

研究報告 94 号 正誤表

頁	行	誤	正	摘 要
3	下から 9	価値	価値	
4	" 8	根 <sup>〇</sup> について	根について	
"	" 16	I—IV	I—VI	
5	" 14	<i>Pinio</i>	<i>Pinus</i>	
7	" 3	odr	oder	
"	Fig. 1	Pendant	Pendent	以下 Pendant は Pendent になおす 以下 <i>Cryptmeria</i> は <i>Cryptomeria</i> になおす
"	Fig. 1	<i>Cryptmeria</i>	<i>Cryptomeria</i>	
9	下から 5	methord	method	
10	上から 11	Sitoka	Sitka	
16	" 11(表中)	Diamer	Diameter	
17	" 3	196 本	199	
18	" 2	Profiles	Profile	
25	Fig. 6	ヒメマツ	ヒメコマツ	
56	Fig. 16	<i>Chamacyparis</i>	<i>Chamaccypris</i>	
95	下から 6	root	roots	
99	上から 6~7	大径も	大径根も	
112	下から 14 (表 本数の欄)	70・13・5・1・ 8・6・8・4・115	92・17・8・1・10 ・8・10・5・151	数字をかえる
129	" 11	指数 <sup>〇</sup> 計	指数合計	
"	" 7	depth the frequency	depth and frequency	
136	図 版	Fig. 34	Fig. 43	
171	Fig. 57	<i>myrsinaefola</i>	<i>myrsinaefolia</i>	
185	上から 6	索引力	牽引力	

# 樹木の根の形態と分布

菊 住 昇<sup>(1)</sup>

## 目 次

I 緒 言	1
II 根系についての過去の主なる研究	2
III 根系の記載上の言葉	7
IV 調査方法	9
V 土 壌	12
VI 根系の形態と分布の記載	14
1. モ ミ	14
2. ア カ マ ツ	18
3. ク ロ マ ツ	21
4. ヒ メ コ マ ツ	25
5. テ ー ダ マ ツ	27
6. ダ イ オ ウ マ ツ	30
7. リ ギ ダ マ ツ	34
8. ス ト ロ ー プ マ ツ	37
9. ス ギ	40
10. ラ ク ウ シ ョ ウ	43
11. オ ウ シ ョ ウ ト ウ ヒ	46
12. ツ ガ	49
13. ヒ ノ キ	52
14. サ ワ ラ	55
15. シ ラ カ シ	58
16. ウ ラ ジ ロ ガ シ	62
17. イ チ イ ガ シ	65
18. ア ベ マ キ	68
19. ク ス ギ	72
20. ク リ	75
21. コ ナ ラ	78
22. イ ヌ シ デ	81

(1) 造林部育種科植生研究室員

23.	ブ	ナ	84
24.	イヌ	ブナ	87
25.	イヌ	ザクラ	90
26.	スダ	ジイ	93
27.	マテ	バシイ	96
28.	クス	ノキ	100
29.	イイ	ギリ	103
30.	キ	リ	105
31.	ハリ	ギリ	107
32.	アオ	ギリ	110
33.	コ	ブシ	113
34.	エ	ノキ	115
35.	ムク	ノキ	118
36.	ノグ	ルミ	121
37.	ハク	ウンボク	124
38.	アカ	メガシワ	127
39.	ヤマ	ハンノキ	130
40.	ホ	オノキ	132
41.	ト	チノキ	135
42.	カ	ツラ	138
43.	オ	ニグルミ	142
44.	ハン	ノキ	145
45.	ミ	ヅキ	148
46.	エン	ヂユ	151
47.	ケ	ヤキ	154
48.	ト	ネリコ	156
49.	ア	メリカウラジロトネリコ	159
50.	アズ	マネザサ	163
VII	根系の種類 (根系型の決定)		163
VIII	根系型と立地との関係		178
IX	根系型と稚苗の根の形態		182
X	根系型と根系の偏厚と癒合		184
XI	樹形と根系の形態		186
XII	根系型の林業への応用		187
XIII	総括		191
	文献		193
	Résumé		197

## I 緒 言

この世紀のはじめごろから植物の根系に関する研究の重要性が認められ、基礎的な問題として根の競合、土壤環境の指標としての根の形態と分布の類型、また根の水分に対する適応や呼吸などの生理が重要な課題としてWEAVER, CLEMENTS, CANNONなどの生態学者によつて取り上げられ、研究がすすめられてきた。

しかし、その研究方法は一般に定性的な形態の観察と、その記載に重点がおかれ、これらの研究の材料としては、調査しやすい草本群落や小低木が多く選ばれ、調査方法がむずかしくて、取扱いの容易でない高木の地下部の状態については、——集団的な群落の地下部としての面からも、また、個体的な立場からも——あまり調査研究が行われていない。

したがつて、高木の地下部については些細なことがらでもいまだ分らないことがきわめて多い現状である。

一方、地上部については、森林群落の組成や構造が明らかになるにつれ、これと対応している環境がしだいに明らかにされ、近年特に地上部の成長と土壤環境の問題が育林技術の面において大きく取り上げられ、土壌型をなかだちとして、その理化学的或いは生物学的な性質がしだいに明らかにされている。また、直接育林技術に結びつく問題としては、立木密度と生産量の問題およびこれに伴う競合の問題などが明らかにされようとしている。

このような地上部の群落的諸問題、林分構造、土壌と地上部の成長などの問題が順次明らかにされてゆくにしたがつて、地上部を支え土壌と直接地上部とのなかだちをしている根の働きを明らかにする必要が必然的におこつてくるものと思われる。

従来から、育林の分野では更新とか間伐について、根系の深根性と浅根性など、またその発達のしかたなどの根系の性質と、樹木相互間または林床植物と樹木の根系の間の競合などの諸問題が取り上げられ、研究が進められてきた。

いま、この研究で特にとりあげた各種類ごとの根系の性質の問題について考えてみよう。

この問題を研究する手段として、従来、その根系の発達の状態を明らかにすることができる根系の形態と分布状態を明らかにする方法がとられてきた。しかし、今までの研究の結果からも一般に知られているように、根系の形態や分布は種の遺伝的な性質のみならず、土壌条件、樹令、地上部の成長の状態など各種の条件の相違によつて変化するものであつて、その形態や分布が直接その樹種の根の性質をあらわしているとはかぎらない。しかし、ほぼにかよつた土地条件と成立状態では根の発達のしかたに種に固有の性質があることも明らかで、古くから BÜSGEN, MÜNCH, HILF などは土壌条件による形態の変化とともに種の体制的な根の形態があることを明らかにしている。

この根系の適応形と体制形とを区分して、野外における根系の調査から根系の形態や分布状態を理解してゆくということは非常にむずかしい問題であつて、環境条件とともに根の形態や分布を総合的に考えてゆかなければ理解できない問題が多いと思われる。

そこで、この研究では以上にのべた根系に関するこれら問題を解決してゆく一つの段階として、立地の環境条件とともに各樹種の根系の性質をその形態と分布の面から、なるべく定量的に調べたいと考えた。

以上のような目的から、ほぼ環境条件がにかよつていて、樹種ごとの根系について各種の資料をとることができる東京・目黒の林業試験場内の実験林で1952~1955年にわたつて約50種類の高木について調査をおこない、各樹種ごとの形態と分布を明らかにし、その類似性を検討した結果一応類型化することができた。

ので不完全ではあるが取り纏めて報告する。今後、山地における調査も加えて完全なものにしてゆきたい。

調査の実行と取り纏めに終始御指導，御鞭撻をいただいた造林部栗田勲氏，文献と調査についていろいろ示唆をいただいた寺崎渡，草下正夫，土壌調査部の塘隆男，松井光瑠，土壌の分析を御指導願つた真下育久，いろいろ御相談を願つた蜂屋欣二，東京都立園芸高校の森 精，資料の取り纏めに尽力をして下さつた大橋弘毅の各氏に心から厚く感謝する。

## Ⅱ 根系についての過去の主な研究

いままで，根系については各種の方面から研究がすすめられてきたが，その研究の性質もきわめて範囲が広く，かつ総合的に取り扱われているために，その研究の性質によつて細かく区分することは，はなはだむずかしい。しかし，いま，これをその研究の目的と性質によつて大きく区分してみると，次の3つに分けることができる。

1. 根系の形態と分布を明らかにして，種ごとの根の性質を知り，土壌環境の指標とする。
2. 根系の成長のしかたと土壌因子との関係： 1 が根系の形態や分布を種の遺伝的な性質と見ているのに対して，同種内でも土壌条件の変化によつて根系の形態や分布が異なるという見方をしている。
3. 根系の間の競合： 同種ないしは異種間における地下部での水分・養分などのうばいあい。

ここで，この1~3の順序にその問題の中に含まれると考えられる主な研究をあげる。

まず1にあげられたように根系の形態を細かく調べ，これを類型化して種ごとの根系のいろいろの性質を知り，また環境特に土壌条件の指標としようとする考えから研究をすすめていつたものに，BÜSGEN, MÜNCH, HILF, FREIDENFELD, 吉岡・堀川・矢野，などの研究があげられる。

すなわち，Büsgen<sup>9)</sup> はトウヒ，ブナ，カシワ，その他多くの高木の根系の調査を行い根のでかたの粗放なもの集約なものとの2つの型があることを認め，これを区分している。

また，MÜNCH<sup>69)</sup>，DENGLER<sup>21)</sup> は根系の発達部位の相違から根系を杭根 (Pfahlwurzel) の発達するもの，平根 (Flachwurzel) の発達するもの，心根 (Herzwurzel) の発達するものの3つの型に分類し，それぞれの型に属する種類を杭根性樹種，平根性樹種，心根性樹種とした。

また，HILF<sup>35)</sup> はこれらの根系の型と樹冠の集約の度合やその形態との間に高い相関関係があることを示唆した。

GOETHE<sup>27)</sup> <sup>28)</sup> は果樹の根系の性質を垂直的には深根性，浅根性の2つに分け，水平的には BÜSGEN の考えと同じように粗大根系 (extensive wurzelsystem)，細密根系 (intensive wurzelsystem) の2つの型に類型化している。

PULLING<sup>60)</sup> は主要林木の根系調査を行い，*Picea mariana*，*Picea glauca*，*Larix laricina*，*Betula papyrifera* は浅根性で *Pinus banksiana*，*Pinus strobus* および *Populus balsamifera* は深根性であることを明らかにした。

以上のように19世紀の末から20世紀のはじめにわたつて，根系の発達する部位や深さ，および分布のしかたなど，特に形態によつて根系の性質を典型的に把握しようとする研究が強く押し進められてきたが，その取り上げかたはきわめて定性的で漠然とした概念的な類型でしかなかつた。

\*1 ここでは主要樹種のみならず，根系の取扱いに対する考えかたを明らかにするために草本群落などの地下部の研究も一応取り上げた。

一方、FREIDENFELD (1902) は草本群落の研究から、生育地の土壌条件特に水分問題に重点を置いて、適潤な立地に発達する根系を中性植物根 (Mesophytenwurzel)、湿性の条件に適する植物の根系を水生植物根 (Hydrophytenwurzel)、直根が発達するものを抗根 (Pfahlwurzel) として区分し、これらの根系が以上のべた立地条件のみならず、形態の上でも明らかに相違があることを明らかにした。

ついで 1911 年 CANNON<sup>11)</sup> は砂漠地帯の草本群落の研究から、地上部だけでなく地下部の状態についても種類ごとに細かい調査を行い、草本群落の発達を研究していく上に大きな効果をおさめた。

この研究で CANNON<sup>11)</sup> は根系の形態を次の 3 つの型に類型化している。すなわち、a 型は土壌の深いところにも浅いところにも広く分布し、葉の表面蒸散量が大きく、落葉性のもの常緑性のものにも多くこの型が見られ、その代表的な種類は *Acacia*, *Celtis*, *Encelia*, *Lycium*, *Parkinsonia*, *Prosopis* の各属に多いことを明らかにした。また、b 型は直根が充分発達するような深い土壌に多く、*Condalia*, *Pe-niocereus*, *Ephedra*, *Kaerberlinia*, *Zizyphus* の各属に多いとし、c 型は土壌の浅いところで、サボテン類と *Jatropha*, *Krameria* の各属に多いことを述べている。その 3 つの型とは、

a 型: 直根と側根がきわめてよく発達する型 (tap and lateral root type)。

b 型: 直根が発達する型 (tap root type)。

c 型: 直根はあまり発達せず、側根がよく発達する型 (lateral root type)。

この CANNON<sup>11)</sup> や WEAVER<sup>109)</sup> など一連の人達の草原植生を主とする植物の地下部の研究は、地上部で理解できなかつた多くの問題を明らかにし、植物の地下部の研究の重要性を強く認識させるにいたつた。

わが国では吉岡<sup>114)</sup> は八甲田山のブナ林、アオモリトドマツ林、ハイマツ林、泥炭湿原、高山草原などの各種の群落を構成している種類のうち、草本と灌木 126 種類について、その地下器官の形態を細かく調査して記述し、その外部形態からこれらを 19 の型に分類して、立地や繁殖との関係を論及し、地下器官の形態が一般に遺伝的に固定した体制形質であることをのべている。また、これらの類型が或る程度群落の性質と相関関係があることをも明らかにした。

以上の研究と少し立場は異なるが、同様な観点から松室<sup>62)</sup>はヒバ林の主要林木と低木について調査を行つた。すなわち、稚樹についてその根の形態を a, b, c 型の 3 つに区分し、

a 型: 主根が一方に彎曲しているもの。

b 型: 直根がまつすぐに土壌中にはいつているもの。

c 型: 主根の分岐が多いもの。

として各樹種の根系の類型化をこころみたが、これらの型と環境との関係については特に触れていない。

つぎに佐伯<sup>65)</sup>は東北地方の森林群落の研究から、シダ類の根茎型が林地の指標として価値があることを認め、主として個体分離による繁殖のしかたの相違から、この地下部を次の 5 つに区分した。

I: 根茎が短く地平面に向つてほぼ直角または斜に伸長し、円錐型で基端はいずれか一方にかたよつて根茎全体はほぼ方形に彎曲するもの。

オシダ・ヤマニスワラビ・ツヤナシノデ・ヤマソテツ・ヘビノネコザ・シノブカグマ・ミヤマイタチシダ・トラノヲシダ・ジュウモンジシダ・オオバシヨリマ・キヨタキシダなど。

II: 根茎は前者よりも一般に長くて、地平面に対して斜行または平行していくぶん横走し根茎全体の形は長円錐形、時に長楕円形となる。

ミヤマベニシダ・リヨウメンシダ・ゼンマイ・シラネワラビ・イヌガンソクなど。

III: 根茎は短形, 地平面にはほぼ直角にはいることは I 型と同じであるが, 根茎部よりさらに新芽をだして地下部を横走する蔓状の根茎をだし, その先端にさらに新芽をだして繁殖するもの。

クサソテツなど。

IV: 根茎は長く地下部を横走分岐しながら, 茎葉を地上に散生するもの。

ヒメシダ・ハリガネワラビ・コウヤワラビ・ミゾシダ・オウレンシダ・シケシダ・ワラビ・クジャクシダなど。

V: 根部が単に直根と, 小数の支根とからなるもの。

フユノハナワラビなど。

以上の5つの型に分け, I・II型は林内陰地に多く, III型は繁殖力が強く, IV型は乾燥地に多いことを明らかにし, シダの根茎型と繁殖や立地との関係を述べた。

また沼田<sup>75)</sup>は草本群落の研究にあたって, 草本植物の地下器官が繁殖のしかたに大きな関係をもっていることを認め, この繁殖のしかたが群落の発達にきわめて密接に関係していることから根系型 (Radicoid type) を設け, 草本群落の量的な解析に効果を収めた。

最近, 堀川・矢野<sup>35)</sup>は草本群落の環境を測定する指標として, 沼田の繁殖型の他に深度型, 根域型, 形態型, 木化型の5つの類型を設け, これによつて根系を mass effect として客観的に抑えることに努力し, 海岸砂丘の草本群落を調査して, これらの群落の根系を8群に分類してこの根系群の変化が群落の推移や環境の変化と高い相関々係があることを明らかにした。

以上のように, 特に草本群落研究の立場から, その地下器官が地上部の群落の構造と密接な関係があることが量的にしだいに明らかにされてきた。

また, これらの類型が地下部の一種の生活形として取り上げられてきたことは注目すべきである。

別な立場から CANNON<sup>12)</sup> は根の分岐のしかたが土壤水分と深い関係があることを認め, 側根の分岐数を I~IV の6つの型に分け, I型は分岐が少なく一次根によつて特徴づけられ, 順次分岐数が多くなるにしたがつてII型・III型として根の型を決定した。そして, I型は水生植物に多く, 分岐数が多くなるにしたがつてその型のものが乾燥性の植物に多くなることを述べている。

また育種の面から, 佐藤敬二<sup>36)</sup>はマツ類の品種間の根系の相違を稚苗の根系の型によつて明らかにしようとした。

以上は植物の地下部を類型化することによつて, この型と各種の生物学的な関係を明らかにしてきた例であるが, 次に根の形態やその分布のしかたから, 直接土壤条件との関係を問題としたものには, 以下に述べるような研究があげられる。

HILF<sup>35)</sup> は粘土質土壤と砂質土壤に生育したトウヒ, プナ, マツの3種類の根とについて調査を行い, 立地の相違によつて, 根の分布に相違があることを明らかにした。根系の発達と土壤条件を指標している林床型について, 最もよい立地ではマツの根は分岐が多くて非常に広くまでのび, 一方, コケモモ類を主とする乾燥した礫地では平根の発達が悪く根系の長さが非常に短くなることを報告している。

HASIS<sup>31)</sup> も *Pinus ponderosa* について, 粘土質土壤では根が長くのびて分岐が少なく, ローム質土壤では短く, また, 火山礫地では細かく分岐することを観察した。

MÜNCH<sup>65)</sup> は砂地では粘重で緻密な土壤よりも根の発達がよく, 土壤の軽鬆の度合と肥料分の多さが特に根系の発達を左右していると述べている。同様な研究には LAITAKARI<sup>59)</sup> の Scotch pine についての

論文や、MOORE<sup>67)</sup>の報告がある。

わが国では、白沢<sup>93)</sup>はアカマツその他 15 種類を礫質の赤土、小礫の多い土壌、大礫の多い土壌および砂土に植栽して種類によつて根の発達の様子が異なることを観察した。

DENGLER<sup>21)</sup>は杭根性のマツ類が地下水の高い立地では杭根の発達がきわめて悪くなり、浅根性となることを報告している。これについて、兼次<sup>42)</sup>はアカマツの杭根の発達を調査して、DENGLER 同様な結果をだし、アカマツの根系が多型性を示すことを認めている。玉利<sup>99)</sup>もアカマツ・クロマツの根相の特性と環境による変化を細かく調査している。

この根系の型が土壌条件によつて変化することについて、渡辺<sup>105)</sup>はエゾマツ・トドマツの根系が立地の水分条件によつていろいろ変化し、適潤型、湿潤型、多湿型の 3 つの型になることを述べている。

以上のように根系の形態や分布の様子が種の遺伝的な性質のほかに土壌環境によつてもきわめて大きく変化することが具体的に明らかにされてくると、根系の形態や分布の変化を、種の遺伝的な性質と環境による適応の形に分けて考えることが困難になつてくる。

中島<sup>77)</sup>はスギ、ヒノキ林の根系の調査を行い、ヒノキの根系は比較的浅く分布し、平根の発達がいちじるしく、スギは分布が深く、垂下根は堅密な粘土質土壌を透して発達していることを述べ、また一般に表層土の乾涸したところや水の停滞する通気の悪いところでは根の発達がきわめて悪く、水分条件のよい傾斜地では発達がよいことを調査している。

このような種の中の根系の発達のしかたと、環境による変化とを同時に調べていつたものには山田<sup>113)</sup>の研究がある。山田は地形とスギ、ヒノキの根系の分布との関係を調べ、スギは深いところに分布し、ヒノキは浅いところに分布することを明らかにし、かつ地上部の成長との関係をみている。

本田・深井<sup>39)</sup>は土壌条件がクリの根系の発達に及ぼす影響について研究し、通気の悪い粘土質土壌では、根系の発達がきわめて悪く、山脚部の堆積した土壌層のところでは成長がよいことを明らかにした。

一方、土壌の層位と菌根による根系の分布のしかたとの関係については宮崎<sup>94)</sup>がスギ、ヒノキおよび数種類の樹木の根系調査を行い両者の間に大きな関係があることを論じている。

この他、RESSIN<sup>32)</sup>は *Pinno palustris* は稚樹の時代から杭根性で、ローム質土壌のやや乾いたところで最もよく成長することを認め、SCULLY, NORKET もカエデやナラの林で根系の分布が土壌条件ときわめて大きな相関があつたことを述べている。

次に第 3 番目の競合の問題について、

BÜSGEN<sup>9)</sup>は腐植の中に侵入する根の機能と、これらの根の干渉の関係を論じ、FRICKE<sup>23)</sup>の根系の競合に関する思想と相まつて、森林内での地下部の競合に対する関心を高めた。

この影響をうけて Hannover の Munden 林科大学では「粘土質土壌及び砂質土壌に生育したトウヒ、ブナ、カシワの水平根並びに垂直根の搾取」という課題が提出され論文の懸賞募集が行われた。これについて HILF<sup>35)</sup>は有名な論文である *Wurzelstudien an Waldbäumen* を書いている。

その後、この競合の問題は地上部での光に対する樹冠の競合の問題とともに非常に重要視され、林学では更新、間伐などの撫育の諸問題を解決するための一つの課題として研究が重ねられてきた。

すなわち、HEINRICH<sup>32)</sup>はカラマツ林内の更新で、カラマツの稚樹が林内に育たないのは光の関係よりも、高木の根系の水分吸収による極端な乾燥のためだとしている。

この問題と同様に SCHULTZ, LAUNCHBAUGH, BISWELL<sup>90)</sup>はイネ科の草本の密度と、この群落の中

に更新する稚樹の枯死率について調査し、草本の発達が密なところではその根が発達している深さまで極端な乾燥になり、このために多くの稚樹が枯死することを調査している。

トレンチ法を用いて林内の根系の競合を明らかにしたのものとしては、FABRICIUS<sup>22)</sup> が林内にトレンチを設定して、トレンチの枠外の根が枠内の水分および養分を吸収し得ない状態にして実験を行い、枠内の林木の成長量が増大したことを認め、これが根系による競合を緩和したためにおこつた現象であるとしている。

ついで TOUMEY<sup>10)</sup> も同様な実験を行い、枠内では土壌水分が増加し、林床植生が変化することを明らかにした。

また、STERIENS (1931) はこのような林内での根系の競合は樹冠が閉鎖する以前におこつていることを示唆した。

根系の発達のしかたに現われる競合の現象としては、PAVLYCHENKO・HARRINGTON<sup>78)</sup> は作物によって調査を行い、小麦の根の長さが、小麦と雑草の根の競合によつて、普通のものよりも短くなり、また、分布を制限されることを認めている。YOCUM (1937) もリンゴとトウモロコシの間で、トウモロコシの列の間にリンゴの苗木を植栽した場合、トウモロコシの列から 3.5 ft 離れたところで、リンゴの根は上層部に発達しているトウモロコシの根系の下部にのみ発達し、両種の根系の間に明らかな「すみわけ」が認められた。しかし、トウモロコシの根の影響をなくした場合、リンゴの根は以前には分布していなかつた上層部にも多く分布するようになった。このような現象は明らかに両種の根系の競合による結果だとのべている。

WEAVER & CLEMENTS<sup>17)</sup> は草本群落および作物の根の干渉を形態や分布の面から細かく観察して記述し、これらの競合の問題を理論づけている。その論文 Plant competition は有名である。

原<sup>30)</sup>も砂丘林での土壌水分の変化を調べ、この変化が直接林の競合に関係があることを明らかにした。

さきに LUNCZ<sup>59)</sup> は根の競合は平根に最も多く、垂直的にはあまりおこらないということを述べたが、原田<sup>29)</sup>はトドマツ、エゾマツの林で根系の量的な分布を調べ、競合が主として地表層に近い上層部でのみおこり、根系の競争としては平根で最もはげしいという LUNCZ の説を確かめている。また原田は根の癒合は競合の一つのあらわれであつて劣勢木が吸収した養分が優勢木に転流すると述べている。

以上根系の種類と、土壌との関係、競合の3つの問題について述べてきたが、これらの問題とは別に地上部の成長量と地下部の発達との関係について研究されてきたものが多いので、これについて2, 3述べると、林業では苗木でよく用いられる T・R 率の考えが果樹を主とする園芸関係では成木でよく用いられ、地上部と地下部の生体重が問題にされ、地上部の生長を促進させるために地下部の発達を促す方法が考えられてきた。

このような目的から根の量を測定したものとして、STEGELICH<sup>90)</sup>はリンゴ、ナシなど4種類の果樹について根部、主幹、枝条の重さの相互関係などを調べ、根部の重さの割合が地上部の重さと一定の関係があることを明らかにした。PICKERING<sup>75)</sup> は主な落葉性の果樹について樹体の全重量に対する根の重さの比率を測つて、リンゴは根の割合が 22.5%, ナシは 23.5% などの値をだしている。

その他、HEINICHE<sup>33)</sup> のリンゴの枝幹と根の発達の関係を明らかにした研究、OSKAMP<sup>77)</sup> のリンゴについて土壌条件を変えたとき、変化する地下部と地上部の関係についての研究などがある。

わが国では渡辺 (1933) のリンゴに関する研究、菊池・井口・井東<sup>51)</sup>のブドウ、木村<sup>52)</sup>のナシおよびカ

キに関する研究, その他, 平松・飛弾 (1939), 川口 (1939), 森田 (1939), 西村・岸本 (1946), 松本・鳥潟・二井内 (1946), 黒上・倉岡 (1949) などの報告があげられる。

林業関係では石原・松井<sup>42)</sup>のトドマツについての研究, 柴田<sup>92)</sup>の人工植栽地でのスギについて地上部と地下部の成長の関係を調べ, 両者の間に相違があることを明らかにした研究がある。

### Ⅲ 根系の記載上の言葉

BÜSGEN<sup>10)</sup> はナラ・ブナ・マツ・モミ・トウヒなどの高木の根系を調査したとき, これらの根系の発達する部分が, 樹種によつて異なることを認め, その部分の名称を杭根 (Pfahlwurzel), 平根 (Flachwurzel), 心根 (Herzwurzel) とした。すなわち, モミ, マツに見られる根株の直下に発達する棒状の根を杭根, トウヒのように地表浅く車軸状に広がる根を平根, ブナのように根株の周囲に多くの小・中径根が分岐し, 主として斜めに土壤中に侵入しているものを心根と名付けた。

BÜHLER (1918) も *Der Waldbau der Bewurzelung* の項で根系の形態にふれて, 杭根・心根・側根 (Trieb, oder Langwurzel), 吸収根 (Saug, oder Kurwurzel) という言葉を用いている。

そのうち, HILF<sup>35)</sup> はトウヒ・ブナ・マツの根系を調べて, 根が地上部の成長のために果していると考えられる役割から, 根株を中心として円板状に拡がっている根で, 根株に近い太いものを樹体を支える働きをしていると考え, この根を支持根 (Stützwurzel), これにつづいている細い紐状の根を曳引根 (Zugwurzel), 地表部の腐植の多いところに侵入しているものを腐植根 (Humuswurzel), この根に附着して水分や養分を吸収している小根を腐植吸収根 (Humussaugwurzel) とした。

また, マツ類に見られる支持根から二次的に発達している杭根状の根を副杭根 (Nebenpfahlwurzel) と呼んでいる。

草本植物では CANNON<sup>11)</sup> は沙漠の草原の植物の根系を記載した中で, 杭根・直根 (tap root), 側根 (lateral root), 主根 (main root) などの言葉を用いて根の部分の説明している。

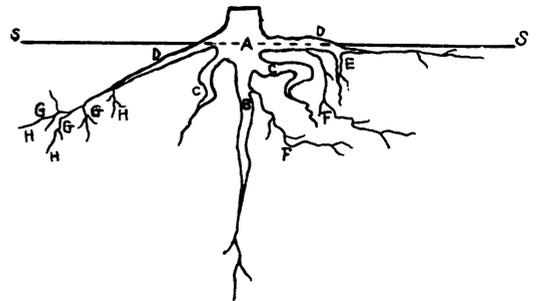
また, WEAVER<sup>108)</sup> も同様な言葉で小低木以下の根系を記述しているが, この言葉に対する明瞭な定義はされていない。

MÜNCH<sup>65)</sup>, DENGLER<sup>21)</sup> などは大体 BÜSGEN<sup>9)</sup> の定義にしたがつて根系の形態的な分類をしている。

わが国では明永<sup>2)</sup>, 植村 (1932), 宮崎<sup>63)</sup> 兼次<sup>49)</sup>, 石原・松井<sup>24)</sup> などは BÜSGEN の分け方を改良した HILF の分類によつて根系の記述をしている。

兼次<sup>49)</sup>はアカマツ(南部松)の根系の調査で, 支持根からでる太い垂下根を副直根 (Anker, oder Abläuter) と呼び宮崎はこれと同じもので傾斜面の下方に垂下しているものを錨根と

し, 錨根以外の垂直的根系を垂下根と名付けて錨根と区別している。



A: 根株 B: 杭根 C: 心根 D: 平根 E: 垂下根  
F: 紐根 G: 鬚根 H: 白根(吸収根) S-S: 土壤表面  
A: stump B: tap root C: heart root D: flat root  
E: pendant root F: cord root G: hair root  
H: absorbing root S-S: surface of soil

Fig. 1 スギ・ヒノキ・マツの根の模型(中島<sup>72)</sup>より)  
A model root mixed with the root of *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtusa* and *Pinus densiflora*.

以上のような根の名称はこの適用に際して非常に主観的になりやすく、また同じ根に形態による名称や、生理的な役割りによる名称など数種類の言葉が与えられ、根系の説明に混乱をまねくことが多かつた。

中島<sup>72)</sup>は主として HILF の分け方によつて、この名称を統一するためにスギ、ヒノキ、マツの根の発達のかたを抽象化して Fig. 1 のように根系を根株・主根・副根・細根の 4 つに大別し、主根を枕根・心根・平根の 3 つに、副根を垂下根・紐根の 2 つに、細根を鬚根と白根の 2 つに分類してそのおののについて細かく定義をした。

しかし、この分けかたは太い根を主とした分けかたで、複雑に交錯している小中径根、あるいは枕根の深いところから分岐している水平に横走する太い根など、この定義にあてはめて一つ一つの根に名称を与えて説明してゆくことはきわめてむずかしい。

また、平根や心根などの言葉は根株の周辺に平板状に拡がっているもの、あるいは根株の周囲に塊状に分岐しているものなどの根系の全体的な形態をあらわす意味、すなわち、複数としての根系の意味に用いられていることもあり、各樹種の根の記述をしてゆく場合、このような言葉はまぎれを生じやすいと考える。

吸収根のように、その性質がかなり明らかな名称はいいとしても、いまだ明らかでない根の機能を考へて、この機能に応じた名称を与えることは上述の場合と同様に混乱をおこしやすい。

そこで、この研究では個々の根系の記載については、どの根でも単に発達している方向から、水平に横走するものを水平根 (Horizontal root)、垂下しているものを垂下根 (Pendent root)、斜めに走っているものを斜出根 (Oblique root) として用い、変化の多い個々の根系をあまり明らかでない生理的な機能や形態などで厳格に定義づけないことにした。

しかし、水平根・垂下根・斜出根という言葉は方向性をあらわす名称であつて、その太さはわからない。そこで、これらの言葉と一緒に太さによる単位を用いて、なるべく明瞭に根の状態を記述できるようにした。

この根の太さによる分類法は高木を取り扱わない果樹園芸関係では主として重量による測定をおこなうために、従来から多く用いられてきた。すなわち、大塚<sup>73)</sup>は直径 0.5 cm 未満を細根、0.5~1.0 cm を中根、1.0 cm 以上を大根として区分しており、一般にいままで果樹を対象とする調査ではこの分け方が多く用いられてきた。

本多<sup>39)</sup>はクリの根の調査で直径 0.5 cm 以下を細根、0.5~1.0 cm を中根、1.0~2.0 cm を大根、2.0 cm 以上を特大根として区分している。

また、国有林野土壌調査法<sup>53)</sup>では直径 0.2 cm 以下を細根、0.2~2.0 cm を中根、0.2 cm 以上を大根としている。

そこで、調査した樹令 30~50 年生の高木数 10 本についてその径級別本数分配関係を調べた結果、その代表的なものを直径の順に配列すると Table 4 のようになり、直径 0.2~2.0 cm の間の本数が他の径級に比較してきわめて多く、また、よく観察すると、この直径の範囲内には根の分岐次数の異なるものが多く含まれる傾向があることが分つたので、直径 0.2~2.0 cm の間を再区分して、直径 0.2 cm 以下を細根、0.2~0.5 cm を小径根、0.5~2.0 cm を中径根、2 cm 以上を大径根と区分し、直径 0.2 cm 以上の根を細根に対して太根と呼ぶことにした。

また、さきに述べたように WEAVER<sup>108)</sup> や CANNON<sup>11)</sup> がよく用いた直根・側根・主根という言葉は稚樹や草本などの根を記述するのに用いられ、高木の枕根とか平根とかに対比される言葉であり、高木と全く異なつた根系の草本や稚樹ではかなりその根の状態に適した言葉であると考えたので、稚樹の根系を

記述する場合に限つて、直根・側根という言葉を用いることにした。

#### Ⅳ 調査方法

いままで、高木の根系を量的に取り扱うことがきわめて困難であり、特に定性的な観察が重要視されてきたために、形態を主とした調査方法が用いられてきたことはさきに述べたが、いま、その代表的なものとして HILF<sup>35)</sup> が用いた方法をあげると、

まず標準木を選んで、その周囲の植生・樹令・樹高・直径・樹冠の拡がりなどを調べたのち、方眼紙上に標準木の位置を記入して片方の側から根を掘り出してその順序に番号をつけて図示し、この根の主な分根数・深さ・長さ・太さ・土壌との関係などを記載したのち、形態を細かく写生する方法を用いた。

このような方法は、根系の全体を形態の面から把握し、単に現象を観察するためには便利であるが、高木の根系を林地で、根の全量を切断しないように完全に掘り出すことは技術的にも、また経済的にもきわめて困難な仕事である。このために、この方法は特別な場合を除いては一般的にはあまり用いられなかつた。また、根系の調査とはきわめて大変な仕事のように考えられてきた。

しかし、この露出法も草本植生の地下部の研究や、低木類、稚苗などでは個体が小さく、取扱いが便利で、調査しやすいためによく用いられている。

WEAVER<sup>107)108)</sup> はこの露出法を改良して、草原の植生の地下部を調べるためにトレンチ法と、これに類似の方法であるコドラートバイセクト法を用いて地上部の状態に対比した根系の調査に効果を収めた。

このトレンチ法は根系を切断しないように丁寧に掘り出すために考案された方法で、調査する植物の近くに深い溝を掘つて、この一方の側から土を落して目的の植物の根系を完全に掘り取る方法である。

この調査には根系の掘り取りとともに自然状態における根の成長や発達の状態が記述され、これによつて掘り取られた根系はもとの形態に復原され、形態が図示された。

コドラートバイセクト法は、いわゆる地下部のライントランセクト法であつて、WEAVER<sup>109)</sup> がよく用いた方法は巾 2~3 ft, 長さ 6~10 ft, のトレンチを地上部で植生調査を行うために設けたコドラートの内部に設定して、トレンチの断面に現われた根の断面の分布状態を種類ごとに記入して、分布図をつくり、地上部の群落構造とともに地下部の構造をもあわせて考察しようとした。しかし、この方法もトレンチを設定する位置によつて同一コドラート内でも根の分布状態が著しく異なり、地上部の植生との関係が正しく理解できなかつたために、コドラート内の植生に対する地下部の状態をあらわすための一例としか用いられず、結果は定性的な記述に終つている。

その後、前者のトレンチ法は草本群落調査の進展とともにいろいろ改良を加えられ、簡便法が考案された。すなわち、STOECHLER・KLUENDER (1938), THARP・CORNELIUS・MÜLLER (1940) などはトレンチの断面を水で洗つて根系をいためないように露出させる水洗法について報告しているが、これらの水洗法も設備の割合には効果があがらなかつた。

しかし、規模の小さい作物や草本群落の研究には soil-block washing method がよく用いられ、その改良法として、根系を垂直的に、土壌とともに一定の厚味の板状に切り取り、これを水洗して根系をその分布していた状態のまま板に貼りつけ、自然状態の形態や各層別の重さなどを調べるためのモノリス法が特に作物の実験を行う、農業関係ではよく用いられており、現在ではこの方法によつて作物の根の量を測ることができるようになった<sup>3)</sup>。

PAVLYCHENKO<sup>78)</sup>, TURNER<sup>102)</sup> は以上に述べたトレンチ法を改良して、少ない経費で、かつ、量的に意味のある調査を行うために、新しい方法を考えた。すなわち、トレンチの断面に針金をひいて小さなコドラートを作り、このコドラートごとに根を測定する方法であつて、この方法で TURNER は *Pinus echinata* の林について標準木の根元から 3 ft のところに長さ 4 ft のトレンチを掘り、そのトレンチの断面に現われた根の断面の太さと分布を調べ、深さ別の本数分布や一定の深さに含まれている根の断面積合計を用いて土壌との関係を述べている。

ついで HAVIS (1938) も 10~12 年生の peach tree の根の分布のしかたを研究する方法として、樹幹から 4 ft 離れたところに長さ 12 ft、巾 2.5 ft、深さは根が断面に現われなくなるまでの深さにトレンチを掘り、この断面に 1 ft ごとに針金をひき、この区割のなかの断面に現われた根を直径別に 0~0.1 cm, 0.3~0.5 cm, 0.5~1 cm, 1~2 cm, 2~3 cm, 3~4 cm, 4 cm 以上の 7 段階に区分して調査をしている。

また、最近 YEATMAN<sup>119)</sup> は日本カラマツ、Scots pine, Sitoka Spruce, Logepole pine などの人工林で、林分の地下部の構造を知るために、コドラートの中央線が主林木の数本に接する位置に、長さ 15 ft 巾 2 ft のトレンチを設け、この断面を 1 ft ごとに針金で区割して、その中に現われる根の直径を測定し、立地や樹種による根の分布の相違を明らかにしている。

山田<sup>113)</sup> も同様な方法を用い、土壌断面に現われた根の深さによる本数分布や、断面積の分布のしかたの相違によつて地形や樹種による根系の差があることを明らかにしている。

以上の方法は高木の根系を対象とする調査では比較的簡便に、かつ小額の経費で量的に概略の根の分布を知ることができる。しかし、特に垂直的な分布状態はほぼ明らかにすることはできるが、根系の水平的な広がりを明らかにすることはむずかしく、かつ、断面のとりかたによつて多少根の分布が変化する欠点がある。

しかし、これらの欠点は根株からの距離を一定にし、トレンチの長さを長くすることによつて或程度補うことができる。

果樹の根系の研究では主として重さによる測定結果が重要視されたために、OSKANP & BOGERS (1932)、大塚<sup>76)</sup>・菊池<sup>51)</sup>・木村<sup>52)</sup>などは調査木を中心として一定の範囲内に分布している根を重さによつて測定する方法を常に使用している。

この方法について、いま、最も新しい木村の報告をあげると、木村はナシの根系調査で、根株から水平距離が 1 m, 2 m, 3 m と 1 m おきに同心円を区割し、垂直的には地表から 30 cm ごとに掘り起し、節にかけて根を断片的に採集して、根幹、大根、中根、小根、細根に分けて秤量している。

おおよそ、以上に述べたような方法が一般に用いられてきたが、なるべく根系を量的に類型化することを目的としたこの調査では、筆者は精度はやや落ちるが、比較的容易に調査ができて、かつ量的表現のできるトレンチ断面の根の直径と本数を測る方法を用いることにした。

予備調査としてクスギ・モミ・ケヤキ・サワラ・ツガ・カツラなど数本ずつトレンチを掘つて調べ、似た土壌条件では同じ樹種内においては根系の形態や分布のしかたが類似していることを確かめたのち、まず、地上部の成長が正常な標本木を選定して、樹高・樹令・胸高直径などを調べ、根株から 50 cm 離れたところに長さ 2 m、巾 1 m、深さは根が現われなくなるまでの深さにトレンチを設定し、このトレンチの両断面に 10 cm<sup>2</sup> の小コドラートをつくり、このコドラートごとにドライバーで 0.5~1.0 cm の厚さに土壌を落しながら、直径 0.2 cm 以上の太さの根とそれ以下の太さの細根の多さを測定した。この 10 cm<sup>2</sup> のコドラート

は HAVIS や YEATMAN が行つたように長い針金をひくことはむずかしいので、トレンチ断面の片方から群落の調査に用いるコドラートを縦に使用する形で、コドラートを順次移動させて測定した(Phot. 19)。

10×10 cm の小コドラートを用いたのは、なるべく根の分布の位置を確実にするためと、調査に際して 40~50 年生の樹木では根株から 50 cm も離れると直径 10cm 以上の根はあまりないので、この 10×10 cm のコドラートを用いることにした(この根株から 50 cm のところの断面を A 断面という)。

また、根株から 150 cm 離れたトレンチ断面 (B 断面という) の根の本数分布も同様な方法で測定し、距離による根の本数の減少のしかた、拡がりなどを推定する資料とした。

トレンチの長さは 2 m を基準にし、これによつて各樹種ごとの比較を行つたが、これはクスギ・モミ林の長さ 10 m のトレンチでの調査で、樹令 30~50 年、直径 30~40 cm の樹木では根株から 50 cm 離れたところで、2m のトレンチを掘るとその 80~90% の根がこの断面に現われることがわかつたためである。トレンチの巾を 1 m としたのは作業の能率から、巾が 1 m 以上で深さが 1 m 以上のトレンチを掘ることは作業がきわめて困難であり、またトレンチの巾を 1 m 以上にすると掘り上げる土の量が多くなるので 1 m にした。

作業にはヘラ、シャベル、ノコギリ、剪定鋏などを用い、直径 0.2 cm 以上の根の直径はノギスで測つた。

断面における太根数の分布(以下直径 0.2 cm 以上の根を太根という)と細根(直径 0.2 cm 以下の細い根を細根という)の分布は明らかに位置的にずれがあり、特に吸収根を多く含んで直接地下部の生理的な役割を果している細根については、特にその分布を明らかにする必要があると考えられた。しかし、細根の多さを直接に本数とか重さで表わすこと

はきわめてむずかしいので、多少主観的にはなるが、10 cm<sup>2</sup> のコドラートを対象にして、地上部の群落調査の際用いる被度値や優占度を表わすのと同じ方法で Table 1 の規準によつて細根の多さを 6 つの段階に分けて測定した。この場合、断面に現われた直径 0.2 cm 以上の主な根のみをノギスで測定し、これから分岐したものは細根として測定したので太根数は見かけよりは少なくあらわされている。

つぎに、断面における根の分布の傾向を確かめ、根の全体の形をとらえ、また、地下部における根のいろいろな現象を観察するためにトレンチの A 断面から根株の真下までの土壌を細長いドライバーとスコップを用いて根を切らないように注意して落し、露出した半面の根系の形態を方眼紙に図示し、あわせて写真をとつた。

根系の形態を図示する場合、立体的なすべての本数は描ききれないので、根の特徴をとらえて主な根についてのみ描写することにした。

つぎに、特に発達している根の部分、表皮の色、分岐のしかた、癒合、偏厚、土壌と根の発達の関係、最大深さなど各種の事項についての観察を記述した。

以上の方法は立木を伐倒することなく、かつ、自然のままの状態で調べることができるので調査にはき

Table 1. 細根の多さのあらわしかた  
Density of fine root.

細根の多さ Index of fine roots	Frequency
5	細根が 10 cm <sup>2</sup> の小コドラートの面積の 80~100% にわたつて多く分布している。 Fine root are distributed on the area of 80~100% of a 10×10 cm quadrat.
4	60~80%
3	40~60%
2	20~40%
1	+~20%
+	点在している Only a few fine root

わめて便利である。

土壌は森林土壌調査法<sup>53)</sup>にしたがつて、断面についてできるかぎり細かく記述した。根の分岐角度、射入角度などはクリノメーターを用いて測定し、吸収根の太さは深さ 20 cm 付近の吸収根について先端部から少し離れた太さが一定になつたところの直径を数個について測定し、平均して吸収根の太さとした。

記載のなかに垂下根や斜出根の太さとして、測定した深さを書いてないものはいずれも根株のところにおける直径である。

### Ⅴ 土 壤

調査地で根系の発達しているのは関東ローム層の部分であつて、一般に地下水の高さは地表から 2~3m の深さにあり、土壌の堆積状態も場所によつて多少異なるが、調査地のなかで大面積にあるものは上部地表部に深さ 40~50 cm に黒色の関東火山灰土が堆積し、その下にいわゆる赤土と呼ばれる赤色の火山灰土が深くまで発達している。この関東ローム層は広く関東一帯に分布し、深さ 0.5~8 m に達し、上部更新世の砂礫層または成田層を覆つて粘土層の上に不整合にのつている地層である。

土壌断面の状態は各トレンチごとに調査し、細かく記載したが、これらの調査地域内には黒土の浅いと

ところと深いところがあり、また参考として調査した低地で地下水が非常に高いところがあるので調査地を黒土の深さによつて3区に分け、黒土の比較的浅いものをⅠ区、黒土の深いものをⅡ区、地下水の高いものをⅢ区とした。いま、おのこの区に属しているトレンチを樹種別にあげると次のようになる。

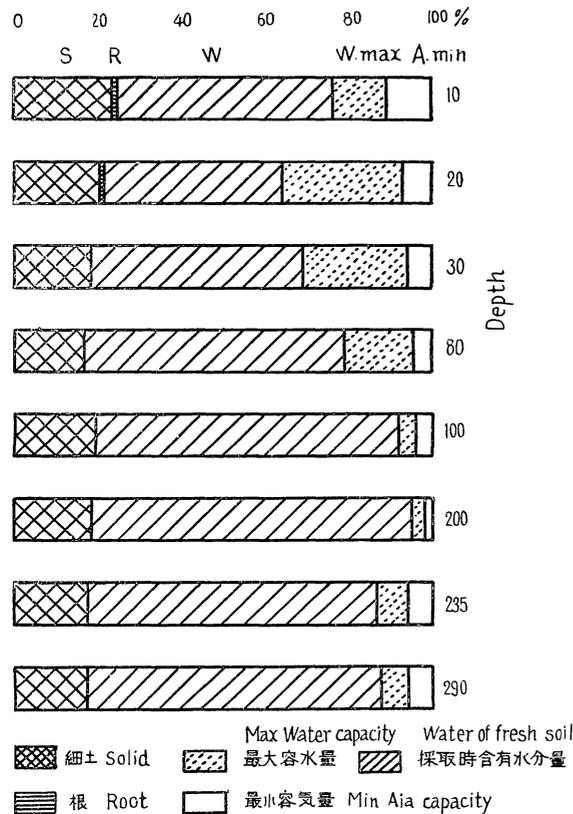


Fig. 2A 土壌の容積比 (Ⅰ地区, 3カ所平均)  
Relation contents of solid, water, and air  
on the plot. (average 3 plots)

Ⅰ区: アカマツ, クロマツ, ヒメコマツ, テーダマツ, ダイオウマツ, リギダマツ, ストロブマツ, スギ, ラクウシヨウ, オウシウトウヒ, ツガ, ヒノキ, サワラ, シラカシ, ウラジロガシ, イチイガシ, イヌシデ, ブナ, イヌブナ, イヌザクラ, クスノキ, イイギリ, コブシ, ノグルミ, ハクウンボク, アカメガシワ, ヤマハンノキ, ホオノキ, トチ, カツラ, エンジュ, ケヤキ, トネリコ, アベマキ, クリ。

Ⅱ区: モミ, スダジイ, マテバシイ, キリ, ハリギリ, アオギリ, ムクノキ, オニグルミ, ミヅキ, アメリカウラジロ

トネリコ, クヌギ, コナラ。

III区: エノキ, ハンノキ。

調査木の大半はI地区にあり, II地区についてシラカシ, ケヤキなどについてその根の形態や分布を予備的に調査したところ, また土壤の物理的性質なども検討したところ, この研究の目的とする程度の類型においては両区の種類を総合して考えてもよいことがわかつたので, I, II区の種類について類型化を行い, III区の調査は参考として取り上げた。

根系の調査を行つたトレンチごとに土壤の記載をすればよいが, 同じような断面が多く, 単調で重複することが多いので, 一括して各区の代表的なものについて記述することにした。

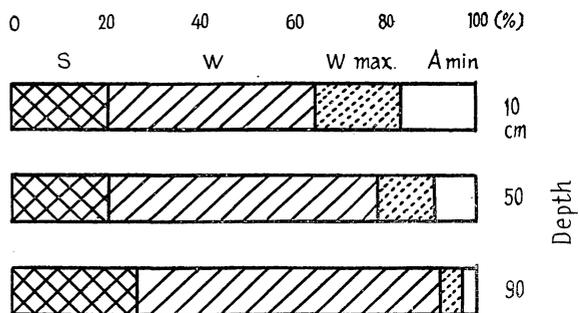


Fig. 2B 土壤の容積比 (III地区, 2カ所平均)  
Relation contents of solid, water and air on the plot. (average value of two plots)

I区: 黒土の浅いところ

- |  |   |
|--|---|
| $A_0$ : 2~3 cm, 粗腐植と落葉の層。                            | なる, 湿, 黄橙色。                                     |
| $I_A$ : 20~30 cm, 腐植に富む, 石礫を含まず, 埴土, 鬆, 湿, 黒色。       | $II_C$ : 30~40 cm, 腐植なし, 石礫を含まず, 埴土, 堅, 黄橙色, 湿。 |
| $I_B$ : 20~30 cm, 腐植を含む, 石礫を含まず, 埴土, 軟, 湿, 灰黒色。      | $II_D$ : 20~30 cm, 腐植なし, 石礫を含まず, 埴土, 灰黄色, 多湿。   |
| $II_A$ : 20~30 cm, 腐植に乏しい, 石礫を含まず, 埴土, 堅, 湿, 濁, 黄橙色。 | III: 3~5 cm, 酸化鉄の集積層, 非常に固い。                    |
| $II_B$ : 60~80 cm, 腐植なし, 石礫を含まず, 埴土, 固結, 非常に固く壁状に    | IV: 以下 黄灰白色, 埴土, 腐植なし, 過湿, グライ化している。            |

II区: 黒土の深いところ

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| $A_0$ : 2~3 cm, 粗腐植と落葉の層。                      | 固結。                            |
| $I_A$ : 20~30 cm, 腐植に富む, 石礫を含まず, 埴土, 鬆, 湿, 黒色。 | $II_A$ : 10~20 cm, 埴土, 軟, 黄橙色。 |
| $I_B$ : 20~30 cm, 腐植を含む, 石礫を含まず, 埴土, 軟, 湿, 黒色。 | $II_B$ : 10~15 cm, 多湿, 灰黄色。    |
| $I_C$ : 20~30 cm, 堅, 湿, 黒色。                    | III: 2~3 cm, 酸化鉄の集積層, 非常に固い。   |
| $I_D$ : 90~100 cm, 腐植, 石礫を含まず, 埴土,             | IV: 以上 過湿, グライ化している, 黄灰白色。     |

III区: 地下水の高いところ

- |   |  |
|---|--|
| $A_0$ : 1~2 cm, 粗腐植と落葉の層。                   | $I_C$ : 20~30 cm, 腐植を含む, 軟, 過湿, 埴土, 黒色。  |
| $I_A$ : 15~20 cm, 腐植に富む, 石礫を含まず, 湿, 埴土, 黒色。 | III: 10~15 cm, 緑灰白色, 石礫を含む, 酸化鉄の集積層, 堅固。 |
| $I_B$ : 60~70 cm, 腐植を含む, 軟, 湿, 埴土, 黒色。      | G: グライ層。                                 |

また土壤採取円筒内での孔隙量, 最大容水量, 最小容気量などを全容積に対する割合で示すと Fig. 2 のようになる。

### VI 根系の形態と分布の記載

#### (1) *Abies firma* SIEB. et ZUCC. モミ

調査木は樹高 14 m, 胸高直径 28 cm, 樹令 36 年 (Profile, Fig. 3, Phot. 1・2・3)。

根の表皮は赤褐色, 薄く, 樹皮のように厚いコルク層は発達しない。小さな鱗片状に剥げ落ちる。

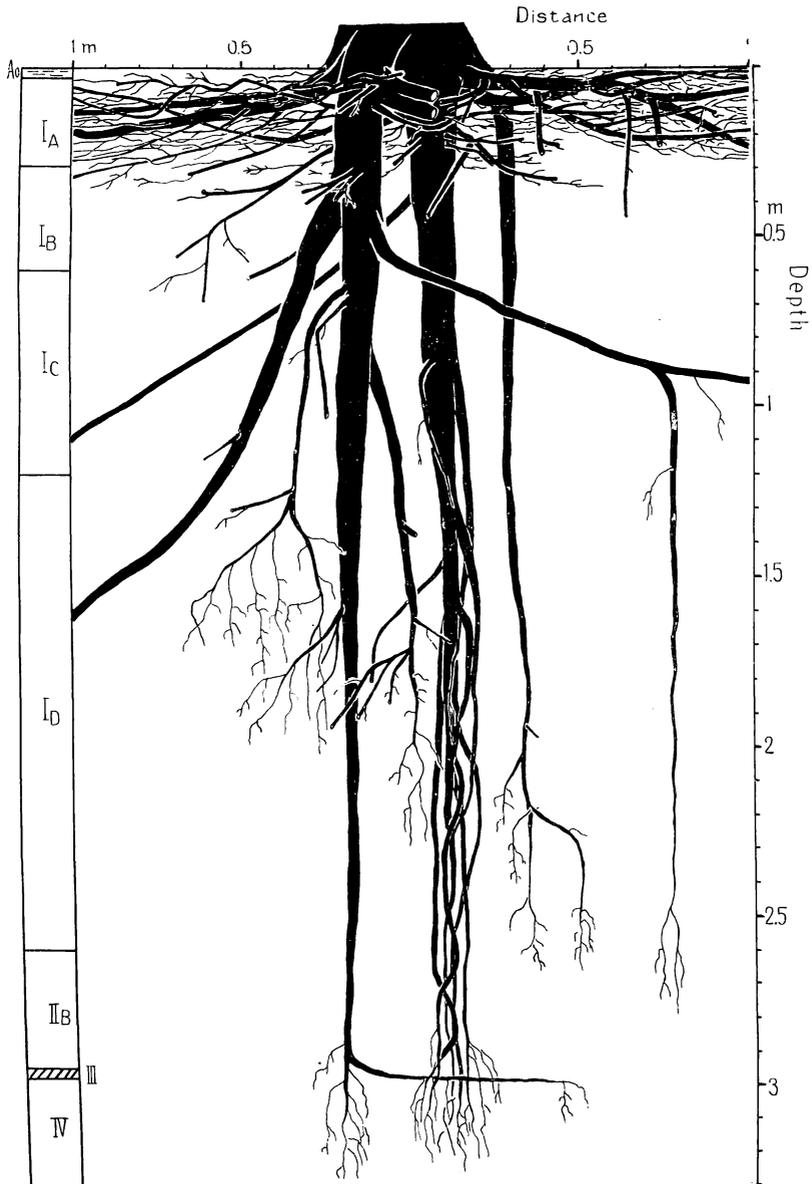
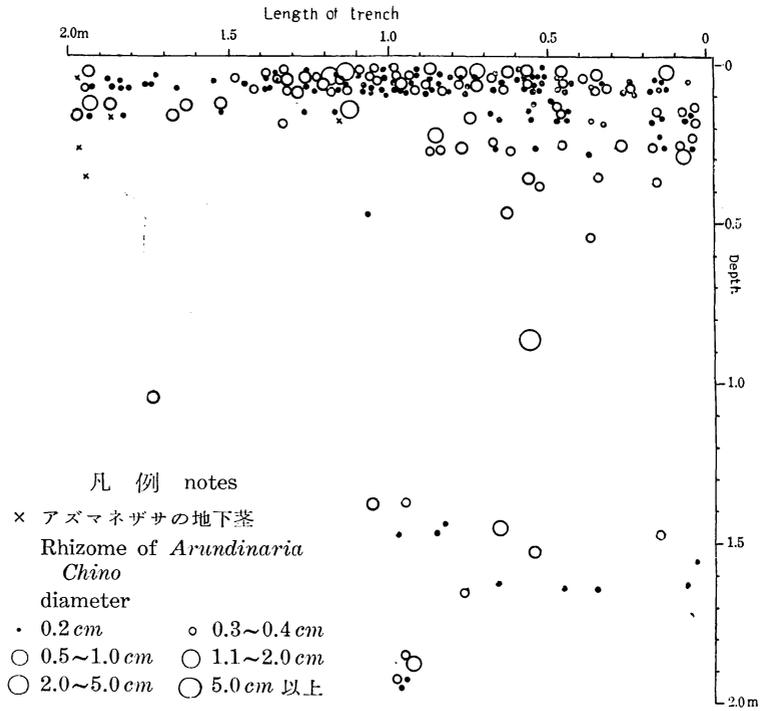


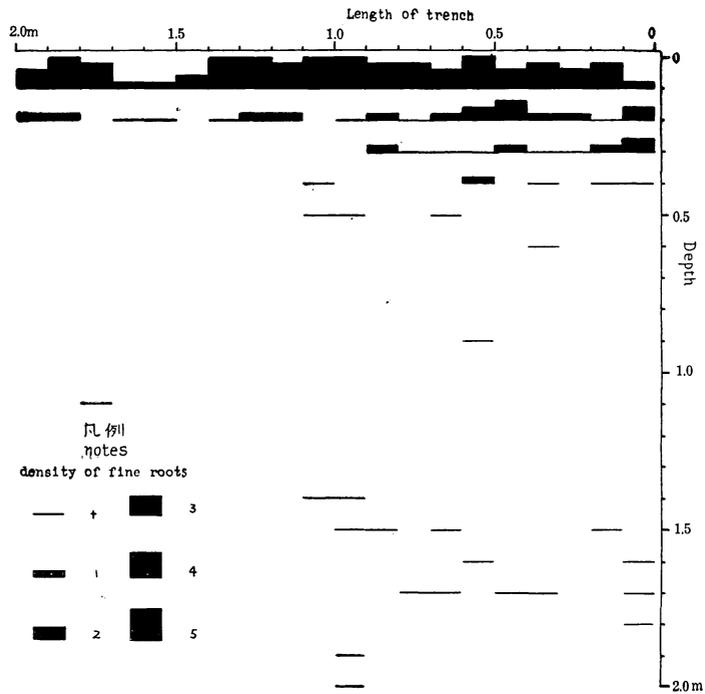
Fig. 3 モミの根系

Root system of *Abies firma*. (H. 14 m, D. B. H. 28 cm, 36 years.)

Long and large pendent roots are developed into Gley soil through the compact soil depth 150~200 cm.



Profile 1. モミの太根の分布      Root distribution of *Abies firma*.



Profile 1. モミの細根の分布      Fine root distribution of *Abies firma*.

この根系は上層部を覆つて広く分布する水平根と根株から直接垂下する数本の太い垂下根によつて特徴づけられる。

根株から 2 本の太い垂下根が発達する。この垂下根は Fig. 3 のように通直で、棒状に垂下して、最大深さ 330 cm に達する。

いま、この太い垂下根について深さ別にその直径を測定してみると次の表のようになり、深さ 100 cm までは急に直径が減少する傾向にあるが、これ以上深くなると直径はあまり減少せず、鞭状に発達することが多い。

太い垂下根の直径と深さとの関係  
The relation between the depth and diameter of a big pendent root.

深 さ (cm) Depth	30	50	80	100	150	200	300
直 径 (cm) Diameter	14	8	6	3	2	1.5	1

つぎに、垂下根の分岐のしかたを見ると、深さ 100 cm で 6 本、150 cm で 8 本、200 cm で 9 本と順次深くなるにしたがつて分岐数がしだいに多くなる。また、深さ 50~100 cm の比較的土壌が軟かなどころでは分岐数がきわめて少ないが、それ以上の深さの固い土壌層では分岐が増加する傾向が見られる。垂下根から分岐した直径 2~3 cm の鞭状の根は Fig. 3 のように互にからみ合つて束状になつて垂下し、深さ 250 cm 付近では癒合が数カ所見られた。また、この深部のものは小さな屈曲が多く、その太さも変化があり、細いところと太い部分ができる。垂下根の先端部は直径 0.3~0.4 cm 程度の数本の細い根に分岐して終つてゐるが、一部は地下水の上部に拡がつている盤鉄の層に沿つて横走り、一部は盤鉄の層を透して下のグライ土壌に侵入している。

以上の太い垂下根の他に、斜出根や水平根から発達する垂下根があるが、いずれも棒状で分岐は少ない。

また、深さ 50 cm 以上の深さで、垂下根や斜出根から分岐する根は垂直に垂れ下つて、垂下根となる場合が多い。これらの垂下根は特に根株の周辺に多く集まる傾向が認められた。

斜出根は垂下根の上部から出るものが多く、ロープ状に斜に長くのびている。これらの斜出根も垂下根と同様に分岐はきわめて少ない。

上層部の根株に近い斜出根は上部に彎曲して先端部は水平根となる場合が多い。その彎曲する深さは 40~50 cm であつて、これ以上の深さでは上方に彎曲するものは認められない。水平根は数本の太いものと、これから分岐する直径 2~3 cm 程度の細長いロープ状の根によつて特徴づけられる。根株の近くで分岐したロープ状の水平根は上層部を波状に横走して遠くに達する。また、この水平根から分岐した小径根

径 級 別 本 数 分 配 表  
The relation between number of roots and diameter.

