expression for the podzolization of a soil. Judging from

experimental results of the "Hiba" forest soil, it is presumed that amphoteric reaction of the "Hiba" forest soil, belongs to MATTSON's cationic solvation and eluviation group, and that is related to a cationic soil complex, especially Al content, and to a humus acidoid.

4-8. Oxidation-reduction potentials-Eh of each soil (Fig. 52~61)...Comparing the oxidation-reduction potentials-Eh of each soil, the writer finds that those of the dried-Bu, Po1-s are relatively higher and those of the wetted-Br, G relatively lower. As for a drop of Eh in water-logged condition, it is extremely large in the humus-rich surface layer, but is nearly constant in humus-poor lower layer. The writer presumes that a remarkable reductive condition of humus-rich soil under water-logging condition is due to activities of microorganisms. Reviewing the seasonal change of Eh, he finds that Eh values of each soil clearly drop from June to August, but rise in October, and such tendency clearly appears in B-horizon. This fact may be due to activities of microorganisms and decomposition of humus in summer. Values of Eh are closely related to pH values, generally decreasing with the increase of pH value.

4-9. Leaching and accumulation of mineral colloid (Fig. 62~65 and Table 11~12)...Calculating the molecular ratio in the quantities of SiO₂, Al₂O₃ and Fe₂O₃ dissolved in hot hydrochloric acid, he finds that in brown forest soil-subtypes hardly influenced by "Hiba" forest, SiO₂:Al₂O₃ and Fe₂O₃:Al₂O₃ ratios are almost uniform from surface to lower layers, but in brown forest soils influenced by "Hiba" forest, these ratios decrease with depth of profile; the tendency is especially remarkable in podzolized soils strikingly influenced by "Hiba" forest. In view of the above, it is clear that Al₂O₃ and Fe₂O₃ are leached from surface layer with the advance of podzolization, and moreover, Al₂O₃ is easily leached and more deeply accumulated than Fe₂O₃. The movement of mineral colloid in the profiles of each soil becomes more clear through the measurement of mineral gels soluble in acid ammonium-oxalate solution after TAMM's method, and the measurement of mineral constituents of clay fraction derived from Volcanic Detritus at Osoreyama district.

5. Relationship between water-environment and soil properties: (Fig. 66~74 and Table 13~14)...The writer believes that the change of soil condition is controlled by local relief, the difference of which is attended with the change of soil moisture and soil temperature.

1) Reviewing the seasonal variation of soil moisture in the ridge, middle slope, and lower slope, the writer finds that the water adsorptive power of surface layer of the dried ridge soil diminishes when it is dried in May or August, and the seasonal distribution of soil water of the wetted soil in the lower slope has a seasonal divergence from the changes of climate elements, because of the influence of run-off water along a slope. This being so, he considers that soil moisture is controlled by climatic elements...precipitation and evaporation...and at the same time, is influenced by change of soil property itself owing to the difference of micro-climate.

2) Since the soil temperature is related to the atmospheric temperature, the variation of soil temperature is greater in the surface layer. Comparing the change of soil temperature in each soil, he finds that it decreases with depth from June to August, but in the lower layer it gradually increases from September to October. In general, the temperature of the dried soil is higher than that of the others from spring to summer; on the contrary, that of the wetted soil is higher in autumn. For this reason, the writer considers that soil rich in water with high specific heat is hard to get warm, and to grow cold.

3) As stated above, the condition of moisture and temperature is greatly different between locally arid and locally humid land. The writer believes that such a feature of soil climate is related to soil genesis and soil properties.

4) Accordingly, considering the analytical results, he finds that with the increase of soil moisture, organic matter decomposes, humus content decreases, exchange capacity becomes lower, and exchangeable calcium content gradually increases. The writer believes that such a tendency is general in the forest soil, water condition of which is greatly controlled by micro-relief.

6. Two types of podzolized soil appearing in the "Hiba" forest: (Fig. 75~77 and Table

15~16)---Podzolized soils appearing in the "Hiba" natural forest are classified into two types: biased dried type and biased wetted type. The writer considers that the former has developed from B_h-soil and the latter from B_o (w)-soil respectively. Since the dried podzolized soil accumulates humus and sesquioxide, and the wetted podzolized soil accumulates sesquioxide, the former is classified into iron-humus podzol type, and the latter into iron podzol type.

Moreover, accumulated layer of the wetted podzolized soil is poor in humus, and is rich in aluminium and monovalent base. This leads the writer to presume that this phenomenon is due to the fact that as this type is very clayey, leaching in the vertical direction is difficult, and podzolization is hard to develop.

From the above experimental result of each soil, it is clear that owing to the accumulation of acid humus, ultimate pH of surface layer reduces, and sesquioxide becomes mobile. The process of podzolization in natural condition has been proved by means of the electrodialysis of soils with added watersoluble humus material extracted from H-layer of the "Hiba" forest soil.

7. Mutual relationship between soils and forests:

7-1. Mutual relationship between soils and ground vegetations (Fig. 78~80 and Table 17~21)---The writer found that there is an intimate relation between various soils classified by moisture condition and natural ground vegetation. As to the ground vegetation in the present study, especially characteristic plants appearing in the "Hiba" forest are different from that of oak or beech forests in the "Hiba" forest region. Having in mind that the species of fern plant distribute in close relation with the change of moisture condition, it can be said that their value as plant indicator is considerably high in such dense forest as that of "Hiba". For instance, *Pteridium aquilinum* dominates under the oak forest of lower altitude region; and in the "Hiba" forest, *Blechnum niponicum* in the dried soil, *Plagiogyria Matsumureana*, *Dryopteris mulica*, *Dryopteris Sabaei* and *Dryopteris dilatata* in the moderately moist soil, *Dryopteris africana*, *Dryopteris crassirhizoma*, *Polystichum Standishii* and *Polystichum tripteris* in the wetted soil, and *Osmunda cinnamomea* in the ground water soil are characteristic respectively.

7-2. Chemical composition of the "Hiba" needle leaves and condition of their decomposition: (Fig. 81~82 and Table 22~27)---The writer believes that fallen leaves accumulated on the surface layer have a great influence on the morphology and nature of soil, and especially, in the dense forest of "Hiba", the process of decomposition of fallen leaves is greatly related to the morphology and nature of soil. Therefore, he experimented on the organic and mineral ingredients of needle leaves of "Hiba", Japanese Cedar, Japanese Larch and Japanese Red Pine. Consequently, he found that needle leaves of "Hiba" are slightly poor in P₂O₅ and K₂O, and rich in lignin compared with those of Japanese Cedar and Japanese Red Pine. Accordingly, chemical composition of "Hiba" needle leaves is generally similar to that of Japanese Cedar, and as to the "Hiba" needle leaves, the special feature which hinders the decomposition of fallen leaves has not yet been found.

As is well known, fresh leaves of "Hiba" fallen on the surface of the ground become L-layer, and L-layer gradually changes into F- and H-layer according to the process of decomposition. Owing to such morphological change of the "Hiba" needle leaves, SiO₂, R₂O₃, lignin, crude-protein, nitrogen and humic acid contents in needle leaves tend to increase from fresh leaves to H-layer, and base, wax, resin, cellulose and fulvic acid contents decrease. Especially, it is interesting to note that monovalent base-K₂O, Na₂O contents decrease remarkably in L-layer, divalent base-CaO content decreases extremely in F-layer, and MgO content gradually decreases from L- to H-layer.

Considering the experimental result of decomposition of the fresh and fallen leaves of "Hiba", Japanese Cedar, Japanese Red Pine and Japanese Larch in controlled condition (27°C, incubation), the writer found that rate of decomposition in fresh leaves is higher in order of Japanese Red Pine < "Hiba" and Japanese Cedar, and that in fallen leaves is higher in order of Japanese Red Pine < "Hiba" and Japanese Larch <

Japanese Cedar. From these facts it is not to be considered that decomposition of the "Hiba" needle leaves is especially poor.

Thus, in chemical composition and the rate of decomposition in controlled condition, "Hiba" needle leaves are not greatly different from those of the other conifers. However, the condition of decomposition of needle leaves of the "Hiba" natural forest in the locally arid environment is very poor compared with that in the Japanese Cedar natural forest. Therefore, the writer wants to emphasize that the progress of decomposition of the "Hiba" fallen leaves is greatly controlled by environmental condition as well as the water-environment and cover-degree of forest.

Since the base content in soil profile of the "Hiba" forest soil is clearly higher in surface layer, it is considered that the base of the "Hiba" forest soil is derived from the mineralization of fallen leaves in general. As for the rate of base contents of various soils, divalent base is considerably rich in surface layer, whereas monovalent base is rich in lower layer. And, it is found that in base contents of surface layer, the sequence of divalent base < monovalent base, divalent base = monovalent base and divalent base > monovalent base appears from strong leaching to weak leaching. Magnesium is generally hard to leach, but monovalent bases are easily leached, and are constantly provided from the fallen leaves.

7-3. The condition of decomposition of the "Hiba" fallen leaves under natural condition, and effects on soil properties: (Fig. 83~91 and Table 28~31)---From the foregoing, the "Hiba" needle leaves are generally similar to those of Japanese Cedar in both chemical composition and process of decomposition under controlled condition, but since the accumulation of litter layer of mor type is thick in the "Hiba" natural forest, podzolized soil consequently appears. While the decomposition of fallen leaves in the dense forest of "Hiba" on the ridge is very poor, that in the sparse forest of the other species is normal. Accordingly, the writer considers that the thick accumulation of litter layer under the "Hiba" natural forest is greatly controlled by the local environment-cover degree of forest and water environment. Therefore, he examined both changes of morphology of A₀-layer and soil properties through the cutting of the "Hiba" forest in B_h- and P₀II-soil of mor-type humus, and B_o-soil with humus poorly accumulated. The results are as follows:

Morphology and nature of litter layer greatly change in the second year after cutting of the "Hiba" forest. That is, from the experimental results, it is clearly recognized that in the B_h- and P₀II-soil rich in accumulated humus, soil properties are momentarily improved, but humus and base contents of surface layer decrease, and acidity gradually increases in the second year. The degree of deterioration in soil properties decreases in order of B_o > B_h > P₀II-soil. The writer believes that the above facts are caused by the buffer actions of A₀-layer which protect the change of soil properties from environmental changes.

Accordingly, from the results of this examination, it is found that the degree of decomposition of the "Hiba" litter is greatly governed by the environmental condition, and the soil properties are also greatly influenced by the condition of vegetation.

8. Distribution of each soil and soil classification after the concept of MILNE's catena: (Fig. 92~107 and Table 32~42)---From the horizontal distribution of each soil in the Tsugaru and the Shimokita Peninsulas, it is found that on the Tsugaru Peninsula, the distribution of brown forest soil is wide, and that of black and podzolized soils is limited compared with those of the Shimokita Peninsula. Generally, on the Tsugaru Peninsula, the distribution of B_h-II-soil is characteristic in the western part, B_h-F-, P₀I-II-soils in the eastern, and B_o-, P₀I-II-soils in the northern, and on the Shimokita Peninsula, the distribution of B_h-, B_o-soils is characteristic in the western part, B_o-soil in the center, and black soil in the neck part. The writer believes that such tendencies of distribution in each region are due to the conditions of climate, situation and topography.

Moreover, soils of the area surveyed change with the increase of altitude, and B_h-I, B_h-II, B_h, P₀I-II, B_o and P₀III-soils appear in regular succession from the lower to higher altitude regions. However, considering the altitude of soil distribution, the writer

recognized that on the Tsugaru Peninsula, respective altitudes of each soil are lower than those on the Shimokita Peninsula by about 100m., and those on the Shimokita Peninsula lower than those in Mt. Hakkōda by 200~300 m.

Since the appearance of each soil in the "Hiba" forest region is characterized by the difference of water-environment originated from relief and altitude, the writer has classified different soils of the area surveyed, after a concept of MILNE's catena, into the following 5 soil groups:

Soil group-I...Reddish brown soil group derived from Diluvium in the lower altitude region (Brown forest soil, subtype-I)

Soil group-II...Yellowish brown soil group derived from the recent material of Tertiary Period in the lower altitude region (Brown forest soil, subtype-II)

Soil group-III...Soil group derived from various parent materials in the mountain region (Brown forest soil). To each of these parent materials, a concept of catena well applies.

Soil group-IV...Soil group of podzolized and gley soils appearing in the area of soil group-III.

Soil group-V...Soil group of black soil appearing in the area of soil group-I.

The writer has thus arranged different soils classified after OHMASA's new classification system, applying to the 5 soil groups given above, and he has prepared a soil key.

9. Relationship between soil distribution and forest distribution: (Fig. 108)...In this study, the writer found that various soils classified on the basis of soil formations have greatly controlled the kind and distribution of the natural forests, and further, that distribution and growth of the natural "Hiba" is related to the geographical distribution of soils.
10. Relationship between soils and growth of natural "Hiba" and principal planted trees: (Fig. 109~119 and Table 43~44)...With regard to the relation between growth of natural "Hiba" and soil types, it is found that its growth on the dried soil is comparatively rapid in the early stage, but soon becomes slow, whereas growth on the moderately moist and the wetted soil continues vigorously to later years. Accordingly, comparing the growth of individual trees, the writer found that the growth of natural "Hiba" in wet-clayey soils is better than that in dried-sandy soils. However, the standing crop of forest increase with ages, and its difference on each soil is not clear.

Since the growth of individual trees greatly reflects soil condition, the classification of fertility due to the increment of height of the natural "Hiba" is possible. Thus, the writer has made a diagram of division of fertility in the "Hiba" natural forest region. The fertility of natural "Hiba" in each soil is as follows:

upper class BE-F, Bd, PD I-C, PD II-S.

middle class PD II-C, Bd(W), Bb, PD I-S, BC-II, Bb-I.

lower class G, Ba.

As can be seen from the above, it is significant that growth and regeneration of the natural "Hiba" is vigorous in the podzolized soil in general. Perhaps, we may observe, such phenomena are in conflict with the soil property. However, since the writer considers that the podzolized soil is formed by the formation of pure stand of the natural "Hiba", and surface layer of such soil is considerably rich in nutritious substances, and moreover, rootlets of the natural "Hiba" are very abundant in the surface layer, it is not strange that growth of the natural "Hiba" is generally better in the podzolized soil.

Reviewing the growth of planted trees in the "Hiba" natural region, the writer found that the growth of Japanese Cedar is large in the wetted soils...BE-F, B/E-F, Fd-soils...that of Japanese Larch is also about the same as the former, that of Japanese Red Pine is better in the reddish brown soil appearing in the lower altitude region, and that of "Hiba" is better in the dried soil than in the wetted one. Judging from the fine growth of planted "Hiba" in the brown forest soil subtype-I of the lower altitude region, the writer considers that plantation of "Hiba" is preferable in the lower altitude rather than in the higher altitude region.

11. The writer's opinion from the viewpoint of soil property on forest management: (Fig. 120~122)...As for the management of the "Hiba" natural forest based on the relation between the soil property and forest growth, the writer considers that the region to be regenerated with the natural "Hiba" must first be distinguished from these for the other conifers. That is, he wishes to recommend that the "Hiba" natural forest should be grown in the dried brown forest and podzolized soil, and other coniferous trees in other soils. As for plantation, in the lower altitude region, Japanese Cedar should be planted in the wetted soil, and Japanese Red Pine in the moderately moist and dried soil respectively, and in the Japanese Beech forest region, Japanese Cedar should be planted in the wetted soil, and Japanese Larch in the moderately moist and dried soil respectively.

As stated above, the plantation of "Hiba" is suitable to the moderately moist and dried soil in the lower altitude region. Judging from the proportion of each forest in future of the area surveyed, the writer estimates broad-leaved natural forest to be 20%, "Hiba" natural forest 30%, and planted forest 50%, and of the planted forests, Japanese Cedar and Japanese Larch are each 20%, and Japanese Red Pine 10%.

付表 1. 土壌の分析成績 (1).
Analytical data of each soil (1).

土壌 番号 No.	場所 Location	土 壤 Soil	層 位 Horizon	圧結度 Com- pactness %	容水量 Water- holding capacity %	含水量 Moi- sture content of fresh soil %	飽 差 Defici- ency to satura- tion %	孔隙量 Porosity %	最少 容気量 Air capacity %	機 械 的 組 成 Mechanical composition			pH (H ₂ O)	置換酸性 Ex- change acidity y ₁	加水酸性 Hydro- lytic acidity y ₁	置換性 石灰 Exch- angeable Ca m.e.
										砂 Sand	シルト Silt	粘土 Clay				
1	田名部 5 い	Ba	H Am B ₁ B ₂	69.7 78.0 75.8	19.1 22.2 43.7	19.1 21.0 30.0	0 1.2 13.8	78.6 68.4 70.2	59.5 46.2 26.5	— 47.5 59.7	7.0 12.5 13.7	45.5 27.8 30.5	3.79 3.63 3.97	33.7 47.5 28.8	150.0 185.0 57.5	3.15 1.00 0.55
2	飯詰 46 い	Ba-I	Am B ₁ B ₂ B ₃	105.6 53.8 77.8 68.3	26.0 21.3 34.8 43.5	23.5 18.7 30.4 38.7	2.5 2.6 4.4 4.8	72.7 79.1 68.5 65.7	46.7 57.8 33.7 22.2	52.2 24.1 15.8 9.8	36.1 32.4 32.7 35.1	11.7 43.5 51.5 55.1	4.28 4.48 4.72 4.52	41.0 69.0 91.0 103.0	97.5 100.0 97.5 105.0	7.99 6.33 2.33 3.66
3	内真部 4 い	Ba	H A B C	42.0 58.8 83.8 84.8	64.2 22.0 62.4 53.7	25.2 21.0 45.4 28.7	39.0 1.0 17.0 25.0	91.0 79.1 69.2 55.4	26.8 57.1 6.8 1.7	— 85.1 68.3 85.0	— 1.9 16.8 9.6	— 13.0 14.9 5.4	3.42 4.11 4.92 5.53	41.7 31.2 14.4 4.9	243.5 132.5 82.5 32.5	5.06 0.87 0.63 0.52
4	中里 5 に	Ba-I	A B ₁ B ₂ B ₃ C	58.1 90.7 106.7 119.3 120.2	20.3 34.8 39.5 38.0 46.5	18.3 31.9 35.2 28.8 38.7	2.0 2.9 4.4 9.2 7.9	83.5 64.3 58.4 47.5 48.7	63.2 29.5 18.9 9.5 2.2	64.6 38.7 43.1 49.4 —	16.9 47.5 14.3 36.7 17.0	18.5 47.5 47.0 36.7 33.6	5.39 4.17 5.14 5.22 5.12	4.1 41.3 35.1 28.9 26.3	140.0 180.0 155.0 125.0 130.0	16.41 7.13 7.49 6.42 6.06
5	大間 67 い	Bc	F A B ₁ B ₂ B ₃	65.3 72.5 75.4 120.0	53.2 57.2 58.2 52.1	41.2 44.2 42.8 40.1	12.0 13.0 15.4 12.0	79.8 78.4 67.3 52.7	26.6 21.2 9.1 0.6	— 58.2 — —	— 30.4 — —	— 11.4 — —	5.03 4.72 5.59 6.03	5.0 27.5 18.6 11.8	148.0 96.5 67.6 36.3	— 1.80 0.56 0.69
6	中里 4 は	Bc(d)-II	HA B ₁ B ₂ B ₃ C	34.0 75.7 88.0 106.7	53.6 27.3 39.7 48.9	26.6 22.3 29.2 39.9	27.0 5.0 10.5 9.0	87.3 70.5 65.6 54.7	33.7 43.2 25.9 3.8	— 53.2 51.1 61.1	— 21.1 21.9 21.7	— 25.7 27.0 17.2	3.82 5.61 5.88 5.90	6.9 23.0 17.0 8.5	190.0 96.0 55.0 30.0	20.40 6.40 1.40 1.20
7	飯詰 32 に	Bc(d)-II	H A B ₁ B ₂ C	32.7 74.6 75.6 86.5 96.6	13.6 26.6 31.7 49.6 52.2	12.1 26.1 24.5 30.5 29.5	1.5 0.5 7.2 19.1 22.7	86.6 75.2 70.3 63.8 57.5	73.0 48.6 38.6 13.7 5.3	81.2 71.6 82.4 85.3 —	4.5 19.2 12.9 11.7 —	14.3 9.2 4.7 3.0 —	3.82 4.31 4.79 5.28 5.48	6.9 23.0 17.0 8.5 —	190.0 96.0 55.0 30.0 —	20.40 6.40 1.40 1.20 —
8	飯詰 36 い	Bc-II	B ₁ B ₂ C	96.1 101.4 117.6	51.2 52.3 60.1	34.7 43.7 47.8	16.5 8.6 12.3	60.8 60.9 64.8	9.6 8.6 4.7	14.8 6.4 12.5	54.7 48.8 45.9	30.5 44.8 41.6	4.22 5.26 5.57	31.0 26.0 27.0	65.0 47.5 50.0	1.06 3.12 2.43

土壌 番号 No.	場所 Location	土 壤 Soil	層 位 Horizon	圧結度 Com- pactness %	容水量 Water- holding capacity %	含水量 Moi- sture content of fresh soil %	飽 差 Defici- ency to satura- tion %	孔隙量 Porosity %	最少 容気量 Air capacity %	機 械 的 組 成 Mechanical composition			pH (H ₂ O)	置換酸性 Ex- change acidity y ₁	加水酸性 Hydro- lytic acidity y ₁	置換性 石灰 Exch- angeable Ca m.e.
										砂 Sand	シルト Silt	粘土 Clay				
9	中里 24 い	Bc-II	B ₁ B ₂ C	77.4 110.3 113.4	32.6 52.4 50.9	20.3 42.1 44.6	11.8 10.2 6.2	69.2 54.9 51.3	36.7 2.5 0.7	30.7 20.4 20.0	46.2 44.6 43.4	23.1 35.0 36.6	5.09 5.49 5.30	15.0 20.1 24.2	38.8 32.8 40.0	0.80 0.40 0.40
10	飯詰 31 と	Bc(w)-II	H A B ₁ B ₂ G	44.3 101.0 128.2	15.5 50.7 37.4	4.0 27.0 27.6	11.5 23.7 9.8	75.8 58.3 46.9	60.3 7.6 9.5	52.4 59.4 67.9	— 27.7 24.2	— 19.9 16.4	— 5.09 5.28	— 5.6 11.0	— 75.0 40.0	8.80 4.60 0.40
11	田名部 77 い	Ba	A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	64.2 61.1 65.6 75.7	64.2 72.5 68.3 65.8	44.4 60.3 50.4 45.8	19.8 12.2 17.9 20.0	81.0 82.0 80.7 77.5	16.8 9.5 12.4 11.7	38.2 50.6 48.6 40.5	15.6 13.6 17.7 20.7	36.2 35.8 33.7 38.8	4.47 4.81 5.29 5.29	5.1 41.3 23.8 12.5	190.0 135.0 70.0 50.0	1.11 0.79 0.55 0.45
12	田名部 一般民地	Ba-I	A B ₁ B ₂	77.9 86.7 102.2	55.3 61.0 57.9	44.3 46.3 47.9	11.0 14.7 10.0	70.3 71.6 63.6	15.0 10.6 5.7	53.5 45.5 27.0	6.0 7.4 19.0	40.5 47.1 54.0	5.34 4.98 5.17	12.5 7.5 22.5	40.0 32.5 37.5	2.49 0.33 1.19
14	鷺野沢 273 い	Bo(d)	A B ₁ B ₂	65.7 78.2 91.8	70.4 78.5 72.7	44.9 57.0 63.7	25.5 18.5 9.0	76.0 77.2 67.6	5.6 1.7 -5.5	60.4 — —	29.1 — —	10.5 — —	5.43 5.32 5.80	3.9 7.5 3.8	47.9 43.1 21.9	7.85 2.14 0.71
14	喜良市 47 い	Bo(w)	H* A* B ₁ B ₂	64.4 68.9 73.3 81.0	87.9 78.3 66.3 65.6	75.4 71.1 57.0 55.1	12.5 7.2 9.3 10.5	82.5 76.4 74.7 72.0	-5.4 -1.9 8.4 6.4	— 40.2 60.9 59.5	— 19.3 15.2 13.0	— 40.5 23.9 27.5	5.46 5.56 5.93 6.04	— 8.3 6.0 5.0	— 82.5 65.0 47.5	5.71 1.41 0.65 0.99
15	田名部 62 い	Bo(w)	HA B ₁ B ₂	115.7 65.9 66.3	73.1 70.1 66.3	59.1 61.0 48.2	14.0 9.1 18.1	78.3 80.2 76.1	5.2 10.1 9.8	— 57.4 56.7	— 14.1 15.6	— 28.5 27.7	— 5.00** 5.40** 5.80**	32.5 22.5 7.5	— — —	5.71 2.13 1.06
16	内真部 23 い	Ba	A ₁ A ₂ B	61.0 70.8 93.6	72.9 65.9 56.4	39.3 37.3 35.7	38.6 28.6 20.7	81.1 75.4 64.8	8.2 9.5 8.4	75.5 70.6 76.5	16.0 21.4 15.2	8.5 7.7 8.3	6.21 6.47 6.60	1.0 3.8 1.0	— — —	24.96 12.12 4.63
17	中里 4 い	Ba-I	A B BC	44.5 87.6 103.7	75.6 68.3 52.2	34.1 46.8 40.7	41.5 21.5 11.5	84.0 64.2 57.0	8.4 -4.1 4.8	55.6 53.4 42.8	23.0 29.4 27.8	21.4 17.6 2.27	6.30 6.48 5.73	1.0 1.0 7.2	100.0 100.0 115.0	20.20 11.00 3.60
18	内真部 17 に	Ba	A ₁ A ₂ B ₁ B ₂ C	51.4 56.9 75.0 97.8 106.6	81.3 74.0 66.0 61.2 59.3	46.8 55.5 54.5 54.7 54.3	34.5 18.5 19.4 6.5 5.0	83.4 74.7 67.6 56.5 56.1	2.1 0.7 1.6 -4.7 -3.2	59.9 54.0 65.9 68.3 58.8	20.2 24.8 14.7 20.7 28.4	19.9 21.2 14.7 11.0 12.8	6.22 7.54 6.42 6.60 6.40	0.9 1.3 2.0 4.0 7.0	55.0 35.0 32.5 32.5 32.5	30.20 13.97 6.85 6.20 7.00

土壌 番号 No.	場所 Location	土 壤 Soil	層 位 Horizon	圧縮度 Com- pactness %	容水量 Water- holding capacity %	含水量 Moisture content of fresh soil %	飽和 Defici- ency to satura- tion %	孔隙率 Porosity %	最少 容積量 Air capacity %	機械的組成 Mechanical composition			腐 植 Humus %	pH (H ₂ O)	置換酸度 Ex- change acidity y/l	加水酸度 Hydro- lytic acidity y/l	置換性 石 灰 Exchan- geable Ca m.e.
										砂 Sand	シルト Silt	粘土 Clay					
19	喜良市 501	PbI-s	H A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	42.0 43.1 86.7 74.1 103.5	61.9 68.4 67.5 71.5 60.8	48.8 52.2 62.0 67.5 56.2	13.1 16.2 5.5 4.0 4.6	90.2 89.6 71.9 75.5 66.7	28.3 21.2 4.4 4.0 5.9	— 46.5 52.9 61.4 70.6	9.8 18.2 6.5 12.3	— 43.7 28.9 32.1 17.1	93.06 54.09 21.76 8.73 3.64	4.60 5.21 5.18 4.98 6.02	37.5 20.0 7.9 18.0 1.8	— — — — —	3.94 — 0.21 0.22 0.22
20	田名部 791	PbI-c	H A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	37.2 88.2 — 64.4 41.1	64.7 72.7 — 73.6 72.5	48.2 70.7 — 71.1 66.3	16.5 2.0 — 2.5 6.2	88.3 75.0 — 74.3 72.5	23.6 2.3 — 0.7 0	— 55.5 10.5 13.9 23.4	— 10.8 32.7 30.4 15.7	— 33.7 56.8 55.7 57.9	55.09 20.33 31.04 14.27 3.89	3.59 4.70 4.41 4.31 4.30	62.5 17.5 91.3 106.0 53.8	406.3 92.5 130.0 150.0 87.5	4.71 0.72 0.63 1.80 0.22
21	大 畑 188	PbI	H A ₂ B ₁ B ₂	26.3 76.2 70.3 89.4	62.8 39.2 50.6 63.8	41.5 33.2 44.3 52.8	21.3 4.0 6.3 11.0	75.0 83.7 78.4 82.7	12.2 41.5 27.8 18.9	— 56.0 55.2 — —	— 30.0 26.6 — —	— 14.0 17.2 — —	82.62 17.18 4.48 — —	3.94 4.63 5.29 — —	16.3 37.5 37.5 17.5	262.5 61.3 48.1 38.1	9.40 0.43 0.45 0.22
22	田名部 44	PbII-s	H A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	31.1 57.8 66.5 59.8	41.6 27.3 31.5 53.3	20.6 26.1 30.8 49.5	21.0 1.2 0.7 3.8	86.2 81.4 77.7 67.1	44.6 54.1 46.2 13.8	— 34.0 44.2 37.9	— 12.4 16.5 24.7	— 53.6 39.3 37.4	49.36 31.46 21.11 10.65	3.45 4.00 4.68 5.20	25.0 42.5 47.5 23.5	280.0 142.5 115.0 60.0	12.48 1.78 2.14 2.14
23	田名部 5	PbII-s	H A B ₁ B ₂	31.1 57.8 66.5 59.8	41.6 27.3 31.5 53.3	20.6 26.1 30.8 49.5	21.0 1.2 0.7 3.8	86.2 81.4 77.7 67.1	44.6 54.1 46.2 13.8	— 34.0 44.2 37.9	— 12.4 16.5 24.7	— 53.6 39.3 37.4	49.36 31.46 21.11 10.65	3.45 4.00 4.68 5.20	25.0 42.5 47.5 23.5	280.0 142.5 115.0 60.0	12.48 1.78 2.14 2.14
24	田名部 40	PbII-c	H A B ₁ B ₂	31.1 57.8 66.5 59.8	41.6 27.3 31.5 53.3	20.6 26.1 30.8 49.5	21.0 1.2 0.7 3.8	86.2 81.4 77.7 67.1	44.6 54.1 46.2 13.8	— 34.0 44.2 37.9	— 12.4 16.5 24.7	— 53.6 39.3 37.4	49.36 31.46 21.11 10.65	3.45 4.00 4.68 5.20	25.0 42.5 47.5 23.5	280.0 142.5 115.0 60.0	12.48 1.78 2.14 2.14
25	田名部 14	PbIII(b)	H A B ₁ B ₂	31.1 57.8 66.5 59.8	41.6 27.3 31.5 53.3	20.6 26.1 30.8 49.5	21.0 1.2 0.7 3.8	86.2 81.4 77.7 67.1	44.6 54.1 46.2 13.8	— 34.0 44.2 37.9	— 12.4 16.5 24.7	— 53.6 39.3 37.4	49.36 31.46 21.11 10.65	3.45 4.00 4.68 5.20	25.0 42.5 47.5 23.5	280.0 142.5 115.0 60.0	12.48 1.78 2.14 2.14
26	喜良市 491	Pg	H A ₁ A ₂ B G	73.8 56.8 92.5 136.6 123.9	79.7 61.4 63.0 62.8 53.0	62.0 52.1 56.3 59.0 50.5	17.7 9.3 8.7 3.6 2.5	85.3 75.5 70.7 65.2 49.4	5.6 17.1 5.7 2.4 -3.6	— 37.0 36.3 39.5 61.1	— 16.4 24.6 14.8 4.4	— 46.6 39.1 45.7 34.5	26.03 41.36 18.70 7.61 3.37	4.32 4.78 5.87 5.67 5.58	— 6.6 6.0 16.5 10.3	166.7 157.5 62.5 70.0 52.5	13.74 1.91 0.42 0.44 3.44

土壌 番号 No.	場所 Location	土 壤 Soil	層 位 Horizon	圧縮度 Com- pactness %	容水量 Water- holding capacity %	含水量 Moisture content of fresh soil %	飽和 Defici- ency to satura- tion %	孔隙率 Porosity %	最少 容積量 Air capacity %	機械的組成 Mechanical composition			腐 植 Humus %	pH (H ₂ O)	置換酸度 Ex- change acidity y/l	加水酸度 Hydro- lytic acidity y/l	置換性 石 灰 Exchan- geable Ca m.e.
										砂 Sand	シルト Silt	粘土 Clay					
27	内 湯 471	Pg	H A ₁ A ₂ B ₁ B ₂ CG	43.0 35.7 74.3 95.3 92.0	74.4 62.2 72.1 71.6 72.6	58.4 49.4 64.7 68.4 68.1	16.0 12.8 7.4 4.2 4.5	90.3 87.9 73.8 71.4 69.5	15.9 25.7 1.7 -0.2 -3.1	42.5 15.4 15.4 17.6 47.4	16.2 31.2 31.2 27.9 25.0	41.3 53.4 53.4 54.5 27.6	28.51 46.22 17.91 3.57 0.64	4.18 3.99 4.42 5.28 4.89	30.5 61.9 76.1 82.6 242.5	— — — — —	17.83 11.03 4.63 3.21 3.21
28	田名部 781	G	A ₁ A ₂ G ₁ G ₂ G ₃	41.9 47.3 91.8 113.4	85.4 83.2 63.5 63.7	81.3 80.6 61.8 57.9	4.1 2.6 1.7 5.8	88.4 80.6 64.9 54.9	3.0 -2.6 1.4 -8.8	26.2 25.9 24.3 38.7	13.5 22.9 19.6 18.2	61.0 51.2 56.1 43.1	62.29 31.89 4.03 1.51	4.61 4.93 5.39 —	12.5 22.5 23.0 40.0	117.5 92.5 52.5 60.0	8.98 2.84 0.43 0.54
29	田名部 681	G	A ₁ A ₂ G ₁ G ₂ G ₃	34.0 32.6 68.0 92.7	88.9 88.0 80.8 55.4	83.6 84.5 78.5 53.7	5.3 3.5 2.3 1.7	87.9 86.3 77.6 48.1	-1.0 -1.7 -3.2 -7.3	33.8 35.0 38.6 85.1	12.6 12.4 16.8 5.2	43.6 52.6 44.6 9.7	54.69 50.04 14.19 2.65	4.68 4.89 5.28 5.64	12.5 15.0 18.8 22.5	137.5 145.0 75.0 45.0	11.41 11.77 11.77 2.14
30	田名部 1053	Bfb	A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	74.3 83.3 68.9 82.8	13.9 56.3 61.5 57.0	12.9 33.1 28.1 30.0	1.0 23.2 33.4 27.0	74.5 72.5 78.9 68.0	60.6 16.2 17.4 11.0	51.9 58.3 73.6 48.8	12.8 13.7 13.0 11.5	35.3 28.0 13.4 29.7	14.32 7.73 5.87 2.57	5.64 5.94 5.64 5.64	5.0 5.0 5.0 5.0	75.0 42.5 30.0 25.0	13.20 6.78 2.85 2.50
31	内真部 261	Bfc	A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	56.7 94.2 76.8 88.3	65.3 65.2 72.8 60.7	33.2 62.2 45.5 41.4	32.1 3.0 27.3 19.3	81.7 67.6 76.5 63.4	16.4 2.4 3.7 2.7	73.2 49.0 38.3 75.9	5.7 23.2 30.0 16.6	21.1 27.8 41.7 7.5	24.67 18.38 10.45 4.40	5.27 5.28 5.44 5.77	1.8 14.4 10.4 6.6	7.5 110.0 50.0 37.5	12.30 6.65 1.33 1.00
32	飯 詰 221	Bfb	A B ₁ B ₂	68.6 91.4 100.9	62.4 58.5 62.9	48.4 45.4 51.9	19.0 13.1 11.0	80.0 66.0 68.4	17.6 7.5 5.5	54.1 47.2 43.4	21.1 22.3 27.4	24.8 30.5 29.2	22.66 6.73 7.88	5.44 5.24 5.84	8.5 17.0 15.5	— — —	15.69 3.92 3.92
33	田名部 1121	Bfb	A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	41.4 66.1 86.1 114.0	66.9 71.7 65.3 61.3	47.9 60.7 59.3 59.3	19.0 11.0 6.0 2.0	79.9 75.9 73.2 56.7	13.0 4.2 7.9 -4.6	38.9 37.6 59.6 53.0	20.4 22.2 15.1 18.2	40.7 20.2 25.3 28.8	22.26 16.99 4.05 5.61	5.84 5.84 5.74 6.44	5.0 2.5 6.3 2.5	47.0 42.5 25.0 25.0	22.47 14.62 7.85 8.56
34	喜良市 361	Fb	A ₁ A ₂ B ₁ B ₂ G	92.2 103.6 87.1 96.1 108.2	75.2 63.1 62.8 63.3 65.6	49.5 52.1 51.0 55.0 62.8	25.7 11.0 11.8 8.3 2.8	71.4 65.5 74.2 71.4 67.2	-3.8 2.4 11.4 8.1 1.6	33.0 59.4 61.4 64.3 75.6	16.3 16.4 13.7 7.5 2.8	50.7 24.2 24.9 28.2 21.6	10.34 4.80 4.05 2.47 1.65	6.44 6.24 6.24 6.24 6.24	0.8 1.9 5.0 — —	— — — — —	12.46 9.99 6.78 — —

土壌番号	場所	土壌	層位	圧結度 Com- pactness	容水量 Water- holding capacity	含水量 Moisture content of fresh soil	飽和 Defici- ency to satura- tion	孔隙率 Porosity	最少 容気量 Air capacity	機械的組成 Mechanical composition			腐植 Humus	pH (H ₂ O)	置換酸度 Ex- change acidity	加水酸度 Hydro- lytic acidity	置換性 石灰 Exch- angeable Ca
No.	Loca- tion	Soil	Horizon	%	%	%	%	%	%	Sand	Silt	粘土 Clay	%		γ ₁	γ ₁	m.e.
35	内真部 5と	Fd	A ₁ A ₂ BG CG	58.5 60.3 79.2 88.7	88.5 71.8 63.1 56.0	67.5 58.4 51.5 41.8	21.0 13.4 11.6 14.2	77.5 80.0 69.0 63.5	— 8.2 5.9 7.5	67.5 59.9 74.5 84.4	18.6 23.3 19.8 10.3	13.9 16.8 5.7 5.3	21.45 12.20 4.76 2.04	6.2 ⁺ 6.8 ⁺ 6.2 ⁺ 6.4 ⁺	2.2 2.0 12.5 27.0	— — — —	24.25 13.55 4.28 6.06

+ : 充填による採取 Soils were put into cores using the scoop. ++ : 比色法による Determined colorimetrically.