直 径 (cm) Diameter	小 径 根 Small size				中 径 根 Medium size			大 径 根 Large size		計 Total
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0~10.0	10.0<	
本 数 Number of roots	113	44	9	5	16	8	3	1		199
%	57	22	5	3	8	4	2	1		102

は網目状に根株の周辺を覆い、浅い根の層をなしている。水平根の分岐角度は  $35^{\circ}\sim 40^{\circ}$  で掌状、かつ直線的に分岐することが多い (Phot. 2)。

断面での太根の本数は 196本で、そのうち小径根が 87%、中径根 12%、大径根 3% であつた。

この小・中・大径根とも分布が上層部に偏っている。

つぎに、太根の総本数の深さによる減少のしかたを見ると、最大分布層は 0~10cm で 61% で、太根数の半数以上が深さ 0~10cm の間に認められた。また、深さ 0~30cm には 86% で、太根数の大部分が深さ 0~30cm の間に集まつていることがわかつた。深さ 40cm から急に減少して 2% 以下になるが、深さ 150~200cm においても 7% の分布が見られ、深根性としての特徴が明らかである。最大分布深さは 200cm であつた。

深さ別太根, 細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	計 Total
	本数 Number of roots	120	34	16	4	2	1			1		8	13	
太根 Big root	%	61	17	8	2	1	1			1		4	7	102
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	71	15	5	1									92
	%	77	16	5	1									99

次に細根の多さの指数合計は 92 で、その 77% が深さ 0~10cm の間にあり、93% が深さ 0~20cm の間に分布していた。

以上のように深根性で、太くて長い垂下根が発達するにかかわらず、太根数、細根の指数ともに深部に少なく、上層部、特に深さ 0~10cm の間に顕著な傾向が見られた。このような傾向は 2, 3 の補助的な調査からかなり一般的な性質であることがわかつた。

太根と細根の頻度は、それらの分布のしかたと同様に深さ 0~10cm は 100%, 10~20cm は 85% であるが、深さ 30cm 以下では急に少なくなつている。また、その現われかたも部分的で全く根が現われないう層もある (Profile 1)。断面に根が分布する最大の深さは 200cm であつた。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
頻度 Frequency (%)	100	85	45	20	15	5			5	5				10	20	10	25	5	5	5

B 断面での太根数は 98 本で、A 断面の 49% であつた。これを深さ別に見ると、深さ 0~10cm に 62%、0~30cm に 81% があり、A 断面とともに上層部での分布がきわめて大きいことがわかつた。その直径別の分布は小径根が 89%、中径根が 11% で、A 断面よりも小径根の割合がわずかに多い。

(2) *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC. アカマツ

調査木は樹高 14 m, 胸高直径 26 cm, 樹令 45 年 (Profiles 2, Fig. 4, Phot. 4)。

根の表皮は赤褐色で, 樹皮のように厚いコルク層は発達しない。薄い小さな鱗片状になつて剥げ落ちる。

この根系はモミと同様に根株から太い棒状の垂下根が発達する代表的な種類である。すなわち, 根株から深さ 20 cm のところで, 直径が 20 cm の太い垂下根が発達して最大深さ 290 cm に達している。この垂下根はさきに述べたように太い棒状で, 部分的に細い紐状の中径根が分岐する以外には分岐はきわめて少なく, したがつて通直である。

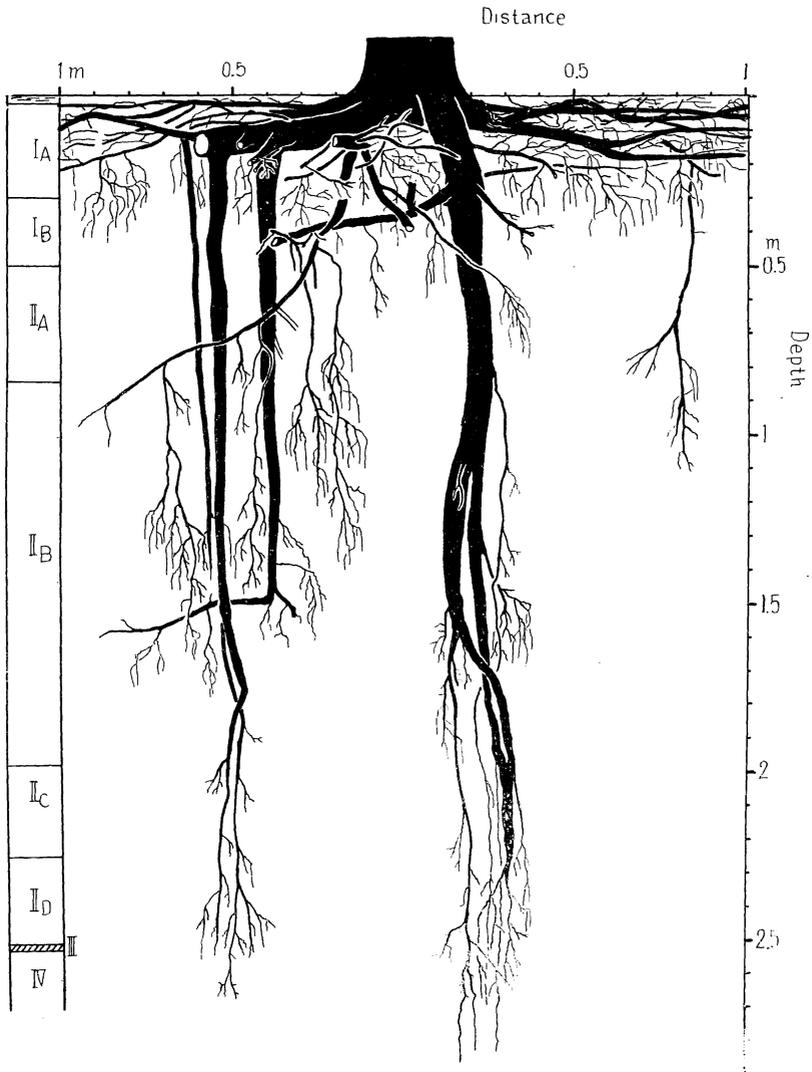
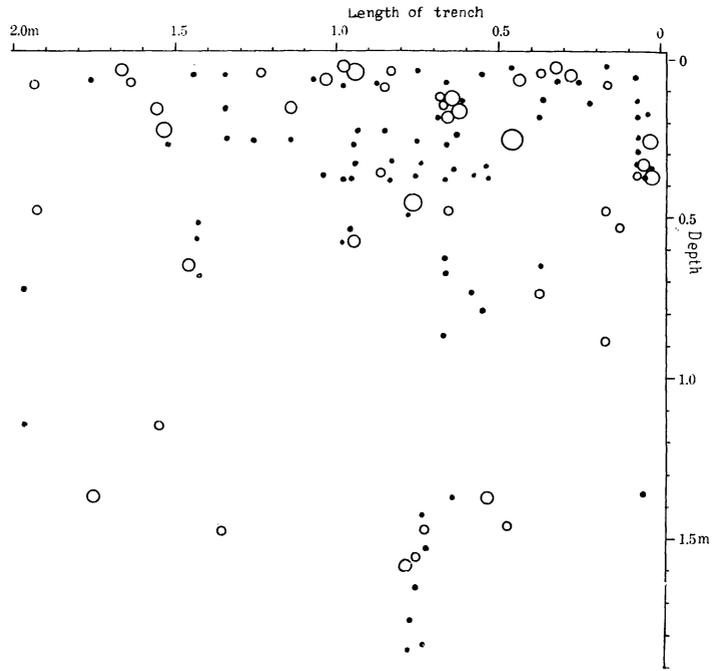
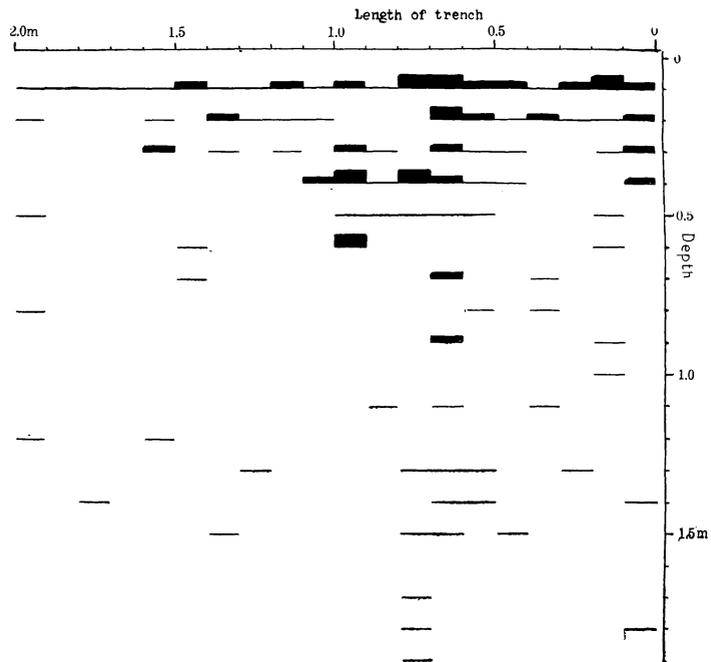


Fig. 4 アカマツの根系  
Root system of *pinus densiflora*. (H. 14 cm, D. B. H. 26 cm, 45 years.)



Profile 2. アカマツの太根の分布  
Root distribution of *Pinus densiflora*.



Profile 2. アカマツの細根の分布  
Fine root distribution of *Pinus densiflora*,

いま、この太い垂下根について、おのおのの深さごとにその直径を測定すると、深さ 70cm で直径 14cm, 100 cm で 11 cm, 200 cm で 3.5 cm, 250 cm で 0.3~0.5 cm で、深さ 150 cm 付近から急に細くなる傾向がうかがわれた。

おもしろい現象としては、Fig. 4 のように深さ 110 cm 付近で一度分岐した根が深さ 200 cm でふたたび癒合している。この深部の癒合がおこるところでは土壌がきわめて固く、このために土壌の裂け目に発達した根は成長するにつれ、土壌に圧されて癒合し、または楕円状ないしは板状になる傾向が多く観察された。この深さ 100~200 cm の固い土壌のところでは小・中径根は屈曲がはなはだしく、わずかの土壌の硬さの変化によつて、根に太いところと細いところとができて、部分的に直径の変化が多い。

垂下根の先端部は多くの小径根に分岐し、平面的な網目になつて土壌の裂目に沿つて発達している。その一部は盤鉄の層を透してグライ土壌の中にもよく侵入しており、吸収根が多く出ていることがよく観察された。

以上の、根株から直接発達する太い垂下根のほかには太い水平根から発達する直径 5~8cm の 2本の垂下根がある。その 1本は通直にのびて最大深さ付近にまで達し、他は深さ 150 cm のところで折れ曲つている。これらの垂下根も細長い棒状になるという点では根株から出る主な太い垂下根と同じである。

この垂下根の出方や発達のしかたを見ると、比較的細いものでも、直径があまり変化せず、深くまで垂下しており、太い垂下根は深くなるにしたがつて急に細くなる傾向がある。この細くなり方を観察すると比較的土壌の軟らかな上層部では太くて、固い土壌にはいると急に細くなる傾向がある。すなわち、垂下根の肥大成長は土壌の固さに大きく左右せられ、根が太くなるにしたがつてその土壌の圧力の影響が大きくなつてくるので、大きな直径の垂下根ほど固い土壌の影響を受けやすいようである。このような原因のために、太い垂下根は深部の固い土壌では肥大成長が阻害されて、急に細くなつて深部に侵入しており、細い垂下根ではその太さのまま垂下するので、細い垂下根と太い垂下根とでは相観的にも発達のしかたが異なつている。この細い垂下根の肥大成長は上層部できわめて大きく、下層部できわめて悪い。また、調査結果から推察すると、深部の固い土壌のところでは一定の直径となることがよく観察され、一定の固さの土壌中ではその垂下根の太さもほぼ似た大きさになつてくるのではないかと推察された。

以上の太い垂下根と水平根から出る 2本の垂下根のほかには短い紐状の垂下根があるが、その本数は少なく、また発達も悪い。

深いところの斜出根は根株の近くではその先端部が下向して垂下根となることが多いが、浅い斜出根は上部に彎曲して水平根となつて横に拡がっていることが多い。

根株から出る水平根は直径 7~10cm の太いものと、2~3cm の細いものとあるが、太い水平根は一般に中・大径根の分岐が少なくしてしだいに細くなつて長くのびて、根株を中心として平板状に拡がっている。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小 径 根 Small size				中 径 根 Medium size			大 径 根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	10.0<	
本 数 Number of roots	71	15	12	3	9	4	2	1		117
%	61	12	10	3	8	3	3	1		101

ロープ状の水平根は上層部を波状に上下して横走する。

細根は上層部に多く、まばらに分岐する。吸収根は上層部では 0.4~0.6mm のものが多いが、土壌水分の多い深いところでは、上層部よりも太くなつて 0.8~1.0 mm のものが多く観察された。

断面での太根数は 117 本で、そのうち小径根は 86%，中径根 11%，大径根 4% であつた。

この小径根の 80% は深さ 0~40cm の間にあり、中径根も同様に上層部に多いことがわかつた。また、大径根は深さ 50 cm 以下では分布が認められなかつた。

いま、これらの関係を総太根数について深さ別に見ると次表のようになり、深さ 0~10 cm が最大分布

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	計 Total
	太根 Big root	本数 Number of roots	27	16	15	20	5	6	5	4	2		10	7	
	%	23	14	12	17	4	5	4	3	2		9	6		99
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	12	6	4	6		2	1		1					32
	%	38	19	13	19		6	3		3					101

層で全体の 23%、0~40cm に 66% が分布しており、深さ 50cm 以上では急に減少して 4% になつている。

細根の多さの指数合計は 32 で、最大分布層は深さ 0~10 cm で 38% で、太根数の場合よりも比率にして 15% も多くの分布が認められた。同様に深さ 0~40cm に 89% が分布しており、太根数よりも 23% も上層部にずれていることがわかつた。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
頻度 Frequency (%)	100	65	50	40	35	15	15	15	10	5	15	10	20	20	20	5	5	10	5

頻度は最大深さ 190 cm まで認められた。深さ 0~10 cm は 100% で、深さ 20 cm 以下では急に減少している。しかし、深さ 110~150 cm にも 10~20% の分布が連続して認められた。

B 断面の太根数は A 断面の 30% で、その大部分は上層部を横走するロープ状の水平根であつて、深さ 50 cm 以下ではほとんど分布が見られなかつた。

### (3) *Pinus Thunbergii* PARLAT. クロマツ

調査木は樹高 15 m, 胸高直径 25 cm, 樹令 40 年 (Profile 3, Fig. 5, Phot. 5)。

根の表皮は赤褐色で、やや厚く、アカマツに似て薄い鱗片状になつて剥げ落ちる。

アカマツと同様に太い垂下根によつて特徴づけられる型で、根株から直下に発達する垂下根は棒状で、その太さは深さ 20 cm で 14 cm, 50 cm で 11 cm, 100 cm で 7 cm, 150 cm で 3~4 cm となり、最大深さは 230 cm に達している。一般に分岐が少なく、通直であるが、深さ 100 cm 付近から急に細くなる傾向がある。また、深さ 80~100 cm の固い土壌層の上部で、直径 4~5 cm の数本の斜出根と水平根に分岐

して、水平根は深さ 100 cm 付近を横走し、斜出根は下方に向つて彎曲して垂下根となつている。この太い垂下根の先端部は他のマツ類と同様に多くの小径根に分岐して、固い土壤の割目に沿つて発達している。深さ 100 cm 以上で分岐する根は垂下根となる場合が多く、斜走ないし横走するものは少ない。これらの小径根は鞭状になる。

この太い垂下根のほか斜出根や水平根から部分的に直径 0.5~1.0 cm の細い紐状の垂下根がでる。しかし、一般にその長さは短く、量的にも少ないために、エノキ、ムクノキなどに見られるような簾状の分布は認められない。

斜出根は一般に少ないが、その大多数は下方に彎曲して垂下根となつている。

根株から出る水平根は直径 5~10 cm の太いものと 2~3cm のロープ状のものがある。直径 5~10cm の太い水平根も根株の近くで数本の 2~3cm のロープ状の水平根に分岐して、根株から出た細い水平根とともに上層部を波状に長く横走している。これらのロープ状の水平根から分岐した小径根は上向して上層部で細根を分岐するものが多いが、なかでも深さ 40 cm のところの水平根で上向して深さ 20 cm に至り、

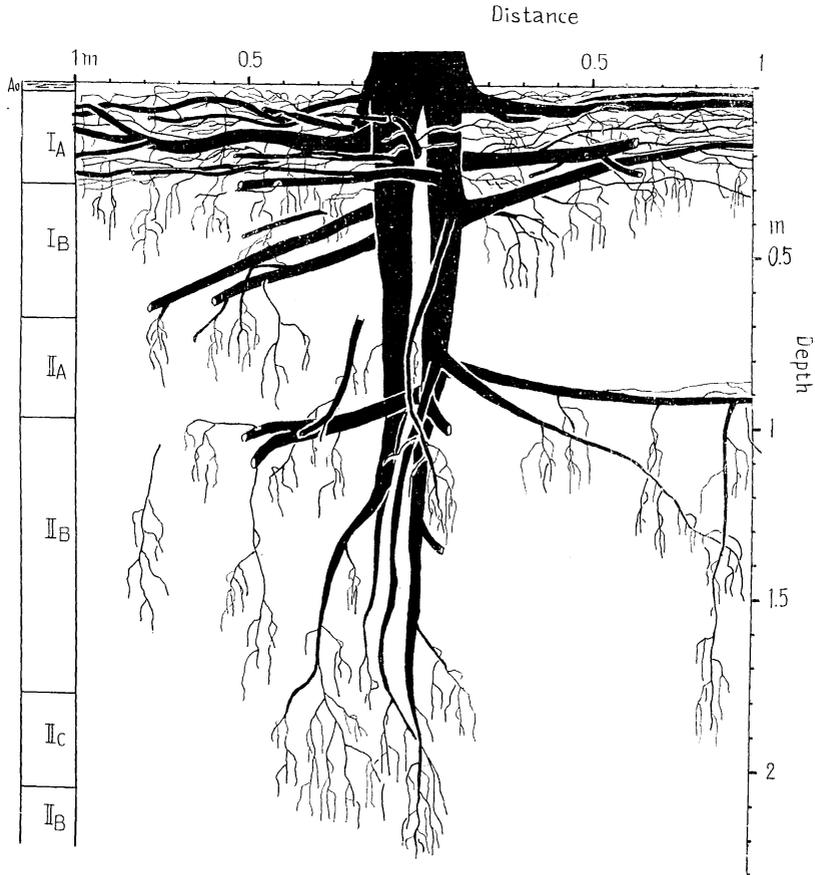
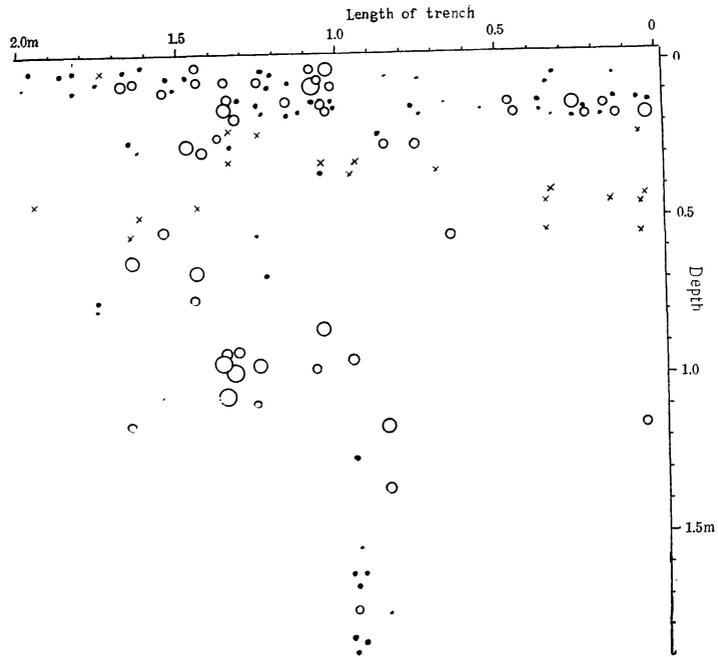
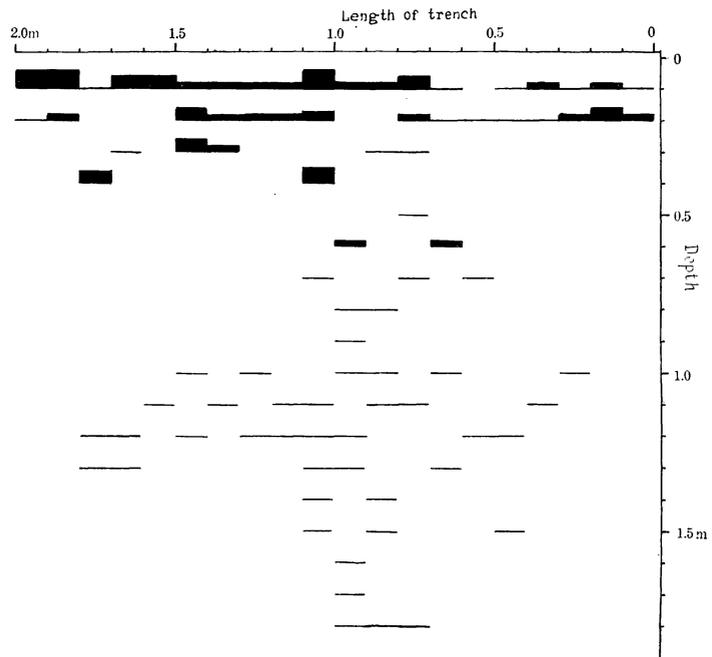


Fig. 5 クロマツの根系  
 Root system of *Pinus Thunbergii*. (H. 15 m, D. B. H. 25 cm, 40 years.)  
 Large pendent root are developed reached to the depth 230 cm through the compact soil.



Profile 3. クロマツの太根の分布  
Root distribution of *Pinus Thunbergii*.



Profile 3. クロマツの細根の分布  
Fine root distribution of *Pinus Thunbergii*.

水平根となつて横走するものが認められた。このようにして、垂下根のやや深いところで分岐した中・大径根でも根株から離れるにしたがつて上向き、地表近くに集まつてくる傾向がうかがわれた。上層部のロープ状の根は柔軟性に富み、よく屈曲するが、同じ太さのものでも下層部のものは固くて折れやすい。細根はまばらについて特に地表層近くに多いが、垂下根の先端部でも小径根の網目状の発達とともによく観察することができた。

これらの細根につく吸収根は直径 0.4~0.6mm のものが多いが、地下水に近い深いところのものは太くて、0.8~1.0 mm のものも多く観察された。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小 径 根 Small size			中 径 根 Medium size			大 径 根 Large size		計 Total	
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0		10.0<
本 数 Number of roots	70	15	6	3	9	10	3			116
%	60	13	5	3	8	9	3			101

断面での太根の本数は 116 本で、小径根が 81%、中径根 17%、大径根 3% であつた。小径根は上層部の深さ 0~20cm の間に特に分布が多く、その 80% が認められた。

この深さによる本数の分布を総太根数についてみると、最大分布層は深さ 10~20 cm で 29% であつたが、深さ 0~10 cm は 28% で 0~20 cm の間に 57% が含まれることがわかつた。このように上層部から 0~20 cm の間に太根の本数の過半数が集まる傾向はわかつたが、一方深さ 100~150cm の深部にも比較的多くの分布が認められた。

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深 度 Depth (cm)	深 度 (cm)												計 Total	
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200		200 ~250
太 根 Big root	本 数 Number of roots	32	34	9	1		3	3	3	1	8	11	11		116
	%	28	29	8	1		3	3	3	1	7	9	9		101
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	20	16	3	4		2								39
	%	51	26	8	11		5								101

細根の多さの指数合計は 39 で、その 51% が深さ 0~10cm にあり、0~20 cm には 77% が認められた。すなわち、太根の分布よりも細根の分布は極端に上層部に偏つてることがわかる。この細根の指数の分布の最大深さは 60 cm であつた。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深 度 Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
頻 度 Frequency (%)	95	75	25	10	5	10	15	10	5	30	35	45	25	10	15	5	5	10	5

頻度は他のマツ類と同様に深さ 0~20 cm では 75~95% であるが、それ以上の深さでは急に頻度が減少する。しかし、その分布は部分的にかたまつて出る傾向が見られ、深さ 120 cm では 45% の分布が認められ、頻度をみた最大の深さは 190 cm であつた。

B 断面の太根数は 14 本できわめて少なく、A 断面の 12% であつた。その大部分は水平根で深さ 20 cm の間に認められた。

#### (4) *Pinus parviflora* SIEB. et ZUCC. ヒメコマツ

調査木は樹高 5 m, 胸高直径 8 cm, 樹令 30 年 (Profile 4, Fig. 6, Phot. 6)。

根の表皮は赤褐色で、やや厚く、アカマツやクロマツと同様に小さな鱗片状になつて剥げ落ちる。

根株から直径 12 cm 程度の太い垂下根が発達して最大深さ 140 cm に達する。垂下根はアカマツやクロマツの垂下根と同様に棒状になつて垂下しており、その太さは深さ 20 cm で 10 cm, 50 cm で 6 cm で、深さ 70 cm で分岐しており、直径はこのところから急に細くなつて深さ 80 cm で 2.5 cm になつて

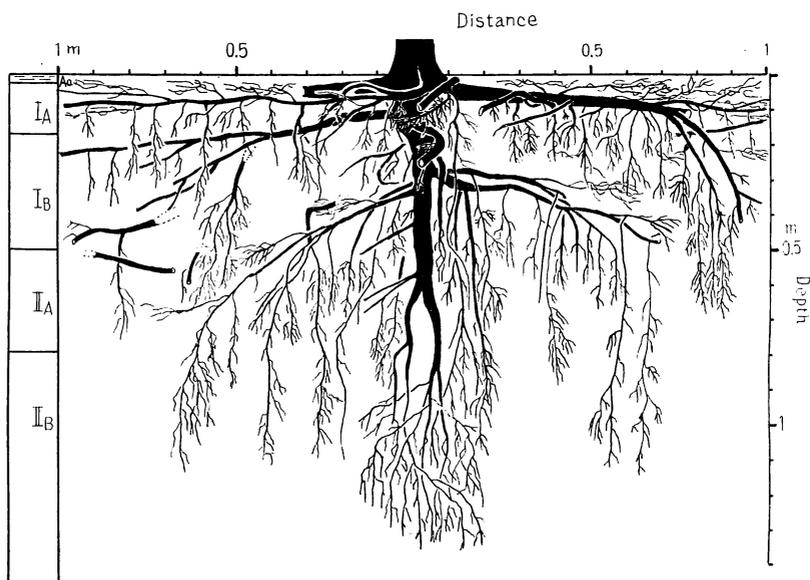
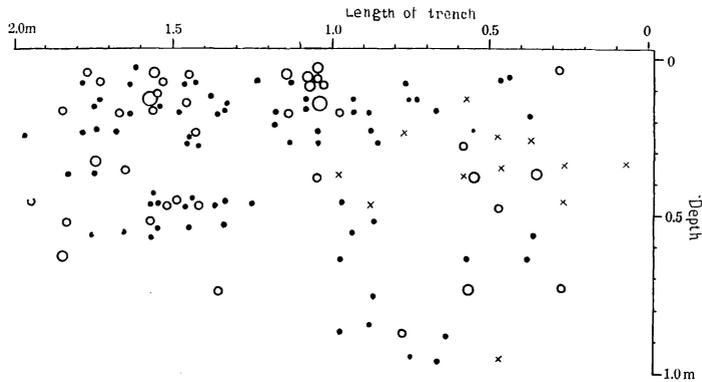


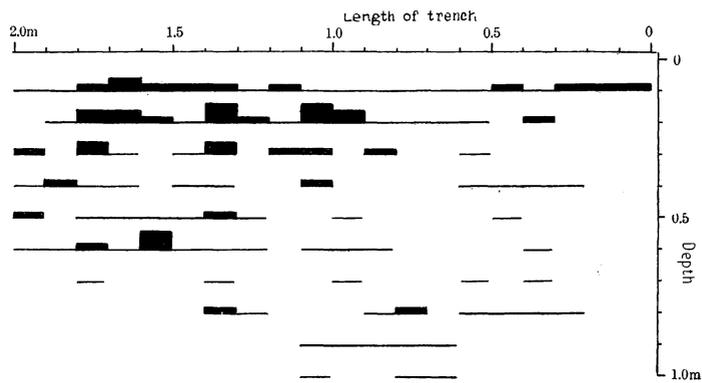
Fig. 6 ヒメマツの根系  
Root system of *Pinus parviflora*. (H. 5m, D. B. H. 8 cm, 30 years)  
Horizontal and pendent roots are developed very well.

いる。垂下根の先端部は直径 0.2~0.4 cm の多くの小径根に分岐して終る。垂下根から分岐する根は、水平根ないしは斜出根となるものは少なく、大多数が垂下根となるが、ときに深さ 30~40 cm から直径 3~4 cm 程度の斜出根が分岐する。その先端部は垂下根となつて深さ 80~100 cm に達している。また、一般に根株から分岐する斜出根は少なく、直径 2~3 cm のものが数本出るが、一度斜入した根は上向して彎曲し、水平根となつて上層部を横走する場合が多い。

水平根は直径 4~5 cm のやや太いものが数本出るが、根株の近くで直径 2~3 cm のロープ状の水平根に分岐して上層部を横走している。



Profile 4. ヒメコマツの太根の分布  
Root distribution of *Pinus parviflora*.



Profile 4. ヒメコマツの細根の分布  
Fine root distribution of *Pinus parviflora*.

以上の斜出根や水平根からは、直径 0.3~0.5 cm の多くの紐状の小径根が分岐しており、これらの小径根には、吸収根が小さな塊状になつて疎に分布している。その太さは 0.4~0.6 mm のものが多い。

断面の太根数は 109 本で、そのうち小径根が 92%、中径根 8% で、小径根は深さ 0~50 cm に 76%、50~100 cm に 24% が分布していた。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size				中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0~10.0	10.0<	
本数 Number of roots	70	20	7	4	4	4				109
%	64	18	6	4	4	4				100

つぎに、総太根数の深さ別分布を見るとつぎの表のようになり、最大分布層は深さ 10~20 cm で 26%、0~30 cm には 59% が分布していた。しかし、深さ 50~100 cm にも 4~10% の分布があり、深いところにも根がよく侵入していることが明らかになった。

深さ別太根, 細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深  さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	計 Total
太 根 Big root	本 数 Number of roots	21	28	15	7	13	11	4	4	4	2				109
	%	19	26	14	6	12	10		4	4	4	2			101
根 細 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	11	15	8	2	2	3		2						43
	%	26	35	19	5	5	7		5						102

細根の多さの指数合計は43で、その61%が深さ0~20cmの間にあり、0~30cmでは8%で、深さ40cmから急に少なくなつて5~7%に低下している。すなわち、太根の分布よりも細根の分布がかなり上層部に多くなつてゐることがわかる。

頻度は深さ0~20cmの間は高く75~100%であるが、深さ30cm以下では急に減少して45%となり、最大の深さは100cmである。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深  さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
頻 度 Frequency (%)	100	75	45	55	45	60	25	40	25	15

B断面の太根数は51本で、A断面の47%にあたり、アカマツ、クロマツに比べて大きい値を示している。これはヒメコマツの水平根の先端部が根株から150cmの付近に多かつたためだと考えられる。その総本数のうち92%は小径根で8%は中径根であつた。また深さ0~50cmの間にそのすべての太根が分布していた。

(5) *Pinus Taeda* LINN. テーダマツ

調査木は樹高15m, 胸高直径27cm, 樹令50年 (Profile 5, Fig. 7, Phot. 7)。

根の表皮は赤褐色で、やや厚く、他のマツ類と同じように小さい鱗片状になつて剥げ落ちる。

根株の直下に太い数本の棒状の垂下根が発達する。そのなかでも最も大きいものは深さ20cmのところまで直径が25cmのものであるが、しだいに細くなつて最大深さ250cmに達している。この垂下根は分岐が少なく、通直で、その太さは深さ50cmで13cm, 100cmで8cm, 150cmで4cm, 200cmでは0.3~0.5cmの多くの小径根に分岐して終つてゐる。この太い垂下根のほか直径10~15cmの垂下根が数本発達するが、いずれも深さ150cm付近で急に成長が衰え、小径根に分岐している。

以上の根株の直下に発達する垂下根のほか太い斜出根や水平根から部分的に直径2~3cmの紐状の垂下根が発達し、深さ200cmに達している。一般にこの紐状にのびる垂下根は分岐が少なく柔軟性に富み、よく屈曲する。

斜出根も大部分は下方に彎曲して垂下根となり、特に根株の付近では斜出根から発達する多くの垂下根が認められた。

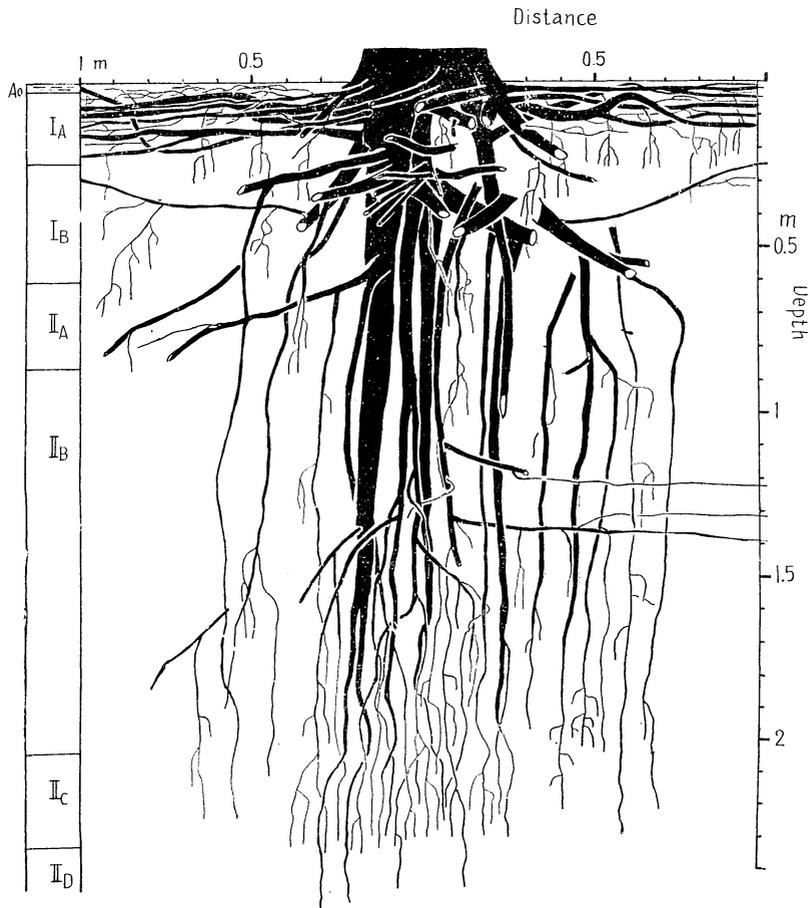


Fig. 7 テーダマツの根系

Root system of *Pinus Taeda*. (H. 15 m, D. B. H. 27 cm, 50 years)

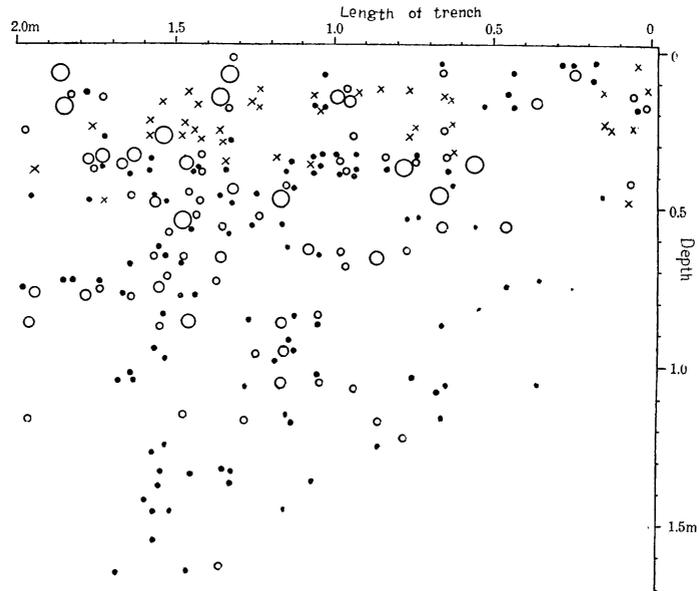
Many horizontal and pendent roots are remarkable in this root form.

水平根は太い根が少なく、直径3~4 cm程度の太さのものが多くて上層部を波状に横走り、遠くに達している。このロープ状の水平根から小径根が疎に分岐して地表近くを覆っているが、分岐が少ないために網目状にならない。

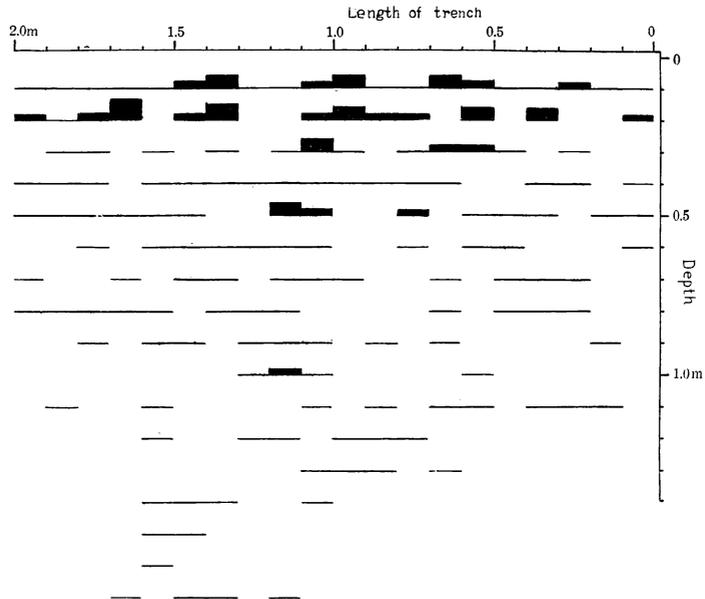
細根は他のマツ類と同様に小さな集団状になつてまばらにつき、吸収根は一般に直径0.5~0.7mmのものが多く、深くのものは0.8~1.0 mmのものが普通である。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size			中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	
本数 Number of roots	107	32	17	6	11	7	9	3	192
%	56	17	9	3	6	4	5	2	102



Profile 5. テーダマツの太根の分布  
Root distribution of *Pinus Taeda*.



Profile 5. テーダマツの細根の分布  
Fine root distribution of *Pinus Taeda*.

断面での太根数は 192 本で、そのうち小径根が 85%、中径根 10%、大径根 7% であつた。

小径根の分布はその 44% が深さ 0~50 cm に、32% が 60~100 cm にあつて、深部にも比較的多いことがわかる。中径根でも同様な傾向が見られた。しかし、大径根は深さ 50 cm の間にその大多数が分布していることがわかつた。

深 さ 別 太 根, 細 根 分 布 表  
The relation of between the depth and number of big and fine roots.

太 根 Big root	深 さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	計 Total
	本 数 Number of roots		12	18	6	36	19	14	14	17	10	7	35	4	
	%	9	9	3	19	10	7	7	9	5	4	18	2		99
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	10	18	4		4						2			38
	%	27	48	10		10					5				100

これらの深さごとの割合を総太根数の割合で見ると、最大分布層は深さ 30~40 cm で 19% であつた。表のように深さ 50~100 cm にも 7~9% の連続的な分布が認められ、土壌が固くて緻密な深部にも太根の分布が多い。

また細根の多さの指数合計は 38 で、太根数の割合に比べてきわめて少ない。その分布は深さ 0~20cm に 75% が分布しており、太根とは反対に細根の多さの指数が上層部にずれて多くなつている。一般にマツ類にはこのような傾向が強いようである。

階 層 別 頻 度 分 布 表  
The relation between the depth and frequency.

深 さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
頻 度 Frequency (%)	100	65	60	85	70	55	55	60	45	20	45	30	20	20	10	5	20

頻度は深さ 100 cm 以下の深部にも比較的大きく、最大の深さは 170 cm であつた。

B 断面の太根数は 91 本で、小径根がその 69%、中径根 26%、大径根 4% で、小径根に比べて中径根の割合が比較的多い。また深さによる分布の変化は深さ 0~10 cm に 19% でこの層が最大分布層にあたり、深さ 0~50 cm に 76% が分布している。

(6) *Pinus palustris* MILL. ダイオウマツ

調査木は樹高 16 m, 胸高直径 25 cm, 樹令 50 年 (Profile 6, Fig. 8, Phot. 8・9)。

根の表皮は赤褐色で、小さな鱗片状に剥げ落ちる。

根株から深さ 20 cm のところで、直径が 20~25 cm の太い垂下根が 2 本分岐する。この垂下根は棒状になつて真直に垂下して最大深さ 260 cm に達し、地下水の上部の盤鉄の層を透してグライ土壌のなかに侵入している。いま、この垂下根のうち太いものについて、深さごとにその直径を測ると、深さ 50 cm で直径 20 cm, 100 cm で 7 cm と順次細くなり、深さ 200 cm では 1~2 cm の多くの垂下根に分岐している。垂下根からの斜出根の分岐は一般に少なく、深さ 40~70 cm で直径 3~4 cm の斜出根が数本分岐している程度である。この斜出根は一部は紐状になつて深部を斜走するが、大多数のものは垂下根になつて太い垂下根と平行に垂れ下る場合が多い。

以上の斜出根の分岐の他に深さ 80~120 cm で多くの垂下根に分岐し、この垂下根は交錯して束状になつて発達し、かつ小さく屈曲するが、だいたい通直であつて、固い土壌層ではその横断面は楕円状にな

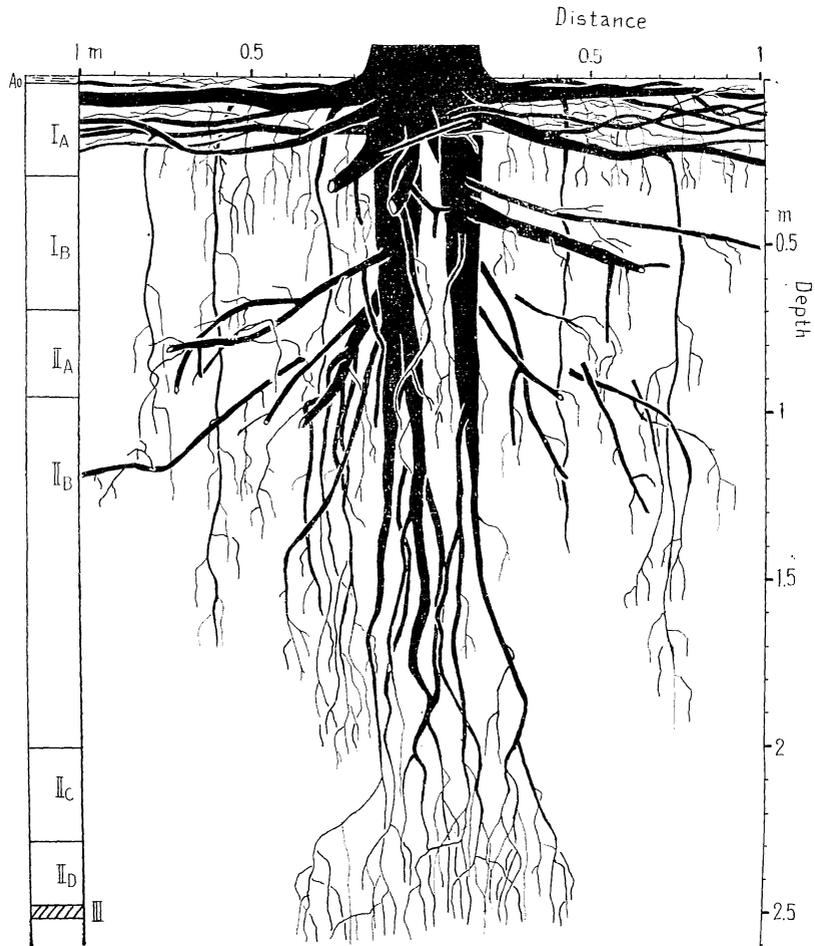


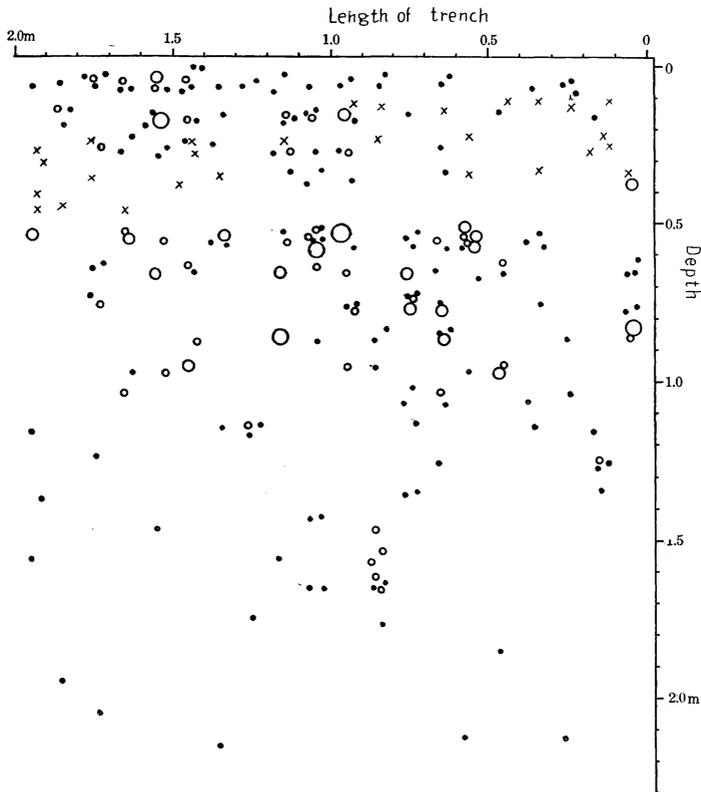
Fig. 8 ダイオウマツの根系  
 Root system of *Pinus palustris*. (H. 16 m, D. B. H. 25 cm, 50 years)  
 Large pendent roots penetrate into the depth 260 cm through the compact soil layer.

つていることが多く、また癒合も数個所で観察された。

深部では根の侵入しやすいところには数本の垂下根が集まる傾向が強く、この一つところに集まった根が成長するにつれて固い土壌のために圧迫されて癒合がおこるようである。以上のように、深部における

径級別本数分配表  
 The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size			中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	
本数 Number of roots	126	38	11	2	14	4	3		198
%	64	19	6	1	7	2	2		101



Profile 6. ダイオウマツの太根の分布  
Root distribution of *Pinus palustris*.

根は発達するに条件のよいところに集まってくる傾向があり、これらの根が束状になる傾向が強い。この棒状の垂下根のほかには水平根から、紐状の垂下根が垂下するが、その深さは根株の直下に発達するものに比べて浅く、100~150 cm でとまっている場合が多い。

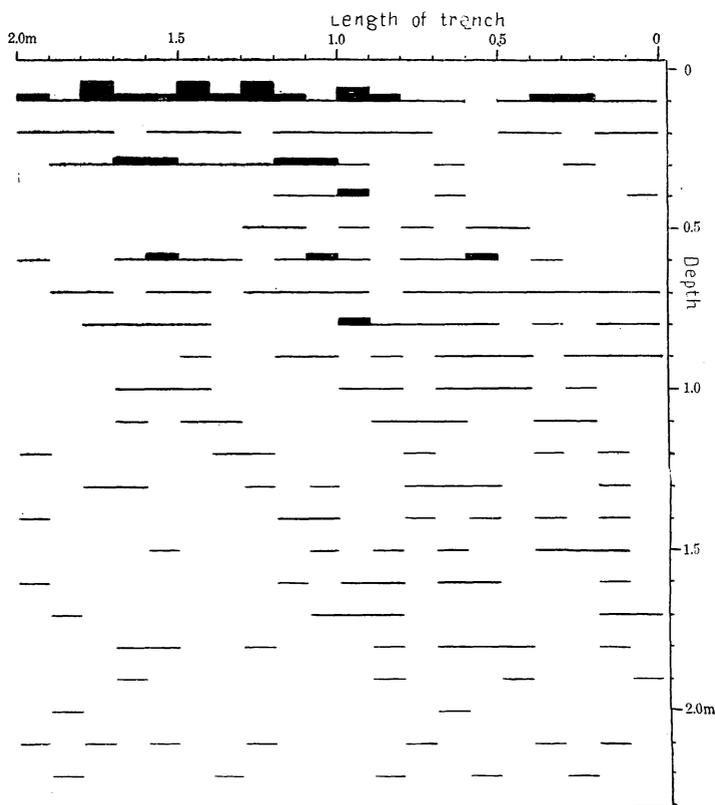
斜出根は少ないが、その大多数は下方に彎曲して垂下している。

水平根は直径5~6 cm のやや太いもののほかには直径2~3 cm のロープ状の根が多く、この水平根は上層部を波状に上下して横走しており、部分的に短い紐状の垂下根を分岐する。

断面での太根数は198本で、小径根が90%、中径根9%、大径根2%を占め、小径根が他の径級に比べて多い。この径級別に見た深さに対する分布状態は小径根では深さ0~50 cm に38%、50~100 cm に

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	計 Total
	太根 Big root	本数 Number of roots	33	20	13	6		31	16	14	11	8	28	14	4
	%	17	10	7	3		16	8	7	6	4	14	8	2	102
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	19		4	1		3		1						28
	%	68		14	4		11		4						101



Profile 6. ダイオウマツの細根の分布  
Fine root distribution of *Pinus palustris*.

36%, 100~150 cm に 15% で深いところにも小径根の分岐が比較的多い。中径根では深さ 50~100 cm にその 80% があり、小径根と同様に深部での分布が多いことが明らかになった。

いま総太根数について見ると、左の表のように、最大分布層は深さ 0~10 cm で 17% であつたが、深さ 60 cm にも 16% の分布が認められ、深部に多くの分布がみられた。深さ 50 cm ごとにこれをみると深さ 0~50 cm で 37%, 50~100 cm で 4%, 100~150 cm で 14% で、50~100 cm の間に分布が多いことがわかつた。

細根の多さの指数合計は 28 で、その最大分布層は深さ 0~10 cm で 68% を占め、太根の分布とは反対に上層部に分布がかたよつていることがわかつた。

頻度は上層部にやや多いが、深さ 100~150 cm でも 30~40% の分布があり、太根や細根の分布とあわ

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
頻度 Frequency (%)	95	75	60	25	30	60	80	60	50	45	40	30
深さ Depth (cm)	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	
頻度 Frequency (%)	40	35	35	35	30	30	20	10	35	30	25	

せて深部と根の分布が多いことがわかった。

B 断面の太根数は 93 本で、A 断面の 47% にあたり、その大部分は深さ 0~50 cm の間に多く、水平根がその主体をなしていた。

(7) *Pinus rigida* MILL. リギダマツ

調査木は樹高 14 m, 胸高直径 24 cm, 樹令 50 年 (Profile 7, Fig. 9, Phot. 10・11・12・13)。

根の表皮は褐色で、やや厚く、小さい鱗片状になつて剥げ落ちる。

調査したマツ類のなかでは斜出根の分岐がもつとも多く、複雑な形態となる。

根株の直下に直径 15~20 cm の太い垂下根が数本出て、最大深さ 250 cm に達する。マツ類に特有の棒状の垂下根が根系の主体をなしているが、Fig. 9 のように、これらの垂下根から直径 3~4 cm の多くの斜出根が分岐し、互に交錯している。この斜出根の大部分は下方に彎曲して垂下根となり、普通深さ 150 cm 付近でとまっている。これらの垂下根は深さ 80~160 cm の固い土壌のところではよく屈曲しており、特

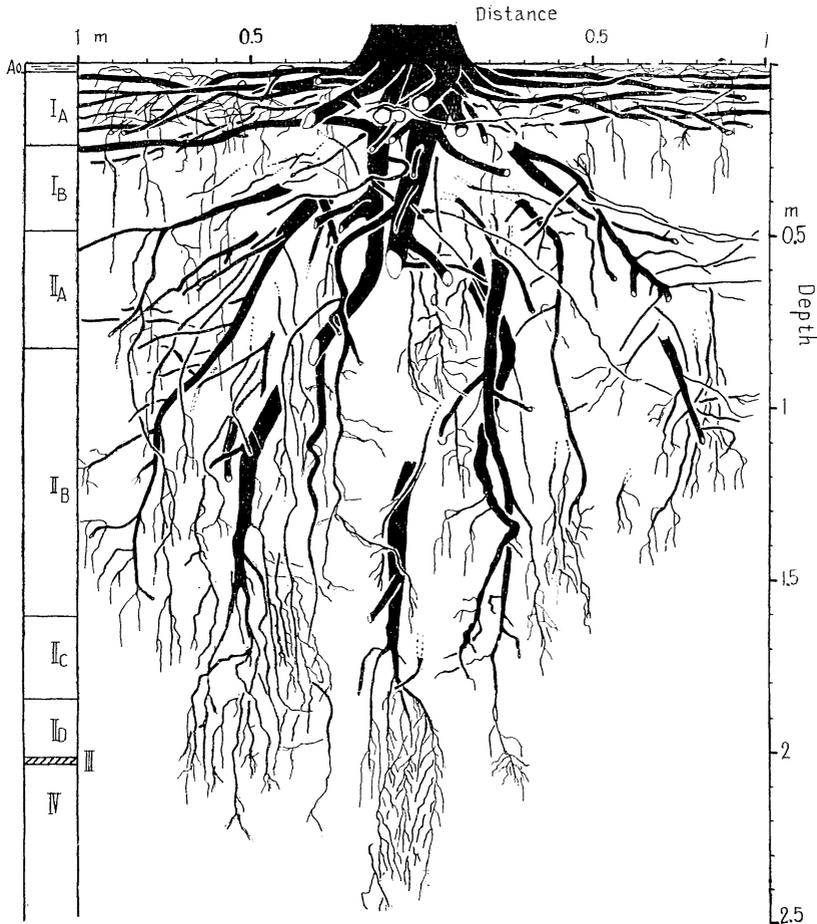
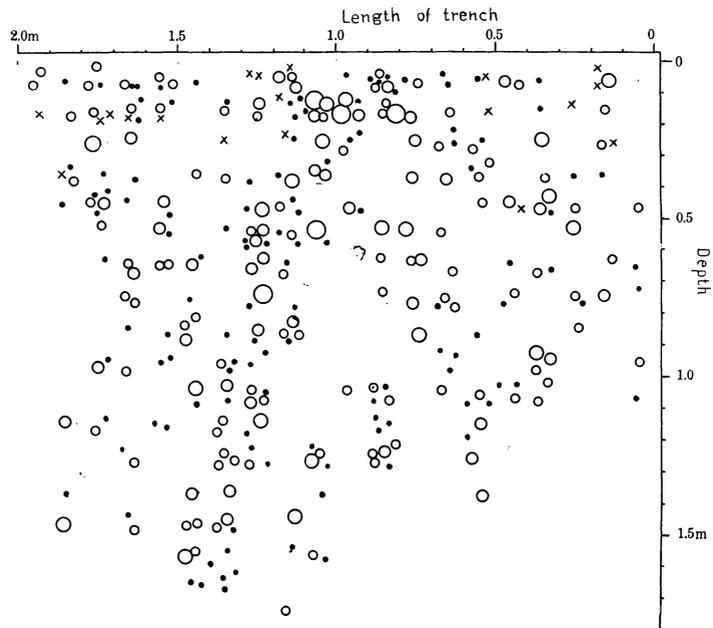
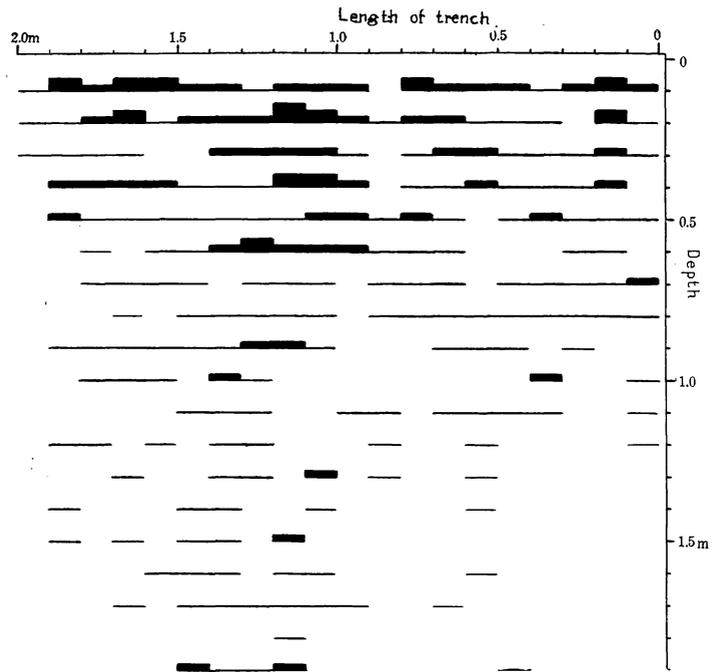


Fig. 9 リギダマツの根系  
 Root system of *Pinus rigida*. (H. 14 m, D.B.H. 24 cm, 50 years)  
 Oblique roots are forked more markedly another *Pinus* species.



Profile 7. リギダマツの太根の分布  
Root distribution of *Pinus rigida*.



Profile 7. リギダマツの細根の分布  
Fine root distribution of *Pinus rigida*.

に深さ 130 cm 付近では土壌が固くて、中・大径根は楕円状、ないしは板状になつている。また太い垂下根も深さ 170 cm の水分の多い嫌気的な条件のところではその直径が急に細くなり、その先端部は多くの小径根に分岐している。垂下根の先端部に分岐した小径根は、網目状になつて固い土壌の割れ目に沿つて分布している。この先端部の根は質がきわめて固く、細かく屈曲している。

斜出根の大部分は根株の近くで下方に彎曲して垂下根となり、いわゆるバラソル状になる (Fig. 9)。なかには直径 2~3 cm のロープ状の斜出根が長く走つているが、その数はきわめて少ない。

水平根は上層部に特に多く、地表層近くの深さ 0~30cm の間にその大多数が分布している。直径 4~5cm の太い水平根が出るが、根株の周辺で直径 2~3 cm の多くの水平根に分岐して波状に上層部を横走している。ロープ状の根は柔軟でよく屈曲するが、深部の根はきわめて固く、分岐も少ない。

細根は他のマツ類と同様に疎につき、この細根に短い吸収根が小さな塊り状になつてついている。吸収根の太さは他のマツ類と同様に直径 0.4~0.6 mm のものが普通である。

地下水付近の固い土壌の中には多くの小さな孔隙が認められ、この付近では垂下根の先端部の細根の枯死と再生が繰り返されていることが推察された。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小 径 根 Small size				中 径 根 Medium size			大 径 根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	10.0<	
本 数 Number of roots	129	68	32	16	28	15	2			290
%	45	23	11	6	10	5	1			101

断面に現われた太根数は 290 本で、調査したマツ類のなかで最も多い。これはその斜出根の旺盛な分岐性によるものと考えられる。この太根のうち小径根は 85%、中径根 15%、大径根 1% で中径根の割合が比較的多い。また、小径根のなかでも直径 0.3 cm のものがマツ類の一般的傾向と比べて多いのはリグダマツの一つの特徴と思われる。小径根は深さ 0~50cm にその 42%、50~100 cm に 30%、100~150cm に 23% が分布しており、深部にも分布が多いことがわかつた。また、中径根においても同様な傾向をうかがうことができた。

つきに、総太根数について深さ別にその分布の割合を見ると、下の表のように、最大分布層は深さ 0~10cm で 11% できわめて少なく、0~20cm にも 21% しか認められず、太根数の割合としては比較的少ないこ

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深 さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	計 Total
	太 根 Big root	本 数 Number of roots	33	29	15	20	23	19	20	17	16	17	68	13	
	%	11	10	5	7	8	7	7	6	6	6	23	4		100
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	21	15	7	10	5	6	1		2	2	2	2		73
	%	29	20	11	14	7	8	1		2	2	2	2		98

とがわかつた。しかし、この分布の割合は深さ 50~150 cm の深部になつてもかなり多く、深さ 50~100 cm で 32%, 100~150 cm で 23% と比較的多くの太根数の分布が認められた。一方、細根の指数ではこの傾向が少なく、深さ 0~20 cm に 49% の分布が見られ、深さ 70 cm 以下ではその割合がきわめて少なくなつてゐる。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
頻度 Frequency (%)	95	95	85	85	90	65	75	75	65	35	50	35	30	25	25	30	40	5	25

頻度は上層部は 85~95% の分布がつつき、根が層状に分布していることがわかるが、深部では 30~40% の分布が多く、分布がかたよる傾向がみられ、最大の深さは 190 cm であつた。

B 断面の太根数は 86 本で、A 断面の 30% にあたり、そのうち小径根が 81%, 中径根が 19% であつた。この断面でも下層部に根の分布が多く、50~100 cm の間にその 25% が分布していた。

(8) *Pinus strobus* LINN. ストローブマツ

調査木は樹高 9 m, 胸高直径 20 cm, 樹令 45 年 (Profile 8, Fig. 10, Phot. 14・15)。

根の表皮は赤褐色で、やや厚いが、樹皮のように厚くならず、薄い鱗片状に剥げる。

根株の直下から直径 15 cm の太い垂下根がでる。この垂下根は棒状になつて発達し、その太さは深さ 50 cm で直径 7~8 cm, 70 cm で 5~6 cm である。他のマツ類の垂下根と同様に一般に分岐は少なく、深さ 50 cm の固い土壌の上部では、1 本だけ分岐しているものが認められた。この分岐した直径 3 cm の

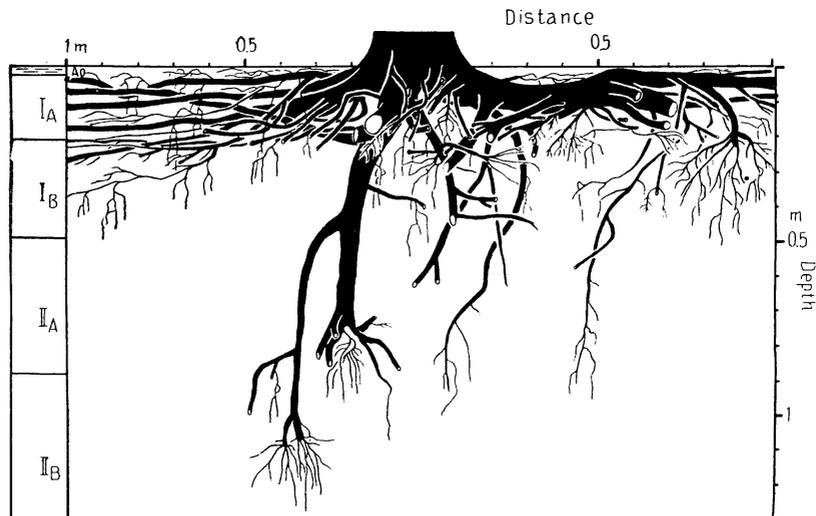
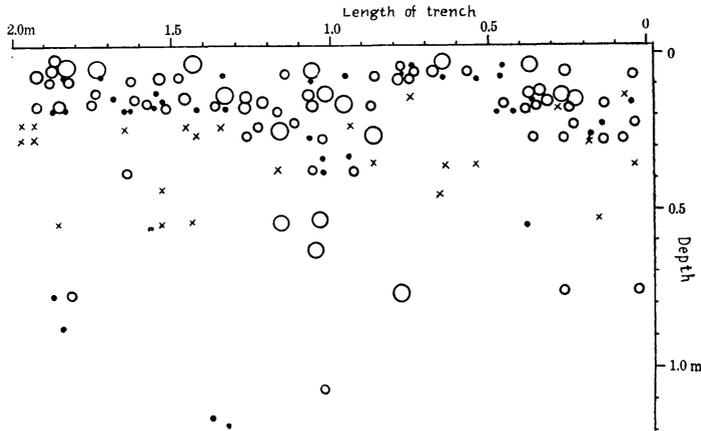
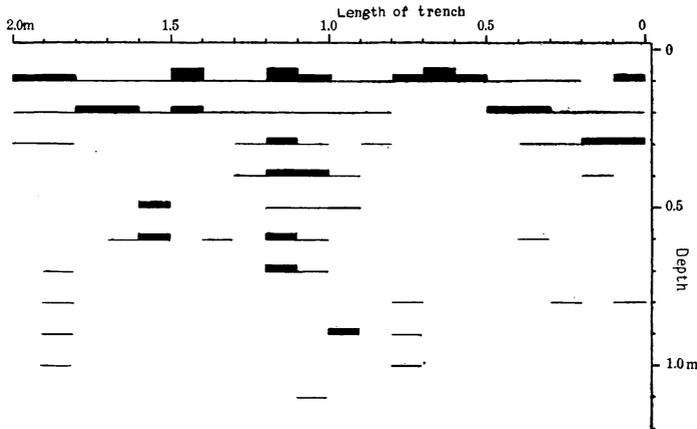


Fig. 10 ストローブマツの根系  
Root system of *Pinus Strobus*. (H. 19 m, D. B. H. 20 cm, 45 years)  
Long horizontal roots extend widely, but pendent roots are not penetrated into the under soil layer.



Profile 8. ストローブマツの太根の分布  
Root distribution of *Pinus strobus*.



Profile 8. ストローブマツの細根の分布  
Fine root distribution of *Pinus strobus*.