付表 2. 土壌の分析成績 (2)

Analytical data of each soil (2).

土壌番号	場所	土壌	層位	炭素 Carbon	窒素 Nitrogen	炭素率 C:N ratio	基置換容量 Base exchange capacity m.e.	置換性基 Exchange- able base m.e.	基飽和度 Degree of base saturation %	熱塩酸可溶成分 Hot HCl soluble matter				
										SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ / Al ₂ O ₃
1	田名部 5い	Ba	H Am B ₁ B ₂	30.65 25.25 7.23 2.43	0.89 0.99 0.23 0.20	34.6 25.4 30.9 12.2	50.34 44.86 21.03 15.31	6.01 2.89 1.29 1.78	11.9 6.4 6.1 11.6	15.64 20.40 28.32 —	3.98 7.88 14.86 —	5.92 9.95 11.46 —	6.67 4.39 3.24 —	3.43 2.43 2.17 —
2	飯詰 46は	Ba-I	Am B ₁ B ₂ B ₃	13.29 4.62 1.21 0.96	0.36 0.36 0.20 0.16	37.2 13.1 6.0 6.0	48.00 47.74 46.99 45.86	12.82 10.89 11.50 10.35	26.7 22.8 24.5 22.6	17.97 25.74 19.49 —	3.72 3.48 5.10 —	5.50 5.94 5.89 —	8.19 12.57 6.49 —	4.22 6.01 3.74 —
3	内真部 4い	Ba	H A B C	36.37 14.04 6.17 0.26	1.30 0.58 0.34 —	27.5 24.0 18.1 —	109.13 40.22 21.16 14.14	12.55 2.40 1.27 1.25	11.5 6.0 6.0 8.8	— 9.85 10.00 12.81	— 1.86 3.26 3.57	— 3.17 4.39 3.58	— 9.01 5.20 5.63	— 4.31 2.80 3.54
4	中里 5に	Ba-I	A B ₁ B ₂ B ₃ C	10.70 2.60 1.04 0.98 0.61	0.44 0.24 0.15 0.11 0.11	24.2 11.0 6.7 8.8 5.4	— — — — —	— — — — —	— — — — —	13.44 16.56 20.12 15.17 —	4.84 11.08 11.97 8.03 —	4.11 6.42 5.86 5.68 —	4.72 2.54 2.85 3.21 —	3.06 1.85 2.17 2.21 —
5	大間 6ろ	Bc	F A B ₁ B ₂ B ₃	45.60 19.29 6.80 3.24 0.49	1.60 0.69 0.33 0.09 0.03	28.5 28.0 20.6 36.0 16.3	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —

土 番 No.	場 所 Loca- tion	土 壌 Soil	層 位 Horizon	炭 素 Carbon %	窒 素 Nitrogen %	炭 素 率 C:N ratio	基 置 換 容 量 Base exchange capacity m.e.	置 換 性 基 Exch- ange- able base m.e.	基 飽 和 度 Degree of base saturation %	熱 塩 酸 可 溶 成 分 Hot HCl soluble matter						
										SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ / Al ₂ O ₃	
6	中 里 4 は	Bc(d)-II	H A B ₁ B ₂ B ₃	— — — —	— — — —	— — — —	82.96 27.69 28.82 21.05	44.25 8.65 5.20 3.80	53.3 31.2 18.0 18.1	5.77 15.39 20.97 —	1.24 5.67 7.02 —	2.24 5.35 5.32 —	7.86 4.61 5.07 —	3.66 2.88 3.42 —	1.15 0.60 0.48 —	
7	飯 詰 32に	Bc(d)-II	H A B ₁ B ₂	22.00 8.14 4.15 1.80	1.28 0.46 0.26 0.19	17.2 17.8 16.0 9.7	97.75 51.38 30.45 27.95	35.94 4.84 2.16 4.15	36.8 9.4 7.1 14.9	13.33 18.24 28.55 —	3.68 3.25 5.72 —	4.55 5.47 5.66 —	6.16 9.55 8.47 —	3.44 4.60 5.19 —	0.79 1.08 0.63 —	
8	飯 詰 36ろ	Bc-II	B ₁ B ₂ B ₃ C	2.46 0.66 — —	0.30 0.24 — —	8.3 2.8 — —	17.03 29.93 37.91 26.58	5.96 8.04 10.69 3.16	36.0 26.9 28.2 11.9	18.29 25.05 — —	5.81 9.63 — —	3.91 4.80 — —	3.35 4.41 — —	0.43 0.32 — —		
9	中 里 24は	Bc-II	B ₁ B ₂ B ₃ C	3.48 1.22 — —	0.22 0.19 — —	15.8 6.4 — —	26.58 29.11 26.58 77.19	5.89 3.67 — 24.07	20.2 13.8 — 31.2	— — — 19.79	— — — 4.55	— — — 2.80	— — — 4.17	— — — 6.02	— — — 2.15	
10	飯 詰 31と	Bc(w)-II	H A B ₁ B ₂ B ₃ G	27.00 10.24 2.74 0.70 21.98 14.00 8.09 5.21	1.56 0.72 0.33 0.13 0.72 0.77 0.48 0.36	17.3 14.3 8.4 5.3 30.7 18.3 16.7 14.4	77.19 59.71 20.93 18.17 49.17 41.72 31.11 36.61	24.07 11.95 4.66 7.49 3.44 2.04 1.56 0.89	31.2 20.0 22.3 41.2 7.0 4.9 5.0 2.4	19.79 19.96 25.34 — 12.51 14.27 16.33 19.85	4.55 5.63 1.79 — 6.18 6.81 11.78 11.10	2.80 4.17 6.02 — 5.58 6.62 7.63 8.06	7.39 6.02 24.10 — 3.44 3.56 2.35 3.04	6.30 4.09 7.64 — 2.18 2.20 1.67 2.08	0.39 0.47 2.15 0.58 0.62 0.41 0.46	
12	田名部 77ろ、 一般民地	Bd-I	A B ₁ B ₂	5.98 3.74 3.37	0.37 0.26 0.19	16.0 14.3 18.0	17.82 15.85 36.66	5.85 1.95 3.75	33.4 12.3 14.1	19.72 20.08 25.82	11.93 11.78 12.89	8.10 7.69 8.29	8.10 7.69 8.29	2.81 2.89 3.40	1.96 2.04 2.41	0.43 0.42 0.41
14	喜良市 47ろ	Bd(w)	H A B ₁ B ₂ B ₃	40.59 11.17 4.68 2.24	1.46 0.63 0.43 0.35	27.8 17.8 10.9 6.4	91.63 56.17 31.48 29.37	20.99 3.47 2.61 2.41	22.9 9.6 8.3 8.2	— 10.92 15.44 18.48	— 6.05 9.30 12.90	— 3.31 5.49 6.35	— 3.07 2.82 2.44	— 2.29 2.06 1.86	0.34 0.37 0.31 0.31	
15	田名部 62ろ、	Bd(w)	H A B ₁ B ₂	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	12.16 15.70 19.01	3.17 5.46 8.12	4.76 7.73 9.22	6.51 4.89 3.98	3.33 2.57 2.31	0.96 0.90 0.72	
17	中 里 4 へ	Bd-I	A B C	11.64 4.71 1.32	0.77 0.41 0.22	15.2 11.5 5.2	55.58 32.33 23.56	33.91 16.13 4.66	61.0 59.9 19.8	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	

土壌番号 No.	場所 Location	土壌 Soil	層位 Horizon	炭素 Carbon %	窒素 Nitrogen %	炭素率 C:N ratio	基置換容量 Base exchange capacity m.e.	置換性塩基 Exchange- able base m.e.	塩飽和度 Degree of base saturation %	熱 塩 酸 可 溶 成 分 Hot HCl soluble matter				
										SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ / Al ₂ O ₃
18	内真部 17に	Bf	A ₁ A ₂ B ₁ B ₂ C	16.69 4.50 1.16 0.79 —	1.82 0.66 0.34 0.15 —	9.2 6.9 3.4 5.2 —	76.85 30.85 23.19 25.61 26.72	43.00 19.25 10.52 9.34 9.86	56.0 62.4 45.4 36.5 36.9	9.44 18.57 17.22 24.81 —	3.22 4.25 7.98 9.38 —	2.06 2.90 5.71 6.11 —	4.97 7.43 3.67 4.50 —	3.54 5.18 2.52 3.17 —
19	喜良市 50に	PbI-s	H A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	54.00 31.38 12.62 5.07 2.11	1.54 — 0.66 0.28 0.27	35.0 — 19.1 18.4 7.8	79.20 — 26.67 36.86 25.22	14.59 — 2.08 1.32 1.10	18.4 — 7.8 3.6 4.4	— 5.37 4.70 14.62 14.73	— 1.34 1.35 6.92 2.75	— 0.86 0.55 8.71 2.75	— 6.82 5.92 3.58 2.18	— 4.85 4.71 1.99 1.89
20	田名部 79に	PbI-c	H A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	31.97 11.80 18.02 8.27 2.26	0.93 0.58 0.34 0.29 0.16	34.4 20.2 53.3 29.0 14.0	110.06 21.76 46.44 51.03 37.21	11.34 1.23 1.90 1.59 1.12	10.3 5.7 4.1 3.1 3.0	— 5.46 10.23 14.21 16.31	— 0.24 3.08 6.94 7.56	— 1.00 3.08 10.71 9.80	— 39.48 25.80 3.48 5.66	— 10.68 6.60 1.75 2.01
21	大畑 188に	PbI	H A ₁ B ₁ B ₂	— — — —	— — — —	— — — —	93.05 33.43 34.50 35.11	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —
22	田名部 44に	PbII-s	H A ₁ A ₂ B ₁ B ₂	26.78 17.38 12.26 7.74 6.26	1.69 1.29 0.53 0.30 0.27	15.9 13.4 23.0 28.7 23.6	103.06 51.44 35.66 32.60 33.35	12.26 2.64 2.14 1.71 1.29	11.9 5.1 6.0 5.3 3.9	— 9.70 9.93 8.54 9.68	— 1.86 2.25 3.79 5.75	— 2.83 3.78 5.49 6.31	— 8.87 7.48 3.83 2.86	— 4.50 3.62 1.99 1.66
23	田名部 5に	PbII-s	H A B ₁ B ₂	28.65 18.26 12.25 6.15	1.73 0.70 0.31 0.25	16.6 26.0 39.5 24.7	— — — —	— — — —	— — — —	— 14.92 17.06 20.66	— 2.19 3.95 10.02	— 4.30 7.08 10.18	— 11.55 9.93 3.50	— 5.13 3.42 2.12
24	田名部 40に	PbII-c	H A B ₁ B ₂	26.30 18.27 10.02 7.38	1.56 0.70 0.58 0.44	16.9 26.1 17.4 16.7	120.02 45.83 40.77 35.33	12.67 2.40 2.17 1.34	10.6 5.2 5.3 3.8	— 10.59 10.55 10.97	— 1.80 3.83 7.55	— 4.44 6.32 7.08	— 10.01 4.68 3.47	— 3.88 2.28 1.54
25	田名部 14に	PbIII(h)	H A B ₁ B ₂	36.47 29.20 13.08 10.40	2.46 1.40 0.62 0.56	14.8 20.9 21.2 18.7	118.40 52.40 38.70 47.66	15.64 3.65 1.32 0.95	13.2 5.1 3.4 2.0	— 21.79 16.54 26.89	— 1.83 4.87 9.83	— 3.88 3.70 6.07	— 20.27 6.16 4.64	— 8.62 3.89 3.73

土壌番号 No.	場所 Location	土壌 Soil	層位 Horizon	炭素 Carbon %	窒素 Nitrogen %	炭素率 C:N ratio	基置換容量 Base exchange capacity m.e.	置換性塩基 Exchange- able base m.e.	塩飽和度 Degree of base saturation %	熱 塩 酸 可 溶 成 分 Hot HCl soluble matter				
										SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ / Al ₂ O ₃
26	喜良市 49に	Pg	H A ₁ A ₂ B G	44.12 24.00 10.85 4.42 1.96	1.50 1.17 0.60 0.27 0.23	29.5 20.5 18.1 34.81 8.6	97.79 59.90 28.66 34.81 29.34	23.97 5.67 1.90 1.74 5.83	24.5 9.5 6.6 6.0 19.9	— 14.74 10.14 23.67 26.65	— 2.62 2.03 10.24 10.17	— 3.90 5.08 7.40 4.32	— 9.59 8.48 3.92 4.44	— 4.91 1.59 2.69 3.50
28	田名部 78に	G	A ₁ A ₂ G ₁ G ₂	36.25 18.50 2.34 0.88	1.59 0.96 0.26 0.20	21.4 19.4 8.9 4.4	48.94 42.26 26.64 23.09	19.39 5.75 1.72 3.43	39.6 13.6 6.5 15.5	12.51 12.19 16.66 20.60	2.46 8.10 7.24 3.93	2.34 2.29 4.11 3.26	6.64 2.56 4.11 3.93	5.38 2.17 2.87 3.19
29	田名部 68に	G	A ₁ A ₂ G ₁ G ₂	31.75 29.02 9.24 1.54	1.28 0.73 0.42 0.15	24.8 39.6 21.9 10.5	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —	— — — —
31	内真部 25に	B/c	A ₁ A ₂ A ₃ B	14.31 10.67 6.07 2.56	0.83 0.58 0.42 0.39	17.2 18.5 14.3 6.7	47.16 30.71 30.33 28.32	20.37 2.18 2.56 4.03	43.2 7.1 8.4 14.2	8.69 11.69 12.18 16.23	3.63 6.29 3.70 7.50	6.55 6.99 7.38 8.35	4.06 3.15 3.63 3.67	1.89 1.85 1.99 2.15

付 表 3. 各土壌における底層以下の植生
Vegetation under shrub class on each soil.

土壌番号 No.	場所 Location	土壌 Soil	植 生 Vegetation	
			生	生
1	田名部 5に	BA	ミズナラ (5), ウルシキミ (5), プナノキ (4), ヒバ (3), アオハダ (3), ホウワダ (3), ハナヒリノキ (3), アタシバ (2), イ ワナシ (3), シシガシラ (3), イスツバ (3), ムラサキヤシホウワダ (3), イチヤクツツ (3), ハリギリ (1), ナナカマド (1), ハナヒリノキ (5), アオハダ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), ハナヒリノキ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), ナラ (4), アサギ (4), シシガシラ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), ロモダ (3), カスミササ (3), ウツミササ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), カエデ (1), ハナヒ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), ウルワシモドキ (1), アサギ (1), アサギ (1)	ミズナラ (5), ウルシキミ (5), プナノキ (4), ヒバ (3), アオハダ (3), ホウワダ (3), ハナヒリノキ (3), アタシバ (2), イ ワナシ (3), シシガシラ (3), イスツバ (3), ムラサキヤシホウワダ (3), イチヤクツツ (3), ハリギリ (1), ナナカマド (1), ハナヒリノキ (5), アオハダ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), ハナヒリノキ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), ナラ (4), アサギ (4), シシガシラ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), ロモダ (3), カスミササ (3), ウツミササ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), カエデ (1), ハナヒ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), ウルワシモドキ (1), アサギ (1), アサギ (1)
2	飯 46に	BA-I	ミズナラ (5), ウルシキミ (5), プナノキ (4), ヒバ (3), アオハダ (3), ホウワダ (3), ハナヒリノキ (3), アタシバ (2), イ ワナシ (3), シシガシラ (3), イスツバ (3), ムラサキヤシホウワダ (3), イチヤクツツ (3), ハリギリ (1), ナナカマド (1), ハナヒリノキ (5), アオハダ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), ハナヒリノキ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), ナラ (4), アサギ (4), シシガシラ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), ロモダ (3), カスミササ (3), ウツミササ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), カエデ (1), ハナヒ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), ウルワシモドキ (1), アサギ (1), アサギ (1)	ミズナラ (5), ウルシキミ (5), プナノキ (4), ヒバ (3), アオハダ (3), ホウワダ (3), ハナヒリノキ (3), アタシバ (2), イ ワナシ (3), シシガシラ (3), イスツバ (3), ムラサキヤシホウワダ (3), イチヤクツツ (3), ハリギリ (1), ナナカマド (1), ハナヒリノキ (5), アオハダ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), ハナヒリノキ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), ナラ (4), アサギ (4), シシガシラ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), ロモダ (3), カスミササ (3), ウツミササ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), カエデ (1), ハナヒ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), ウルワシモドキ (1), アサギ (1), アサギ (1)
3	内真部 4に	Ba	ミズナラ (5), ウルシキミ (5), プナノキ (4), ヒバ (3), アオハダ (3), ホウワダ (3), ハナヒリノキ (3), アタシバ (2), イ ワナシ (3), シシガシラ (3), イスツバ (3), ムラサキヤシホウワダ (3), イチヤクツツ (3), ハリギリ (1), ナナカマド (1), ハナヒリノキ (5), アオハダ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), ハナヒリノキ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), ナラ (4), アサギ (4), シシガシラ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), ロモダ (3), カスミササ (3), ウツミササ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), カエデ (1), ハナヒ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), ウルワシモドキ (1), アサギ (1), アサギ (1)	ミズナラ (5), ウルシキミ (5), プナノキ (4), ヒバ (3), アオハダ (3), ホウワダ (3), ハナヒリノキ (3), アタシバ (2), イ ワナシ (3), シシガシラ (3), イスツバ (3), ムラサキヤシホウワダ (3), イチヤクツツ (3), ハリギリ (1), ナナカマド (1), ハナヒリノキ (5), アオハダ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), ハナヒリノキ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), ナラ (4), アサギ (4), シシガシラ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), ロモダ (3), カスミササ (3), ウツミササ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), カエデ (1), ハナヒ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), ウルワシモドキ (1), アサギ (1), アサギ (1)
4	中里 5に	Ba-I	ミズナラ (5), ウルシキミ (5), プナノキ (4), ヒバ (3), アオハダ (3), ホウワダ (3), ハナヒリノキ (3), アタシバ (2), イ ワナシ (3), シシガシラ (3), イスツバ (3), ムラサキヤシホウワダ (3), イチヤクツツ (3), ハリギリ (1), ナナカマド (1), ハナヒリノキ (5), アオハダ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), ハナヒリノキ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), ナラ (4), アサギ (4), シシガシラ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), ロモダ (3), カスミササ (3), ウツミササ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), カエデ (1), ハナヒ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), ウルワシモドキ (1), アサギ (1), アサギ (1)	ミズナラ (5), ウルシキミ (5), プナノキ (4), ヒバ (3), アオハダ (3), ホウワダ (3), ハナヒリノキ (3), アタシバ (2), イ ワナシ (3), シシガシラ (3), イスツバ (3), ムラサキヤシホウワダ (3), イチヤクツツ (3), ハリギリ (1), ナナカマド (1), ハナヒリノキ (5), アオハダ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), ハナヒリノキ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), アサギ (5), ナラ (4), アサギ (4), シシガシラ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), アサギ (4), ロモダ (3), カスミササ (3), ウツミササ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), アサギ (3), カエデ (1), ハナヒ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), アサギ (1), ウルワシモドキ (1), アサギ (1), アサギ (1)

[illegible][illegible]



Phot. 1 ヒバ林の展望
A view of "Hiba" forest (in the Tsugaru Peninsula).



Phot. 2 津軽半島の低海抜高地域の地形
The topography of the Tsugaru Peninsula in lower altitudinal region.



Phot. 3 下北半島頸部の地形
The topography of the neck of the Shimokita Peninsula.



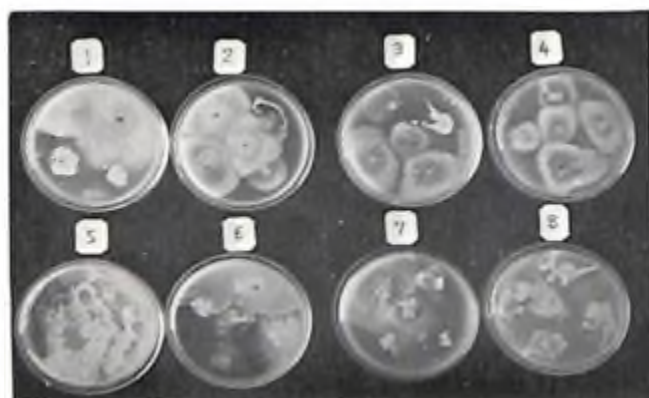
Phot. 4 ヒバ美林 (市浦部内)
Fine stand of "Hiba" (Shiura district).



Phot. 5 形質不良のヒバ林（風掃り）
Stand of "Hiba" of wind swept area.
The growth of "Hiba" is very poor.



Phot. 6 ヒバ、シノブリダの地床群
Ground flora of "Hiba" and
Dryopteris mulica.



Phot. 7 各種培養基における PbII (H 層), Bf (A1 層) の接種
上段: PbII 接種, 1, 2 はブイヨン培養基,
3, 4 はポテト培養基。
下段: Bf 接種, 5, 6 はブイヨン培養基,
7, 8 はポテト培養基。
Inoculation of PbII (H-layer) and Bf (A1-horizon)
in various culture medium.
Upper: PbII-inoculation, 1, 2: Bouillon-agar medium,
3, 4: Potato-agar medium.
Lower: Bf-inoculation, 5, 6: Bouillon-agar medium,
7, 8: Potato-agar medium.



Phot. 9 Bb 土壌の皆伐前のヒバ林
Stand of "Hiba" before cutting on Bb-soil.



Phot. 8 Bb 土壌の皆伐前のヒバ林
Pure stand of "Hiba" before
cutting on Bb-soil.



Phot. 10 PbII 土壌の皆伐前のヒバ林
Fine stand of "Hiba" before
cutting on PbII-soil.



Phot. 11 Bb 土壌の伐跡地（皆伐1年後）
Cuttid area on Bb-soil (1 year after cutting).



Phot. 12 Bo 土壌の伐跡地（皆伐1年後）
Cuttid area on Bo-soil (1 year after cutting).



Phot. 13 PbII 土壌の伐跡地（皆伐1年後）
Cuttid area on PbII-soil (1 year after cutting).



Phot. 14 皆伐前の Bb
土壌の層断面
Profile of Bb-soil before
cutting.



Phot. 15 皆伐後の Bb 土壌の層
断面（皆伐1年後）
Profile of Bb-soil after cutt-
ing (1 year after cutting).



Phot. 16 皆伐前の Bo
土壌の層断面
Profile of Bo-soil before
cutting.



Phot. 17 皆伐後の B₀ 土壌の断面 (皆伐1年後)
Profile of B₀-soil after cutting (1 year after cutting).



Phot. 18 皆伐前の P₀II 土壌の断面
Profile of P₀II-soil before cutting.



Phot. 19 皆伐後の P₀II 土壌の断面 (皆伐1年後)
Profile of P₀II-soil after cutting (1 year after cutting).



Phot. 20 B₀ 土壌におけるヒバ、ブナ混交林
Mixed stand of "Hiba" and beech on B₀-soil.



Phot. 21 低海拔地域のヒバ、ミズナラ混交林
Mixed stand of "Hiba" and oak in lower-altitude region.



Phot. 22 B₀-F 土壌の良好なスギ植栽林
Fine planted forest of Japanese Cedar on B₀-F-soil.



Phot. 23 B₀(w) 土壌の比較的良質なスギ植栽林
Comparatively fine planted forest of Japanese Cedar on B₀(w)-soil.



Phot. 24 B₀(d) 土壌の不良なスギ植栽林
Poor planted forest of Japanese Cedar on B₀(d)-soil.



Phot. 25 B_c-II 土壌のヒバ植栽林
Planted forest of "Hiba" on B_c-II-soil.



Phot. 26 B₀-1 土壌のヒバ植栽林
Planted forest of "Hiba" on B₀-1-soil.



Phot. 27 ヒバ伐根更新の1例
An example of regeneration of "Hiba" on the rotted stump.



Phot. 28 湿性土壌におけるヒバの群生成立
Gregarious stand of "Hiba" on the wetted soil.



Phot. 30 ヒバ天然更新地における広葉樹の侵入
Invasion of broad-leaved trees in natural regeneration area of "Hiba".



Phot. 32 Podzol 土壌のヒバ不良林
Poor stand of "Hiba" on Podzol-soil.



Phot. 29 Podzol 土壌における
ヒバの天然更新
Natural regeneration of "Hiba"
on Podzol-soil.



Phot. 31 ブナ林下のヒバ枯死木
Dead trees of "Hiba" due to
oppression of beech forest.



Phot. 33 能登地方のマアテ林
Fine stand of "Ma-ate" (Hiba) in Noto
district, Ishikawa Pref.

土壌の性質とトドマツの成長

山 本 肇⁽¹⁾

目 次

まえがき	158
第1章 調査地ならびに調査方法	159
第1節 調査地の記載	160
第2節 調査および分析項目	196
i 理学的性質	196
ii 化学的性質	196
iii 野外における土壌断面の測定項目	196
第2章 土壌の諸性質と地位指数との関係	196
第1節 土壌の理学的性質と地位指数との関係	197
i 土性との関係	197
ii 湿度との関係	198
iii L/W との関係	200
iv 容積組成との関係	200
v 透水性との関係	203
vi 土壌構造深度との関係	204
第2節 化学的性質と地位指数	205
i pH および置換酸度との関係	205
ii 置換性石灰との関係	205
iii 塩基置換容量との関係	206
iv 塩基飽和度との関係	207
v 有機物との関係	207
vi 全窒素との関係	208
vii 炭素率との関係	209
第3節 二、三の構造の性質について	209
第4節 考 察	212
第3章 土壌型とそれらの理化学的性質とに関する考察	213
第4章 考 察	217
摘 要	218
別 表	222
文 献	229
Résumé	231

(1) 北海道支庁造林部土壌研究室員

まえがき

トドマツは本道における最も重要な造林対象樹種の一つであり、大正の末期から道内いたるところに造林されているにもかかわらず、いまだに適地を誤り、不成熟造林地となつてゐる例がしばしば見られる。これら不成熟地のうちには、土壤条件の不良による場合も決して少なくない。しかもこのことは現地において土壤断面の観察結果から、ただちに判断できるような場合も見受けられる。

しかしながら、造林木の成長に影響をあたえるものとして、土壤の諸性質の検討によつて一面的に判断することはでき得ないことは当然であつて、その造林木の生理的機能を十分に働かせるような環境条件を、その場所がそなえていることが必要であろう。この環境条件のうち、最も大きな条件として気温・降水量・風などの気象的条件およびこれを局部的に変化させている地形的因子も、また重要である。

このほか病虫害などの生物的因子、造林地であるならば保育、すなわち十分な下刈りなどの手入れ、そのほか取扱い上の差異による影響もまた重要である。

造林木の成長は、これらあらゆる条件の総合されたものが、林木の生理機能に対して十分に適応した理想的なものであるならば、十分に期待できるであろう。

土壤と林木の生育に関する研究は、本州地方においては、大政氏¹⁸⁾のブナ林地帯の土壤の研究が確立されて以来、河田氏⁹⁾の森林土壤の化学的性質および腐植の形態に関する研究、また、真下氏¹⁹⁾の森林土壤の理学的性質とスギ、ヒノキの成長に関する研究などがつぎつぎと近年にいたり報告されてきている。

本道にあつては、環境因子の一つである土壤と林木の成長との関係についての報告はあるが、確実なものも広くあてはまる法則性を見出すにたる資料は、まだ十分とはいへない実状にある^{2) 8) 22) 24) 25) 32) 34) 35)}。

しかしながら、内田氏²⁰⁾は、北海道における針葉樹林の堆積腐植に関する研究を行ない、その腐植型を3基本型10亜型に分類し、化学的な面の追究を行ない、森林施業に対する地力維持という問題の解決策をあたえている。

筆者は、主として土壤という一つの環境条件を基盤として、本道のトドマツ人工林を対象に調査し、その土壤の理化学的性質を検討し、その諸性質のうち、造林木の成長にもつと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、合理的造林の一步を踏みだし、森林生産力の向上をはかる意味において最も重要な問題であるものと考え、本研究を企画し、これらの調査を行なつてきた。

ここにその結果を報告するものである。なお、本研究に関する調査に際しては、道内5営林局をはじめ現地関係営林署ならびに林務署の各位の絶大なご便宜とご配慮を蒙り、調査実験については、造林部長内田丈夫博士、土壤調査室長蔵本正義氏にご指示を賜つた。また、分析に関しては長内重樹子氏のご協力をいただいた。ここに感謝の意を表する。

第1章 調査地ならびに調査方法

調査地は、各地区ともに0.1 haの標準地をとり、被圧木、劣勢木、被害木を除き、その平均胸高直径を有する正常な生育をしているものを選出し、樹幹解析に供した。また、土壤の観察ならびに土壤の採取は、標準木に近いところで行なつた。つぎに、成長量のきめ方については、密度効果などの影響が比較的小さい樹高をもつて地位をあらわす便法が従来多くの学者によつて採用されているので、そのまま用いることにした²¹⁾。

したがつて、本道のトドマツについて地位指数をあらわすには、少なくとも40年生の造林地を対象に調査することが望ましいのであつたが、本道の造林経歴は浅く、高齢林は皆無の状態にあり、よつて本研究の対象林分は林齢26年生～35年生のものになり、これを林齢30年生における場合の樹高を算出し、林齢30年の樹高をもつて、地位指数とした^{19) 40)}。

調査箇所の位置の概略ならびに調査地は、第1図のとおりである。

1. 網走営林署作端事業区49林班
2. 枝幸営林署徳志別事業区1林班
3. 俄虫営林署檜山事業区36林班
4. 阿寒営林署雪裡事業区3林班
5. 岩見沢営林署野々沢事業区36林班
6. 清水営林署河西事業区21林班
7. 俄虫営林署爾志事業区48林班
8. 佐呂間営林署佐呂間事業区25林班
9. 名寄営林署天塩事業区43林班
10. 岩見沢林務署樺戸事業区25林班
11. 興部林務署興部事業区1林班
12. 池田林務署大津事業区53林班
13. 北見営林署常呂事業区85林班
14. 同 上 88林班
15. 同 上 87林班
16. 上芦別営林署上芦別事業区1林班
17. 同 上 3林班
18. 上芦別営林署上芦別事業区4林班
19. 芦別営林署芦別事業区175林班
20. 余市営林署古平事業区30林班
21. 留辺蘂営林署温根湯事業区15林班
22. 中標津営林署目梨事業区26林班
23. 網走営林署作端事業区48林班
24. 函館営林署亀田事業区28林班
25. 俄虫営林署檜山事業区36林班



26. 釧路営林署釧路事業区61林班
27. 札幌営林署小樽事業区11林班
28. 函館営林署亀田事業区105林班
29. 幾寅営林署落合事業区125林班
30. 枝幸営林署徳志別事業区9林班
31. 北見林務署美幌事業区6林班
32. 中標津営林署目梨事業区29林班
33. 釧路営林署釧路事業区60林班
34. 岩見沢営林署幾春別事業区68林班
35. 阿寒営林署雪裡事業区4林班

第1図 調査地の位置

Location of sample plots.