垂下根が最大深さ 130 cm までのびている。これらの垂下根の先端部はいずれも成長が停止して、太い垂下根では直径 1~2 cm の数本の短い斜出根に、分岐した細い垂下根では 0.2~0.3 cm の短い垂下根に分岐して終っている。以上のように固い II<sub>B</sub> 土壌層のところでは垂下根の発達がきわめて悪い。

この根株から出る太い垂下根のほかには直径 2~3 cm 程度の垂下根が水平根の基部から垂下しているが、その成長は土壌がきわめて固くなる深さ 100 cm でとまっている。

斜出根はきわめて少なく、直径 4~5 cm の斜出根が根株から分岐するが、いずれも根株の近くで直径 2~3 cm のロープ状の根に分岐し、上向して水平根となつて上層部を波状に上下して横走している。

さきに説明した垂下根の発達に比べて水平根の発達は著しく、Phot. 14 のように直径 5~10 cm の太い水平根が根株の周辺に発達する。一般に分岐は少ないが、直径 2~3 cm の横走するロープ状の水平根の発達が著しく、遠くに達している。これらのロープ状の水平根は柔軟性に富み容易に屈曲する。

細根は小径根からまばらに分岐する (Phot. 15)。吸収根は直径 0.5~0.6 mm のものが多いが長さはきわめて短く、菌根がよく発達している。

水平根の分岐角度はモミ・ツガなどよりも広く  $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$  の場合が多い。

一般にマツ類は水平根が発達する割合に小径根が少なく、その質もケヤキ・エノキなどのように強靱でなく、また、小径根が密接に土壤に結びついていないので、杭根の発達が悪い場合風倒などの被害にかかる可能性が大きい。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小 径 根 Small size				中 径 根 Medium size		大 径 根 Large size			計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	10.0<	
本 数 Number of roots	35	24	19	5	12	9	9			113
%	31	21	17	4	11	8	8			100

断面の太根数は 113 本で、その径級分布は小径根 69%，中径根 19%，大径根 8% で小径根の割合に比べて中・大径根が多いのは、さきに述べたように分岐のしかたが少ないためである。この小・中・大径根とも上層部にその大半が分布していた。

これを総太根数の深さ別分布で見ると、次表のようになり、最大分布層は深さ 10~20 cm で 38% を示

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深 度 Depth (cm)	本 数											計 Total		
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150		150 ~200	200 ~250
太 根 Big root	Number of roots	35	43	15	6		4	1	5	1		3			113
	%	31	38	13	5		4	1	4	1		3			100
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	12	5	3	2	1	2	1		1					27
	%	45	19	11	7	4	7	4		4					101

し、深さ 0~20 cm に 69%，0~30 cm に 82% が分布していた。

細根の多さの指数合計は 27 で、深さ 0~10 cm に 45%，0~30 cm に 75% があり、深さ 0~10 cm では太根よりも分布の割合が多いが、0~30 cm では太根数の割合の方が多くなっていた。

指数 (1) 以上を示す細根の最大深さは 90 cm で、太根の場合よりも 30 cm も浅いことがわかった。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深 度 Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
頻 度 Frequency (%)	95	85	50	25	20	30	15	20	15	10	5	5

頻度は深さ 0~20 cm では 85~95% で高い値を示すが、深さ 30 cm から急に減少して 50% となり順次減少している。

B 断面の太根数は 103 本で、A 断面の 91% にあたる。その径級分布は小径根 78%，中径根 22% で、深さとしては 10~30 cm の間に多く、最大分布層は 20~30 cm で 37% であつて、深さ 0~30 cm にその 88% の分布が認められた。すなわち、上層部での水平根の発達が著しいことがわかる。

(9) *Cryptmeria japonica* D. Don. スギ

調査木は樹高 16 m, 胸高直径 32 cm, 樹令 50 年 (Profile 9, Fig. 11, Phot. 16・17・18・19)。

根の表皮は黒褐色で、やや厚く、地上部の表皮に似て薄く、縦に剥げる。

根株から直径 7~8cm の垂下根が数本垂下して最大深さ 230cm に達する。この垂下根は、モミヤマト類のように、太くて長い垂下根が根株から数本発達するという型ではなくて、根株のところの直径が 4~5 cm のものが数本束状になって垂下する型である。垂下根は小さく屈曲するが、大体は真直で細い棒状になる。分岐は比較的多いが、この分岐のために垂下根の主体がわからなくなることはなく、深くまで垂下根としての主体は明らかである。分岐は一個所から多数出ることなく、また規則的にも分岐していない。この垂下根は深さ 50 cm 以上でも盛んに小・中径根を分岐しており、この小・中径根には細根が房状についている。深さ 180~200cm 付近の垂下根の先端部では多くの小径根に分岐し、小径根は房状の細根をつける。固い土壌のところ分布する細根は密接に土壌と結びついて、土を割がすと、細根は土と一緒に塊状になつて取り上げられる。

以上の垂下根から分岐した根は一般に下向して垂下根となるものが多い。

斜出根や水平根の基部からも細い数本の垂下根が発達しているが、特に根株の周辺に限られており、根株から離れたところでは垂下根の発達は著しく悪い。

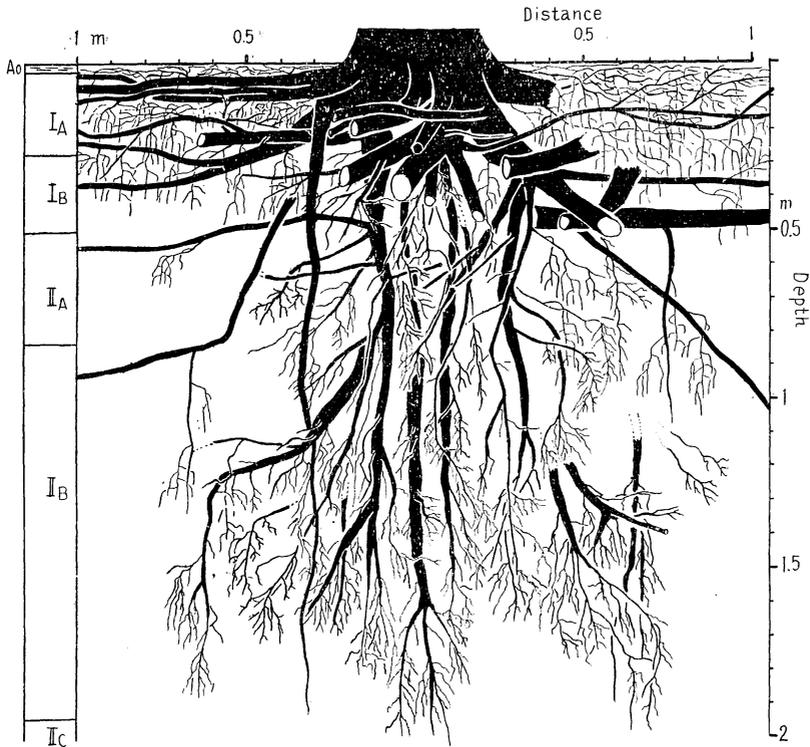
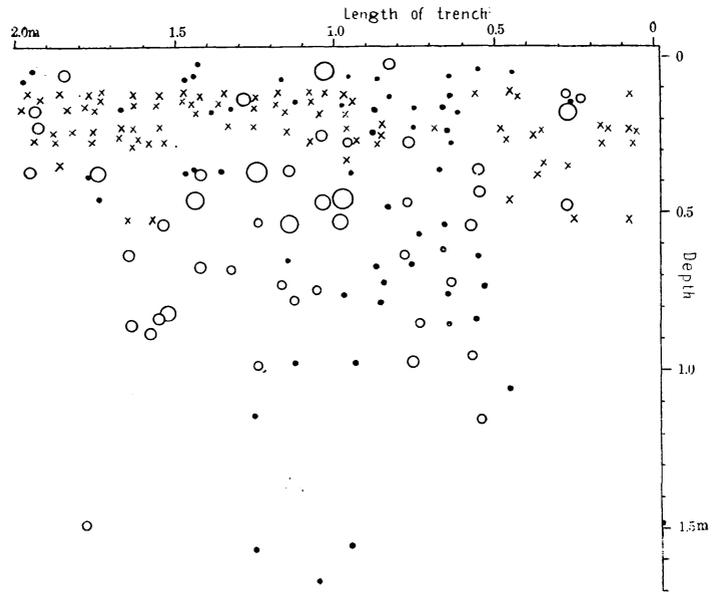


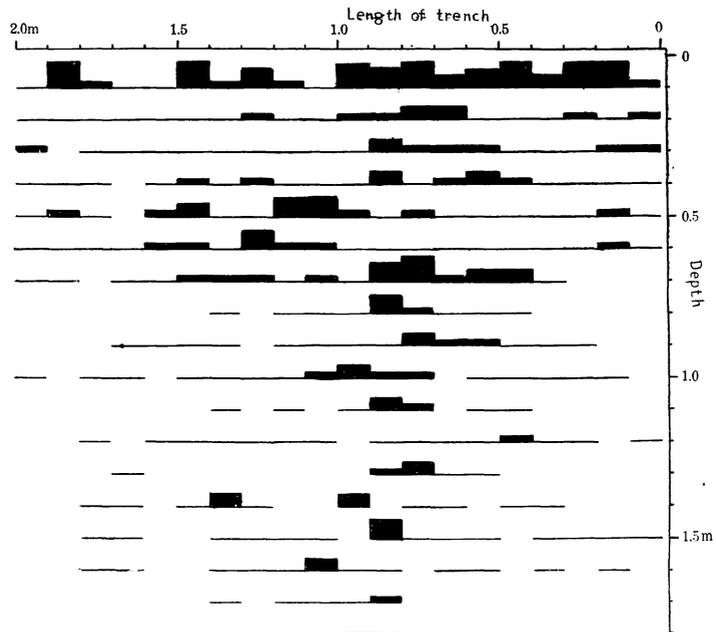
Fig. 11 スギの根系

Root system of *Cryptmeria japonica*. (H. 16 m, D.B.H. 32 cm, 50 years)

Few large pendent roots and fine roots are developed into the compact soil (depth 1.1~1.8 m), and horizontal roots extend widely.



Profile 9. スギの太根の分布  
Root distribution of *Cryptmeria japonica*.



Profile 9. スギの細根の分布  
Fine root distribution of *Crptmeria japonica*.

斜出根も、根株から分岐する数本の直径4~5cmの根は、主として根株の近くで下方に彎曲し、あるいは下方に分岐している。その斜出根のうち、一部のものは直径1.5~3cmで、ロープ状に長く斜走して深さ150cm以上に達している。一般に太い斜出根の分岐は少なく、太い根のまま斜走する場合が多い。すなわち、

太い斜出根はタコの足状になる傾向がある。しかし、一部の斜出根は上向して水平根となり、根株から直接発達した水平根とともに上層部を波状に横走していることが多い。

水平根は直径8~10 cmの太いものと、直径2~3 cmのロープ状にのびる細いものが、根株から分岐し、上層部を波状に横走する。これらの水平根は多くの小径根と細根に分岐し、地表部をよく覆っている。なかでも、細根は房状の塊りになつて地表部に集まる傾向が強い。上層部のロープ状の水平根は柔軟性に富み容易に屈曲するが、太い根は固くて弾力性に乏しい。また、直径2 cm程度の細いものでも深く分布しているものは質が固く、したがつて太い根のように弾力性に乏しい。

房状に発達する細根から吸収根が分岐するが、深部ではやや太くて直径1.0~1.2 mmのものが多く、上層部ではやや細くて直径0.6~0.8 mmのものが普通である。

断面の太根数は108本で、その径級別本数分布は小径根91%、中径根7%、大径根3%であつた。小・中径根は深さ50~100cmにその40%が分布し、大径根は深さ30~60cmにその大半の分布が認められた。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size			中径根 Medium size			大径根 Large size			計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0~10.0	10.0<	
本数 Number of roots	81	12	3	2	5	2	2	1		108
%	75	11	3	2	5	2	2	1		101

太根総数の深さに対する変化は、最大分布層が深さ10~20cmで16%、0~20cmに比較的多くて30%、30cmでは急に少なくなつて7%であつた。しかし、50~100cmの深部にも多く、これを深さ50cmごとに見ると、深さ0~50cmに56%、50~100cmに37%であつた。

細根の多さの指数合計は138で最大分布層は深さ0~10cmで33%を示し、太根数の割合よりも19%も上層部にずれていることが分つた。しかし、深さ20cmからは急に減少して7%となるが、深さ50~100cmでも3~9%の分布が認められ、また、深さ100~150cmでは太根の分布割合よりも5%も多かつたことは、細根の発達が深部においても比較的よいことを示すものである。

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100~150	150~200	200~250	計 Total
		本数													
太根 Big root	Number of roots	15	17	8	12	9	8	10	9	7	6	4	3		108
	%	14	16	7	11	8	7	9	9	7	5	4	3		100
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	45	10	8	8	13	8	16	4	4	5	14	3		138
	%	33	7	7	7	9	7	12	3	3	3	9	1		101

頻度は深さ70cm以下では80~100%で、上層部に根が普遍的に分布していることがわかるが、深さ100~150cmにも75%もの高い値が部分的に出て、根の出現のしかたが局所的な傾向があることがわかつた。その最大の深さは180cmであつた。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
頻度 Frequency (%)	100	100	95	95	95	100	80	45	70	80	35	75	25	50	70	60	25	10

B 断面での太根数は 38 本で、A 断面の 31% を占めており、その最大分布層は深さ 40 cm で、B 断面においても分布が比較的下層部に多いことがわかった。

(10) *Taxodium distichum* RICHARD ラクウシヨウ

調査木は樹高 15 m, 胸高直径 26 cm, 樹令 40 年 (Profile. 10, Fig. 12, Phot. 20・21・22)。

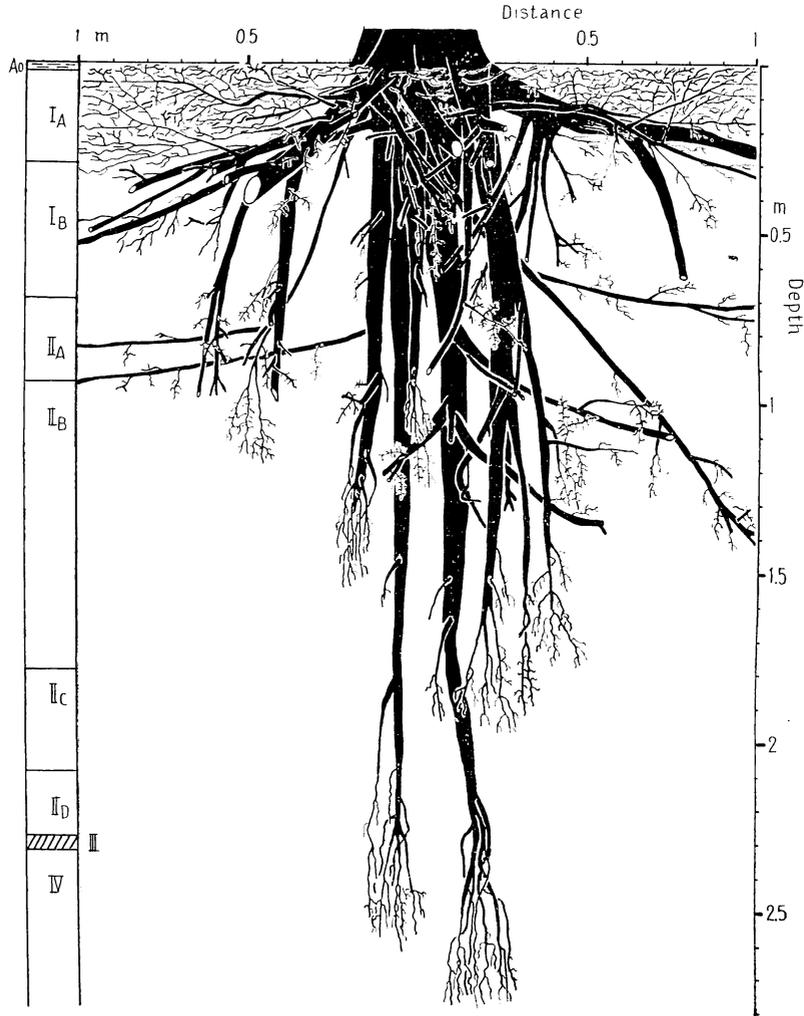
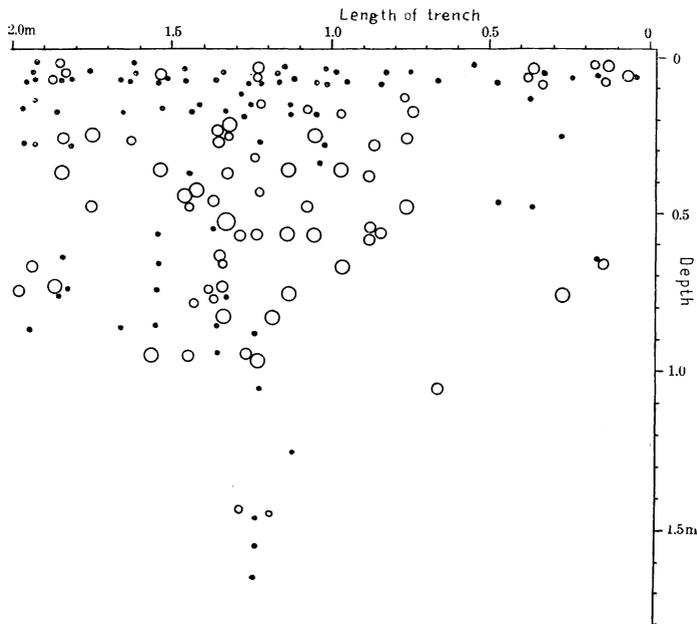
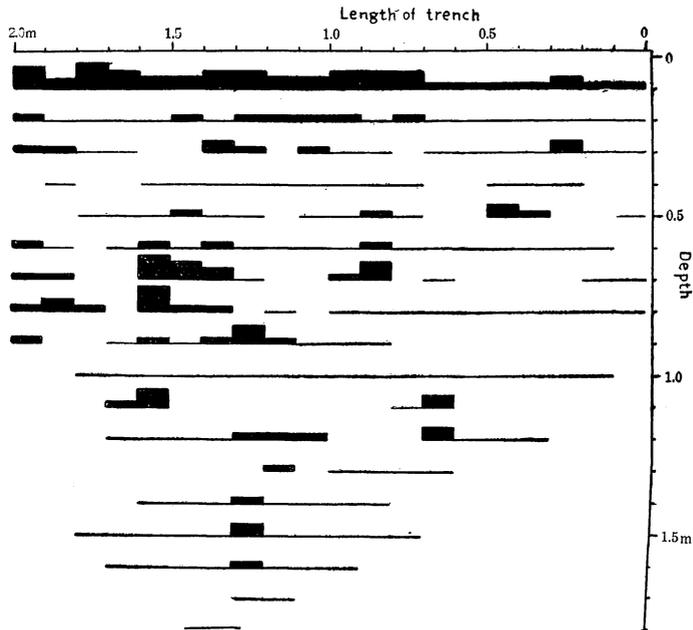


Fig. 12 ラクウシヨウの根系  
Root system *Taxodium distichum*. (H. 15 m, D. B. H. 26 cm, 40 years)  
Large pendent roots are developed into the maximum depth (280 cm) through Gley soil and reached to the ground water.



Profile 10. ラクウシヨウの太根の分布  
Root distribution of *Taxodium distichum*.



Profile 10. ラクウシヨウの細根の分布  
Fine root distribution of *Taxodium distichum*.

根の表皮は赤褐色で、薄く、スギに似て縦に長く剥げる、

Fig. 12のように根株の直下に太くて長い垂下根が発達する型で、根系の形態はこの垂下根と、太い斜出根によつて特徴づけられる。

根株から深さ 20 cm のところの直径が 15~20cm のものが数本発達し、棒状に垂下するが、そのうち浅いものでも深さ 150~200 cm に達し、深いものは最大 270 cm まで侵入している。いま、その最も太い代表的なものについて、おのおのの深さごとに直径を測ると、深さ 50 cm で 10 cm, 100 cm で 6 cm, 150 cm で 4 cm, 200 cm で 3 cm となり漸次細くなる傾向にあつた。

垂下根は一般に分岐が少ないが深さ 80~110 cm の II<sub>B</sub> の固い土壌の上部で数本の大径根に分岐する傾向がうかがわれた。しかし、この垂下根から分岐した根は斜出根として発達するものは少なく、大部分は同じ垂下根として発達している。

この垂下根の先端部は、図のように数本の小・中径根に分れ、比較的多くの細根を分岐している。この垂下根の先端部の小径根はよく屈曲し、固い土壌中に侵入して終つている。

根株の周辺から直径 4~5 cm 程度の太い斜出根が数本分岐するが、いずれも下方に彎曲し、あるいは下方に分岐して、その先端部は垂下根になつて終る場合が多い。また、直径 1~2 cm のロープ状の斜出根で、長くのびて、深さ 150 cm 以上に発達しているものも認められた。

水平根は、特に深さ 0~40 cm の間に多いが、深さ 100cm 付近でも、さきに述べた斜出根のように、直径 1~2 cm のロープ状の水平根が長く横走しているのが観察せられた。上層部に発達する水平根もこのようなロープ状に長くのびるものも多く、この根から分岐する小・中径根は複雑に交錯し、部分的に小さな塊り状の細根を分布しており、これらの根が網目状に上層部を覆つている。

根株の近くでは水平根、斜出根と数本に分岐した垂下根が交錯するために、癒合が数箇所で見られ、また、太根の交錯する割合は少ないが土壌がきわめて固く、これによる圧力が大きいために深さ 100~120 cm でも数個の癒合がみられた。この癒合の現象とともに、深さ 150 cm 付近では根が土壌の圧力で楕円ないしは板状になつて成長しているものも多く観察された。

ロープ状の直径 2~3 cm 程度の根は柔軟性に富み、容易に折り曲げることができる。

細根は房状で、塊りになつて上層部に層状に分布する。また、深さ 100~150 cm の固い土壌層にも集団的に細根が分布しており、土壌と固く結びついている。この深部での吸収根は大きくて直径 1.0~1.2 mm のものが多いが、上層部のものはやや細く、直径 0.8~1.0 mm のものが普通である。

湿性の通気の悪い立地では一般に気根 (Knees) の発達が著しく、また板根になる性質が認められるが、調査地においては以上のような現象は見られなかつた。

断面での太根数は 156 本で、その径級別本数分布は小径根 73%, 中径根 28%, 大径根 1% で他の樹種に比較して中径根の割合が大きい。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小 径 根 Small size			中 径 根 Medium size			大 径 根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	
本 数 Number of roots	79	18	6	9	21	22	1		156
%	51	12	4	6	14	14	1		102

このうち、小径根の分布は上層部に多く、深さ 0~10 cm の間にその 30% が分布しており、深さ 0~30cm に 45% が分布していたが、中径根はその反対に深いところに多く、深さ 50~100cm にその約 50%

が分布していた。

これを太根数の深さ別割合で見ると下の表のように、最大分布層は深さ 0~10cm で 32%、0~30cm に 55% であつた。しかし、深さ 70~100cm でも各層 4~7% の分布があり、100~150cm に 5% も分布があ

深さ別太根, 細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

深 さ		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	計
Depth (cm)		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	Total
太 根 Big root	本 数 Number of roots	50	20	16	9	10	10	8	12	7	5	7	2		156
	%	32	13	10	6	6	6	5	8	5	3	5	1		100
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	35	7	8		5	4	16	9	7		15	1		107
	%	33	7	8		5	4	15	8	7		15	1		103

ることは、この種類が深根性であることを示すものである。

細根の多さの指数合計は 107 で、深さ 0~10 cm に 33% で、10~20 cm からは急に減少して 7~8% になる。しかし、深部でも時に 15% もの分布が見られたことは、細根の分布が局部的に出る性質が大きいことを示している。細根の指数が (1) 以上のものの最大分布深さは 160 cm であつた。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深 さ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
頻 度 Frequency (%)	100	100	95	95	95	100	80	45	70	80	35	75	25	50	70	60	25	10

頻度は深さ 70 cm 程度から急に低くなる傾向があるが、細根の指数の場合と同じように、部分的に高い値が示されることは、根の分布のしかたが局部的になる傾向があるためと考えられ興味がある。その最大の深さは 180 cm であつた。

B 断面での太根の本数は 116 本で、A 断面の 74% であつた。その径級分布は小径根 79%、中径根 21% で、大径根はなかつた。この小・中径根ともに深さ 50~100 cm の固い土壌の層にも分布が多く、全体の 28% が分布していたことは、A 断面での分布と考えあわせて、両断面ともに分布が深くにも多いという点において興味がある。

(11) *Picea excelsa* LINK. オウシュウトウヒ

調査木は樹高 16 m, 胸高直径 24 cm, 樹令 47 年 (Profile 11, Fig. 13, Phot. 23)。

根の表皮は黒褐色で、やや厚く、鱗片状になつて小さく剥げる。

根株から 2 本の太い垂下根が発達し、そのうち長いものは最大深さ 230 cm に達する。太い垂下根は深さ 70 cm 付近で数本の直径 4~5 cm の斜出根と垂下根に分岐し、また、この垂下根は深さ 100~150cm で多くの中・大径根に分岐している。棒状にのびるものでも、その直径は深さ 80 cm 付近から急に細くなり、根株付近で直径 15 cm のものが、深さ 100 cm では直径 3 cm となり、深さ 150 cm では 1 cm となつている。

この深部に発達する根は、小径根でも質が一般に固く、柔軟性に乏しい。また細根の分布もきわめて少ない。

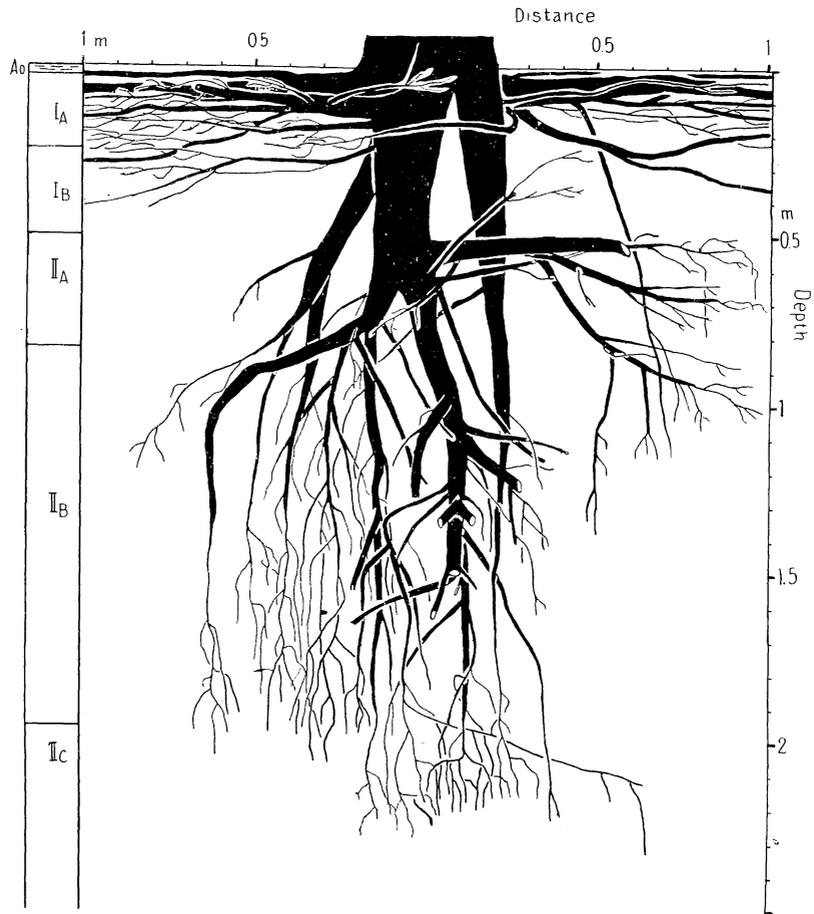


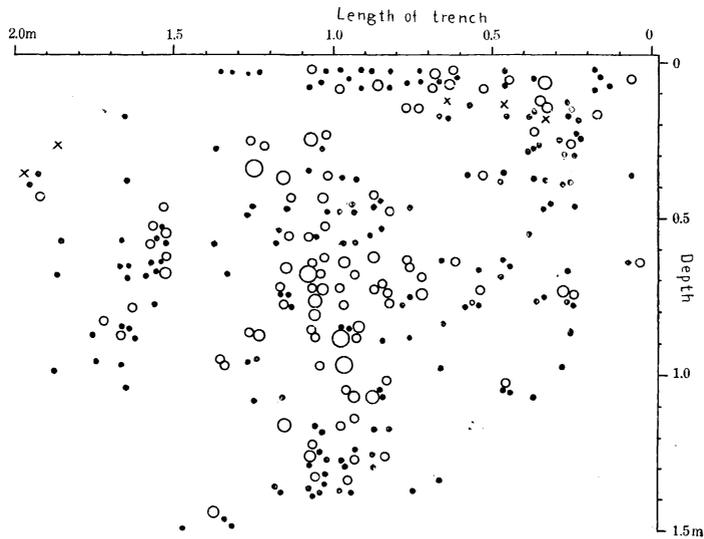
Fig. 13 オウシュウトウヒの根系  
 Root system of *Picea excelsa*. (H. 16 m, D. B. H. 24 cm, 47 years)  
 Pendant roots are developed in the depth 230 cm.

斜出根は少なく、深さ 80 cm 付近で垂下根から分岐するものがあるが、多くは下方に彎曲して垂下根となつている。しかし、上層部の深さ 30 cm までに発達した斜出根は、上向して水平根となり、上層部を横走する傾向が強い。

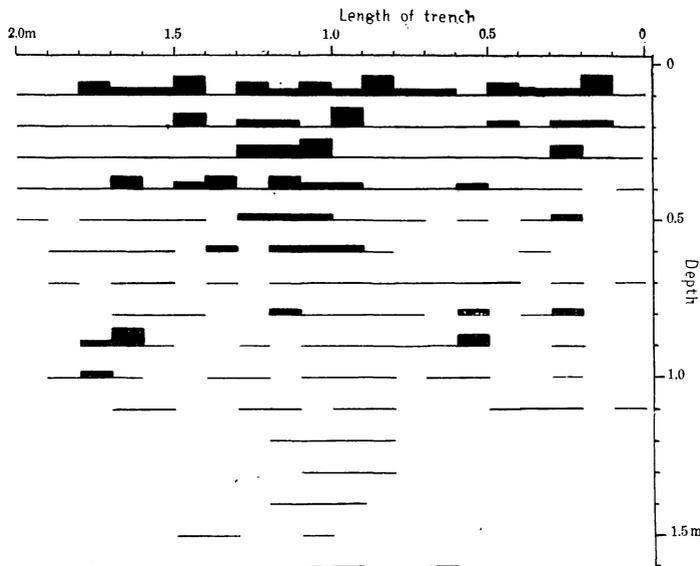
水平根は、根株から直径 10~15 cm の太いものが出るが、根株の近くで直径 2~3cm の多くのロープ状の大径根に分岐し、このロープ状の大径根は上層部を波状に上下して遠くに達している。この水平根の

径級別本数分配表  
 The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size			中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0 <sup>5.0</sup>	~10.0	
本数 Number of roots	180	57	12	7	16	5	5		283
%	64	20	4	3	6	2	2		101



Profile 11. オウシュウトウヒの太根の分布  
Root distribution of *Picea excelsa*.



Profile 11. オウシュウトウヒの細根の分布  
Fine root distribution of *Picea excelsa*.

発達のために上層部では小・中・大径根が複雑に交錯して細根とともに網目状になっている。

断面での太根数は283本で、モミヤマツ類よりも分岐が多い。その径級別本数分布は、次の表のように小径根が91%、中径根8%、大径根2%であった。このうち小径根は上層部のみならず、深さ50~100cmの深いところでも相当の分布が認められ、特に中径根では深さ0~50cmよりも50~100cmの値の方が高い傾向にあった。

いま、これらを総合して総太根数の深さ別分布割合を見ると、最大分布層は0~10cmで27%、0~20cmには43%であった。

深さ別太根, 細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

		深  さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	計
太 根 Big root	本 数 Number of roots		76	44	15	19	21	21	17	16	22	11	21			283
	%		27	16	5	7	7	7	6	6	8	4	7			100
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root		25	10	9	10	4	4		3	5	1				71
	%		36	14	13	14	6	6		4	6	1				100

細根の多さの指数合計は71で、太根数の割合に少ない。最大分布層は深さ0~10cmで36%、0~30cmに63%、0~40cmに77%で深さ50cm以上では指数が急に減少する傾向にあつた。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深  さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
頻 度 Frequency(%)	100	100	100	95	70	50	70	55	55	55	50	20	15	15	15	20

頻度も深さ50cmから急に減少する傾向にあり、太根数や細根の分布のしかたに類似していた。

B断面の分布はきわめて少なく、A断面の10%であつたが、その大部分は水平根で地表0~30cmの間に大半が集まつている。

(12) *Tsuga Sieboldii* Carr. ツガ

調査木は樹高15m、胸高直径28cm、樹令63年 (Profile 12, Fig. 14, Phot. 24・25・26)。

根の表皮は赤褐色で、やや厚く、モミの表皮と同様に鱗片状に剥げ落ちる。

モミのように根株の真下に発達する太くて長い垂下根はなく、直径3~4cmの多くの短かい束状に発達する垂下根と、斜出根ないしは水平根の基部から発達する太い垂下根によつて特徴づけられる。これらの直径3~4cmの垂下根は、深さ100cm付近のII<sub>B</sub>の固い土壌層のところで、直径0.5~1.0cmの多くの中径根に分岐し、互にからみ合つて、束状になつて最大深さ190cmまで垂下している。深さ100~160cmでは、垂下する中径根の発達はきわめて悪く、固い土壌を縫つて小さく屈曲して侵入している。この垂下根は小径根や細根の分岐が少ないために線状に終る場合が多い。

また、斜出根や、水平根から垂下する太い垂下根も深さ60cmごろから急に細くなり、浅いものは深さ70cm、深いものでも深さ80~100cmで、直径1~2cmの多くの中・大径根に分岐している。この分岐した根は短い線状に終つており、さきへのべたようにその発達はきわめて悪い。その一例として、深さ120cm付近で直径3cmの垂下根が全く成長がとまつて貧弱な数本の小・中径根に分岐し、掌状になつて終つているものが多いことがあげられる。

以上のようにツガの垂下根の発達はモミ・マツ類に比べてきわめて悪く、特に固い緻密な土壌のところではその発達が著しく阻害されることがわかつた。したがつて、細根の分布もこのような条件のところではほとんど認められない。

斜出根は直径10~15cmの太いものが数本であるが、深さ50~70cmで垂下根のところ述べてように、

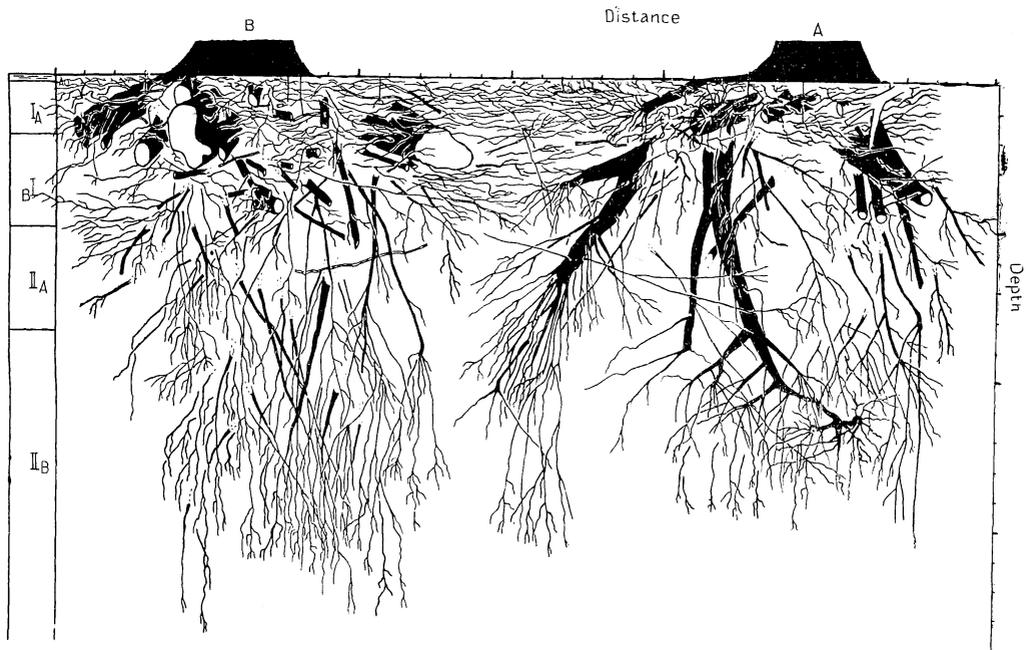
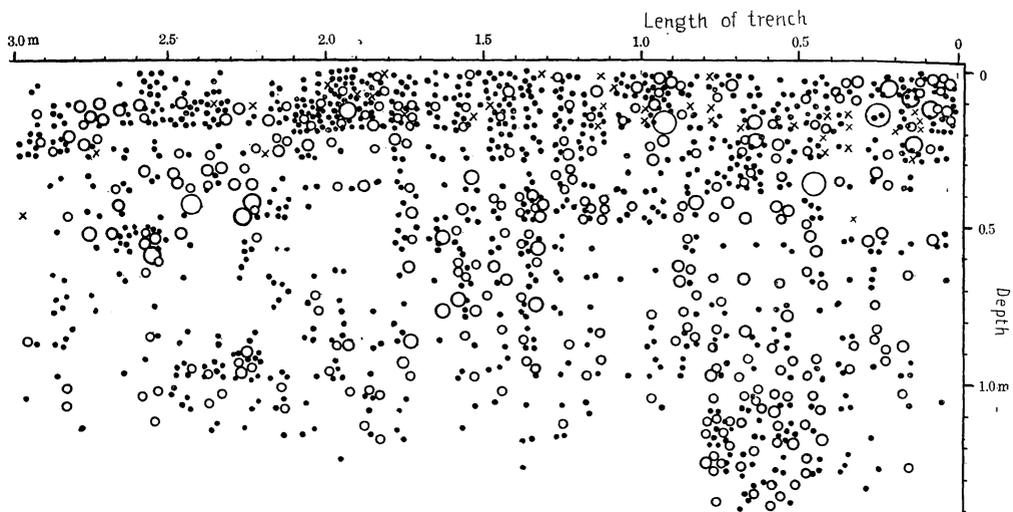
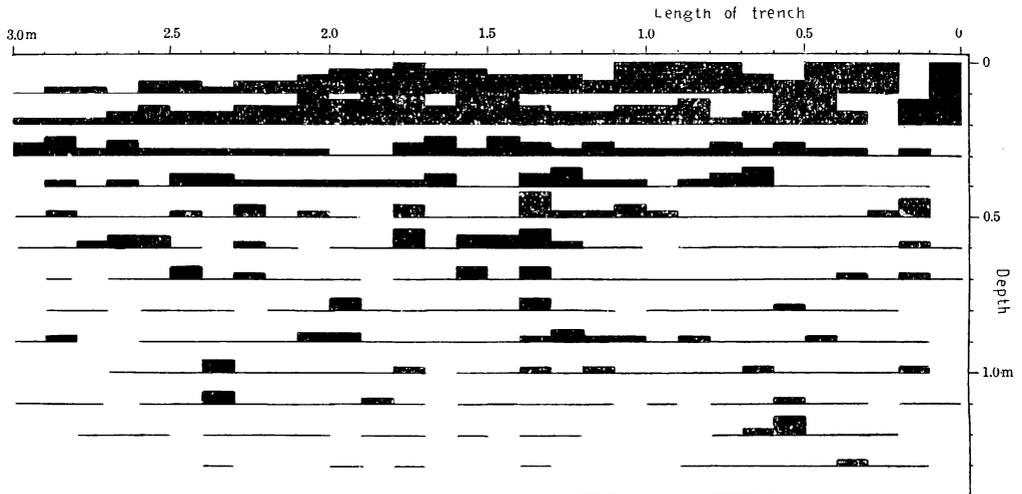


Fig. 14 ツガの根系  
 Root system of *Tsuga Sieboldii*. (H. 15 m, D. B. H. 28 cm, 63 years)  
 Pendant roots are not developed in the depth 190 cm of the  
 hard and compact soil.

多くの小・中径根に分岐して一部は垂下し、一部は斜出して終っている。しかし、一般には、斜出根が上向して水平根となり、根株から直接発達した水平根とともに、上層部で厚さ 30 cm 程度の根の集まった層をつくることが多い。



Profile 12. ツガの太根の分布  
 Root distribution of *Tsuga Sieboldii*.



Profile 12. ツガの細根の分布  
Fine roots distribution of *Tsuga Sieboldii*.

水平根は Phot. 25 のように、直径 15~20cm の太いものが数本発達して板状になり、樹幹を支える。しかし、根株を離れるにしたがつて、その分岐は多くなり、直径 2~3 cm のロープ状の水平根の発達が著しくなる。この中、大径根の、横走する水平根はきわめて多く、また、これが多くの小径根と細根に分岐し、これらの根が複雑に交錯して網目状になつて上層部を覆っている。

以上説明した根系のうち、直径 3~4 cm 以上の太いものは質がきわめて固く、柔軟性に乏しいが、上層部のロープ状ののびる水平根は、弾力性に富み屈曲しやすい。しかし、同じ大きさのものでも深部の根は質が固く、弾力性に乏しいが、これは深部での成長がきわめて悪いことに原因しているようである。

細根はさきへのべたように特に上層部に多く、これから分岐する吸収根も、上層では直径 0.6~0.8mm のものが普通であるが、水分の多い深部では直径が太く 0.8~1.0mm できわめて短いものが多く観察された。

長さ 3 m のトレンチの断面に現われた太根数は 1,230 本で、小径根が 94 %、中径根 5 %、大径根は 1 % で、そのうち直径 0.2 cm のものが 73 % を占め、細い根が多かつたことがわかる。いま径級別に深さの分布を見ると、小径根は 100~150 cm の深くて固い土壌でも 12 % の分布が見られ、深部にもかなり多くの小径根が分布していることがわかつた。反対に大径根はその大半が深さ 50 cm までの間に認められた。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size			中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total	
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0~10.0		
本数 Number of roots	901	173	50	31	48	14	9	1	3	1230
%	73	14	4	3	4	1	1	+	+	100

つぎに、総太根数について深さ別にその本数の分配関係を見ると、表のように最大分布層は深さ 10~20cm

で19%、深さ0~30cmに46%であつたが、それ以上の深さでも4~7%の分布があり、しだいに分布が減少していることがわかる。太根の最大分布深さは140cmであつた。

細根の多さの指数合計は327で、深さ0~20cmの間に特に多くて全体の56%、同じ深さの太根数に比べて、19%も多い。したがつて、深部ではその比率は少なくなり2~3%しか認められなかつた。太根数、細根の指数合計ともに、深さ40cmからその多さが急に少なくなるのは、地表近くに小径根と細根がかたよつて分布することによるためである。

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	計 Total
	太根 Big root	本数 Number of roots	193	238	133	90	84	84	57	46	70	84	151		
	%	16	19	11	7	7	7	5	4	6	7	12			101
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	92	92	39	26	20	20	10	7	9	6	6			327
	%	28	28	12	8	6	6	3	2	3	2	2			101

頻度は深さ110cmまで85%で、深くまで根系の分布がかなり普遍的であつたことがわかる。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
頻度 Frequency (%)	100	100	100	95	95	90	90	75	90	85	85	60	40	15

B断面の太根数は142本で、A断面の12%にあたり、根株で水平根が発達している割合には根株から離れたところでは少ない。

このB断面の太根の直径別本数割合は小径根87%、中径根12%、大径根1%で、深さ別には20~30cmが最大分布層で、28%を示し、深さ50~60cmでも11%の分布が認められた。

### (13) *Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc. ヒノキ

調査木は樹高14m、胸高直径23cm、樹令50年(Profile 13, Fig. 15, Phot. 27・28・29)。

根の表皮は茶褐色で、薄く、樹皮に似て縦に薄く剥げる。

この根系は太い数本の斜出根と太くて短い垂下根によつて特徴づけられる。

すなわち、根株の真下に、深さ30cmのところの直径が15~20cmの太い垂下根が数本出るが、深さ60~70cmで多くの中・大径根に分岐し、垂下根は急に細くなつて最大深さ170cmに達している。一般に深さ70cm以上での垂下根の発達が悪く、一部のものを除いては急に直径が細くなる。分岐は太い根がまばらに出る場合が多く、小・中径根が刷子状に分岐するシラカシなどの型とは全く異なるものである。このために、全体的に太い根の形がこの根系の形態を特徴づけているように見える。

垂下根は、先端部では数本の小径根に分岐しており、小径根には塊り状の細根が分布している。

この細根の塊りは大きく、土壌の固いところでは密接に固く土壌に結びついているので、容易に土壌が

ら細根を剥がすことはむずかしい。また、これらの細根はよく土を掴んでいて、細根を取り出すと土の塊り状になつて取り出される。

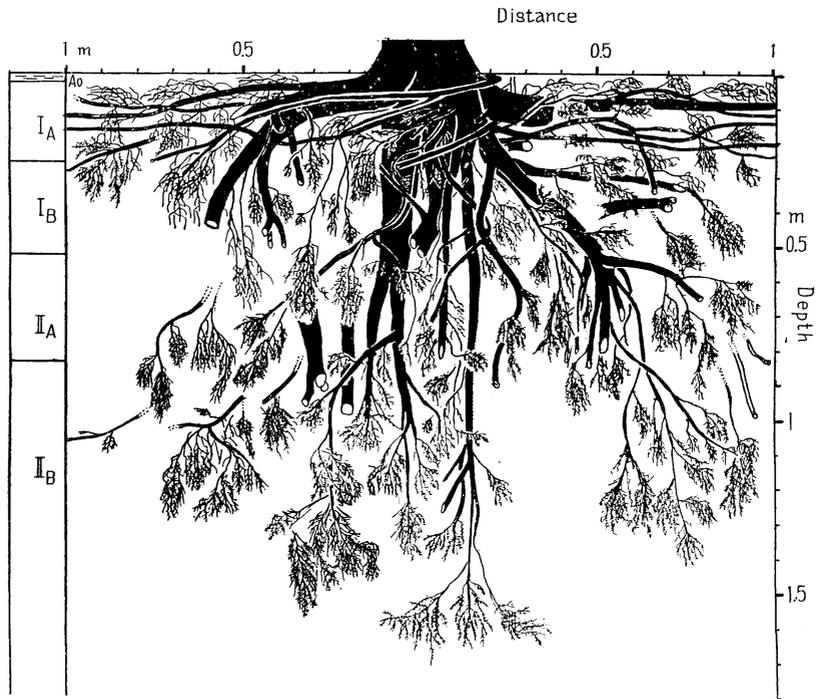
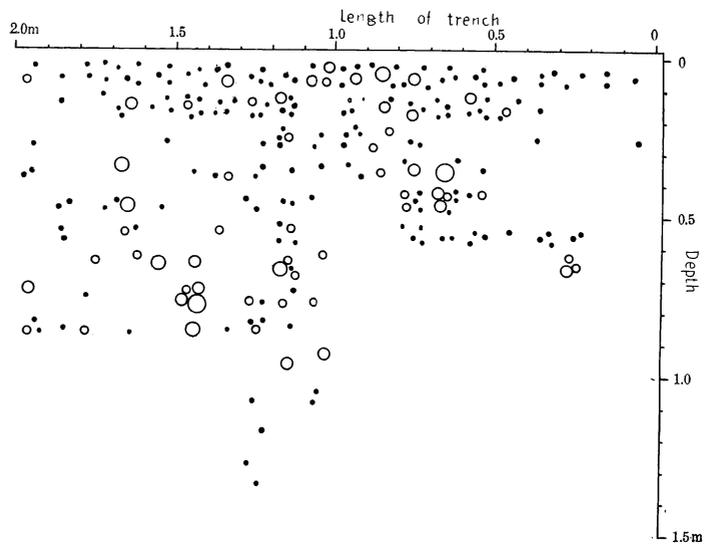
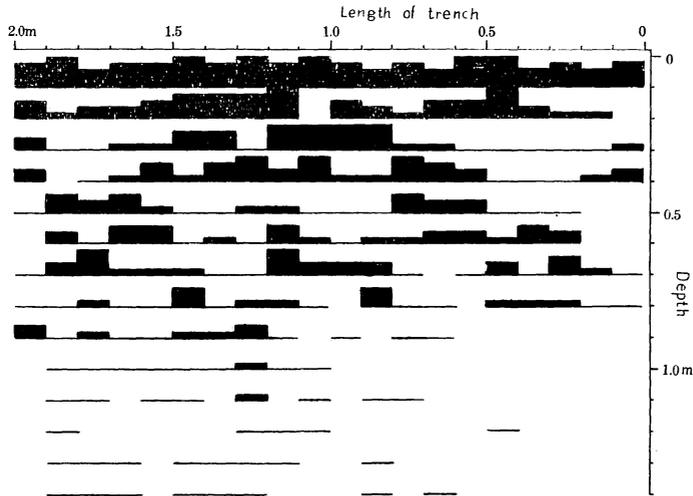


Fig. 15 ヒノキの根系  
 Root system of *Chamaecyparis obtusa*. (H. 14 m, D. B. H. 23 cm, 50 years)  
 Pendant roots are short and absorbing roots are many in the upper soil layer.



Profile 13. ヒノキの太根の分布  
 Root distribution of *Chamaecyparis obtusa*.



Profile 13. ヒノキの細根の分布  
Fine root distribution of *Chamaecyparis obtusa*.

以上の根株の直下にて主な垂下根は、屈曲が少なく棒状に垂下しているが、斜出根あるいは水平根の基部から出る垂下根は細くて、彎曲しているものが多い。

一部の斜出根は根株の近くで、下方に彎曲して垂下根となり、あるいは垂下根を分岐しているが、あるものは上部に彎曲し、上層部に沿つて水平に発達している。この上向する深さは 50 cm までのものが多く、それ以上の深さでは上層部に向つて発達している根系は認められなかつた。

水平根も直接根株から分岐する細い根は少なく、数本の直径 5~7 cm の太い水平根が直径 2~3 cm の水平根に分岐して、これらの根がロープ状になつて横走上層部に集まつている。一般に根の質は固く、弾力性が乏しいので、力を加えると折損しやすい。しかし、上層部に発達するロープ状の根はやや弾力性に富み地表層近くを上下して波状に横走をしている。

細根は房状になつて糸屑状に塊り、根株の周辺では、この傾向が特に著しいために土壤が粗鬆になつている。深部の細根は、さきに述べたように塊り状になる。上層部での吸収根は直径 0.5~0.7 mm のものが多いが、深部のものは太くて 0.8~0.9 mm が普通で、その長さも短いものが多い。

断面における太根数は 237 本で他の樹種に比較して多く、小径根は 93% で太根の大多数を占め、中径根は 6%、大径根は 1% であつた。小径根のうち直径 0.2 mm のものが特に多く全体の 76% を占めていた。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size			中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	
本数 Number of roots	179	24	10	7	7	8	2		237
%	76	10	4	3	3	3	1		100

この径級別の深さによる分布を見ると、小径根は深さ 0~50cm にその 50% が、50~100 cm に 39% があり、深いところでも小径根の分布がかなり多く認められた。大径根は深さ 30~80 cm に多い。

つぎに、総太根数の垂直分布を見ると、次表のようになり、最大分布層は深さ 0~10cm で 25%、深さ

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

		深 さ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100	150	200	計
		Depth (cm)											~150	~200	~250	Total
太 根 Big root	本 数 Number of roots		59	49	19	18	24	24	12	12	12	2	6			237
	%		25	21	8	8	10	10	5	5	5	1	3			101
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root		99	47	29	34	18	24	11	12	7	1	1			283
	%		35	17	10	12	6	9	4	4	3	+	+			100

10~20 cm に 21% で、深さ 20 cm までに比較的多いが、深さ 30 cm からは急に少なくなつて 8% に低下している。しかし、上層部に太根数の分布が多い割合に深さ 50~100 cm になつても比較的多く、各層とも 5~10% の分布が認められた。この関係を深さ 50cm ごとにとみると、0~50cm に 72%、50~100cm に 26%、100~150 cm に 3% で 50~100 cm の深さにも比較的多くの根が分布していることがわかつた。

細根の多さの指数合計は 283 で、最大分布層は、深さ 0~10 cm で 35% を示し、この深さにおける太根数の割合よりも 10% も多い値を示した。

このように、太根の分布よりも細根が上層部にかたよつていることは明らかであるが、一方深さ 50~100 cm でも他の樹種に比べて比較的多くの分布があり、各層に 4~9% の分布がみられた。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深 さ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Depth (cm)														
頻 度 Frequency (%)	100	95	100	95	90	85	95	90	60	45	40	25	40	40

頻度分布も上の表のように、上層部に頻度が高いことはもちろんであるが、深さ 90~140cm でも 40~60% の分布が認められた。すなわち、深さ 100 cm 以上では、細根の指数が (1) 以上のものは少なく (+) 程度の分布が多いことがわかる。一般にヒノキの根系は浅く分布するといわれるが、このような土壌条件のところではかなり深くまで分布していることもわかつた。

(14) *Chamaecyparis pisifera* STEB. et Zucc. サワラ

調査木は樹高 14m、胸高直径 36 cm、樹令 47 年 (Profile 14, Fig. 16, Phot. 31・32・33・34)。

根の表皮は赤褐色で、薄く、樹皮と同様に線状に剥がれる。

全体としての形態は、上層部を地表に沿つて水平に横走する多くの水平根と、少数の太い斜出根によつて特徴づけられる。

根株の直下に深さ 20 cm のところでの直径が 20 cm の太い垂下根が出るが、その発達はきわめて悪く、多くの直径 2~3 cm の斜出根に分岐して、最大深さ 120 cm で終つている。すなわち、土壌が固くなる深さ 50 cm のところでは、直径が 5 cm になり、深さ 70~80 cm で多くの中・大径根に分岐して Fig. 16 のよ

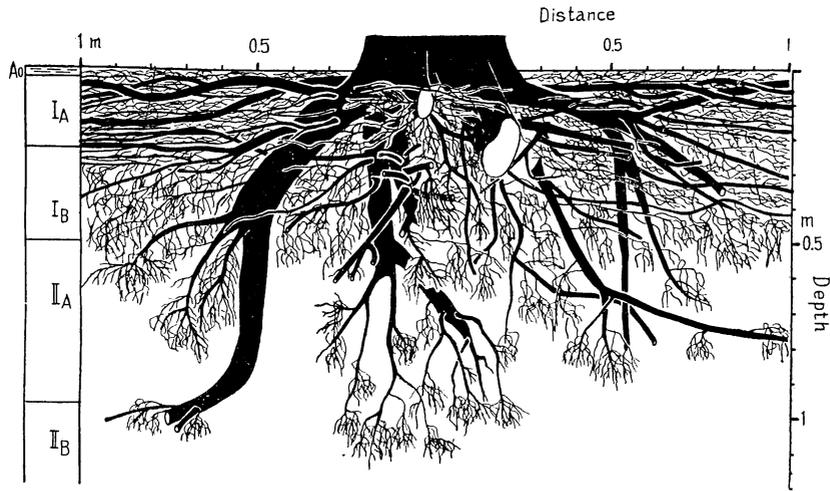
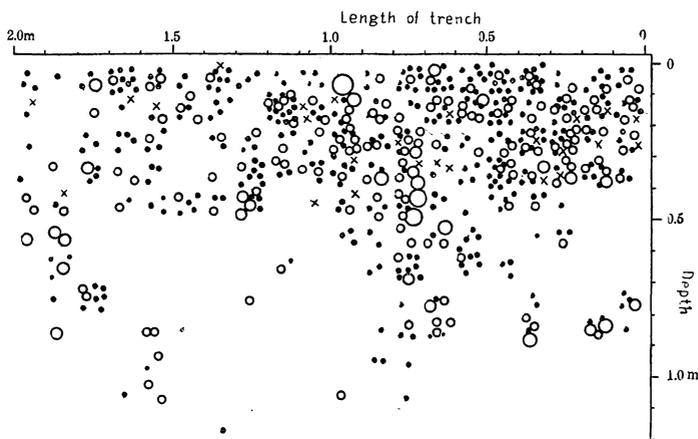


Fig. 16 サツラの根系  
 Root system of *Chamaecyparis pisifera*. (H. 14 m, D. B. H. 36 cm, 47 years)  
 Roots are not developed in the compact soil, therefore roots of the upper soil layer are seemed alike layering.

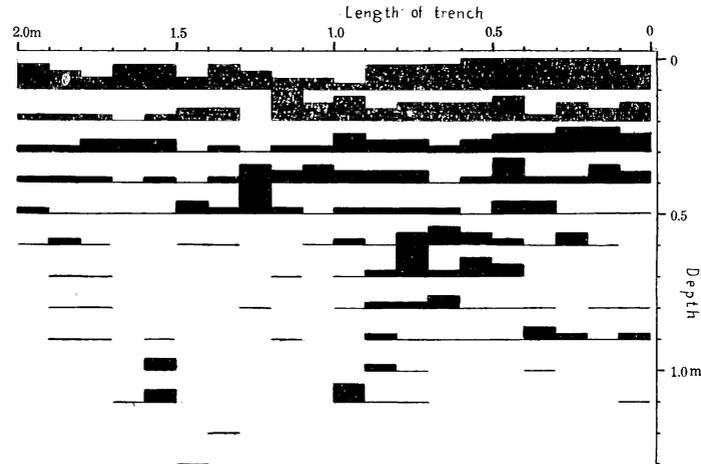
うに急に細くなっている。このような根の成長のしかたは、根の成長に対する条件が非常に悪くなつたところで著しく、条件のよいところでは棒状、または細長くなつて成長するが、上記のようなきわめて悪い条件のところでは急に細くなつて終る場合が普通のものである。数本に分岐した、小・中径根の先端部は掌状に分岐している。

以上の太い垂下根の他には直径 1 cm 程度の細い紐状の垂下根が多いが、大多数のものは深さ 50cm で成長がとまつている。

直径 15cm の太い斜出根が、根株からの距離が 30~40cm のところで急に下方に彎曲して垂下根となるが、その先端部は固い II<sub>B</sub> 土壌のところでは急に上に向つて彎曲し、固い土壌層に沿つて横走している。この垂下根においても、さきに説明した垂下根と同様に固い土壌層のところでは急に直径が減少する。



Profile 14. サツラの太根の分布  
 Root distribution of *Chamaecyparis pisifera*.



Profile 14. サワラの細根の分布  
Fine root distribution of *Chamaecyparis pisifera*.

斜出根は、根株の近くでは下方に彎曲して垂下するものが多いが、根株から 50 cm 以上離れると、斜出根から発達する垂下根は少なくなる傾向がある。一般に斜出根は深さ 30~40 cm から上方に彎曲し、あるいは分岐して水平根となり、上層部に層状に重なり合い、波状に上下して横走する。

水平根は数本の直径 10~15 cm の太いもののほかに、直径 2~3 cm のものが根株から分岐してロープ状に発達する。この太い根が水平根の主体をなしているが、根株の近くで多くの中・大径根に分岐しているものが多い。この太い水平根は、根株の基部では偏厚して楕円形となる。このような偏厚はサワラのような水平根の発達が著しく、垂下根や斜出根の発達が悪い、いわゆる浅根性の樹種で著しく、上部の重さを支えるための一つの根の適応と考えられる。

細根は糸屑状になつて上層部に発達し、小・中径根とともに網目状に根株の周囲を覆っている。吸収根の太さはヒノキに似て直径 0.5~0.7 mm のものが多い。水分のやや多い深部では太くなつて、直径 0.8~1 mm のものが観察せられたが、固い土壌のところではその長さは短くなる。

この土壌がきわめて固いところでは、細根は塊つて土壌と固く結びついている。これらの細根は、浅いところでも深いところでも菌根の発達が著しく、特に上層部では、これらの細根が層状に発達するために、土壌は粗鬆になり、他の同じ深さの土壌よりも乾燥していることがうかがえた。

断面での太根数は 551 本で、小径根が 94 %、中径根 5 %、大径根は 4 本しか分布しなかつた。このように小径根の割合がきわめて多いのは、分岐が上層部に偏っているこの樹種の特徴と考えられる。特に

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size			中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	
本数 Number of roots	350	106	49	13	22	7	2	2	551
%	64	19	9	2	4	1	+	+	99

直径 0.2 cm, 0.3 cm のものが多く、全体の 83 % を占めていた。小径根は深さ 0~30 cm にその 60 % が認められ、中径根は比較的深部に多くて、深さ 20~50 cm の間にその約 2/3 が分布している。また、小径根は深さ 40 cm になると急に減少する傾向にあつたが、中径根の場合はその減少のしかたが緩やかである。

つぎに、太根の総本数について深さごとにその割合を見ると、最大分布深さは 10~20 cm で 20%、また深さ 0~30cm に 57% の分布があつた。この分布は深さ 50cm から急に減少して 9% になり、深さ 60cm

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

深  さ		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100	150	200	計
Depth (cm)												~150	~200	~250	Total
太 根 Big root	本 数 Number of roots	104	110	99	85	51	22	26	20	23	5	6			551
	%	19	20	18	15	9	4	5	4	4	1	1			100
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	86	43	38	31	18	12	12	4	5	3	5			257
	%	33	17	15	12	7	5	5	1	2	1	2			100

では 4% で、太根の最大分布深さは 120 cm であつた。

細根の多さの指数合計は 257 で、地表から深さ 10 cm に 33%、0~30 cm に 65% で、太根の場合よりも上層に分布がかたよつている。最大分布層は深さ 0~10 cm であつた。細根も太根の場合と同様、深さ 50 cm から急に分布が減少している。また、深さ 80 cm 以下ではほとんど分布が認められない。

頻度は深さ 50 cm まで 100% で、70 cm では 40% になり、100 cm では 40% で、70 cm 以下で

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深  さ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Depth (cm)													
頻 度 Frequency (%)	100	100	100	100	100	75	40	60	65	20	30	5	5

は上層部に比べてその比率がきわめて少なくなる。すなわち、上層部に根の分布が層状に、ほぼ均等に分布していたことがわかる。

B 断面の太根数は 348 本で、A 断面の 63% にあたり、その径別の本数割合は小径根 94%、中径根 6% で、大径根はなく、小径根の割合が特に多い。その小径根のうち直径 0.2 cm のものは全体の 78% を占めていた。この太根総数の垂直分布は深さ 0~10cm に 38%、0~30cm に 65%、0~50 cm に 88% で、A 断面に比較して上層部の割合がきわめて多い。

これは、斜出根と水平根が発達する調査木一般に認められるように、根株を離れるにしたがつて水平根が上層部に集まつてくる傾向によるものである。

(15) *Quercus myrsinaefolia* BLUME シラカン

調査木は樹高 15 m, 胸高直径 22 cm, 樹令 40 年 (Profile 15, Fig. 17, Phot. 34・35・36)。

根の表皮は黒褐色で、薄く、平滑。

この根系は、根株の近くで分岐する多くの直径 1~4 cm の中・大径根によつて特徴づけられる。

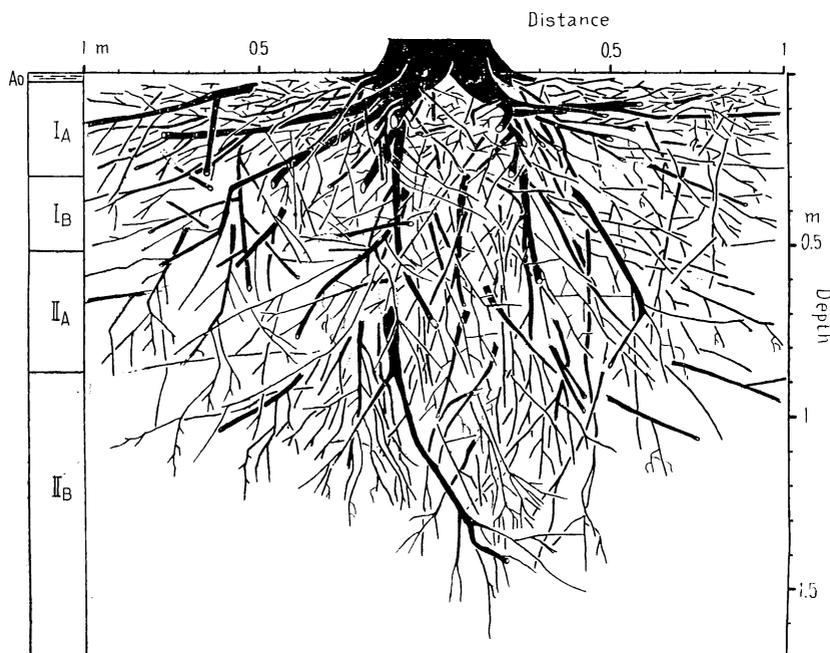


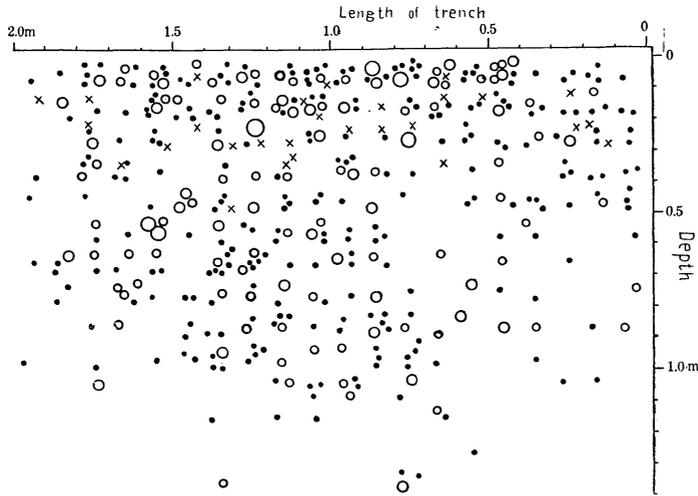
Fig. 17 シラカシの根系  
Root system of *Quercus myrsinaefolia*. (H. 15 m, D. B. H. 22 cm, 40 years)

Large roots are few, and small or medium forked roots are gregarious in the compact soil, but their development are not good.

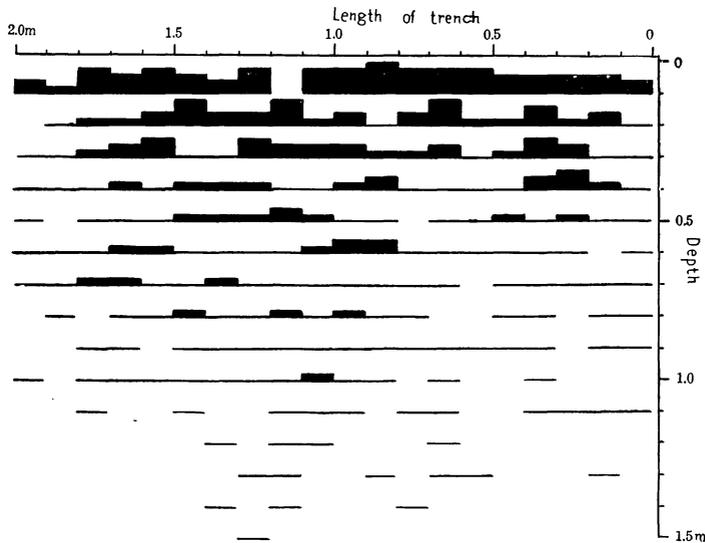
すなわち、垂下根では根株のところで、直径 5cm 程度のもので、主として深さ 30~100cm の間で細かく分岐して一部は垂下根となり、一部は斜出根となつて終つている。

この細かく分岐して刷子状に交錯しているもののうち比較的太いものについて見ると、これらの垂下根は普通根株の直下に集まり、束状になつて発達し、深さ 80 cm で直径 1~2 cm の太さの垂下根が鞭状になつて垂下して、最大深さは 170 cm に達する。一般に分岐は多いが、小さな屈曲は少なく、直線的に出る。しかし、深さ 100 cm 以上の深いところでは、その分岐はきわめて少なく、線状に終るものが多い。土壌の固い深さ 100 cm 付近では垂下根の直径が急に細くなる傾向がみられた。この垂下根のうち、あるものは土壌の圧力のために、板状あるいは楕円状になるものが認められ、また細根は以前に根が発達していたと考えられる細かい孔隙や土壌の小さな裂目に沿つて部分的に発達が認められたが、一般的にはこの固い緻密な土壌のところでは分布があまりみられなかつた。

斜出根も垂下根と同様に分岐がきわめて多く、垂下根の複雑に分岐した根と交錯している。このために、このような多くの分岐した根が集まる根株付近では、根の発達によつて土壌が圧迫され、同じ深さの根の少ないところよりも、土壌が固結することが観察された。またイヌシデの場合と同じように、刷子状に分岐する多くの中・大径根で占められた根株の近くでは、土を落すための長いドライバーも容易にとおらず、したがつて、根に挟まつた土壌を落すことは容易にできない状態であつた。この斜出根の分岐角度は一般に狭くて、20~30° のものが多い。根株からやや離れたところでは斜出根は上向して分岐・彎曲する場合が多い。しかし、このような傾向が認められる最大の深さは 30~40 cm であつた。



Profile 15. シラカシの太根の分布  
Root distribution of *Quercus myrsinaefolia*.



Profile 15. シラカシの細根の分布  
Fine root distribution of *Quercus myrsinaefolia*.

以上のような、根株の付近に周密に集まる根系の特徴のために、根株の近くでは斜出根の癒合が多く、根株を離れるにしたがつて、その個数は急速に減少している。

斜出根の一部はロープ状になって、長く地中を斜走する。

水平根も根株の近くで細かく分岐するので、クリの根系で見られるような太いものはない。根株から出た太い根は、直径 2~3 cm の多くの細い根に分岐する。したがって、根株を遠ざかるにつれて本数は急に多くなるが、それと反対に直径は急に小さくなっていく。数本のロープ状の同じ太さで延びる水平根があるが、その本数は少なく長さも短い。根の質は固く、直径 1~2 cm のロープ状のものでも弾力性に乏

しく、折り曲げると容易に折れる。

細根は写真のように小さな塊りになつて、小径根にまばらにつき、吸収根は一般に細くて直径 0.2~0.3 mm のものが多い。

断面での太根数は 373 本で他の樹種に比べて多く、その径級分布は次の表のように小径根が総太根数の 95% を占め、中径根が 5%、大径根は 2 本しか分布しなかつた。このような径級分布は、この根系の分岐がきわめて多いことを表わしているものである。この小径根のうち、58% は深さ 0~50cm に、37% は 50~100 cm に分布しており、深い部分にもかなり多くの小径根の分布が見られた。

中径根でも同様な傾向があるが、これは深さ 50 cm の深いところでも小・中径根の分岐が多いことを示すものである。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小 径 根 Small size			中 径 根 Medium size			大 径 根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0~10.0	
本 数 Number of roots	264	48	27	13	20		1		373
%	71	13	7	4	5		+		100

いま、深さ別に太根数の分布を見ると、表のように最大分布層は深さ 0~10 cm で 19%、10~20 cm が 15% であつたが、深さ 30 cm からは急に減少して 8% となり、以下深くなるにしたがつて順次低下している。深さ 0~50 cm に 58%、50~100 cm では 36% の分布が認められた。

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深 度 Depth (cm)	本 数												計 Total	
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100~150	150~200		200~250
太 根 Big root	Number of roots	71	54	28	31	30	25	34	24	28	25	23			373
	%	19	15	8	8	8	7	9	6	8	7	6			101
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	62	33	25	13	8	9	3	3		1				157
	%	40	21	16	8	5	6	2	2		1				101

細根の多さの指数合計は 157 で、太根よりも上層部に多く分布し、最大分布深さは 0~10 cm で 40%、0~30 cm に 77% があつて、太根に比べて 35% も多かつた。しかし、深さ 70 cm 以上では急にその分布が減少して 2% となり、最大分布深さは 100 cm で 1% であつた。

頻度は深さ 70cm まで 95~100% できわめて多く、根が広く普遍的に分布していたことがわかる。深さ 110 cm から急にその割合が少なくなつて 55% になり、最大深さは 150 cm で 5% であつた。すなわ

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深 度 Depth(cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
頻 度 Frequency (%)	100	95	100	100	90	95	95	80	80	70	55	20	30	15	5

ち、細根の多さの指数の最大深さである100 cm 以上でも多くの分布は認められたが、量的にはきわめて少なく (+) 程度の多さしかなかった。

B 断面の太根数は 179 本で、A 断面の 48% にあたり、そのうち径級別では小径根が 88%、中径根が 12% で大径根は分布が認められなかった。

この太根数の深さ別分布を深さ 50 cm ごとに見ると、深さ 0~50 cm に 74%、50~100 cm に 22% で割合からいえば A 断面の場合よりも 16% も上層部に分布が多いことがわかる。最大分布深さは 110 cm であった。

(16) *Quercus salicina* BLUME ウラジロガシ

調査木は樹高 14 m、胸高直径 20 cm、樹令 55 年 (Profile 16, Fig. 18, Phot. 37・38)。

根の表皮は赤褐色で、薄く、やや平滑。

シラカシで認められたような細かい根の分岐は著しくないが、根株から直径 4~5 cm の斜出根が出て、根株の近くで細かく分岐し、複雑に交錯する。

垂下根は、根株および斜出根と水平根の基部から直径 4~5 cm のものが出るが、根株の近くで盛んに分岐する。しかし、1 箇所から数本の中径根に分岐することは少なく、また、シラカシのように分岐部と分岐部の間隔が短くないので、根の分岐のしかたは比較的まばらに見える。また、直径 1~2 cm の中径根のほかに、直径 3~4 cm の太い垂下根が多いこともシラカシと異なるところである。この太くて短い垂下根は棒状に発達することが多い。一般に、深さ 90 cm 付近の固くて緻密な II<sub>B</sub> の土壌層のところから急に細くなり、いままで棒状であったものが鞭状の細長い垂下根になつて発達して、最大深さ 160 cm に達し

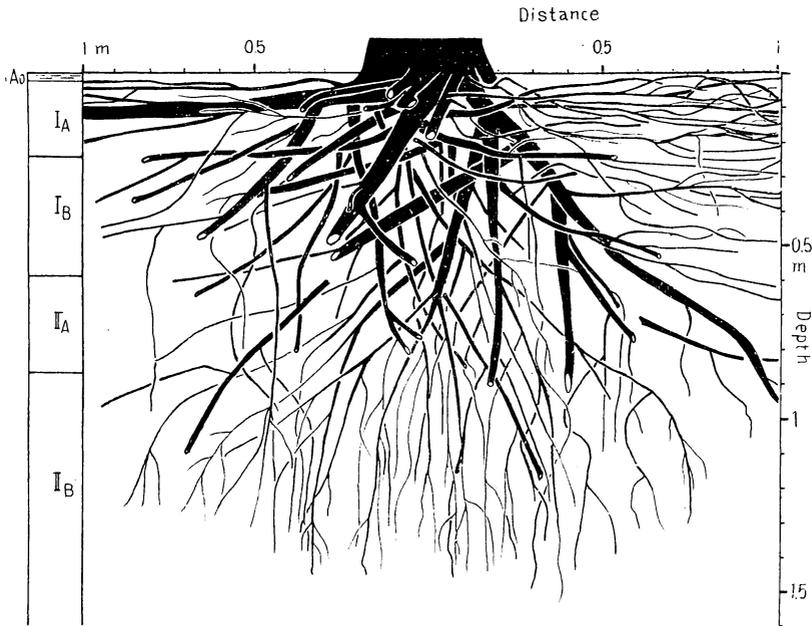
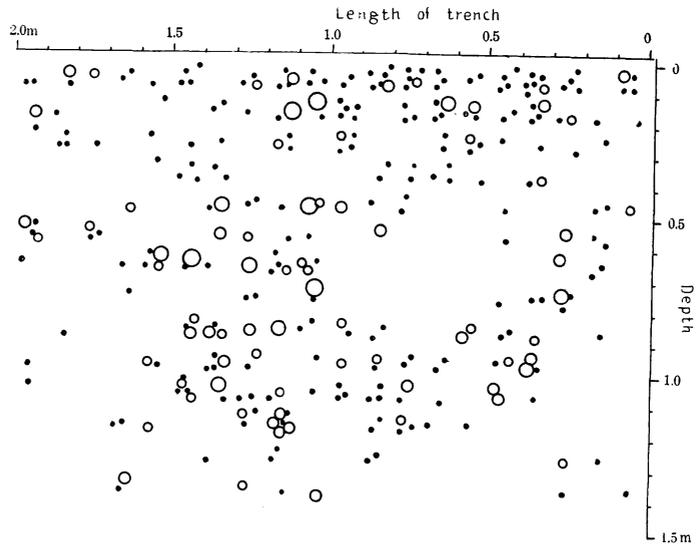
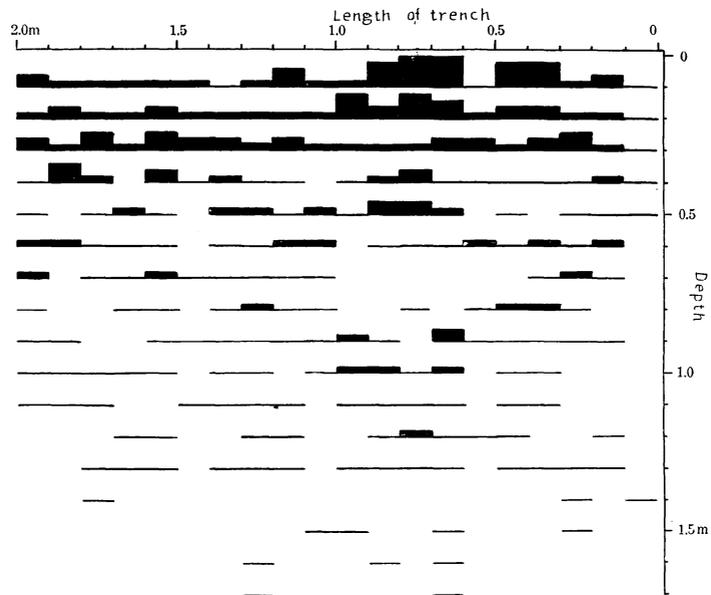


Fig. 18 ウラジロガシの根系  
Root system of *Quercus salicina*. (H. 14m, D. B. H. 20 cm, 55 years)  
Level roots are few developed, and oblique roots are much forked.



Profile 16. ウラジログシの太根の分布  
Root distribution of *Quercus salicina*.



Profile 16. ウラジログシの細根の分布  
Fine root distribution of *Quercus salicina*.

ている。分岐もこの固い土壌層のところで多くなる傾向がある。

以上に述べた、垂下根の深さによる太さの変化を、その深さごとに含まれている垂下根の平均の太さで測定してみると、深さ 50cm では直径 3~4cm, 80cm では 2~3cm, 100cm では 0.3~0.5cm であった。以上のように、深さ 90cm 以下では垂下根の径級がきわめて細く、紐状になつて垂下するために、これらの細い垂下根が集まつて、Fig. 18 のように籐状に見える。最大深さ付近では数本の小径根に分岐し

て終るが、この先端部では細根の分布は少なく線状に終る。

深さ 50 cm 以上の斜出根は下方に彎曲して垂下するものが多いが、この深さ以下のものはやや上方に彎曲してその先端部は水平根となり、あるいは上方に分岐して上層部に達し、ここで多くの細根を分岐している。直径 0.5~1 cm の紐状の斜出根が見られるが、その本数は少ない。

水平根のうち太いものとしては、直径 4~5 cm のものが根株から出るが、根株から離れると急に細くなり、多くの中・大径根に分岐して終っている。このロープ状の水平根は、地表層近くに集まって図のように波状に横走しているが、その長さはやや短く、根株の周辺では細かく交錯して、網目状に地表近くを覆う傾向がある。深さ 50 cm 以下では、ほとんど水平根の発達は認められなかつた。

吸収根は写真のように、小さな塊りとなつて小径根またはヒゲ状の細根にまばらにつく、その直径は細くて 0.2~0.3 mm のものが多い。根の質は固く、弾力性に乏しい。

断面の太根数は 299 本で、他の樹種に比べてかなり多い。

径 級 別 本 数 分 配 表  
The relation between number of roots and diameter.

	小 径 根 Small size				中 径 根 Medium size			大 径 根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	5.0~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	10.0<	
本 数 Number of roots	223	29	10	2	21	8	6			299
%	75	10	3	1	7	3	2			101

この根系の径級別分布は小径根 89%，中径根 10%，大径根 2% で、小径根は深さ 0~50 cm にその 52%，50~100cm に 28%，100~150cm に 19% で深いところに比較的多くの小径根が認められた。中径根は深さ 0~50cm に 19%，50~100cm に 42% で、小径根よりも一層、深いところに中径根の分布が多い。

つぎに、これを総合して総太根数の深さ別の分布を見ると、最大分布層は深さ 0~10 cm で 19%，0~20 cm で 31% で、上層部での太根数の分布が比較的少ない。これを深さ 50 cm ごとにみると、0~50 cm

深 さ 別 太 根, 細 根 分 布 表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深 さ Depth (cm)	本 数													計 Total
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	
太 根 Big root	Number of roots	58	35	24	16	16	16	20	11	22	22	59			299
	%	19	12	8	5	5	5	7	4	7	7	19			98
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	41	34	35	12	9	7	3	3	3	3	1			151
	%	27	23	23	8	6	5	2	2	2	2	1			101

に 49%，50~100 cm に 30%，100~150 cm に 19% で、深いところでの分布が多いことがわかつた。最大分布深さは 140 cm であつた。

細根の多さの指数合計は 151 で、最大分布層は太根数の場合と同じように深さ 0~10cm で 27% であり、深さ 0~30 cm に 73% があり、太根の分布に比べて細根の分布が 34% も上部にかたよつていた。しかし、深さ 40 cm からは急に少なくなつて 8% になり、順次減少している。すなわち、これらの太根と細

根の分布の状態から太根は深部に分布が多いが、細根は上層部に多いことが明らかになった。

頻度は深さ 60 cm まで多く、それ以上では減少するが部分的には 70~80% もあり、根の分布のしかたが各層によつて多少異なつていた。最大深さは 170 cm であつて、深さ 140 cm 以上ではほとんど(+)程度の分布しか認められない。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
頻度 Frequency (%)	100	100	100	90	80	85	60	60	80	70	65	50	70	15	20	15	10

B 断面の太根数は 198 本で、A 断面の 66% にあたり、そのうち小径根が 95%、中径根が 5% であつた。この断面における最大分布層は深さ 0~10 cm で 23% で、0~30 cm に 46% が分布しており、比率の上では、B 断面の方が A 断面よりも分布が表層部に集まつていたことがわかる。しかし、これを深さ 50 cm ごとの比率で見ると、深さ 0~50 cm に 61%、50~100 cm に 24% で B 断面としては他の樹種に比べて深いところに分布が多い。

(17) *Quercus gilva* BLUME イチイガシ

調査木は樹高 17 m、胸高直径 33 cm、樹令 55 年 (Profile 17, Fig. 19, Phot. 39・40)。

根の表皮は褐色で、シラカシの表皮に似て薄く、平滑。

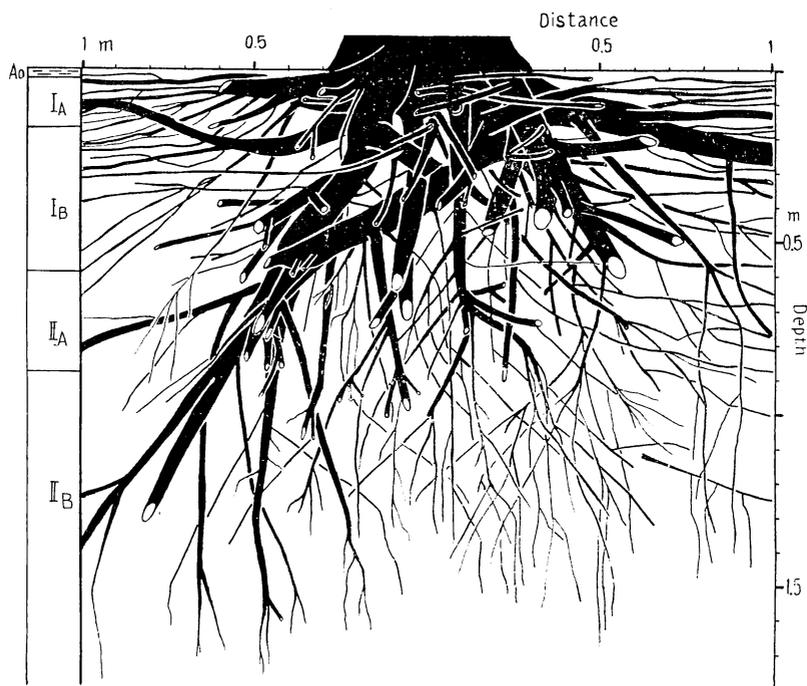
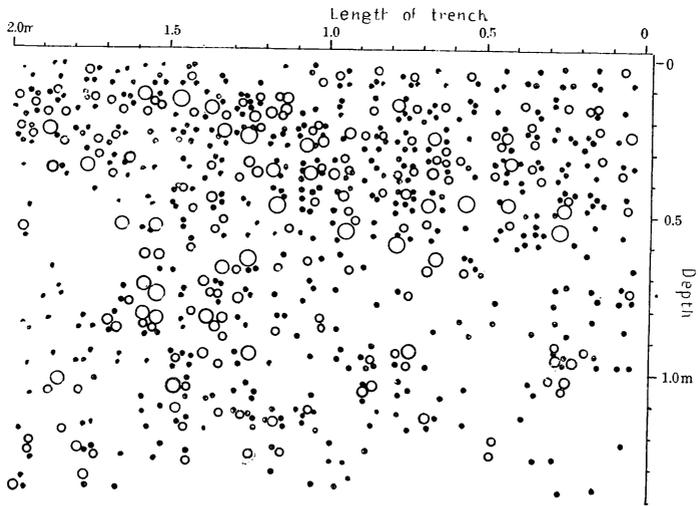
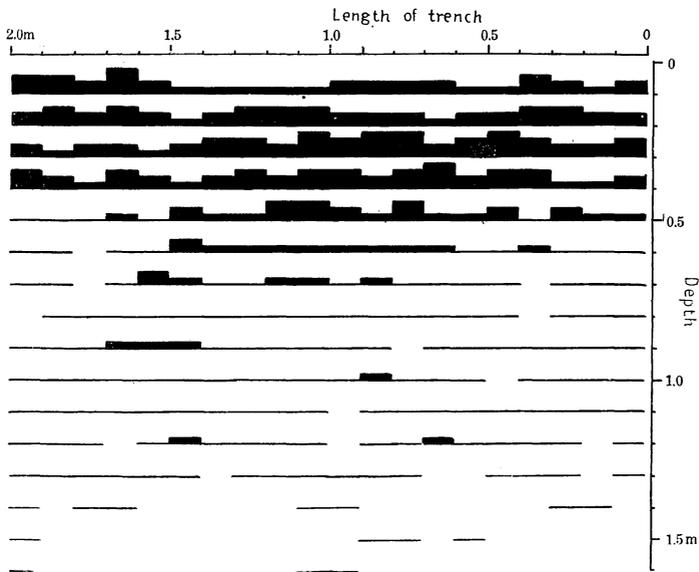


Fig. 19 イチイガシの根系  
Root system of *Quercus gilva*. (H. 17 m, D. B. H. 33 cm, 55 years)  
Oblique roots are well developed around the stump, but are few in the deep compact soil (depth 150 cm).



Profile 17. イチイガシの太根の分布  
Root distribution of *Quercus gilva*.



Profile 17. イチイガシの細根の分布  
Fine root distribution of *Quercus gilva*.

ウラジログシの根系に似て、直径5~7 cmの棒状の垂下根が根株の直下に数本出る。また根株の近くでは、直径2~3 cmの多くの斜出根と垂下根が複雑に分岐して交錯する。

深さ90 cm以下の根は、一部の太いものを除いては直径0.5~1.0 cmの細いものが多く、これらは鞭状になつて垂下し、最大深さ180 cmに達している。一般に深さ100 cm以上では垂下根の分岐は少なく、線状に垂下している場合が多い。垂下根の先端部は分岐せず線状に終り、細根の分布もきわめて少ない。

斜出根は特に発達が著しく、根株から数本の直径10~15 cmの太い斜出根が出るが、根株から50 cm

の距離の範囲内で直径4~5 cmの多くの斜出根および垂下根に分岐し、垂下根から分岐した斜出根と複雑にからみ合っている。

したがって、中・大径根の接触が多く、根株の周辺では多くの癒合が観察される。その分岐について見ると、根株のすぐ下のものは下方に向って分岐するものが多く、先端部は垂下根となつて終るものが多い。しかし、深さ40~50 cmに達する上部の斜出根は一般に上方に彎曲し、または分岐して、根株から100~150 cm離れたところでは水平根となり、直接根株から発達した水平根とともに上層部を横走している場合が多い。これらの分岐の角度は一般に狭く20°~30°の場合が普通である。

水平根としては、直径15~20 cmの太い数本が根株の周辺で多くの直径3~5 cmの水平根に分岐し、さらに、この水平根が直径1~2 cmの中径根に分岐している。根株の周辺では、これらの中・大径根の水平根が網目状に交錯することになる。直径2~3 cm程度のロープ状の根も多くに分岐するが、短く終る場合が多い。水平根は深さ50 cmまでにその発達が著しく、それ以上の深さではほとんど観察されなかつた。

以上の根の質は固く、直径2~3 cmの中・大径根も一般に柔軟性に乏しく、曲げると折れやすい。

細根はシラカシ、ウラジログシなどのカシ類に似て細い鬚状になり、吸収根は小さな塊りになつて散在して小径根についている。その太さは細くて、直径0.2~0.3 mmのものが普通である。

断面での太根数は695本で、他の樹種に比べてきわめて多い。すなわち、一般に分岐性が強いカシ類は

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小 径 根 Small size			中 径 根 Medium size				大 径 根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	10.0<	
本 数 Number of roots	485	88	40	14	28	23	16	1		695
%	70	13	6	2	4	3	2	+		100

太根数が多くなる傾向にある。その径級分布は小径根が91%，中径根7%，大径根2%で、小径根の割合が他の径級に比べて特に多い。

この小径根は深さ0~50 cmに57%，50~100 cmに31%があつて、深いところにも小径根の分布がかなり多いことがわかつた。また、中・大径根は小径根の場合よりもこの傾向が著しく、深さ0~50 cmに46%，50~100 cmに40%があつた。

これらの深さによる分布の関係を総太根数についてみると、最大分布層は深さ20~30 cmで、他の樹種に比べてやや深く、その比率は13%であつた。また、深さ50 cmごとにこの関係を見ると、また深さ0~50 cmに56%，50~100 cmに29%，100~150 cmに15%で、比率の減少のしかたは漸減しており、深いところにも太根の分布が多い。

細根の多さの指数合計は230で、深さ0~50 cmに90%があり、50 cm以上では急に少なくなつて、50~100 cmで9%，100~150 cmでは1%しか分布していない。

頻度は、次の表のように深さ110 cmまで95%以上で、かなり深くにも普遍的に根が分布していることがわかる。しかし、深さ140 cmからは急にその割合が減少して35%になり、最大分布深さは160 cmで、80 cm以上の深さではほとんど指数として(+)~(1)程度の分布しかみられない。

深さ別太根, 細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	計 Total
	太根 Big root	本数 Number of roots	60	86	93	83	68	48	28	37	42	46	104		
	%	9	12	13	12	10	7	4	5	6	7	15			100
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	37	45	54	46	25	11	6		3	1	2			230
	%	16	20	23	20	11	5	3		1	+	1			100

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
頻度 Frequency (%)	100	100	100	100	100	95	90	90	95	95	95	85	80	35	20	15

B断面の太根数は185本で、A断面の27%にあたり、そのうち小径根が89%、中径根9%、大径根2%であつた。このB断面の太根の総本数の垂直分布は、深さ0~50cmに58%、50~100cmに34%で、比較的深いところでも分布が認められたが、深さ100cm以上ではほとんど分布が見られなかつた。

(18) *Quercus variabilis* BLUME アベマキ

調査木は樹高16m、胸高直径24cm、樹令50年(Profile 18, Fig. 20, Phot. 41・42)。

根の表皮は赤褐色で、やや厚いが、樹皮のような厚いコルク層の発達は見られない。疎糙。

根株から深さ30cmのところには、直径15~20cmの垂下根が数本出るが、深さ50~100cmでは、直径3~4cmの、太さの変化が少ない斜出根と垂下根に分岐し、深さ100cmのところからは急に細くなつて、鞭状ないしは線状になつて最大深さ260cmまで垂下している。この深さによる直径の変化を代表的な垂下根について測定してみると、深さ50cmで14cm、80cmで5cm、100cmで3.5cm、120cmで2cm、150cmで0.5cmとなり、深さ130cm以上ではほとんど同じ太さの根が発達している。

以上の直径の変化をみてもわかるように、深さ100cmのところから急に細くなる傾向がうかがわれた。これは、この深さにおいて、多くの小・中径根に分岐していることにもよるものであつて、さきにも述べたように、鞭状ないしは線状の垂下根がこの深さ以上では、Fig. 20のように籐状に発達している。また、この直径が急に細くなり、分岐が多くなる深さは固くて緻密なII<sub>B</sub>土壌層の上部にあたり、土壌層の固さ、緻密の度合と根の太さや分岐のしかたとの間に何らかの関係があるようである。

深さ150cm付近の土壌の固いところでは、垂下根が楕円状ないしは板状になつて、土壌の裂目に沿つて発達する傾向がある。

このために、同じ裂け目に数本の小・中径根が発達していることが多く、根が成長してくると、土壌が固くて肥大成長をする空間が少ないために、細い根でも癒合することが多く、あるいはさきに述べたように偏厚することが多い。この土壌が固くて深い部分では、垂下根は細かく屈曲しているが、大体は通直である。しかし、この屈曲の度合は土壌の固いところほどはげしい。

垂下根の先端部は地下水の上部に拡がる盤鉄の層を透して地下水に達しているが、ここでは分岐が少な

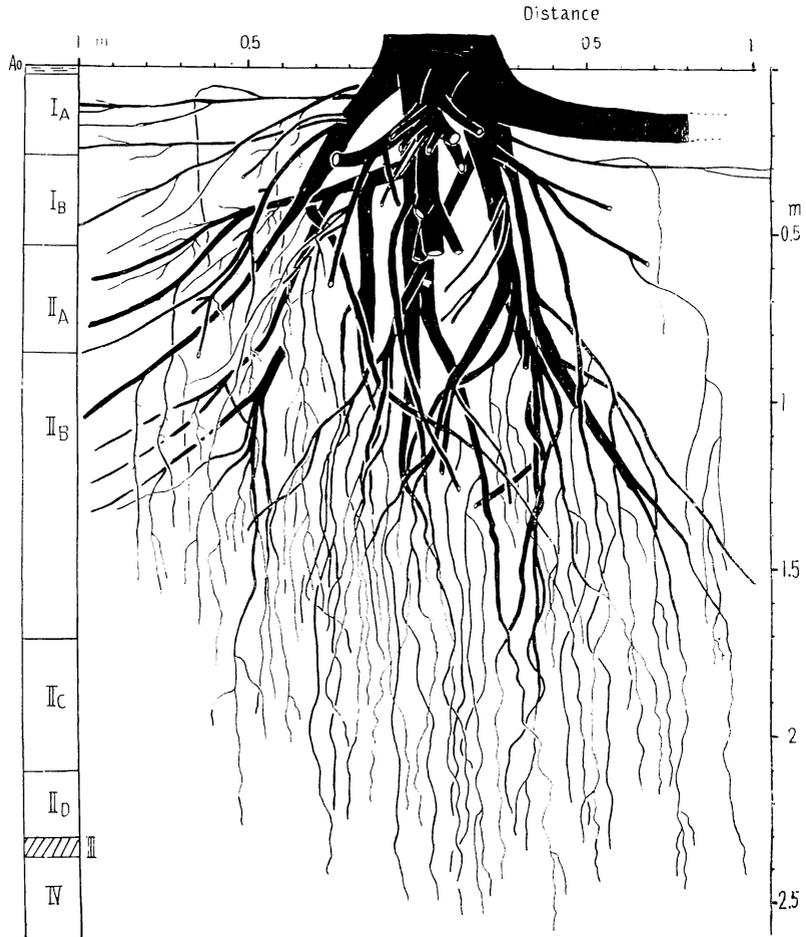


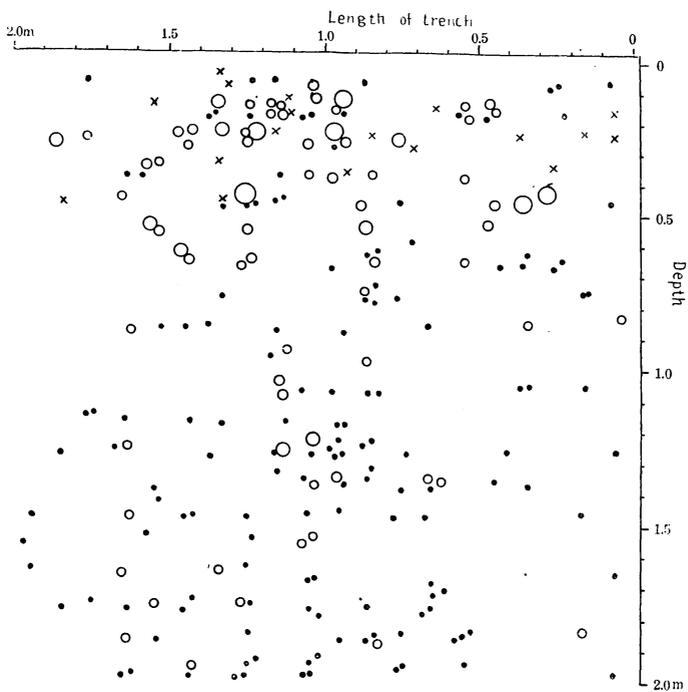
Fig. 20 アベマキの根系  
 Root system of *Quercus variabilis*. (H. 16 m, D. B. H. 24 cm, 50 years)  
 Large pendant roots are developed in the depth 260 cm, but they are divided into many medium and small roots.

くなり、線状に終る場合が多い。

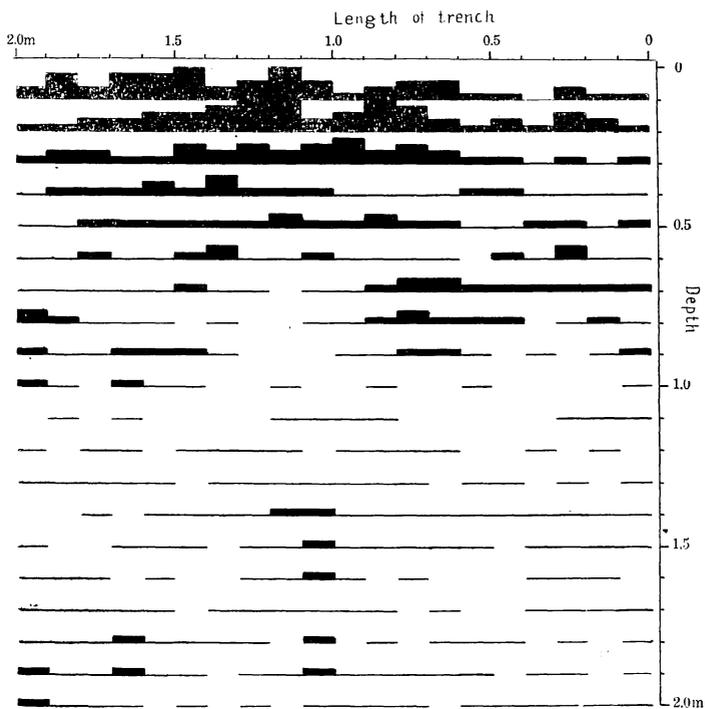
太い垂下根から分岐した根は、斜出根ないし水平根となつて発達することは少なく、垂下根となつて急角度に土壤中に侵入しているものが多い。

斜出根も、根株の周辺では下方に彎曲しているものが多いが、根株を離れるにしたがつて上部に彎曲するものが増え、根株からやや離れたところでは斜出根はあまり見られない。さきに説明したように、深いところでの斜出根は下方に彎曲して、大多数は垂下根となるが、上層部に発達する斜出根は、上方に向つて彎曲して樹幹から離れるにしたがつて水平根となり、上層部を横走するものが多い。

水平根は、直径15~20 cmの太いものが数本観察された他には、根株から出る細い水平根はあまり見られない。この太い水平根は、根株の周辺で多くの中・大径根に分岐する。水平根のなかでも、先端部が下向して垂下根となつているものが二・三観察され、全体的に根系がバラソル状に拡がっていることがわかつた。



Profile 18. アベマキの太根の分布  
Root distribution of *Quercus variabilis*.



Profile 18. アベマキの細根の分布  
Fine root distribution of *Quercus variabilis*.

断面での太根数は 219 本で、そのうち小径根が 86%、中径根 12%、大径根 3% である。径級別に深さの分布を見ると、小径根では深さ 0~50cm にその 24%、50~100cm に 17%、100~150cm に 28%、

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size			中径根 Medium size			大径根 Large size			計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0~10.0	10.0<	
本数 Number of roots	142	24	16	6	17	9	4	1		219
%	65	11	7	3	8	4	2	1		101

150~200cm に 31% で、深いところにも小径根が多いことがわかる。しかし、中・大径根ではこの関係が逆になり、深さ 0~50 cm に 60%、50~100 cm に 24% で小径根に比べて上層部に多い。

これを、総太根数の垂直分布で見ると、次表のようになり、最大分布層は深さ 10~20 cm で 10% であつたが、これを深さ 50cm ごとに見ると、深さ 0~50cm に 30%、50~100cm に 18%、100~150cm に

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	本数										計 Total			
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100~150	150~200	200~250	
太根 Big root	Number of roots	8	22	14	9	12	6	13	8	9	3	56	59		219
	%	4	10	6	4	6	3	6	4	4	1	26	27		101
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	49	52	35	14	17	8	12	10	7	2	3	7		216
	%	23	24	16	7	8	4	6	5	3	1	2	3		102

26%、150~200cm に 27% で、深さによる分布の減少はきわめて緩慢で、深部にも多くの太根数が認められた。この深部の太根数は、径級分布のところで説明したように小径根がその大多数を占めている。

細根の多さの指数合計は 216 で、最大分布層は太根の場合と同じように、深さ 10~20 cm にあつて、24% であつた。この分布は太根の分布とは多少異なり、上層部に割合が多く深さ 0~30 cm に 63% が分布しており、太根数に比較して 43% も差がみられた。細根の分布は深さ 40 cm から急に少なくなる。

深さ 100 cm 以下では、細根の分布はきわめて少なくなり、指数はほとんど (+)~(1) になる。

頻度は最大深さの 200 cm まで多く、深さ 200 cm で 80% を示した。すなわち、指数 (+) 程度の分布が深くまでかなり普遍的にあつたことが示される。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
頻度 Frequency (%)	100	100	100	100	100	95	95	80	75	45
深さ Depth (cm)	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
頻度 Frequency (%)	45	65	80	85	80	60	80	75	85	80

B 断面の太根数は、A 断面に比べてきわめて少なく 13 本で、A 断面の 6% にすぎなかつた。この A

断面と B 断面の太根数の分布から考えると、形態で説明したように、根が根株を中心として狭いパラソル形に集まり、横への広がりがきわめて小さいことがわかる。

(19) *Quercus acutissima* CARRUTHERS クヌギ

調査木は樹高 17 m, 胸高直径 30 cm, 樹令 50 年 (Profile 19, Fig. 21, Phot. 43・44・45)。

根の表皮は茶褐色で、やや厚いが、樹幹のような厚いコルク層は発達しなく、薄く剥げ落ちる。

根株の下部に太い垂下根が出るが、分岐がきわめて著しく、根株の近くで複雑に交錯する。また、斜出根も分岐が多く、これらから出た垂下根が最大深さ 230 cm に達する。

分岐が多いために垂下根としては、深さ 50 cm 付近で直径 2~3 cm のものが多く、あまり太いものは見られなかつた。これらの垂下根は質が固く、鞭状で、柔軟性に乏しく、小・中径根でも折り曲げるとたやすく折れる。最大深さ付近では、土壌はグライ化した過湿状態で、根の分岐は少なく、枯死しているものが多い。したがって、細根や吸収根の発達も認められなかつた。

地下水の深さ付近では、以前に吸収根が発達していたと考えられる小さい孔隙が非常に多く、このところでは、常に吸収根の枯死と分岐が繰り返えされていることが推察された。

斜出根も垂下根と同じように分岐がきわめて多く、深さ 50~60 cm のところで直径 2~3 cm の多くの斜出根と垂下根に分岐する。したがって、この交錯した根の間には癒合がきわめて多く、特に土壌が非常に固い深さ 80~150 cm の間では、他のところよりも著しく、斜出根は上に向つて彎曲し、あるいは上方に分岐することは少なく、直線的に斜出、あるいは下側に向つて分岐する傾向が認められた。この点、斜出

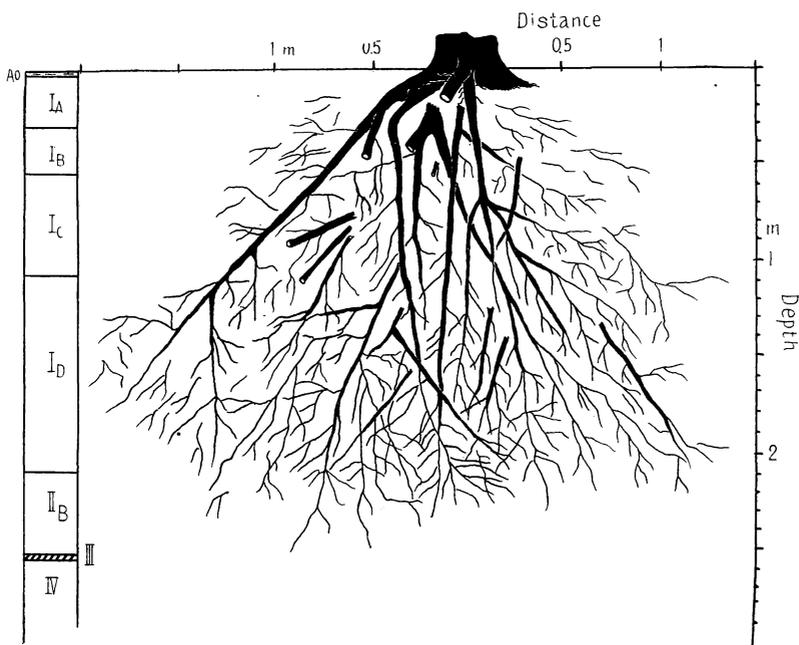
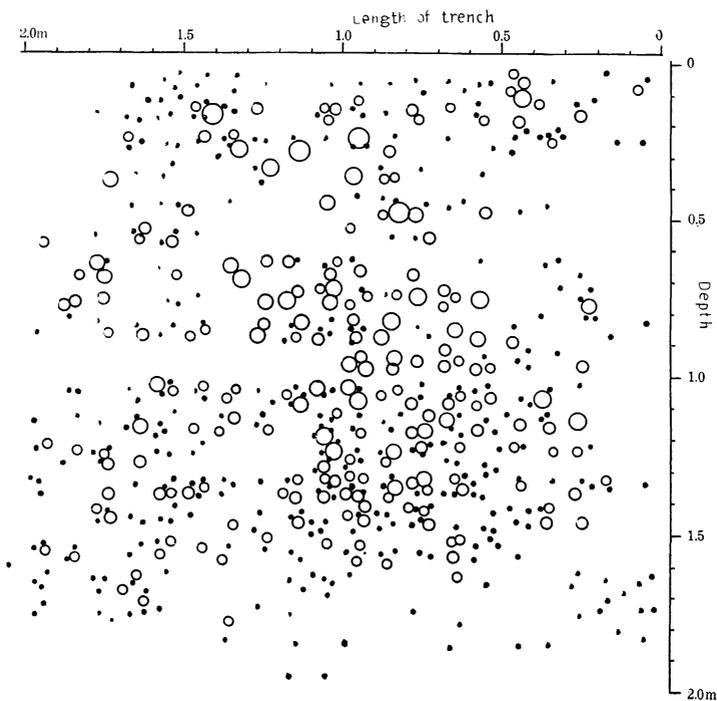


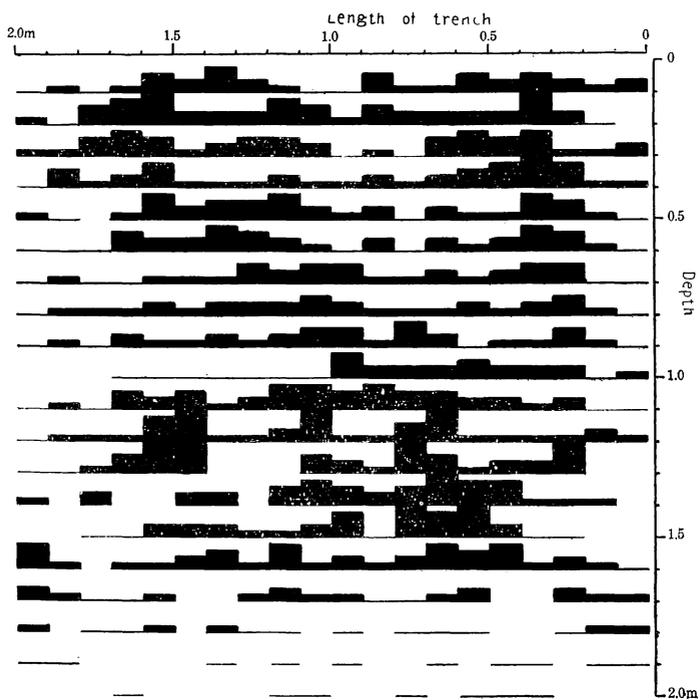
Fig. 21 クヌギの根系

Root system of *Quercus acutissima*. (H. 17 m, D. B. H. 30 cm, 50 years)

Horizontal roots are few, and forked oblique roots are much developed.



Profile 19. クヌギの太根の分布  
Root distribution of *Quercus acutissima*.



Profile 19. クヌギの細根の分布  
Fine root distribution of *Quercus acutissima*.

根が上部に彎曲する性質が強いホオノキ、ケヤキ、アカメガシワ、イヌブナなどの根系とは形態的にもかなり異なるものである。

水平根はきわめて少なく、根株の近くで多くの中・大径根に分岐するが、この分岐した根は、斜出あるいは垂下するが多い。

以上のように、根系の分岐が著しいために、根株付近の根は土を固く抱き、土を落すための細長い根掘りを用いてもたやすく土を落すことはむずかしかった。

細根は、Phot. 45 のように小さく塊つて、散生して小径根につき、小径根は針金状になつて屈曲して上層部に拡がっている。吸収根は細く、直径 0.2~0.3 mm のものが普通である。

断面の太根数は 587 本で、他の樹種に比べてきわめて多い。これは、この種類の分岐性がきわめて盛ん

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小 径 根 Small size				中 径 根 Medium size			大 径 根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	10.0<	
本 数 Number of roots	358	68	35	20	58	29	15	3	1	587
%	61	12	6	3	10	5	3	1	+	101

なことに原因している。その径級分布は上の表のように、小径根 82%，中径根 15%，大径根 4% で、小中・大径根ともに深さ 70~130 cm の間に多い。

いま、総太根数の分布を深さ別に見ると、最大分布層は深さ 90 cm で 7% であり、深いところの分布が多く、この点において全体的に他の樹種とはかなり異なつた分布のしかたをしている。さらに深さ 50 cm

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深 さ Depth (cm)	深 さ											計 Total		
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150		150 ~200	200 ~250
太 根 Big root	本 数 Number of roots	26	33	34	14	19	14	21	25	38	17	255	91		587
	%	4	6	6	2	3	2	4	4	7	3	43	15		99
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	32	44	42	40	35	32	28	29	29	20	197	59		587
	%	6	8	7	7	6	6	5	5	5	3	34	10		102

ごとに分布の状態を見ると、深さ 0~50cm に 21%，50~100cm に 20%，100~200cm に 43%，150~200cm に 15% で深さ 100~150 cm の間で分布が多く、深くにまで根が発達する型であることがわかる。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深 さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
頻 度 Frequency (%)	100	95	100	100	95	100	100	80	75	50
深 さ Depth (cm)	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
頻 度 Frequency (%)	40	80	65	75	80	95	80	70	50	35

細根の多さの指数合計は587で、上層部に多くなる傾向にあるが、大体太根数の分布のしかたに似ている。頻度は深さ70 cmまで95~100%であるが、それ以上の深さでも価が高く、深さ160 cmでも95%の分布が認められた。このような根の分布のしかたは、この樹種の一つの特徴と考えられる。

(20) *Castanea crenata* SIEB et ZUCC. ク リ

調査木は樹高14 m, 胸高直径26 cm, 樹令40年 (Profile 20, Fig. 22, Phot. 46)。

根の表皮は褐色で、やや厚いが地上部の樹皮のようなコルク層の発達は見られない。

根株から真直にのびる垂下根はないが、太くて長い垂下根状になる斜出根によって、形態が特徴づけられる。

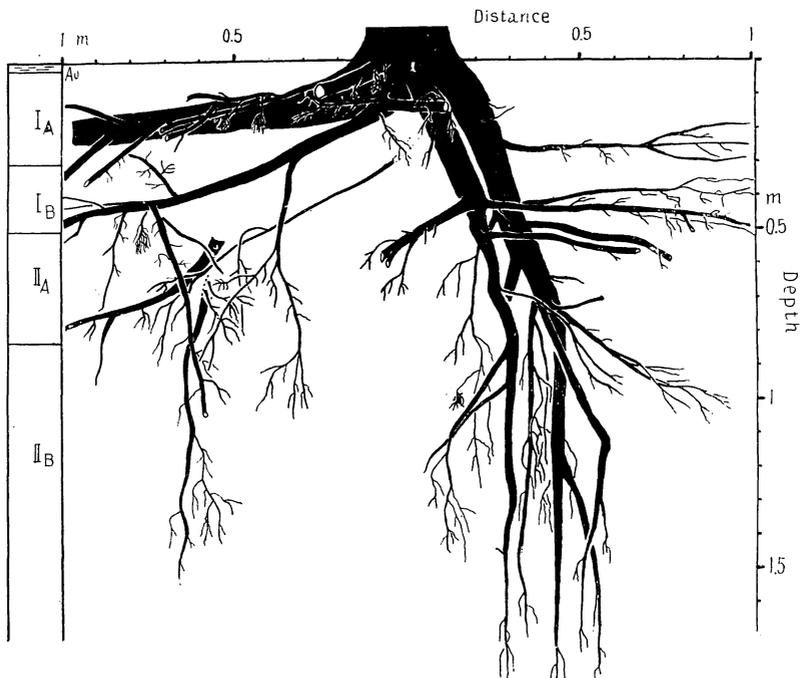
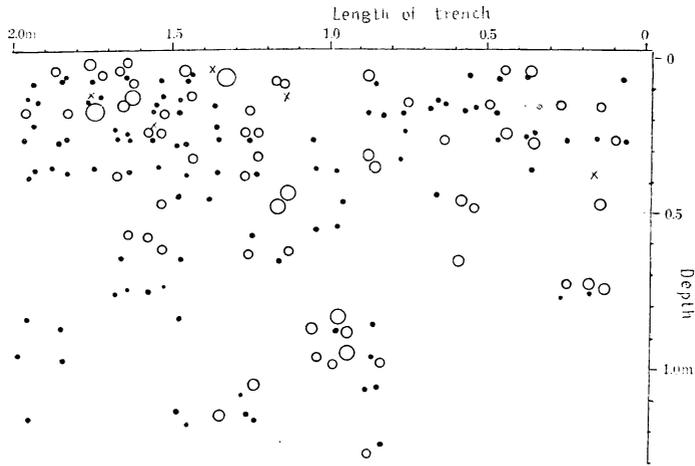


Fig. 22 クリの根系  
Root system of *Castanea crenata*. (H. 14 m, D. B. H. 22 cm, 40 years)

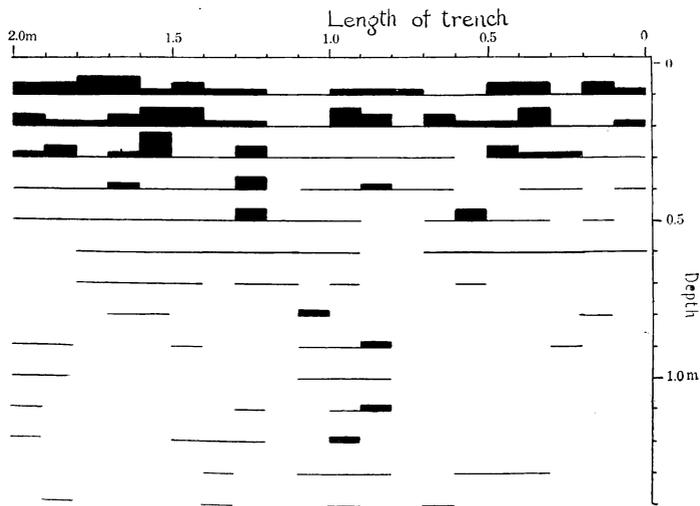
Large pendant roots are developed, but forked roots are few.

この太い斜出根は深さ20 cmのところまで直径20 cm, 50 cmで15 cm, 100 cmで4 cmであつて、Fig. 22のように60°~70°の急角度で斜出しているが、深さ70 cmのところまで、急に折れ曲つて垂下し、最大深さ180 cmに達している。すなわち、全体的には太い垂下根の発達が、この太い斜出根によつて置き代えられた状態である。

深さ70 cm以下の垂下根はわずかに屈曲するが、一般に通直で、棒状になつてゐる。直径1~2 cmの数本の斜出根を分岐するが、深いところのこれらの斜出根は、急角度で垂下して終つてゐる。この太い垂下根の他に、数本の細い垂下根が観察されたが、直径1~2 cmの鞭状のものが多く、一般に深さ140 cmのところまで終つてゐる。これらの垂下根の先端部は、直径0.2~0.3 cmの小径根に分岐しているが、細根の発達は少なく、線状に終ることが多い。



Profile 20. クリの太根の分布  
Root distribution of *Castanea crenata*.



Profile 20. クリの細根の分布  
Fine root distribution of *Castanea crenata*.

このような深部での根の発達は、調査木で観察したところでは、さきに説明したアベマキ・クスギ・コナラなどよりも悪いようである。

数本のロープ状の斜出根が根株から発達するが、一般にこの斜出根から分岐する小径根や細根は少なく、このために形態は単純である。

根株から、直径30 cm程度の水平根が分岐するが、中・大径根の分岐はきめて少なく、太いままで深さ10~30 cmのところを横走している。

一般に根株から直接出る細い水平根は少なく、以上に説明したような、きわめて太い水平根によつて特徴づけられる。

根の質はきわめて固く、弾力性に乏しい。したがつて、直径0.5~1 cmのロープ状の根でも容易に屈曲

せず、折れやすい。

細根は小径根にまばらに塊り状になつてついていて、吸収根を分岐する。吸収根は短かくて細く、直径は 0.2~0.3 mm のものが多い。

断面での太根数は 165 本で、小径根は 89%、中径根 10%、大径根 3% であつた。このうち、小径

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size				中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0~10.0	10.0<	
本数 Number of roots	107	23	14	1	13	3	3		1	165
%	65	14	9	1	8	2	2		1	102

根は深さ 40 cm までに多く、この間に 53% が分布しているが、それ以上の深さでは、その割合が急に少なくなる。中・大径根は深さ 50~100 cm にも多く、この間にその半数以上が分布していた。

これを、太根数の垂直分布でみると、次の表のように最大分布層は深さ 10~20cm で 21%、深さ 0~30

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	本数												計 Total	
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100~150	150~200		200~250
太根 Big root	Number of roots	24	34	30	20	10	5	7	9	7	6	13			165
	%	15	21	18	12	6	3	4	6	4	4	8			101
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	25	27	14	4	4			2	1		2			79
	%	32	34	18	5	5			3	1		3			101

cm に 54% があり、深さ 50 cm からその比率が急に少なくなるが、最大分布深さの 130 cm まで 4~6% の分布が認められた。

細根の多さの指数合計は 79 で、他の樹種に比べて少ない。その最大分布層は深さ 10~20 cm で、太根の場合と同じ深さであつたが、その割合は細根の方が多く、深さ 0~20cm に 66% があつた。深さ 50 cm 以下では指数の分布はきわめて少なく、(+ )~(1) 程度の分布しか見られない。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
頻度 Frequency (%)	100	100	95	80	80	80	40	20	35	25	20	25	35	20

頻度分布は深さ 70 cm から急に少なくなつて、40% になり、最大深さ 140 cm まで 20~35% の分布が認められた。

B 断面の太根数は 50 本で、A 断面の 30% にあたる。そのうち、小・中径根は 84%、中径根 14%、大径根 2% である。小径根は特に上層部に分布が多く、その大半が深さ 0~30 cm の間に分布していた。総太根数の割合では、深さ 0~10 cm が最も多く 30% で、深さ 0~30 cm の間に 78% が分布している。

(21) *Quercus serrata* THUNB. コナラ

調査木は樹高 16 m, 胸高直径 26 cm, 樹令 40 年 (Profile 21, Fig. 23, Phot. 47・48・49)。

根の表皮は灰白色で, 樹幹のように厚いコルク層は発達せず, 平滑であるが, 薄い膜状に剥げ落ちる。

根株から太い垂下根が出る型で, 調査木では, 深さ 20 cm のところで直径 25 cm の太い垂下根がのびて最大深さ 280 cm に達している。

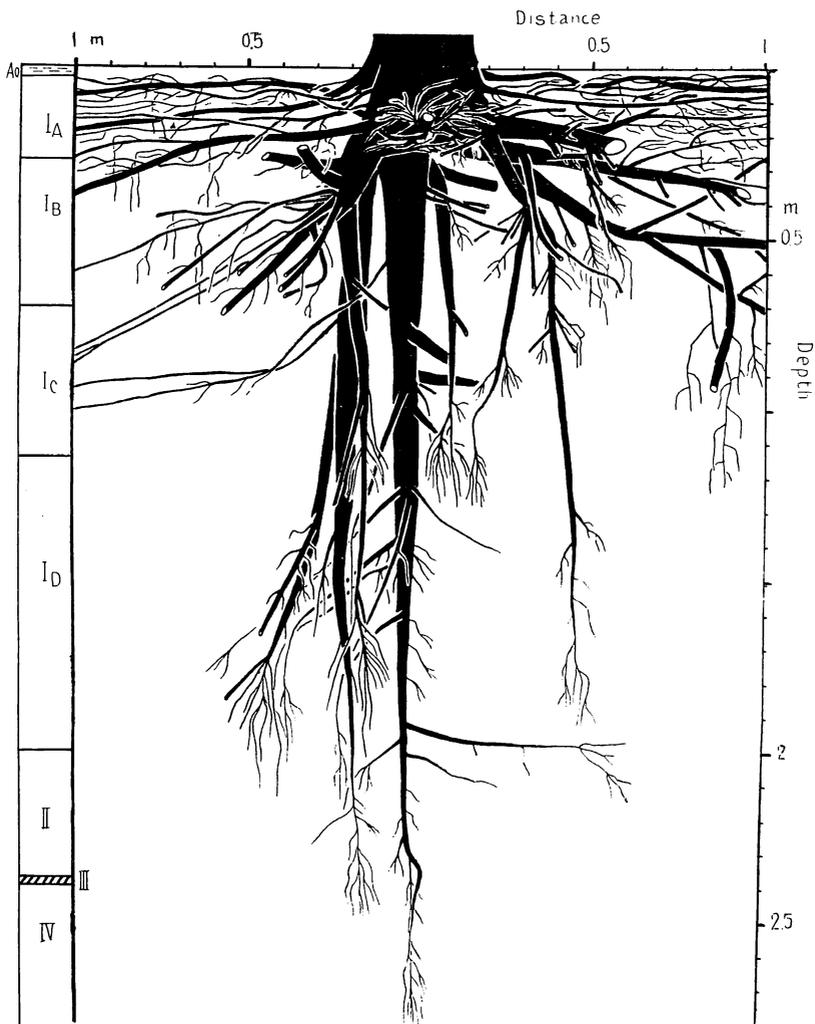
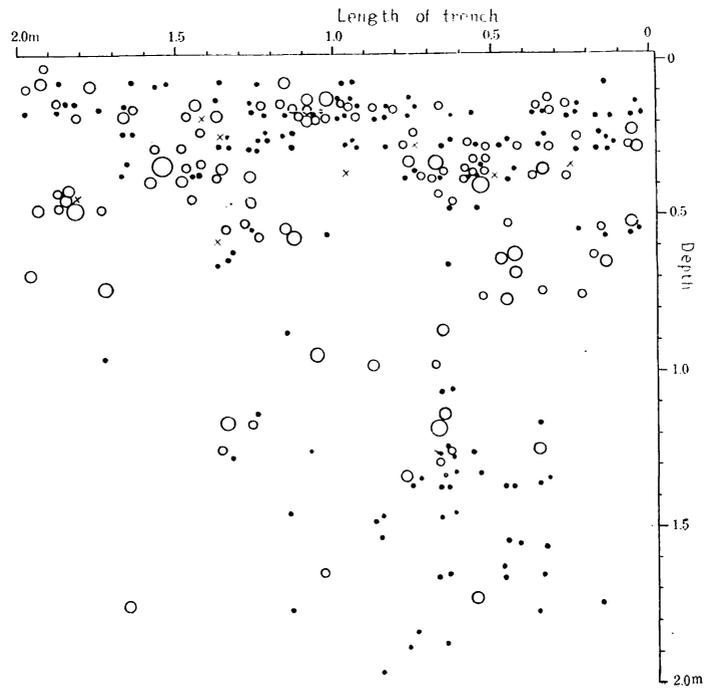
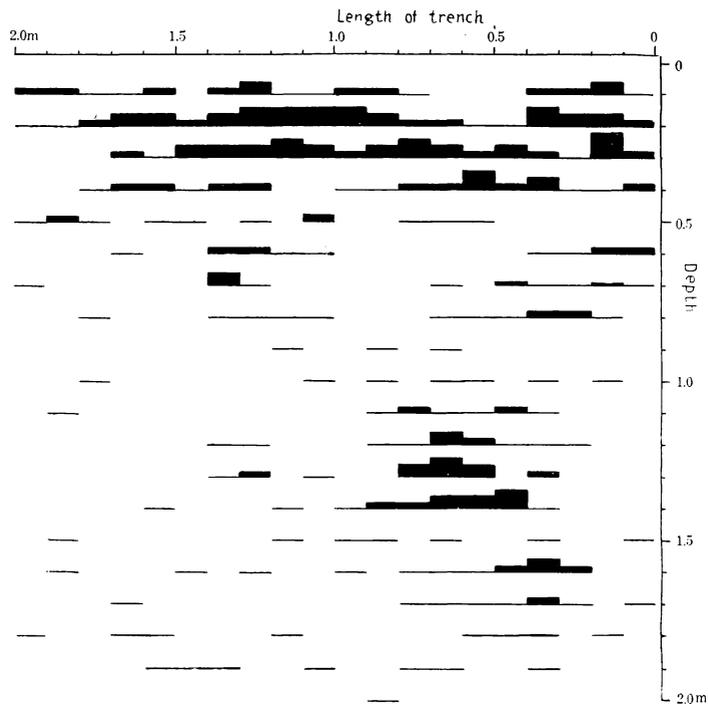


Fig. 23 コナラの根系  
 Root system of *Quercus serrata*. (H. 16 m, D. B. H. 26 cm, 40 years)  
 Few large pendant roots penetrate into Gley soil (depth 280 cm),  
 and few oblique roots present.

この垂下根は, 深さ 80~150 cm の間で直径 2~4 cm の数本の斜出根を分岐するのみで, 一般に分岐はきわめて少なく, 通直で棒状をなし, この根系の形態を特徴づけている。いま, この垂下根について, 深さ別に直径を測ると次表のとおりで, 深さ 100 cm ごろまでは急速に直径が細くなるが, 120 cm 以上ではその減少のしかたがきわめて緩やかになっている。この太さがやや一定に近づいてくる深さは, 樹種や



Profile 21. コナラの太根の分布  
Root distribution of *Quercus serrata*.



Profile 21. コナラの細根の分布  
Fine root distribution of *Quercus serrata*.