第1節 調査地の記載

各調査区の土壤断面および造林木の成長状態を調査し、その記載は次のごとくである。

なお、各調査区についての理化学的性質の一覧表を別表 I 機械的組成、II 理学的性質、III 化学的性質、IV 透水量に示す。

Plot No. 1 B/D 型土壤

調査地 網走管林署作道事業区 49 林班

方位: NE, 傾斜: 7°, 海拔高: 240 m, 母材: 火山灰出物

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の網走(標高 20 m)の観測結果によつてみると、月別の気温および降水量は下記のごとくであり、雨量係数は 148 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
気温 Temperature °C	-6.4	-7.2	-3.3	3.4	8.6	12.9	17.5	20.1	15.8	9.9	2.9	-3.8	5.9
雨量 Precipitation mm	46.3	50.3	51.3	52.6	71.3	65.1	95.8	86.9	131.4	94.4	81.0	47.5	874.0

土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根 系 Root
A ₀	2.0					
I A	8.0	Black	CL	Gr	2	4
II A ₁	14.0	Black	CL	Gr	2	4
II A ₂	19.0	Black	L	Gr	2	3
II A B	13.0	Brownish black	SL		3	2

造林木の成長状態

Plot No.	樹 高 Height (m)	樹 齢 Age	立 木 密 度 Stand density/ha	地 位 指 数 Site index
1	12.0	30	2,016	12.0

Remarks:

Texture (土性)

LC: Light clay (軽埴土) CL: Clay loam (埴質埴土) L: Loam (埴土) SiC: Silty clay (微砂質埴土) SiCL: Silty clay loam (微砂質埴埴土) SiL: Silty loam (微砂質埴土) SC: Sandy clay (砂質埴土) SCL: Sandy clay loam (砂質埴埴土) SL: Sandy loam (砂質埴土) S: Sand (砂土)

Structure (構造)

Loose Gr: Loose granular structure (細粒状構造) Gr: Granular structure (粒状構造) N: Nutty structure (堅果状構造) Cr: Crumb structure (団粒状構造) Bl: Blocky structure (塊状構造)

Compactness (堅密度)

1: Soil aggregates bound loosely (鬆)

2: Soil aggregates densely and firmly (軟)

3: Soil aggregates bound compactly (堅)

4: Soil aggregates bound very compactly (すこぶる堅)

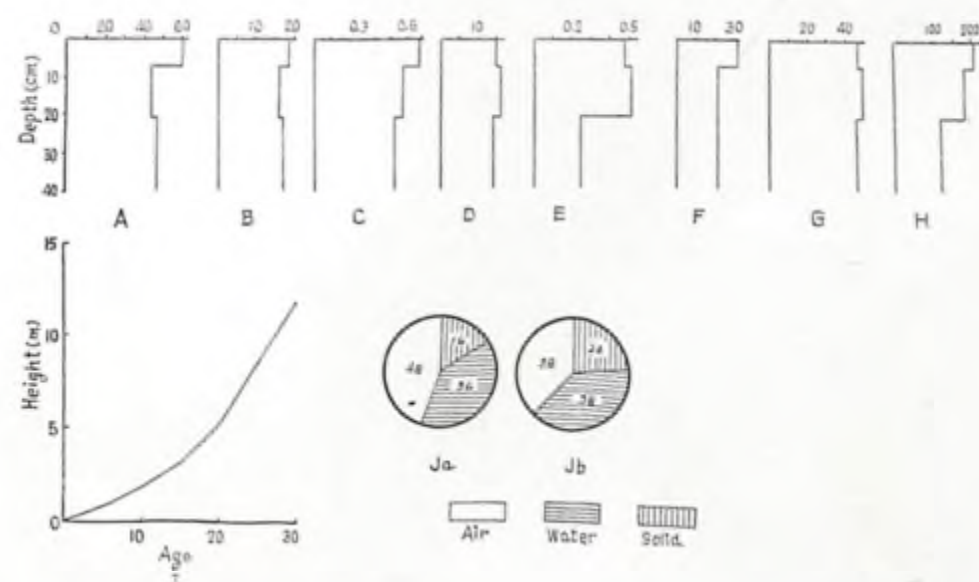
Root (根系)

5: Very abundant (すこぶる多し) 4: Abundant (多し)

3: Frequent (中絶) 2: Occasional (少) 1: Rare (稀)

+: Very rare (すこぶる稀)

本調査区内の造林木の成長および土壤の理化学的性質を第 2 図に示す。



Remarks:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------|
| A) Silt + Clay | 微砂+粘土 % |
| B) Organic matter | 有機物 % |
| C) Nitrogen | 窒素 % |
| D) C-N ratio | 炭素率 % |
| E) Exchange CaO | 置換性石灰 % |
| F) Degree of unsaturation | 塩基不飽和度 % |
| G) Base exchange capacity | 塩基置換容量 m.e./100 g |
| H) Percolation rate | 透水速度 cc/min |
| I) Curves of total height increment | 樹高成長曲線 |
| J) Volume composition | 容積組成 % |
| a. Depth 5~10 cm | |
| b. Depth 20~25 cm | |
| c. Depth 30~35 cm | |

第 2 図 林木の生育と土壤の性質

Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 2 Bc 型土壤

調査地 枝幸町林署徳志別事業区 1 林班

方位: NW, 傾斜: 7°, 海拔高: 190 m, 母材: 安山岩

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の枝幸(標高 20 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 201 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-6.3	-7.0	-3.3	3.3	8.7	12.3	17.4	20.5	15.7	9.5	2.0	-4.5	5.9
Precipitation mm	75.6	76.3	71.7	65.8	84.9	65.8	105.4	92.2	173.3	130.5	124.0	113.1	1,185.5

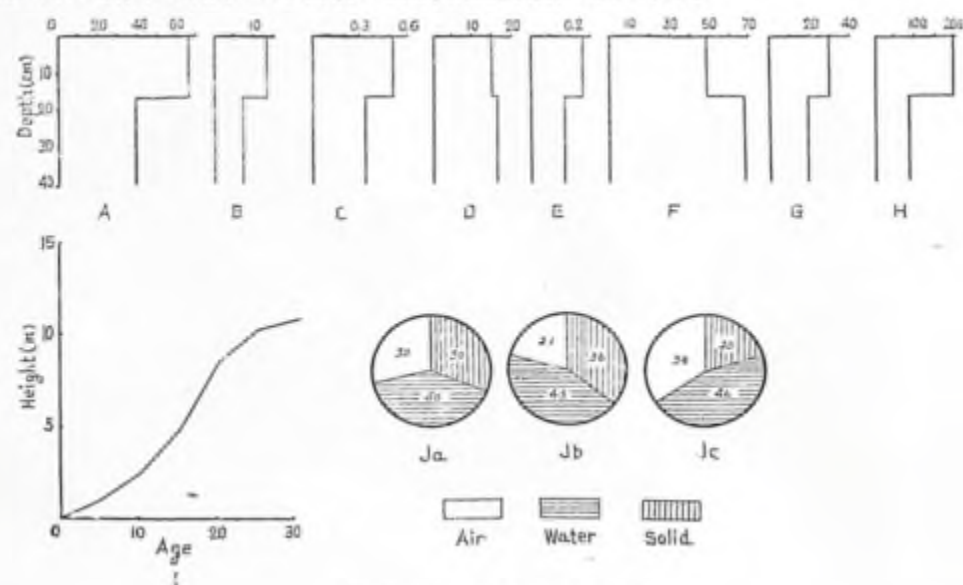
土壌断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	3.0					
A	16.0	Brownish black	LC	Gr, N	2	4
B	26.0	Brown	CL	N	2~3	3
C	17.0+	Yellowish brown	CL		3	2

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
2	10.5	31	1,062	10.2

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 3 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)
第 3 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 3 BD(d) 型土壤

調査地 枝幸町林署徳志別事業区 36 林班

方位: SW, 傾斜: 2°, 海拔高: 200 m, 母材: 火山放出物

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の枝幸(標高 55 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 151 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-4.1	-3.6	0.0	6.0	11.1	15.9	20.5	22.7	17.9	11.4	5.3	-1.1	8.5
Precipitation mm	99.3	88.3	72.2	72.2	98.8	78.1	167.0	134.4	164.9	114.9	104.8	94.5	1,283.6

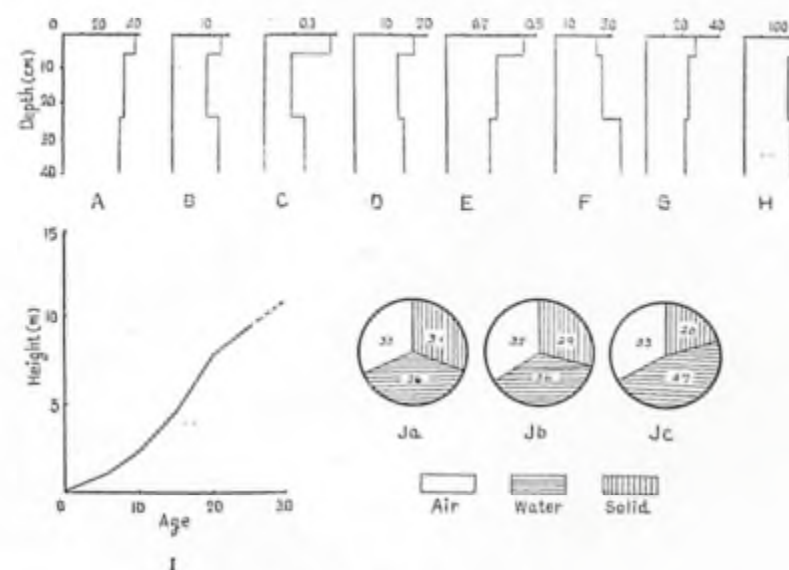
土壌断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	3.0					
I A	6.0	Brownish black	L	Gr	1	5
II A	18.0	Brownish black	SL	Gr	2	4
III A ₁	18.0	Brownish black	SL	Gr	2~3	3
III A ₂	9.0	Dark brown	L		3	1
III B	12.0	Brown	SL		4	+

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
3	9.5	26	1,893	11.0

本調査区の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 4 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 4 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 4 Bd 型土壤

調査地 阿寒営林署雪裡事業区 3 林班

方位: NW, 傾斜: 12°, 海拔高: 100 m, 母材: 火山放出物

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の阿寒(標高 40 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 186 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-8.7	-8.5	-2.7	4.3	9.6	14.1	18.3	20.7	16.2	9.8	3.4	-4.2	6.0
Precipitation mm	27.1	30.1	56.2	84.7	88.6	108.0	126.1	126.7	193.0	139.6	92.5	39.2	1,113.8

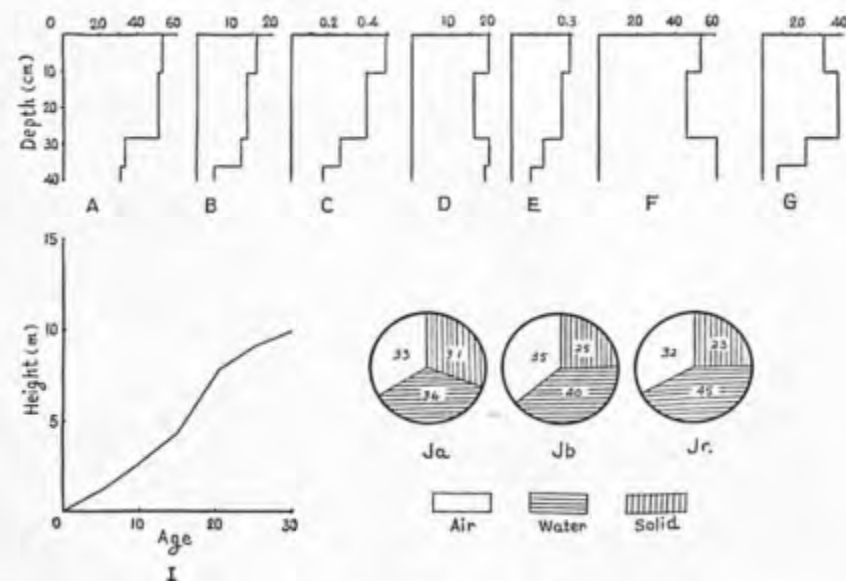
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	1.5					
I A ₁	10.0	Black	CL	Gr	2	4
II A ₁	18.0	Black	L	Gr	2	4
II A ₂	9.0	Dark brown	SL		2	2
II B	40.0	Yellowish brown	SL		2~3	+

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
4	10.0	30	930	10.0

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 5 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 5 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 5 Bd(d) 型土壤

調査地 岩見沢営林署野々沢事業区 36 林班

方位: NE, 傾斜: 25°, 海拔高: 250 m, 母材: 砂質岩, 泥質岩

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の岩見沢(標高 90 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 153 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-4.4	-4.8	-2.4	5.1	11.9	15.0	20.9	22.4	16.1	9.0	2.3	-3.6	7.3
Precipitation mm	101.9	72.9	57.8	74.4	91.8	54.1	75.0	119.4	181.9	130.6	101.0	152.9	1,113.4

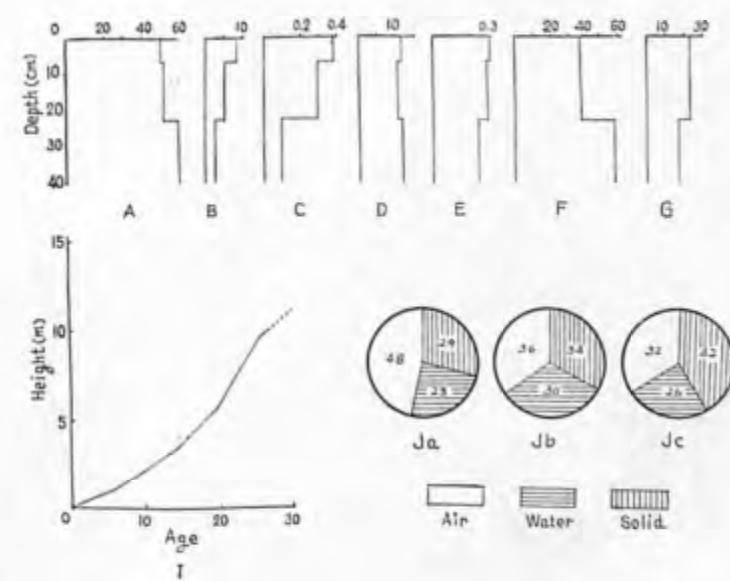
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	1.5					
A ₁	7.0	Brownish black	CL	Gr	1	4
A ₂	16.0	Dark brown	L	Gr, N	3	4
B	31.0	Yellowish brown	L	N, Bl	4	1

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	樹齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
5	10.4	28	1,426	11.0

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 6 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 6 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 6 B/D 型土壤

調査地 清水営林署河西事業区 21 林班

方位: SE, 傾斜: 14°, 海拔高: 400 m, 母材: 火山放出物

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の清水 (標高 200 m) の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 137 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-7.6	-7.4	-2.9	4.8	10.9	15.4	20.0	21.0	16.7	10.3	3.2	-3.7	6.7
Precipitation mm	50.2	53.5	43.2	47.1	62.8	73.9	114.6	151.5	145.3	94.6	81.5	35.2	920.0

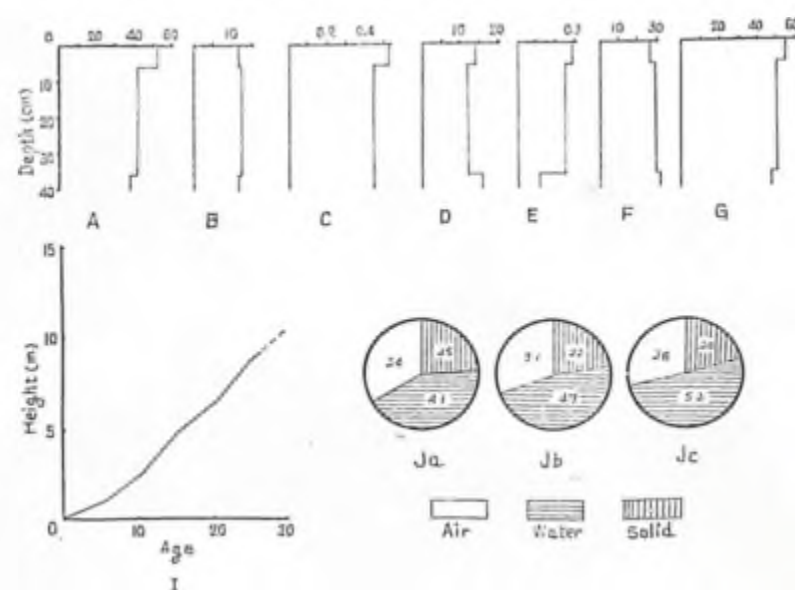
土壌断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	2.0					
I A ₁	6.0	Black	CL	Gr	2	5
I A ₂	22.0	Black	L	Gr, N	3	3
II A	8.0	Black	L	Gr, N	2	3
II A B	11.0	Brownish black	L		3~4	1
II B	12.0	Brown	L		4	+

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
6	9.1	26	1,327	10.7

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 7 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 7 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 7 B/D 型土壤

調査地 俄虫営林署瀧志事業区 48 林班

方位: SE, 傾斜: 12°, 海拔高: 140 m, 母材: 火山放出物

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の俄虫 (標高 55 m) の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 151 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-4.1	-3.6	0.0	6.0	11.1	15.9	20.5	22.7	17.9	11.4	5.3	-1.1	8.5
Precipitation mm	99.5	85.3	72.2	72.2	95.8	78.1	167.0	134.4	164.9	114.9	104.8	94.5	1,253.6

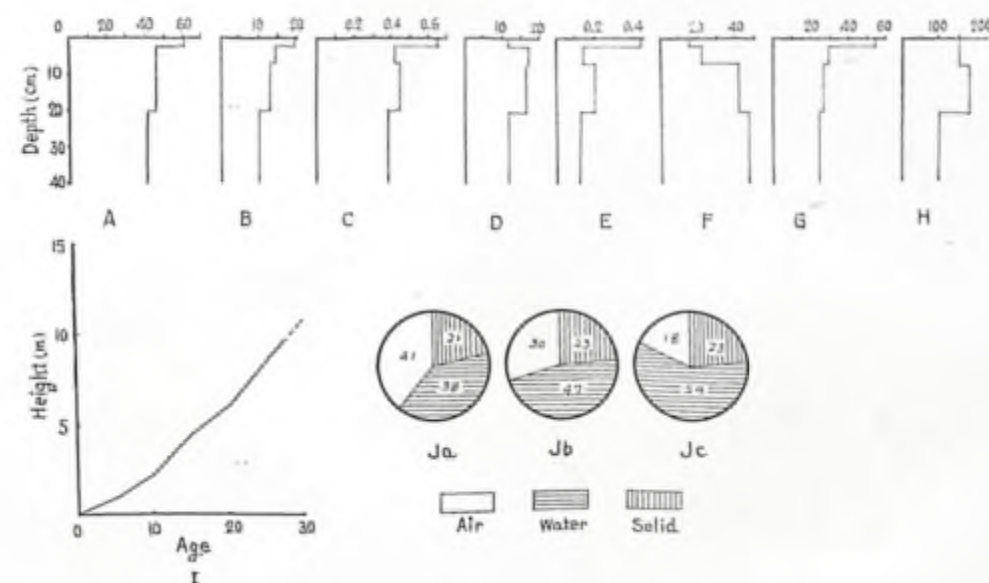
土壌断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	2.0					
I A	2.0	Black	CL	Gr	1	5
II A	5.0	Black	L	Gr	1	4
III A	13.0	Brownish black	SiCL	Gr	3	3
III B	19.0	Brown	CL	Gr, N	3~4	1
III C	10.0+	Brown	L		5	+

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
7	10.0	29	1,219	10.4

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 8 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 8 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 8 BD(d) 型土壤

調査地 佐呂間営林署佐呂間事業区 25 林班

方位: NW, 傾斜: 27°, 海拔高: 100 m, 母材: 砂質岩, 泥質岩

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の佐呂間 (標高 60 m) の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 146 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-10.0	-9.3	-3.4	4.6	10.8	15.4	20.0	22.2	16.5	9.7	2.1	-6.5	6.0
Precipitation mm	62.3	71.9	52.5	43.9	61.0	68.5	87.4	96.1	137.6	76.5	59.7	55.9	873.3

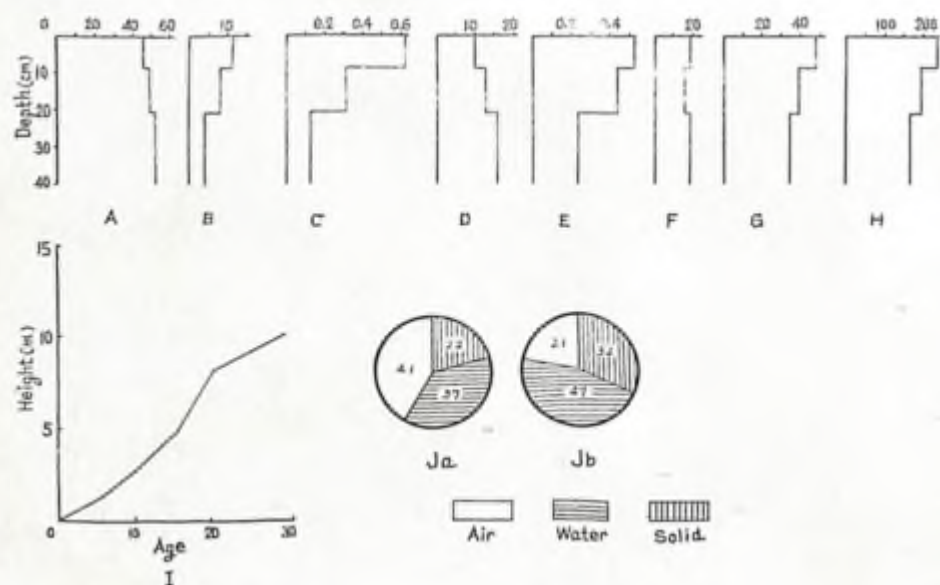
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	3.0					
A ₁	8.0	Brownish black	CL	Cr	1	4
A ₂	12.0	Brownish black	CL	Gr	2	4
B	18.0	Brown	SiL	Gr, N	3~4	3

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
8	11.7	30	1,650	11.7

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 9 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 9 図 林木の生育と土壌の性質

Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 9 Bc 型土壤

調査地 名寄林務署天塩事業区 43 林班

方位: SW, 傾斜: 24°, 海拔高: 200 m, 母材: 頁岩

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の名寄 (標高 96 m) の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 155 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-10.3	-8.7	-3.5	4.5	11.4	16.8	21.2	22.4	16.4	9.0	1.6	-6.0	6.2
Precipitation mm	63.9	52.4	61.8	40.7	46.1	54.4	87.8	109.7	126.8	108.0	118.7	87.0	959.3

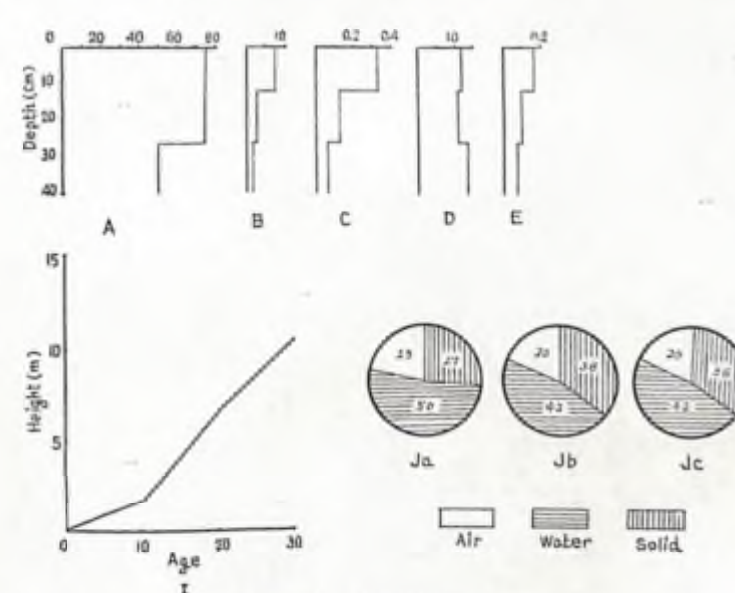
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	4.0					
A	12.0	Brownish black	LC	Gr	2	4
B ₁	14.0	Dark brown	LC	N	2	3
B ₂	25.0	Brown	LC	N	3~4	+

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
9	10.0	29	1,365	10.4

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 10 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 10 図 林木の生育と土壌の性質

Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 10 Bc 型土壤

調査地 岩見沢林務署樺戸事業区 25 林班

方位: SW, 傾斜: 19°, 海拔高: 250 m, 母材: 凝灰質砂岩

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の岩見沢(標高 90 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 153 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-4.4	-4.8	-2.4	5.1	11.9	15.0	20.9	22.4	16.1	9.0	2.3	-3.6	7.3
Precipitation mm	101.9	72.9	57.8	74.4	91.8	54.1	75.0	119.4	181.9	130.6	101.0	132.9	1,113.4

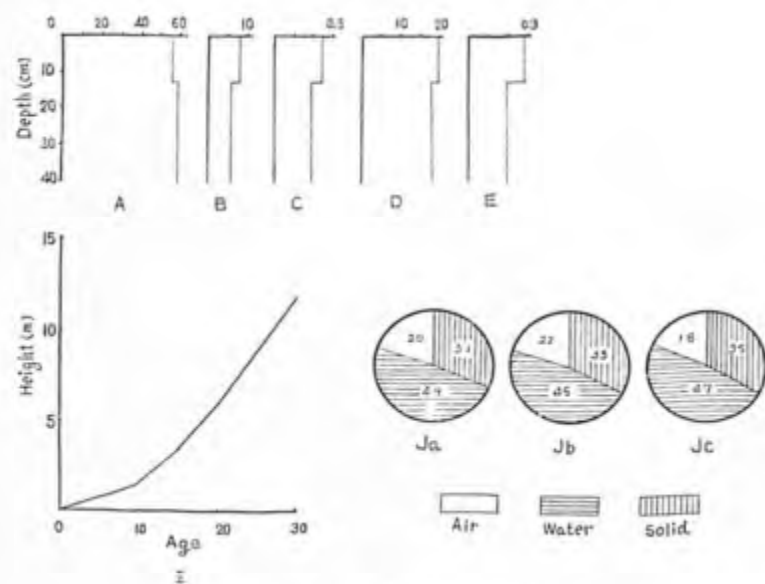
土壌断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	1.5					
A ₁	13.0	Brownish black	LC	Gr, N	2	3
A ₂	25.0	Dark brown	LC	N	2~3	2
B	20.0	Brown	LC		4	+

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
10	11.8	30	1,018	11.8

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 11 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 11 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 11 Bd(a) 型土壤

調査地 網走林務署網走事業区 1 林班

方位: NE, 傾斜: 19°, 海拔高: 140 m, 母材: 安山岩

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の紋別(標高 20 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 116 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-6.7	-6.9	-2.3	4.5	9.7	13.5	18.6	20.7	17.0	11.0	4.0	-2.5	6.7
Precipitation mm	44.0	43.6	42.2	41.5	59.9	61.0	81.9	98.4	108.1	75.7	77.0	49.6	775.9

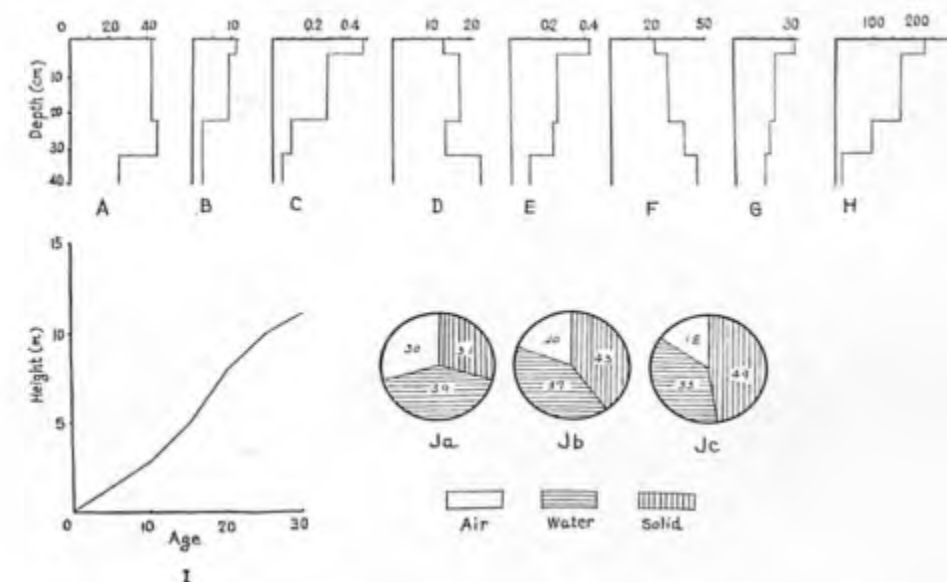
土壌断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	2.0					
A ₁	4.0	Brownish black	CL	Cr	1	4
A ₂	18.0	Dark brown	L	Gr, N	2	3
B	9.0	Brown	L		3~4	3

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
11	11.5	32	1,300	10.7

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 12 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 12 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 12 Bd 型土壤

調査地 池田林務署大津事業区 53 林班

方位: E, 傾斜: 15°, 海拔高: 140 m, 母材: 火山灰出物

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の池田(標高 40 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 176 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-9.6	-8.3	-3.1	3.7	8.5	12.1	16.3	19.0	15.8	10.0	3.5	-4.4	5.3
Precipitation mm	38.2	39.0	62.7	61.0	68.5	84.5	87.0	111.0	161.9	99.7	74.9	44.2	932.6

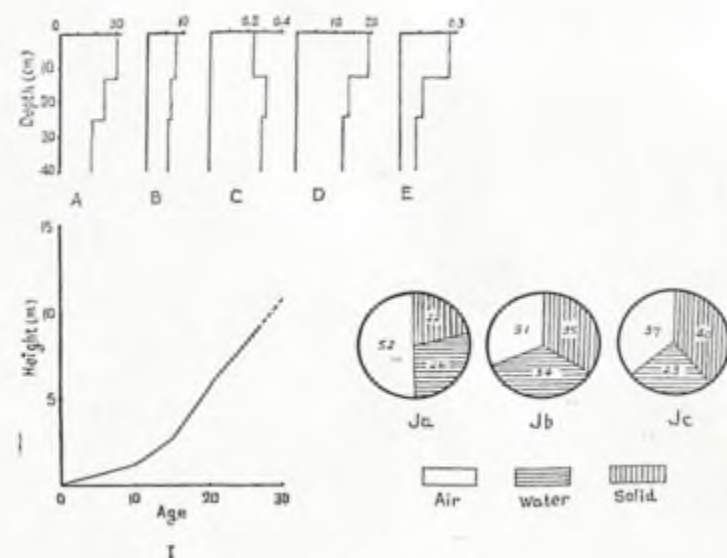
土壌断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	2.0					
I A	13.0	Brownish black	SL	Cr	1	4
II A ₁	12.0	Brownish black	SL	Gr	2	3
II A ₂	18.0	Dark brown	SL	Gr	3	1
II B	17.0	Brown	SL		3	+

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
12	9.5	26	1,607	11.0

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 13 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 13 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 13 Bd 型土壤

調査地 北見営林署常呂事業区 85 林班

方位: SW, 傾斜: 6°, 海拔高: 140 m, 母材: 頁岩

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の常呂(標高 80 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 139 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-8.5	-8.4	-2.6	4.5	9.4	13.3	18.5	20.9	16.4	10.3	3.6	-4.7	6.0
Precipitation mm	55.2	41.1	35.2	32.8	73.7	77.8	97.7	78.5	157.7	74.9	50.5	56.7	831.8

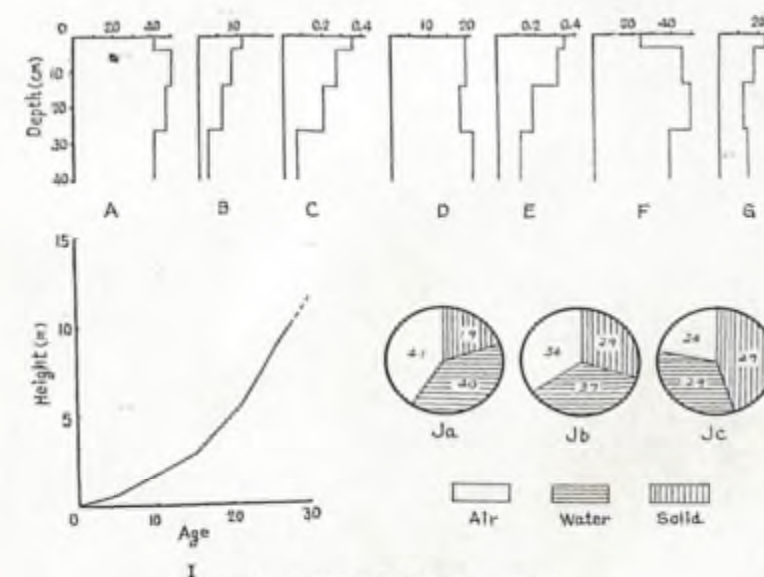
土壌断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	2.5					
A ₁	4.0	Brownish black	L	Cr	2	5~4
A ₂	10.0	Brownish black	L	Gr	2	3
B	13.0	Dark yellowish	L	Gr	3~4	1

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
13	9.9	28	1,787	10.7

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 14 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 14 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 14 BD(d) 型土壤

調査地 北見営林署常呂事業区 88 林班

方位: SW, 傾斜: 5°, 海拔高: 190 m, 母材: 頁岩

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の常呂(標高 80 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 139 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-8.5	-8.4	-2.6	4.5	9.4	13.3	18.5	20.9	16.4	10.3	3.6	-4.7	6.0
Precipitation mm	55.2	41.1	35.2	32.8	73.7	77.8	97.7	78.5	157.7	74.9	50.5	56.7	831.8

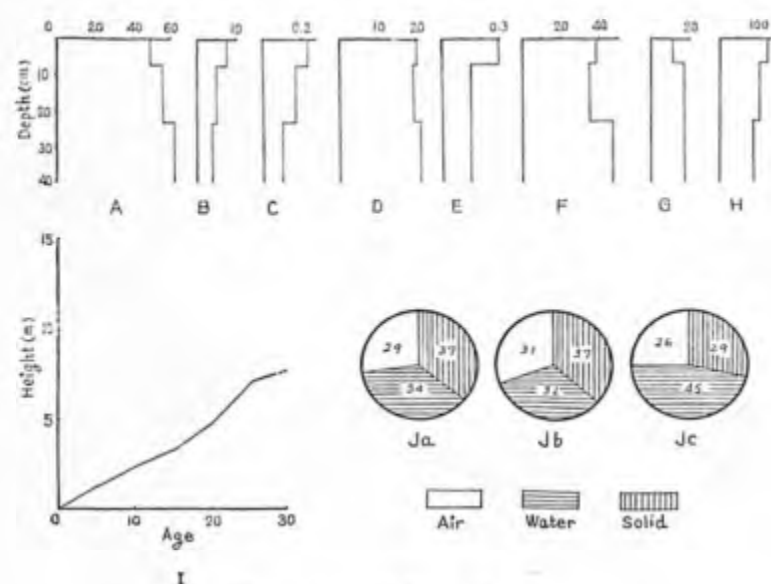
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	3.0					
A ₁	7.0	Dark brown	L	Gr	2	3
A ₂	16.0	Brown	SiL	Gr	2	4
B	14.0	Brown	SiL		4	1

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
14	7.6	29	1,818	8.0

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 15 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 15 図 林木の生育と土壌の性質

Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 15 BD 型土壤

調査地 北見営林署常呂事業区 87 林班

方位: S, 傾斜: 9°, 海拔高: 190 m, 母材: 頁岩

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の常呂(標高 80 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 139 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-8.5	-8.4	-2.6	4.5	9.4	13.3	18.5	20.9	16.4	10.3	3.6	-4.7	6.0
Precipitation mm	55.2	41.1	35.2	32.8	73.7	77.8	97.7	78.5	157.7	74.9	50.5	56.7	831.8

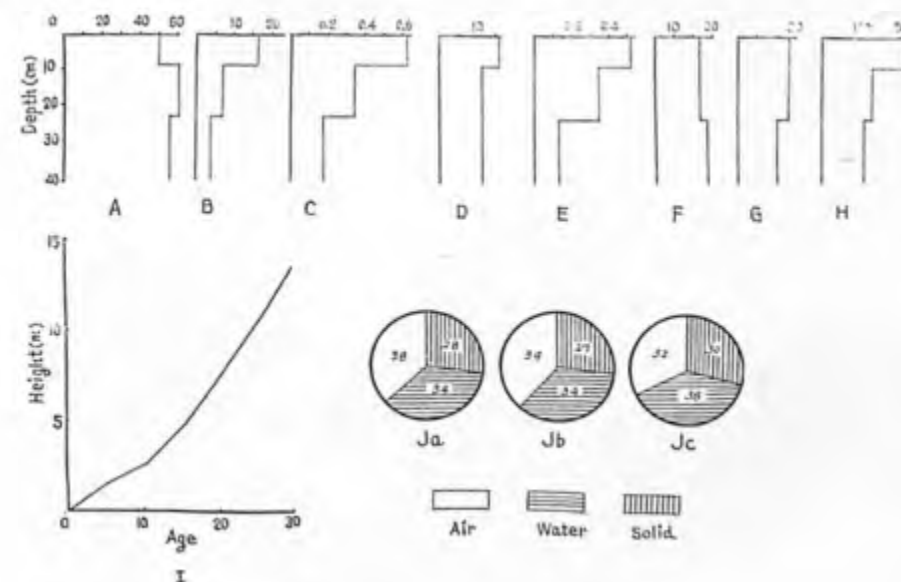
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	2.0					
A ₁	7.0	Brownish black	L	Cr	1	4
A ₂	14.0	Brown	SiL	Gr	2	3
B	21.0	Light brown	SiL	Gr	2~3	3

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
15	13.5	30	1,212	13.5

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 16 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 16 図 林木の生育と土壌の性質

Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 16 Bd 型土壌

調査地 上戸別営林署上戸別事業区 1 林班

方位: SE, 傾斜: 10°, 海拔高: 200 m, 母材: 第三紀 (砂質岩)

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の上戸別 (標高 140 m) の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 153 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-7.8	-7.0	-2.2	3.7	11.6	16.9	21.7	22.3	17.5	10.5	2.8	-4.4	7.1
Precipitation mm	82.9	59.0	60.0	53.3	64.8	71.0	109.2	125.5	132.7	107.3	117.1	102.4	1,084.2

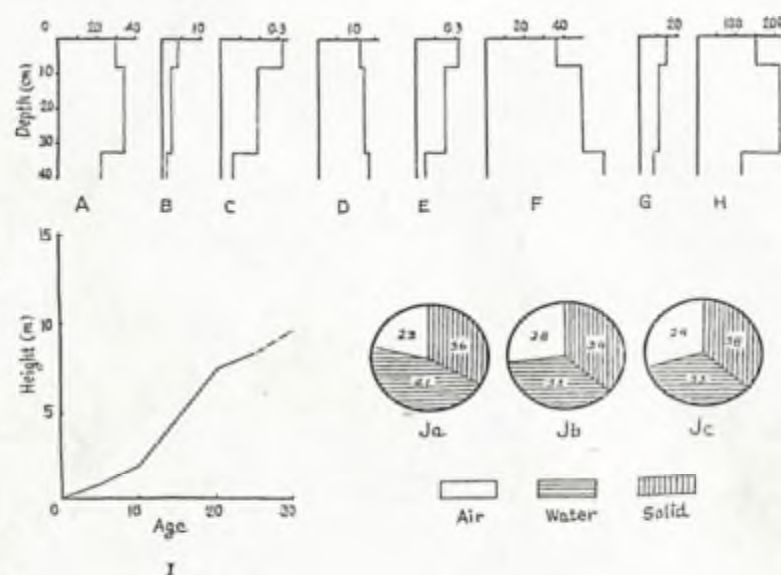
土壌断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	2.0					
A ₁	8.0	Brownish black	L	Cr, Gr	2	4
A ₂	25.0	Brownish black	L	Gr	2~3	4~3
B	9.0	Yellowish brown	SL		3	1