深 さ Depth ( <i>cm</i> )	40	70	100	120	150	150	200
直 径 Diameter ( <i>cm</i> )	15	9	6	4	3	3	1

土壌の状態や垂下根の太さなどによって異なるようであるが、どの調査木にも多少ともこのような現象があり、垂下根の肥大成長に何らかの示唆を与えるものと推察される。

垂下根の先端部は盤鉄の層を透して、下のグライ層にも侵入しており、ここで Fig. 23 のように数本の小径根に分岐して終っている。これらの小径根は集まって箒状になるが、細根の分岐はあまり認められなかつた。

この太い垂下根の他に 2 本の太い垂下根があり、一本は根株から出て深さ 250 *cm* に達していたが、他のものは斜出根の基部から出て深さ 220 *cm* で終っていた。また、短い垂下根は斜出根や垂下根の上部から分岐しているもので、深さ 120 *cm* 付近で終るものが多い。以上の垂下根は、普通根株から 50 *cm* の距離内に発達しており、根株から遠く離れた斜出根や水平根から垂下する太い根は認められない。

根株に近いところの斜出根は下方に彎曲して、垂下根となつているものが多いが、やや離れたものは上方に彎曲して、上層部を横走している場合が多い。一方、垂下根から分岐した斜出根は一般に下向している。一部に Fig. 23 のようなロープ状の斜に走る根が観察されたが、その本数はきわめて少ない。

水平根は直径 2~3 *cm* のロープ状のものが多く、波状に上下して上層部を横走し、遠くにまで広がっている。上層部で発達した斜出根から分岐する水平根は深さ 50 *cm* までに特に多いが、垂下根から分岐するものとしては、深さ 200 *cm* においてもなお横走する水平根が認められた。上層部の水平根は、写真で示されたように紐状の小・中径根が細かく交錯して網目状に広がっている。

以上に説明した根のなかで、直径 4 *cm* 程度までのものはきわめて柔軟性に富み、特に上層部を横走するものは柔軟でたやすく屈曲する。

細根はブナなどに似て、小さい塊り状になつてまばらにつき、小径根に付着して取り出される。

吸収根は短くて、細く、直径 0.1~0.2 *mm* のものが多い。

断面に現われた太根数は 254 本で、小径根が 92 %、中径根 7 %、大径根 1 % で小径根の割合が非常に多い。また、この小径根のなかで直径 0.2 *cm*・0.3 *cm* のものが 79 % を占め、太根数の大半を占めて

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小 径 根 Small size				中 径 根 Medium size			大 径 根 Large size		計 Total
	0.2( <i>cm</i> )	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	10.0<	
本 数 Number of roots	150	50	18	15	13	6	2			254
%	59	20	7	6	5	2	1			100

いる。この小径根は特に地表部に多く、深さ 0~40 *cm* の間にその 52 % が分布していた。中径根は深さ 0~50 *cm* と 50~100 *cm* ではその本数割合が 2:1 の関係にあり、一般に小・中径根は上層部に多いことがわかつた。

つぎに、総太根数の深さ別の分布をみると、次の表のようになり、最大分布層は深さ 10~20 *cm* で 24%、深さ 50 *cm* からその分布が急に少なくなつて 5 % になる。

深さ 0~10 cm は 6% できわめて少ない値を示した。垂下根の発達にしたがつて、深くでも多くの太根の分布が認められ、深さ 150~200 cm では 8% で、最大分布深さは 200 cm であつた。

細根の多さの指数合計は 123 で、最大分布層は太根の場合と同様深さ 10~20 cm であつたが、一般にその分布は上層部に多くなつてゐる。深部での細根の分布は変化が多く、多いところでは塊つて分布してゐて、7% もあつたが、一般には (+) 程度の分布である。

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	計 Total
太根 Big root	本数 Number of roots	14	62	43	35	13	14	9	5	2	4	34	19		254
	%	6	24	17	14	5	6	4	2	1	2	13	8		102
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	12	32	29	13	1	4	2	2			23	5		123
	%	10	26	24	11	1	3	2	2			19	4		102

頻度は深さ 0~40 cm は 80% 以上でかなり大きい値を示すが、深さ 50 cm から平行的に 35~45% の分布をしており、最大分布深さは 200 cm で 5% であつた。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
頻度 Frequency (%)	80	100	86	80	50	45	45	55	15	35
深さ Depth (cm)	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
頻度 Frequency (%)	35	45	35	45	35	50	40	40	35	5

B 断面の太根数は 140 本で、A 断面の 55% にあたり、そのうち小径根は 96%、中径根 4% で、この小径根のうち直径 0.2cm のものが全体の 76% を占めていた。小径根は特に上層部に多く深さ 0~20cm に 52% が分布している。

(22) *Carpinus Tschonoskii* MAXIM. イヌシデ

調査木は樹高 17 m、胸高直径 30 cm、樹令 50 年 (Profile 22, Fig. 24, Phot. 50)。

根の表皮は暗褐色で薄く、小さい鱗片状になつて剥げ落ちる。細かい皺があるが樹幹のような明瞭な白色の縞は見られない。根株の直下に太い垂下根がでるが、これはモミヤマツ類のように、太く、長く棒状には発達せず、深さ 10~20 cm で、直径 3~4 cm の多くの垂下根と斜出根に分岐する。また、この大径根は深さ 20~30 cm で 2~3 cm の大径根に分岐し、根株の近くできわめて多くの根に分岐する。そのため根の交錯がはなはだしく、この間に挟まつた土壌は根が肥大成長するにつれて、根によつて圧されて固くなり、根に抱かれていて、根を掘り出しても土は容易に根の塊りの中から落ちない。また、長いドライバーで土壌を落したが、このドライバーでも容易にこの根の層の中に透らなかつた。

根系の分岐が多いことは調査木の中でイヌシデが最も著しく、シラカシなどがこれについている。このような根の分岐のしかたは種類によつてかなり異なり、根系を特徴づける一つの性質になるものと考えられる。

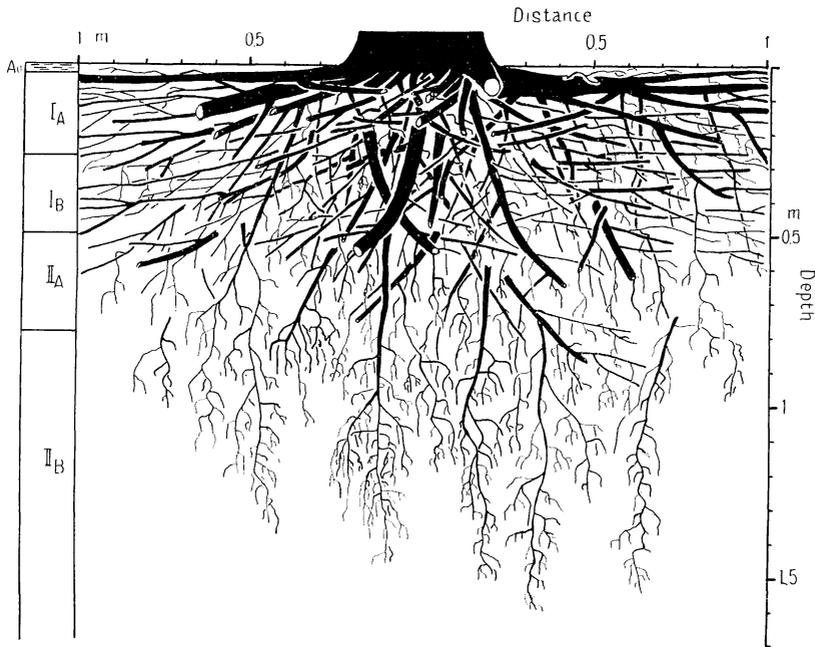
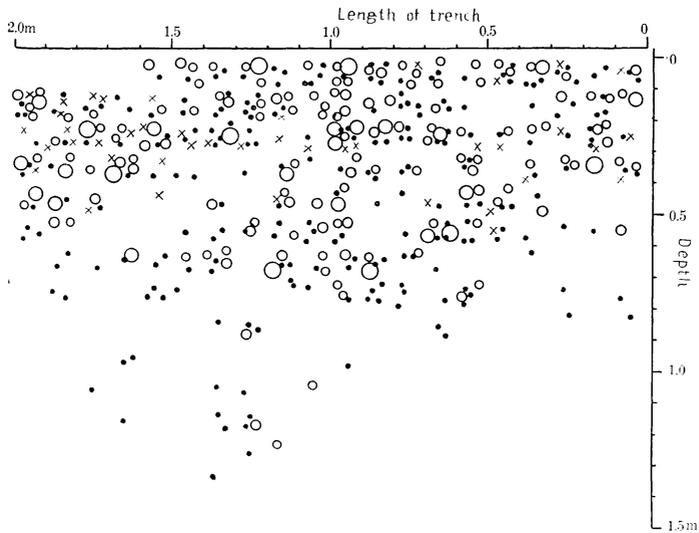


Fig. 24 イヌシデの根系

Root system of *Carpinus Tschonoskii*. (H. 17m, D. B. H. 30 cm, 55 years)

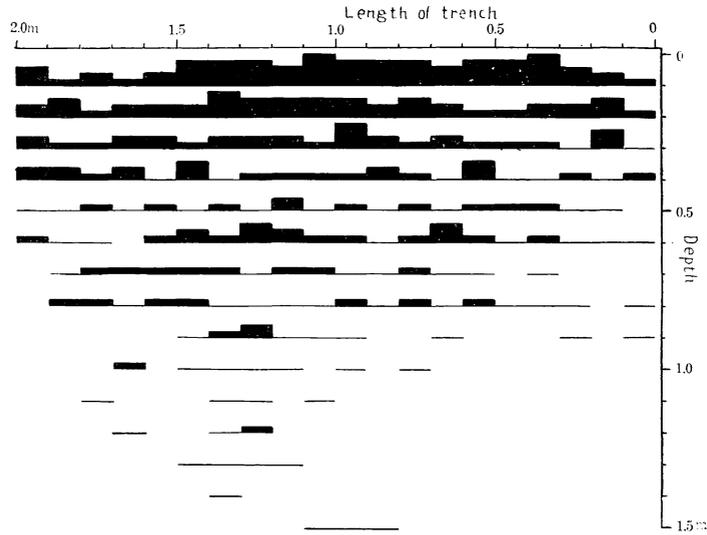
This root system is characterized with few pendent roots are developed in the shallow layer, their development are stopped at the compact layer.

さて、このように複雑に交錯した根系のなかから発達した垂下根は、深さ 50cm で 2~3cm、深さ 70cm で 1~2 cm、深さ 100 cm で 0.5~1 cm 程度のものが多く、次第に細くなり、深さ 100 cm 以上では細い紐状になつて垂下しており、その最大深さは 160 cm であつた。しかし、大多数の垂下根は短くて、分岐



Profile 22. イヌシデの太根の分布

Root distribution of *Carpinus Tschonoskii*.



Profile 22. イヌシデの細根の分布  
Fine root distribution of *Carpinus Tschonoskii*.

して、II<sub>B</sub>の固い土壌層の上部で終っている。垂下根には、いま説明した根株の下に発達するものほかに、斜出根あるいは水平根から分岐して垂下するものがあるが、この垂下根はさき述べてきた根株の直下に発達する垂下根に比べて発達が悪く、長さも短いものが多い。

垂下根は一般に鞭状になるが、小径根の分岐が多い。これらの小径根は、Fig. 24 のように屈曲しやすく、土壌の裂け目に沿って発達している。

この小径根の屈曲は、固い土壌のところほど著しく、上層部ではあまり観察されなかつた。

斜出根も垂下根と同様に分岐が多く、分岐した根が互に重なり合つて多くの癒合が見られる。したがつて、この癒合は根株の周辺で著しく、根株から距離が離れるにしたがつて少なくなり、根株から 50 cm も離れたところでは全く見られない。

一般に斜出根は上部に彎曲し、あるいは上部に向つて分岐するものが多く、下向するものはきわめて少ない。その彎曲、あるいは分岐する深さは 50cm までに最も多く、それ以下ではほとんどみられなかつた。深さ 60cm 以上の根は直線的に発達する場合が多いが、それ以下、とくに固い土壌のところでは屈曲がはげしい。

水平根も根株近くでの分岐が著しく、分岐した中・大径根が上層部を横走り、また、これらの中・大径根は小径根を分岐して、表層近くでは網目状になつて密に上層部を覆い、断面として見ると、表層部に層状になつて分布している。なお、この水平根はあまり遠くには発達せず、したがつて、その分岐や発達の

径級別本数分配表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	小 径 根 Small size			中 径 根 Medium size			大 径 根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0~10.0	
本 数 Number of roots	226	69	20	12	25	18	8	1	379
%	60	18	5	3	7	5	2	+	100

状態も樹幹の近くで最も著しい。

断面の太根数は379本で、他の樹種に比べてきわめて多い。径級分布は小径根86%、中径根12%、大径根2%で、小径根のうち直径0.2~0.3cmのものが78%を占めている。いま、小径根の分布についてみると、深さ0~50cmに67%、50~100cmに30%で、深さ0~50cmに過半数があつた。中径根ではこの傾向が一層強くなり、深さ0~50cmに76%が認められた。

太根の総本数の深さ別分布は次表のように、最大分布層は深さ10~20cmで18%、0~50cmには69%、

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

深 度 (cm)	深 さ (cm)														計 Total
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100~150	150~200	200~250		
太 根 Big root	60	67	60	44	28	39	34	23	8	3	13				379
	16	18	16	12	7	10	9	6	2	1	3				100
細 根 Fine root	63	45	32	26	10	18	8	7	3	1	1				214
	29	22	15	12	5	8	4	3	1	1	1				100

50~100cmでは28%が認められた。その分布の最大深さは140cmである。

細根の多さの指数合計は214で、深さ0~10cmが最大分布層で全体の29%があり、0~20cmに50%が分布していて、細根の多さの指数の半分を占めていた。深さ50cmからは細根の指数の比率が急に減少して、5%になり、深さ90cmでは1%で、それ以下ではほとんど(+)程度の分布しか認められなかつた。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深 度 (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
頻 度 (%)	100	100	100	100	95	95	75	90	45	35	20	15	20	5	15

頻度は、形態の説明でも述べたように、斜出根と水平根が層状になつて分布するために、深さ0~60cmでは95~100%であつた。しかし、深さ90cmでは急に少なくなつて、45%の分布しかなく、根の発達する層が明瞭である。また、頻度の最大分布深さは150cmであつた。

B断面の太根数は209本で、その径級別分配は小径根が85%、中径根13%、大径根2%で、比率としてはA断面よりも小径根の割合が多い。この小径根の90%近くは深さ0~30cmの間に分布していた。しかし中径根が30~40cmの層に多いのは、丁度中径根の分岐がこのところで最も多く、また斜出根の中径根が、やや深くを走っていることを示しているものである。総太根数の垂直分布は深さ0~30cmに64%があり、A断面の割合よりも多い。これは、小径根の分布が根株から離れるにしたがつて上層部に集まつてくることを示しているものである。

(23) *Fagus crenata* BLUME フ ナ

調査木は樹高7m、胸高直径14cm、樹令45年 (Profile 23, Fig. 25, Phot. 51)。

根の表皮は黒褐色で、薄く、小さな鱗片状に剥げ落ちる。細かい皺が多く、粗糙。

根系の形態は、複雑に交錯する直径2~3cmの斜出根によつて特徴づけられる。

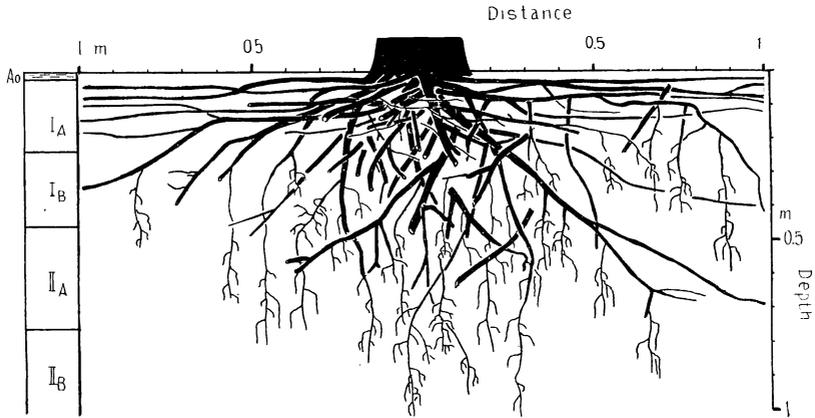
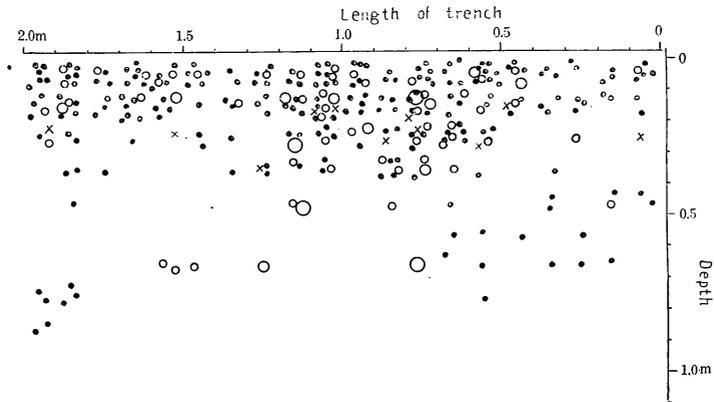
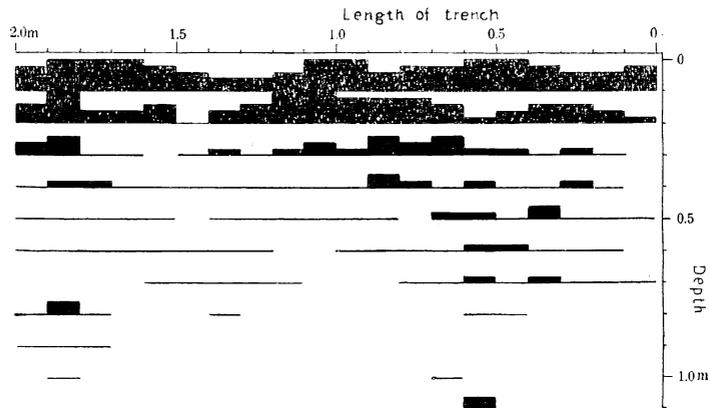


Fig. 25 ブナの根系  
Root system of *Fagus crenata*. (H. 7 m, D. B. H. 14 cm, 45 years.)  
Many forked roots are developed around the stump.



Profile 23. ブナの太根の分布  
Root distribution of *Fagus crenata*.



Profile 23. ブナの細根の分布  
Fine root distribution of *Fagus crenata*.

垂下根は、イヌブナと同様に根株のところで直径が3~4cmのものが数本出るが、まもなく分岐し、その一部が垂下根となつて侵入している。この垂下根は、深さ50cmのところ、直径0.5~1.0cmのものが多く、最大深さ100cmに達している。質は固くて鞭状になり、土壌の固いところでは、多くの細かな屈曲が認められる。この付近では細根の分布はきわめて少なく、小・中径根は針金状になつている。これらの根株から出る垂下根の他に斜出根から分岐する垂下根が多いが、いずれもその発達が悪く、大多数のものは深さ70cm付近で止つている。

この根系を特徴づけている斜出根の分岐は根株の近くできわめて多く、根株の付近に根が塊つているように見える。分岐の角度は狭くて20~30°のものが多く、根株から直線的に出た斜出根が、盛んに根株の近くで分岐し、交錯して成長するので、ここでは、これらの斜出根の癒合がきわめて多く観察される。BÜS-GEN<sup>10)</sup> は、このような斜出根の発達のしかたによつて特徴づけられる根の形態をしている樹種を心根性樹種と呼んでいる。

一般にこれらの斜出根は短く、根株から距離が離れるにしたがつて、急速に細くなる傾向がある。このため、一部のものを除いてはロープ状に長く地中を横走するものは少ない。

根株の近くに発達する深さ30cm以下の斜出根から分岐する根は水平に走り、または上向するものは少なく、下方に彎曲するものが多い。しかし、上層部の斜出根は上方に彎曲するか、あるいは上方に分岐しており、またこれらの中径根からは上方に小径根或いは細根を分岐している。

水平根も斜出根と同様に分岐は多いが、上層部を横走するロープ状の根が比較的多い。しかし、その長さはケヤキ・ミズキのように長くなくて、短く終る場合が多い。

以上のような太根の分布にしたがつて、細根は特に上層部に多く、特に根株の周囲にあつまつている。このために、根株に近い上層部では細根が密生して層状になる傾向がある。

吸収根は細く、短く、直径0.2~0.3mmのものが多く、また細根は普通房状になり、塊つて小径根についている。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size			中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	
本数 Number of roots	213	39	12	2	7	4			277
%	77	14	4	1	3	1			100

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	深さ										計 Total			
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		100 ~150	150 ~200	200 ~250
太根 Big root	本数 Number of roots	99	84	37	23	12	4	10	6	2					277
	%	36	30	13	8	4	1	4	2	1					99
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	78	57	21	7	4	2	2	2			2			175
	%	45	33	12	4	2	1	1	1			1			100

断面での太根数は277本で、他の樹種に比べてやや多い。その径級別割合は、前の表のように小径根が96%、中径根4%で、大径根はなく、小径根が太根のほとんどすべてを占め、中径根も直径0.5~1.0 mmの細いものが多い。また、小径根のうち直径0.2 cmのものが77%で太根の大多数を占めていた。

太根の総本数について、深さ別にその本数割合の分布を見ると、最大分布層は深さ0~10 cmで36%、0~20 cmに66%があつて、0~20 cmに太根の過半数が分布していた。深さ30~40 cmからは、分布が急に減少して深さ40 cmでは8%になる。太根の最大分布深さは90 cmであつた。

細根の多さの指数合計は175で、深さ0~10 cmに45%、0~20 cmに78%が分布していて、太根の本数の割合よりも12%も細根の方が上層部にかたよつていた。また、太根の場合と同様に深さ40 cmから分布が急に減少し、深さ60 cmでは1%になつてそれ以下ではほとんど(+)程度の分布しか認められなかつた。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
頻度 Frequency (%)	100	100	90	95	90	85	65	30	15	10	5

頻度は深さ0~50 cmまで90~100%であるが、深さ60 cmから急に減少する。すなわち、細根の指数や太根数の減少だけでなく細根の指数が(+)程度の分布も観察されず、根の分布が全くみられなくなつたことを表わしている。

B断面の太根数は46で、そのうち小径根が98%、中径根が2%であつた。深さ別には0~10 cmに48%があつてA断面の太根の本数分布よりも、根株から1.5 m離れたB断面の方が小径根が上層部に集まる傾向にあつた。

#### (24) *Fagus japonica* MAXIM. イヌブナ

調査木は樹高7 m、胸高直径21 cm、樹齢45年 (Profile 24, Fig. 26, Phot. 52・53)。

根の表皮は黒褐色で、小さい鱗片状になり、薄く剥げ落ちる。イヌシデの根の表皮に似ている。また、皮目は樹幹では明瞭であるが、地下部では判然としない。

垂下根は、モミやマツ類に見られるような、長太な棒状の垂下根はみられず、これらの種類に特有と考えられる直径3~4 cmの垂下根が、数本根株から発達している。この垂下根はイヌシデ・ブナ・イヌザクラなどの垂下根に似て、質は固く鞭状で、細かく屈曲するが大体は真直に垂下している。しかし、細いものが多く、深さ100 cmでは直径0.3~0.5 cmのものが大多数を占めている。固い土壌層では特にその発達が悪く、細く、屈曲が多くなる。最大深さは200 cmに達するが、先端部では小径根の分岐が多く、これらの小径根は、固い土壌の裂け目に沿つて網目状に分岐している。しかし、細根の分布はきわめて少ない。

大多数の斜出根や水平根の基部、または垂下根から分岐している細い垂下根は深さ100 cmのII<sub>B</sub>の固い土壌層の上部で終つている。

斜出根はブナ・イヌシデなどに似て、根株から出た太い根が根株から30 cmの距離の間で、直径2~3 cmの多くの水平根あるいは斜出根に分岐して複雑に交錯している。そのために、根株の近くでは多くの癒合が観察された。この根は、上層部の土壌の軟らかいところでは、直線状に発達している。一般に斜出

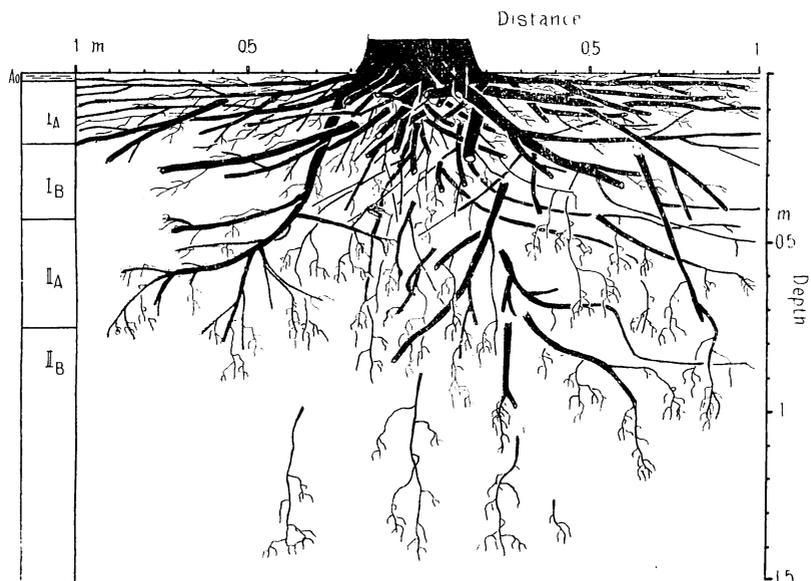
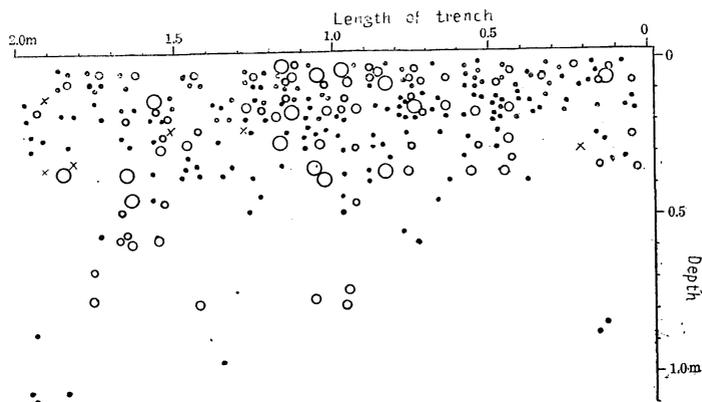


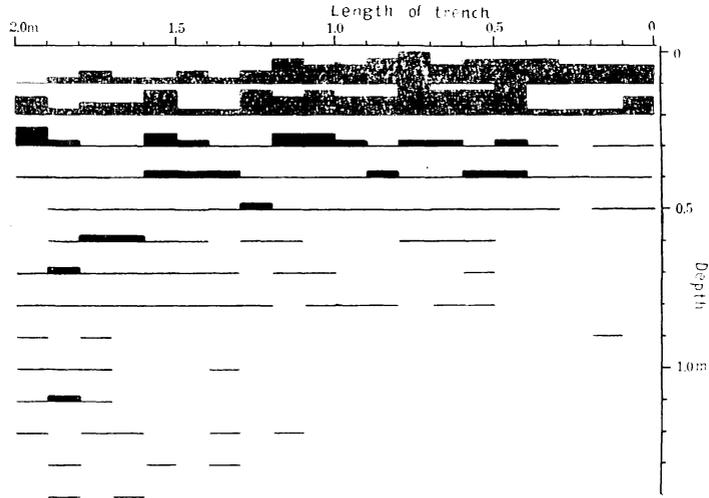
Fig. 26 イヌブナの根系  
 Root system of *Fagus japonica*. (H. 7 m, D. B. H. 21 cm, 45 years)  
 Few pendant roots penetrate into the deep soil layer of 140 cm depth,  
 but other roots are shortened and noticeable in their forked type.

根は深くになるにしたがつて生長がおとろえ、上部へ上部へと分岐してゆく傾向がある。また、分岐しないものでも上部に向つて彎曲しており、その先端部は水平根となつて、地表に沿つて横走する。斜出根は以上のような性質があるために、上層部に水平根が集まる傾向が強い。

水平根は斜出根と同じように、根株の近くで分岐が多く、根株からの距離 50 cm 以内で直径 8 cm の水平根が多く、直径 2~3 cm の水平根、または斜出根にわかれ、この根がすぐに多くの小径根に分岐している。このような分岐の傾向が著しいために、観察したものでは、シラカシ・イチイガシ・イヌシデ・ブナなどは根株の周辺に根が塊つているように見える。この傾向はイヌシデ・シラカシで最も著しい。



Profile 24. イヌブナの太根の分布  
 Root distribution of *Fagus japonica*.



Profile 24. イヌブナの細根の分布  
Fine root distribution of *Fagus japonica*.

細根は小さな塊りになつてまばらに小径根につき、土壤とよくからみ合つているので、掘り出すと、細根は小さな土の塊りとなつて取り上げられる。以上の細根についている吸収根は、カシ類に似てきわめて短く、その太さも細くて直径 0.2~0.3 mm のものが多い。

断面での太根数は 259 本で、他の樹種に比べてやや多い。その径級別本数分布は、次の表のようになり小径根 87%, 中径根 14% で小径根のなかでも 0.2 cm のものが 65% で、過半数を占めていた。以上に述べた分岐の多い種類は、中径根はやや多い割に大径根が少ないのが特徴で、ここでは 1 本しか認められ

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小 径 根 Small size			中 径 根 Medium size			大 径 根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	
本 数 Number of roots	169	35	15	4	22	13	1		259
%	65	14	6	2	9	5	+		101

なかつた。小径根は深さ 0~20 cm の間に特に多く、その 70% が分布していた。中径根は深さ 0~40 cm の間に 78% があり、小径根の場合と同様に、上層部に多く分布していることがわかつた。

太根の総本数の深さ別分布は、最大分布層が深さ 0~10 cm で 27%, 0~30 cm では 69% で、深さ 50 cm のところから分布が急に減少している。太根の分布が急に減少する深さは、比較的軟らかい上層部の土壤と、固くて緻密な土壤が交代する深さで、固い土壤のところでは、その発達がきわめて悪くなる。

細根の多さの指数合計は 133 で、その深さによる指数の減り方は、太根の場合とほぼ似ているが、やや上方につれて、深さ 0~30 cm に 80% があり、深さ 70 cm 以下ではほとんど (+) 程度の分布しか認められなかつた。

深さ別太根, 細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

		深  さ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	計	
		Depth (cm)											~150	~200	~250	Total
太 根 Big root	本 数 Number of roots		79	83	39	28	10	7	1	5	3	1	3			259
	%		31	32	15	11	4	3	+	2	1	+	1			100
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root		53	55	15	6		2	1				1			133
	%		40	41	11	5		2	1				1			101

頻度は、深さ 40 cm まで 95~100% で、深さ 70 cm から急に少なくなつて 50% に低下している。深さ 100 cm では 20% で最大分布深さは 140 cm であつた。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深  さ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Depth (cm)														
頻 度 Frequency (%)	100	100	95	100	90	80	50	65	15	20	15	25	15	10

B 断面の太根数は 177 本で、A 断面の 72% にあたり、他の樹種に比べて比較的多い。その径級別の割合は、小径根が 96%、中径根 4% で、大径根はない。その小径根の大部分は、深さ 0~30 cm に分布していた。すなわち、深さ 0~10cm に 46%、10~20cm に 27%、20~30cm で 16%、0~30 cm には 89% があり、その上層部の分布の割合は、A 断面の場合よりも多いことが認められた。

(25) *Prunus Buergeriana* Miq. イヌザクラ

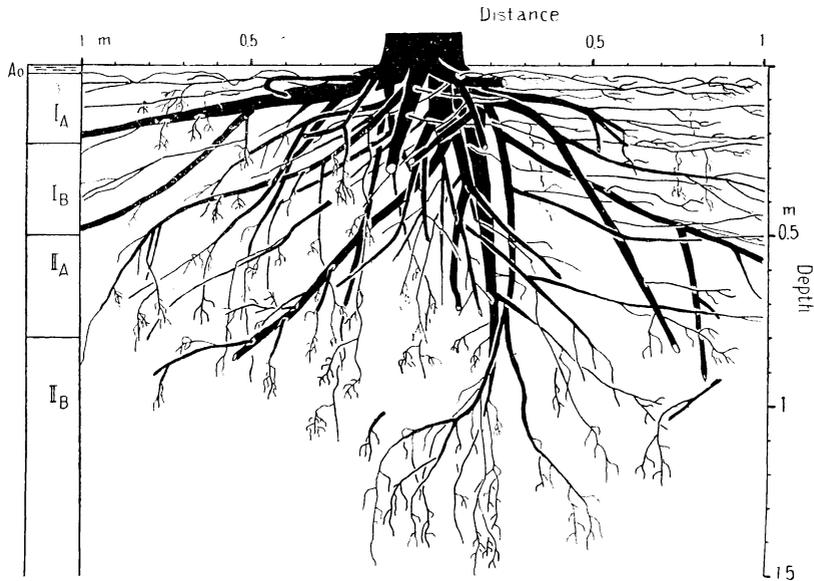
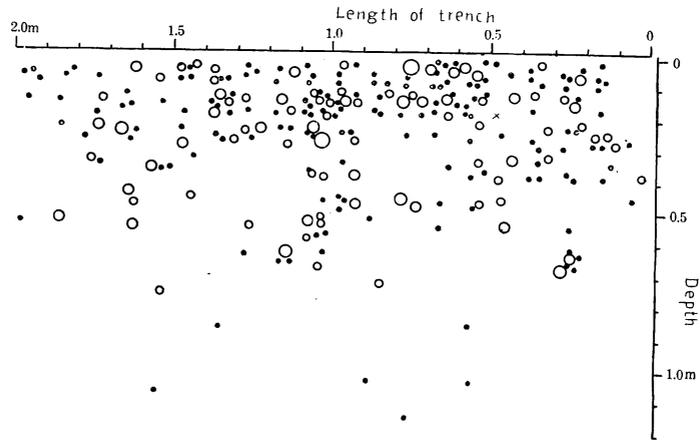
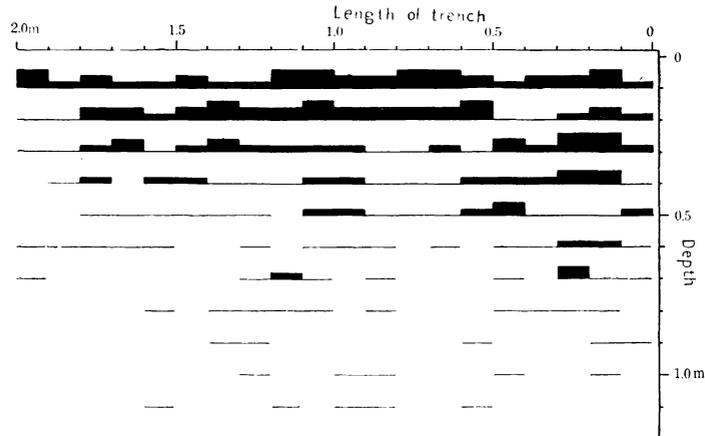


Fig. 27 イヌザクラの根系  
Root system of *Prunus Buergeriana*. (H. 10 m, D. B. H. 14 cm, 35 years)  
This root system is characterized with many forked oblique roots.



Profile 25. イヌザクラの太根の分布  
Root distribution of *Prunus Buergeriana*.



Profile 25. イヌザクラの細根の分布  
Fine root distribution of *Prunus Buergeriana*.

調査木は樹高 10 m, 胸高直径 14 cm, 樹齢 35 年 (Profile 25, Fig. 27, Phot. 54)。

根の表皮は茶褐色で, 細かい皺があつて, 薄く剥げ落ちる。

根株から直径 6~8 cm の垂下根が数本であるが, その一部は深さ 30 cm で, 直径 2~3 cm の多くの斜出根と垂下根に分岐している。そのなかで太いものとしては, 深さ 50 cm で直径 4 cm, 深さ 80 cm で 2 cm で, II<sub>B</sub> の固い土壌層のところから急に細くなつている。その最大深さは 150 cm で, この付近では垂下根が多くの小径根に分岐している。しかし, 細根の分布はきわめて少ない。垂下根としてはこの根株からであるものが主体をなしているが, この根の他に斜出根や水平根から部分的に垂下するものがある。しかし, この根は小・中径根が多く, 短くて, 深さ 100 cm 程度の固い土壌のところまで終つているものが多い。また, 垂下根は細かく屈曲して土壤中に侵入しており, この屈曲の度合は土壌が固いところほど著しい。この垂下根から分岐する紐状の小径根と細根は, きわめて固く土壌に結びついていて, 容易に土壌から剥ぎ取れない。

斜出根は根株から出るものと, 垂下根から分岐するものが多いが, 根株の近くでは下方に彎曲してバラソル形に拡がつて, その先端部が垂下するものが多い。しかし, 上層部から分岐した斜出根は上部に彎曲し

て、根株を離れるにしたがつて水平に発達するものが多くなるが、あまり遠くには拡らない。

根株から数本の太い水平根が出るが、根株の近くで多くの小・中径根に分岐しているの、その太さは急に細くなる。斜出根と垂下根から分岐する水平根は直径 0.2~0.5 cm 程度の小径根が多く、特に上層部でその発達が著しいが、深さ 80 cm のところでも横走するものが認められた。

以上のような根は一般に弾力性に乏しく、質は固くて、水平根を除いては鞭状になる場合が多い。

細根は小さな塊り状になって、まばらに小径根につき、上層部では土を落すと連らなつて垂れ下る。この細根の大部分を占める吸収根は、他の樹種と比べて細いものも多く、直径は 0.2~0.3mm のものが多い。このような根の性質は、相観的にはブナ・イヌブナなどときわめて似ている。

断面の太根の本数は 249 本で比較的多く、その径級分布は小径根が 88%、中径根 11%、大径根 1% で

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小 径 根 Small size			中 径 根 Medium size			大 径 根 Large size		計 Total	
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0		10.0<
本 数 Number of roots	159	41	13	5	21	7	3			249
%	64	17	5	2	8	3	1			100

大径根が少なく、小径根の割合がかなり多い。そのうち小径根は深さ 0~30cm に多く、その間に 74% があつた。中・大径根でも 0~50 cm にその大半が上層部に分布している。

これを太根の総本数の深さ別分布でみると、最大分布層は深さ 0~10cm で 27%、0~20 cm に 52%、0~40cm に 80% で、深さ 50 cm から急に減少して 7% になり、80 cm 以上では 1% 以下の分布しか認められなかつた。

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深 さ Depth (cm)	深 さ											計 Total		
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150		150 ~200	200 ~250
太 根 Big root	本 数 Number of roots	66	62	42	28	17	14	12	2	2		4			249
	%	27	25	17	11	7	6	5	1	1		2			102
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	38	32	19	11	6	2	3							111
	%	34	29	17	10	5	2	3							100

細根の多さの指数合計は 111 で、その 70% が深さ 0~30 cm にあり、太根のその深さにおける割合よりも 19% も多い値を示した。また深さ 0~20 cm には 63% があり、本数の分布よりも多さが上層部にたよつてゐる。深さ 80 cm 以上では指数が(+)程度の分布しか認められなかつた。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深 さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	80	90	100	110	120	
頻 度 Frequency (%)	100	100	100	90	85	75	45	50	25	25	25	5

頻度は深さ 0~30 cm まで 100% で、深さ 70 cm から急に少なくなつて 50% になつている。分布の最大深さは 120 cm であつた。

B 断面の太根数は 20 本で、A 断面の太根数に比べてきわめて少ない。その太根の大部分は小径根であつて、その小径根の 80% が深さ 0~30 cm の間にあつた。すなわち、地表層近くに細根を沢山含んでいる小径根が多く分布していることを示している。この断面の最大分布深さは 50 cm で、それ以上ではわずかな細根の分布しか認められなかつた。

(26) *Castanopsis cuspidata* var. *Sieboldii* NAKAI スダジイ

調査木は樹高 15 m, 胸高直径 25 cm, 樹令 55 年 (Profile 26, Fig. 28, Phot. 55・56)。

根の表皮は茶褐色で薄く、平滑でカシ類に似ている。

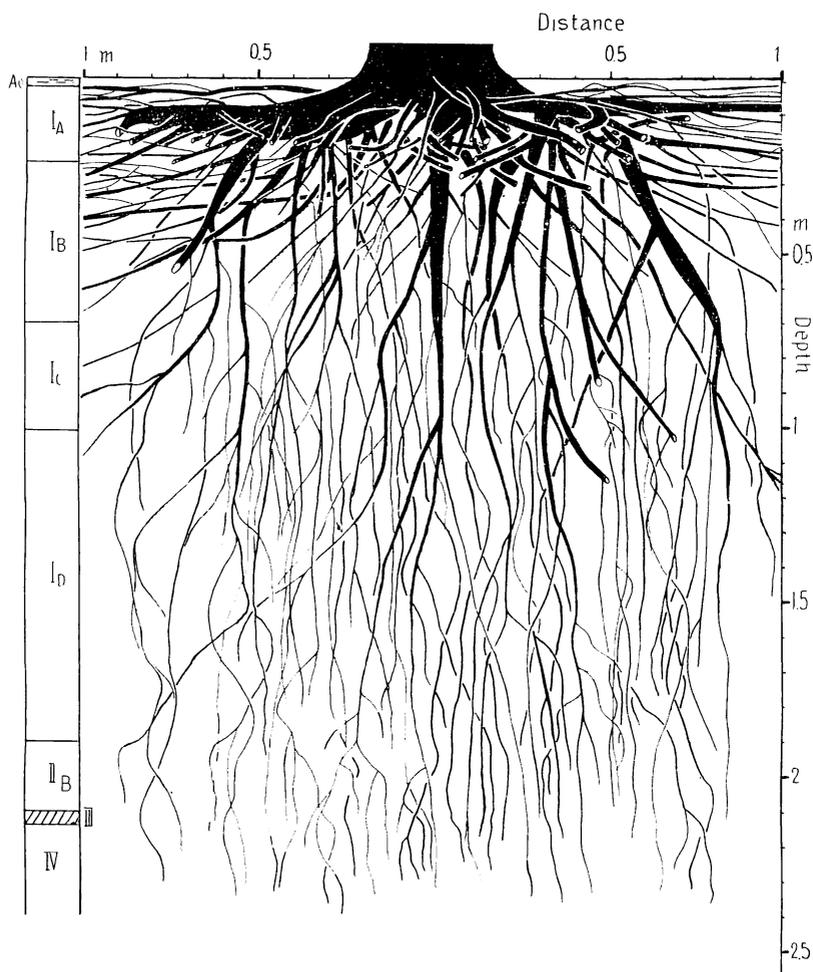
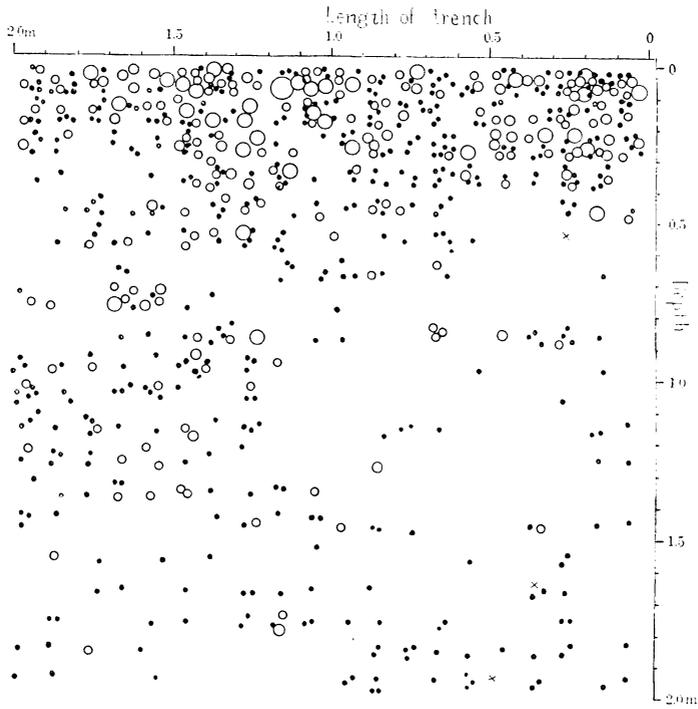


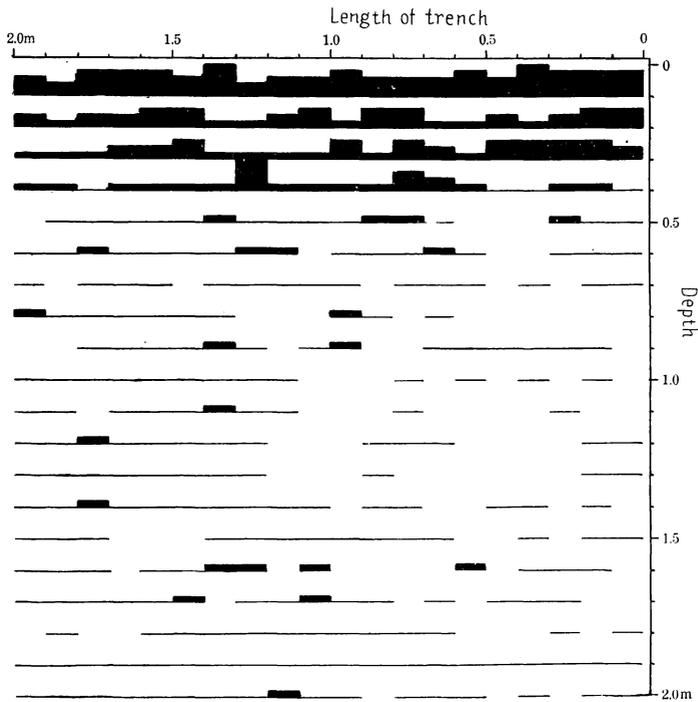
Fig. 28 スダジイの根系

Root system of *Castanopsis cuspidata* var. *Sieboldii*. (H. 15 m, D. B. H. 25 cm, 55 years)

Many pendent roots are developed alike a blind into the deep  
Gley soil through the hard and compact one.



Profile 26. スダジイの太根の分布  
Root distribution of *Castanopsis cuspidata* var. *Sieboldii*.



Profile 26. スダジイの細根の分布  
Fine root distribution of *Castanopsis cuspidata* var. *Sieboldii*.

根株から、直径6~7cmの垂下根がほぼ直線的にのびている。これが最も大きくて、これより太い垂下根はみられない。これらの太い垂下根の他に、多くの直径2~3cmの垂下根が細い鞭状にのびて最大深さ250cmに達している。垂下根は一般に深さ50~100cmでは分岐が多いが、それ以下の深さでは分岐が少なく、針金状になつて垂下している。その太さも土壌が緻密で固結している深さ80~100cmでは急に細くなり、直径0.3~0.5cmのものが多い。深さ150cm付近では分岐が多くなり、0.3~0.4cmのものが多い。また、根株に近い水平根からも垂下根が出るが、一般に根株から多くの垂下根が集まつてでている場合が多く、根株から離れた水平根から垂下するものは少ない。根株の近くでは特に中・大径根の斜出根の発達が著しく、複雑に交錯している。したがつて、根株の近くでは癒合が多くみられる。

これらの斜出根は多くの小・中径根に分岐して、一部は垂下するが、一部は上方に彎曲してその先端部は水平根となつて、地表面に沿つて横走している。また、根株からわかれた水平根は太く、直径5~20cmのものがあるが、根株の近くで多くの直径2~3cmの水平根にわかれ、ロープ状になつて上層部を波状に上下して遠くにまでのびている。また、根株の周辺ではこれらの水平根から分岐した小・中径根が複雑に交錯して網目状になり、水平根から分岐している細根とともに層状になつている。

水平根は地表から深さ50cmまでに多く、それ以下では垂下根が多くなつて水平根はきわめて少なくなる。

吸収根は小さい塊り状になつて、細根にまばらにつき、その太さは直径0.2~0.3mmのものが多い、カシ類およびブナ・イヌシデなどの吸収根と同様に細い。そのつき方や形もこれらの種類によく似ている。断面での太根数は664で、他の樹種と比較して非常に多い。その径級別の本数分配は次表ようになる。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size			中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0~10.0	
本数 Number of roots	444	104	31	20	29	31	4	1	664
%	67	16	5	3	4	5	1	+	101

いま径級別にその深さに対する分布をみてゆくと、小径根は深さ0~50cmの間にその56%があり、50~100cmでは17%で、上層部50cmの間に小径根の約半数以上が分布していた。

このような傾向は中径根では特に著しく、深さ0~50cmに88%、50~100cmに9%となり、その大多数が上層部に分布していることがわかる。また、太根数と細根の多さの指数を深さごとに見ると、次表

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine root.

	深さ Depth (cm)	本数												計 Total
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100~150	150~200	
太根 Big root	Number of roots	120	93	81	60	35	28	13	15	23	21	98	77	664
	%	19	15	13	9	5	4	2	2	4	3	15	12	103
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	70	39	33	22	4	4		2	2		4	7	187
	%	37	21	17	12	2	2		1	1		2	4	99

のようになる。すなわち、太根の最大分布層は深さ 0~10cm で 19%、0~50cm には 61%、50~100 cm には 15% があり、分布が上層部にかたよっている。しかし、深さ 150~200 cm にも 11% の分布が認められるから、その割合としては少ないが、深くまで分布していることがわかつた。

細根の多さの指数合計は 187 で、深さ 0~30cm にその 75% が、0~10cm に 37% があつて、0~10cm が最大分布層となつている。深さ 50 cm 以上ではほとんどその分布が認められず、指数は (+) 程度であつて、太根数の分布と比較して、深部に細根の分布が少ないのは興味がある。

頻度は次表のように深さ 40 cm まで各層とも 100% で、それ以上ではわずかに低くなるが、最大分布深さである深さ 200 cm 付近でも 90~100% の分布が見られた。

このように先端部で分岐が多いのは、この付近の土壤が過湿で根の生活条件が悪く、下方への伸長成長がとまるために根の分岐が促され、そのために頻度が増加するのではないかと推察される。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深 度 Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
頻 度 Frequency (%)	100	100	100	100	80	85	75	50	70	65
深 度 Depth (cm)	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
頻 度 Frequency (%)	50	65	55	75	70	60	75	65	100	90

B 断面の太根数は 426 本で、A 断面の太根数の 65% で、B 断面にもかなり多くの太根が分布していることがわかる。この径級別分布は小径根が 92%、中径根が 8% で A 断面よりも小径根の割合が多い。つぎに、これを深さ別にみると、地表から深さ 50cm の間に全体の太根数の 73% があり A 断面の同じ深さの箇所よりも大きく、分布が上にかたよっている。しかし、最大分布深さは 200 cm で、深さ 150~200cm でも 11% の分布があつたことは、垂下根または斜出根がかなり長く紐状になつて拡がつて土壤中にはいつていることを示すものである。

(27) *Pasania edulis* MAKINO マテバシイ

調査木は樹高 13 m、胸高直径 22 cm、樹令 45 年 (Profile 27, Fig. 29, Phot. 57)。

根の表皮は赤褐色で、やや厚く平滑、根株から直接出る太い垂下根はなく、直径 2~3 cm 程度の細い斜出根と垂下根が多く出る。そのうちでも大きい直径 4~5 cm の垂下根は、根株の近くで多くの中・大径根に分岐して垂下し、他の細い垂下根とともに簾状になつている。また、斜出根も下の方に大きく彎曲して、その先端部は紐状になつて垂下する。一部の斜出根は上方に彎曲し、その先端部は横走して水平根となり、これから A<sub>0</sub> 層にむかつて小径根を分岐し、細根を分布している。

水平根は上層部に多くて、直径 3~4 cm のロープ状の根が地表に沿つて長く横走しており、これから多くの小・中径根が分岐して、網目状に地表近くをおおつている。また、ロープ状の水平根は地表近くを波状に横走している。

垂下根は固い鞭状で、柔軟性に乏しく、土壤中に直線的にはいつて、最大深さ 270 cm に達している。この深さの付近では土壤はグライ化して過湿の状態であるが、垂下根の先端部はよく分岐して多くの吸收根をつけている。いま垂下根の太さを深さ別に見ると、深さ 100 cm では直径 0.5~1.0 cm のものが多

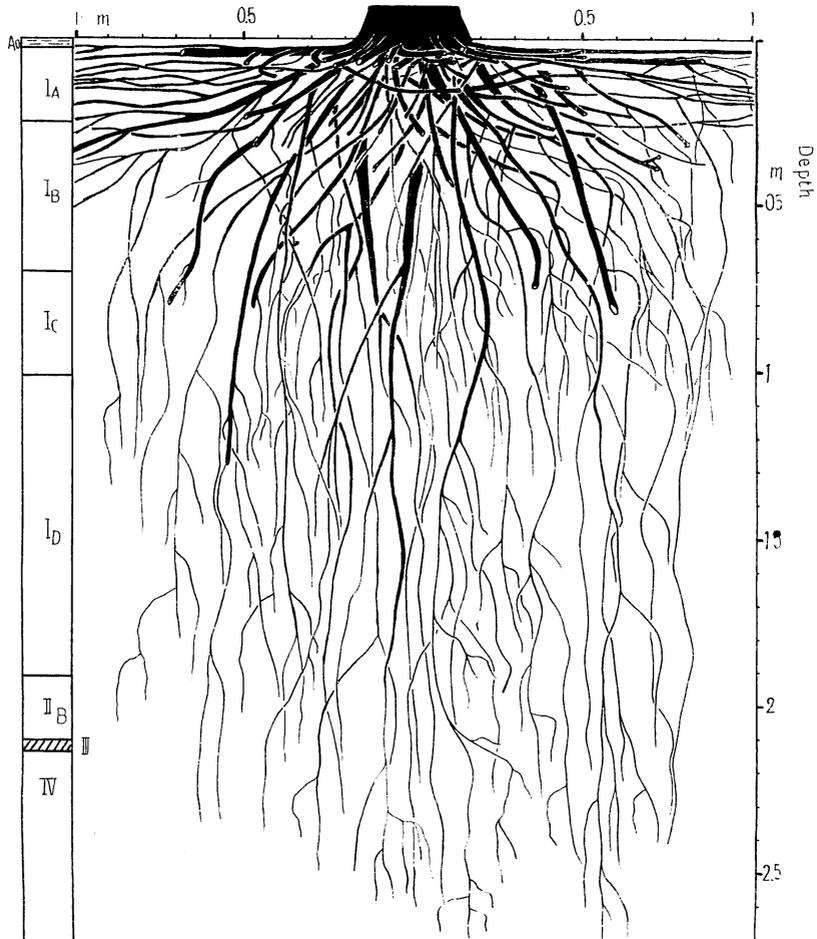


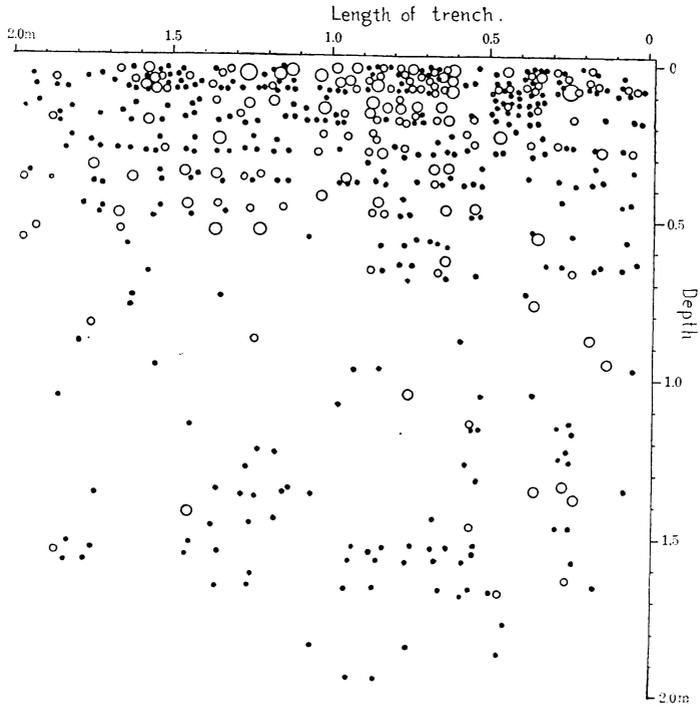
Fig. 29 マテバシイの根系  
 Root system of *Pasania edulis*. (H. 14 m, D. B. H. 22 cm, 45 years)  
 Development of horizontal and pendant roots are marked, cord like pendant roots are penetrated into the deep layer (depth 270 cm).

く、200 cm では 0.3~0.5 cm, 250 cm では 0.2~0.3 cm のものが多い。

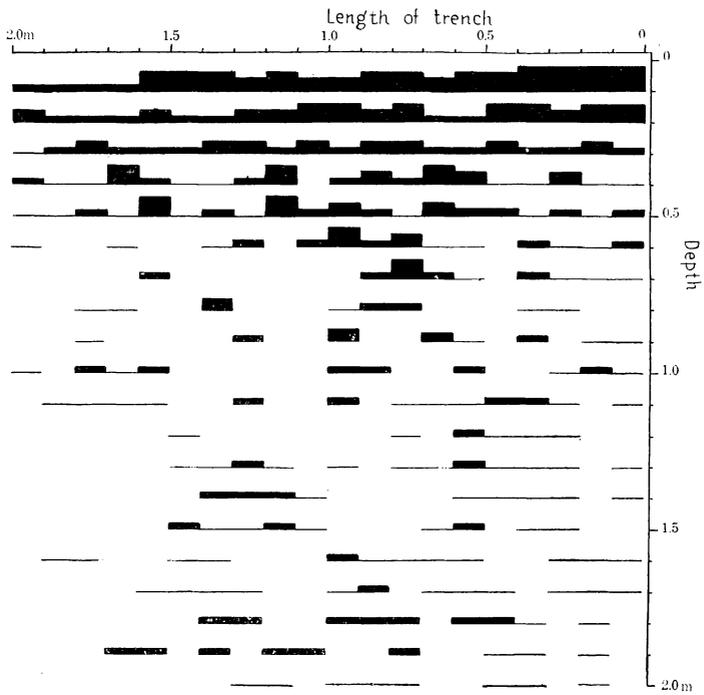
水平根から垂下する垂下根のなかには太い根は少なく、部分的に細長い紐状の根が垂下しているにすぎない。しかし、これらの垂下根も根株から出たものと同様に、深さ 200 cm 以上にはいつているものが多い。

径級別本数分配表  
 The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size			中径根 Medium size				大径根 Large size	計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	
本数 Number of roots	306	56	26	21	25	13	2		449
%	68	13	6	5	6	3	+		101



Profile 27. マテバシイの太根の分布  
Root distribution of *Papania edulis*.



Profile 27. マテバシイの細根の分布  
Fine root distribution of *Papania edulis*.

い。また、根株の近くでは水平根が複雑に交錯していて、中・大径根に多くの癒合が見られた。吸収根は細くて直径 0.2~0.3 mm のものが多く、スダジイに似て小さな塊り状になつて散生している。

断面での太根数は 449 本で、スダジイに似て多い。この径級別本数分布を見ると前の表のとおりで、小径根が比較的多い割合に大径根は少ないことがわかる。

つぎに、小径根の深さ別の分布を見ると、最も深いところでは深さ 200 cm まで分布しているが、量的には特に上層部に多く、深さ 0~40 cm の間に小径根の半数以上の 65% が分布していた。また中・大径も上層部に集まつていて下層部には少ない。

太根の本数の分布は次表のように、最大分布層は深さ 0~10 cm で全体の本数の 26% を示し、深さ 50 cm からは急に少なくなつて 6% 以下になる。いま各々の深さごとにその中に含まれる割合を計算すると、深さ 0~50 cm に 63%、50~100 cm に 29% となり、上層部に分布が集まつている。

細根の多さの指数合計は 211 で、その最大分布層は深さ 0~10 cm にあり、24% であつた。太根・細根ともに 0~10cm で分布が最も大きくなり、一般には細根の割合の方が上層部に多いが、ここでは太根が上層部にやや多い傾向にあつた。また、深さ 0~50 cm では 71%、50~100 cm では 15% で、深さ 50cm まででは細根の割合が太根数の割合よりも多いが、太根の本数が上層部に多い割合には細根が少ない。

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	深さ別本数										深さ別指数			計
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	
太根 Big root	本数 Number of roots	115	78	56	45	26	17	17	5	5	5	40	40		449
	%	26	17	13	10	6	4	4	1	1	1	9	9		101
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	51	35	27	20	18	10	7	4	5	6	13	15		211
	%	24	17	13	10	9	5	3	2	2	3	6	7		99

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
頻度 Frequency (%)	100	100	100	95	100	70	45	40	40	50
深さ Depth (cm)	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
頻度 Frequency (%)	50	30	60	45	45	60	60	45	45	40

各層の頻度分布は上の表のとおりで、深さ 0~50cm の間は 95~100% で、細根、太根ともにその分布に多少のかたよりはるがあるが、ほとんど層状に分布している。スダジイに似て深さ 70~150cm までは分布が減少して 30~50% となつており、垂下根の分岐のしかたが部分的に異なつていことがわかる。垂下根の分岐は土壌の性質や樹種によつてかなり異なり、クスギ・アベマキなどでは土壌の固くて緻密なところで分岐が多くなる傾向が見られたがスダジイ・マテバシイでは反対に少なくなる傾向がうかがわれた。

B 断面の太根数は 217 本で、A 断面の太根数の 48% であつた。そのうち、小・中径根が 95% で、大半を占めている。この垂直分布割合は深さ 0~50 cm に 68%、50~100 cm に 18% で、A 断面よりも深いところに分布の割合が多い。

(28) *Cinnamomum Camphora* SIEBOLD クスノキ

調査木は樹高 17 m, 胸高直径 30 cm, 樹令 40 年 (Profile 28, Fig. 30, Phot. 58・59・60・61)。

根の表皮は灰白色で、やや厚く、凸凹が多い。根の内部は水分が多くて、非常に軟らかで直径 3~5 cm の大径根でもスコップでたやすく切ることができる。

根株とそのまわりの太い水平根から直径 5~10 cm の垂下根が数本出る。これらの垂下根は緻密で固い火山灰土壌の層のところで急に細くなり、最大深さ 240 cm に達している。

その垂下根の先端部は数本の小径根にわかれるが、マツ類で見られるように、固い土壌の裂目に沿って小径根と細根が網目状になつて分布するといった現象は全くみられない。深いところでまれに太い吸収根がみられるがその数は非常に少ない。また、水平根の先がしだいに垂下して深さ 100 cm 付近まではいい、ここで固い土壌に沿って横走するものもある。一部の斜出根は一度斜めに土壌の中にはいるが、しだいに上方に彎曲しながら発達してその先端部は水平根となり、地表部へ向つて小径根を分岐している。

一般に斜出根および垂下根の分岐は単純で、太い棒状の根の発達が特徴的である。これから分岐する小径根は少ない。またこれらの分岐した根は直線的に土壌中にはいつている。

水平根は、根株で直径 15~20 cm の太いものが数本あるが、根株の近くで直径 4~5 cm の数本の大径根に分岐し、この分岐した水平根は上層部を長く横走している。また、これらの横走する大径根とともに

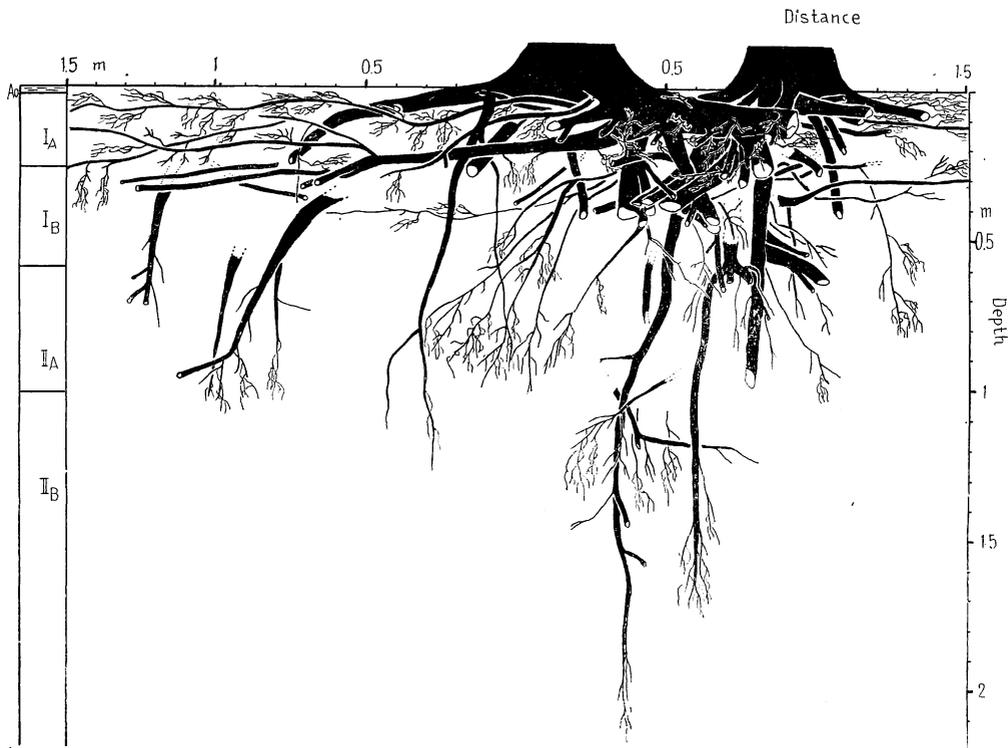
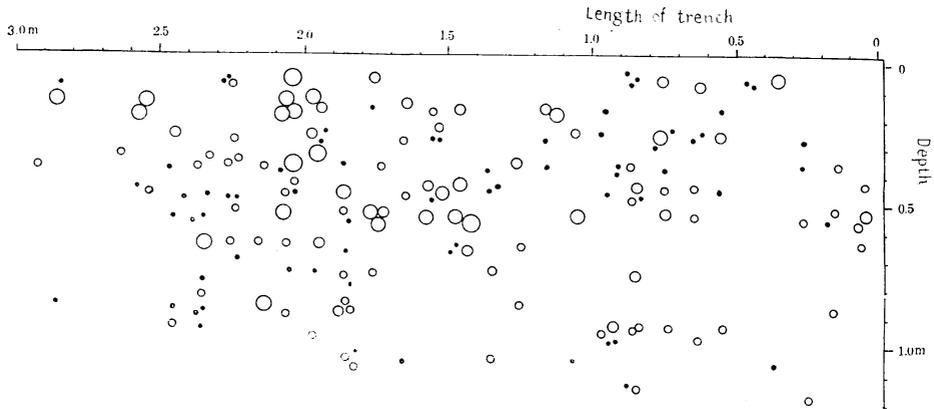


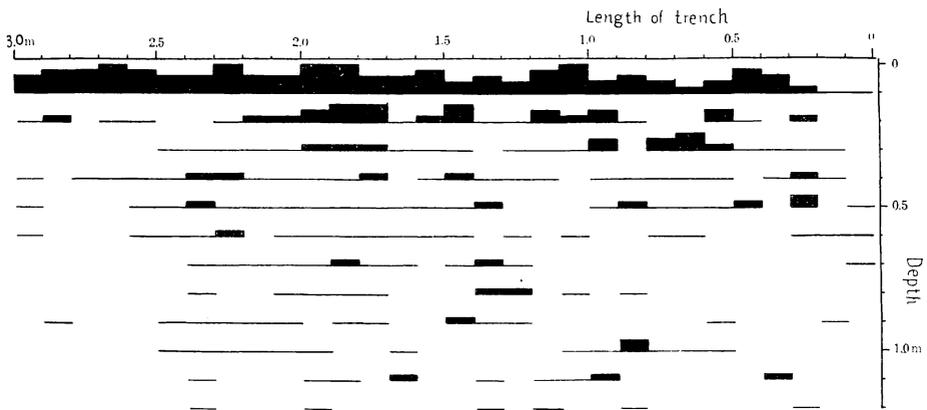
Fig. 30 クスノキの根系

Root system of *Cinnamomum Camphora*. (H. 17m, D. B. H. 30 cm, 40 years)

Few pendent roots are penetrated into the deep layer (depth 220 cm), but the development of them are all stopped at the deep compact soil layer (depth 1 m).