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
16	8.2	26	1,256	9.6

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 17 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 17 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 17 Bc 型土壌

調査地 上戸別営林署上戸別事業区 3 林班

方位: NE, 傾斜: 10°, 海拔高: 230 m, 母材: 第三紀 (砂質岩)

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の上戸別 (標高 140 m) の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 153 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-7.8	-7.0	-2.2	3.7	11.6	16.9	21.7	22.3	17.5	10.3	2.8	-4.4	7.1
Precipitation mm	82.9	59.0	60.0	53.3	64.8	71.0	108.2	125.5	132.7	107.3	117.1	102.4	1,084.2

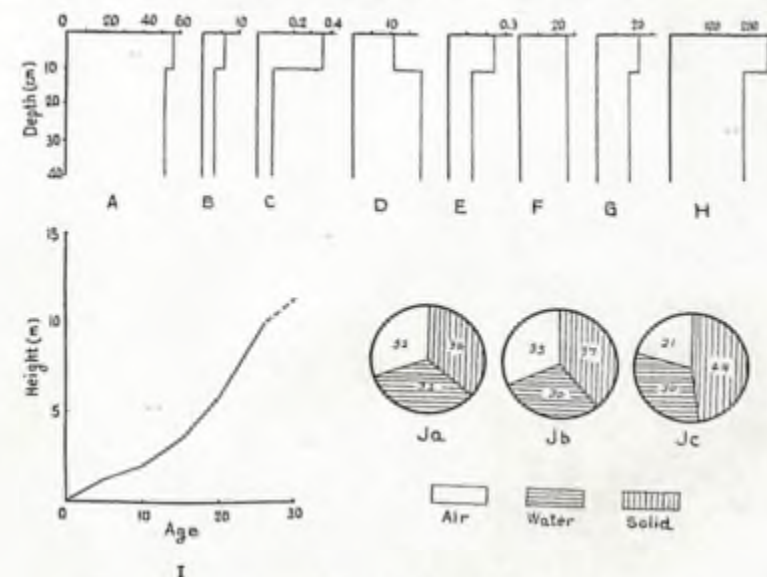
土壌断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	1.0					
A	10.0	Brownish black	SiL	Gr	2	4~3
B	28.0	Brown	SiL	N	3~4	2

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
17	9.9	26	1,457	11.3

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 18 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 18 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 18 BC 型土壤

調査地 上戸別営林署上戸別事業区 4 林班

方位: SE, 傾斜: 17°, 海拔高: 260 m, 母材: 第三紀(砂質岩)

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の上戸別(標高 140 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 153 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-7.8	-7.0	-2.2	3.7	11.6	16.9	21.7	22.3	17.5	10.3	2.8	-4.4	7.1
Precipitation mm	82.9	59.0	60.0	53.3	64.8	71.0	108.2	125.5	132.7	107.3	117.1	102.4	1,084.2

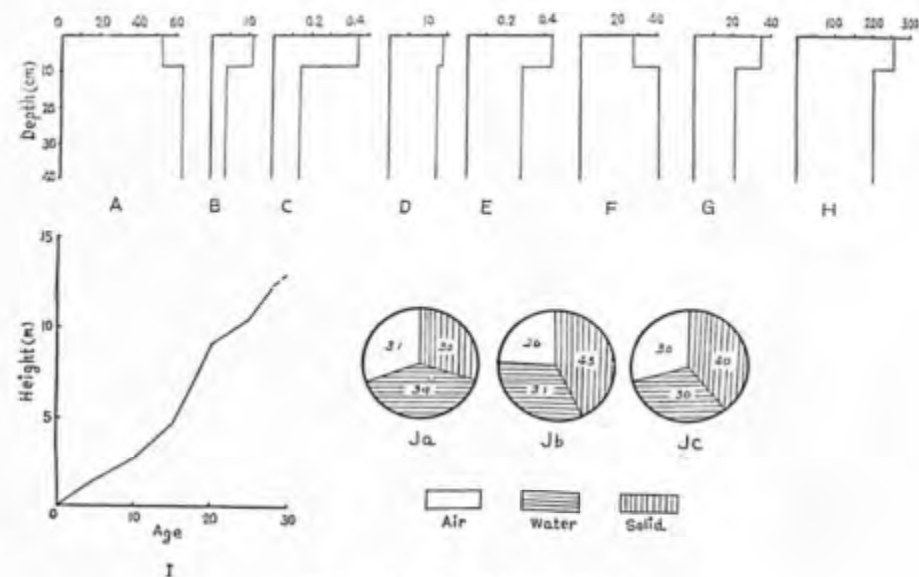
土壌断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	1.0					
A	9.0	Brownish black	L	Gr	2	4
B	29.0	Brown	SiL	L	3~4	2

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
18	12.0	28	1,515	12.8

本調査区内の造林木の成長状態および土壌の理化学的性質を第 19 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 19 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 19 BC 型土壤

調査地 戸別営林署戸別事業区 175 林班

方位: S, 傾斜: 21°, 海拔高: 300 m, 母材: 第三紀(砂質岩)

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の上戸別(標高 140 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 153 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-7.8	-7.0	-2.2	3.7	11.6	16.9	21.7	22.3	17.4	10.3	2.8	-4.4	7.1
Precipitation mm	82.9	59.0	60.0	53.3	64.8	71.0	108.2	125.5	132.7	107.3	117.1	102.4	1,084.2

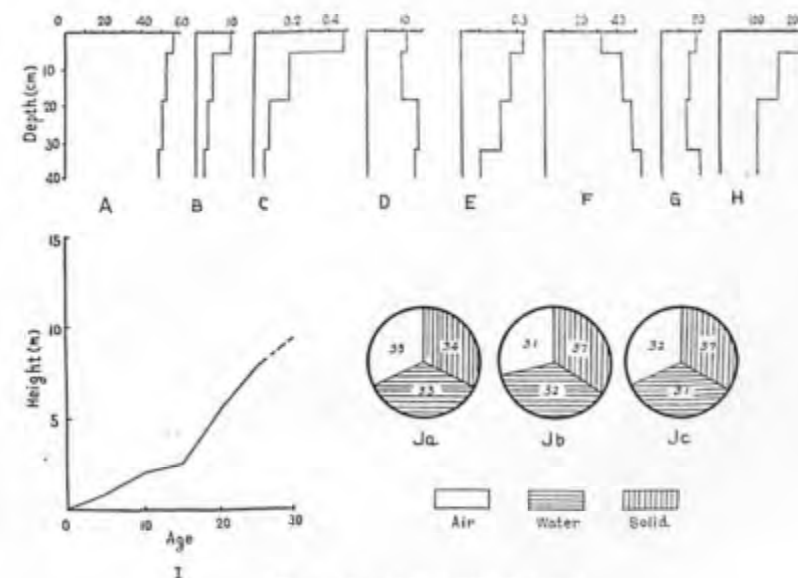
土壌断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	1.5					
A ₁	13.0	Brownish black	SiL	Gr	2~3	4
A ₂	13.0	Brownish black	CL	N	3	3~2
B	19.0	Brown	L	N	3~4	1

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
19	8.0	26	1,529	9.2

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 20 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 20 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 20 Bd 型土壤

調査地 余市営林署古平事業区 30 林班

方位: NE, 傾斜: 17°, 海拔高: 150 m, 母材: 第三紀 (泥質岩・砂質岩)

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の古平 (標高 140 m) の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 180 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-4.7	-4.4	-0.2	5.7	10.9	15.2	20.3	22.0	17.7	11.5	4.5	-2.0	8.0
Precipitation mm	179.6	118.4	85.0	71.1	60.7	51.2	95.7	118.0	148.5	154.5	170.2	186.8	1,439.7

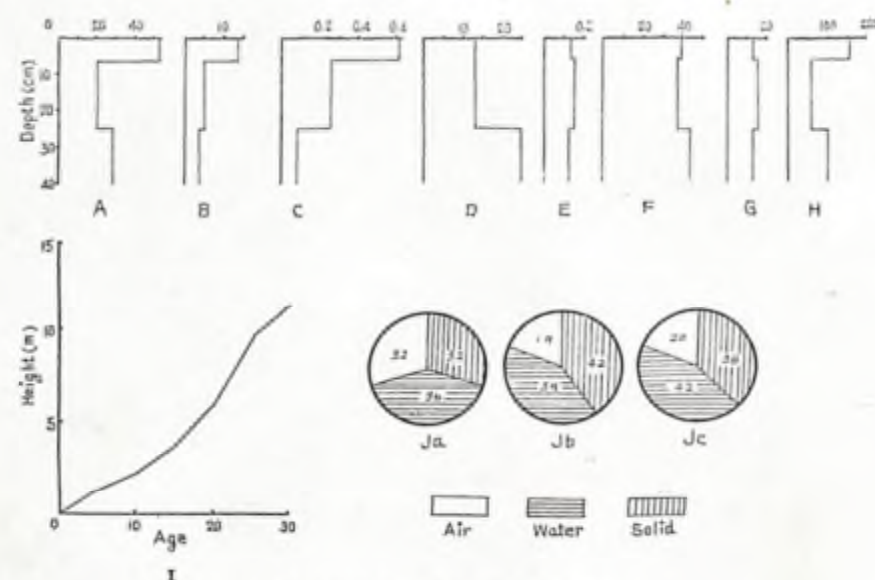
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	緊密度 Compactness	根系 Root
A ₀	2.0					
A ₁	6.0	Black	L	Cr	1	4
A ₂	19.0	Brownish black	SL	Gr	2	3
B	21.0	Brown	SL		3~4	1

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
20	9.5	32	1,126	8.9

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 21 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 21 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 21 Bd(d) 型土壤

調査地 留辺蘂営林署湯根湯事業区 15 林班

方位: SE, 傾斜: 10°, 海拔高: 410 m, 母材: 頁岩

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の留辺蘂 (標高 250 m) の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 124 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-10.9	-9.6	-3.3	3.9	9.3	15.6	19.2	20.3	15.1	9.1	1.9	-5.7	5.4
Precipitation mm	34.0	37.2	38.4	37.6	52.3	57.7	89.5	62.1	110.0	76.1	40.6	32.6	668.1

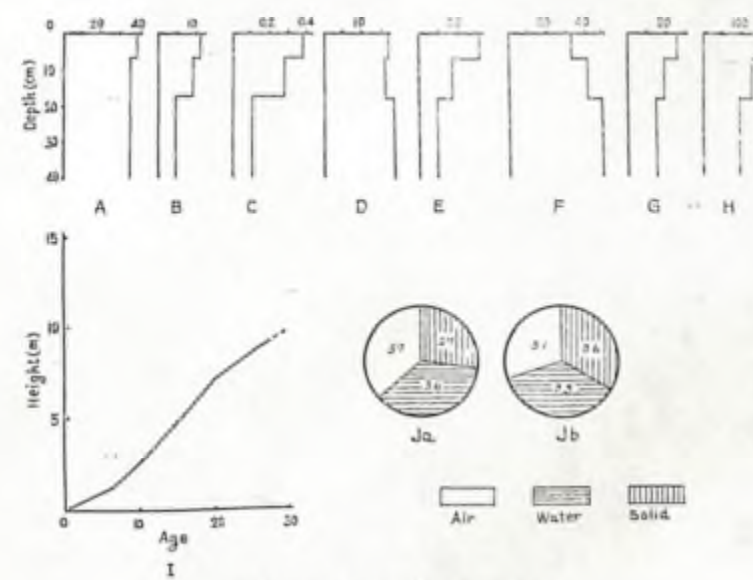
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	緊密度 Compactness	根系 Root
A ₀	3.0					
I A	7.0	Brownish black	L	Cr	1	5
II A	11.0	Dark brown	SL	Gr	2	3
II B	14.0	Brown	L	Gr, N	3~4	1

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
21	8.4	28	1,480	9.6

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 22 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 22 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 22 B1D 型土壤

調査地 中標津営林署目梨事業区 26 林班

方位: SW, 傾斜: 2~3°, 海拔高: 120 m, 母材: 火山灰出物

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の武佐 (標高 30 m) の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 143 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-8.6	-4.0	-2.8	3.3	8.5	12.9	16.8	19.0	15.1	9.5	3.2	-3.6	5.4
Precipitation mm	47.4	37.4	51.0	51.7	73.8	81.3	95.1	107.9	162.3	94.0	88.1	50.8	940.8

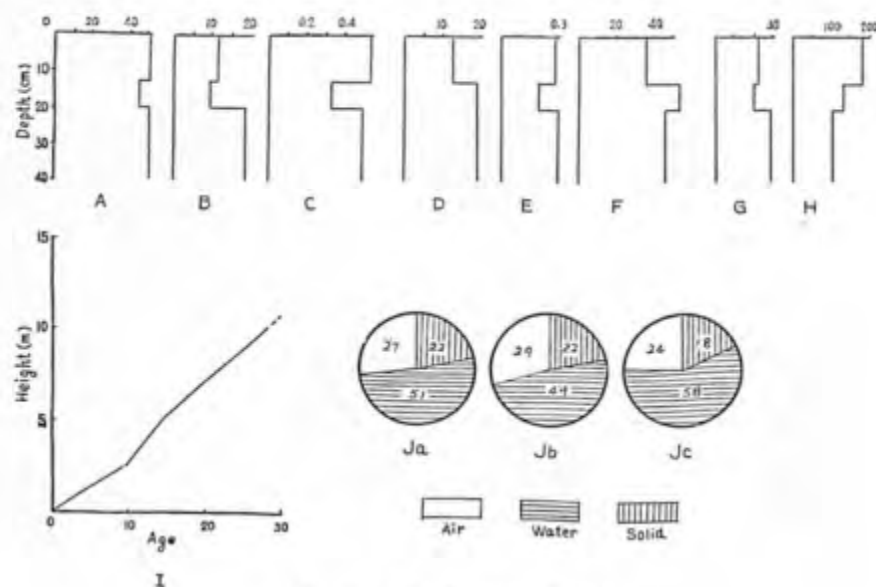
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根 系 Root
A ₀	2.0					
I A	13.0	Black	CL	Cr	1	4~5
I A B	7.0	Brownish black	L	Gr	2	4
II A	18.0	Black	CL	Gr	2	3
II A B	9.0	Brownish black	LC		3~4	1

造林木の成長状態

Plot No.	樹 高 Height (m)	林 齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
22	10.2	28	987	11.0

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 23 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 23 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 23 B1 型土壤

調査地 側定営林署片岡事業区 48 林班

方位: NE, 傾斜: 9°, 標高: 300 m, 母材: 火山灰出物

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の網走 (標高 20 m) の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 148 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-6.4	-7.2	-3.3	3.4	8.7	13.2	17.5	20.1	15.8	9.9	2.9	-3.8	5.9
Precipitation mm	46.3	50.3	51.3	52.6	71.3	65.1	95.1	86.9	131.4	94.4	81.0	47.5	874.0

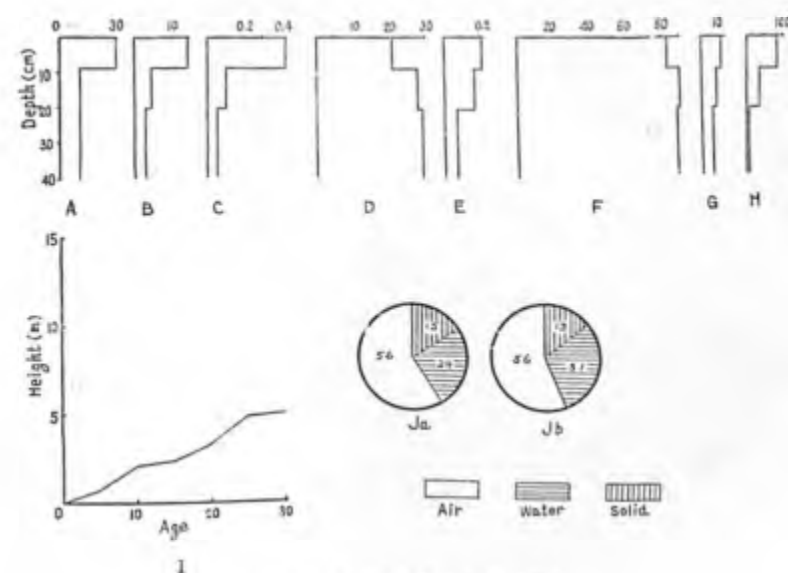
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根 系 Root
A ₀	3.5					
I A	9.0	Brownish black	SL	Loose Gr	2	4
II A	8.0	Dark brown	S	N	3	2
II B	35.0	Reddish brown	S		3	+

造林木の成長状態

Plot No.	樹 高 Height (m)	林 齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
23	5.0	30	1,712	5.0

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 24 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 24 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot. No. 24 BE 型土壤

調査地 函館営林署亀田事業区 28 林班

方位: NW, 傾斜: 29°, 海拔高: 400 m, 母材: 火山放出物

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の函館(標高 31 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 141 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-4.0	-3.9	-0.3	5.8	10.6	14.9	19.6	21.9	17.2	11.1	4.6	-1.9	8.0
Precipitation mm	68.3	38.9	49.1	69.9	75.8	81.7	141.9	107.2	195.6	124.0	90.8	84.4	1,127.6

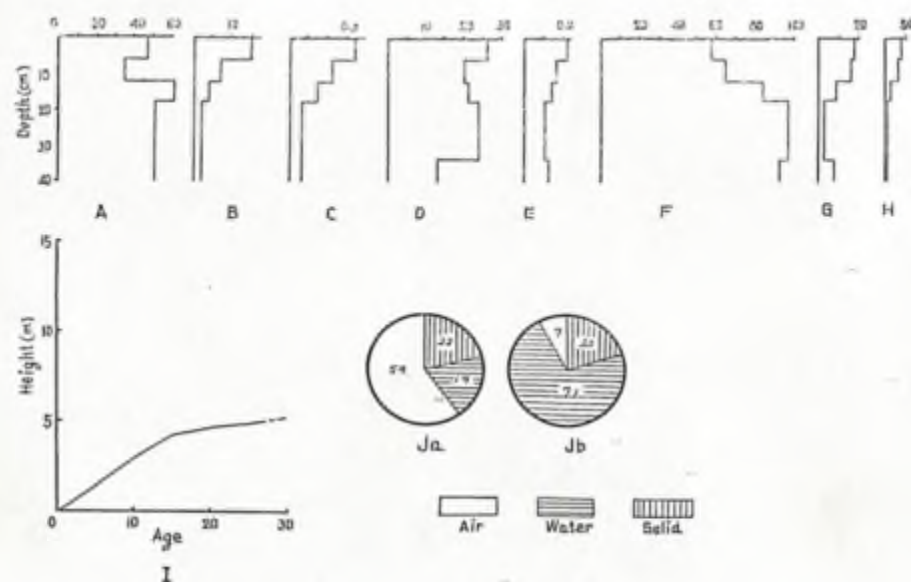
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	2.0					
I A ₁	6.0	Brownish black	CL	Cr	1	4
I A ₂	6.0	Brownish black	L		2	3
I B	5.0	Brown	LC		4	2
II	16.0	Yellowish brown	S		4	+

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
24	4.6	26	1,300	5.3

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 25 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 25 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 25 BE 型土壤

調査地 函館営林署亀田事業区 36 林班

方位: SW, 傾斜: 2°, 海拔高: 100 m, 母材: 火山放出物

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の函館(標高 55 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 151 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-4.1	-3.6	0.0	6.0	11.1	15.9	20.5	22.7	17.9	11.4	5.3	-1.1	8.5
Precipitation mm	99.5	85.3	72.2	72.2	95.8	78.1	167.0	134.4	164.9	114.9	104.8	94.5	1,283.6

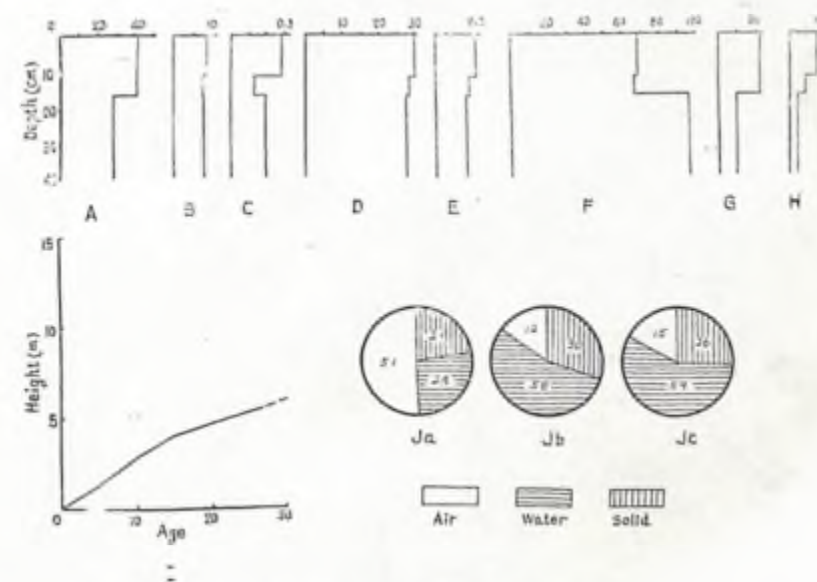
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	1.5					
I A	12.0	Brownish black	L	Cr, Gr	2	3
II A ₁	5.0	Black	L	Gr	3	2
II A ₂	24.0	Brownish black	SL		4	1
II B	15.0	Brown	SL		4	+

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
25	5.5	26	1,067	6.3

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 26 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 26 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 26 Bd 型土壤

調査地 釧路営林署釧路事業区 61 林班

方位: SW, 傾斜: 1~2°, 海拔高: 100 m, 母材: 火山灰土

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の厚岸(標高 55 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 108 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-6.7	-7.0	-1.1	3.5	8.8	12.9	16.9	19.4	17.0	11.4	4.4	-3.0	6.4
Precipitation mm	23.1	20.2	37.7	48.4	59.9	61.3	79.6	88.8	112.6	72.6	61.4	28.6	694.1

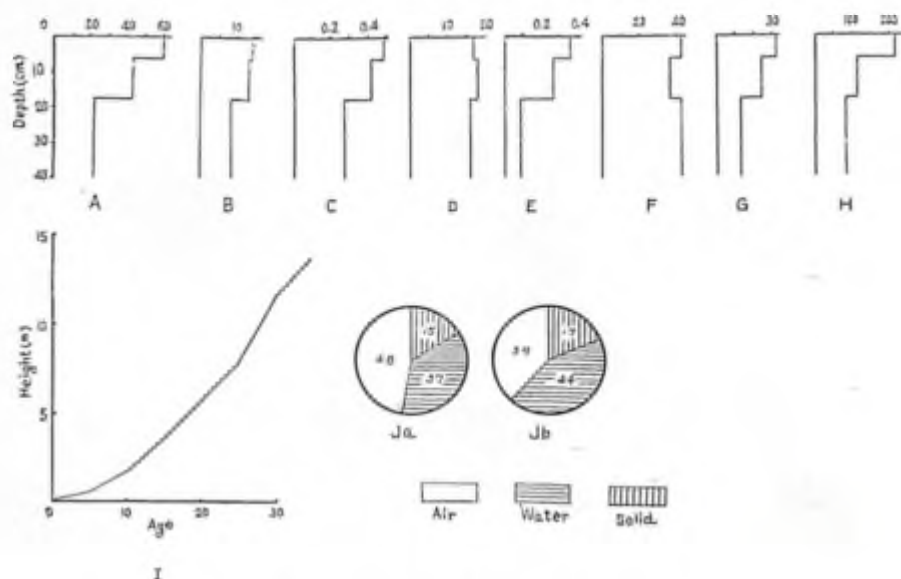
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	2.0					
I A	6.0	Brownish black	CL	Cr, Gr	2	4
II A	11.0	Black	CL	Gr	3	3
II B	27.0	Brown	SL	Gr	3	2

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
26	13.6	35	964	11.6

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 27 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 27 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 27 Bc 型土壤

調査地 札幌営林署小樽事業区 11 林班

方位: N, 傾斜: 10°, 海拔高: 420 m, 母材: 安山岩

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の小樽(標高 40 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 147 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-3.8	-3.7	-0.8	5.7	11.1	15.5	20.4	22.9	17.9	11.2	4.0	-2.5	8.1
Precipitation mm	137.0	93.4	81.1	52.3	53.7	47.0	76.8	60.6	138.6	116.3	163.9	169.8	1,190.5

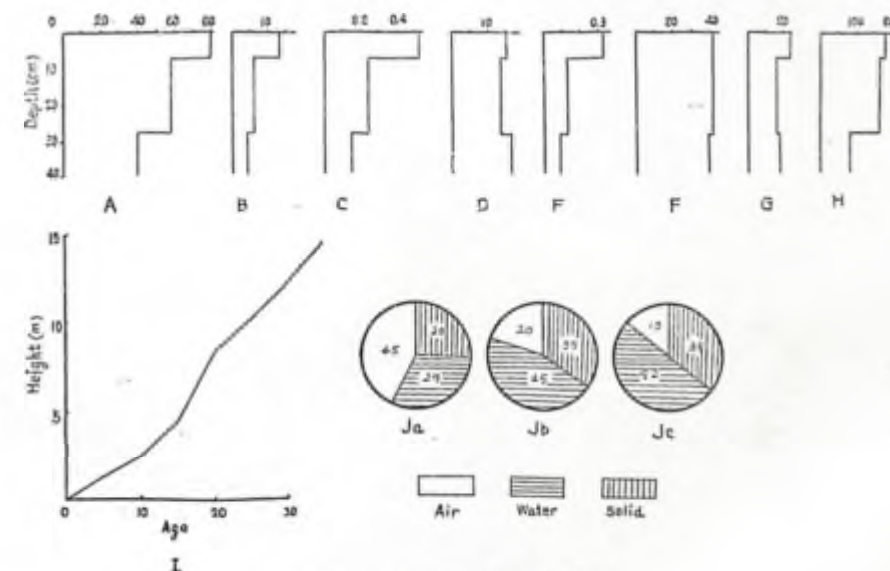
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	1.5					
A	7.0	Brownish black	SC	Gr, N	2	3
B ₁	21.0	Dark brown	LC	N	2~3	2
B ₂	18.0	Brown	C	N	3	1

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
27	14.4	35	816	12.0

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 28 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 28 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 28 Bn 型土壤

調査地 函館営林署亀田事業区 105 林班

方位: NW, 傾斜: 10°, 海拔高: 400 m, 母材: 火山放出物

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の函館(標高 31 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 141 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-4.0	-3.9	-0.3	5.8	10.6	14.9	19.6	21.9	17.2	11.1	4.6	-1.9	8.0
Precipitation mm	68.3	38.9	49.1	69.9	75.8	81.7	141.9	107.2	195.6	124.0	90.8	84.4	1,127.6

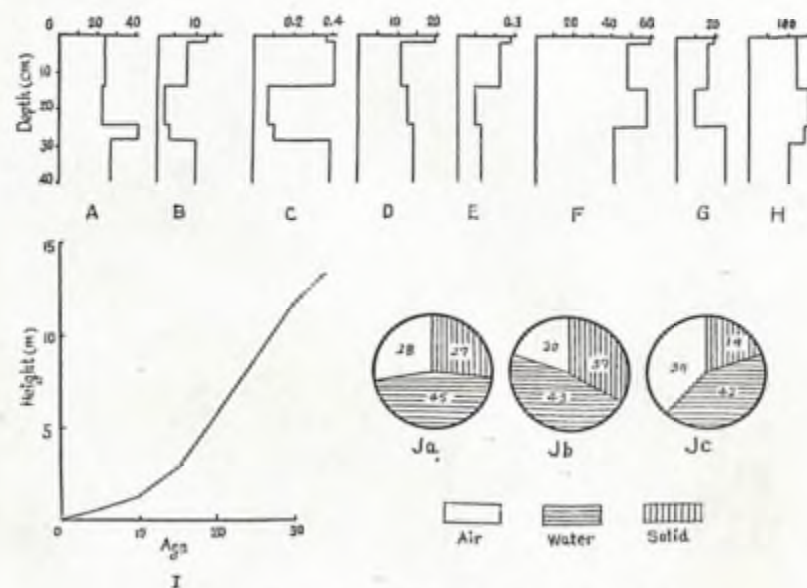
土壌断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	2.0					
I A ₁	2.0	Brownish black	SL	Cr	1	4
I A ₂	12.0	Brownish black	SL	Gr	2	4
II A	10.0	Black	SL	Gr	3	3
III A	4.0	Brownish black	L	Gr	3	3
IV A ₁	11.0	Black	SCL	Gr	2	2
IV A ₂	9.0	Black	SL	Gr	1	2

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
28	13.0	34	1,680	11.5

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 29 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 29 図 林木の生育と土壌の性質

Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 29 Bn 型土壤

調査地 幾寅営林署落合事業区 125 林班

方位: NE, 傾斜: 16°, 海拔高: 560 m, 母材: ホルンフェルス

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の幾寅(標高 350 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 251 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-10.0	-10.0	-5.6	2.3	8.3	14.5	18.8	20.0	13.8	7.3	0.3	-7.3	4.4
Precipitation mm	29.4	45.8	43.7	77.4	81.9	84.4	116.2	117.0	173.8	134.7	135.6	62.3	1,102.2

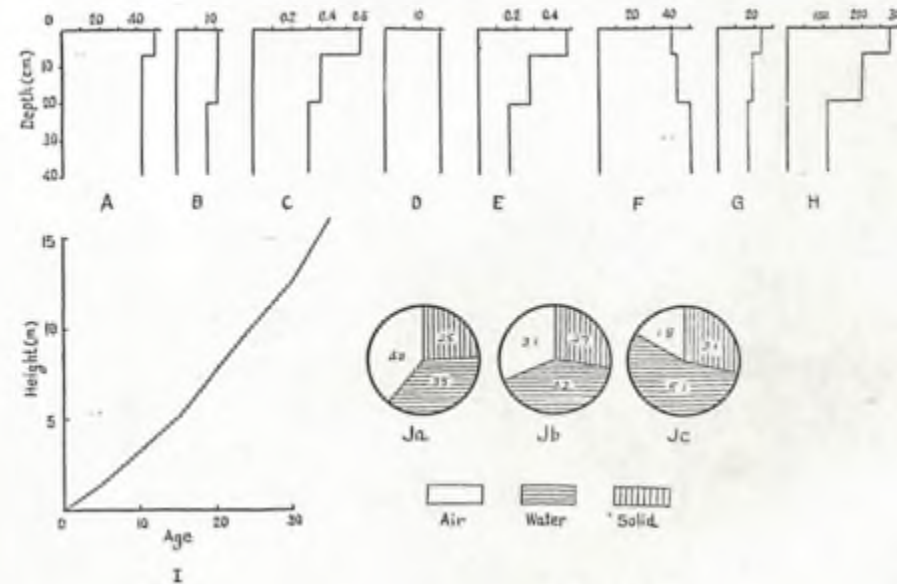
土壌断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	3.0					
A ₁	7.0	Brownish black	CL	Cr, Gr	2	4
A ₂	13.0	Dark yellowish brown	SCL	Gr	2	3
B	28.0	Brown	SCL	Gr	2~3	2

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
29	15.8	35	1,231	13.3

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 30 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 30 図 林木の生育と土壌の性質

Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 30 Bc 型土壤

調査地 枝幸宮林署徳志別事業区 9 林班

方位: NE, 傾斜: 3°, 海拔高: 130 m, 母材: 安山岩

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の枝幸(標高 20 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 201 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-6.3	-7.0	-3.3	3.3	8.7	12.3	17.4	20.5	15.7	9.5	2.0	-4.5	5.9
Precipitation mm	75.6	76.3	71.7	75.8	84.9	65.8	105.4	99.2	173.3	130.5	124.0	113.1	1,185.5

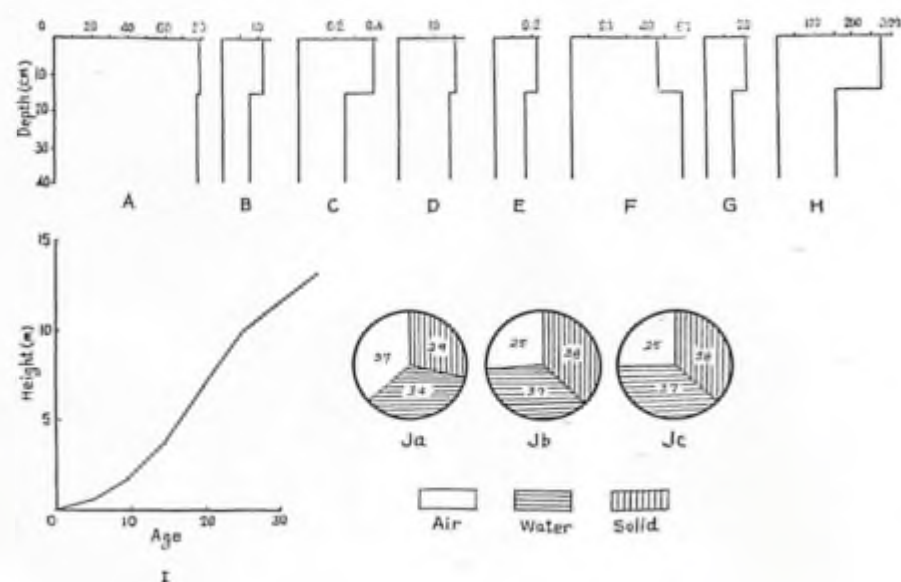
土壌断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	緊密度 Compactness	根系 Root
A ₀	2.0					
A	15.0	Brownish black	LC	Gr, N	2	4
B	20.0	Yellowish brown	LC	N	2~3	3

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
30	13.3	35	1,098	11.5

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 31 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)
第 31 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 31 Bb 型土壤

調査地 北見林務署美幌事業区 6 林班

方位: SW, 傾斜: 12°, 海拔高: 400 m, 母材: 火山灰

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の常呂(標高 80 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 139 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-10.8	-9.7	-2.7	5.2	10.9	15.0	19.6	20.8	16.1	9.7	2.2	-6.3	5.8
Precipitation mm	41.5	49.0	40.5	41.8	55.7	63.8	88.5	104.8	132.8	66.9	72.3	40.8	798.4

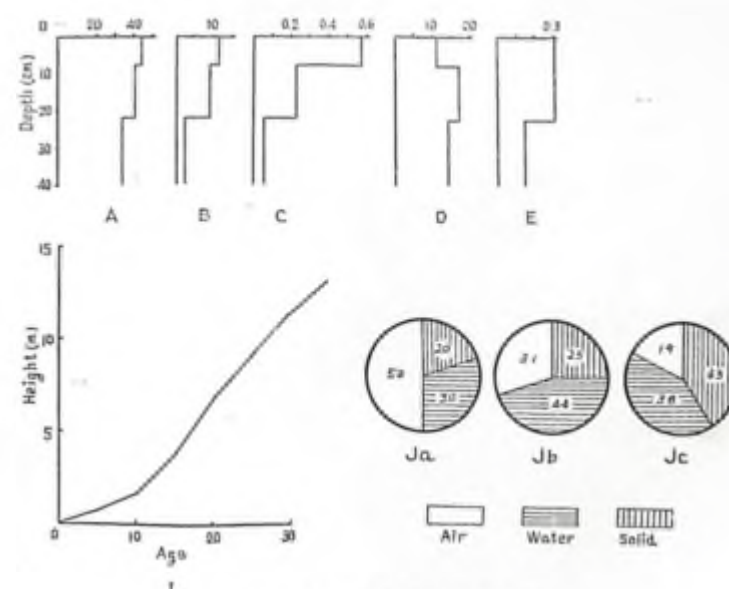
土壌断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	緊密度 Compactness	根系 Root
A ₀	2.5					
I A	8.0	Brownish black	CL	Gr	2	4~3
II A	14.0	Brownish black	CL	Gr	2~3	3
II B	25.0	Brown	SCL	Gr, N	3	1

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
31	13.0	35	1,876	11.1

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 32 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)
第 32 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 32 B/D 型土壤

調査地 中標津営林署日梨事業区 29 林班

方位: N, 傾斜: 5°, 海拔高: 130 m, 母材: 火山放出物

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の武佐(標高 30 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 143 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-8.6	-4.0	-2.8	3.3	8.5	12.9	16.8	19.0	15.1	9.5	3.2	-3.6	5.4
Precipitation mm	47.4	37.4	51.0	51.7	73.8	81.3	95.1	107.9	162.3	94.0	88.1	50.8	940.8

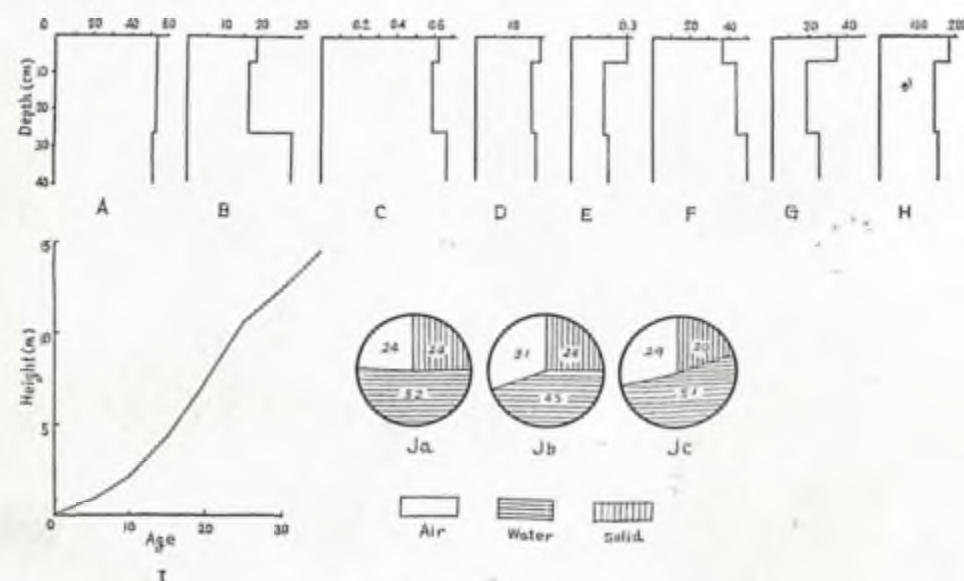
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	2.0					
I A	7.0	Black	CL	Cr	1~2	4
I A B	19.0	Black	CL	Gr	2	4~3
II A	23.0	Black	LC	Gr, N	2~3	2

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
32	14.2	35	996	12.1

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 33 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 33 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 33 B/D 型土壤

調査地 釧路営林署釧路事業区 60 林班

方位: NW, 傾斜: 2°, 海拔高: 100 m, 母材: 火山放出物

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の厚岸(標高 55 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 108 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-6.7	-7.0	-1.1	3.5	8.8	12.9	16.9	19.4	17.0	11.4	4.4	-3.0	6.4
Precipitation mm	23.1	20.2	37.7	48.4	59.9	61.3	79.6	88.8	112.6	72.6	61.4	28.6	694.1

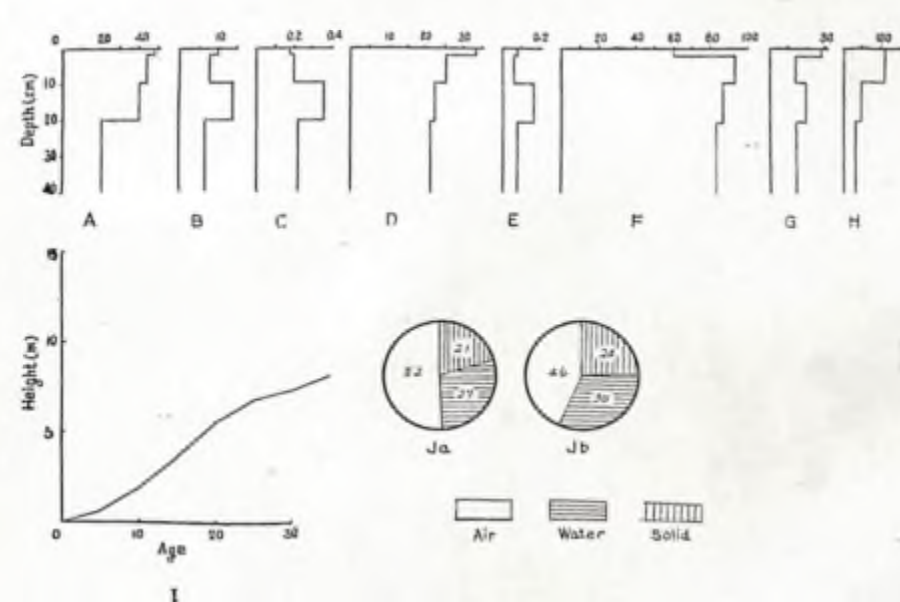
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	2.5					
I A	3.0	Black	L	Cr	1	5
I B	8.0	Brown	L	Gr	2	4
II A	10.0	Black	SCL	Gr	3~4	2
II B	24.0	Brown	SL		4	+

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
33	8.1	35	811	6.9

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 34 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 34 図 林木の生育と土壌の性質
Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 34 BD 型土壤

調査地 岩見沢宮林署機春別事業区 68 林班

方位: SW, 傾斜: 7°, 海拔高: 85 m, 母材: 砂質岩

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の岩見沢(標高 90 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 153 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-4.4	-4.8	-2.4	5.1	11.9	15.0	20.9	22.4	16.1	9.0	2.3	-3.6	7.3
Precipitation mm	101.9	72.9	57.6	74.4	91.8	54.1	75.0	119.4	181.9	130.6	101.0	152.9	1,113.4

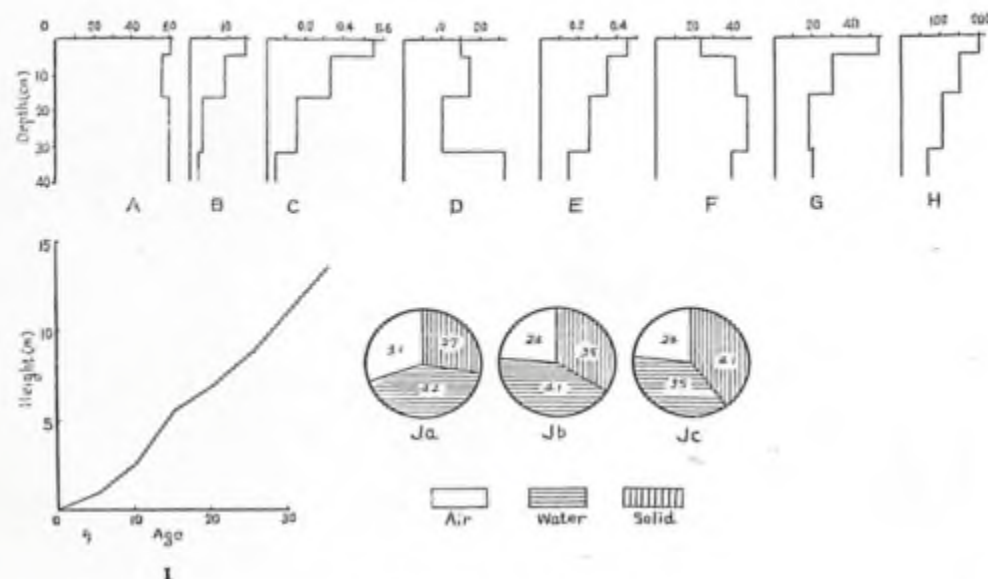
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	1.0					
A ₁	5.0	Brownish black	SiL	Cr	1	4
A ₂	11.0	Dark brown	SiL	Gr	2	3
B	15.0	Brown	SiL	Gr, N	3	1

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
34	13.3	35	797	10.9

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 35 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 35 図 林木の生育と土壌の性質

Growth of trees and some soil properties.

Plot No. 35 BD 型土壤

調査地 阿寒宮林署雪裡事業区 4 林班

方位: SE, 傾斜: 8°, 海拔高: 450 m, 母材: 火山灰土

気象 調査地が存在する地域の気候状態を近接の阿寒(標高 90 m)の観測結果によつてみると, 月別の気温および降水量は下記のごとくであり, 雨量係数は 186 になる。

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Temperature °C	-8.7	-8.5	-2.7	4.3	9.6	14.1	18.3	20.7	16.2	9.8	3.4	-4.2	6.0
Precipitation mm	27.1	30.1	58.2	84.7	88.6	108.0	126.1	126.7	193.0	139.6	92.5	39.2	1,113.8

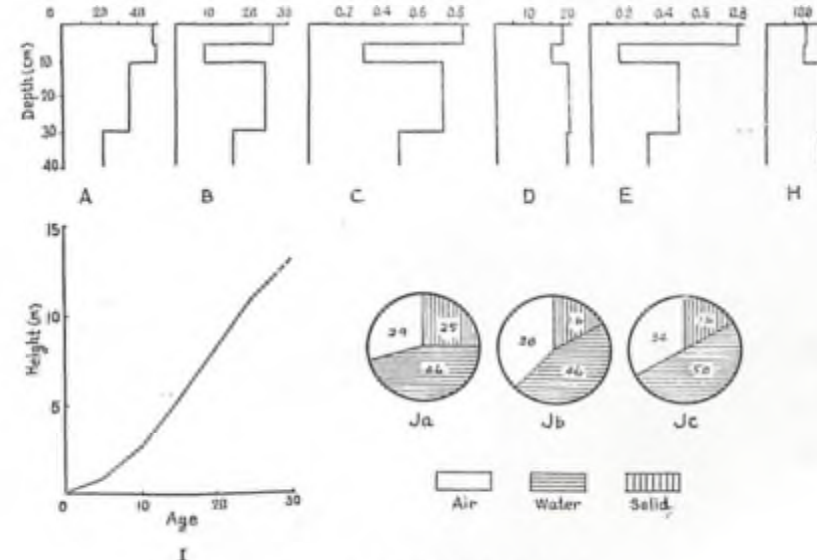
土壤断面の形態

層位 Horizon	厚さ (cm) Thickness	色 Color	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Compactness	根系 Root
A ₀	2.0					
I A	6.0	Black	CL	Cr	1	4
I B	5.0	Brownish black	SL	Gr	2	3
II A	19.0	Black	CL	Gr	2~3	3
II A B	17.0	Brownish black	SL	Gr	3	2
II B	18.0	Brown	SL		4	+

造林木の成長状態

Plot No.	樹高 Height (m)	林齢 Age	立木密度 Stand density/ha	地位指数 Site index
35	12.0	28	1,020	12.8

本調査区内の造林木の成長および土壌の理化学的性質を第 36 図に示す。



(Remarks は第 2 図に準ずる)

第 36 図 林木の生育と土壌の性質

Growth of trees and some soil properties.

第2節 調査および分析項目

調査は方形区内に幅 1 m、深さ 1 m 内外の試孔を設け、林野土壤調査方法書にもとづいて土壌断面の形態を調査し、各層から分析用の試料を採取し、つぎに示す理化学的性質を測定した。

i) 理学的性質

透水速度	真下氏法による。
機械的組成	ピベット法による。
容積組成	採取時における自然状態の土壌（固体、水、空気）の容積%を示す。
最小容気量	円筒容積に対する%。
最大容水量	円筒容積に対する%。
L/W	石原氏法による。
湿度度	$\frac{\text{採取時水分量}}{\text{最大容水量}} \times 100$

ii) 化学的性質

pH	ケンヒドロソ電極法による。
置換酸度	大工原氏法による。
置換性石灰	WILLIAMS 氏法による。
塩基置換容量	PARKER 氏法による。
塩基飽和度	PARKER 氏法による。
有機物	TURIN 氏法による。
窒素	KJELDAHL 氏法による。
炭素率	C/N

iii) 野外における土壌断面の測定項目

土壌構造の発達程度と深さ。

第2章 土壌の諸性質と地位指数との関係

林業は土地を基盤とする生産業である以上、土壌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。

森林土壌は農地や苗圃のように人為的な肥培管理は行なわれず、その林木の成長については自然の土地生産力という自然環境に依存している状態である。したがって、土壌の性質と同時に林木の環境に対する適応性という生理的な面の究明も必要であろう。しかし、林木の生理は、その形があまりにも巨大であり、成長に長年月を要するので、農作物などのような方法で実験的に正確に把握することはきわめて困難であり、従来苗木について多少の試験が実施されたにすぎない。したがって、少なくとも現在の段階では、現存する人工林について林木の生育状態と環境因子との関係を広く調査することによって、林木の性質を帰納的に推察し、立地条件と更新との関係を考察しうるにすぎない。そのため現段階においては、環境条件のなかでも、土壌条件は直接林木の生育を左右する一因子であるから、まず、土壌の諸性質を把握し、これにもとづいて、合理的な森林施業を行なうことは、生産物の向上をはかる一つの方法といえよう。

そこで林地土壌の選択には、その土壌のもっている性質をそのまま利用するという立場から、理化学的性質を知ることが必要である。しかしながら、個々の分析結果をとりあげて林木の成長の関係を断定する

ことができない場合が多いことはいうまでもない。土壌を調査して将来林木の生育を予測する場合、土壌のいろいろな性質は相互に組み合せて作り出されているので、単独の性質のみによつて判断するよりも、これらのいろいろな性質の組合せを基盤として、判定すべきが当然であろう。

しかし、林木の成長に対して土壌を検討するとき、すべての性質が均等に影響力をもつという考え方よりも、ある性質が他との相互的関連の上において林木の成長に比較的主要な役割をしている場合も多いと考えられる。それで、これらの性質と林木の成長を標示すると考えられる地位指数との間の関係を見出すことも必要であると考え、従来の研究結果から林木の成長と比較的關係が多いであろうと考えられる、土壌の理化学的性質と地位指数との関係を求めた。

第1節 土壌の理学的性質と地位指数との関係

i) 土性との関係

35 調査地の機械的組成の分析結果は別表 I のとおりである。したがって、土性区分三角図にあらわすと第 37 図のごとくで、地位指数の大きい土壌の土性は、微砂 30%、粘土 16%、砂 54% 前後の交点を中心とし、円形をえがいた箇所に集中する。すなわち、埴質壤土、壤土、微砂質壤土、それに砂質壤土の一部である。地位指数の小さいところは、本調査結果では、砂質壤土の一部と砂土であり、比較的砂質なものはトドマツの成長が劣る傾向を示している。

したがって、調査区から便宜上つぎのように、地位指数 10.0 以上のものと、地位指数 7.0 以下のものとをそれぞれ区分し、前記の数値から微砂+粘土量における場合の地位指数 10.0 以上と地位指数 7.0 以下との間の検討を行なつた。その結果を図示すると第 38 図のごとくである。

これを測定値を 20% 以下、21~40% などのように 5 とおりに区分し、そのおのおのの測定値区分内に入る測定数を地位指数 10.0 以上および地位指数 7.0 以下のそれぞれの全測定数によつて地位指数 10.0 以上、地位指数 7.0 以下のものの百分率を求めた。その結果第 1 表のとおりである。

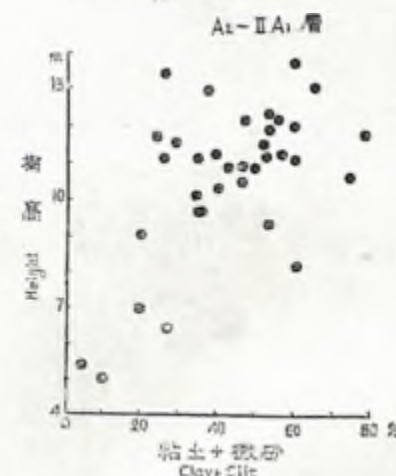
第 1 表 両地位指数における粘土+微砂の測定値区分
Division of measured value of Clay+Silt
at both site index.

測定値区分 Division of measured value 粘土+微砂 Clay+Silt	地位指数 10.0 以上 Site index more than 10.0	地位指数 7.0 以下 Site index less than 7.0
20 以下 %	0 %	50 %
21 ~ 40	36	50
41 ~ 60	56	0
61 ~ 80	8	0
81 以上	0	0



● 地位指数 10.0 以上
Site index more than 10.0
○ 地位指数 7.0 以下
Site index less than 7.0

第 37 図 土性区分三角図
Triangle diagram of soil texture.



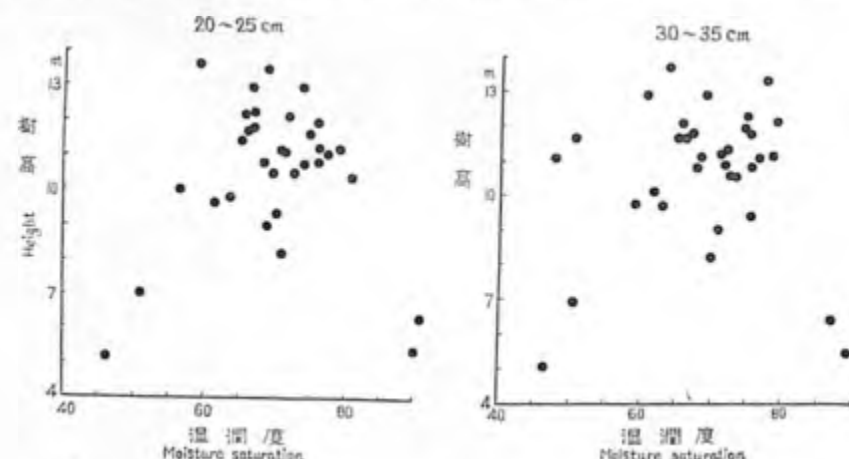
第 38 図 地位指数と土性との関係
Relation between site index
and texture.

地位指数 7.0 以下のものは、微砂+粘土量が測定値区分の 40% 以下に大半であるに比して、地位指数 10.0 以上のものは、測定値区分 40~60% にほとんどはいつている。この結果から、土性区分三角図で示したように、地位指数 7.0 以下のものは砂質系統のものが多い傾向が認められるが、もしながら地位指数 10.0 以上のもののなかでも、地位指数 7.0 以下のものの微砂+粘土量となんら差異のない場合も多い。したがって、土性と地位指数との明りような関係は認められない。

ii) 湿潤度との関係

青木³⁾は湿潤度について作物が良好な生育をなし、最高の収量をあげるときには、湿潤度が 50~60% が最適であると述べているが、林木の場合その生育期間を通じて土壌の水分状態を把握することは、容易なわけではなく、造林予定地で適地を決定するような場合、直接この水分状態を知ることは、現在では大よそ不可能であろうと考える。普通、林野土壌調査において、土壌断面の観察に記載している水湿状態は、常時乾であるとか湿潤であるとかいうのではなく、調査時の水分状態をあらわしているのである。しかし、同時期に採取したおのおのの土壌を比較する場合には、どの程度乾燥しているか、あるいは湿潤の状態にあるかを判定するための一つの材料となるものであろう。したがって、このような観点から、筆者は調査時における水分量を求め、その結果を最大含水量との比率をもつて湿潤度とし、その得られた結果の範囲内で考察を試みた。

地位指数と湿潤度との関係は表層下 20~25 cm および 30~35 cm の部分について第 39 図に示す。



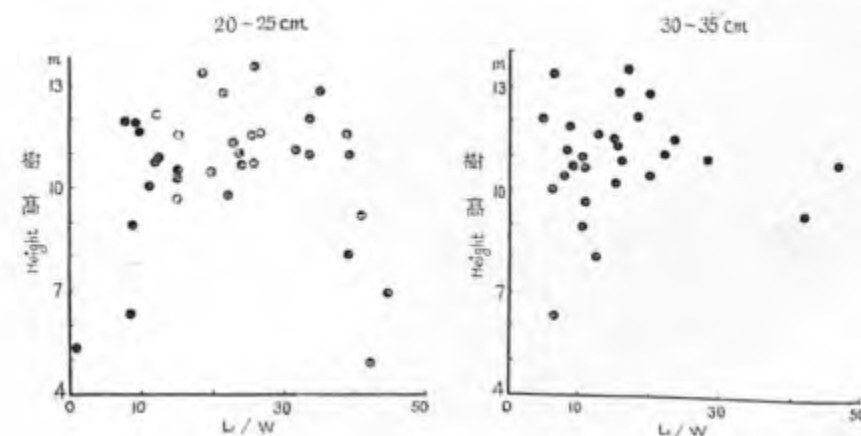
第 39 図 地位指数と湿潤度との関係
Relation between site index and moisture saturation.

以前石原・鷺見⁷⁾はトドマツ・エゾマツ稚樹の生育に対する適当な水分量について、トドマツの稚樹の最も良好な成長をしたものは、土壌含水量に対して 70% の水分を含有せしめた場合であり、これにくらべて、土壌含水量の 40% というように少ない場合および 80% のように多い水分を含むときには、トドマツ稚樹の成長はいちじるしく不良であることを立証し、造林木についても同様のことがいえるであろうと報告している。本調査の実験結果によれば、地位指数 7.0 以下のものは湿潤度が 50% 以下の少ない場合と、90% 以上の湿りの多い場合に多い。これにくらべて地位指数 10.0 以上のものは、湿潤度 60~80% の範囲に大部分はいるようで、石原・鷺見両氏の報告結果に近いようである。これらを測定資料数に対する百分率を地位指数 10.0 以上および地位指数 7.0 以下についてみると、第 2 表のごとくである。

以上の結果から考察すると、地位指数 10.0 以上の場合には、測定値区分の湿潤度 60~80% のものは、表

第 2 表 両地位指数における物理学性の測定値区分
Distribution of measured value of physical properties at both site index.

	測定値区分 Division of measured value	地位指数 10.0 以上 Site index more than 10.0			地位指数 7.0 以下 Site index less than 7.0	
		Depth cm			Depth cm	
		2~10	20~25	30~35	5~10	20~25
固 体 Solid (%)	15 以下 15.1~25 25.1~35 35.1以上	0% 46 50 4	0% 27 39 34	0% 30 15 55	25% 75 0 0	25% 50 25 0
空 気 Air (%)	10 以下 10.1~20 20.1~30 30.1~40 40.1以上	0 4 28 34 34	0 11 30 59 0	0 27 46 27 0	0 0 0 0 100	25 25 0 0 50
水 分 Water (%)	30 以下 30.1~40 40.1~50 50.1以上	15 48 26 11	4 51 45 0	8 37 30 25	100 0 0 0	25 25 0 50
最大含水量 Max. water- holding capacity (%)	50 以下 50.1~60 60.1~70 70.1以上	15 51 30 4	19 43 38 0	25 25 33 17	50 0 50 0	0 25 50 25
最小容気量 Min. air capacity (%)	5 以下 5.1~10 10.1~15 15.1~20 20.1以上	0 19 19 23 39	4 30 35 27 4	22 35 35 4 4	0 0 25 25 50	25 25 0 0 50
L/W	10 以下 10.1~20 20.1~30 30.1~40 40.1以上	4 19 30 11 36	11 30 36 19 4	30 49 17 0 4	0 25 25 0 50	50 0 0 0 50
湿 潤 度 Moisture saturation (%)	60 以下 60.1~70 70.1~80 80.1以上	22 30 48 0	7 38 51 4	8 34 50 8	100 0 0 0	50 0 0 50



第 40 図 地位指数と L/W との関係
Relation between site index and L/W.

層下 20~25 cm の部分で 89% を示している。これにくらべて地位指数 7.0 以下の場合、測定値区分の湿度 60% 以下の乾燥型と考えられるもの 50%、また、測定値区分の湿度 80% 以上の湿性と考えられるものが 50% を示し、あきらかに地位指数とこの湿度との間には見られるべき関係があるようである。

iii) L/W との関係

この関係については、表層下 20~25 cm および 30~35 cm の部分について第 40 図のごとく示した。

以上の結果からみると、表層下 20~25 cm の部分にあつては、地位指数 7.0 以下のものには、L/W の小さい場合と L/W の大きい場合とに認められているが、表層下 30~35 cm の場合にはあきらかな関連性は認められていない。

以前石原⁵⁾は、野幌国有林の天然林において、トドマツ稚樹の消長と森林土壌との関係に関する研究を行ない、容気量の大小、含水量の大小のみをもつて、いずれも稚樹の存続消長の経過と明りような関係を見出しがたきものであるとのべ、空隙を構成する毛管空隙と非毛管空隙との配合比が適当な状態にあるや否やが、むしろ重大な契機をなすべきものであるとし、その結果、稚樹存続の高位のものは、L/W 34% 以上にして、中位のものは L/W 31~28%、低位は L/W 25% 以下を示し、なお、L/W 15% 以下のものは最も不良であるとのべ、土壌理学的の良否を決定する上に、L/W は重要なものと報告している。

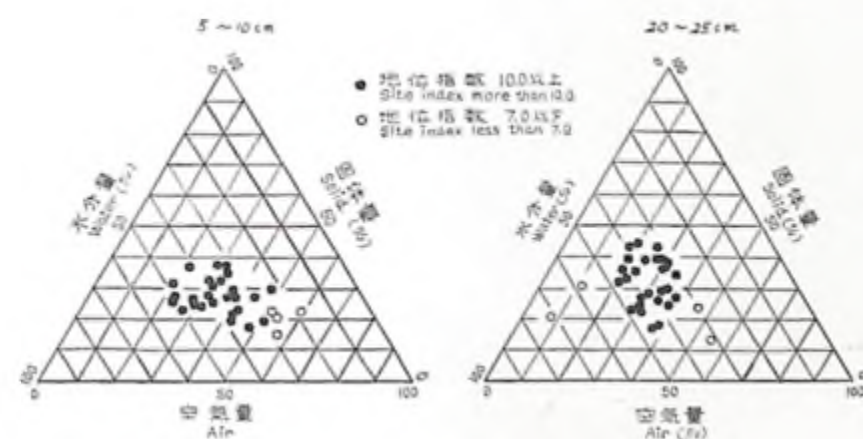
したがつて、石原・松井⁶⁾らは、これらの観点に立つて、L/W の大小の相違は、垂直的根系の分岐の発達程度に影響をおよぼす傾向にあるとし、成長旺盛にして樹高大なる優良立地においては、L/W は大で、しかも根系の発達もきわめて良好であるとし、これに反して成長不良にして樹高の低い立地にあつては、L/W は小さく、しかも根系の発達は前者に比して劣るものであるとし、林木の生育と L/W と密接な関係にあることを述べているが、本調査の造林地の結果をくらべると、石原氏の結果とつねに一致するとはいえない。

このことは、石原氏の結果は野幌国有林の植質土壌地帯において研究したものであるが、筆者は全道的に調査し、いろいろの土壌のものについての結果で、極端な L/W を有する土壌をも含んでおり、比較的広い範囲の L/W を有する土壌に遭遇した結果であると思考するものである。また、L/W が極端に大なることは、土壌自体乾性を意味するものであると想像する。したがつて、一般の造林地において、正常な林木の成長はあまり期待できないのではないかと推測される。本結果を資料数に対する百分率を測定値区分によつて求めたものが第 2 表のとおりである。表層下 20~25 cm の部分についてみると、地位指数 7.0 以下の測定値区分における L/W 10% 以下の場合と 40% 以上の場合にそれぞれ 50% を示している。これにくらべて地位指数 10.0 以上は、測定値区分の 10% 以下のものがほとんどなく、測定値区分の 10~40% のものが多い。また、表層下 30~35 cm の部分については、地位指数 7.0 以下の場合の資料がないため比較検討はできない。

したがつて、表層下 20~25 cm の部分において、地位指数 10.0 以上と地位指数 7.0 以下との間には、L/W と地位指数との間に、ある程度関係が認められるようである。

iv) 容積組成との関係

容積組成は、土壌の水分状態、自然構造の大略をあらわすものとして、広く一般に測定されている。神²⁰⁾は自然状態の土壌中の固体、液体、空気の割合と林木の成長との関係を研究し、とくにアカマツについて、液体に対する空気の量、すなわち L/S であらわし、この数値の大なるところは、地位良好であると報告している。また、最近橋本・真下²¹⁾はスギ、ヒノキについて容積組成からみた場合に地位良（地位



第 41 図 容積組成
Volume composition.

指数スギ 19.0 以上、ヒノキ 14.0 以上) は地位不良 (地位指数スギ 16.0 以下、ヒノキ 12.0 以下) にくらべて空気量多く、水分量の少ないことを報告している。また、そのほか本邦の林野土壌について多くの報告がなされ、土壌型との関係が考察されてきている。水分状態、自然状態における構造を主とした基準によつて類別された各土壌型が、これらの容積組成と密接に関係することは、容易に想定されるものであろう。しかしながら、母材、土性、その他の相違する土壌では、同一の土壌型であつても、かなり大きなちがいが考えられる。したがつて、本道のトドマツ林について前項同様、地位指数と土壌の容積組成とを比較すれば、第 41 図のごとくである。

固体部分の体積

一般に表層より下層に固体部分の体積は大きくなる傾向が認められる。

地位指数 10.0 以上の場合における固体部分の体積は、表層下 5~10 cm では 20~40%、20~25 cm で 20~45%、30~35 cm で 20~50% のそれぞれの数値を示している。また、これにくらべて地位指数 7.0 以下の場合、やや少なくなる傾向が認められるが、地位指数との間にあきらかな関係は認められない。

なお、固体体積 (%) は、100-全孔隙量 (%) に相当するものであつて、一般に全孔隙量または固体体積は、土壌の堅密度、堆積様式、土壌構造と密接な関係にあるといわれているが、本測定結果からみると、これらの関係はそれほど明確にあらわれていない。

水分量

地位指数 10.0 以上と地位指数 7.0 以下の水分量について比較すると、地位指数 10.0 以上の水分量は、表層下 5~10 cm の部分で 30~50%、20~25 cm の部分で 30~50%、30~35 cm で 30~60% のそれぞれの水分量を示している。これにくらべて地位指数 7.0 以下は、表層下 5~10 cm で 20~30%、20~25 cm では水分量が 60~70% の多い場合と、30% 前後の少ない場合とがある。以上が水分量においてとくに目だつ傾向である。

また、測定値区分の水分量についてみると、地位指数 10.0 以上のものは 30~50% の区分に多く、上、下層ともに 70% 以上有しているのに、地位指数 7.0 以下は測定値区分の水分量 40% 以下の場合と、50% 以上の場合に多く、それぞれ実験数値は僅少ではあるが、50% 有し、あきらかに地位指数 10.0 以上と地位指数 7.0 以下との間に水分量の差異が認められる。

空 気 量

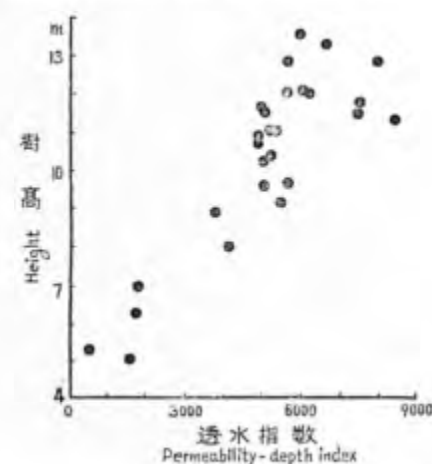
容積組成のうち空気量と地位指数 10.0 以上、地位指数 7.0 以下との間に関係が認められる。すなわち、地位指数 10.0 以上の土壌の空気量は、表層下 5~10 cm で 20~50%、20~25 cm で 20~40%、30~35 cm で 15~40% 前後に集まっている。これにくらべて地位指数 7.0 以下のものは、表層下 5~10 cm の部分で空気量が地位指数 10.0 以上のものにくらべてやや多い。また、20~25 cm の部分では、空気量 12% 以下の少ない場合と、45% 以上の多い場合の 2 とおりがある。このことは第 41 図からあきらかに認め得られるものであろう。また、測定資料数に対する百分率を地位指数 10.0 以上および地位指数 7.0 以下について、前に記した第 2 表からみると、地位指数 10.0 以上の表・下層の測定値区分の空気量は 20~40% に多く、全体の 60% を有している。また、地位指数 7.0 以下は測定値区分の空気量が、前に記したように 20% 以下の場合と 40% 以上の場合に多く、それぞれ 50% を占めている。これらのことから、あきらかに地位指数 10.0 以上と地位指数 7.0 以下との間には、水分量と同様に空気量の差異が認められる。

以上の結果から容積組成について考察すれば、地位指数 10.0 以上のうち全資料の固体体積は 15~50% で、広範囲の値を示し、標準偏差がかなりみとめられる。Bto 型土壌のみは、表・下層ともに他の土壌型にくらべて、やや少ない値を示している。このことは、前にも述べたように、母材、土性および有機物の量などのいちじるしく異なっているためと考えられる。

また、地位指数 10.0 以上および地位指数 7.0 以下のあいだに、水分量と空気量に差異がある点から、つぎのことが想像される。

地位指数 7.0 以下の土壌、すなわち、第 25 図を一つの例としてあげるならば、構造の発達はなく、密に結合され、孔隙量は少なく、水分の移動が不十分な状態であるため、空気量もおのずから減少し、水分量が増加する。これらの点から空気量の示す割合を見てもわかるように、水分量は孔隙の大部分を占め、ほとんど飽水状態に近い。これらが地位指数 7.0 以下の原因をなしているものであろう。

また、その反面第 24 図のごとく、空気量がとくに多く、水分量の少ない乾燥に傾きやすい場合にも地位指数 7.0 以下の林地が存在する。これは前に述べたように、地形的因子によるものであり、この影響が落葉の分解に不都合な条件下にあるため、鉅質土壌に有機物の補給は皆無の状態に近く、いきおい、堆積



第 42 図 地位指数と透水指数との関係
Relation between site index and permeability-depth index.

腐植は厚く形成され、モル状となる。この状態で降雨があった場合、地表に到達した水は下層に十分に浸透せず、大部分は山腹斜面に沿って下方に流走する。したがって、土壌中の空気量を増加せしめる原因となるものであつて、水分量との均衡を失い、ますます土壌を乾燥にみちびき、林木の生育に悪影響を与えたものと考えられる。また、地位指数 10.0 以上についてみると、第 16 図および第 19 図からみられるように、表層下 35 cm までの測定結果から、固体、水分、空気の容積組成の比率はほぼ等しいことが知られる。このことは、土壌構造が深層まで発達していることであつて、水分供給の多い場合においても、十分に排水しうる状態にある。したがって、地位指数 7.0 以下のよう、飽水状態に近くなることはまず考えられず、そのため、

林木の生育に適合し、地位指数 10.0 以上の結果を示したものと思考する。これらの関係については土壌構造深度と透水指数との関係の項においてさらに述べる。

v) 透水指数との関係

透水指数は、A₁ 層の表面から深さ 40 cm までとした。この結果を第 42 図に示す。

真下¹⁹⁾は、透水速度の時間的変化を知るために透水が始まつてから、1 分、5 分、15 分、30 分後の透水速度をはかり、これによって土壌構造の安定度を考察しようとしたが、良好な成果は得られなかったと述べている。

したがって、5 分後の透水量をとつて各土壌の比較を行なつていく。その結果スギ、ヒノキの成長と透水指数とのあいだにあきらかな差異を認め、透水指数は理学的性質を代表できるものであると述べている。

本実験は真下氏の方法に準じて透水量を測定し、透水指数を求めた。

この結果は第 42 図のように地位指数と透水指数とのあいだに、密接な関連性のあることが認められる。すなわち、地位指数 10.0 以上は透水指数 4,000 以上有し、5,000 以上になると、はるかにトドマツは良好な成長を示す傾向にある。また、地位指数 7.0 以下のものは、第 3 表から認められるように、透水量は劣り、透水指数は 2,000 以下の数値を示している。

これを透水指数の測定値区分より地位指数 10.0 以上および地位指数 7.0 以下について第 4 表よりみるならば、地位指数 7.0 以下は透水指数 3,000 以下のものが 100% を占める。これにくらべて、地位指数 10.0 以上の場合には透水指数の測定値区分の 5,000 以上のものが 84% を占めている。以上の結果、地位

第 3 表 地位指数と透水指数および構造深度との関係
Relation among permeability-depth index, depth of well-structured zone and site index.