Profile 28. クスノキの太根の分布  
Root distribution of *Cinnamomum Camphora*.



Profile 28. クスノキの細根の分布  
Fine root distribution of *Cinnamomum Camphora*.

直径2~3 cmのロープ状にのびる水平根も多く、部分的に房状の吸収根をつけている。

吸収根の太さは、上層部では直径0.8~1.0mmのものが多いが、水分の多い深いところでは上層部のものよりも太くて1.0~1.4mmのものが多い。太い水平根は根株の近くで、同じクスノキの水平根と癒合している (Phot. 85)。このような癒合は数箇所で見られ、他の樹種よりも多いようである。

また、太い水平根の基部は、その断面が偏厚して楕円状または板状になっている。この偏厚は根株の近くで特に著しく、根株から遠くなるにしたがつて円形になる。その範囲は、調査木では根株から1mであった。この偏厚は樹幹を支持する根の物理的な適応であるといわれており、樹幹を支持する太い垂下根や斜出根が少なく、分岐の少ないクスノキのような種類の水平根に偏厚が著しいことは興味がある。今まで調査したもののなかで、太い垂下根や斜出根が発達しているものにはこのような偏厚はみられなかつた。

断面の太根数は182本であるが、これを調査木一本当り長さ2mの断面を単位として考えると他の種類に比べて少ない。つぎに、その径級別本数分布をみると次の表のようになり、総本数に対する割合としては、中・大径根の割合が他の樹種に比べて多い。一般に小径根は上層部に多いが、クスノキでは深いところにも多く、これを深さ50cmごとに計算すると地表から50cmの間に小径根の54%、50~100cmの

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size			中径根 Medium size			大径根 Large size			計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	10.0<	
本数 Number of roots	70	35	18	9	18	13	15	4		182
%	39	19	10	5	10	7	8	2		100

間に 39% があつた。しかし、中・大径根と径級が太くなるにしたがつて、この上層部と下層部との割合は、反対になり、しだいに上層部に多くなつてくる。すなわち、中径根では深さ 0~50 cm までが 68%、50~100 cm が 32%、大径根では上部にその 70%、下部に 30% であつた。

いま、これを太根数の深さ別の割合で見ると、次の表のようになり、最大分布層は深さ 40~50 cm で、全体の根の 15% があつた。また、一般に深いところでの分布が多く、これを深さ 30~70 cm の間の割合

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	本数											計 Total		
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150		150 ~200	200 ~250
太根 Big root	Number of roots	14	13	25	25	27	22	14	8	12	12	10			182
	%	8	7	14	14	15	12	8	4	7	7	5			101
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	87	23	11	5	6	1	2	2	1	2	3			143
	%	61	16	8	4	4	1	1	2	1	1	1			100

でみるとこの間に全体の太根数の 55% が分布していた。

細根の多さの指数合計は 143 で、その最大分布層は地表から 10 cm の間で、その間と全体の細根の 61% があつた。地表部に吸収根が集まつている。深さ 50 cm 以下ではほとんどなくて、指数 (+)~(-) 程度の分布しかみられない。すなわち、太根は深部にも多く分布しているのに比べて、細根は地表近くに特に多く分布していることがわかる。この細根の最大分布深さは 120 cm であつた。

階層別の頻度分布は次表のとおりで、深さ 50 cm までは比較的多いが、それ以下では急に少なくなり、最大深さは 120 cm で 20% であつた。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
頻度 Frequency (%)	100	75	75	85	75	65	40	30	45	45	30	20

B 断面の太根数は 128 本で、A 断面の 70% が分布しており、その大部分は水平根であつた。またその径級別分布は小径根が全体の 84% を占め、中径根は 15%、大径根は 2% で、A 断面に比べて小径根の割合が多い。その最大分布層は 0~10 cm で、A 断面のそれが 40~50 cm の層であるのに比べて、上層部に大分ずれている。しかし、B 断面としては他の樹種と比較してやや深いところにも多く、深さ 50~100 cm に 29% が分布していた。

(29) *Idesia polycarpa* MAXIM. イイギリ

調査木は樹高 13 m, 胸高直径 18 cm, 樹令 30 年 (Profile 29, Fig. 31, Phot. 62・63)。

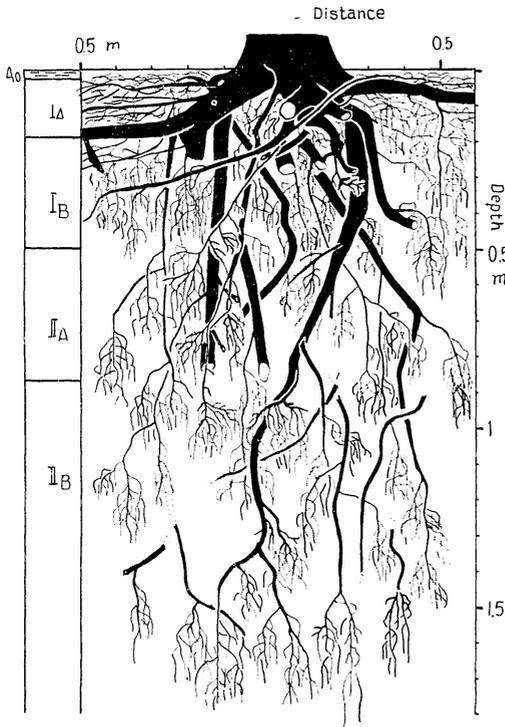


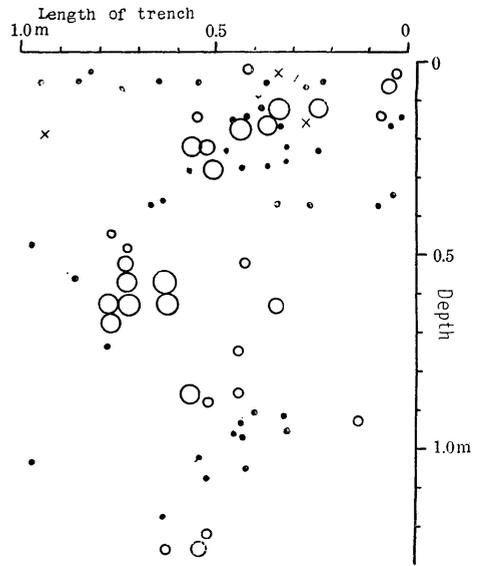
Fig. 31 イイギリの根系  
Root system of *Idesia polycarpa*.  
(H. 13 m, D.B.H. 18 cm, 30 years)

Large pendent roots are few penetrated into the deep layer (depth 190 cm) through the compact soil.

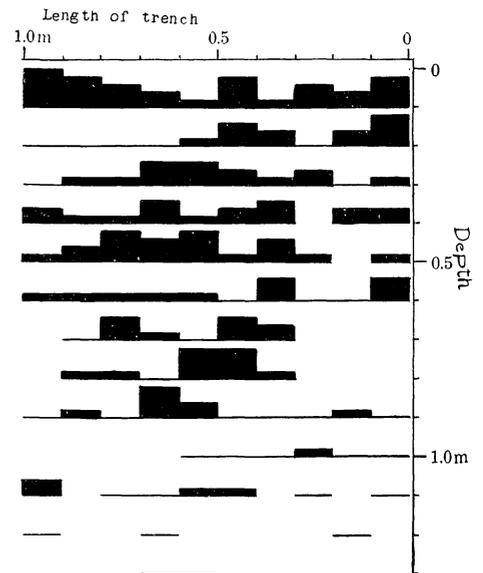
根の表皮は淡黄色で、薄く、平滑である。

根株から出ている太い水平根の基部から、直径 5~7 cm の垂下根が出る。この垂下根は分岐が少なく、やや屈曲するが主な根が太い棒状になつて垂下して最大深さ 180 cm に達している。その先端部は細根小径根ともに分岐が少ない。

この垂下根の他に直径 1.5~2 cm の太い紐状の垂下根が出るが、大体深さ 150 cm 付近で終つている。また、斜出根は下方に彎曲して土壤中に侵入しているものが多く、一部のものが上方に彎曲して深さ 40~50 cm のところを横走しているにすぎない。水平根は根株から直径 4~5 cm の太いものが数本出るが、すぐに直径 2~3 cm のロープ状の水平根に分岐している。この水平根はクスノキの場合と同じようになり



Profile 29. イイギリの太根の分布  
Root distribution of *Idesia polycarpa*.



Profile 29. イイギリの細根の分布  
Fine root distribution of *Idesia polycarpa*.

遠くまで延びている。一般に小・中径根の分岐は少なく、細根は直接大径根から房状になつてでている場合が多い。この細根の太さはクスノキやコブシなどに比べてやや細く直径0.3~0.4 mmのものである。

調査した断面の長さは1 mであるが、その細根および太根の分布を見ると、太根数は71本で、その径級別分布は次の表のようになり、小径根は83%で、そのうち直径0.2 cmのものが63%で特に多いが、

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size			中径根 Medium size				大径根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	10.0<	
本数 Number of roots	45	7	5	2	2	5	4	1	71	
%	63	10	7	3	3	8	6	1	101	

その他の割合は少ない。中径根は11%であるのに大径根は7%で、中径根に比べて大径根の割合が多い。つぎに小径根の分布を深さによつてみると、深さ0~50cmまでにその61%、50~100cmに35%が分布しており、深いところでも多くの細根が分布している。中径根では0~50cmに40%、50~100cmに60%で、小径根の場合よりも25%も分布が多い。

いま、これらの関係を総太根数について深さ別にみると次表のようになる。この最大分布層は深さ10~

深さ別太根細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	深さ別太根細根分布表											計 Total		
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150		150 ~200	200 ~250
太根 Big root	本数 Number of roots	11	12	9	6	3	5	5	2	3	7	8			71
	%	15	18	12	9	4	8	8	3	5	9	9			100
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	29	12	14	17	21	11	9	11	8	1	4			137
	%	21	9	10	12	15	8	7	8	6	1	3			100

20 cmで、全体の本数の18%で、深さ0~50 cmまでに58%があり、50~100 cmは38%で、下層部での分布数が多い。最大分布深さは140 cmで、その比率は9%であつた。

細根の多さの指数合計は137で、断面の面積の割合に大きい値を示している。細根の最大分布層は深さ0~10 cmで21%であり、0~50 cmの間に68%があつて、太根の場合よりも10%も多い。しかし、深さ60~90 cmでは細根の割合と太根の割合がほぼ似た値となつて、細根の分布が深いところでも太根に比べてあまり減少しないことを示している。各層別頻度分布は深さ0~30 cmまで100%で、層状に分布していることがわかるが、深さ90 cmでも100%の分布があり、表で見るように一般に深いところでの分布

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130
頻度 Frequency (%)	100	100	100	80	65	70	60	60	100	60	70	30	20

が多いことがわかる。最大深さは 130 cm で 20 % であつた。

B 断面の太根の本数は A 断面の本数の 30 % で、深さ 50 cm 以下でも多くの分布が認められた。

(30) *Paulownia tomentosa* STEUD. キ リ

調査木は樹高 12 m, 胸高直径 22 cm, 樹令 20 年 (Profile 30, Fig. 32, Phot. 64・65)。

根の表皮は茶褐色で樹皮に似ているが、厚く、縦に裂ける深い皺がある。

根株から直径 25~30 cm の太い垂下根が 2 本分岐しているが、これらは大きく彎曲しながら垂下している。この垂下根は深さ 40 cm 付近で数本の大径根に分岐し、分岐した大径根はタコ足状に発達している。いま、そのなかで主なものの深さ別の直径の変化をみると、深さ 40 cm で直径 23 cm, 120 cm で 8 cm となり、最大深さ 160 cm 付近では直径 0.5~1 cm となつている。一般に分岐数は少なく、特に小・中径根の分岐が少ないために全体的にその形は単純である。垂下根の先端部は、Fig. 32 のように深さ 140 cm の緻密で固い赤土の層で、垂直方向への成長が止まり、方向を変えてこの層に沿つて長く横走している。

斜出根は上部に彎曲しているものは少なく、大多数が下方に彎曲して、その先端部は垂下根となつて最大深さ付近に達している。これらの斜出根もよく屈曲しており、斜出根から垂下根を分岐することは少ない、水平根は上層部には比較的少なく、深さ 30 cm 付近を横走している直径 3~4 cm のロープ状のものが数本あるにすぎない。また深さ 50 cm まではいつた斜出根が、再び上方に向つて彎曲して、深さ 0~10 cm の層に達して水平根となつて横走し、或いは深さ 30~50 cm で、太径根が上方に分岐して、上層部で水平根とな

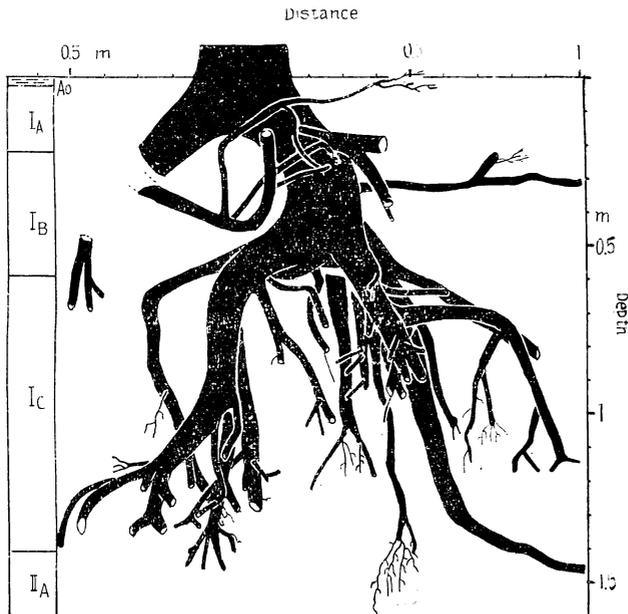


Fig. 32 キリの根系  
Rootsystem of *Paulownia tomentosa*.  
(H. 12 m, D. B. H. 22 cm, 20 years)

Few large pendent roots are bent and their extension are stopped at the compact layer.

つているものもある。このように一度土壤中に侵入した根が彎曲、あるいは分岐して上層部に達しているものと、下方に彎曲して垂下根となるものがあるが、これらの関係は明らかでない。しかし、ある一定の深さ以下では上方に彎曲あるいは分岐するものが全くみられない。キリではその深さが 50 cm であつた。上層部を横走する水平根からは部分的に房状の細根がでるがその直径は太くて 1.0~1.2 mm のものが多い。

以上の根の内部はきわめて軟らかで、直径 4~5 cm 程度の大径根でも手で容易に折ることができる。また水分が多く、根を潰すと水分が滲みでてくる。断面での太根数はわずかに 10 本で他の樹種に比べてきわめて少ない。その径



級分布は前の表のように中・大径根が 60% を占め、この樹種の一つの特徴をなしている。

太根の 80% は深さ 0~30 cm の間にあつた。また、細根の多さの指数合計は 3 で、極端に小さく、このすべてが深さ 0~20 cm の間に分布していることは注目さるべきである。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深 さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
頻 度 Frequency (%)	15	15	10		5				5

B 断面でもその分布は非常に少なく、直径 0.3 cm · 0.4 cm · 0.6 cm の 3 本の紐状の水平根が上層部にあるにすぎなかつた。

(31) *Kalopanax septemlobus* Koidz. ハリギリ

調査木は樹高 17 m, 胸高直径 32 cm, 樹令 35 年 (Profile 31, Fig. 33, Phot. 66)。

根の表皮は褐色で、厚く、地上部の樹幹ほどではないが細かい皺が多い。キリでは根の表皮の皺が著しいが、ハリギリではその反対に地上部よりも皺が少ない。根の材質はきわめて軟らかで、スコップで容易に傷がつくが、キリの根ほど軟かくはない。Fig. 33 のように全体的に特徴のある形態をしており、径級別本数分布表に示すように大径根は多いが小・中径根は少ない。

根株から直径 20~30 cm の太い垂下根がでるが、深さ 1 m のところで分岐して一つは斜走して、深さ 150 cm のところで水平根となつているが、他のものは垂直に発達して最大深さ 250 cm に達している。その太さは、深さ 110 cm の分岐したところで直径 8~9 cm であるが、深さ 160 cm で直径 4~5 cm となり、深さ 200 cm では 2~3 cm で、先端部まで比較的太い。以上の、根株から発達する太い垂下根のほか、太い水平根あるいは斜出根から発達する垂下根があるが、いずれも分岐は少なく、太いま棒状になつて侵入している場合が多い。

斜出根は 30°~40° の角度で土壤中に侵入しているが、深さ 100 cm 付近で大きく彎曲して水平に発達するものが多く、これらの形はちょうど鼎状に見える。

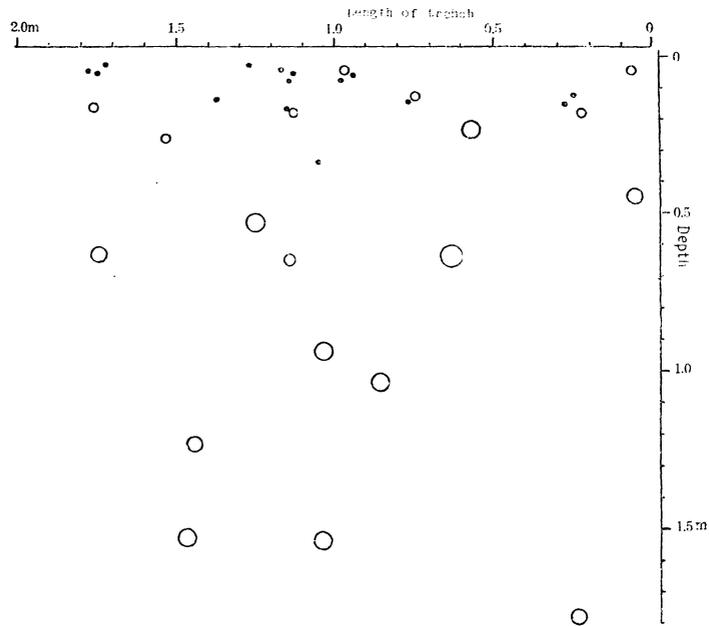
水平根は上層部では直径 15~20 cm のものが深さ 20~30 cm のところを横走しているが、垂下根、斜出根と同じように分岐はきわめて少ない。斜出根のなかでキリで観察されたように一度土壤中にはいつた大径根が極端に反転して上昇し、地表に沿つて水平根となつて細根を分岐しているものが観察された。その深さは 30 cm であつた。細根は表層部でわずかに観察された程度で、きわめて少ない。吸収根の太さは直径 1.0~1.2 mm 程度で、キリの吸収根に似て太い。

太根の径級別本数分布は次表のように総本数は 36 本で、キリと同様に中・大径根の割合が他の樹種に比

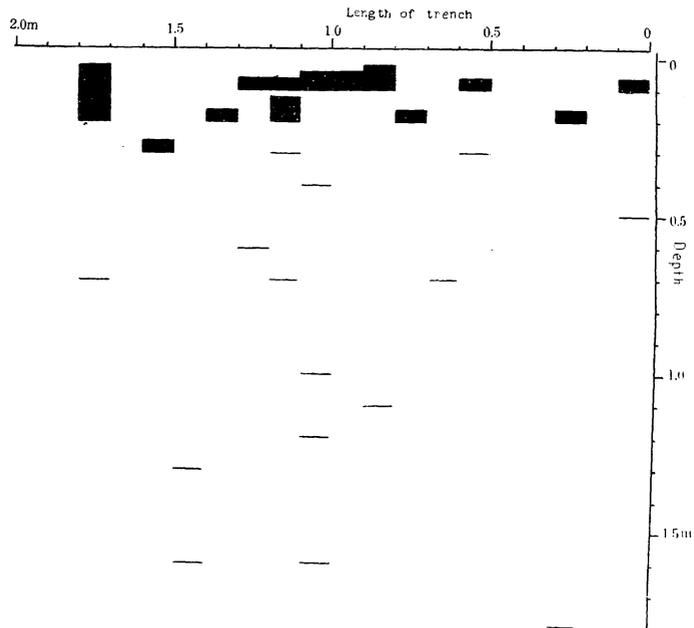
径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

本 数 Number of roots	小 径 根 Small size			中 径 根 Medium size			大 径 根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	
	15	6	2		2	4	6	1	36
%	42	17	6		6	11	17	3	102





Profile 31. ハリギリの太根の分布  
Root distribution of *Kalopanax septemlobus*.



Profile 31. ハリギリの細根の分布  
Fine root distribution of *Kalopanax septemlobus*.

うになり、深さ 0~20 cm の間にその 50% があり、最大分布深さは 190 cm であつた。細根は深さ 0~30 cm の間に集まり、特に 0~20cm の間には全体の 95% があつて、それ以上の深さでは指数が (+) 程度

の分布しか認められなかつた。

頻度は次表のように、最大分布層である深さ 0~10 cm の間でも 40% しかなく、深さ 40 cm 以下では 5% 程度が多く、また全く分布がみられない階層もあり、分布のしかたがまばらであることがわかる。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	
頻度 Frequency (%)	40	25	15	5	5	5	15			5	5	5					10		5

B 断面では大径根が 4 本しかなく、そのすべては深さ 50 cm 以下の深部にあつた。

(32) *Firmiana platanifolia* SCHOTT et ENDL. アオギリ

調査木は樹高 17 m, 胸高直径 24 cm, 樹令 50 年 (Profile 32, Fig. 34, Phot. 67)。

根の表皮は白く、薄い鱗片状になつて剥げ落ちる。根の質は柔らかであるが、キリやハリギリよりも硬い。

垂下根は、根株および太い水平根から出るが、大体において太いものも多く、中径根以下の細い垂下根は少ない。いま最も大きい根株から出る垂下根を見ると、深さ 20 cm のところの直径が 12 cm で、70 cm

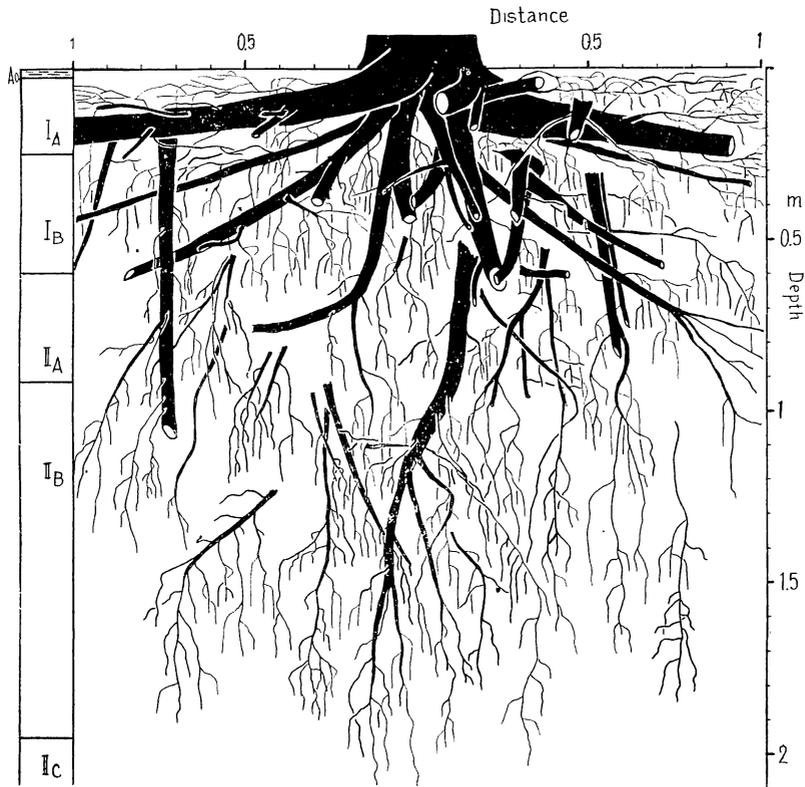
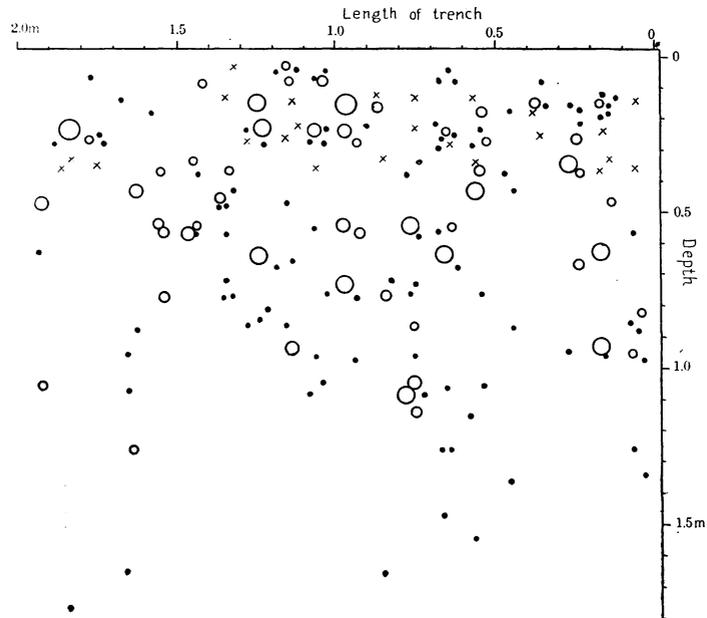


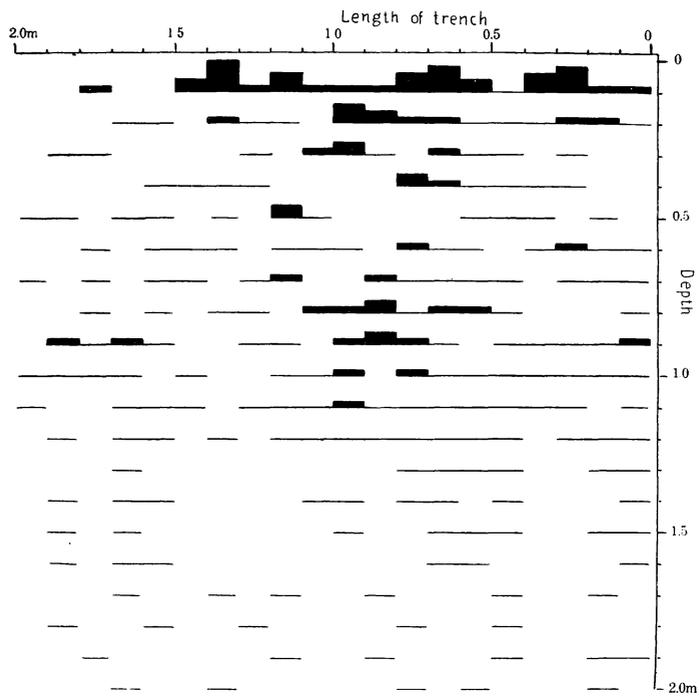
Fig. 34 アオギリの根系

Root system of *Firmiana platanifolia*. (H. 17 m, D. B. H. 24 cm, 50 years)

Large pendent roots are penetrated into the compact soil of depth 210 cm, and large horizontal roots run parallel to the soil surface.



Profile 32. アオギリの太根の分布  
Root distribution of *Firmiana platanifolia*.



Profile 32. アオギリの細根の分布  
Fine root distribution of *Firmiana platanifolia*.

では直径が 9 cm になつているが、100 cm では 6 cm になり、土壌が非常に緻密で固い深さ 120~140 cm 付近では直径が急に細くなり 2~3 cm になつて、最大深さ 210 cm に達している。この間、深さ 100 cm 付近で、わずかに屈曲するが大体において直通で、分岐も少ない。先端部は数本の小径根に分岐して終つてはいるが、観察したところでは吸収根の分布は少ないようである。この太い垂下根の他に直径 0.2~0.3 cm の短い紐状の垂下根があるが、深さ 150 cm 付近で終つている場合が多い。

斜出根は多くは上部に彎曲し、深さ 50~80 cm のところを横走しているが、一部は垂下根になつている。

この斜出根から紐状の小径根がまばらに垂下している。しかし、直径 0.5~3 cm 程度の中・大径根の分岐はきわめて少なく、形態的には大径根によつて特徴づけられる。

根株から直接出る水平根は直径 15~20 cm の大径根が多く、分岐が少ないので、この太い水平根が根系の主体をなして、漸次細くなりながら上層部を横走している。

以上のように垂下根、斜出根、水平根ともに中径根の分岐が少ないために、大径根から直接小径根や細根がでる場合が多い。

細根は房状に塊つて出て、その中に含まれる吸収根は直径 0.3~0.4 mm のものが多く、キリヤクスノキ・コブシなどの吸収根に比べて細い。

断面での太根数は 151 本で、その径級別の内訳は次表のとおりである。このなかで、小径根の直径 0.2 cm の割合と大径根の割合が多いことに注意する必要がある。また、各径級別にその深さの分布を見ると、小

径 級 別 本 数 分 配 表  
The relation between number of roots and diameter.

	小 径 根 Small size			中 径 根 Medium size			大 径 根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	
本 数 Number of roots	70	13	5	1	8	6	8	4	115
%	61	11	5	1	7	5	7	3	100

径根は深さ 0~50 cm までに小径根の 50 %、50~100 cm に 34 % で、深い部分にも小径根の分布が多いことがわかつた。これを中・大径根で見ると、深さ 0~50 cm に 49 %、50~100 cm に 43 % で、中・大径根も同じように深いところの分布が多い。

また、これらの関係を総合して太根の総本数の深さ別の分布をみると、次の表のようになり、最大分布層は深さ 20~30 cm で 17 % であつた。その分布のしかたは、深さにしたがつて順次減少する傾向にあり、

深 さ 別 太 根、細 根 分 布 表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深 さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	計 Total
	本 数 Number of roots	13	17	25	10	10	14	8	12	10	10	18	4	151	
太 根 Big root	%	9	11	17	7	7	10	5	8	6	6	12	3	101	
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	54	10	4	3	2	2	2	5	7	1	1		91	
	%	60	10	4	3	2	2	2	6	8	2	2		101	

モミヤアカマツなどのように上層部にその大半が集まる傾向はみられない。最大分布深さは 180 cm である。

細根の多さの指数合計は 91 で、他の樹種に比べて少ない。しかし、その深さ別の分布は太根の場合とかなり異なり、深さ 0~10 cm に 60% があつて、太根の比率が 9% であるのに対して 51% も多く、細根の分布が地表に向つて多くなつていくことがわかつた。細根の指数 (1) 以上の最大分布深さは 110 cm で、それ以上の深さでは (+) 程度の分布しか認められなかつた。

頻度は深さ 120 cm は 75% で、深い部分にも断面に広く分布していることがわかるが、一般に最も分布の多い深さは 0~10 cm の間で 85% であつた。これを細根の分布とあわせて考えて見ると、上層部でも

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深 さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
頻 度 Frequency (%)	85	75	50	50	55	70	70	60	75	80
深 さ Depth (cm)	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
頻 度 Frequency (%)	80	75	35	45	40	30	30	25	30	25

細根が部分的に房状になつて塊つてでる傾向が強いため、あるところでは全く根が出現しないコドラートがでてくることわかつた。

B 断面の太根数は A 断面の 20% で、深さ 50~100 cm の間にもなお総太根数の 30% があつて、根株から 150 cm 離れたところでも、深部に多くの根が分布している。

(33) *Magnolia Kobus* Dc. コ ブ シ

調査木は樹高 12 m, 胸高直径 22 cm, 樹令 30 年 (Profile 33, Fig. 35, Phot. 68)。

根の表皮は灰白色で、明瞭な細かい皺があり、厚く、剥離する。

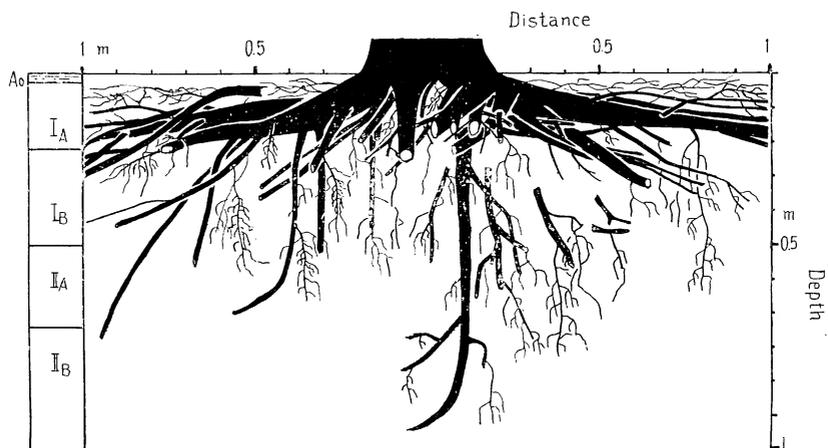
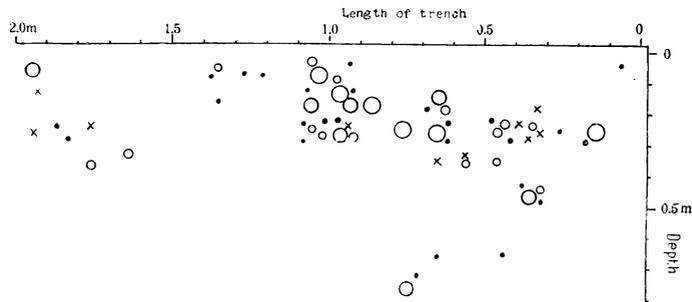
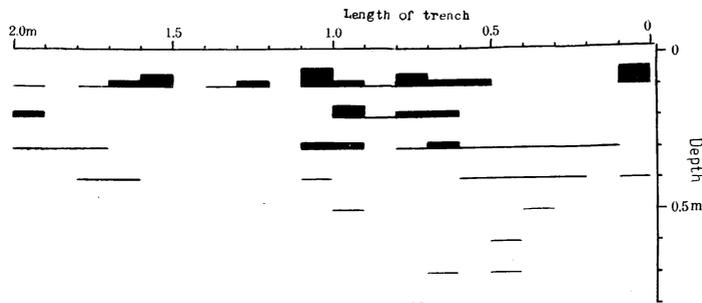


Fig. 35 コブシの根系  
Root system of *Magnolia Kobus*. (H. 12 m, D. B. H. 22 cm, 30 years)  
Pendant roots are fewly branched, and are not developed at the compact soil of depth 100 cm.



Profile 33. コブシの太根の分布  
Root distribution of *Magnolia Kobus*.



Profile 33. コブシの細根の分布  
Fine root distribution of *Magnolia Kobus*.

根株から、深さ 20cm のところでの直径が 4~5cm の垂下根ができるが、通直で分岐が少なく、クスノキの垂下根に似て棒状である。深さ 100 cm 付近で大きく曲つて、太さは急に細くなり、最大深さは 110 cm に達して終つている。土壌が固くなる II<sub>B</sub> の層の上部で成長が止つているものが多い。

この垂下根のほかには直径 2~3 cm の垂下根が数本侵入しているが、いずれも深さ 80 cm 程度で終り、それより深くでは観察されなかつた。垂下根の先端部は細かく分岐せず、太いまままで終つている場合が多い。

斜出根は直径 3~4 cm の大径根が多く、垂下根とともに分岐は少なく、したがつて小・中径根の分布数も少ない。また、一度斜入した根が深さ 40~50 cm のところで上方に彎曲して横走するものもある。斜出根の先端部が垂下し、あるいは斜出根から分岐して垂下するものがあるが、いずれも細くて短く、発達がきわめて悪い。

水平根は上層部に多く、根株から直径 10~15 cm の太い水平根が数本でる。しかし、根株から離れるにしたがつて急に細くなり、100cm 離れたところでは直径 3~4cm となる。この太い水平根の基部はクスノキと同様に偏厚して楕円形または板状になる。

以上の根は弾力性に乏しく、材は軟らかで折れやすい。

吸収根はクスノキに似て太く、直径 0.8~1.0mm のものが多い、分岐が多くて房状につき乾燥すると細かくちぢれて小さい塊り状になる。

断面での太根数は他の樹種に比べて少なく 54 本しかない。その径級別本数分布は次表のとおりで、直径 2.0~5.0 cm の大径根の割合が多い。

また、小・中径根ともに深さ 0~30 cm の間にその大半が分布している。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size				中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0~10.0	10.0<	
本数 Number of roots	27	5	3	2	5	6	6			54
%	50	9	6	4	9	11	11			100

太根の総本数について、その深さ別の分布をみると、次表のように最大分布層は深さ 20~30 cm で全体の  
本数の 41% であつた。これに比べて深さ 0~10cm, 10~20cm の間では少なく、18% と 17% である。

以上のように総太根数の 75% が 0~30 cm の間にあつて、深さ 40 cm 以上ではその分布が急に少なくなつて  
いる。最大分布深さは 80 cm であつた。

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots

	深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100~150	150~200	200~250	計 Total
	太根 Big root	本数 Number of roots	10	10	22	4	4		2	2					
	%	18	17	41	7	7		5	5						100
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	15	5	3											23
	%	65	22	13											100

細根の多さの指数合計は 23 で、これも他の樹種に比べて少ない。これを深さ別にみると深さ 0~10 cm  
に 65% があり、順次少なくなつて 0~30 cm の間にそのすべてが分布していた。太根の場合には最大分  
布層が深さ 20~30 cm であつて、やや深いところに分布がかたよつていたのに反して、細根の場合には表  
層部に分布が著しくかたよつている。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80
頻度 Frequency (%)	65	35	60	40	10	5	10	5

頻度分布は最も多い深さ 0~10 cm でも 65% で、部分的に塊つた分布をしていることがわかる。深さ  
40 cm では太根・細根ともに分布はきわめて少ないが、頻度は 40% で、比較的多い。深さ 50 cm 以上で  
は頻度が急に減少し、最大深さは 80 cm で 5% であつた。

B 断面では深さ 20~30 cm に 6 本の中径根しか認められなかつた。

(34) *Celtis sinensis* var. *japonica* NAKAI エノキ

調査木は樹高 13 m, 胸高直径 28 cm, 樹令 40 年 (Profile 34, Fig. 36, Phot. 69・70)。

根の表皮は灰白色で、薄く、剝げ落ちる。

根株から直径 2~3 cm の垂下根が多数出て、最大深さ 100 cm に達している。この深さでは土壌の断面

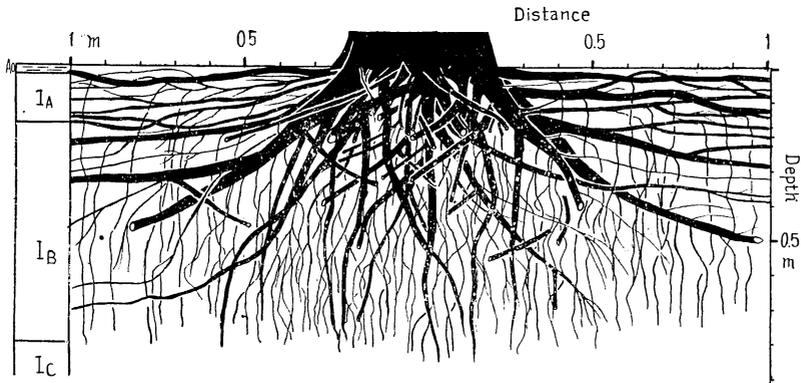
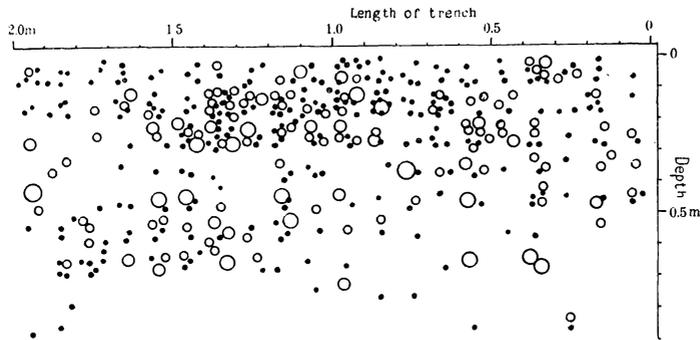
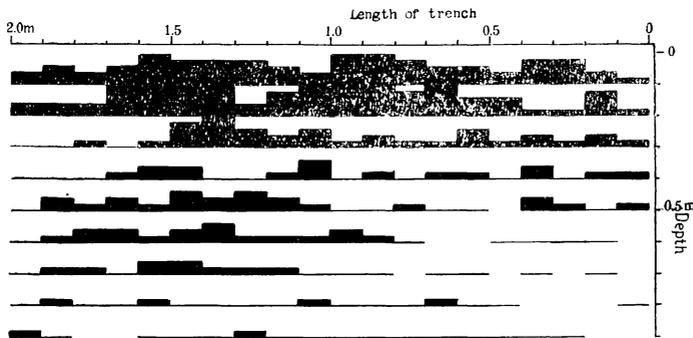


Fig. 36 エノキの根系  
 Root system of *Celtis sinensis* var. *japonica*.  
 (H. 13 m, D. B. H. 28 cm, 40 years)

Pendent roots are shortened in order to high ground water (depth 100cm), and not penetrated into Gley soil. Therefore, horizontal roots are well developed.



Profile 34. エノキの太根の分布  
 Root distribution of *Celtis sinensis* var. *japonica*.



Profile 34. エノキの細根の分布  
 Fine root distribution of *Celtis sinensis* var. *japonica*.

の記述の項で説明したように、地下水が高くて土壌水分が多いために垂下根の成長が止まつて、細くなり、分岐も少ない。以上の比較的太い垂下根の他に、直径 0.5~1.0 cm の中径根の紐状の根が垂下しているが、いずれもその発達は悪い。

斜出根は根株のところでは、直径 10~15cm の太いものが数本でて、それがさらに直径 2~3cm の多くの斜出根に分岐している。この斜出根は、特に水分の多くなる深さ 40~50cm 付近で上方に彎曲して水平根となつている。また、これらの斜出根および水平根からの分岐は上の方に向つているために、深さ 0~40cm では根が層状に分布している。

これを、同じ立地にあるハンノキの根系と比べてみると、ハンノキの斜出根は下方に彎曲して水分の多いグライ上壤にもよくはいつているが、エノキではさきに述べたように上方に彎曲ないしは分岐する傾向にあつて、両種が水分条件に対して明らかに反対の性質があることがわかつた。この斜出根と水平根が、重なつて横走するところでは部分的に癒合が見られる。普通には地下水の低い土壌のところでは根株から太い大径根が出て、この根がしだいに分岐してゆく場合が多く、直接根株から直径 2~3 cm の水平根が分岐することは少ないが、この調査木の立つていたような過湿のところでは深さ 0~10cm の地表付近の根株から直径 2~3 cm の多くの水平根が出て、上層部を波状に上下して長くのびている。また、根株に近い太い斜出根ないしは水平根の基部は上下方向に肥厚して板状になる。

根は直径 0.2~0.3cm の小径根でもムクノキと同じように非常に強靱で、手では容易に切ることができない。またその分岐のしかた、細根のつきかた、水平根や斜出根の根株からのでかたなどはムクノキの根によく似ている。

断面での太根数は 391 本で、他の樹種に比べて多い。その径級別分布は次表のように小径根が全体の 90% を占め、大径根はわずかに 2 本であつた。これを各径級について深さ別にみると、小径根の 65% は深さ 0~30cm にあり、深さ 30cm 以上では急に少なくなる。しかし、中径根になると、この傾向が反対になつて、深さ 30 cm までに 45% を示し、深いところの分布の方が多くなる傾向がある。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小 径 根 Small size			中 径 根 Medium size				大 径 根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	10.0<	
本 数 Number of roots	260	66	25	12	12	14	2			391
%	67	17	6	3	3	4	+			100

深さ別太根, 細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深 度 Depth (cm)	深 さ (cm)										計 Total			
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		100 ~150	150 ~200	200 ~250
太 根 Big root	本 数 Number of roots	73	100	74	35	35	34	30	5	5					391
	%	19	26	19	9	9	9	8	1	1					101
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	65	69	34	16	22	17	9	4	2					238
	%	27	29	14	7	9	7	4	2	1					100

つぎに、これらを総合して、太根数の深さ別の分布をみると、前表のようになる。

その最大分布層は深さ 10~20cm で 26%、0~30cm では 62% で太根数の過半数が深さ 0~30cm の間に分布している。

細根の多さの指数合計は 238 で、その値は他の樹種の細根の指数合計に比べて非常に高く、深さ 0~20cm にその 56%、0~30cm には 71% があつて、太根数の分布と比較して細根が深さ 0~30cm の間に集まっている。

頻度は次表のように深さ 90cm まで 80% で、そのうち深さ 40cm までは 100% で、地下水の上部 1m の間に層状に分布していることがわかる。しかし、これを太根や細根の分布と組み合わせて考えると、深

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
頻度 Frequency (%)	100	100	100	100	95	85	80	85	80

い過湿の状態のところにも一応普遍的に分布はしているが、その量が少なく、細根では指数が (+) 程度のもが多いことがわかつた。

B 断面の太根数は 71 本で、A 断面の 18% にあたり、そのうち小径根が 94%、中径根が 6% であつた。また太根の 75% が深さ 0~20cm の間にあり、深さ 50cm 以上では分布が全くみられなかつた。

(35) *Aphananthe aspera* PLANCH ムクノキ

調査木は樹高 16m、胸高直径 22cm、樹令 50年 (Profile 35, Fig. 37, Phot. 71・72・73)。

根の表皮は灰白色で薄く剥げる。平滑。小・中径根の紐状の根は繊維質で柔軟性に富み、非常に強靱で手では容易に切れない。

マツ類のように根株の真下からでる太い垂下根はなく、太い水平根の基部から、太いもので直径 7~8cm の垂下根がでる。しかし、この垂下根は深さ 30~70cm の間で多くの小径根に分岐する。一般に小・中径根の垂下根は、多くは紐状になつて長くのび、最大深さは 210cm に達している。このような垂下根は非常に多く、一般に最大深さ付近では根の分布が少ないが、ムクノキでは小・中径根の垂下根が多いためにちようど簾状になつて深くまで侵入しており、最大分布深さ付近でも多くの小・中径根の垂下根が見られる。この紐状の垂下根の深さ別の太さをみると、深さ 50cm 付近では小・中径根に交つて直径 3~4cm の大径根があるが、深さ 100cm では直径 0.2~0.5cm の紐状の根が大多数を占め、最大深さ付近では直径 0.2~0.3cm の垂下根が多い。以上の垂下根は根株からの距離が 50cm の範囲内にその大半があり、根株から遠く離れた水平根から太い垂下根が出ることは少ない。

斜出根は上の方に彎曲しているものが多く、その先端部はロープ状の水平根となつて、広く上層部を覆っている。また、一部の斜出根は下方に彎曲して深くまで侵入しているが前者に比べて少ない。

根株に近い太い水平根は、楕円状または板状になつているものが多いが、根株から遠くなるにしたがつてその太さは急に細くなり、また、多くの中・大径根に分岐している。これらのロープ状の中・大径根やこれから分岐した小径根は上層部で複雑に交錯して網目状になつている。細根は細い糸状で房になつて塊つて分岐する。その細根の一つ一つは土壤と固く結びついており、小径根を引張ると、これについている

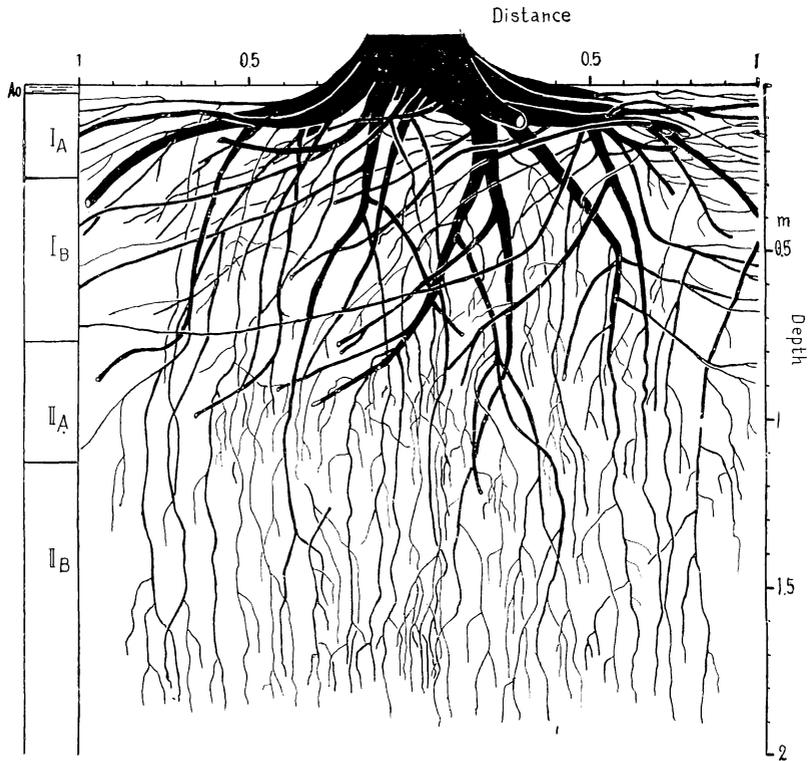
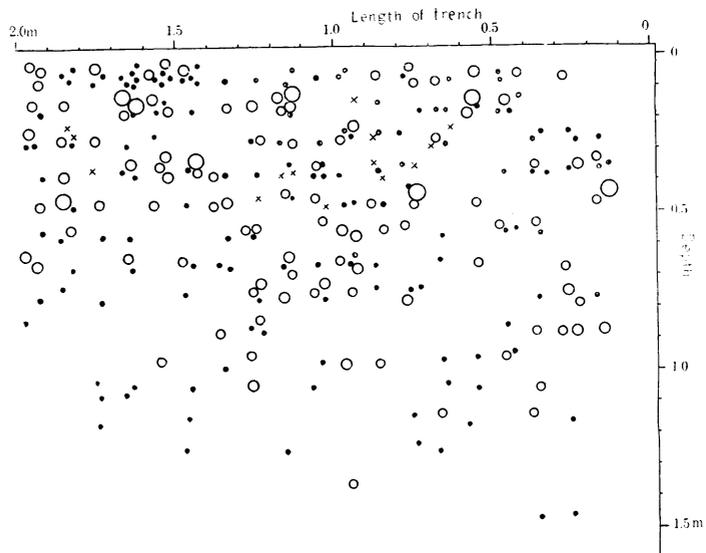


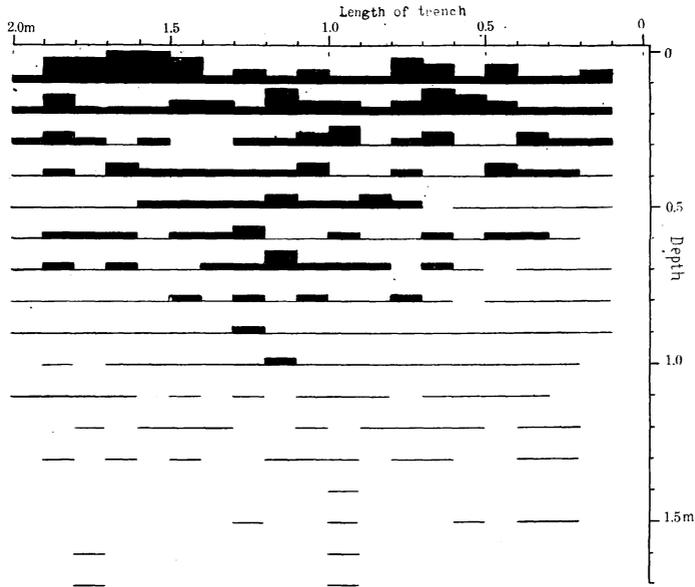
Fig. 37 ムクノキの根系

Root system of *Aphananthe aspera*. (H. 16 m, D. B. H. 22 cm, 50 years)

Many cord like pendent roots are penetrated into the deep soil (depth 190 cm), pendent and oblique roots are much forked, and horizontal roots are much elongated.



Profile 35. ムクノキの太根の分布  
Root distribution of *Aphananthe aspera*.



Profile 35. ムクノキの細根の分布  
Fine root distribution of *Aphananthe aspera*.

細根は土壤とともに持ち上げられるほどである。その太さは調査した樹種のなかで最も細く、直径 0.1~0.2 mm のものが多い。一般にその小・中径根の発達の状態や分岐のしかたはエノキによく似ている。

つぎに、断面の太根数についてみると、太根の総本数は 256 本で他の樹種に比べて比較的多く、その径級別本数分布は次の表のようになり、中径根が多い割合に大径根が少なく、また、小径根の割合が多い。これは根の分岐のしかたが細かいことをあらわすものである。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size		中径根 Medium size				大径根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	
本数 Number of roots	150	45	24	11	17	7	2		256
%	59	18	9	4	7	3	1		101

深さ別太根, 細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	深さ別太根, 細根分布表										計 Total			
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		100 ~150	150 ~200	200 ~250
太根 Big root	本数 Number of roots	43	30	26	31	21	20	21	18	12	10	24			256
	%	17	12	10	12	8	8	8	7	5	4	9			100
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	39	31	19	15	11	11	11	4	1	1				143
	%	28	22	14	10	7	7	8	3	1	1				101

また、太根数の深さ別分布は前の表のとおりであるが、上層部に多くの太根がかたまつて分布する型ではなくて、深さ 0~30cm で 39%, 0~50cm で 58%, 50~100 cm で 37% で、深いところでも分布の割合が多い。いま、各径級のものについてその深さ別分布をみると、小径根は深さ 0~50 cm に 58%, 50~100 cm に 37% で、その減少のしかたはゆるやかである。中径根についても同様な傾向がみられる。

これらの関係を総太根数でみると表のように、深さ 0~30cm に 28%, 0~50cm に 59%, 50~100 cm に 32%, 100~150cm に 9% でしだいに減少している。その最大分布深さは 140 cm であつた。

細根の多さの指数合計は 143 で、最大分布層は地表から 10 cm で 28% である。一般に細根の指数は深さ 50 cm 以下になると、太根に比べて非常に少なくなるが、ムクノキでは深さ 70 cm までは太根の割合に細根の指数は減少しない。深さ 100 cm 以下では細根の指数が (+) 程度の分布しかみられない。

頻度は次表のとおりで、深さ 90~100cm までが多いが、それ以下では 50% 程度に減少し、深さ 140cm から急に少なくなつていく。以上のように深くまで大きい頻度数を示すものは紐状の多くの垂下根が発達する種類に多い。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深 さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
頻 度 Frequency (%)	100	100	90	100	95	95	90	95	100	85	65	55	50	5	25	10	10

B 断面の太根数は 141 本で、A 断面の 55%, そのうち小径根が 89%, 中径根が 11% で、大径根はみられない。A 断面の太根の分布とその割合がほぼ似ている。太根数の深さ別割合は、深さ 0~50 cm に 68%, 50~100 cm に 27% で、B 断面としては他の樹種に比べてその割合が多い。これは紐状の多くの垂下根がパラソルの形に拡がって分布しているためではないかと考えられる。

### (36) *Platycarya strobilacea* SIEB et ZUCC ノグルミ

調査木は樹高 16 m, 胸高直径 24 cm, 樹令 50 年 (Profile 36, Fig. 38, Phot. 74・75)。

根の表皮は赤褐色で、薄く、樹皮のような裂れ目はなく、細かい皺が見られる。表皮は薄く剝離する。

根株から出るマツ類に見られるような長大な垂下根はなく、直径 2~3 cm の堅い多くの鞭状の垂下根が深くまではいって、この樹種の垂下根を特徴づけている。太い垂下根としては、深さ 30 cm のところの直径が 15 cm のものがあるが、深さ 80 cm 付近の緻密で固い土壌のところではその成長がとまつて、数本の小・中径根に分岐し、この根が垂下して、深さ 120 cm 付近で終っている。

土壌が特に固くて、断面の土壌が壁状に見えるところでは垂下根が十分に成長できないために、細く、あるいは楕円状になつて細かく屈曲して、土壌の細かい裂目に沿つて垂下している。一般に垂下根は柔軟性に乏しく、折れやすい。その最大深さは 230 cm に達し、先端部は分岐が少なく線状に終っている。

斜出根は中径根ないしは直径 2~3 cm 程度の大径根が多く、その大部分は下方に彎曲して、先端部は垂下根となつている。垂下根に似て細かい屈曲と分岐が多い。根株から分岐した太い斜出根は根株の近くで多くの中径根に分岐する傾向がある。

水平根は、直径 10~15 cm の太いものから分岐した直径 2~4 cm のロープ状の根が多く、地表に沿つて上層部を遠くにまで横走している。根株に近いところでは楕円状に偏厚することが多く、なかには Fig. 38

のように水平根の断面がヒヨウタン状になるものもある。このような偏厚のしかたはツガの水平根においてもみられ、おもしろい現象である。

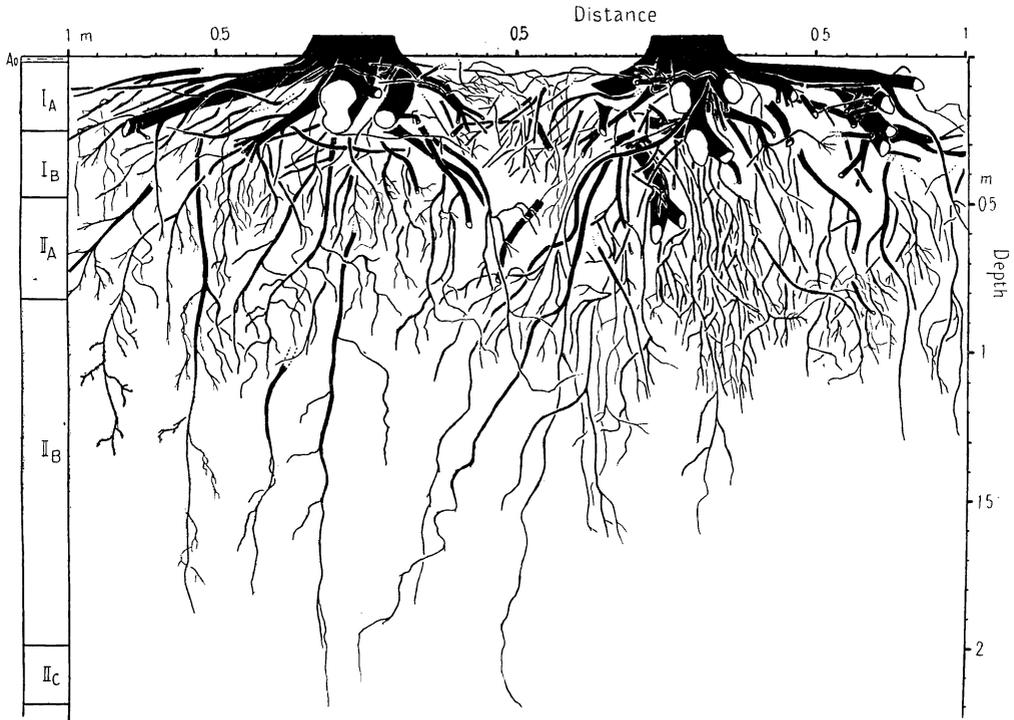
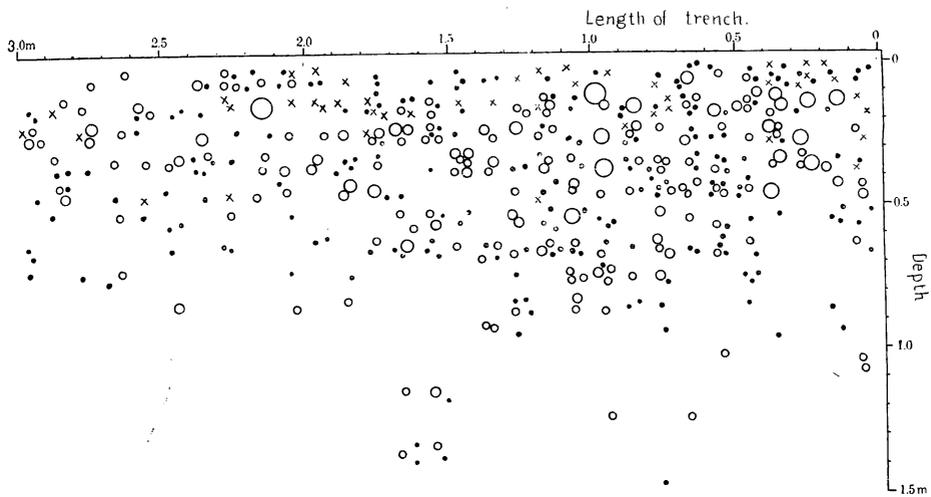
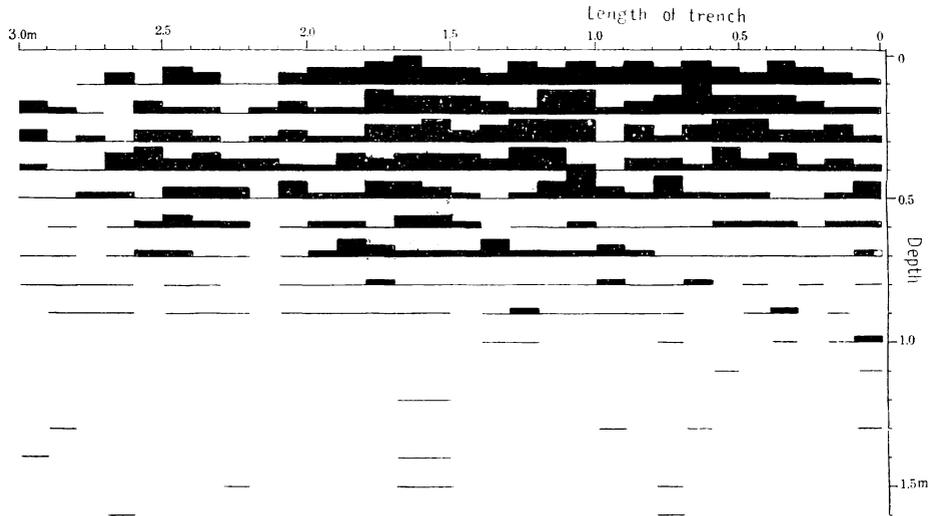


Fig. 38 ノゲルミの根系  
Root system of *Platycarya strobilacea*. (H. 16 m, D. B. H. 24 cm, 50 years)



Profile 36. ノゲルミの太根の分布  
Root distribution of *Platycarya strobilacea*.