Plot No.	地位指数 Site index (m)	構造深度 Depth of structure (cm)	透水指数 Permeability- depth index
15	13.5	44	6,026
29	13.3	48	6,690
18	12.8	38	7,984
35	12.8	47	5,751
32	12.1	49	6,079
1	12.0	42	6,236
27	12.0	46	5,696
8	11.7	38	7,520
26	11.6	34	4,896
28	11.5	46	5,100
30	11.5	35	7,505
17	11.3	38	8,434
3	11.0	42	5,212
22	11.0	38	5,307
34	10.9	31	4,921
11	10.7	32	4,906
7	10.4	39	5,262
2	10.2	28	6,236
16	9.6	33	5,649
21	9.6	32	5,046
19	9.2	32	5,498
20	8.9	28	3,818
14	8.0	23	4,169
33	6.9	21	1,890
25	6.3	17	1,752
24	5.3	6	556
23	5.0	17	1,605

第 4 表 両地位指数における透水指数と構造深度の測定値区分
Division of measured value of permeability-depth index and depth of structure at both site index.

	測定値区分 Division of measured value	地位指数 10.0 以上 Site index more than 10.0	地位指数 7.0 以下 Site index less than 7.0
透水指数 Permeability- depth index	1,000 以下	0%	50%
	1,001~3,000	0	50
	3,001~5,000	17	0
	5,001~7,000	62	0
	7,001 以上	22	0
構造深度 Depth of structure	15 以下 cm	0	25
	16~25	0	75
	26~35	31	0
	36~45	46	0
	46 以上	23	0

指数 10.0 以上と地位指数 7.0 以下との間において透水指数のうえにあきらかに差異を認めることができ。したがって、地位指数と透水指数とのあいだには関係があり、将来トドマツの良好な成長を期待するには、透水指数 4,000~5,000 以上必要とするものであらうと考える。

vi) 土壌構造深度との関係

土壌構造の形成には、いろいろの条件、すなわち気象的条件、土壌本来の性質、有機物の種類、林床植生の種類、土壌微生物の種類ならびに作用、その他の条件が関与し、これらの条件が相互に関係しあっていることが想像される。

現在国有林林野土壌調査においては、土壌構造の分類は土壌型を判定する上に重要な一つの条件とされ、種々のものがあげられている¹⁹⁾。

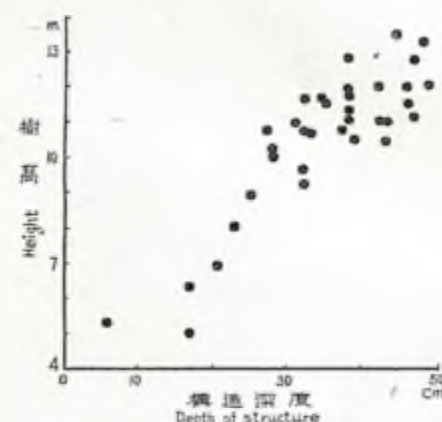
もし、土壌構造が発達していれば、大小種々の孔隙が分布し、土壌中の空気および水分の移動は容易におこなわれ、酸素の供給は良好となり、根系の呼吸作用は円滑に行なわれ、さらに空気と水分が適当なる条件下にあると、根系の伸長、分布などに大きな関係を有し、林木の生育に良好結果をおよぼすこととなり、また、微生物の活動は盛んになり、正常な有機物の分解がいとなまれるものであらう。

以前筆者ら¹²⁾³⁵⁾は、トドマツ優良造林地の土壌を調査した際に、同一の地域で、成長の劣る林地と、すぐれた林地とのあいだに土壌のやわらかい部分および土壌構造の発達している深さのちがいによつて、トドマツ造林木の成長に差異のあることを認めた。

しかして良好な成長を示している造林地の土壌は、林野土壌型で示されている、Bc 型、Bd 型土壌にみられる、団粒状、粒状、堅果状または塊状のいずれかの構造が深くまで出現していた。

これらの観点から、筆者は、Bc 型、Bd 型土壌に多く現われている、団粒状、粒状、堅果状または塊状などの構造を一括し、これらの出現している深さと地位指数との関係を求めた。

この関係については第 43 図に示す。



第43図 地位指数と構造深度との関係
Relation between site index and depth of structure.

第 43 図から地位指数は、土壌構造深度と密接に関係することが認められる。すなわち、構造深度の浅い土壌では、トドマツの成長は劣る。これら両者間の関係から、構造深度 20 cm よりも浅い土壌は、例外なく地位指数 7.0 以下を示し、地位指数 10.0 以上のものは、30~40 cm 以上の土壌構造深度を示しているものに認められる。Plot No. 24, 25 などの土壌構造深度の浅い弱湿性の土壌と、Plot No. 23, 33 の土壌構造深度浅く、かつ弱乾性の土壌についてみると、これらは土壌構造深度が浅いためにトドマツの根系は表層に集まり、下層に根系の分布は稀である。これに対して、深くまで構造の発達した土壌、たとえば Plot No. 15, 18, 32 等の林木の根は一部に分布することなく、全般的に深所まで疎に分布している。

石原・松井⁴⁾は野幌国有林において、根系からみたトドマツの育林的考察に関する研究を行ない、70~140 年生(天然木)のトドマツの根系は深度中庸な心根型であり、根系深度の浅い場合には、表層がいくら腐植にとむといえども、根の立体的利用部分が僅少であるため、成長は減退し、かつ樹高も低くなると

述べている。

これらのことからして、B 層が堅密で、しかも土壌構造が浅い場合には上記のような結果を示すものと想像する。

第 2 節 化学的性質と地位指数

i) pH および置換酸度との関係

土壌が酸性であるか否かが林木の生育に影響をおよぼすものであるかどうかという問題について種々の報告がある。

佐藤・山口²⁰⁾は本邦寒帯林樹種稚苗生育に関する研究において、クノッブ氏培養液で養成実験した結果、トドマツは大体 pH 4.5~6.0 の範囲でおのおの最良の発育を示したことを報じ、実験に用いた稚樹の根部の発育は、相当に酸性側の反応を示す培養液に良好で、弱酸性またはアルカリ側においては、根部および地上部ともに発育はいちじるしく不良なことを報告している。

また、石原⁴⁾は野幌国有林において、トドマツ稚樹の存続消失経過と土壌の pH ならびに、置換酸度との関係について研究し、トドマツ稚樹の存続の劣る土壌は、しからざる土壌に比して pH 高く、置換酸度低いことを認めている。すなわち、トドマツ更新優良地の pH は平均 4.7 で、更新不良地では平均 5.0 を示していることを述べている。

本実験結果によると、pH は地位指数 10.0 以上の土壌および地位指数 7.0 以下の土壌ともに、別表 III から認められるように、pH 4.3~6.0 の範囲内で、林木の成長にたいして明りような関係は認められない。また、置換酸度においても pH 同様に地位指数との間に明りような関係は認められなかった。

WENSE²¹⁾は、野外土壌および森林土壌において土壌の酸度は樹木の健全なる成長にたいして重大なる影響をおよぼさないと述べている。SCHAILE²²⁾は、泥炭地において pH 3.67 にいたつて、はじめて樹木の成長に影響をおよぼすことを認めている。

以上述べた諸点から考察すると、少なくとも本実験結果が示す pH および置換酸度の範囲においては、トドマツの成長に対して明りような影響をおよぼさないものと思料する。

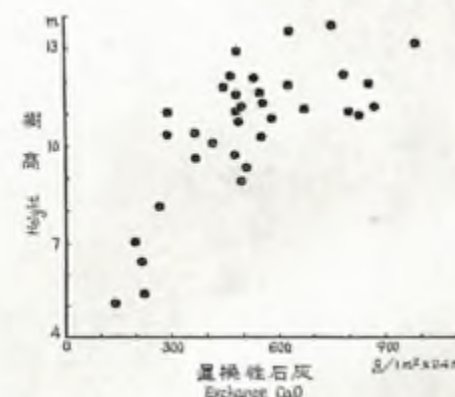
ii) 置換性石灰との関係

土壌の物理的ならびに化学的性質のうえに種々の影響をもたらす、ひいては林木の成長と直接的、間接的に関係すると考えられている置換性石灰含量と地位指数との関係を第 44 図に示す。

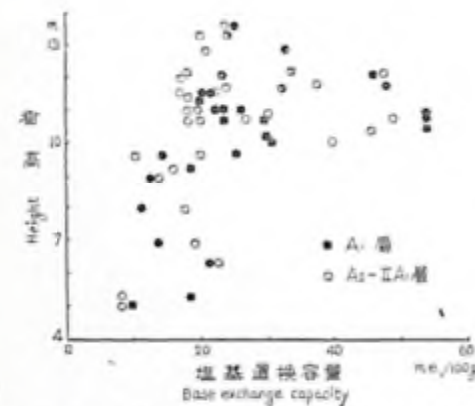
置換性石灰含量と林木の成長とのあいだに、密接な関係のあることは種々の樹種について研究成果があげられている⁴⁾¹⁰⁾¹¹⁾。

本調査における地位指数 10.0 以上の土壌では、置換性石灰含量が 281~1,112 g、平均 609 g を示し、その幅は非常に広い。これにくらべて地位指数 7.0 以下の土壌の場合は 160~253 g、平均 213 g である。

また、これを第 5 表についてみると、地位指数 7.0 以下の土壌では置換性石灰の測定値区分 400 g 以下のものが 100% 占める。これにたいして地位指数 10.0 以上の土壌は



第44図 地位指数と置換性石灰との関係
Relation between site index and exchange CaO.



第45図 地位指数と塩基置換容量との関係
Relation between site index and base exchange capacity.

消失の経過と置換性塩基との関係を考察している。この結果によれば、明りょうな関係を認められなかつたことを報告している。また、筆者が同一林地上において生育の優・劣の両林地で調査した際、塩基置換

第5表 両地位指数における化学性の測定値区分
Division of measured value of chemical properties at both site index.

	測定値区分 Division of measured value	地位指数 10.0以上 Site index more than 10.0	地位指数 7.0以下 Site index less than 7.0
有機物 Org. matter	10以下 kg 10.1~20 20.1~30 30.1以上	3% 48 29 20	50% 50 0 0
全窒素 Nitrogen	300以下 g 301~500 501~700 701~900 901以上	4 22 36 16 22	50 50 0 0 0
置換性石灰 Exch. CaO	200以下 g 201~400 401~600 601~800 801以上	0 16 40 20 24	50 50 0 0 0
炭素率 C/N	15以下 16~20 21~25 26以上	48 52 0 0	0 0 50 50
塩基置換容量 Base exchange capacity	10以下 m.e./ 100g 11~20 21~30 31~40 41以上	0 25 38 28 9	50 50 0 0 0
塩基不飽和度 Degree of unsaturation	20以下 % 21~40 41~60 61~80 81以上	4 58 38 0 0	0 0 0 25 75

測定値区分の 400 g 以上のものが 85% 以上占めている。

以上の結果からして、両地位指数のあいだに相関を認めることができる。

したがって、地位指数と置換性石灰含量とのあいだには、あきらかな関係の存在する傾向があることを認められる。

iii) 塩基置換容量との関係

塩基が植物の成長に重大な関係を有することはあえて述べるまでもなく、したがって、林木の成長におよぼす影響については、すでに幾多の学者によって示されているところである。

石原⁹⁾は野幌国有林において、トドマツの稚樹と存続

容量は、生育のまさる林地においては、大、生育の劣る林地では小で、あきらかな差異のあることが認められた。

つぎに塩基置換容量とトドマツの成長、すなわち地位指数との関係を表層の部分について考察すると、第45図に示すとおりである。

地位指数 10.0 以上の A₁ 層の塩基置換容量は、20~53 m.e./100 g. A₂ ~ II A 層で 18~38 m.e./100 g. の値を示し、これにくらべて地位指数 7.0 以下の土壌では 10~22 m.e./100 g. 8~23 m.e./100 g. であつて、地位指数 10.0 以上の土壌は、地位指数 7.0 以下の土壌にくらべて、やや高い値を示す傾向にあるようである。しかしながら、第45図から知られるように、地位指数 10.0 以上に包含されている林地のうちでも、地位指数 7.0 以下の林地とならば塩基置換容量の差異の認められない場合も決して少なくはない。このことは第5表

から認められるであろう。

筆者が前述したことは一部分のあらわれであつて、全道的にみた場合、気候的条件および母材の相違によつて生成されてくる粘土の量・質あるいは腐植の量・質などによつて異なるものであり、その塩基置換容量は広い範囲にわたっていることが認められる。

したがって、本結果から考えられることは、地位指数と塩基置換容量とのあいだには密接な関係が認められないが、塩基置換容量が、やや大なる場合には、地位の良い成長を示す傾向にあるようである。

iv) 塩基不飽和度との関係

この関係については、A₁ 層および A₂ ~ II A 層の表層の部分について第46図に示す。

地位指数 10.0 以上の A₁ 層で塩基不飽和度 20~53%, A₂ ~ II A 層で 16~48% である。これにくらべて地位指数 7.0 以下では A₁ 層 60~83%, A₂ ~ II A 層で 68~89% の値をそれぞれ示している。この両地位指数のあいだにはあきらかな差異を認める。

この関係を第5表から A₂ ~ II A 層についてみるならば、20~60% の塩基不飽和度を示すところに地位指数 10.0 以上のものは 90% 占めている。また、地位指数 7.0 以下のものは、塩基不飽和度 60% 以上の大きな値を示すところに、100% 占めている。

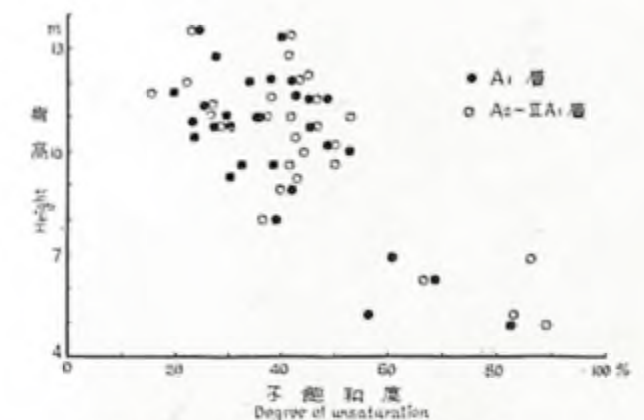
この結果を考察するならば、地位指数 7.0 以下のものは、地位指数 10.0 以上のものにくらべて、有機物の分解に關係する条件がみたされないために、腐植化は阻害され、鉍質土壌の生成過程に悪影響をおよぼし、ひいては土壌を酸性化し、塩基の含有されるべき部分に水素イオンが浸入し、塩基不飽和の状態にみちびくとともに、土壌瘠悪化作用を助長せしめたものと考えられる。

したがって、地位指数と塩基不飽和度とのあいだにあきらかな関係がみられ、塩基不飽和度の小なる場合には、トドマツは良い成長を示す傾向にあることが認められる。

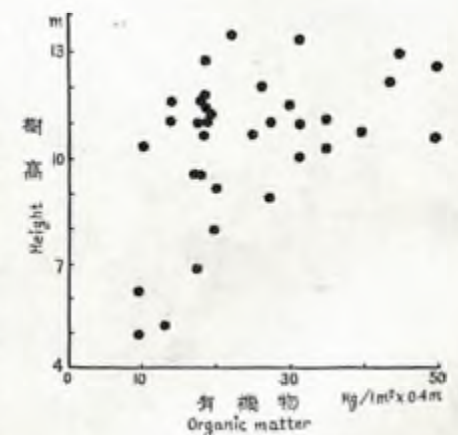
v) 有機物との関係

土壌の有機物は、直接林木の養分とはならぬが、土壌生産力とは密接な関係があると考えられる。

土壌有機物が多くなると、土壌は膨軟となり、孔隙量が増大し、気水の透過は良好で林木の根はよく伸長する。有機物は粘土質の土壌にあつては、凝集力や粘着力を減少させ、また一種の接着剤として土粒を連結し安定な団粒状および団粒構造の生成の上に非常に重要な役割をする。さらに土壌微生物の良好なエネルギーおよび栄養源として、その繁殖活動に必要であり、分解によつて生じた無機物は、林木の養分とな



第46図 地位指数と不飽和度との関係
Relation between site index and degree of unsaturation.



第47図 地位指数と有機物との関係
Relation between site index and organic matter content.

る。また、分解中に生成された有機酸類は、土壤溶液にとけて土壤無機成分の溶解作用を促進し、あるいは下層への移動に重要な役割をするものである。

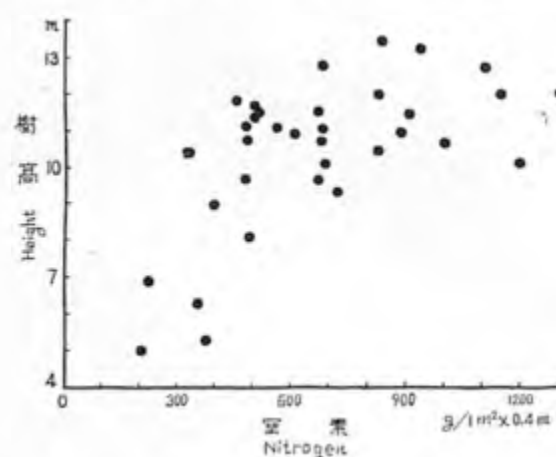
このように土壌の理化学性と関係ある有機物は、林木の成長とのあいだに重要な関係があると推測されるところで、これを適当に含有することは、土壌の生産力を増加させる一条件であろう。

そこで本調査は、 A_0 層を除き、表面積 $1 m^2$ 、深さ $0.4 m$ 土壤中に含まれている有機物量 (kg) と地位指数との関係を求め、この結果を第 47 図に示した。

地位指数 10.0 以上の土壤中に含まれている有機物は約 $10 \sim 50 kg$ で、平均 $22 kg$ 、これにくらべて地位指数 7.0 以下の土壌では $8 \sim 14 kg$ 、平均 $10 kg$ を示し、前者は後者にくらべてはるかに多い値を示している。

しかしながら、地位指数 10.0 以上のうちでも、地位指数 7.0 以下の有機物含量となんら変わりのない含有量を示している場合も多い。このことは第 5 表によつて立証できるであろう。

この結果から、有機物と地位指数との関係については、有機物含量の少ない土壌ではトドマツの成長がやや劣る傾向にはあるが、あきらかな関係は認められない。



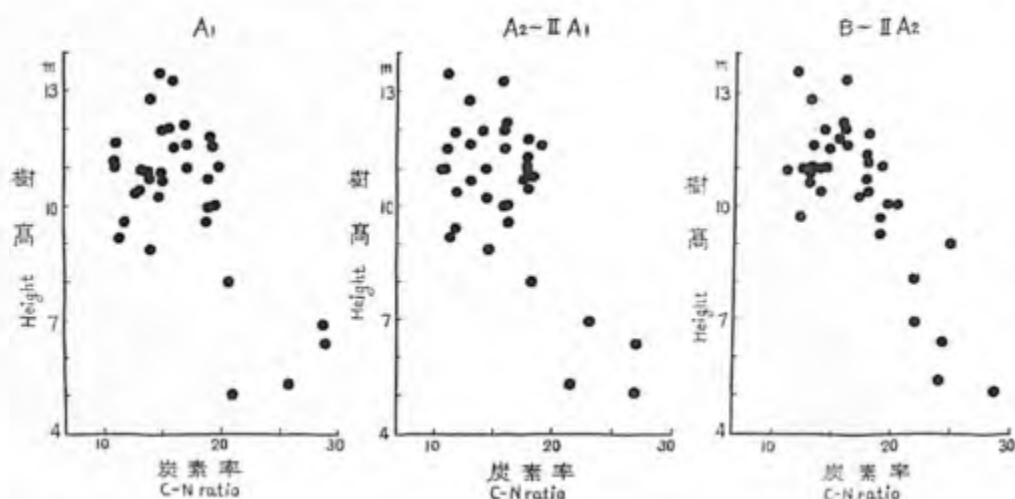
第 48 図 地位指数と窒素との関係
Relation between site index and nitrogen.

この関係については、本州のスギ、ヒノキ林に関して、すでに報告されており、その結果はトドマツの場合と同様に明らかな関係は認められていないようである。

vi) 全窒素との関係

土壌中の腐植、ともに窒素は林木の生育上重要な養分としてみとめられ、不可欠の成分である。これが乏しい土壌には林木の良好な生育は望めないことは多くの学者によつて述べられている。

NEMEC および KVAPIL¹⁷⁾らによれば、土壌中の大部分の窒素は複雑な形態を有し、植物に直



第 49 図 地位指数と炭素率との関係
Relation between site index and C-N ratio.

接摂取利用されるものは、主として水溶性のものにすぎず、これは腐植化作用の速やかなる場合において生成されるものであると報告している。

本調査の採取資料から土壌中に含まれている窒素量と地位指数との関係を示すと第 48 図のようである。

地位指数 10.0 以上の土壌では窒素含有量が $290 \sim 1,318 g$ 、平均 $739 g$ である。これにくらべて地位指数 7.0 以下の土壌では $221 \sim 493 g$ 、平均 $351 g$ で、前項で述べた有機物より全窒素の場合にはあきらかに地位指数 10.0 以上と地位指数 7.0 以下のあいだに差異のあることが、第 48 図から認められる。

この結果をさらに第 5 表についてみると、地位指数 7.0 以下の場合には、測定値範囲の全窒素量が $500 g$ 以下の範囲に 100% 占めている。これにくらべて地位指数 10.0 以上のものは測定値区分の $500 g$ 以上の範囲に約 80% 示している。

以上の結果から地位指数と全窒素とのあいだに、有機物の場合よりも顕著な関係のあることが認められる。

vii) 炭素率との関係

調査地の土壌が示す炭素率は第 49 図のとおりである。

地位指数 10.0 以上のものは、表・下層ともに炭素率 $11 \sim 19$ の狭い値を示している。これにくらべて地位指数 7.0 以下のものは表・下層ともに $20 \sim 30$ の広い炭素率を示している。

第 5 表から測定値区分における炭素率の分布状態をみると、地位指数 10.0 以上のものは炭素率 20 以下のものが 100% 占めるのにくらべて、地位指数 7.0 以下のものは炭素率 $21 \sim 30$ のものが 100% 占め、両地位のあいだに差異を認めることができる。

地位指数と炭素率の広狭と、トドマツの成長とは密接な関係にあることが認められる。

地位指数 7.0 以下の炭素率の大きくなることは、気象的因子、地形的因子および理学的性質などの不良な環境下におかれているため、三宅¹⁸⁾の説述する腐植化作用が緩慢であり、このような結果を示したものと想像される。このことは土壌中の有機物はある範囲内においては量的なものよりも、質的なものに地位指数は関係することをうかがわしめるとともに、かかる有機物の変質状態をみちびいているいろいろの環境条件が地位指数、すなわち、トドマツの成長と関連性をもつであろう。

第 3 節 二、三の構造の性質について

土壌という一つの環境条件を基盤として、林木の生育を考える場合、前述のように土壌構造の重要性を見のがすことはできない。土壌構造の生成過程については論外としても、その性質を多少なりとも知らなければならぬことは当然であろう。

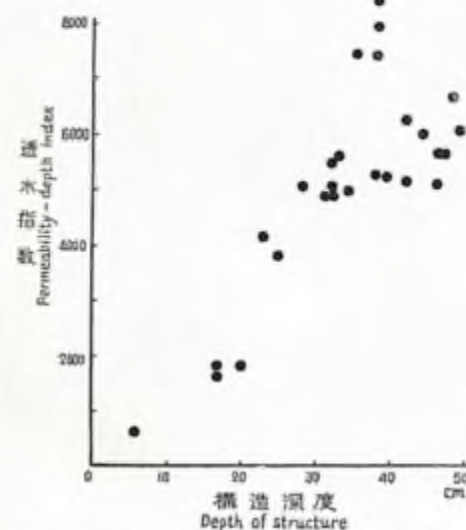
もつとも良好な団粒状構造が望ましいものとして考えられるナラ、シラカンバ林下の A_1 層の部分において二、三観察された。この林下には粒径 $2 \sim 4 mm$ の安定した多孔性の団粒状構造を認めた。そしてその土壌は腐植の含有量が比較的大で、粘土分が中庸であつたことからして、砂分のみからなる砂土や重粘土は良好な団粒状構造の形成に対しては不適當であるのではないかと想像される。

したがって、粗大な粒子が互いに結合して団粒化する上には、相当量の有機物と粘土とが、膠結剤として必要であり、また、微細な粒子の結合団粒化には比較的粗大な粒子をその骨格成分として必要とし、ここに良好な団粒状構造の形成に対して土壌の有機物量および機械的組成が関係してくることが想像される。

しかしながら、粘土含有量が中庸で有機物量の多い土壌はつねに疎鬆な状態を呈し団粒状構造を示すかといえ、筆者の調査結果からみて必ずしもそうとは限らないようである。すなわち、比較的安定した良

第6表 団粒状構造および粒状構造の二、三の性状
Some properties of crumb and granular structures.

	団粒状構造 Crumb structure	粒状構造 Granular structure
pH	5.78~4.76	5.97~4.30
有機物 Org. matter (%)	26.10~8.11	20.58~6.20
全窒素 Nitrogen (%)	0.83~0.24	0.69~0.23
炭素率 C/N	19.27~10.61	20.52~10.71
置換性石灰 Exch. CaO (%)	0.79~0.20	0.49~0.15
塩基置換容量 Exch. cap. (m.e./100g)	54.43~13.26	54.09~11.86
不飽和度 Degree of unsaturation (%)	51.89~19.27	52.98~16.73
N/8-NaF 可溶性有機物 In N/8-NaF soluble org. matter	A型腐植酸 A-type humic acid (%) B型腐植酸 B-type humic acid (%)	69.14~45.29 67.24~34.14 54.71~30.86 67.86~32.26
粘土+微砂 Clay+Silt (%)	60.93~37.19	75.14~33.36
透水速度 Percolation rate (cc/min)	235~103	273~109



第50図 透水指数と構造深度との関係
Relation between depth of structure and permeability-depth index.

好な団粒状構造が形成されるためには、そのほかに少なくとも石灰が中庸度以上含有されているという条件が満たされなければならないであろう。

これらの観点にたつて、A層の団粒状ならびに粒状構造の化学的性質の二、三について、資料数はわずかであるが、第6表によつて順次検討を加えるならば、つぎのことが推測される。

pHについてみると、団粒状構造では最高値5.78、最低値4.76、また粒状構造では最高値5.97、最低値4.30であつて、あきらかな差異は認められない。

つぎに炭素率、塩基置換容量ならびに塩基不飽和度についてみると、両構造ともに測定値の分布範囲が広く、両者のあいだにはあきらかな差異は認められない。

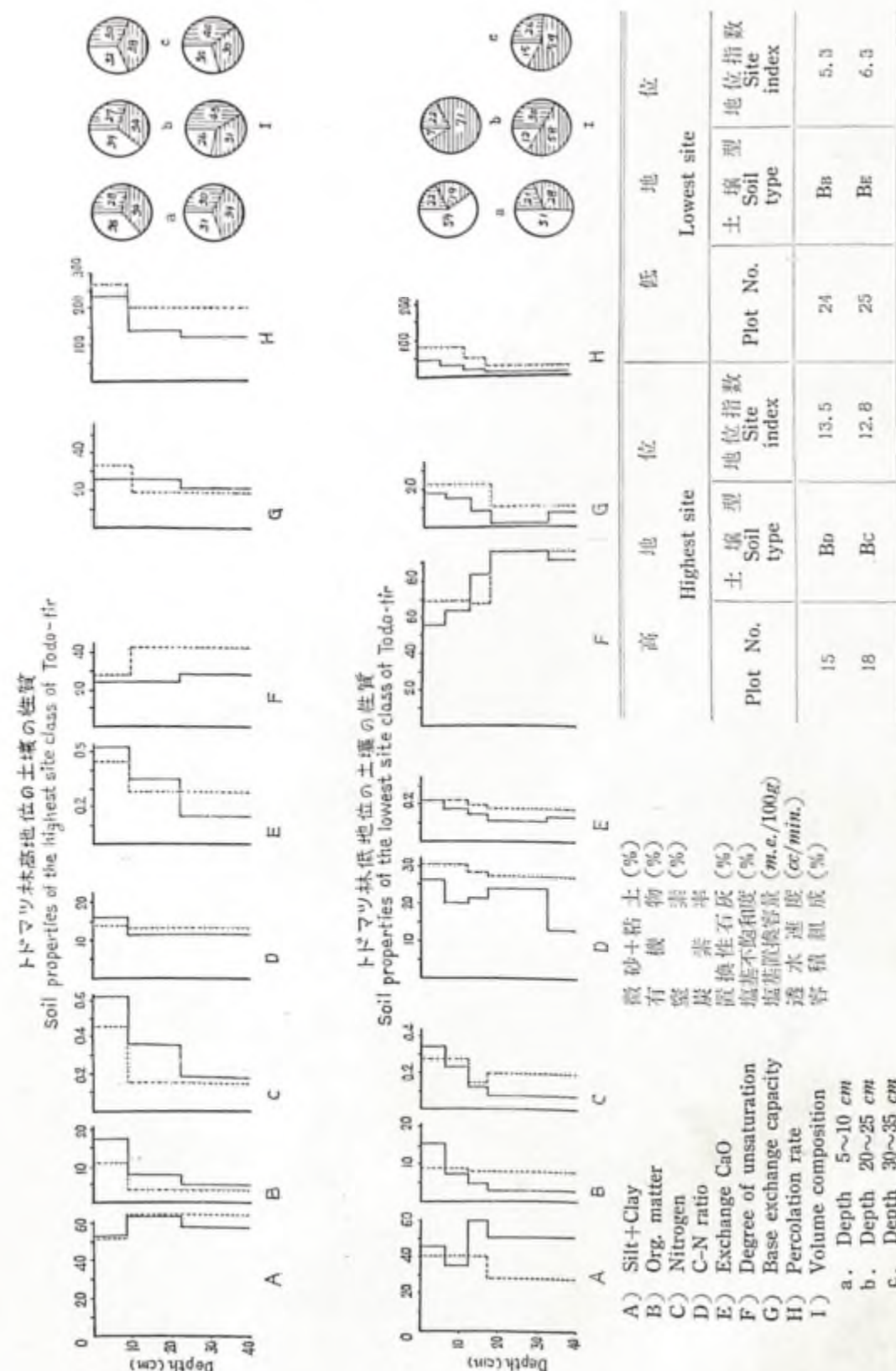
有機物、全窒素、置換性石灰などにおいては、前者と同様に両構造間における測定値には広い幅があるが、第6表から認められるように、わずかの値ではあるが団粒状構造が粒状構造にくらべてまさる傾向が認められる。

つぎに、N/8 NaF 可溶性有機物中のA型腐植酸およびB型腐植酸について両構造のものを比較すると、団粒状構造にくらべて僅少ではあるが、A型腐植酸が多く、B型腐植酸は少ない値を示している傾向にある。

以上の結果から考察するに、団粒状、粒状構造の両構造間には、化学的性質に多少の差異が認め得られた。

内田²⁶⁾は堆積腐植の研究のなかで、ムルはモルに比して化学的性質は望ましい状態にあることを立証し、将来の森林施業にたいする基盤を示している。

筆者の団粒状構造、粒状構造の測定値の結果からみると、内田氏が述べているムルにもつとも近い値を示して



第51図 トドマツ林における高地位と低地位の土壌の比較
Comparison of soil properties in Todo-fir stands between the highest and lowest site class.

いることが認められるようで、林地土壌ではこれらの出現するものは、林木の成長に望ましい性状を有するものといえるであろう。

この報告では団粒状、粒状構造のみに終わつたが、今後さらに堅果状構造をも含めて、種々の面から検討を加えていく考えである。

第4節 考 察

本州地方でスギ、ヒノキについて種々の検討を加えた結果、直下¹⁸⁾は透水性によつて地位を判定すべきであると述べている。

本道のトドマツについて測定した結果、第 42 図のごとく数値においては差異があるが、直下氏同様の傾向をえた。筆者はさらに前項において地位指数と透水指数との関係、地位指数と土壌構造との関係について、それぞれ関連性のあることを認めたことからして、土壌構造深度と透水指数との関係を求めてみた。この結果を第 50 図に示す。

この関係についてみるならば、構造深度の浅い場合は透水指数小なる値を示し、また、構造深度の深い場合には、透水指数大なる値を示している。

したがつて、土壌構造深度と透水指数とのあいだに、あきらかに関連性のあることが認められるであろう。

これらの数値の結果から考えられることは、直下氏が報告している透水性によつて地位を判定することは、本道のトドマツについても同様に行ないうるものであるが、しかしながら現地において、地位を容易に判定する場合には、測定装置などの点からいささか不便を感じる場合があるものと思ふ。

したがつて、現地においては、団粒状、粒状または堅果状の各構造が比較的深い部分まで発達した土壌をトドマツの適地として判定する方法が、現場の観察によることができ、比較的簡単明瞭ように利用しえられるものであらうと考えられる。

以上の結果をさらに地位指数 10.0 以上のなかで、とくに高地位を示す林分と、地位指数 7.0 以下のなかで、とくに低地位を示す林分を抽出し、その土壌の理化学的諸性質を検討するならば、さらによい地位の評価をあらわすことができるものと考えられる。

このような観点から、本道のトドマツ調査区について、最高地位、最低地位の土壌のおの 2 Plot を選び、深さによる理化学的性質の変化を求めた結果、第 51 図のような傾向を知ることができた。

高地位の土壌と低地位の土壌とのあいだには明りような相違がある。すなわち、高地位の土壌は構造深度深く、透水性が良好であるばかりでなく、容積組成においても固体、水分、空気など 3 者のバランスは下層まで適正を欠くことなく良好にとれている。また、全窒素、置換性石灰にとみ、炭素率は狭く、飽和度も小さく、高地位は下層においても、林木の成長に必要な諸種の条件が具備されていることが知られる。

低地位の土壌は理化学的性質ともに劣り、しかも下層の差異は大きい。これらのことは構造深度が浅いため、堅密な土壌が比較的浅いところからあらわれたために透水性も劣っている。

これらのことからして、林木の成長に必要な諸種の状態は下層にまでみだされていなくことを知ることができる。

要するに下層における諸性質の良否が、林木の生育上きわめて関係深いことが認められる。

トドマツの造林地選定の場合、再三述べるところであるが、注意すべき点は Bc 型土壌、Bo 型土壌で

あつても土壌構造深度が浅く、しかも下層が堅密なる場合には、前述のように林木の成長は劣るものであるから、トドマツの適地として取り上げることとはできないことである。

現地においてトドマツ造林適地の選定に当たつては、下層における性質、すなわち、とくに土壌構造の発達状態の観察に重点をおくはならぬことを一層強調する必要がある。

第3章 土壌型とそれらの理化学的性質とに関する考察

以上 35 の調査箇所のうち、地位指数 10.0 以上を示す土壌型をあげると、Bc 型土壌 7 箇所、Bo(d) 型土壌 4 箇所、Bo 型土壌 11 箇所、B/o 型土壌 4 箇所である。また、地位指数 7.0 以下のものは Bb 型土壌 2 箇所、Be 型土壌 2 箇所見いだされる。

現在施行されている林野土壌調査において、基準になつてゐる土壌型は、大抵¹⁹⁾のブナ林の研究において確立されたものである。しかし、この基準はあくまでも代表的なものであつて、各林地に出現する土壌型がかならずしも、この基準と全く一致するとはかぎらず、今までの調査結果によれば、基準に適合しない中間的なものが見受けられ、むしろこの中間的形態を示すものの方が多いようである。ことに本道は本州地方と気象的条件や植生などがことなつてゐるので、その度合はさらに大きいのではないかと考えられる。

これらの土壌型と針葉樹の成長との関係については、近年林野土壌調査の進展とともに数多くの研究が行なわれてきたし、本道においても多数の調査、研究の結果が見いだされる^{12)(15)(16)(22)~(25)(27)~(30)(32)~(37)}。

しかしながら、母材のことなる林地、あるいは同一母材でありながら、風化過程がことなり、さらに植生のもがつてゐる土壌では同一土壌型であつても、理化学的性質の上ではいろいろとちがつたところを有しているだらう。

そのために同一の土壌型として示されたものも林木の成長との間には、ことなつた結果を誘引してくるだらうといふことが推測される。

本道のトドマツ人工林の土壌を対象として調査し、採取した試料についての容積組成、L/W、湿度および化学的性質の二、三を各土壌型別に平均値や標準偏差を求めた。

理化学的性質の測定結果は第 7 表のとおりである。

地位指数 10.0 以上の固体部分の体積についてみると、固体量は各土壌型ともに表層より下層に増加の傾向にある。標準偏差は各土壌型ともに表層にあつては小さいが、Bo(d) 型土壌および Bo 型土壌の下層にあつては標準偏差はかなり大きいことがみられる。また、各土壌型について固体量を比較するならば、表・下層ともに Bc 型土壌が多く、ついで Bo(d) 型土壌、Bo 型土壌の順に少なくなり、B/o 型土壌はとくに少ない値を示している。

地位指数 7.0 以下の Bb 型土壌は表・下層とともに B/o 型土壌よりもなお固体量少なく、標準偏差も表・下層ともに小さい。これに比して Be 型土壌は Bo 型土壌、B/o 型土壌にやや類似の傾向を示し、その標準偏差も小さいことが認められた。

つぎに水分量について地位指数 10.0 以上のみをみるならば、各土壌型ともに表層より下層に増加の傾向にある。その標準偏差は各土壌型とともに表層においては大きな差異は認められないが、Bo(d) 型土壌および Bo 型土壌の下層のみは、固体量と同様に 10% 前後の標準偏差がある。

また、各土壌型について比較するならば、表・下層ともに、B/o 型土壌は水分量が多いが、他の 3 種の土壌型においてはほとんどちがいは認められないようである。

第 7 表 各土壌型の物理的性状
Physical properties of each soil type.

土壌型 Soil type	5~10 cm				20~25 cm				30~35 cm			
	容積組成 Volume composition		L/W	湿度 Moisture saturation	容積組成 Volume composition		L/W	湿度 Moisture saturation	容積組成 Volume composition		L/W	湿度 Moisture saturation
	水 Water	固体 Solid	空気 Air	(%)	水 Water	固体 Solid	空気 Air	(%)	水 Water	固体 Solid	空気 Air	(%)
Ba	28.25 ± 1.60	17.56 ± 4.27	54.20 ± 2.67	57.42 ± 1.89	30.46 ± 0.64	18.32 ± 7.35	51.22 ± 6.90	50.26 ± 2.23	40.33 ± 8.25	38.64 ± 5.09	20.96 ± 5.12	72.49 ± 7.16
Bc	39.21 ± 8.57	29.83 ± 3.49	30.98 ± 8.61	70.19 ± 9.02	39.13 ± 6.60	37.23 ± 3.38	23.64 ± 4.73	72.46 ± 5.56	13.89 ± 6.46	63.83 ± 11.42	27.39 ± 8.85	68.63 ± 10.14
Bb(d)	36.13 ± 9.13	26.25 ± 4.74	37.63 ± 8.44	65.01 ± 10.16	37.58 ± 7.42	34.37 ± 6.48	28.05 ± 8.85	71.04 ± 3.49	12.50 ± 3.50	35.39 ± 10.31	27.39 ± 8.85	63.83 ± 11.42
Bo	37.17 ± 6.05	23.50 ± 4.80	39.32 ± 8.39	64.71 ± 7.44	41.17 ± 4.09	26.88 ± 6.86	31.95 ± 6.13	69.26 ± 6.62	18.53 ± 13.63	41.30 ± 10.78	27.59 ± 8.03	68.63 ± 10.14
B/d	45.22 ± 7.65	21.74 ± 4.05	33.04 ± 10.79	71.91 ± 6.56	44.85 ± 4.80	23.08 ± 1.10	32.08 ± 4.12	72.14 ± 6.86	13.26 ± 4.30	53.62 ± 4.22	26.78 ± 2.56	70.62 ± 1.83
Be	23.58 ± 5.85	21.20 ± 0.47	55.22 ± 5.38	36.75 ± 3.09	64.52 ± 8.86	25.66 ± 5.59	9.83 ± 3.17	90.74 ± 1.41				

地位指数 7.0 以下の Ba 型土壌は表・下層ともに少なく、標準偏差は小さく 1.6% 以下であった。また、地位指数 7.0 以下の Be 型土壌の表層ではやや水分量が少いようであるが、下層に増大し、各土壌型のうちで最も多く 65% を有し、標準偏差は約 9% 前後の数値を示している。

つぎに空気量についてみると、地位指数 10.0 以上のものの場合、各土壌型ともに表層より下層に小さい値を示している。その標準偏差を、各土壌型についてみると、表・下層ともに 9% 以下であり、下層は表層に比してやや標準偏差が小さい傾向にある。また、各土壌型について比較するならば、表・下層ともに Bb(d) 型土壌、Bo 型土壌、B/d 型土壌は類似の傾向にあり、これに比して、Bc 型土壌はやや空気量が少ない傾向を示している。

地位指数 7.0 以下の Ba 型土壌は表・下層ともに空気量 50% 以上有し、標準偏差は小さい。

また、Be 型土壌の表層においては、Ba 型土壌に匹敵する値を示しているが、下層に至ると急激に減少し、10% 以下である。

一般的な傾向として、乾性土壌に空気量多く、堅状で緻密な土壌には空気量の少ない傾向にある。このことは第 7 表からもうかがわれる。

各土壌型の容積組成を比較すると、つぎの 2 土壌型にいちじるしい特徴が認められた。

Ba 型土壌は空気量が多く、固体部分の体積および水分量が少い傾向にある。

Be 型土壌は空気量少なく、下層における水分量が多い傾向にある。

また、上記 2 土壌型以外の各土壌型間について容積組成をみると、あきらかな差異は認められなかった。

つぎに土壌型と L/W および湿度との関係について検討を加えるならば、各土壌型ともに、その L/W は表層から下層に減少の傾向にある。標準偏差においては、とくに Bb(d) 型土壌は表・下層ともに大きい。また、地位指数 10.0 以上における各土壌型間においてそれらの L/W を比較するならば、20~25cm の部分においてのみ Bc 型土壌はやや小さい値を示すが、他の各土壌型には差異は認められない。

第 8 表 各土壌型の化学的性状
Chemical properties of each soil type.

土壌型 Soil type	1 m ² × 0.4 m			A ₁ 層			A ₂ ~II A 層		
	有機物 Org. matter	窒素 Nitrogen	置換性 Exch. CaO	炭素率 C/N	基置換容量 Base exchange capacity (m.e./ 100g)	不飽和度 Degree of unsatura- tion	炭素率 C/N	基置換容量 Base exchange capacity (m.e./ 100g)	不飽和度 Degree of unsatura- tion
	(kg)	(g)	(g)			(%)			(%)
Ba	11.99 ± 3.44	359 ± 195.86	176 ± 22.62	27.15 ± 8.90	18.91 ± 11.67	71.47 ± 15.69	26.55 ± 1.83	11.54 ± 4.24	91.30 ± 3.25
Bc	14.35 ± 4.30	516 ± 43.93	502 ± 71.77	13.54 ± 1.95	24.84 ± 5.62	36.62 ± 10.16	13.95 ± 2.69	17.82 ± 2.07	46.50 ± 14.78
Bb(d)	16.81 ± 5.22	624 ± 60.23	654 ± 31.61	13.45 ± 2.51	32.06 ± 10.90	30.31 ± 5.51	13.62 ± 3.48	26.16 ± 7.79	32.02 ± 4.73
Bo	21.70 ± 9.44	747 ± 204.39	710 ± 133.62	16.57 ± 2.77	33.32 ± 13.53	29.65 ± 8.52	15.94 ± 2.77	25.78 ± 7.57	30.61 ± 6.43
B/d	35.03 ± 6.83	1,086 ± 163.10	611 ± 147.78	15.19 ± 1.34	39.29 ± 13.85	33.16 ± 4.20	16.10 ± 2.35	34.05 ± 17.14	37.07 ± 17.47
Be	9.51 ± 2.13	360 ± 17.69	249 ± 5.65	27.96 ± 2.19	20.90 ± 2.75	62.37 ± 8.27	23.37 ± 5.58	19.55 ± 4.66	65.39 ± 3.04

また、地位指数 7.0 以下の Bn 型土壌は、表・下層ともに L/W は大きく標準偏差は小さい。これにくらべて Be 型土壌の表層は、地位指数 10.0 以上の 4 土壌型 (Bc, Bd(d), Bd, B/d) と類似の数値を示しているが、下層にあつては極端に小さく 5 % にすぎない。

つぎに湿潤度についてみると、地位指数 10.0 以上の各土壌型ともに表層より下層に増加の傾向にあり、また深さごとにみると、各土壌型間にはほとんど差異は認められず、標準偏差も Bd(d) 型土壌を除いては差異はない。

また、地位指数 7.0 以下の Bn 型土壌は湿潤度小さく、標準偏差はほとんど認められない。これに比して Be 型土壌は表層において湿潤度小さく、乾性を呈しているが、下層すなわち表層下 20~25 cm の部分における湿潤度は 90% の値を示し、相当に湿性を思わせる数値を示している。

各土壌型と化学的性質との関係については第 8 表に示すとおりである。

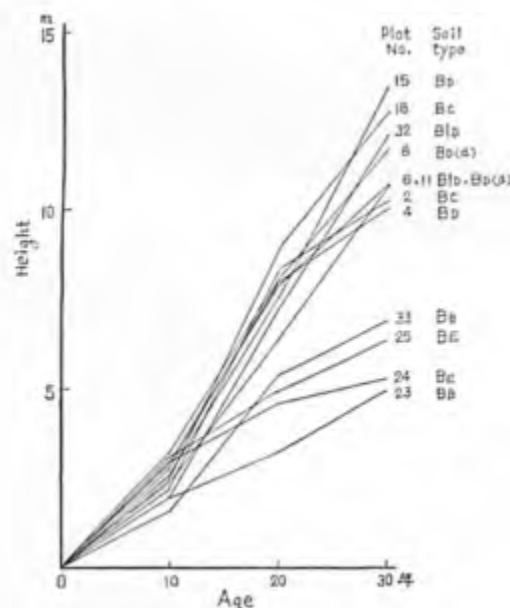
調査数は比較的少ないが、各土壌型の平均値および標準偏差をもつて示した。

なお、化学的性質のうち有機物含量、全窒素含量、置換性石灰含量については、乾質土壌の表層 1 m²、

深さ 0.4 m あたりの容積内の量を算出し、また炭素率、塩基置換容量および塩基不飽和度については、おもに表層の部分について表示した。

各土壌型間と以上の二、三の化学的性質について比較すると、Bn 型土壌は第 8 表から認められるように有機物含量、全窒素含量、置換性石灰含量などが少なく、また炭素率高く、塩基不飽和度の大きい値を示している。Be 型土壌は Bn 型土壌にくらべやや置換性石灰含量多く、塩基不飽和度は小さい。Bc 型土壌は他の 3 種、すなわち Bd(d), Bd, B/d 型にくらべて有機物含量、全窒素含量、置換性石灰含量などがやや少なく、塩基不飽和度は大きい傾向を示している。

つぎに地位指数 10.0 以上の各土壌型 (Bc, Bd(d), Bd, B/d) のなかで、地位指数のもつとも高いものと、もつとも低いものについて、樹高成長曲線およ



第 52 図 各土壌型の樹高成長曲線
Height-growth curves at each soil type.

第 9 表 各土壌型の構造深度と成長との関係
Relation between growth of trees and depth of structure of each soil type.

	地 位 良 Good site								地 位 不 良 Poor site			
	最 高 地 Highest site				最 低 地 Lowest site				最 高 地 Highest site	最 低 地 Lowest site	最 高 地 Highest site	最 低 地 Lowest site
Plot No.	18	8	15	32	2	11	4	6	33	25	23	24
土 壌 型 Soil type	Bc	Bd(d)	Bd	B/d	Bc	Bd(d)	Bd	B/d	Bn	Be	Bn	Be
樹 高 Height (m)	12.8	11.7	13.5	12.1	10.2	10.7	10.0	10.7	6.9	6.3	5.0	5.3
構 造 深 度 Depth of structure (cm)	38	38	44	49	28	37	28	32	21	17	17	6

び土壌構造の深度とトドマツの地位指数との関係を第 52 図および第 9 表に示す。

この結果から、同一土壌型ごとに高地位と低地位について考察するならば、その樹高成長にあつては、各土壌型ともに 2~3 m の差異を生じているが、これは第 9 表からみられるように、土壌構造の発達程度に影響されたものではないかと考えられる。

また、トドマツの適地として前 4 種 (Bc, Bd(d), Bd, B/d) のほかに、従来 Be 型土壌があげられている。相馬²¹⁾は Bn 型土壌よりはむしろ Be 型土壌が、トドマツの成長に良好な結果を示すものであると報告している。しかしながら、本調査結果の Be 型土壌での成長が不良であつたのは、試料数が少ないことにも原因するであろうが、相馬氏の調査した Be 型土壌にくらべて、土壌構造深度は浅く、しかも表層下 10~15 cm の部分より下層に堅密で、なおかつ第 7 表から知られるように湿潤度が大であり、その結果トドマツの成長にたいして不都合な条件下にあつたためと解される。

したがって、相馬氏の調査した Be 型土壌のように土壌形態の良好な場合には、この調査に用いられた Bn 型土壌と同様に、トドマツの生育は期待できるであろうと想像される。

以上各土壌型の二、三の理化学的性質と林木の成長について述べてきたが、同一土壌型にあつても理化学性はそれぞれ、差異が認められる。したがって、各土壌型の平均値と標準偏差とをもつて考察するならば、地位指数 10.0 以上のなかでの Bc 型土壌は、他の Bd(d) 型土壌、Bd 型土壌、B/d 型土壌にくらべて理化学的性質がやや劣る傾向にあるが、この多少の差異によつて、林木の生育に悪影響をおよぼすことは考えられない。すなわち、このことは、第 52 図に示した結果からしてもうなずかせしめるものである。

したがって、将来 30 年生までのトドマツの良好な生育を期待するためには、土壌型は主として、Bc 型土壌、Bd(d) 型土壌、Bd 型土壌、B/d 型土壌などで、しかもその土壌の構造深度が少なくとも 30 cm 以上あることが望ましいと考えられる。

第 4 章 考 察

本調査結果を考察すれば、生育良好な調査区の土壌は土壌構造発達し、しかも深く、また容積組成における固体量、水分量、空気量などをみると 3 者の容積組成はほぼ等しく、かつ、そのバランスは、深層までほとんど適正を欠かず、そのため透水性も良好である。

これらのことからして、根系は深所まで分布し、土壌各層から養分吸収を行ない、この養分は根を経て地上部へ、また林木から落葉、落枝に、そうして土壌に落下する落葉、落枝は、前述のように良好な、理化学性を有する環境条件下で、土壌の生物、微生物が活発に働きやすい条件のもとにあるため、有機物はよく分解され、炭素率の低い腐植が生成される。このような微生物の働き、および生産物は団粒化を促進し、ムル状の腐植を形成し、理化学性をなお一層良好にするとともに、窒素、石灰、その他林木の養分の有効化および循環をはやめ、林木の成長に反映し、その結果、土壌の状態と林木の成長とを加速度的に良好にするものである。本調査結果から地位指数 10.0 以上を示す土壌は地位指数 7.0 以下を示すものよりも、その表層において置換性石灰含量多く、塩基不飽和度小さく、かつ炭素率の低いことを示し、前者は塩基に富み、かつ含まれる有機物は腐植化の順当に進んだ腐植から多くの部分が占められていると推測される。

さらに地位指数 7.0 以下の調査地の土壌は、地位指数 10.0 以上のものの土壌にくらべて、機械的組成には大差ないが、土壌の堆積状態にいちじるしい違いが見いだされた。すなわち、地位指数 7.0 以下の土壌は下層にいたるにしたがい、土壌の構造の発達は見られないで、堅密にして、空気と水との関係は適正を

欠き、湿度大となり、透水性を低下せしめ、機械的にも、生理的にも根系の発達を不利ならしめるような状態やその逆に空気量が非常に多く、乾性を示す場合とがあげられた。

これらのことは、有機物の分解などに影響し、分解は阻害され、したがって、落葉はモル状の形態を呈するようになり、鉅質土壌は炭素率の低い腐植を含有する結果となり、さらに土壌は塩基に不飽和の状態をとるにいたり、土壌の性質を、一層悪化せしめ、林木の成長にたいして、さらに望ましくならざる状態を助長させるものと考えられる。

また、土壌中に養分がいかにも多量に含まれていても、土壌の理学的性質が良好でない場合には、林木はこれを十分に有効に利用しえないから、土壌の化学的性状のいかんとともに、土壌の理学的性質が林木の生育に望ましい状態にあるということが、適地としての価値を評価せしめるものであろう。

土壌の理学的性質としてもっとも重要なのは、土壌粒子の相互結合、堆積の状態によつてできる土壌の構造であろう。筆者が前にも述べたように、本道のナラ、シラカンバ林下の A₁ 層の部分において、二、三の土壌の構造を観察したが、これは主として多数生息するミミズと植物の根との作用によつて形成された粒径 2~4 mm の安定した多孔性の団粒状構造が主体となつて構成され、この土壌は有機物含量が比較的多く、置換性石灰含量も中庸度以上であり、粘土含有量もこれまた中庸程度であつた。このような団粒状構造は水分および酸素の関係も良好であるから、微生物の活動も期待されるであろう。これらの団粒の堆積は土壌の理学的性質と特段の関係を有するものであり、林地土壌においては、これら団粒の形成にたいして、とくに注意を払ふ必要があり、将来さらに追究されなければならない問題であろう。

本道各地において調査した林地をふりかへてみると、良好な安定した団粒状構造をもつ土壌から、きわめて堅密な堆積状態を呈する土壌にいたるまで、連続的に各段階の堅密度合を呈する土壌が出現していた。しかも、堆積程度の差によつて、それぞれ土壌の生産力を異にする。したがって、こうした関係を究明するには、現実の林地において土壌の自然状態の性質を明確にすることに重点をおく研究が重要になる。土壌の理学的性質、ことに水分、空気の流れに関する性質、湿度度の度合など、また土壌の化学的性質、とくに腐植の量、性質および塩基の溶脱程度、土壌中の植物養分の活性化とその土壌中における移動の状態をあきらかにすることに主眼をおき、自然状態の土壌の理学的性質とその基盤をなす化学的性質や生物学的性質との関連性をあきらかにし、それらと土壌断面の形態との関係を追究し、ついに土壌断面の形態の観察によつて土壌の理化学的性質の総合結果を推測しようという方法が重要であろう。

こうした観点から、まだ不備の点は多くあるが、従来の研究結果から、本道におけるトドマツの適地を判定する場合、真下氏の述べている透水性によつて判定を下すことは、第 42 図によつて行ないうるものであるが、現実に応用する立場からすると、なかなか困難をきたすものである。

そこで筆者は透水指数と土壌構造深度とのあいだに密接な関連性のあることを認めえたことからして、将来トドマツの適地判定には従来林野土壤調査の基盤となつて土壌型のうち、Bc 型土壌、Bo(d) 型土壌、Bo 型土壌、B/o 型土壌をあげ、さらにそれらの土壌型のうち土壌構造深度の深い土壌を適地として選定すべきであろうと考える。

摘 要

本研究では北海道の主要造林樹種であるトドマツの成長と土壌との関係を追究、解明し、トドマツの適地判定に資するために行なつたものである。

本研究において、土壌の理化学的性質を検討し、その諸性質のうち造林木の成長にもっとも密接な条件を抽出し、適地判定の指針をもとめることに努めた。

1. 調査地の概況

本研究は、道内の国有林、道有林のうち、35箇所の調査地を対象に調査した。

各調査地の概況と林木の成長状態については、調査地の記載のところにおける土壌断面観察を参照されたい (Plot No. 1~Plot No. 35)。

2. 土壌の諸性質と地位指数との関係

本研究における、調査地の土壌型と地位指数との関係については、Bs 型土壌および Be 型土壌を除いた 4 土壌型は林木の成長に対して、それぞれ極端な差異を認めえなかつた。また、理化学的性質にも極端な差異のなかつたことからして、なお多少検討の余地はあるものと思ふが、現段階において、この 4 土壌型を一括し土壌の性質を個々にとりあげ、地位との関係を求めた。本研究においては樹齢 30 年における樹高 (m) をトドマツの地位指数とした。

a) 土 性

土性区分三角図によつてあらわすと、地位指数 10.0 以上は、微砂 30%、粘土 16%、砂 54% 前後の交点を中心として円形をえがいた箇所に測定数値の結果が集中する。すなわち、埴質壤土、壤土、微砂質壤土および砂質壤土の一部である。これに比して地位指数 7.0 以下のものは、現在までの調査結果では砂質壤土の一部と砂土に集中する傾向にあつた。しかしながら、地位指数 10.0 以上のなかでも地位指数 7.0 以下の微砂+粘土量と差異のない場合がある。したがって、地位指数と土性との間に明りような関係は認められないが、砂分にとむものでないほうがトドマツの成長に良好のようである。

b) 湿 潤 度

湿度度の計算は次式によつてあらわした。

$$\text{湿度度} = \frac{\text{採取時水分量}}{\text{最大容水量}} \times 100$$

地位指数 10.0 以上の湿度度は、60~80% の範囲に大部分包含され、適潤な土壌と解される。これに比して地位指数 7.0 以下のものは、湿度度 50% 以下の乾性と考えられる場合と、湿度度 90% 以上の湿性とされる場合の 2 とおりに区分される。

したがって、地位指数と湿度度とのあいだにあきらかに関連性が認められる。

c) L/W

本調査結果についてみると、地位指数 10.0 以上の L/W は 10 以下のものはほとんどなく、10~40 のものが多い。これにくらべて地位指数 7.0 以下の L/W は 10 以下の場合と、40 以上の場合に多い。これらの結果から L/W 大なることは土壌が乾性を意味するものと想像する。したがって、L/W はある範囲内において、地位指数との間にある程度関係が認められる。

d) 容 積 組 成

地位指数 10.0 以上のものは、表層から下層まで固体量、水分量、空気量の比率は、ほぼ等しい状態を呈しているのにくらべて、地位指数 7.0 以下のものは、空気量少なく、水分量が多く、孔隙の大部分を占めてほとんど飽水状態に近い場合と、また空気量がとくに多く、水分の少ない乾性状態に近い場合の 2 とおりのことがある。

これらのことは、前項で述べた湿度度および L/W の結果をうなずかせしめるものと思料する。

したがって、地位指数の大なる場合と小なる場合に、あきらかに容積組成の異なっていることが認められた。

e) 透水指数

地位指数 10.0 以上の土壤は透水指数 3,000 以上を示している。これに比して地位指数 7.0 以下の土壤は、透水指数 2,000 以下で両地位のあいだには、あきらかな差異が認められる。

地位指数と透水指数とのあいだには関連性がある。よって、トドマツの良好な成長の期待は、透水指数 4,000~5,000 以上必要とするものであることを認めた。

f) 土壤の構造深度

現段階において Bc 型土壤、Bo 型土壤などにあらわれている団粒状、堅果状または塊状の各構造を一括し、それらの発達している深さを土壤構造深度とよび、これと地位指数との関係をもとめた。

地位指数と土壤構造深度とは密接な関係にあることが認められた。すなわち、土壤構造の深い場合は地位指数は大となる。また、土壤構造の浅い場合は例外なく地位指数 7.0 以下の小なる結果を示している。

g) pH および置換酸度

pH および置換酸度は A₁ 層の部分について示すならば、地位指数 10.0 以上および地位指数 7.0 以下ともに、pH 4.3~6.0 の範囲内で、トドマツの成長に対して明りような関係は認められなかった。また、置換酸度においても、pH と同様の傾向にあった。

h) 置換性石灰

地位指数 10.0 以上のものは置換性石灰含量が多く、地位指数 7.0 以下のものは置換性石灰含量が少なく、これら両地位のあいだに、あきらかに差異が認められた。したがって、地位指数と置換性石灰含量とのあいだには関連性があるようである。

i) 塩基置換容量および塩基不飽和度

表層の部分の塩基置換容量と地位指数とのあいだに密接な関係が認められないが、塩基置換容量の大なる場合には、トドマツは良好な成長を示す傾向にある。

また、塩基不飽和度についてみると、地位指数 10.0 以上と地位指数 7.0 以下との差異は大きい。すなわち、地位指数 10.0 以上の土壤は塩基不飽和度小さく、地位指数 7.0 以下の土壤は塩基不飽和度が大きい。この両地位のあいだには、あきらかな関係がみとめられる。塩基不飽和度の小さな値を示す場合には、トドマツは良好な成長を示す傾向にあった。

j) 有機物および全窒素

有機物含量についてみるならば、地位指数 10.0 以上の土壤では 10~50 kg, これに比して地位指数 7.0 以下の土壤では 8~14 kg で、地位指数 10.0 以上の土壤に比して少ない傾向にあるが、あきらかな関係は認められず、有機物含量の少ない土壤では、トドマツの成長が劣るようである。

つぎに全窒素含量についてみると、地位指数 10.0 以上の土壤には 290~1,318 g, これに比して地位指数 7.0 以下の土壤には 221~498 g であつて、有機物含量の場合よりも、あきらかに地位指数のあいだに差異が認められる。

k) 炭素率

地位指数 10.0 以上の土壤では表・下層ともに炭素率は 11~19 の狭い値を示しているが、地位指数 7.0 以下の土壤では 20~30 の広い炭素率の値を示し、両地位のあいだにあきらかに関係づけられるような傾

向にあることが認められた。

3. 各土壤型の二、三の性状

各土壤型の平均値をもつて検討すれば、つぎのような結果を認めることができる。

a) Ba 型土壤

この土壤型は空気量もつとも多く、水分量および固体量はもつとも少ない。したがって、L/W 大、湿潤度は小さく、乾性の傾向を呈している。また、化学的性質についてみれば、炭素率もつとも広く、他の性質についても劣る。

地位指数は最高 6.9 m, 最低 5.0 m である。

b) Bc 型土壤

この土壤型は水分量においては、Bo(d) 型土壤、Bo 型土壤、B/b 型土壤と極端な差異は認められない。固体量については 6 土壤型中最も多いが、空気量および L/W は Bo 型土壤にくらべてあまり大きな差異を示さない。また、湿潤度にあつては Bo 型土壤と類似の傾向にあつた。つぎに化学的性質についてみると、Ba 型土壤、Be 型土壤にくらべてまさるが、Bo(d) 型土壤、Bo 型土壤、B/b 型土壤にくらべれば、わずかの値ではあるが劣る傾向にある。

この土壤型の出現した調査地の地位指数は最高 12.8 m, 最低 10.2 m を示した。

c) Bo(d) 型土壤, Bo 型土壤, B/b 型土壤

この土壤型の理化学的性質についてみれば、おのおのの間にわずかな差異は認めることができるが、ほぼ類似の傾向にあると解されるであろう。したがって、他の土壤型に比して、トドマツの成長にたいして望ましい条件を備えているものと認められる。

地位指数 Bo(d) 型土壤 最高 13.5 m, 最低 10.0 m Bo 型土壤 最高 11.7 m, 最低 10.7 m

B/b 型土壤 最高 12.1 m, 最低 10.7 m

d) Be 型土壤

この土壤型は、本調査において出現した土壤型のうち水分量もつとも多く、空気量は少ない。したがって、L/W 小、湿潤度大で、湿性の傾向を示している。また、化学的性質にあつては Ba 型土壤について劣る。

この土壤型の出現した調査地の地位指数は最高 6.3 m, 最低 5.3 m を示した。

以上の結果を総括してみれば、Ba 型土壤、Be 型土壤はトドマツの造林には、本調査の範囲内では不適当と思料する。また、Bc 型土壤は Bo(d) 型土壤、Bo 型土壤、B/b 型土壤にくらべて理化学的性質は多少劣る傾向を呈しているが、この差異によつてトドマツの成長に悪影響をおよぼすことは、第 9 表および第 52 図からみて考えられない。

以上の結果をさらに総合すれば植栽後 30 年経過しても、成長のおとろえない林分の土壤は構造が深くまで発達し、透水性が良好であつて、少なくとも表層下 40 cm くらいの深さまでには堅密、不透水の土層が存在していない。これにたいして、植栽後 15~20 年後に成長のおとろえた林分の土壤は深さ 15~20 cm のところから堅密で湿潤度の高い値を示している土層が存在している。

以上のことからして、本道におけるトドマツの適地判定にあたつては、土壤構造深度は上記諸項目を総合標示するものと考えられるため、林野土壤型で示されている Bc 型土壤、Bo(d) 型土壤、Bo 型土壤、B/b 型土壤の形態を呈するもので、しかもその土壤構造の深さが 30 cm 以上有する林地を、トドマツの適地として選定されるべきであろうと考えられる。

別表I 機械的組成
Mechanical composition of soils.

細土中 In fine soil

Plot No.	層位 Horizon	厚さ Thickness (cm)	粗砂 Coarse sand (%)	細砂 Fine sand (%)	微砂 Silt (%)	粘土 Clay (%)	土性 Texture
1	I A	8	3.15	34.29	38.46	24.12	CL
	II A ₁	14	10.59	43.44	27.33	18.64	CL
	II A ₂	19	18.00	49.71	33.47	14.11	L
	II A B	13	37.04	47.84	16.59	7.53	SL
	II B	26	38.36	54.49	4.97	3.52	S
2	A	16	2.43	29.95	32.33	35.29	LC
	B	26	12.79	47.12	22.38	17.71	CL
3	I A	6	4.59	55.56	34.17	5.68	L
	II A	18	5.69	59.88	25.74	8.69	SL
	III A ₁	18	3.59	63.14	24.61	8.66	SL
4	I A	10	0.22	46.94	35.97	16.87	CL
	II A ₁	18	26.90	45.13	38.20	13.98	L
	II A ₂	9	7.39	59.02	20.41	13.18	SL
	II B	40	11.50	57.39	17.22	13.89	SL
5	A ₁	7	11.70	38.26	33.74	16.30	CL
	A ₂	16	11.71	36.39	38.18	13.72	L
	B	31	12.47	27.19	45.00	15.34	SiCL
6	I A ₁	6	13.66	34.36	12.00	39.98	CL
	I A ₂	22	9.55	48.67	6.30	35.48	L
	II A	8	9.85	47.81	12.70	29.64	L
	II A B	11	27.81	34.17	13.00	25.02	L
7	I A	2	1.14	47.44	26.97	24.45	CL
	II A	5	1.08	54.62	30.84	13.46	L
	III A	13	10.78	43.69	27.63	17.90	SiCL
	III B	19	2.25	57.03	25.27	15.45	CL
8	A ₁	8	10.20	43.22	23.59	22.99	CL
	A ₂	12	17.18	33.36	32.72	16.74	CL
	B	18	11.26	35.87	36.51	16.36	SiL
9	A	12	5.79	17.93	38.59	36.52	LC
	B ₁	14	5.79	17.77	37.04	38.28	LC
	B ₂	25	24.35	23.65	24.39	25.88	LC
10	A ₁	13	3.55	39.09	30.67	26.69	LC
	A ₂	25	3.49	36.61	28.96	30.94	LC
	B	20	2.76	38.55	28.07	30.62	LC
11	A ₁	4	16.74	40.21	22.34	20.71	CL
	A ₂	18	18.47	38.38	31.13	12.02	L
	B	9	12.34	41.16	31.78	14.72	L
	C	10	23.19	50.81	20.74	5.26	SL
12	I A	13	12.19	55.78	24.55	7.48	SL
	II A ₁	12	11.53	64.11	16.42	7.93	SL
	II A ₂	18	7.82	75.35	11.48	5.35	SL
13	A ₁	4	19.83	38.57	29.02	12.58	L
	A ₂	10	24.13	25.78	38.46	11.63	L
	B	13	25.28	26.17	39.09	9.46	L
	C	20	40.21	18.31	32.12	9.36	L
14	A ₁	7	14.65	36.34	44.03	4.98	L
	A ₂	16	19.89	21.26	52.93	5.92	SiL
	B	14	20.20	17.36	57.65	4.79	SiL
15	A ₁	9	16.28	32.05	40.36	11.31	L
	A ₂	14	17.34	19.49	54.40	8.77	SiL
	B	21	22.38	19.86	50.57	7.19	SiL
16	A ₁	8	46.64	23.58	21.56	8.22	L
	A ₂	25	43.90	20.16	28.35	7.59	L
	B	9	48.62	28.33	17.09	5.96	SL
17	A	10	14.06	30.04	45.82	10.08	SiL
	B	28	16.15	32.15	46.51	5.19	SiL
18	A	9	20.10	26.53	44.25	9.12	L
	B	29	15.53	18.90	59.34	6.23	SiL
19	A ₁	13	16.63	24.88	48.02	10.47	SiL
	A ₂	13	17.23	26.90	32.47	23.40	CL
	B	19	17.23	29.33	44.50	8.94	L
	C	10	18.42	31.77	42.38	7.43	L

Plot No.	層位 Horizon	厚さ Thickness (cm)	粗砂 Coarse sand (%)	細砂 Fine sand (%)	微砂 Silt (%)	粘土 Clay (%)	土性 Texture
20	A ₁	6	39.13	7.30	41.53	12.04	L
	A ₂	19	36.52	43.82	12.74	6.92	SL
	B	21	27.49	42.66	22.27	7.58	SL
21	I A	7	18.26	44.63	27.11	10.00	L
	II A	11	19.55	46.02	26.27	8.16	SL
	II B	14	35.37	29.41	29.51	5.71	L
	II C	19	34.37	30.48	29.97	5.18	L
22	I A	13	12.97	34.68	35.10	17.25	CL
	I A B	7	12.88	40.95	32.18	13.99	L
	II A	18	19.21	28.33	28.87	23.59	CL
23	II A B	9	25.76	24.74	20.10	29.40	LC
	I A	9	5.16	63.67	23.46	7.71	SL
	II A	8	16.38	72.47	5.01	6.13	S
24	II B	35	26.46	62.82	8.99	1.73	S
	I A ₁	6	12.71	40.35	28.75	18.19	CL
	I A ₂	6	10.93	54.06	27.26	7.73	L
25	I B	5	4.11	35.42	19.06	41.42	LC
	II	16	35.18	60.48	1.51	2.83	S
	III A	3	7.82	41.69	33.89	16.60	CL
	I A	12	4.59	53.42	29.29	12.70	L
26	II A ₁	5	2.64	56.13	32.00	9.23	L
	II A ₂	24	7.99	63.94	22.60	5.47	SL
27	I A	6	0.23	40.55	36.91	23.31	CL
	II A	11	4.36	52.58	23.48	19.68	CL
	II B	27	18.32	59.87	14.42	7.41	SL
28	A	7	0.22	20.51	46.50	32.77	SC
	B ₁	21	0.50	43.99	26.80	29.31	LC
	B ₂	18	1.26	59.29	27.51	11.94	L
29	I A ₁	2	12.18	65.49	10.94	11.39	SL
	I A ₂	12	11.42	65.44	13.41	9.73	SL
	II A	10	10.77	67.52	17.09	4.62	SL
	III A	4	8.07	49.93	30.26	11.74	L
	IV A	11	24.73	47.90	4.31	23.06	SCL
	V A	9	23.88	54.99	8.93	12.20	SL
30	A ₁	7	3.13	51.96	20.54	24.37	CL
	A ₂	13	3.85	53.93	17.55	24.67	SCL
	B	28	4.46	52.65	19.96	22.93	SCL
31	A	15	8.51	13.42	35.42	42.65	LC
	B	20	1.47	19.71	40.13	38.69	LC
32	I A	8	18.56	39.59	22.26	19.59	CL
	II A	14	14.34	46.60	19.12	19.94	CL
	II B	25	28.32	39.21	13.94	18.54	SCL
33	I A	7	15.05	31.44	32.75	20.76	CL
	I A B	19	16.26	29.40	36.62	17.72	CL
	II A	23	21.32	26.24	17.33	35.11	LC
34	I A	3	0.29	52.40	33.99	13.22	L
	I B	8	0.29	55.98	35.31	8.42	L
	II A	10	4.72	56.32	19.85	19.71	SCL
	II B	24	32.41	57.54	10.40	9.65	SL
35	A ₁	5	21.46	17.62	47.75	13.17	SiL
	A ₂	11	22.46	21.10	46.90	9.54	SiL
	B	15	17.03	23.26	54.85	4.86	SiL
	C	18	13.05	27.32	21.78	27.85	LC
36	I A	6	13.65	36.94	34.35	15.06	CL
	I B	5	13.11	36.39	37.37	13.13	L
	II A	19	28.45	34.78	20.99	15.78	CL
	II B	17	26.41	52.20	9.77	11.62	SL
37	II B	18	28.20	54.54	11.11	6.25	SL

別表 II 物理的性質
Physical properties of the soils.