Profile 36. ノゲルミの細根の分布  
Fine root distribution of *Platycarya strobilacea*.

細根はきわめて細くて、乾燥すると鬚状になる。吸収根のつきかたはまばらで、細く、直径0.1~0.2mmのものが多い。

断面の長さは3mであつて、この断面にあらわれた太根数は374本であつたが、これを長さ2mの単位長さになおして比較しても他の樹種に比べて本数が多い。

この総太根数の径級別本数分布は次の表のとおりで、小径根が全体の92%を占めてこの根系の径級別

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size		中径根 Medium size				大径根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3 0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0~10.0	10.0<	
本数 Number of roots	204	70 50	19	20	8	2		1	374
%	55	19 13	5	5	2	1		+	100

本数分布を特徴づけている。いま、この各径級について、その深さ別の分布を見ると、小径根は深さ0~50cmに62%、50~100cmには33%で、上層部のおよそ半数にあたるものが深さ50cm以上の深い部

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	本数												Total
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100~150	150~200	
太根 Big root	Number of roots	42	48	45	62	42	35	45	20	14	7	14	1	374
	%	11	13	12	17	11	9	12	5	4	2	4	+	100
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	72	60	63	72	43	18	21	3	4	2			358
	%	20	17	18	20	13	5	6	1	1	+			101

分にあつて、小径根が下層部にも多いことがわかつた。中・大径根では深さ 0~50cm にその 80% があつて、小径根の場合とは反対に上層部での割合が大きくなる。

また、太根数の深さ別分布は次の表のようになり、その最大分布層は深さ 30~40 cm で、深くにあり、17% であつた。深さによる太根の本数の減少のしかたは表のようにしだいに減少する型であつて、深さ 70 cm までは 9~17% で、あまり大きな値の変化はなかつた。深さ 80 cm 以上ではそれまでの分布の半以下になり、最大分布深さは 160 cm であつた。

細根の多さの指数合計は 358 で、前表のように深さ 0~50cm にその 87% があり、細根の大半が深さ 50 cm 以下の浅いところに集まつていることがわかつた。深さ 80~100 cm では指数が (1) のものが数個あるが、深さ 100 cm 以上では (+) 程度の分布しか認められない。

頻度は次表のように深さ 80cm まで 70% 以上で、特に上層部では 90~100% となつており、太根・細根ともに普遍的に分布していたことがわかる。深さ 100 cm からはその割合が急に低くなり、30% 以下になる。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深 さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
頻 度 Frequency (%)	90	95	100	100	100	80	93	70	60	30	7	13	17	10	17	7

B 断面の太根の本数は 108 本で、A 断面の 29% であつた。その径級別の本数分布は小径根が全体の太根数の 83%、中径根が 11%、大径根が 6% で、最大分布層は深さ 0~10 cm で 29%、0~20 cm には全体の 56%、0~40 cm には 89% があつて、B 断面では本数分布が上層部に特に多いことがわかつた。

(37) *Styrax Obassia* SIEB et ZUCC. ハクウンボク

調査木は樹高 15 m、胸高直径 18 cm、樹令 45 年 (Profile 37, Fig. 39, Phot. 76)。

根の表皮は赤褐色で、薄く、平滑。

マツ類やモミのような根株の直下に発達する太くて長い垂下根はなく、多くの細くて短い垂下根と中径根の多い斜出根によつて特徴づけられる。

垂下根は直径 2~3 cm のものが多く、斜出根や水平根の基部、あるいは斜出根から分岐して垂下するものが多い。たとえば調査木では、根株から直径 7~8 cm の斜出根が分岐するが、これが深さ 50 cm の固い赤土の層に接するところでは、数本の直径 2~3 cm の垂下根と斜出根に分岐しており、垂下根は最大深さ 130 cm に達している。

根株から直接分岐した斜出根は分岐が少なく、下方に大きく彎曲して、深さ 70 cm 付近から垂下根となつて、最大深さ 130 cm に達している。このような斜出根の多くは下方に彎曲して垂下する。

また、これらの垂下根は一般に分岐が少なく、固い鞭状になる。垂下根の細かい屈曲は非常に多く、特に深さ 50 cm 以上の固い土壌のところではこの傾向が強い。垂下根の先端部は普通 2, 3 の小径根に分岐するが、細根の発達はきわめて悪い。いま、おのおのの深さによる垂下深の太さをみると、深さ 50 cm では直径 0.5~1.0 cm のものが多いが、深さ 100 cm になると垂下根の本数が非常に少なくなつて、直径 0.2~0.3 cm のものが数本かぞえられる程度になる。

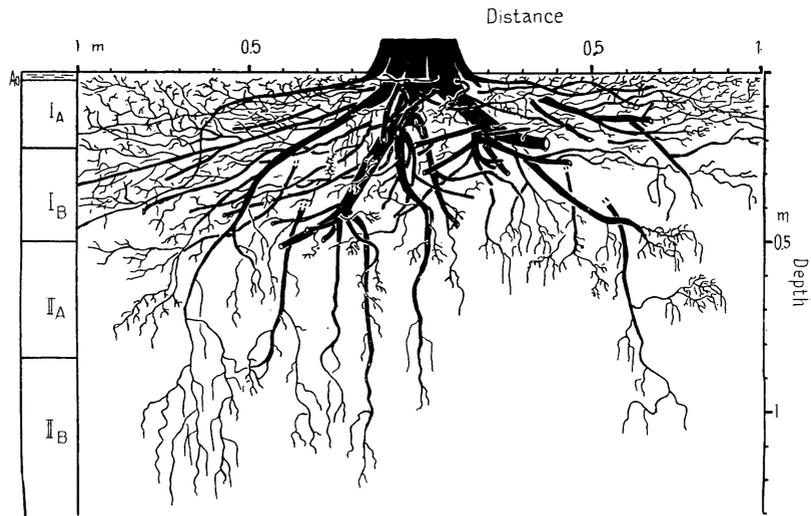
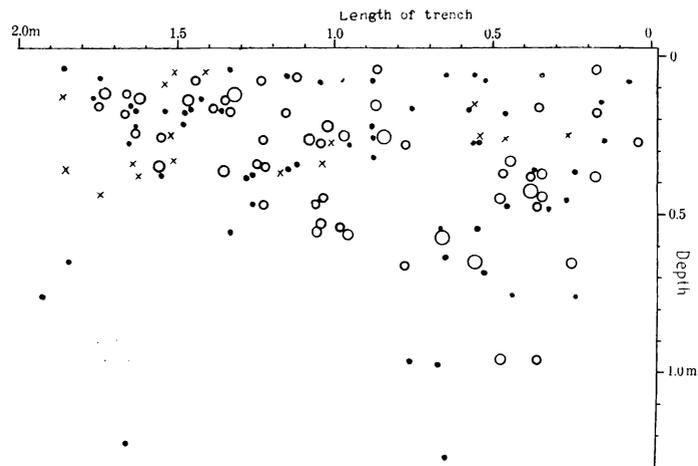


Fig. 39 ハクウンボクの根系  
 Root system of *Styrax Obassia*. (H. 15 m, D. B. H. 18 cm, 45 years)  
 Oblique roots are well developed and much branched from the stump,  
 maximum depth of root development is shallowly limitted in depth 130 cm.

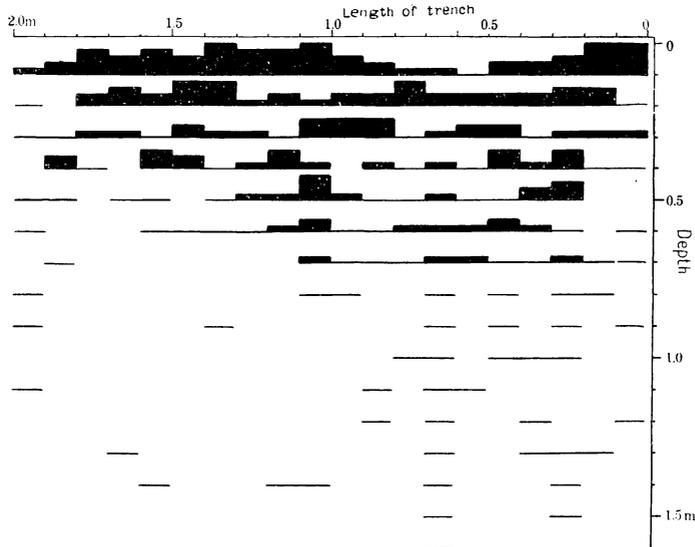
斜出根は上部に向つて彎曲するものが大部分で、深さ40~50 cmのところを横走するものが多い。この横走するロープ状の水平根から小径根がわかるが、深さ30~40 cmのものは地表に向つて上向し、上層部で多くの細根を分岐している。斜出根は根株の近くで多く分岐し、この付近では水平根から分岐した根とともに複雑に交錯している。

水平根は直径2~3 cmのものが数本見られるだけで、斜出根や垂下根に比べて、発達は貧弱であるが、上層部での小径根の分岐は著しく、根株の周囲に集まつて塊状に発達している。

この上層部に発達する細根は直径0.2~0.3mmの細い繊維状で、部分的にかたまつて上層部に層状に分布する。



Profile 37. ハクウンボクの太根の分布  
 Root distribution of *Styrax Obassia*.



Profile 37. ハクウンボクの細根の分布  
Fine root distribution of *Styrax Obassia*.

以上の根の性質はノグヮミの根系によく似ているが、細根が根株のまわりに多く集まっている点においてはハクウンボクの方が著しい。

断面での太根数は111本で、イヌシデやカシ類に比較すると少ない。その径級分布は次の表のように小径根が87%, そのなかでも直径0.2cmのものが半数以上の54%を占め、小径根の多いことがこの根系を特徴づけている。大径根の分布は見られなかつた。いま、径級別にその深さによる分布のしかたをみると、小径根は深さ0~20cmの上層部にその大部分があり、中径根は深さ20~40cmの間に多いことがわかる。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	0.2(cm)	小径根 Small size		中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total
		0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0~10.0	
本数 Number of roots	60	23	8	5	12	3			111
%	54	21	7	5	11	3			101

深さ別太根, 細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100~150	150~200	200~250	計 Total
		本数													
太根 Big root	Number of roots	16	26	18	15	13	8	6	3		4	2			111
	%	14	23	16	14	12	7	5	3		4	2			100
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	59	46	23	21	13	9	4							175
	%	34	26	13	12	7	5	2							99

つぎに、太根の総本数について垂直分布を見ると、前表のように最大分布層は深さ 10~20cm で 23%、0~10cm は 14% で、やや深いところでの太根の分布が多かつた。しかし、深さ 20cm 以上ではその割合は漸減する傾向にある。その最大分布深さは 180 cm である。

細根の多さの指数合計は 175 で、太根数に比べて多い。その深さ別分布は太根数の場合とは反対に、深さ 0~10 cm が最大で 34% となり、0~20cm の間に全体の 60% が認められた。しかし、深さ 30cm 以上では漸減する傾向にあり、(1) 以上の指数としての最大分布深さは 70 cm であつて、それ以上では深さ 160 cm まで (+) 程度の分布がつづいている。

頻度は深さ 0~30cm まで 95~100% で、普遍的に分布しているが、深さ 50cm から少なくなつて 65% となり、110 cm で 20% と減少して、最大深さ 160 cm では 5% であつた。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
頻度 Frequency (%)	100	95	100	85	80	80	60	35	30	25	20	20	25	25	10	5

B 断面の本数は 77 本で、A 断面の 69% を占め、そのうち小径根が 91%、中径根が 9% で、A 断面に比べて小径根が多いことが注目される。その深さ別分布は深さ 0~30 cm に 64% で、深さ 50 cm 以上では急に減少して 4% となつていた。この断面の最大分布深さは 90 cm である。

(38) *Mallotus japonicus* MUELL ARG. アカメガシワ

調査木は樹高 12 m, 胸高直径 20 cm, 樹令 25 年 (Profile 38, Fig. 40, Phot. 77)。

根の表皮は茶褐色で、薄く、平滑で樹幹に見られるような皺はない。

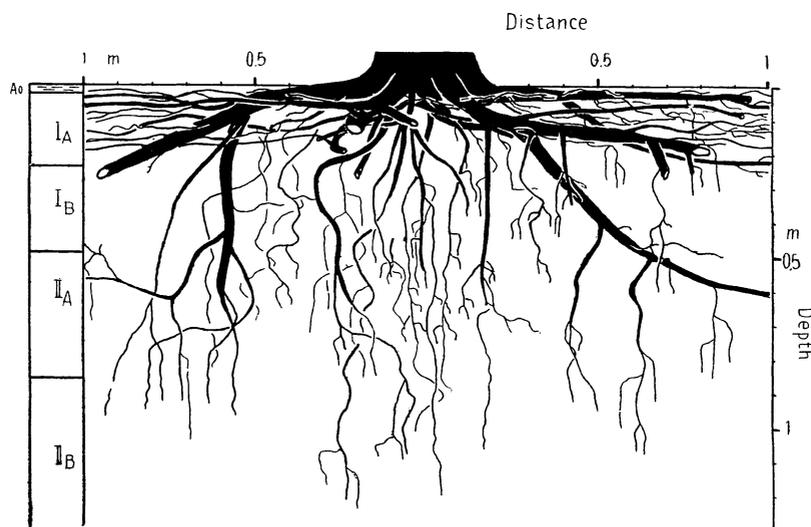
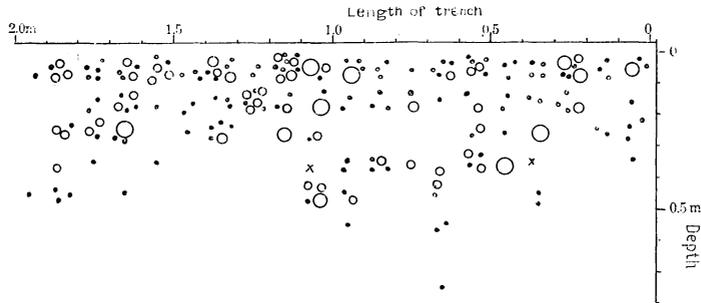
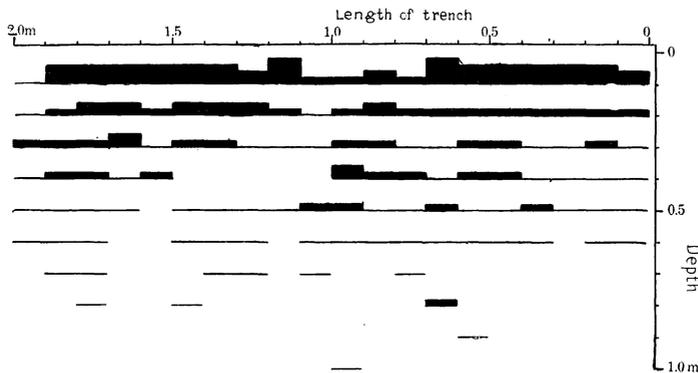


Fig. 40 アカメガシワの根系  
Root system of *Mallotus japonica*. (H. 12 m, D. B. H. 20 cm, 25 years)

Pendant roots are rarely to the maximum depth 130 cm.  
Oblique roots are bent upward to the surface layer.



Profile 38. アカメガシワの太根の分布  
Root distribution of *Mallotus japonicus*.



Profile 38. アカメガシワの細根の分布  
Fine root distribution of *Mallotus japonicus*.

ハクウンボクに似て根株の真下に発達する垂下根は少なく、斜出根や水平根の基部から垂下するものが多い。その太さは、太いもので直径4~5cmであるが、最も多いものは直径2~3cmの垂下根であった。この垂下根は分岐が少なく、固い鞭状になつて土壤中に侵入するが、深さ50cm以上の固い土壌の層では、急に細くなり、線状になつている。すなわち、いま、これを深さによる太さの減少度合についてみると、深さ50cmでは直径2~3cmのものが多いが、70cmのところでは直径0.3~0.5cmのものが多く、このところで急に細くなつてることがよくわかる。また、ブナやハクウンボクと同じように、細かく彎曲して垂下しており、この傾向は固い土壌のところ特に著しい。特に固い土壌のところでは根が楕円状あるいは板状になつて侵入している。垂下根の先端部は数本の小径根に分岐するが、細根の分岐はきわめて悪い。この最大深さは130cmであつた。

斜出根の大多数は上方に彎曲、あるいは上昇する根を分岐しており、彎曲した根は水平根となつて深さ30~60cm付近を横走している。分岐して上昇するものは、その先端部がA<sub>0</sub>層に達して多くの細根を分布している。

水平根は根株の近くで、直径3~4cmの多くの大径根にわかれ、この水平根はちょうど車軸状に根株を中心として拡がつている。また、その先端部はロープ状になつて広く上層部を横走する。この水平根は部分的に小径根を分岐して、小径根から分岐する細根とともに地表近くを網目状に覆つている。垂下根の発達が貧弱な割合に水平根が著しいので、このために、この根系は発達した水平根によつて特徴づけられる。

吸収根は細くて、直径0.1~0.2mmで、部分的に小さく集まつてでる傾向がある。以上の水平根、斜出根、垂下根ともに柔軟性に乏しく折れやすい。

断面の太根数は187本で、その径級別本数分布は次の表のようになる。すなわち、小径根が全体の92%を占め、なかでも直径0.2cmのものは71%で、小径根のうちでも特に細い直径のものがきわめて多い。こ

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小 径 根 Small size			中 径 根 Medium size			大 径 根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	
本 数 Number of roots	132	26	11	2	5	4	3	4	187
%	71	14	6	1	3	2	2	2	101

の小径根の深さ別の分布は、深さ0~20cmにその67%があり、中・大径根は深さ0~30cmに82%があつて、いずれもその大多数が上層部に分布している。

総太根数の深さ別分布は次の表のように、最大分布層は深さ0~10cmで43%、0~30cmには80%が分布していた。その最大分布深さは80cmで、この深さまで、深さ40cm以上の太根数の変化は漸變的であつた。

深 さ 別 太 根, 細 根 分 布 表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深 度 Depth (cm)	深 さ (cm)										計 Total				
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		100 ~150	150 ~200	200 ~250	
太 根 Big root	本 数 Number of roots	82	43	27	17	15	3		2							189
	%	43	23	14	9	8	2		1							100
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	50	27	12	9	4			1							103
	%	49	26	12	9	4			1							101

細根の多さの指数計は103で、深さ0~10cmに最も多くて49%で、太根数の比率よりも6%も多い。また、深さ10~20cmでも同様なことがいえる。深さ60cm以上では指数がほとんど(+)程度の分布しか認められない。

階 層 別 頻 度 分 布 表  
The relation between the depth the frequency.

深 度 Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
頻 度 Frequency (%)	100	100	100	95	95	80	30	15	5	5

頻度は深さ50cmまでは95%以上で、深さ0~50cmの間は根が層状に、かつ、やや均等に分布していることがわかるが、深さ60cmからは漸次減少して、最大分布深さ100cmでは5%であつた。

B断面の太根数はA断面の20%で、そのほとんどすべてが深さ0~30cmの間にあつた。特に深さ0~10cmの間に全体の70%があつた。このB断面の上層部の根は主として水平根から成立っている。

(39) *Alnus hirsuta* var. *sibirica* C. K. SCHN. ヤマハンノキ

調査木は樹高 15 m, 胸高直径 16 cm, 樹令 45 年 (Profile 39, Fig. 41, Phot. 78・79・80)。

根の表皮は黒褐色で、薄く、平滑。

垂下根の本数は比較的多いが、太いものは少なく、直径 4 cm で最大深さ 180 cm にまで延びているものが大きいほうである。この垂下根のほか、深さ 50 cm で直径 1~2 cm の細い垂下根が沢山あるが、これらの根は主として太い垂下根から分岐し、あるいは斜出根が下方に彎曲して垂下根となつていゝものであつて、いずれも深さ 150 cm 付近で成長がとまつている。これらの垂下根は一般に分岐は少なく、細かく屈曲して侵入して、ハクウンボク・ブナ・アカメガシワの根系に見られるような固くて細長い鞭状になる。垂下根の先端部における小径根の分岐は少ないが、細根の分岐は多く、房状になつてつく傾向がある。(Fig. 41, Phot. 79)。

斜出根は下方に彎曲するものが多く、パラソル状になる。斜出根も垂下根と同じように太い根は少なく、直径 2~3 cm のものが多い。

これらの斜出根は下方に彎曲し、あるいは分岐して垂下根になつて終るものが大部分で、上方に彎曲して水平根となるものは少ない。

水平根の発達、アカメガシワやミズキのように著しくなくて、数本の直径 1~2 cm のロープ状の根が上層部を横走している程度である。この水平根は部分的に小径根を分岐して、しだいに細くなつて、根株からあまり遠くには拡がらない。また、これらの水平根から分岐した小径根や細根は、ハクウンボクの根系のように根株の付近に集まつて塊状になる傾向がある。

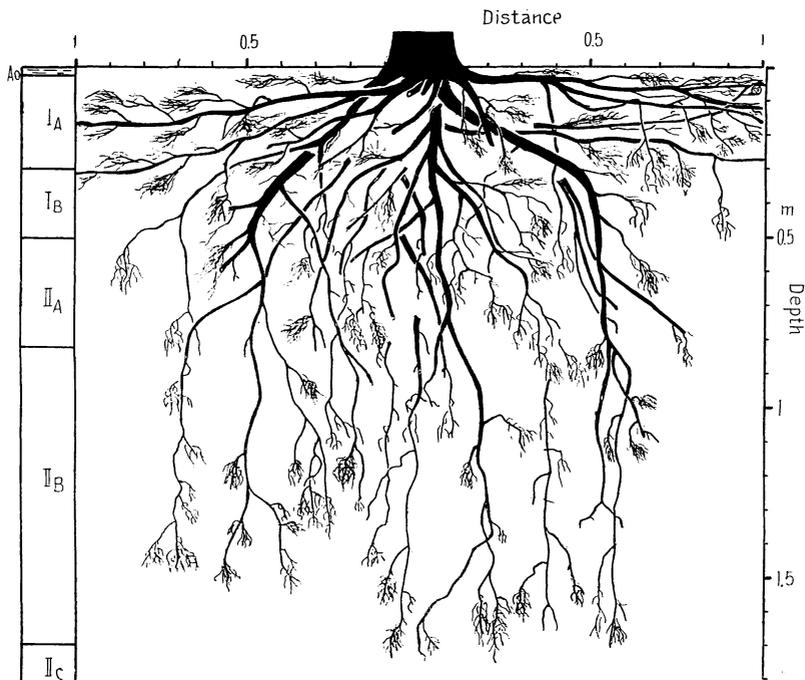
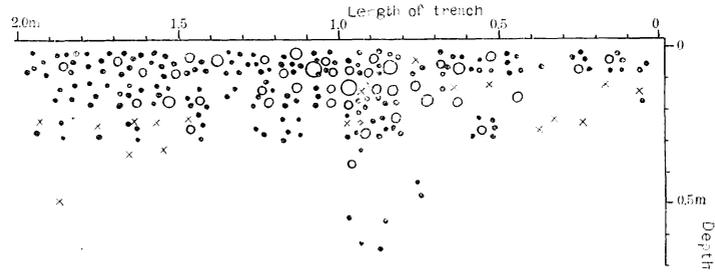
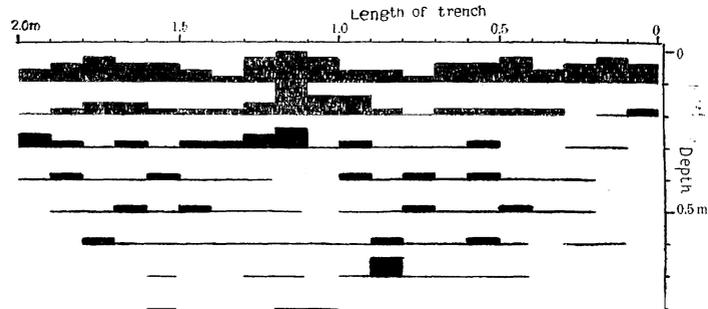


Fig. 41 ヤマハンノキの根系  
Root system of *Alnus hirsuta* var. *sibirica*. (H. 15 m, D. B. H. 16 cm, 45 years)



Profile 39. ヤマハシノキの太根の分布  
Root distribution of *Alnus hirsuta* var. *sibirica*.



Profile 39. ヤマハシノキの細根の分布  
Fine root distribution of *Alnus hirsuta* var. *sibirica*.

細根は小径根の先端部に房状にかたまつてつき、散生しない。これらの細根の主体をなしている吸収根は細くて直径 0.2~0.3 mm のものが多く、Phot. 79 のように一個所から沢山でる。

小径根には根瘤が見られるが、根瘤の分布している深さは 0~10 cm に特に多く、深さ 30 cm 以上ではほとんど観察されなかつた。根瘤は、太いものでは直径 3~3.5 cm のものがある。

断面の太根数は 209 本で、径級別本数分布は次の表のように、直径 0.2 cm のものが全体の 79%、小径根が 96% を占め、太根数の大部分が小径根であつた。この小径根は上層部に分布がかたよつており、深

径級別本数分配表  
The relation between number of roots are diameter.

	小径根 Small size		中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total	
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.05.0 5.0 ~10.0		10.0<
本数 Number of roots	164	23	11	2	4	5			209
%	79	11	5	1	2	2			100

さ 0~30 cm の間にそのほとんどすべてが分布していた。また、中径根についても同様な傾向がある。

太根数の深さ別分布は次の表のようになり、全体の太根数の約半分が深さ 0~10 cm にあり、0~30cm には 96%、それ以上の深さでは分布が急に少なくなつている。

細根の多さの指数合計は 113 で、太根の場合よりもその分布がやや深いところに多いが、それでも深さ 0~30 cm には 86% があつた。

深さ別太根, 細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

		深 深	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	1100	1150	200	計
		度 度	100	95	85	80	80	80	80	80	45	15				Total
大 根 Big root	本 数 Number of roots	108	57	36	2	2	2	2								209
	%	52	27	17	1	1	1	1								100
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	58	27	13	5	4	3	3								113
	%	51	24	12	4	4	3	3								101

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深 深	10	20	30	40	50	60	70	80
頻 度 Frequency (%)	100	95	85	80	80	80	45	15

頻度も太根や細根の分布のしかたとほぼ同じ傾向にあつて、深さ 0~30 cm に層状に分布しているが、深さ 40 cm 以上では 50 % 以下になり順次減少する。最大分布深さは 80 cm であつた。

B 断面の太根数は A 断面の 45 % で、その径級分布は小径根が 96 %、中径根 4 % で、A 断面の径級本数関係とよく似ている。この太根の 93% が深さ 0~30cm にあり、小径根の分布が根株から 150 cm の断面まで、層状になつていたことがわかる。最大分布層は深さ 0~10cm で全体の 58% があり、A 断面の割合よりも大きい。

(40) *Magnolia obovata* THUNBERG ホオノキ

調査木は樹高 15m, 胸高直径 24 cm, 樹令 45 年 (Profile 40, Fig. 42, Phot. 81・82)。

根の表皮は灰白色で、薄く、平滑。

根株から直接発達する垂下根としては、直径 2~3cm のものが多く、太いものでも直径 4~5cm である。この根株の真下に発達するもののほかに、斜出根が下方に彎曲して、垂下根となるものが多いが、これらの垂下根は一般に根株から 70 cm の範囲内にそのほとんどすべてがあり、特に根株の真下では集まつて束状になる。この垂下根のうち太いものは最大深さ 160 cm に達しているが、大多数のものは深さ 100 cm 付近の土壌の固くなるところで終つている。垂下根の太根の深さによる分布は、土壌が急に固くなる II<sub>B</sub> の土壌層の上部から急に分布が少なくなり、太いものでもこの層の中では分岐がきわめて少なくなつて、細かく屈曲しながら成長している。垂下根の先端は数本の小径根に分岐しているが、吸収根の分布はあまり見られない。

斜出根は、さきへのべたように一部は根株の近くで下向して垂下根となるが、多くは上方に彎曲して根株を離れるにしたがつて、水平に横走するようになる。この斜出根が彎曲して横走する深さは 50 cm までで、30~40 cm に最も多い。また、分岐のしかたも上層に向つて、上側へ上側へと分岐しており、最後に分岐するものは紐状の水平根となつて深さ 0~30cm の間を長く横走している。以上のように斜出根が上層部に向つて発達する傾向が強いため、下層部に向つて彎曲する傾向が著しいヤマハノキとはかなり異なつた形態にみえる。しかし、その上部に向つて彎曲ないしは分岐する深さは 50 cm までで、これ以上の深さでは反対に下向きに斜入または垂下するものが多くなる。

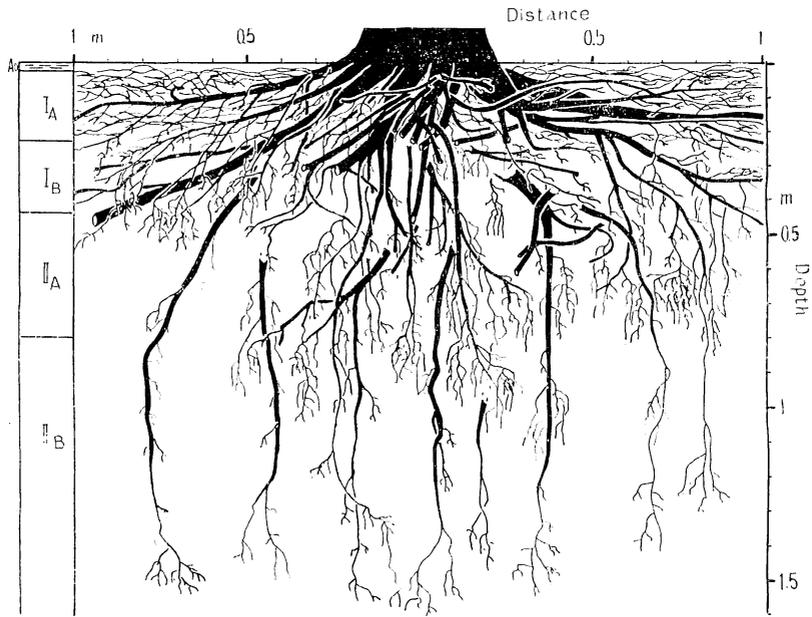


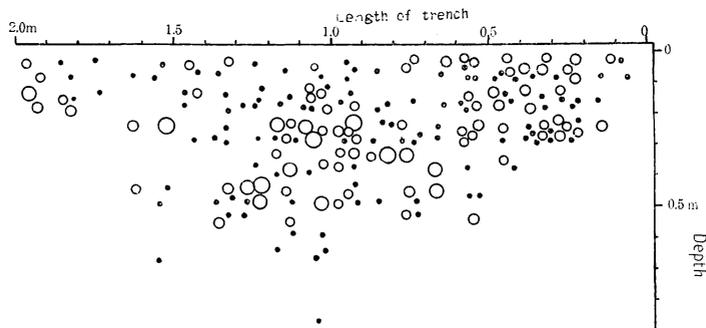
Fig. 42 ホオノキの根系  
Root system of *Magnolia obovata*. (H. 15 m, D. B. H. 24 cm, 45 years)

水平根は根株から 50 cm の距離のところでは直径 2~3 cm のロープ状のものが多く、根株から離れるにしたがつて細くなるが、根株から 30 cm 以上のところでは同じ太さで横走しているものが多い。この水平に走る大径根は 20°~30° の狭い角度で盛んに分岐し、分岐した小径根とこれから分岐する細根が複雑に交錯して地表近くを覆っており、上層部に水平根が層状に分布している。

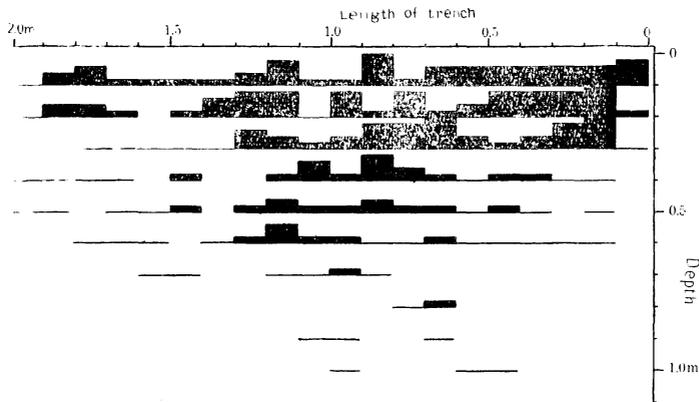
以上の垂下根・斜出根・水平根は柔軟性に富み、繊維質で、強靱である。直径 3~4 cm のものになるとスコップでも容易に切断できない。全体的には、この根系は太い根が少なく、直径 2~3 cm の根が多く、これらの根からなる斜出根と水平根によつて特徴づけられる。

細根は Phot. 82 のように房状に塊つてつき、長くて太い吸収根がからみあつている。

吸収根はやや太く、直径 0.6~0.8 mm のものが多い。上層部では、これらの吸収根が部分的ではあるが大きな塊り状になつて分布している。



Profile 40. ホオノキの太根の分布  
Root distribution of *Magnolia obovata*.



Profile 40. ホオノキの細根の分布  
Fine root distribution of *Magnolia obovata*.

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size			中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	
本数 Number of roots	128	24	10	8	16	7	5	1	199
%	65	12	5	4	8	4	3	1	102

断面での太根数は199本で、その径級別分布は上の表のように、小径根が全体の86%で、大多数を占めているが、他の樹種に比べて中径根の分布の割合は多い。

その径級別の深さに対する分布のしかたは、小径根は特に上層部に多く、深さ0~30cmにその74%が、0~50cmに90%が分布していた。この点、中径根は深さ0~20cmよりも30~50cmの間の分布が多く、地表近くに分布がかたよっている小径根とは、分布のしかたがかなり異なる。

つぎに、太根の総本数について、その垂直分布を見ると、次表に示されたように、最大分布層は深さ20~30cmで25%で、深さ0~30cmまでは各層ともあまりその比率に変化がなく、この深さの間に72%があり、0~50cmに93%が含まれていた。しかし、深さ40cm以上では急に減少する傾向にあつて、その最大分布深さは90cmで1本しかなかった。

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	計 Total
	太根 Big root	本数 Number of roots	46	48	50	18	23	9	4		1				
	%	23	24	25	9	12	5	2		1					101
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	42	48	35	15	11	7	1	1						160
	%	26	30	22	9	7	4	1	1						100

細根の多さの指数合計は160で、最大分布層が太根の場合より少し上にずれて、深さ10~20cmで30%であつた。また、0~30cmには78%があり、太根の本数の場合よりも8%も高くなつている。しかし、深さ70cm以下ではほとんど分布が認められず、細根の指数は(1)程度であつた。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深 さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
頻 度 Frequency (%)	100	95	90	80	80	80	45	20	15	15

頻度は深さ30cmまで90~95%で、上層部の深さ0~30cmの間に層状に分布していたが、深さ70cmからは急に減少している。

B断面の太根数は59本で、A断面の30%にあたり、そのうち小径根が88%、中径根が12%で、大径根は分布しなかつた。一般にB断面での分布は浅いが、ホノキでは小数の根が深いところでも認められ、最大分布深さは80cmでかなり深いところにも分布がみられた。

#### (41) *Aesculus turbinata* BLUME トチノキ

調査木は樹高12m、胸高直径22cm、樹令40年(Profile 41, Fig. 43, Phot. 83・84・85)。

根の表皮は赤褐色で、やや厚く、鱗片状になつて剥げ落ちる。

垂下根は根株から深さ20cmのところ、直径15~20cmのかなり太いものが出る。この根は深さ30cmのところ一度成長が止まり、ここで直径2~4cmの数本の水平根と垂下根に分岐して、水平根は深さ30cmのところを長く横走り、一部の太い垂下根はわずかに屈曲しながら垂下して、最大深さ210cmに達している。

根株の近くでは斜出根や水平根の基部からでる垂下根が多いが、さきに説明した垂下根を除いては太いものは少なく、深さ30cmのところでは直径3~4cm程度、深さ100cmのところでは直径1~2cmのものが多い。細くて短い垂下根は、細かく多数に分岐して深さ100cm付近で終つているものが多いが、やや太いものは、簾状に垂下して深さ200cmに達している。しかし、深さ100cm以上のII<sub>B</sub>の土壌層では垂下根の分岐は少なく、線状に侵入しているものが多い。この垂下根の分岐が急に少なくなるのは、この層の土壌がきわめて緻密で固いために分岐が妨げられているためではないかと思われる。これと関連して、かなり軟らかな土壌の層から固い土壌の層に移る場合、その両層の接している付近、あるいは固い土壌層の上部で分岐が多く見られるが、さきにのべたように、一度固い層の中に根がはいつてしまうと、分岐が少なくなつて線状になることが観察された。以上の垂下根は細かく屈曲し、固い鞭状で、弾力性に乏しい。固い土壌のところ発達した垂下根は楕円形ないしは板状になることが多く、掘り出して曲つている根に力を加えてもなかなか真直にならない。

斜出根は少ないが、その大多数のものは下方に彎曲して先端部が垂下根になつている。斜出根ないしは深い水平根から地表部に向つて上昇する根は少ないが、深さ30cmまでにはこのような上向する根が観察できた。

水平根は太いものが数本根株からでるが、根株を離れるにしたがつて急に細くなる。しかし、根株付近の分岐は少なく、太い根がこの根系の形態を特徴づけている。

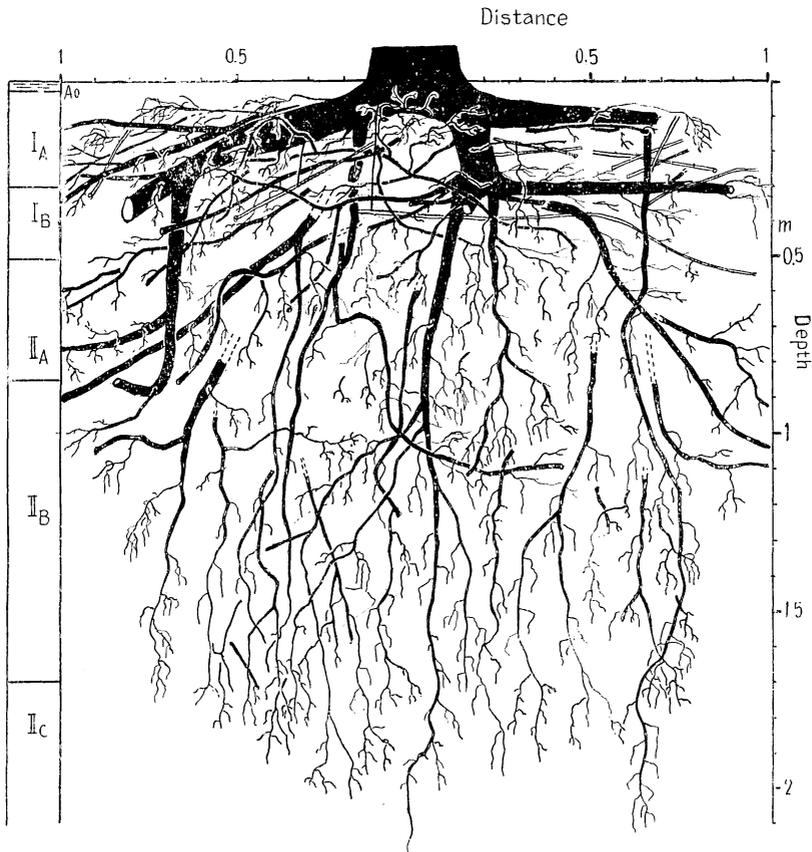


Fig. 34 トチノキの根系

Root system of *Aesculus turbinata*. (H. 12 m, D. B. H. 22 cm, 40 years)

Few large pendant roots are developed and reached at the maximum depth 210 cm, and are much branched in the deep compact soil.

細根は地表部に多いが、部分的には非常に固い土壌の中でもその裂目に沿って、細い吸収根が線状に発達している。

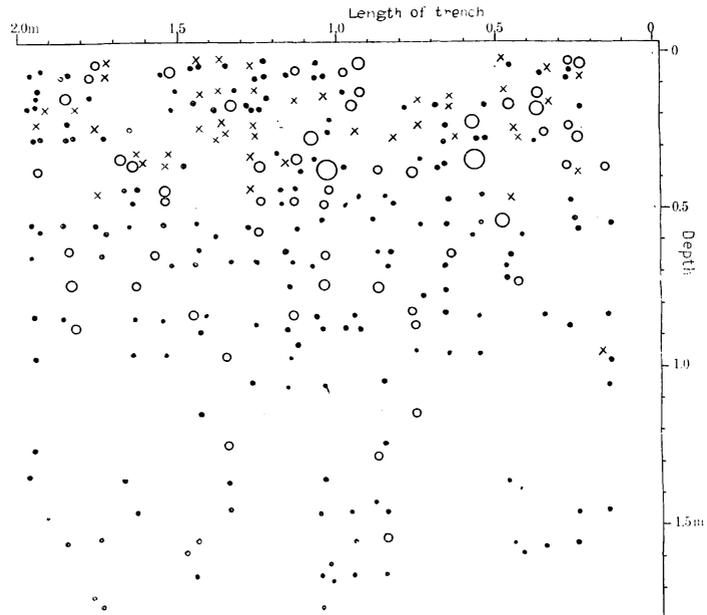
吸収根はやや細くて、短く、直径 0.4~0.6 mm のものが大多数を占めている。

断面での太根数は 239 本で、その径級別の本数分布は次表のようになる。

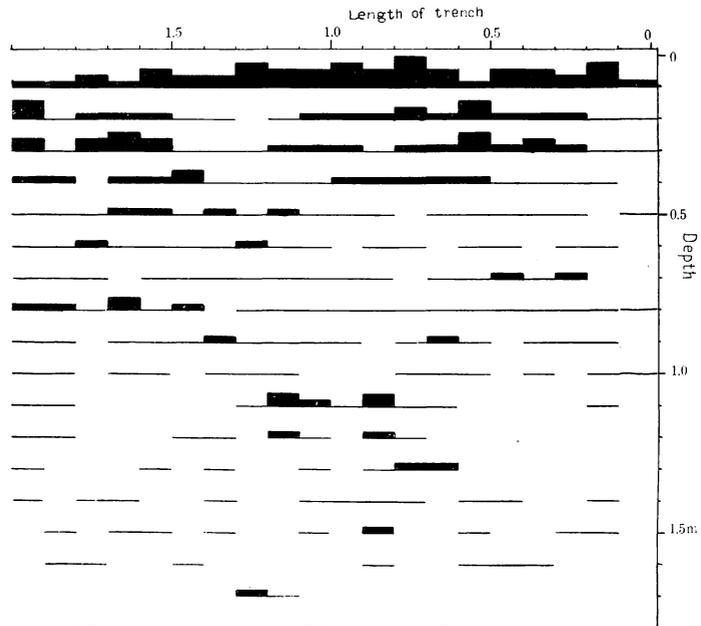
この小径根のなかで、その 63% が深さ 0~50cm の間にあり、26% が 50~100cm に分布して、深い

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size		中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total	
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0		
本数 Number of roots	147	44	12	8	22	2	2	2	239
%	62	18	5	3	9	1	1	1	100



Profile 41. トチノキの太根の分布  
Root distribution of *Aesculus turbinata*.



Profile 41. トチノキの細根の分布  
Fine root distribution of *Aesculus turbinata*.

土壌の固いところでも、かなり多くの小径根の分布が認められた。中径根ではこの割合が深さ0~50cmに75%、50~100cmに25%となり、小径根に比べてかなり分布が上層部にかたよっていることがわかる。また、大径根は上層部でしか調査されなかつた。

太根の総本数と細根について、その深さ別分布は次表のようになる。すなわち、一般の樹種でよくみられる、太根が上層部にかたよるといつた現象はなく、最大分布深さ 230 cm にいたるまで多くの太根がみ

深 さ 別 太 根, 細 根 分 布 表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

		深 さ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100	150	200	計	
		Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100	150	200	Total	
太 根 Big root	本 数 Number of roots		27	26	19	19	19	23	20	9	23	10		24	20		239
	%		11	11	8	8	8	10	8	4	10	4		10	8		100
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root		39	18	21	11	4	2	2	5	2			11	2		117
	%		34	15	18	9	3	2	2	4	2			10	1		100

られ、深い緻密な土壌のところでも分布本数が多いことがわかった。

一方、細根の多さの指数合計は 117 で、深さ 0~10cm が最大で 34% があり、0~30cm には 67% が分布していて、太根の分布と比べて対称的である。しかし、他の樹種と比較すればやはり深いところでの分布は多い。

頻度は深さ 90 cm まで 85% 以上で、それ以上の深さではしだいに減少するが、全体において深いところでの値が高く、深いところまで根がかなり普遍的に分布していることがわかった。

階 層 別 頻 度 分 布 表  
The relation between the depth and frequency.

深 さ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
頻 度 Frequency (%)	100	95	100	95	90	85	85	95	85	60	50	40	35	55	45	35	10	15

B 断面の大根数は 73 本で、A 断面の 62% にあたり、そのうち小径根が 86%、中径根が 14% であった。また、その深さによる分布は深さ 50~100cm の深いところにも多く、この深さの間に 45% の分布が認められた。

(42) *Cercidiphyllum japonicum* SIEB et ZUCC. カ ッ ラ

調査木は樹高 16 m, 胸高直径 18 cm, 樹令 30 年 (Profile 42, Fig. 44, Phot. 86・87・88)。

根の表皮は淡褐色で、薄く、平滑であるが乾くと薄い膜状になつて剥げ落ちる。

根系は紐状になつて、非常に深くまではいつている細長い多くの垂下根によつて特徴づけられる。垂下根は主として直接根株から分岐するもの、斜出根または水平根の基部から分岐するもの、また、斜出根の先端が垂下してできるものの 3 つのものから成り立っている。距離的には根株の近くに集まつていて、根株から離れたところではその本数はきわめて少ない。一般に細い紐状の垂下根が多いが、なかでも直径 2~3cm のものが太い方で、その先端部は緻密で固い土壌層や、地下水付近の固い鉄の集積層を透して地下水の中にまではいつている。また、この太い垂下根は細い紐状の垂下根を分岐して、斜出根や水平根から垂下した紐状の垂下根とともにこれらの垂下根が簾状に垂れ下つている (Fig. 44)。この紐状の垂下根の多くは深さ 150 cm 程度で終るが、その一部はさきに説明したように非常に深くまで侵入している。いま、おのおのの深さごとにこれらの垂下根の太さを測つてみると、深さ 50 cm で、太いものは直径 2~3 cm, 一般には 0.5~1.0 cm である。また、深さ 100 cm では少数の直径 1.5~2 cm の太いものと、多くの直径 0.3~

0.5 cm の根が垂下している。深さ 200 cm では直径 0.2~0.3 cm の根が多く、深くまでいる細長い垂下根がその大多数を占めている。

これらの垂下根は柔軟でよく屈曲し、固い土壌の裂け目に沿って侵入している。深さ 80~160cm の固い土壌のところでは、太い垂下根は土壌の圧力のために楕円形ないしは板状になっている。しかし、柔軟性に富むために土壌を落すと、これらの屈曲していた根はたやすくまっすぐに伸びる。また、土壌を落して根を露出すると小・中径根は垂れ下る。枯死した直径 0.6 cm のカツラの根の中に数本の直径 0.1~0.2 cm の針金状の根が、からみ合つて、深くに達していた (Fig. 87)。これと同じように土壌の固いところでは

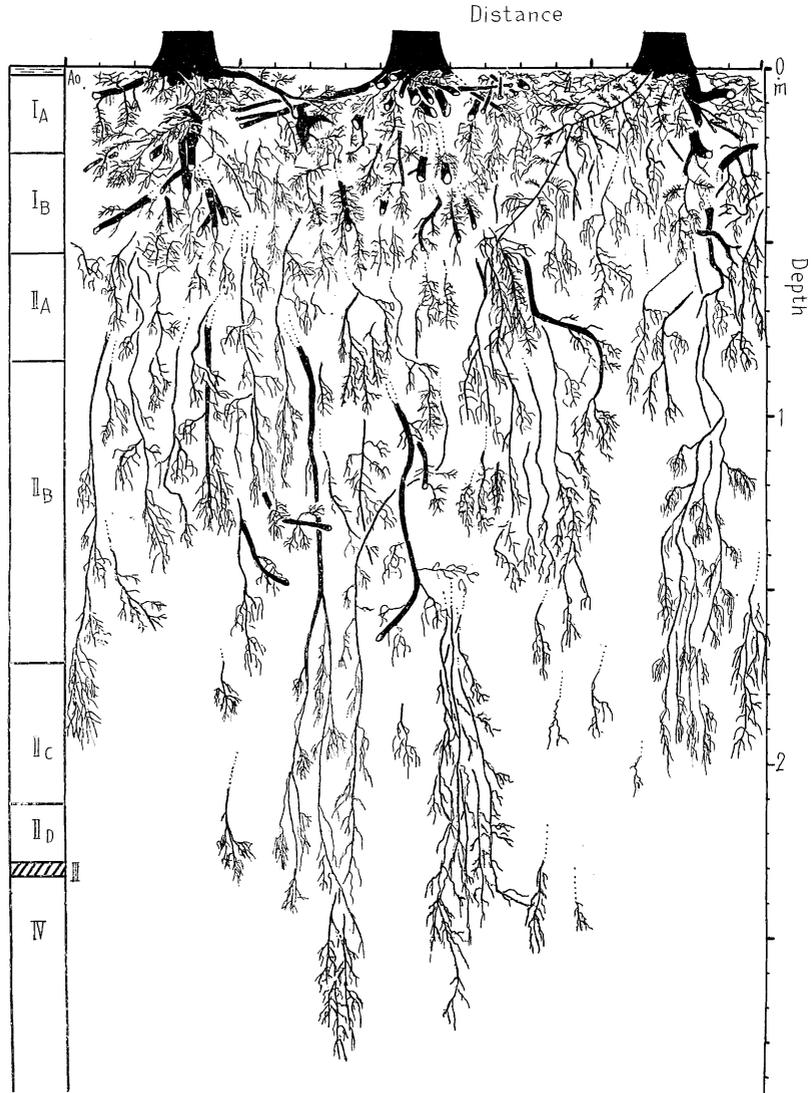
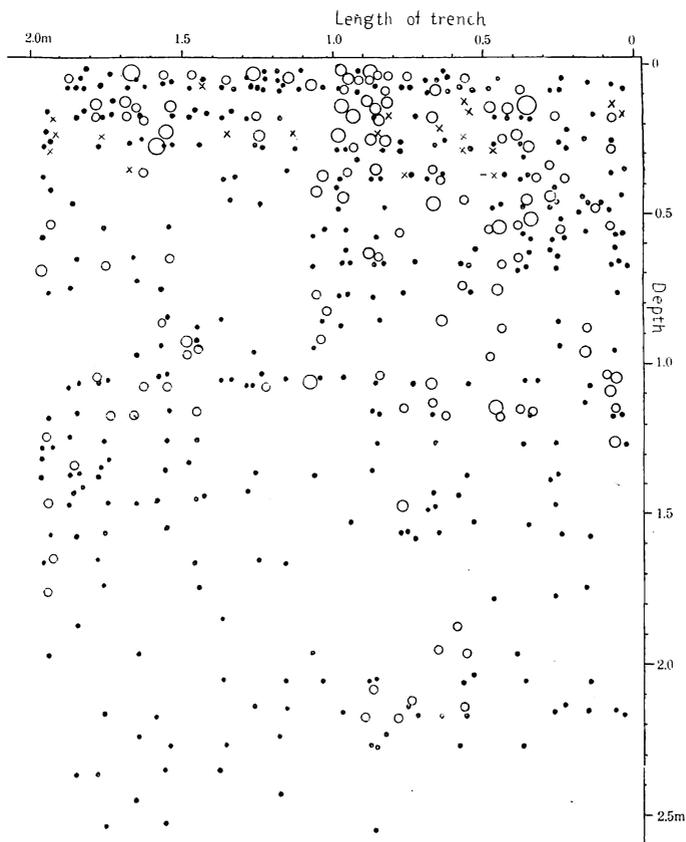


Fig. 44 カツラの根系  
Root system of *Cercidiphyllum japonicum*. (H. 16 m, D.B.H. 18 cm, 30 years)

Cord-like pendent roots are penetrated into the ground water through the Gley soil, and fine roots are developed in the deep compact soil.



Profile 42. カツラの太根の分布  
Root distribution of *Cercidiphyllum japonicum*.

虫の小さな穴の内側に沿つて根が螺旋状に入つており、いずれも根が固い緻密な土壌の中に侵入してゆく方法として興味があつた。

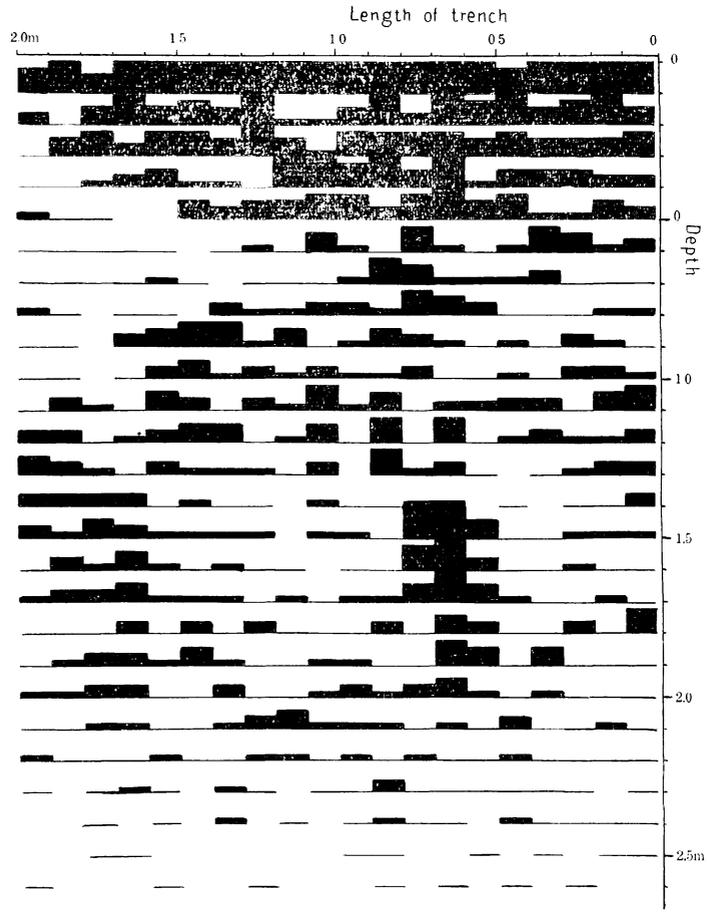
いままでの調査では、一般に地下水付近では細根の分岐が少なく、吸収根が少ないが、カツラでは地下水のすぐ上部の過湿な土壌のところでも、よく細根を分岐し、吸収根の発達をみる事ができた。

斜根はさきへのべたように、根株の近くで下向して垂下根となるものが多いが、一部のものは上向して水平根となる。その深さは 20 cm で浅い。

根株から直接でる水平根は直径 2~3 cm のものが多く、ロープ状にほぼ同じ太さで上層部を広く横走している。このロープ状の根は部分的に多くの細根に分岐し、小径根とともに細根が根株の周囲の上層部を覆っている。

細根は房状になつて小径根に付着し、上層部では絲屑状になつて厚い層をつくつて分布している。吸収根は直径 0.4~0.6 mm のものが多い。

断面での太根数は 454 本で、そのうち小径根が 94 % を占め、なかでも直径 0.2 cm のものが 73 % で太根数の大半を占めている。大径根は 2 本しか調査されなかつた。小径根のうち 41% が深さ 0~50cm, 19% が 50~100cm, 21% が 100~150cm に分布しており、100~150cm での小径根の分布の比率が大き



Profile 42. カツラの細根の分布  
Fine root distribution of *Cercidiphyllum japonicum*.

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size		中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total	
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0		5.0~10.0
本数 Number of roots	332	58	23	12	15	12	1	1	454
%	73	13	5	3	3	3	+	+	100

いことは、その垂下根の状態からしても容易に理解できる。このような現象もカツラの根系の一つの特徴と思われる。中径根は特に上層部に多く、深さ0~30 cm の間にその70% が分布している。

太根の総本数の深さ別分布は次表のように、上層部にかたよることはなく、深くなるにしたがつて順次減少しているが、深さ100~150 cm で21%、200~250 cm で9% が認められるように、深いところでの分布が多いことがわかる。その深さ0~30 cm の比率は単に32% しかなかった。

深さ別太根, 細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

		深 さ (cm)												計		
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100-150	150-200	200-250	250-300	Total
太 根 Big root	本 数 Number of roots	95	40	39	25	27	22	24	14	13	12	96	33	42	3	454
	%	14	9	9	6	6	5	5	3	3	3	21	7	9	+	100
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	98	65	65	49	35	21	14	21	28	21	141	113	29		700
	%	14	9	9	7	5	3	2	3	4	3	20	16	4		100

細根の多さの指数合計は 700 で、調査木 1 本あたり長さ 2 m の標準断面として分布の指数に換算してみても細根の割合が他の樹種に比べて多いことがわかる。深さ別の分布の減少のしかたや割合は太根数の変化とほぼ似ているのはおもしろい。

頻度は次表に示すように深さ 230 cm まで 80~100% で、他の樹種に比べてこのように深くまで普遍的に分布していることは、さきに説明した径級分布の問題とともにカツラの根系の一つの特徴ではないかと思われる。この現象はやはり叢状に発達する細い多くの垂下根の発達に原因しているようである。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深 さ (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
頻 度 (%)	100	100	100	100	90	95	95	90	95	95	100	100	90	85
深 さ (cm)	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	
頻 度 (%)	95	95	100	100	100	100	100	100	80	65	40	35	10	

B 断面の太根数は 159 本で A 断面の 35%、そのうち小径根が 87%、中径根が 12%、大径根が 1% で、小径根のうち直径 0.2 cm のものは深さ 100 cm 以下にも多く分布している。しかし、中・大径根の 90% 以上は深さ 0~50 cm に分布があり、その大多数は水平根であつた。

太根の総本数の深さ別分布は、深さ 0~10 cm に 15%、0~50 cm に 41%、50~100 cm に 24%、100~150 cm に 15% で、わずかではあるが A 断面よりも上層部に分布が多くなつている。すなわち、根株から距離が 150 cm 離れたところでは垂下根の数が少なくなるためと、一度斜入した斜出根から上向の小径根が集まつてくるために上層部の分布の比率が大きくなつてくるものと考えられる。

(43) *Juglans ailanthifolia* Carr オニグルミ

調査木は樹高 8 m、胸高直径 20 cm、樹令 40 年 (Profile 43, Fig. 45, Phot. 89・90)。

根の表皮は褐色で、やや厚く、細かい皺がある。

根株から数本の直径 8~12 cm の垂下根が出るが、深さ 60 cm 以上の固い土壌のところでは急に細くなつている。いま、主な垂下根について、深さごとにその直径を測つてみると、深さ 30 cm では 8 cm、50 cm で 6 cm、70 cm で 2 cm、100 cm で 1 cm であつた。

垂下根は一般に分岐が少なく、やや彎曲するが、大体は通直で、柔軟で曲りやすく、先端部は数本の小径根に分岐して鞭状を呈する。太い垂下根は根株の直下に発達して、根株から離れたところの斜出根や水

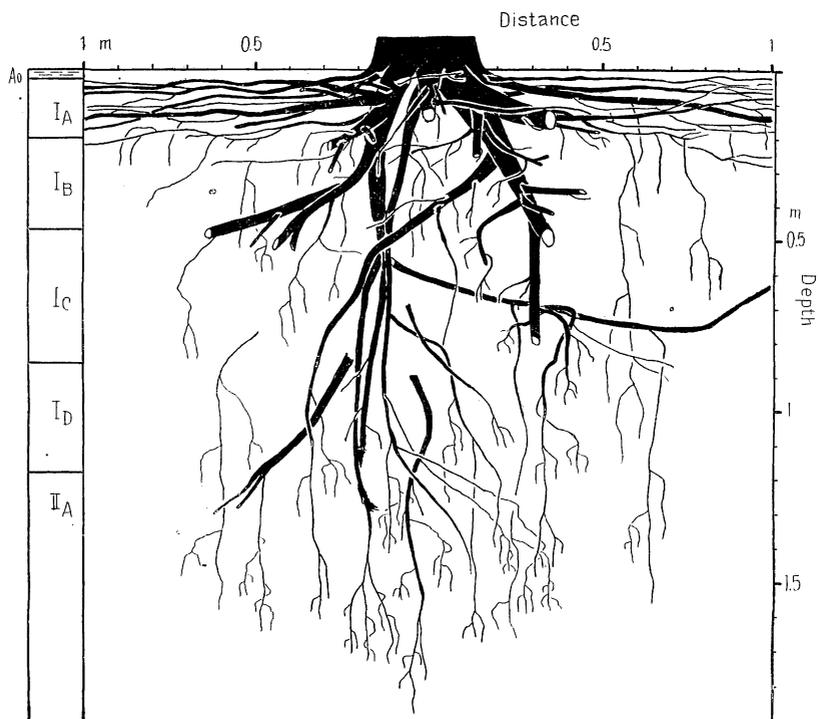
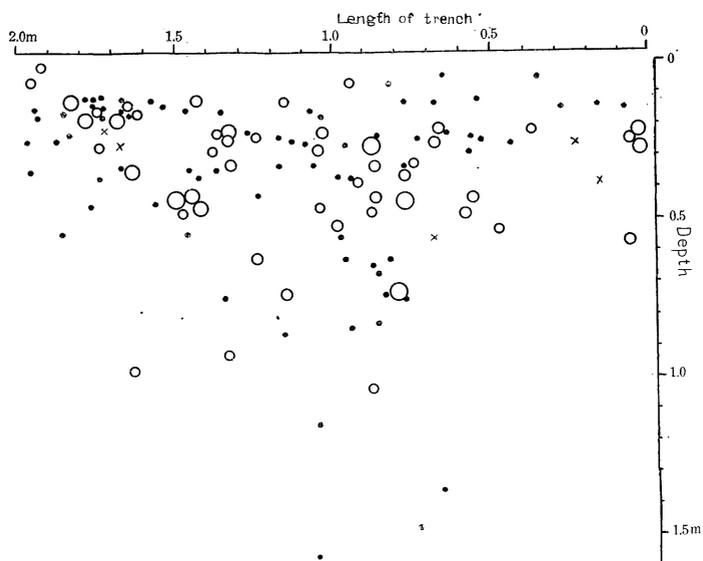
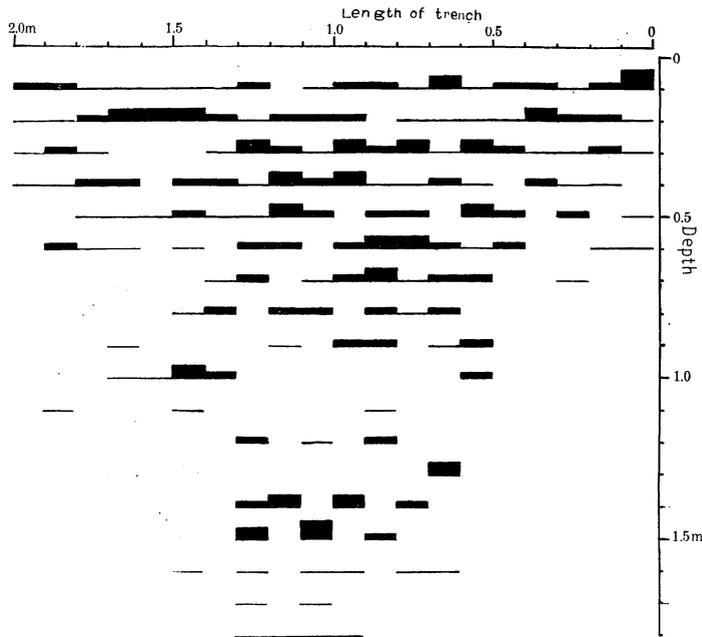


Fig. 45 オニグルミの根系  
 Root system of *Juglans ailanthifolia*. (H. 8 m, D. B. H. 20 cm, 40 years)  
 Few pendant roots are developed.