Plot No.	土壌型 Type of soil	深さ Depth (cm)	容積組成 Volume composition			最大容水量 Max. water-holding capacity (%)	最小容水量 Min. air-holding capacity (%)	L/W	湿潤度 Moisture saturation (%)
			固 体 Solid (%)	水 Water (%)	空 気 Air (%)				
1	B/d	5~10	15.86	36.41	47.74	57.04	27.09	47.49	63.83
		20~25	23.94	37.93	38.13	57.55	19.47	33.93	65.90
		30~35	29.70	40.50	29.80	53.10	17.30	32.35	76.27
2	Bc	5~10	35.60	43.30	21.10	53.30	8.10	15.19	81.23
		20~25	35.60	43.30	21.10	53.30	8.10	15.19	81.23
		30~35	23.17	44.88	31.95	56.91	19.92	35.00	78.86
3	Bd(d)	5~10	28.63	36.35	35.02	50.85	20.53	40.37	71.48
		20~25	20.40	46.57	33.03	67.73	10.86	16.03	68.76
		30~35	30.88	36.04	33.08	55.34	15.97	28.86	65.12
4	Bd	5~10	25.10	39.55	35.35	68.85	7.84	11.39	57.44
		20~25	21.50	45.88	32.62	73.91	4.17	5.64	62.08
		30~35	28.91	23.32	47.77	43.32	28.81	68.08	55.10
5	Bd(d)	5~10	33.67	29.95	36.38	43.83	17.51	39.95	68.33
		20~25	41.81	26.24	31.95	51.71	6.44	12.45	50.74
		30~35	24.53	41.26	34.21	59.26	21.22	35.81	69.63
6	B/d	5~10	21.87	47.39	30.74	62.75	16.13	25.71	75.86
		20~25	20.47	52.04	27.49	68.64	7.38	10.75	75.82
		30~35	20.51	38.25	41.24	52.74	26.74	50.70	72.52
7	Bd	5~10	22.43	47.07	30.50	67.28	10.29	15.29	69.96
		20~25	22.97	59.78	17.25	71.32	5.72	8.02	83.82
		30~35	21.44	37.31	41.25	61.72	16.33	26.46	60.45
8	Bd(d)	5~10	31.59	47.78	20.63	62.99	5.82	9.24	75.85
		20~25	26.56	50.96	22.48	64.27	13.16	20.47	79.29
		30~35	38.37	42.30	19.33	58.41	11.70	20.03	72.41
9	Bc	5~10	38.37	42.30	19.33	58.41	11.70	20.03	72.41
		20~25	30.92	49.37	19.71	63.78	8.55	13.41	77.40
		30~35	32.81	45.45	21.74	59.78	5.36	8.96	76.02
10	Bc	5~10	34.53	47.12	18.35	62.57	5.27	8.42	75.31
		20~25	31.48	38.99	29.53	59.42	9.09	15.30	65.62
		30~35	43.59	36.25	20.16	52.91	6.50	12.29	68.51
11	Bd(d)	5~10	49.45	33.37	17.18	46.36	4.18	9.02	71.98
		20~25	22.20	25.99	51.81	47.79	30.01	62.80	54.38
		30~35	35.15	34.30	30.55	48.50	16.35	33.71	70.70
12	Bd	5~10	39.71	23.31	36.98	49.41	10.88	22.02	47.18
		20~25	18.61	39.78	41.61	71.91	6.55	9.11	55.41
		30~35	29.21	37.01	33.78	50.07	12.18	24.33	73.91
13	Bd	5~10	46.59	29.49	23.92	43.19	21.67	50.17	68.28
		20~25	37.17	34.12	28.71	44.19	18.63	42.15	77.29
		30~35	37.42	32.17	30.41	45.39	17.18	37.84	70.88
14	Bd(d)	5~10	28.67	45.68	25.65	64.96	8.06	12.41	70.32
		20~25	28.41	34.00	37.59	57.48	14.05	24.44	59.15
		30~35	26.60	34.08	39.32	58.21	15.18	26.07	58.54
15	Bd	5~10	29.76	38.49	31.75	59.93	10.28	17.15	64.22
		20~25	35.60	41.43	22.97	57.80	6.58	11.38	71.67
		30~35	39.07	32.87	28.06	52.85	8.06	15.25	62.19
16	Bd	5~10	37.77	33.26	28.97	56.15	6.07	10.81	59.23
		20~25	36.63	31.57	31.80	50.25	13.20	26.26	63.18
		30~35	37.12	30.14	32.74	46.21	10.60	22.93	65.22
17	Bc	5~10	49.23	30.44	20.33	42.11	6.64	15.77	72.29
		20~25	30.05	39.52	30.43	61.10	9.84	16.37	65.75
		30~35	43.54	30.81	25.65	41.63	14.81	35.57	74.01
18	Bc	5~10	39.94	30.38	29.68	49.92	10.12	20.27	60.86
		20~25	34.48	32.47	33.05	55.84	9.67	17.31	58.15
		30~35	37.02	31.61	31.37	44.82	17.89	39.91	70.52
19	Bc	5~10	37.01	30.75	32.24	40.49	16.80	41.49	75.94
		20~25	31.86	35.54	32.60	62.24	5.88	9.44	57.10
		30~35	42.34	39.44	18.22	57.01	4.63	8.12	69.18
20	Bd	5~10	37.53	41.77	20.70	59.20	6.24	10.54	70.55
		20~25	26.16	36.41	37.43	64.07	9.76	15.23	56.82
		30~35	36.34	33.11	30.55	51.98	11.66	22.43	63.69
21	Bd(d)	5~10							
		20~25							
		30~35							

Plot No.	土壌型 Type of soil	深さ Depth (cm)	容積組成 Volume composition			最大容水量 Max. water-holding capacity (%)	最小容水量 Min. air-holding capacity (%)	L/W	湿潤度 Moisture saturation (%)
			固 体 Solid (%)	水 Water (%)	空 気 Air (%)				
22	B/d	5~10	22.22	50.90	26.88	67.45	10.31	15.28	75.46
		20~25	22.42	48.71	28.87	61.01	14.56	23.86	79.83
		30~35	17.42	58.64	23.94	74.51	8.06	10.81	78.70
23	Ba	5~10	14.53	29.38	56.09	49.61	24.86	50.11	59.22
		20~25	12.99	30.91	56.10	64.71	26.08	40.30	47.76
		30~35	21.53	19.44	59.03	60.84	17.62	28.96	31.95
24	Be	5~10	21.64	70.78	7.58	78.86	0.49	0.62	89.75
		20~25	20.87	27.72	51.41	66.72	13.19	19.77	41.55
		30~35	29.68	58.25	12.07	63.50	6.11	9.62	91.73
25	Be	5~10	26.27	59.19	14.54	68.19	5.48	8.04	86.80
		20~25	15.17	37.24	47.59	55.36	29.36	53.03	67.26
		30~35	17.39	43.72	38.89	65.10	17.51	26.89	67.15
26	Bd	5~10	26.10	28.64	45.26	52.05	23.34	44.80	55.02
		20~25	35.10	45.29	19.61	62.70	4.25	6.78	72.23
		30~35	34.70	52.15	13.15	65.79	1.45	2.20	79.27
27	Bc	5~10	26.90	45.50	27.60	67.88	15.21	22.41	67.03
		20~25	36.85	43.65	19.50	58.15	15.00	25.79	75.06
		30~35	19.02	42.22	38.76	64.69	15.28	23.62	65.29
28	Bd	5~10	24.74	34.86	40.40	49.18	25.81	52.42	70.88
		20~25	26.94	42.38	30.68	61.53	11.54	18.76	68.89
		30~35	31.15	50.68	18.17	65.05	3.91	6.01	77.91
29	Bd	5~10	28.80	33.90	37.30	45.53	24.80	54.46	74.45
		20~25	38.10	36.60	25.30	55.38	8.50	15.34	66.08
		30~35	38.10	36.60	25.30	55.38	8.50	15.34	66.08
30	Bc	5~10	19.46	29.78	50.76	53.28	27.25	51.14	55.89
		20~25	25.48	44.03	30.49	58.08	18.70	32.19	75.81
		30~35	43.51	37.60	18.89	52.60	4.50	8.56	71.48
31	Bd	5~10	24.34	52.32	23.34	66.51	9.16	13.77	78.70
		20~25	24.08	45.35	30.57	67.71	8.20	12.11	66.97
		30~35	20.32	50.77	28.91	67.39	12.28	18.22	75.33
32	B/d	5~10	20.58	27.11	52.31	48.74	25.68	52.68	55.62
		20~25	23.65	39.01	46.34	56.89	25.04	44.01	52.75
		30~35	26.52	41.83	31.65	58.05	15.42	26.56	72.05
33	Ba	5~10	34.72	40.97	24.31	52.63	6.64	12.61	77.76
		20~25	40.70	35.49	23.81	46.22	13.06	28.26	76.78
		30~35	25.15	45.61	29.24	61.49	13.31	21.65	74.17
34	Bd	5~10	15.83	46.11	38.06	69.21	14.96	21.62	66.62
		20~25	16.20	50.08	33.72	72.33	11.46	15.84	69.24
		30~35							

別表 III 化学的性質
Chemical properties of the soils.

Plot No.	層 位 Horizon	厚さ Thick-ness (cm)	pH	置換酸度 Exch. acidity (3y ₁)	有機物 Org. matter (%)	窒 素 Nitro-gen (%)	炭素率 C/N	置換性石灰 Exch. CaO (%)	不飽和度 Degree of unsaturation (%)	塩基置換容量 Exch. cap. (m.e./100g)
1	I A	8	5.57	3.0	17.96	0.69	15.12	0.49	33.59	46.43
	II A ₁	14	5.69	4.5	16.11	0.57	16.45	0.54	22.08	48.01
	II A ₂	19	5.69	1.5	17.81	0.53	14.43	0.26	22.21	45.64
	II A B	13	5.57	3.0	11.34	0.22	29.37	0.18	18.04	

Plot No.	層位 Horizon	厚さ Thickness (cm)	pH	置換酸度 Exch. acidity (3y)	有機物 Org. matter (%)	窒素 Nitro- gen (%)	炭素率 C/N	置換性 Exch. CaO (%)	不飽和度 Degree of unsatur- ation (%)	塩基置 換容量 Exch. cap. (m.e./ 100g)
5	A ₁	7	5.63	5.6	8.81	0.39	13.00	0.32	36.21	23.64
	A ₂	16	5.24	7.5	5.47	0.29	11.00	0.31	36.43	22.45
	B	31	5.21	7.5	2.06	0.09	13.22	0.24	35.13	18.88
6	I A ₁	6	5.90	3.9	16.41	0.54	14.84	0.29	27.20	54.04
	I A ₂	22	5.68	5.7	15.16	0.45	13.33	0.27	28.54	49.76
	II A	8	5.51	5.5	14.17	0.45	18.39	0.13	29.01	47.92
	II A B	11	5.49	5.6	10.85	0.40	15.63	0.09	17.78	44.99
7	I A	2	5.18	3.8	20.58	0.66	12.31	0.46	16.73	54.09
	II A	5	5.06	3.8	14.14	0.44	18.43	0.14	23.73	29.20
	III A	13	5.05	1.9	13.57	0.45	17.77	0.21	42.54	27.15
	III B	19	4.90	3.8	10.09	0.40	14.83	0.12	48.97	25.30
8	A ₁	8	5.78	1.9	11.73	0.64	10.61	0.54	19.37	47.99
	A ₂	12	5.70	1.9	7.17	0.31	13.45	0.43	15.60	37.70
	B	18	5.51	1.9	3.73	0.13	16.69	0.23	18.51	35.17
9	A	12	5.30	13.8	7.49	0.34	12.29	0.15	22.53	29.97
	B ₁	14	4.70	39.4	2.71	0.12	11.75	0.09	29.23	20.97
	B ₂	25	4.70	55.6	1.42	0.06	13.66	0.05	38.07	17.73
10	A ₁	13	4.30	16.9	8.11	0.24	19.01	0.29	25.66	23.46
	A ₂	25	4.30	18.8	5.98	0.19	17.97	0.19	46.41	18.65
	B	20	4.30	26.9	3.44	0.12	16.23	0.07	50.22	11.19
11	A ₁	4	5.26	3.7	10.89	0.47	13.56	0.42	37.18	11.86
	A ₂	18	6.46	1.9	8.43	0.27	18.17	0.24	35.52	18.92
	B	9	5.18	3.7	2.12	0.09	13.43	0.21	46.34	18.58
	C	10	4.85	11.3	1.46	0.03	27.41	0.09	50.00	16.80
12	I A	13	4.80	5.6	8.11	0.24	19.01	0.28		
	II A ₁	12	5.00	2.5	7.49	0.31	13.98	0.12		
13	A ₁	4	5.35	3.8	11.36	0.35	18.93	0.36	25.66	23.46
	A ₂	10	5.21	28.1	7.92	0.26	19.26	0.33	46.41	18.85
14	B	13	5.03	28.1	5.98	0.19	17.97	0.18	50.22	11.19
	C	20	5.01	41.3	1.56	0.04	22.50	0.12	39.79	12.34
15	A ₁	7	4.99	22.5	8.17	0.23	20.52	0.29	37.18	11.86
	A ₂	16	5.09	84.4	5.33	0.17	18.50	0.14	35.52	18.92
	B	14	5.21	150.0	3.44	0.09	22.00	0.14	46.34	18.58
16	A ₁	9	5.21	3.8	16.93	0.63	15.18	0.52	24.59	25.41
	A ₂	14	5.18	9.4	6.75	0.35	11.20	0.34	24.14	24.93
	B	21	4.97	48.7	3.50	0.18	11.55	0.14	29.51	20.09
17	A ₁	8	5.24	1.8	6.20	0.32	11.47	0.21	37.51	14.74
	A ₂	25	5.28	1.8	3.87	0.19	12.03	0.15	50.62	10.37
	B	9	4.79	11.3	1.34	0.05	16.25	0.03	63.07	8.91
18	A	10	5.97	5.6	6.20	0.34	10.71	0.24	25.25	21.11
	B	28	5.94	16.3	2.59	0.08	18.07	0.14	25.95	17.96
19	A	9	5.54	1.9	10.46	0.45	14.17	0.45	27.34	33.21
	B	29	5.21	21.3	2.90	0.13	13.02	0.29	41.74	20.96
20	A ₁	6	5.49	3.8	9.98	0.49	11.79	0.34	30.41	18.84
	A ₂	13	5.09	9.4	3.77	0.20	10.84	0.28	42.95	16.88
	B	13	5.02	37.5	2.64	0.09	18.43	0.21	45.32	15.24
	C	10	5.15	50.6	1.60	0.06	16.03	0.10	15.54	21.11
21	A ₁	6	5.05	3.8	14.13	0.61	13.37	0.20	41.47	13.26
	A ₂	19	5.04	7.5	5.73	0.25	13.17	0.19	39.08	14.33
	B	21	5.02	7.5	3.06	0.07	25.28	0.09	45.93	12.41
22	I A	7	5.66	3.8	11.96	0.38	18.22	0.32	32.81	26.87
	II A	11	5.59	3.8	8.08	0.29	16.40	0.18	40.98	20.50
	II B	14	5.43	18.8	3.41	0.10	19.60	0.09	49.10	17.96
	II C	19	5.41	18.8	1.07	0.06	10.86	0.07		
23	I A	13	5.33	3.8	12.72	0.53	13.82	0.28	35.06	22.56
	I A B	7	5.32	11.3	10.56	0.32	19.04	0.19	53.34	19.91
	II A	18	5.25	11.3	19.63	0.49	19.16	0.29	44.40	28.38
	II A B	9	5.13	9.4	12.60	0.58	12.71	0.17	49.58	19.06
24	I A	9	5.47	3.0	15.53	0.43	20.87	0.21	82.57	10.66
	II A	11	5.74	1.5	4.64	0.10	27.84	0.16	89.01	8.55
	II B	35	5.78	1.5	2.42	0.05	29.04	0.06	88.36	6.79

Plot No.	層位 Horizon	厚さ Thickness (cm)	pH	置換酸度 Exch. acidity (3y)	有機物 Org. matter (%)	窒素 Nitro- gen (%)	炭素率 C/N	置換性 Exch. CaO (%)	不飽和度 Degree of unsatur- ation (%)	塩基置 換容量 Exch. cap. (m.e./ 100g)
24	I A ₁	6	4.83	5.6	15.87	0.34	26.43	0.23	56.52	18.93
	I A ₂	6	4.49	13.1	7.16	0.21	19.42	0.17	63.25	16.27
	I B	5	4.14	11.3	3.53	0.14	21.43	0.14	83.14	8.84
	II	16	4.55	1.9	1.29	0.05	24.12	0.11	96.27	2.40
25	III A	3	4.67	5.6	14.75	0.70	12.18	0.13	90.30	9.07
	I A	12	5.54	7.2	8.26	0.28	29.50	0.22	68.21	22.87
26	II A ₁	5	5.66	9.6	7.21	0.12	27.33	0.19	67.54	22.84
	II A ₂	24	5.40	9.3	7.73	0.19	23.57	0.18	95.95	10.63
27	I A	6	4.83	16.5	14.26	0.49	16.82	0.35	42.84	32.55
	II A	11	5.78	4.5	13.55	0.42	18.57	0.26	36.96	23.81
28	II B	27	6.14	4.5	7.43	0.27	15.85	0.07	46.32	11.70
	A	7	4.58	54.4	13.61	0.52	15.19	0.32	41.73	23.58
29	B ₁	21	4.76	73.1	5.69	0.24	13.63	0.11	41.88	16.93
	B ₂	18	4.58	63.8	3.86	0.14	16.00	0.08	39.84	17.14
30	I A ₁	2	4.76	3.8	12.31	0.37	19.27	0.28	51.89	20.64
	I A ₂	12	4.80	3.8	7.84	0.41	11.17	0.22	46.30	17.69
	II A	10	4.57	1.9	1.09	0.05	13.27	0.09	56.88	9.60
	III A	4	4.80	3.8	2.21	0.09	14.54	0.12	39.59	25.46
31	IV A ₁	11	4.73	9.8	10.26	0.40	14.72	0.28	43.62	42.85
	IV A ₂	9	4.73	4.7	18.55	0.61	17.64	0.29	64.05	17.44
32	A ₁	7	4.66	16.9	10.86	0.58	16.41	0.49	39.14	24.27
	A ₂	13	4.66	9.4	10.72	0.35	16.81	0.27	41.25	20.29
	B	28	4.74	3.8	8.17	0.30	16.28	0.16	49.44	17.21
33	A	15	5.16	85.2	10.95	0.40	15.79	0.22	46.95	22.15
	B	20	5.25	76.9	6.48	0.25	13.13	0.16	58.11	14.97
34	I A	8	5.19	1.8	11.21	0.57	11.21	0.31		
	II A	14	5.21	1.5	7.01	0.22	17.72	0.30		
	II B	25	5.18	2.9	1.32	0.05	14.00	0.13		
35	I A	7	5.49	41.3	18.06	0.61	17.01	0.30	36.91	34.14
	I A B	19	5.02	18.7	15.86	0.59	15.58	0.17	44.35	18.51
	II A	23	5.18	16.9	28.70	0.63	16.25	0.19	49.96	25.64
36	I A	2	4.95	28.5	10.39	0.18	33.44	0.09	60.38	27.16
	I B	8	5.74	18.0	7.39	0.19	25.26	0.06	93.60	14.53
	II A	10	5.54	4.5	14.03	0.36	22.61	0.17	86.25	19.94
	II B	24	5.78	4.5	7.26	0.21	20.50	0.07	82.64	14.52
37	A ₁	5	5.34	3.8	14.89	0.56	15.43	0.45	22.37	54.43
	A ₂	11	5.44	3.8	9.36	0.31	17.51	0.34	41.74	30.92
	B	15	5.63	1.9	2.59	0.15	10.47	0.26	47.86	18.24
	C	18	5.50	1.9	1.96	0.04	27.85	0.12	38.45	19.47
38	I A	6	5.36	3.8	26.10	0.83	18.17	0.79		
	I A B	5	5.25	1.9	7.77	0.29	15.39	0.17		
	II A	19	5.29	1.9	24.71	0.73	19.77	0.45		
	II A B	17	5.26	7.5	15.67	0.48	18.69	0.30		
39	II B	18	5.25	3.8	5.01	0.22	13.05	0.16		

別表 IV 土壌層位ごとの透水速度
Percolation at horizons of every plot.

Plot No.	層位 Horizon	厚さ Thickness (cm)	透水速度 Percolation rate (cc/min)	透水指数 Permeability-depth index
1	I A	8	213	
	II A ₁	14	181	
	II A ₂	18	111	6, 236
2	A	16	194	
	B	24	81	5, 048
3	I A	6	141	
	II A	18	127	
	III A	16	130	5, 212
7	II A	7	151	
	III A	13	185	
	III B	20	90	5, 262

Plot No.	層位 Horizon	厚さ Thickness (cm)	透水性 Percolation rate (cc/min)	透水性指数 Permeability-depth index
8	A ₁	8	236	7,520
	A ₂	12	196	
	B	20	164	
11	A ₁	4	223	4,906
	A ₂	18	174	
	B	9	88	
	C	9	10	
14	A ₁	7	127	4,169
	A ₂	16	103	
	B	17	96	
15	A ₁	9	229	6,026
	A ₂	14	129	
	B	17	127	
16	A ₁	8	148	5,649
	A ₂	25	146	
	B	7	120	
17	A	10	265	8,434
	B	28	201	
	C	2	78	
18	A	9	226	7,984
	B	29	196	
	C	2	132	
19	A ₁	6	223	5,498
	A ₂	13	152	
	B	13	104	
	C	8	104	
20	A ₁	6	168	3,807
	A ₂	19	66	
	B	15	103	
21	I A	7	147	5,046
	II A	11	131	
	II B	14	128	
	II C	8	98	
22	I A	13	181	5,309
	I A B	7	132	
	II A	18	104	
	II A B	2	80	
23	I A	9	89	1,605
	II A	11	44	
	II B	20	16	
24	I A ₁	6	41	546
	I A ₂	6	26	
	I B	5	10	
	II	16	5	
	III A	7	2	
25	I A	12	74	1,772
	II A ₁	5	48	
	II A ₂	23	28	
26	I A	6	227	4,896
	II A	11	131	
	II B	23	91	
27	A	7	171	5,697
	B ₁	21	168	
	B ₂	12	81	
28	I A	14	123	5,100
	II A	10	151	
	III A	4	146	
	IV A	12	107	
29	A ₁	7	273	6,690
	A ₂	13	203	
	B	20	107	
30	A	15	272	7,505
	B	20	148	
	C	5	93	

Plot No.	層位 Horizon	厚さ Thickness (cm)	透水性 Percolation rate (cc/min)	透水性指数 Permeability-depth index
32	I A	7	181	6,079
	I A B	19	142	
	II A	14	151	
33	I A	10	109	1,890
	II A	10	44	
	II B	20	18	
34	A ₁	5	206	4,925
	A ₂	11	152	
	B	15	105	
	C	9	72	
35	I A	6	105	5,751
	I B	5	103	
	II A	19	164	
	II A B	10	149	

文 献

- 1) 青木茂一: 土壌と植生, (1954)
- 2) 朝日正美: 北海道道庁林における欧州トウヒ造林地土壌の研究, 東大演報, 41, (1951)
- 3) 橋本与良・真下育久: スギ, ヒノキの成長と土壌条件, 林土調報, 9, (1958)
- 4) 服部正相: 北海道北部山岳地帯の原生林に関する研究, 北海道林業試験場報告, 19, (1950)
- 5) 石原供三: 天然林におけるトドマツ稚樹の消長と森林土壌との関係に対する研究, 北海道林業試験場報告, 12, (1933)
- 6) 石原供三・松井善喜: 根系よりみたるトドマツの育林的考察, 日林講演集, (1938)
- 7) 石原供三・鶴見四郎: トドマツおよびエゾマツ稚樹に対する適当な水分量について, 日林講演集, (1940)
- 8) 石崎厚美: 植栽木成長に及ぼす土壌性の影響について, 北海道林業試験場時報, 45, (1943)
- 9) 河田 弘: 森林土壌の化学的性質および腐植の形態に関する研究, 林土調報, 10, (1959)
- 10) 川島緑郎: アカマツの生育と土壌反応並びに置換性石灰の関係について, 赤松施研論集, 71, (1943)
- 11) 川島緑郎: 森林樹種の生育と土壌反応並びに石灰との関係 (6), 日土肥誌, 17, (1943)
- 12) 蔵本正義・山本肇: トドマツ優良造林地の土壌について (I), 林試北支特報, 8, (1957)
- 13) 真下育久: 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, 林土調報, 11, (1960)
- 14) 三宅康次・田町以信男: 北海道における所謂暗質土壌の性状および成因について, 日土肥, 1, (1927)
- 15) 中田 功: 二次林の既往皆伐跡地とトドマツ人工林土壌の比較, 林試北支特報, 2, (1953)
- 16) 中田 功: 陸別地方の板状構造について, 林試北支特報, 4, (1955)
- 17) NEMEC, A. & KVAPIL, K.: Ueber den Einfluss verschiedener Waldbestände auf Gehalt und die Bildung von Nitraten in Waldböden. Zeitschr. f. Forst-u. Jagdw. 59. Jg. S. 321, 385, (1927)
- 18) 大政正隆: プナ林土壌の研究, 林土調報, 1, (1951)
- 19) 林業試験場: 林野土壌調査方法書, (1957)
- 20) 佐藤義夫・山口千三助: 本邦寒帯林樹種稚苗生育に関する研究, 日本学術会報告, 14, (1939)
- 21) SCHAU, O.: Bodenkundlich-chemische Untersuchungen im Moor des Mooswaldes bei Kreibitz unter besonderer Berücksichtigung der aktiven Azidität (pH-Werte). Forstw. Zentralbl. 50. Jg. S. 48, (1928)
- 22) 芹沢 明: ツマリ型土壌の性質と林木の成育との関係, 日林北支講演集, (1958)
- 23) 相馬昭夫: 土壌とトドマツ更新成長について, 寒帯林, 40, (1954)

- 24) 寺田喜助: トドマツ優良造林地土壌について, 日林講演集, (1952)
- 25) 寺田喜助: 北海道十勝地方におけるトドマツ優良造林地と不良造林地の土壌的差異, 日林講演集, (1956)
- 26) 内田丈夫: 北海道における針葉樹林の堆積腐植に関する研究, 林試研報, 114, (1959)
- 27) 内田丈夫・山本 肇: トドマツ造林による礫質土壌の変化, 林試札支講演集, (1953)
- 28) 内田丈夫・山本 肇: 羽幌地方の土壌, 林試札支講演集, (1953)
- 29) 内田丈夫・山本 肇: 頓別地方におけるトドマツ林地の土壌について, 林試北支特報, 2, (1953)
- 30) 内田丈夫・山本 肇: 地形方位を異にする林地について, 林試北支特報, 2, (1953)
- 31) WENSE, H.v.d.: Fichtenwachstum auf alten Feld-und Waldböden der sächsischen Staatsforsten. Zeitschr. f. Forst-u. Jagdw. 61. Jg. S. 7, 65, (1929)
- 32) 山本 肇: 河西国有林の土壌と林木の成育について, 日林講演集, (1955)
- 33) 山本 肇: 古岡別地方の土壌について, 林試北支特報, 5, (1956)
- 34) 山本 肇: 枝幸地方における土壌性とトドマツ成育との関係について, 林試北支年報, (1958)
- 35) 山本 肇: トドマツ優良造林地の実態について, 日林講演集, (1958)
- 36) 山本 肇: 河西経営区の土壌, 林土調報, 1, (1958)
- 37) 山本 肇: 枝幸事業区の土壌, 旭川営林局計画課, (1958)
- 38) 吉田正男: 理論森林経理学, 地球出版, (1959)
- 39) 神キヨシ: 土壌層の固体, 液体, 気体の容積比と林木の成長及び植生, 日林講演集, (1949)
- 40) COLE, T.S.: Soil and the growth of forests. Advance in Agronomy. IV. New York, (1952)

Relation between Soil Properties and Growth of Todo-fir
(*Abies Mayriana* M. et K.).

Tadashi YAMAMOTO

(Résumé)

In Hokkaido, Todo-fir was reforested from the end of the Meiji era to the beginning of the Taisho era (about 1925~1930) as one of the main reforesting tree species, but the results were unsatisfactory in many instances.

To avoid repeating such failures, proper sites must be selected. Consequently it is necessary to analyse the relation between growth of Todo-fir and soil conditions.

To find out the method of judging proper sites, the writer investigated the physical and chemical properties, and took note of conditions closest to growth of Todo-fir.

1) Characteristics of studied area.

The writer investigated 35 plots in the national and prefectural forest in Hokkaido. As to characteristics of the plots and growth of Todo-fir, see Fig. 2~36. (Plot No. 1~No. 35)

2) Relation between site index and each properties of soil.

As above mentioned, among 4 types except Ba and Be types (i.e. Bc, Bd, Bd(d) and B/b types) physical and chemical properties of soil and growth of Todo-fir do not differ extremely, so the writer treated these 4 types as a whole, and discusses the relation among each soil properties and sites.

a) Relation between site index and soil texture.

In the triangle of soil texture, good sites* concentrate in the circle sphere having center near by intersecting point of silt 30%, clay 16% and sand 55%, which sphere includes parts of clay loam, fine silt loam, and sandy loam. As compared with good sites, poor sites** concentrate in parts of sandy loam and sand. But in some cases no difference can be recognized in the sum of silt and clay between good and poor sites.

Therefore, relation between site index and soil texture is not obvious, but it is considered that Todo-fir grows worse on sandy soil texture.

b) Relation between site index and moisture saturation.

Moisture saturation is calculated by the following equation:

$$\text{Moisture saturation} = \frac{\text{Soil moisture}}{\text{Maximum water holding capacity}} \times 100$$

On good sites, moisture saturations concentrates in the sphere of 60~80%, i.e. it is considered that soil moisture is optimum.

Among poor sites, dry (moisture saturation less than 50%) and moist (m.c. more than 90%) examples are found. Among good sites, poor sites and moisture saturation, a correlation can be obviously recognized.

c) Relation between site index and L/W.

ISHIHARA reported that there were contact correlation among existence, vanishing, growth of seedling of Todo-fir and L/W, that is to say the larger the L/W, the more. But the writer's view does not accord with his, the reason being that among good sites, values of L/W distribute in the sphere of 10~40, and are rarely found in less than 10.

On the contrary, among poor sites, values of L/W largely distribute in the sphere of less than 10 and more than 40. Considered from the above-mentioned results, it can be concluded that a large value of L/W indicates dry condition of soil. Correlation between L/W and site index can be recognized in some degrees.

d) Relation between site index and volume composition.

On good sites, volumes of solid, water, and air maintain almost the same percentages from surface to lower layer. On the contrary, at poor sites, the following two features are to be found.

* good site (site index more than 10.0)

** poor site (site index less than 7.0)

- i) Volume of air is small, i.e. large part of pores are almost saturated with water.
- ii) Volume of air is very large, and volume of water is small. Accordingly it is obvious that volume composition differs between good and poor sites.

e) Relation between site index and permeability-depth index.

With 0.4 m depth from A₁ layer, permeability is measured by MASHIMO's method.

Values of permeability-depth index are as follows:

Site	Permeability-depth index
Good	more than 3,000
Poor	less than 2,000

There is a correlation between site index and permeability.

Better growth of Todo-fir can be expected at site having values of permeability-depth index more than 4,000~5,000.

f) Relation between site index and depth of soil structure.

Crumb, granular, nutty and blocky structures which appear in Bc and B₀ types, are treated collectively here. Depth of these soil structures correlates closely to site index, i.e. depth of structure is deep at good site, and shallow at poor site. As already mentioned, since site index correlates with permeability-depth index and depth of soil structure, there can be some relation between depth of soil structure and permeability-depth index. In direct proportion to depth of soil structure, permeability-depth index varies. MASHIMO's method to decide proper site of Sugi (*Cryptomeria japonica*), Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) by permeability-depth index can also be applied to Todo-fir, but as this method needs laboratory experiment, decision of site by depth of soil structure is a more convenient method at field survey.

g) Relation among site index, pH and exchangeable acidity.

Both good and poor sites indicate pH 4.3~6.3. And values of exchange acidity do not differ between sites. It is considered that the influence of pH and exchange acidity to growth of Todo-fir is not obvious.

h) Relation between site index and exchangeable calcium.

Volume of ex. calcium was calculated by the same method as the above-mentioned i).

Correlation is recognised between site index and ex. calcium, i.e. volume of ex. calcium is plentiful at good sites and scanty at poor sites.

i) Relation among site index, base exchange capacity and degree of unsaturation.

Relation between site index and base exchangeable capacity of surface layer is not obvious, but better growth of Todo-fir can be found at sites having large value of base exchange capacity.

As to degree of unsaturation, small values are found at good sites and large values at poor sites.

Correlation among the above-mentioned factors are obvious.

j) Relation between site index, org. matter and N.

Relation between site index and org. matter and N which are contained in the volume of soil 1 m² × 0.4 m from surface except A₀ layer, is as follows:

Volume of org. matter is 50~10 kg at a good site, and 14~8 kg at poor one. Obvious correlation can not be found, but it seems that a small content of org. matter in soil brings about poor growth of Todo-fir.

Volume of N is 1,318~290 g at good sites and 498~221 g at poor sites, thus more obvious differences between good and poor sites can be found in the case of N than that of org. matter.

k) Relation between site index and carbon ratio.

Correlation can be found between site index and carbon ratio, growth of Todo-fir especially poor at soil with carbon ratio more than 20.

Site	Carbon ratio (at upper and lower soil layer)
Good	11~19
Poor	20~30

3) Relation between growth of Todo-fir and some properties of each soil type.

Discussion about average value in each soil type is as follows:

a) B_a type

In this type, volume of air is most plentiful, and volume of water and solid are scantiest. Consequently, a large value of L/W and small value of moisture saturation indicate dry tendency. As to chemical properties value of C/N ratio is larger than other soil types, and measured values of other properties are inferior to other soil types too. Site index is 6.9 m at the maximum and 5.0 m at the minimum.

b) B_c type

In this type extreme differences can not be recognized in volume of water contrasted to B₀, B₀/b and A₀(d) types. B_c type indicates the largest value of solid among six soil types, but values of volume of air and L/W are a little inferior to those of B₀ type. Value of moisture saturation is not far from that of B₀ type.

As to chemical properties, B_c type is superior to B_a and B_e type, but somewhat inferior to B₀/b, B₀(d) type. Site index is 12.8 m at the maximum, and 10.2 m at the minimum.

c) B₀ type, B₀(d) type and B₀/b type

Among these soil types, physical and chemical properties somewhat differ, but tendencies resemble each other.

These types are superior to other type.

Site index is as follows:

Soil type	Maximum	Minimum
B ₀	13.5 m	10.0 m
B ₀ (d)	11.7 m	10.7 m
B ₀ /b	12.1 m	10.7 m

d) B_e type

In this type, volume of water is most plentiful and volume of air is the least.

Small value of L/W and large value of moisture saturation indicate moist tendency. In inferiority of chemical properties, this type is next to B_a type.

Site index is 6.3 m at the maximum, 5.3 m at the minimum.

From the above-mentioned results, conclusions drawn are: reforestation of Todo-fir is not advisable in B_a and B_e types; B_c types is somewhat inferior to B₀, B₀(d) and B₀/b types in physical and chemical properties, but considered from Table 3 and Fig. 37, these differences are not large enough to badly effect the growth of Todo-fir.

Discussion

At a good site, structure of soil develops even in deep soil layer; and in volume texture, solid, air and water occupy about the same percentage from surface to lower layer, and permeability-depth index is large. Accordingly, roots distribute to deep layer and absorption and reduction of nutriment can be carried smoothly.

At a poor site, mechanical components do not differ much from those of a good site, but a great difference can be found in accumulating state of soil layer. That is to say, structure of soil can be found only at 15~20 cm from surface, and lower soil layer is hard and wet, consequently root system can not develop fully. Poor physical condition affects chemical properties, and thus sterility of soil is accelerated.

As depth of soil structure can be represented by physical and chemical properties of soil, the following standard can be adopted to decide the proper site of Todo-fir in Hokkaido, namely, proper soil types to replanting Todo-fir are B_c, B₀(d) and B₀/b, but it should be noted that in these types, depth of soil structure is required to be more than 30 cm.

昭和37年3月5日 印刷
昭和37年3月10日 発行

林野土壤調査報告 第12号

農林省林業試験場
東京都目黒区下目黒4-770
電話 (712) 1131~7