Profile 43. オニグルミの太根の分布  
 Root distribution of *Juglans ailanthifolia*.



Profile 43. オニグルミの細根の分布  
Fine root distribution of *Juglans ailanthifolia*.

平根から垂下するものは少ない。しかし、斜出根や水平根から直径 0.3~0.5 cm の細い紐状の垂下根が出て垂れ下り、Fig. 45 のようになる。これらの垂下根はあまり細根を分岐せず、紐状に終っている場合が多い。

斜出根は下方に彎曲して垂下するものが大部分で、上方に彎曲して横走するものは少ないが、なかには深さ 60 cm で、太い垂下根から分岐した直径 1.5 cm の水平根が深さ 70 cm のところから上に向つて伸長して地表近くに達しているものも観察された。

垂下根と斜出根は分岐の比較的少ない太い根によつて特徴づけられるが、水平根は地表に沿つて長く横走する直径 2~3 cm の多くのロープ状の根によつて特徴づけられる。

この水平根は小径根や細根をあまり分岐しないために、ロープ状の水平根が発達している割合には上層部に細根が少なく、地表に沿つて根が網目状になつて発達するという現象はみられない。

細根は房状になつてはいるが、疎生しているので断面での指数は少ない。吸収根は直径 0.3~0.5mm のものが多い。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size			中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	
本数 Number of roots	71	18	8	3	14	9	4		122
%	58	11	7	3	12	7	3		101



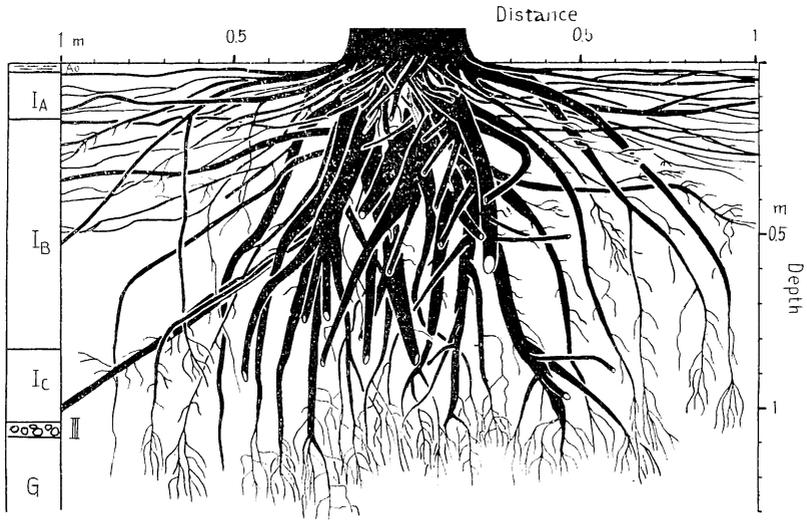
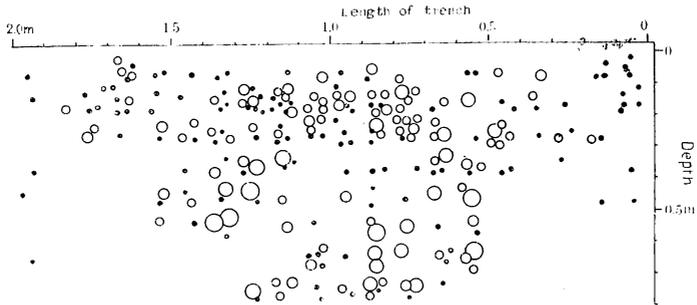
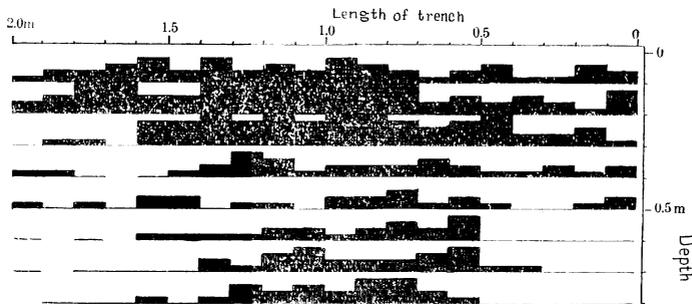


Fig. 46 ハンノキの根系  
Root system of *Alnus japonica*. (H. 13 m, D. B. H. 23 cm, 50 years)  
Pendent and oblique roots are much branched, and they are penetrated into Gley soil.



Profile 44. ハンノキの太根の分布  
Root distribution of *Alnus japonica*.



Profile 44. ハンノキの細根の分布  
Fine root distribution of *Alnus japonica*.

このハンノキの根系は根株の直下に垂下する多くの太い垂下根と、タコ足状に発達する斜出根によつて特徴づけられる。すなわち、直径 5~10 cm の太い垂下根が根株から数本出て、この根が深さ 30~60 cm で多くの直径 3~5 cm の垂下根または斜出根に分岐し、垂下根は最大深さ 130 cm まではいつている。この根は深さ 100 cm 地下水のある付近では急に細くなり、また多くの小径根に分岐して、先端部は地下水の層の中にまで侵入している。また、エノキでは垂下根の先端部が過湿のところでは細根の発達がよく、小径根が棒状になることが観察されたが、このハンノキの垂下根の先端部で分岐する小径根は多くの細根に分岐し、かつ、この細根には多くの吸収根が見られる。一部の垂下根は、グライ土壤の中に層状に分布している円礫を含んだ盤鉄の層をとおして、この層の下部にまで細根を分布している。

この固い盤鉄の層のところでは、直径 1 cm 程度の根が厚さ 0.3 cm の板状になつて侵入していることが観察された。Fig. 49 のように垂下根は深さ 30~90 cm の間では小径根の分岐が少なく、棒状に見える。しかし、その直径の減少のしかたは著しく、深さ 30 cm で直径 8 cm の垂下根が、深さ 100 cm のところでは 1~2 cm になつており、どの垂下根についても同様の傾向を見ることができた。すなわち、過湿な条件のところは根の正常な成長には不適で、盛んに小径根の枯死が繰り返えされ、永続して成長する根が少ないために、直径の小さい小径根が多くなるのではないかと考えられる。

このような現象は地下水の付近にかつて小径根が侵入していたと考えられる多くの孔があり、ある時には枯死した根がこの孔に埋つていることから容易に推測されることである。根が永続して成長するに適した土壤条件のところでは長く肥大成長がつづくために太い根ができ、反対の条件のところでは根の更新期間が早いために大径根が発達せず、小径根が著しく多くなつてくる。このことは根の分岐の性質とも関係している。土壤が緻密で成長の条件が悪い場合、過湿による酸素欠乏で根の生活する条件が悪いところでは、根の分岐のしかた、太さのちがひ、本数の相違などの現象がおこる。土壤と根のこれらの現象との関係をあわせて考察すると、地上部の成長についてもよく理解することができる。

斜出根は、すべて下方に彎曲してタコ足状になる。小径根の分岐は少なく、垂下根に似て、先端部で多くの小径根に分岐する。

水平根はエノキのところでも説明したように、根株の地表近くからでる直径 2~3 cm のものが多く、ロープ状になつて遠くまで拡がつている。また Phot. 91 のように直径 0.5~1 cm の水平根が多く、根株の近くではこれらの根が複雑に重なり合つて塊り状となつている。

写真のマークでもわかるように、深さ 0~10 cm の非常に浅い層に根瘤が集まつてついているのを観察したが、細かく調べたところでは深さ 40 cm までみうけられ、深さ 20~30 cm で最も多いことがわかつた。その太さは大きいもので直径 3~3.5 cm であつた。

細根は細くて、塊つて出る。吸収根の太さは、太いもので直径 0.3~0.4 mm、普通 0.1~0.2 mm であつた。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小 径 根 Small size									計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	10.0<	
本 数 Number of roots	124	43	14	9	16	16	7			229
%	54	19	6	4	7	7	3			100

断面での太根数は 229 本で、上の表のような径級別本数分布をする。このなかで、小径根は 83% を占め、太根の大多数を占めてはいるが、中径根が 14% で、やや大きい割合になつている。これらの中・大径根の大部分は斜出根によるものであつて、タコ足状に拡がつて分布している。この各径級のうち、小径根は上層部にその大半の分布をもち、中・大径根は下層部に大半の分布をもつていることは、斜出根および垂下根は太い根によつて、また水平根は小径根によつて特徴づけられることを表わすものであつて、観察の結果と一致する。

深 さ 別 太 根, 細 根 分 布 表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深 度 (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	計 Total
太 根 Big root	本 数 Number of roots	26	66	48	25	19	13	15	17						229
	%	11	29	21	11	8	6	7	7						100
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	27	73	62	31	22	20	25	23						283
	%	10	26	22	11	8	7	9	8						101

太根数の深さによる分布は上の表のように、最大分布層は深さ 10~20cm で 29%、0~10cm では 11% で、最上層が次の層よりも 18% も少ない。深さ 40cm 以下ではしだいに減少し、深さ 80cm でも 7% の分布がみられた。

細根の多さの指数合計は 283 で、地下水が高く、断面の面積が狭い割合に指数は多い。すなわち、断面全体に細根の分布が見られ、その分布のしかたも集団的であつて、普通の立地のムクノキなどと比較してかなり異なつた分布をしている。このような現象から考えると根が生育するに適した範囲が狭くなつても、その樹がもつている根量は変わらず、その範囲内で分布頻度が増大してくる傾向があるようである。細根の多さは太根数にはほぼ比例して分布している。

階 層 別 頻 度 分 布 表  
The relation between the depth and frequency.

深 度 (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80
頻 度 (%)	100	100	100	95	100	90	95	95

頻度は深さ 80cm まで 95% 以上で、ほとんど層状に分布しており、細根の多さの指数合計とあわせて考えると、このような現象がさききのべた生育する場の広さの問題に関連しているのではないかと考えられる。

B 断面の本数は A 断面の 27% で、その 86% が小径根、14% が中径根であつた。また深さ別には 0~30cm に 66% が分布していて、わずかではあるが A 断面よりも上層部に太根数の割合が多くなつてゐる。

(45) *Cornus controversa* HEMSLEY ミ ヅ キ

調査木は樹高 15m、胸高直径 22cm、樹令 35 年 (Profile 45, Fig. 47, Phot. 93)。

根の表皮は赤褐色、平滑で、やや厚く、白い筋が縦に縞状にはいつている。

根株から直接出る垂下根は、直径 3~4cm で数本真直に垂下する。これらの垂下根は、ブナやアカメガ

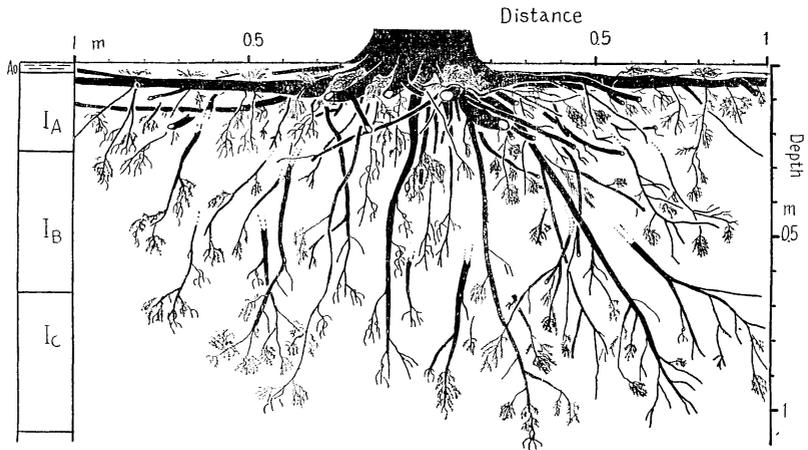
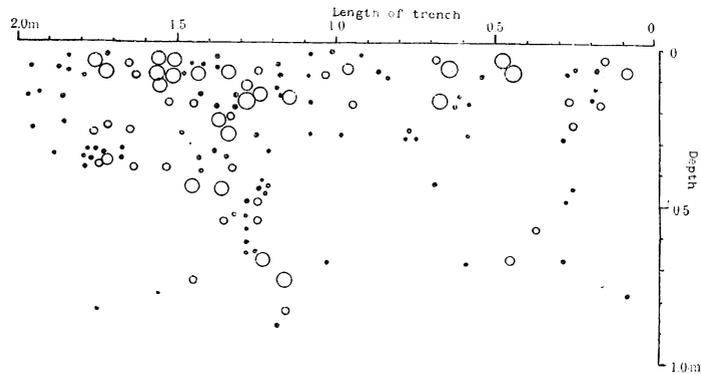
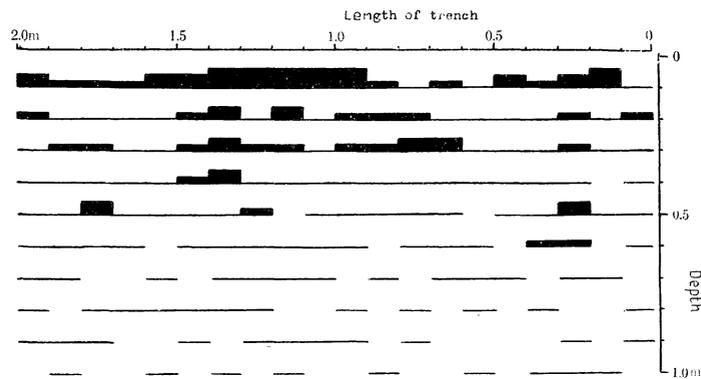


Fig. 47 ミヅキの根系  
 Root system of *Cornus controversa*. (H. 15 m, D. B. H. 22 cm, 35 years)  
 Large horizontal roots are concentrically extended, and short pendent roots are fewly penetrated into the deep soil of depth 110 cm.



Profile 45. ミヅキの太根の分布  
 Root distribution of *Cornus controversa*.



Profile 45. ミヅキの細根の分布  
 Fine root distribution of *Cornus controversa*.



細根の多さの指数合計は70で、深さ0~10cmにその半数の50%が、0~30cmに86%があり、大多数の細根が上層部にかたよつて、太根の分布より細根の分布がずつと上層部に多いことがわかつた。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depthn (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
頻度 Frequency (%)	100	100	100	95	90	80	65	60	55	45

頻度は表のように深さ30cmまで100%、深さ50cmでは90%の分布があり、およそ深さ50cmまで層状に、かつ普遍的に根の分布していることがわかつた。最大分布深さは90~100cmで、45%である。

B断面の太根数は142本で、A断面の108%にあたり、A断面より多いことがわかつた。また、これを細かく見ると、小径根がB断面では特に多い。すなわち、A断面では深さ0~30cmに63本であつたが、B断面では86本でA断面より23本も多い。これは根株を離れるにつれて分岐が多くなり、したがつて、B断面の本数が多くなつたものである。また他の樹種に比べて、深いところでの比率が多いが、これは斜出根と水平根から垂下する多くの組状の垂下根によるものである。

(46) *Sophora japonica* LINN エンジュ

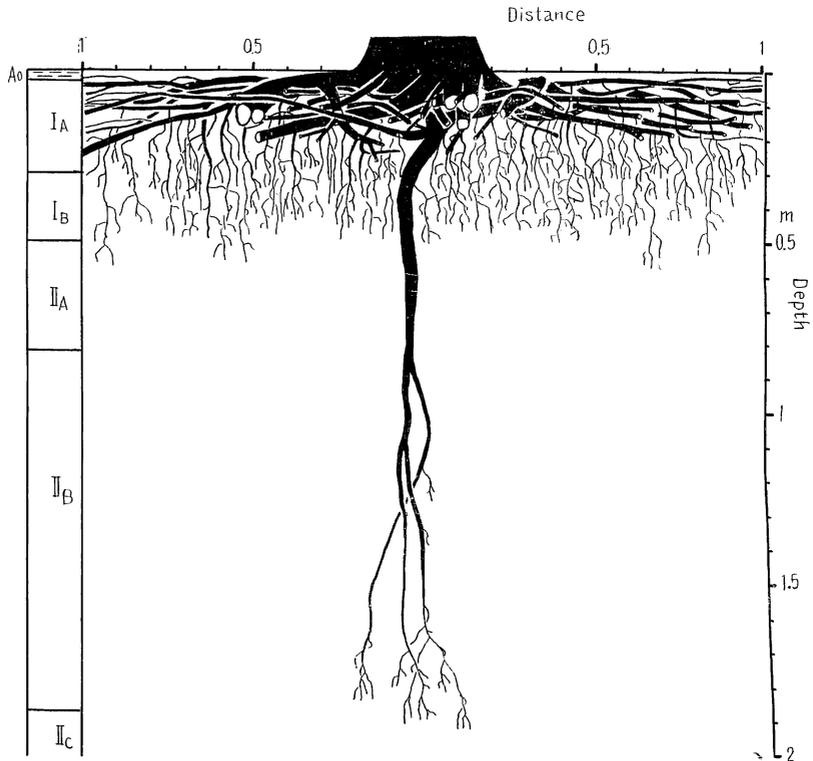
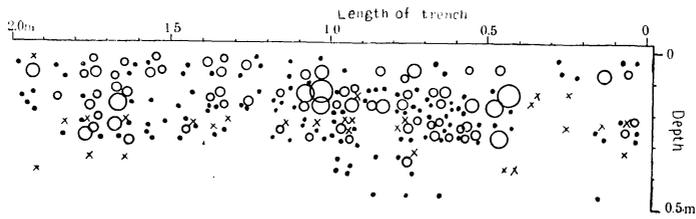
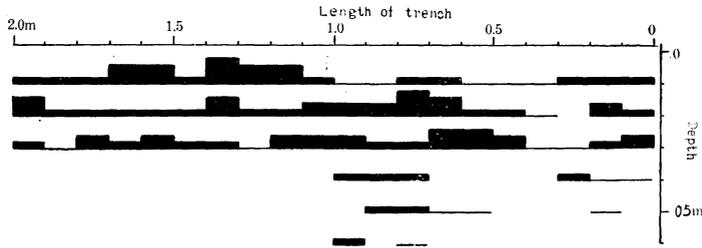


Fig. 48 エンジュの根系  
Root system of *Sophora japonica*. (H. 14 cm, D. B. H. 22 cm, 35 years)  
Only one pendent root is penetrated into the maximum depth (190 cm).  
Many horizontal roots are extensively developed along the surface layer.



Profile 46. エンジュの太根の分布  
Root distribution of *Sophora japonica*.



Profile 46. エンジュの細根の分布  
Fine root distribution of *Sophora japonica*.

調査木は樹高 14 m, 胸高直径 22 cm, 樹令 35 年 (Profile 46, Fig. 48, Phot. 94・95)。

根の表皮は黄白色で、薄く、小さな鱗片状になつて剥げ落ちる。

垂下根は少なく、Fig. 48 のように、やや太い垂下根が根株の真下からのびて、最大深さ 190 cm に達している。その太さは、深さ 20 cm のところの直径が 7 cm, 50 cm で 4 cm, 100 cm では 2 cm と 1 cm の 2 本に分岐し、深さ 150 cm のところでは直径 0.5~1.0 cm の 3 本の垂下根に分岐している。また、先端部は数本の小径根に分岐しているが、ここでは細根はあまり認められない。

この垂下根は、カシ類やイヌシデなどの垂下根のような固くて曲げにくい鞭状でなく、きわめて柔軟性に富み、折曲げても容易に折れない。分岐は、さきに述べた深さ 90 cm と 110 cm の 2 箇所しかなく、多少屈曲するがほとんど通直に垂下する。したがつて、細根の分布も先端部に少し観察されるだけで、深さ 50 cm 以上では細根の分岐がほとんどみられない。

以上のやや太い垂下根のほか、直径 0.3~0.5 cm 程度の細い紐状で、簾状に垂れ下る多くの垂下根があるが、いずれも深さ 50 cm で成長が止まり、この深さ以上にはあまり侵入しない。これらの垂下根は主として水平根から分岐して垂下するもの、あるいは短い水平根の先端部が下向して垂下するものから成り立つており、この紐状の垂下根は多くの小径根と細根を分岐している。

斜出根は深くはならず、深さ 20~30 cm 付近で上方に彎曲して、水平根となつて上層部を横走する。直径は、根株のところで 2~3 cm のものが多い。

水平根は根株の基部では直径 10~15 cm のものが出るが、根株から 50 cm の距離の間で、太いもので直径 4~5 cm, 大多数は 2~3 cm のホース状の水平根に分岐し、さきにのべた、上向して水平根となる斜出根の一部の根とともに、深さ 0~30 cm の間に重なり合つて層状になり、上層部を波状に上下して遠くにまで延びている。このために、上層部ではしばしば水平根の癒合が観察された。

以上の、水平根から分岐する短い垂下根や、斜出根および水平根からは、多数の細根が分岐する。これ

らの細根は水平根から分岐する小径根とともに網目状になつて地表部をおおつている。この細根には写真のような小さい楕円形の根瘤が沢山ついているのが観察された。吸収根は房状の塊りになつて出て、その直径は 0.8~1.0mm で、太いものが大多数を占めている。

一般に、細根や小径根が地表部に向つて上向しており、深さ 30 cm の水平根から表層部に向つて出る多くの根が見られる。

断面における太根数は 197 本で、その径級別本数割合は、小径根が 81 %、中径根 15 %、大径根 4 % で、他の樹種より中・大径根が多いのは、ホース状の水平根の発達が著しいためである。また、小・中・大径根ともに深さ 0~30 cm の間にその大部分が分布している。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小 径 根 Small size		中 径 根 Medium size				大 径 根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	
本 数 Number of roots	128	23	9	7	15	8	5	2	197
%	65	12	5	4	8	4	3	1	102

いま、これらの関係を総太根数の深さによる分布でみると、下の表のように深さ 0~30 cm に 94 % があり、最大分布層は深さ 10~20 cm であつた。深さ 40 cm 以上ではその割合はきわめて少なくなり、4 % 以下に下つている。その最大分布深さは 50 cm であつた。

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深 度 Depth (cm)	深 度 Depth (cm)										計 Total				
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		100 ~150	150 ~200	200 ~250	
太 根 Big root	本 数 Number of roots	46	74	65	8	4										197
	%	23	38	33	4	2										100
細 根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	26	31	29	4	2	1									93
	%	28	33	31	4	2	1									99

細根の多さの指数合計は 93 で、太根の分布のしかたよりも、深さ 0~10 cm の間に多くなる傾向にあつたが、全体的には太根の分布のしかたによく似ている。

頻度分布も太根や細根の分布に似て、深さ 0~30 cm までは 100 % であるが、30~40 cm では 30 % になつて、急に分布が少なくなる。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深 度 Depth (cm)	10	20	30	40	50	60
頻 度 Frequency (%)	100	100	100	30	25	10

このように根が上層部に多いという測定の結果は、地表層に向つて上向する小径根が多いこととも一致している。

B 断面の分布は A 断面の約 30% で、深さ 0~20 cm の間にその 90% があり、A 断面の場合よりも分布が上層部にかたよっている。

(47) *Zelkova serrata* MAKINO ケヤキ

調査木は樹高 14 m, 胸高直径 20 cm, 樹令 39 年 (Profile 47, Fig. 49, Phot. 96・97・98)。

根の表皮は赤褐色で、薄く、平滑。

モミヤマト類のように根株の直下に出る太くて長い垂下根はなく、根株からは直径 3~4 cm の垂下根が数本出ているにすぎない。

この垂下根は鞭状であるが、小・中径根の分岐は、アカメガシワやオニグルミなどの垂下根よりも多い。深さ 60 cm の固い土壌のところでは細くなり、固い土壌の上部での直径が 2~3 cm であつたものが、この層にはいると 0.5~1.0 cm になる。また、一部の垂下根はこの深さのところで彎曲している。このような固い土壌のところで彎曲する傾向は、他の数本の垂下根でも観察された。最大深さは 110 cm であつて、この先端部は多くの小径根に分岐している。この根株から直接でる垂下根のほか、水平根や斜出根の基部から発達する垂下根があるが、一般に細いものが多い。

根株近くから出る一部の斜出根は下方に彎曲し、その先端部が垂下根となつているが、大多数のものは一度斜したものが、上部に大きく彎曲して、弓状になつて深さ 30~50 cm のところを横走している。この深さ以上では、斜出根または水平根から上向する根は認められない。

水平根は、根株から直径 8~12 cm の太いものが車輪状に数本出るが、スタジイやマテバシイのように多くの大径根に分岐せず、太いままで地表層近くを長く横走している。また、これらの太い水平根から組状の小径根が分岐して、これらの根が交錯して網目状に広く上層部をおぎなつている。

一般に、以上の根は繊維質、強靱で、直径 2~3 cm のものになるとスコップを用いても容易に切れないほどになる。また、ロープ状の水平根は特に弾力性があり、折り曲げてもたやすく折損しない。

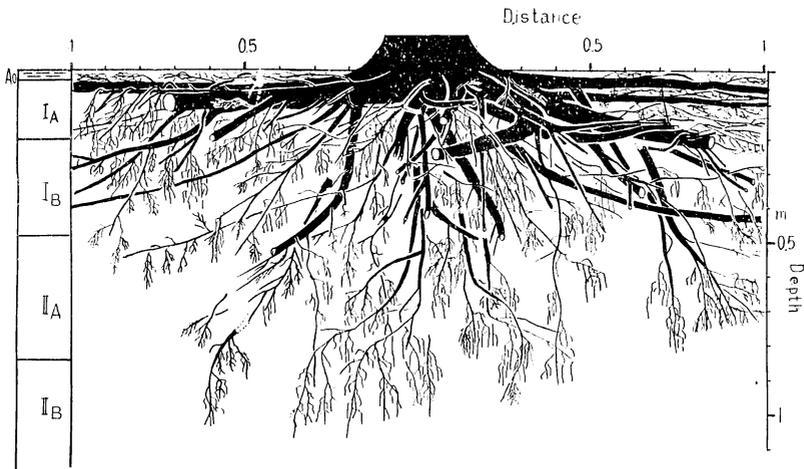
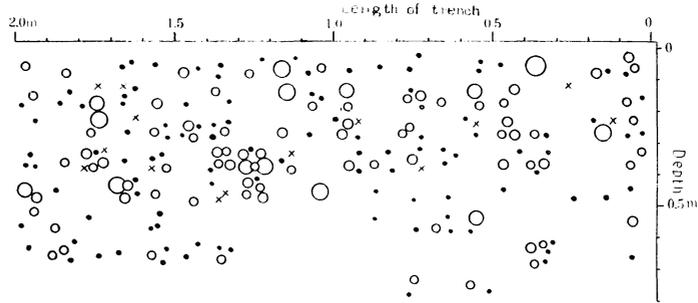
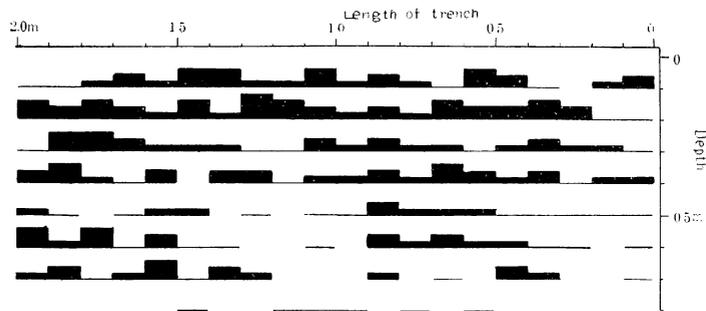


Fig. 49 ケヤキの根系  
Root system of *Zelkova serrata*. (H. 14 m, D. B. H. 20 cm, 39 years)  
Horizontal roots are widely extended.



Profile 47. ケヤキの太根の分布  
Root distribution of *Zelkova serrata*.



Profile 47. ケヤキの細根の分布  
Fine root distribution of *Zelkova serrata*.

モミやマツ類と異なり、細根が固く土壤に結びついているので、小・中径根でも容易に土壤から根を剥ぎ取ることができない。

水平根の分岐角度は狭く  $20\sim 30^\circ$  のものが多い。さきにエンジュの根系でも観察されたように、この根系でも深さ  $20\sim 30\text{ cm}$  の水平根から小・中径根が分岐し、上向して地表層近くに細根を多く分布する。

吸収根は細いものが多く、直径は  $0.2\sim 0.3\text{ mm}$  であった。

断面での太根の総数は 202 本で、小径根が 78%、中径根 19%、大径根 4% で、小・中径根ともその大部分は深さ  $0\sim 40\text{ cm}$  の間に分布していた。

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size			中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0 ~10.0	
本数 Number of roots	103	38	14	8	24	6	6	3	202
%	51	19	7	4	12	3	3	1	100

つぎに、これらの関係を総太根数の深さ別分布で見ると、次表のようになり、最大分布層はやや深くて深さ  $30\sim 40\text{ cm}$  にあった。これは斜出根の分岐がこの付近の深さで多いことをあらわすものである。

深さ別太根, 細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	計 Total
	太根 Big root	本数 Number of roots	28	30	36	44	24	14	22	4					
	%	14	15	18	22	12	7	11	2						101
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	27	40	23	27	8	16	14							155
	%	17	26	15	17	5	10	9							99

細根の多さの指数合計は 155 で、その最大分布層は太根の場合より 20 cm も浅くて、深さ 10~20cm にあり、全体的に細根の分布が太根の場合よりも上層部に多くなっている。また、その分布は深いところではきわめて少なく、深さ 70 cm に 7% で、80 cm には指数 (+) 程度の分布しかなく、指数の最大深さとしては深さ 70 cm で終っており、他の調査木と比較してきわめて浅い。

頻度は深さ 40 cm まで 95~100% で、根の分布が上層部では層状になつてかなり均等になつてきていることがわかる。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80
頻度 Frequency (%)	95	100	100	95	85	80	65	30

B 断面の太根数は 164 本で、A 断面の 97% にあたり、根株からかなり離れたところでも多くの根が分布している。そのうち小径根が 94% で、B 断面の太根数の大部分を占めていたが、この小径根のうち 52% が深さ 0~30cm に、76% が深さ 0~50 cm の間にあつて、大多数の根が上層部に分布していた。

(48) *Fraxinus japonica* BLUME トネリコ

調査木は樹高 8m, 胸高直径 17 cm, 樹令 40 年 (Profile 48, Fig. 50, Phot. 99)。

根の表皮は淡褐色で、薄く、小さな鱗片状に剥げ落ちる。

根株から数本のやや太い垂下根が出る。この最も太いものは直径 10 cm で、最大深さは 200 cm に達している。この垂下根は細かく屈曲しているが、大体は通直とみてよく、分岐は少なく鞭状に発達している。その深さごとの直径は、深さ 50 cm で 4 cm, 100 cm で 2 cm, 150 cm で 0.3~0.5 cm で、先端部は数本の小径根にわかれており、細根が多く、吸収根も多い。以上の根株から垂下するもののほかに斜出根と水平根の基部からでる垂下根があり、また斜出根、ないしは水平根の先端部が急に彎曲して垂下しているものがある。あるいは Fig. 50 でみられるように、直径 2 cm のロープ状の水平根の途中から紐状の垂下根が発達し、細長くのびて深さ 170 cm まではいつているものもある。このような根の分岐のしかたや、成長のしかたは斜出根や他の水平根においても数箇所観察された。そして、このように細長く、深くまで垂下している根がこの根系の一つの特徴になつている。

斜出根は太いものが多く、主として下方に彎曲して垂下根となるものが多い。

水平根は根株から直径 4~5 cm の太いものが多く出るが、根株の近くで直径 2~3 cm の数本の垂下根な

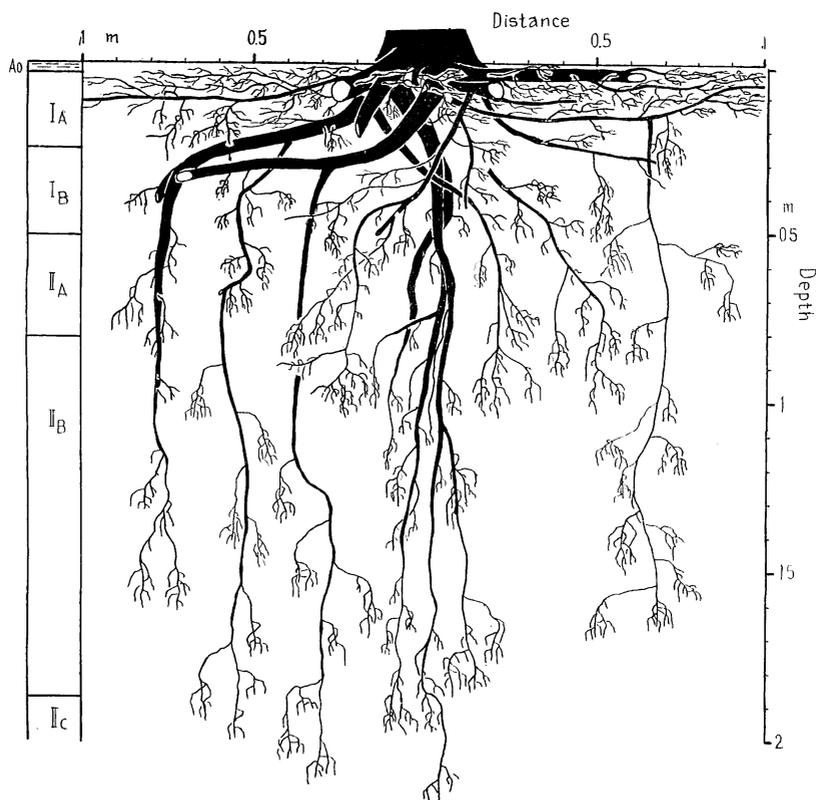


Fig. 50 トネリコの根系

Root system of *Fraxinus japonica*. (H. 8 m, D. B. H. 17 cm, 40 years)

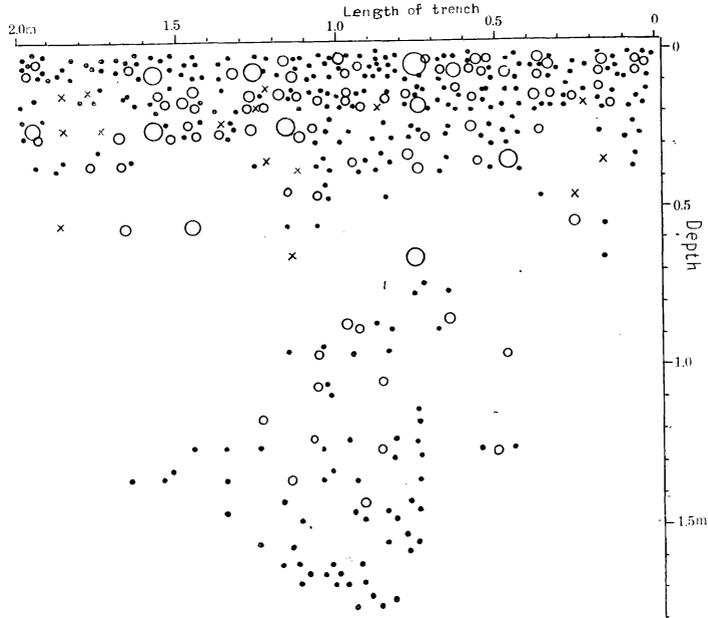
Big pendant roots penetrate into the deep soil, fine roots are tuft like.

いしは斜出根に分岐している場合が多く、そのうち一部のものはホース状に地表層近くを這つて遠くに拡がっている。また、この水平根は多くの小・中径根を分岐するので、地表近くは小径根や細根が複雑に交錯し、また、房状に塊つて発達する細根の性質と相まつて、地表層近くはこれらの根で覆われている。以上のように、この根系の形態は発達した太い根と、中・大径根の分岐の少ないこと、および小径根の分岐が多いことによつて特徴づけられる。中・大径根の分岐が少ないために、細根が大径根に直接ついていることが多く観察される。このような根の発達のしかたはアオギリ・イイギリ・アメリカウラジロトネリコでも多く観察された。

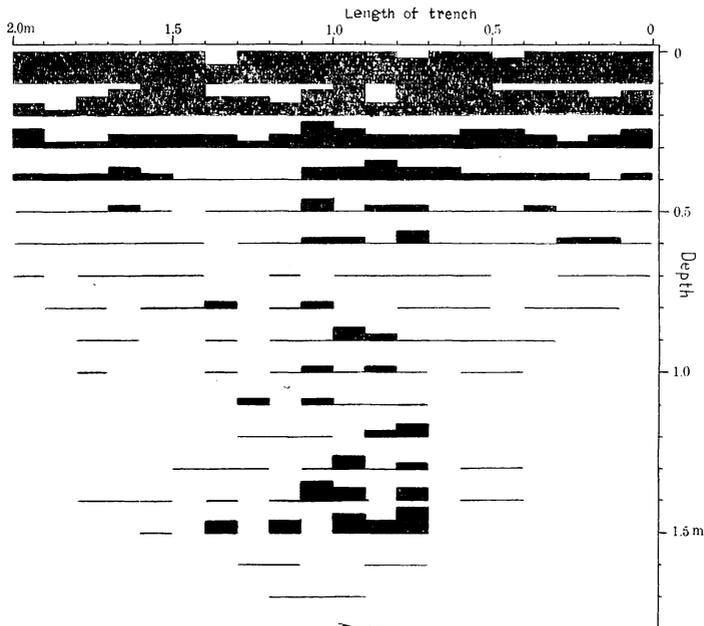
根の質は軟らかで、直径3~4cmまでのものは柔軟性に富み、たやすく曲げることができる。

さきに水平根のところでもちよつと触れたが、細根はかなり大きい房状になつて出る傾向がある。吸収根は太く直径0.8~1.0mmのものが多いが、土壌水分の多い深いところでは一般に1.0mm以上のものが多い。以上のように、吸収根が上層部の土壌水分の少ないところでは細くなり、反対に深部の水分の多いところでは太くなるということは、調査木すべてに共通する現象であつた。またその長さは湿つた軟らかい土壌で最も長く、固い土壌では短くなる傾向にあつた。

断面での太根数は317本で、そのうち直径0.2cmのものが最も多くて全体の72%を占め、これを含む小径根は90%であつた。この小径根の大多数は深さ0~20cmの間にあつたが、一部垂下根の発達が止



Profile 48. トネリコの太根の分布  
Root distribution of *Fraxinus japonica*.



Profile 48. トネリコの細根の分布  
Fine root distribution of *Fraxinus japonica*.

まる深さ 150~200 cm でも、部分的に分布が増加する傾向がみられた。

つぎに、この太根総数の深さ別の分布は次の表のようになり、最大分布層は深さ 0~10cm で 34%、0~30cm には 63% があり、地表部に多いことはわかるが、深さ 150~200 cm にも 7% の分布があり、深部にも

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

本数 Number of roots	小径根 Small size			中径根 Medium size				大径根 Large size		計 Total
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0~10.0	10.0<	
	229	42	9	7	17	5	7	1		317
%	72	13	3	2	5	2	2	+		99

深さ別太根, 細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	深さ											計 Total		
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100~150		150~200	200~250
太根 Big root	本数 Number of roots	107	45	48	27	6	6	2	3	6	6	40	21		317
	%	34	14	15	9	2	2	1	1	2	2	13	7		102
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	84	64	22	22	6	6		2	3	2	28			239
	%	35	27	10	9	3	3		1	1	1	12			102

太根の分布が認められた。これらの深部の太根は大部分が小径根である。

細根の多さの指数合計は 239 で、深さ 0~20 cm に 62% があり、太根数の分布よりも上層部に多くなっている。しかし、深さ 100~150 cm にも 12% の分布が認められ、細根が深部にも多いことがわかる。

頻度は次の表のようで、深さ 0~60 cm まで 95% 以上であるが、順次減少して最大深さ 180 cm に達している。

階層別頻度分布表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	180	140	150	160	170	180
頻度 Frequency (%)	100	100	100	100	95	95	70	65	60	45	25	25	45	50	30	20	15	10

B 断面の総太根数は 245 本で、A 断面の 77% にあたり、かなり多くの太根が分布している。その径級別分布は小径根が 96%、中径根 4% で両径級ともに上層部に多く、総太根数の 79% が深さ 0~30 cm の間に分布していた。

(49) *Fraxinus americana* LINN. アメリカウラジロトネリコ

調査木は樹高 20 m, 胸高直径 39 cm, 樹齢 55 年 (Profile 49, Fig. 51, Phot. 100・101)。

根の表皮は淡褐色で、やや厚く、鱗片状に剥げ落ちる。

根株の真下と、その周辺部から数本の太い垂下根が出て、この根系の形態を特徴づける。

垂下根の太さは深さ 30 cm のところで、直径 15~20 cm のものが多く、そのなかで最も長いものは最大深さが 290 cm まではいっている。これらの垂下根は中・大径根の分岐がきわめて少なく、通直で棒状になるが、その太さは土壌が固くなる深さ 110 cm 付近から急に細くなる。

さきに、トネリコのところで説明したように太い根から直交房状の細根が出るので、普通にみられる大径

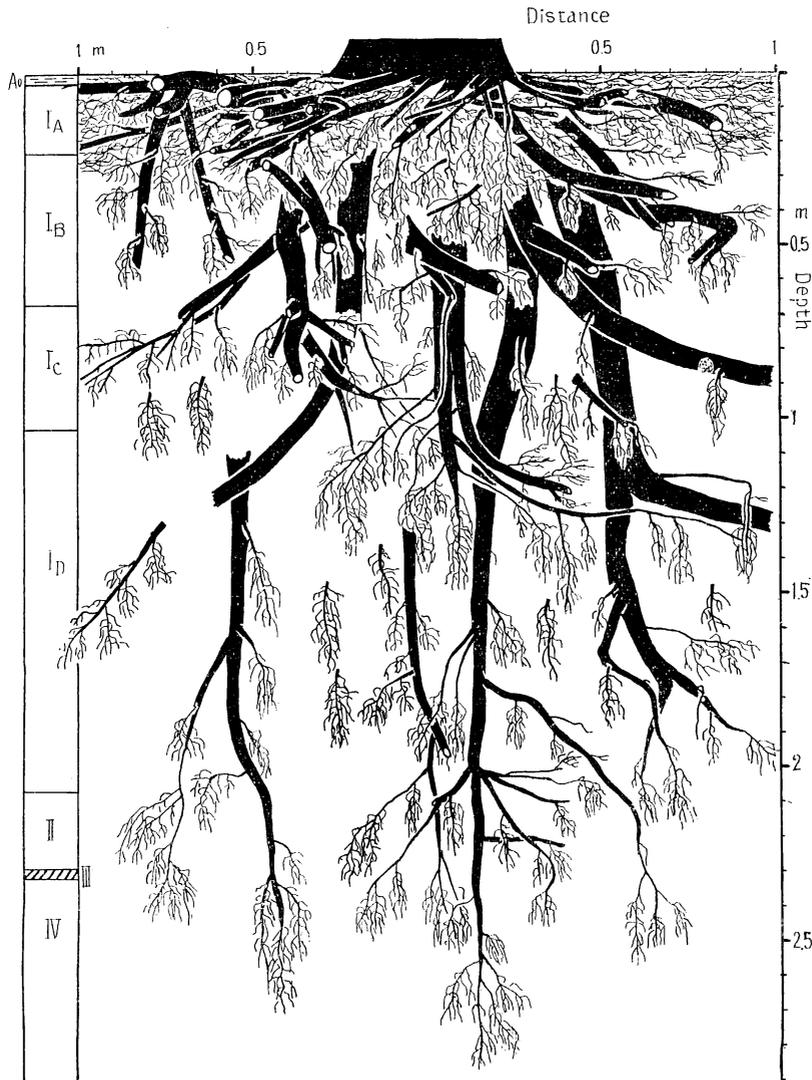
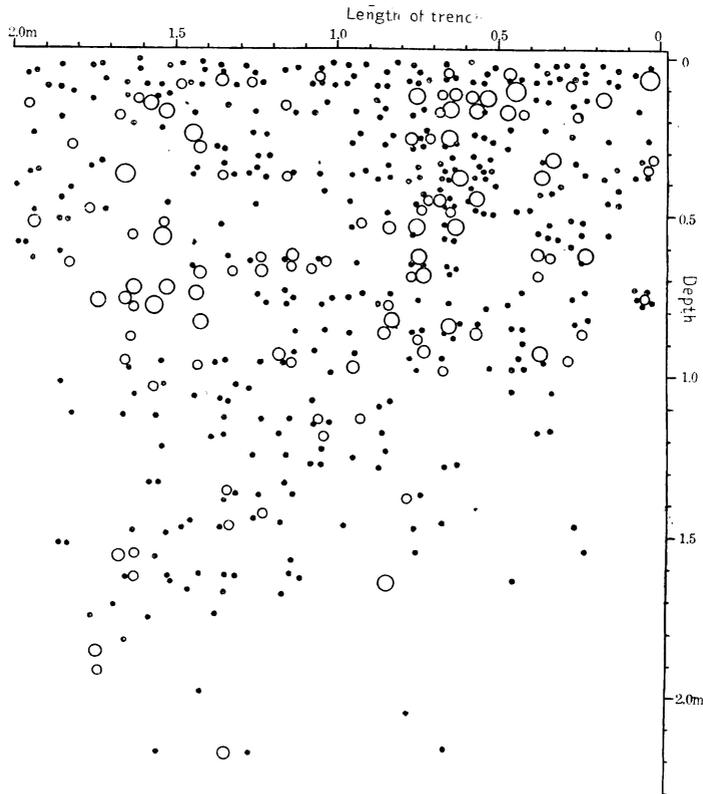


Fig. 51 アメリカウラジロトネリコの根系  
 Root system of *Fraxinus americana*. (H. 20 m, D. B. H. 39 cm, 50 years)

根から中径根が分岐し、小径根に細根がつく、といった根系とはかなり形態が異なる。また、このような性質の根系では太い根があまり分岐せず、同じ程度の太さの根が横走している。ハリギリ・アオギリ・イイギリなどではこの傾向が著しい。

斜出根は垂下根と同じく太いものが多く、一部のものは上に向つて彎曲してその先端部は横走するが、その深さは 100~150 cm で、他の樹種と比較してきわめて深い。このように直径 5~7 cm の太い根が深くて緻密な土壌の中を横走するのは、太い根から直接細根を多く分岐する樹種に共通した一つの特徴のようである。地表に近い斜出根はすぐ彎曲して地表層近くに達し、根株から直接出た水平根とともに、遠くまで横走している。

水平根は地表層近くに多く集まつて、波状に上下して横走する。Phot. 100 のように、太い径級の水平



Profile 49. アメリカウラジロトネリコの太根の分布  
Root distribution of *Fraxinus americana*.

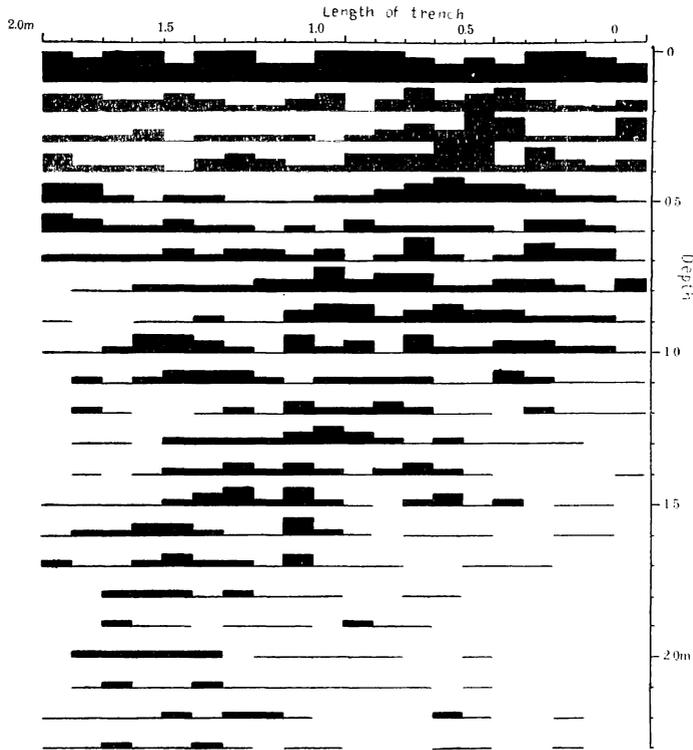
根が上層部に集まるために、水平根が重なり合つて癒合がおこることが多い。これらの水平根からは細根が塊状にでて、地表部はこれらの細根でおおわれる。特にホース状にのびる水平根は柔軟性があり、曲りやすいが、垂下根は柔軟性に乏しい。

細根は Phot. 101 のように房状に塊つて出て、地表近くでは絲屑状に見える。その吸収根は長く、かつ太くて、直径が 0.8~1.0 mm のものが多い。

断面の太根数は 491 本で、小径根は 89%、中径根 8%、大径根 4% で中径根が少ない割合に大径根が多い。これを深さ別にみると、小径根は深さ 0~50 cm にその 51%、50~100 cm に 26% があり、深いところの分布が比較的多いことがわかつたが、中・大径根ではその割合が深さ 0~50 cm に 50%、50~100 cm

径級別本数分配表  
The relation between number of roots and diameter.

	小径根 Small size		中径根 Medium size			大径根 Large size		計 Total	
	0.2(cm)	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~5.0		
本数 Number of roots	377	47	9	2	15	25	13	3	491
%	77	10	2	+	3	5	3	1	101



Profile 49. アメリカウラジロトネリコの細根の分布  
Fine root distribution of *Fraxinus americana*.

に 49% となり、小径根の場合よりも中・大径根の分布の割合が下層部に多い。

さらに、太根の総本数の深さ別の分布をみると、次の表のとおりで、深さ 100 cm 以下の深いところにも多くの太根が分布していた。その最大分布層は深さ 0~10cm で 17% で、深くなるにしたがって漸次減

深さ別太根、細根分布表  
The relation between the depth and number of big and fine roots.

	深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100 ~150	150 ~200	200 ~250	計 Total
	太根 Big root	本数 Number of roots	82	46	34	53	37	26	30	34	22	27	65	30	5
%		17	9	7	11	8	5	6	7	5	6	13	6	1	101
細根 Fine root	細根の多さの指数 Index of fine root	85	43	33	44	30	23	28	29	22	27	65	30	8	467
	%	18	9	7	9	6	5	6	6	5	6	14	7	2	101

少している。このような分布のしかたは深根性のカツラ・クヌギなどの根系とよく似ている。

細根の多さの指数合計は 467 で、他の樹種に比べて非常に多い。これは調査木がやや大きいことにもよるが、やはり房状に塊つて出る細根のでかたに原因しているようである。また、その各層における深さ別の分布は太根数の分布の割合の変化にほぼ似ている。

このように、深部に太根や細根の分布が多い種類では、それらの各層別の分布の割合がかなり類似していることがわかった。

階層頻度分布別表  
The relation between the depth and frequency.

深さ Depth (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
頻度 Frequency (%)	100	100	100	100	100	100	100	95	90	100	95	80
深さ Depth (cm)	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	
頻度 Frequency (%)	80	70	85	80	75	50	45	55	65	60	60	

頻度の分布は上の表のように、深さ 110 cm まではほとんど 100% の分布があり、地下水上部のきわめて過湿なところにも分布が多くて 15~25% の頻度が測定された。

B 断面の太根数は 287 本で A 断面の 59% にあたり、そのうち小径根が 96%、中径根が 4% で、小径根の割合が特に多い。深さ別にみると太根数の 66% が深さ 0~50 cm に分布していた。

(50) *Arundinaria Chino* MAKINO アズマネザサ

トレンチの断面に現われたアズマネザの地下茎と細根の分布を、地下茎については代表的な長さ 2m のトレンチ 24 個について、また、細根と頻度については 15 個について調べ、これを平均して図示すると、Fig. 52 のようになる。

すなわち、地下茎の最大分布層は深さ 20 cm で 35%、地表 10 cm よりも深さ 30 cm に多く 27% で、深さ 50 cm では非常に少なくなり、60 cm 以下にはほとんど分布しない。細根の分布は地下茎よりも深く、その最大深さは 130 cm であるが、深さ 50 cm 以下では急に減少し、深さ 80 cm 以下ではほとんど (+) 程度の少ない分布となる。また、最大分布層は深さ 20 cm で 29% であつて、地下茎の分布と異なり、地表部での分布の割合が多い。各層別の頻度は深さ 40 cm まで 70~80% で、それ以下では順次減少して深さ 70 cm 以下では非常に少なくなり、90 cm 以下では 100% 以下になる。

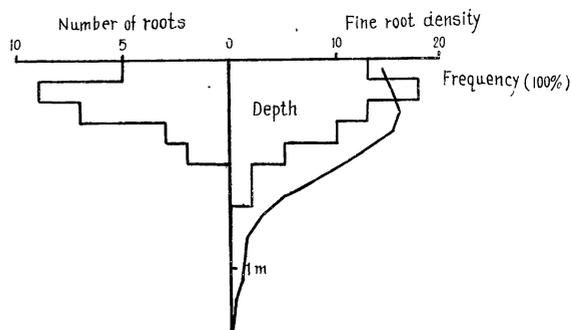


Fig. 52 アズマネザサの地下茎と細根の分布  
Distribution of rhizomes and fine roots of *Arundinaria Chino*.

以上のように地下茎、細根ともにその分布の大部分が地表から 30 cm の間にあることが明らかになった。

Ⅶ 根系の類型 (根系型の決定)

BÜSGEN, MÜNCH<sup>10)</sup>, HILF<sup>35)</sup> はおのおのの樹種の根系を大きく 3 つの型に類型化し、それぞれの型に属する樹種を杭根性樹種・平根性樹種・心根性樹種としたことは、根系に関する過去の研究のところで述べたが、これらの類型の基準となつている根系の形態は、主として地上部の樹冠と樹幹の重さを支えていると考えられる径級の太い杭根・平根・心根と呼ばれる根によつて特徴づけられたものである。

すなわち、根の物理的な役割がこれらの根系を類型化するための基準として取り上げられてきた。樹木

根系を研究してゆくはじめの時期に、根系のこのような性質が強く主張されたことは、支持根というような言葉が盛んに用いられていることによっても明らかである。

確かに、最もよく成長した太い根が最も物理的に大きい役割を果していると考えられ、また、この根が根系の形態を特徴づけていることは明らかであるが、根系の各種の性質や機能を、以上の根の発達のしかたのみによつてわかることは、根系の機能の有機性を考えた場合、必ずしも妥当とはいえない。むしろ、漠然とした類型ではあるが、GOETHE<sup>27)</sup> が述べた深根性根系、浅根性根系、また粗大根系・細密根系といった考え方のほうが、樹木の根系を物理的な働きに限らず、総合的に取り扱おうとした点において前者よりも意味が深い。

このような植物の地下部の解析については取扱いが困難な樹木よりも、取扱いが容易な草本で効果が取められてきた。

すなわち、CANNON<sup>11)13)</sup>、WEAVER<sup>105)</sup>、FREIDENFELT は根系の形態のみならず、根系が直接関係している立地の水分条件、土壌の理化学性、土壌の深さなどの土壌環境と結びつけて、根系が果している生理的な働きを測定し、これらをもあわせて根系の類型化を図つた。

また、草本の地下器官の働きが種の繁殖のしかたに関係が深いところから、根の繁殖の機能に基準をおいた沼田<sup>75)</sup>の根系型や、佐伯<sup>85)</sup>のシダの根系型がとりあげられたが、これらの類型は樹木と異なつて、地下部の発達が直接群落の発達に結びつくことの多い草本群落の解析には大きな効果を収めた。

吉岡<sup>114)</sup>堀川・矢野<sup>93)</sup>はこの地下器官の類型を繁殖型だけでなく、地下器官の全体が果している物理的・生理的役割も含めて根系型を決定して、地下部を総合的に類型化することに努力した。特に、堀川・矢野は地下器官の各種の働きを類型化するために、沼田の繁殖型のほかに根域型・形態型・深度型・木化型などの、根の最も生態的に意義をもつていると考えられる各種の因子を用いて、客観的に根系を類型化しようとした。

もし、このような各種の根の性質の総合的な解析がすすめられてくれば、植物の繁殖といつた点だけでなく、地上部の種々の問題もしだいに明らかになつてくるものと考えられる。

以上のように、草本群落の地下部は各種の面から定性的、あるいは定量的な解析が行われてきたが、森林群落の主体となる高木の地下部については、いまだ、杭根性樹種・心根性樹種・平根性樹種、および深根性・浅根性といつた定性的な類型に終り、定量的に解析され、類型化されたものはない。

いま、樹木の根系の類型をするにあつて、いままで研究がすすめられてきた草本の根系との関係を考えてみると、草本では高木と異なつて、HILFなどが樹木で特に取り上げたような、植物の地上部を支持するという物理的な働きが少ないために、以上に述べたような繁殖のしかたや水分・養分を吸収する生理的な働きに限られて、主としてこのような点からのみ類型化が考えられてきた。しかし、高木では大部分が繁殖に対する根の働きがないかわりに、草本とは反対に地上部を支持するという物理的な働きが大きく考えられる。

このような点において、草本の根系と高木の根系とはその性質がかなり異なつている。したがつて、根系の類型化の方法も草本の場合とは必然的に異なつてくる。

また、多くの異なつた生活型を含んでいる草本と、比較的単調な生活型の高木とではそれぞれの群落における類型化のスケールが前者では大きく、後者では小さくなつてくるのは当然である。

では、具体的にどのようなことが樹木の根系を類型化するのに役だつたか?

樹木の根の働きは HILF<sup>35)</sup> が考えたように根の分化した部分によつて一つ一つ考えることが非常に困難

であるので、根の発達した部分のみに着目してわけないで、総合的な見地から類型化されなければならないことを考慮する必要がある。

さて、類型化の諸因子は調査測定 of 可否・難易とも結びつく問題であつて、理想的な意味では生態的に樹木の生活に関係があると考えられるすべての根の性質を調べることが望ましいが、これをすべて調べつくことは容易ではない。また、これらの諸因子の生態的価値を順位づけることはきわめてむずかしい。しかし、以上のような調査結果と、観察と、今までの文献によつて、吸収根を多く含む細根と太根の本数の垂直分布に重点をおいて、この中から生態的意味をもつていると考えられる根の性質を調査資料からひろいあげると、およそ次の7つの因子があげられる。

- |                      |            |
|----------------------|------------|
| (1) 細根の深さによる分布状態の変化。 | (5) 太根の多さ。 |
| (2) 太根の深さによる分布状態の変化。 | (6) 最大深さ。  |
| (3) 各層に根が現われる頻度。     | (7) 形態。    |
| (4) 細根の多さ。           |            |

その他に径級別分布、吸収根の太さ、分岐角度、斜入角度、水平的拡がりなどもあげられるが、以上の因子に比べると、直接類型化の基準としてはとりあげがたい。この水平的な拡がりを明らかにすることは、根系の発達を明らかにするためにきわめて重要な意味をもつていると考えられるが、追跡法による水平根の測定がきわめて困難なので、A断面とB断面の本数の比率と、露出法によつて観察した水平根の発達状態によつて、水平根の横への拡がりを推察して、根系の性質を知るための補助的な資料として利用したが、直接類型化の基準にはとりあげなかつた。以上の因子を根系の類型化の手段として取り上げる前に、一応、以上にあげた諸因子の生態的意味を考えてみよう。

まず、吸収根の大部分を含んでいる細根は水分や養分の吸収などの生活機能に最も関係が深いので、その分布が上層部に多いか、土壌が固くて湿つている嫌氣的な条件のところにも多いか、という細根の分布のしかたの相違は直接根系の生理的な性質の度合をあらわしているものと考えられる。また、細根の単位面積当りの多さも以上のような点において重要な意味をもつているものと思われる。そこで、この細根の深さ別分布、その多さを類型の基準にとりあげたが、その他にも細根について、そのつきかた、すなわち、房状につくとか疎生してつくとかということ、吸収根の分岐のしかた、菌根との関係などは以上にあげた類型の基準になる2つのことがらとともに根の生理的な性質と大きな関連をもつている。

この細根の多さや、分岐のしかた、および太さについて、CANNON<sup>12)</sup>、SCHULTZ<sup>30)</sup>などは吸収根が細くて分岐が多いものが乾燥に耐えると述べており、小林<sup>50)</sup>は深部に吸収根の多いものは嫌氣的な性質をもつている根系だといつている。

つぎに、細根の分布とともに、太根の分布についてみると、そのうちでも小径根は細根の分布に深い関係があるが、太径根の分布は根系の物理的な働きに特に関係がある。また、太根数の多少は根の分岐の多少とも関係しており、根系の性質を明らかにしてゆく、大きな手がかりとなるものと思われる。

以上のような細根と太根の分布のしかたや多さが明らかにされることによつて根系がもつている生態的な性質も順次明らかにされる。

そこで、類型化の手段として、なかんずく客観的に測定することができた(1)~(6)までの性質をとりあげ、そのおのおのの因子を4~5に区分して、これらの類型の組合せをつくり、この組合せの類似性を検討することによつて根系の型を決めることにした。最後にあげた形態の型は以上の1~6の因子とは別に

亜型をわける基準とし、あるいは今までの定性的な調査を類型化する材料として用いた。

つぎに、おのおのの因子を類型化する基準について述べると、

(1) 細根の分布の型

各調査木について、細根の深さによる分布状態を細かく検討した結果、全体的に分布量が急に減少する深さ、あるいは分布がなくなる深さが大体一致し、上層から、深さ 30 cm, 60 cm, 120 cm の深さにこれらの点があることがわかつたので、この深さの間に含まれる細根の割合で区分することにした。

- 1: 深さ 30 cm までに 85 % 以上が分布しているもの。
- 2: 深さ 30 cm 以上に 15 % 以上が分布しているもの。
- 3: 深さ 60 cm 以上に 10 % 以上が分布しているもの。
- 4: 深さ 120 cm 以上に全部の細根の 5 % 以上が分布しているもの。

(2) 太根の分布の型

細根の場合と同様に分布の変化する深さを調べた結果、60 cm, 120 cm になつた。

- 1: 深さ 60 cm までに 90 % 以上が分布しているもの。
- 2: 深さ 60~120 cm に 10 % 以上が分布しているもの。
- 3: 深さ 120 cm 以上の分布割合が 10 % よりも少ないもの。
- 4: 深さ 120 cm 以上に総太根数の 10 % 以上が分布しているもの。

(3) 各層別頻度の分布の型

太根数の場合と同様に深さ 60 cm と 120 cm を用いた。

- 1: I・II・IIIのいずれにも属さないもの、すなわち、上層部での分布も少なく、かつ深くにも分布が少ないもの。
- 2: 深さ 60 cm までに 80 % 以上の値が連続的に分布するもの。
- 3: 深さ 120 cm 以上に頻度の分布はあるがその値が 150 以下かあるいは不連続なもの。
- 4: 深さ 120 cm 以上の頻度の割合を加算した値が 150 以上になり、各層の頻度が連続的に分布するもの。

(4) 細根の多さ

- 1: 断面における細根の多さの指数を加算した値が 50 に達しないもの。
- 2: 50~100
- 3: 100~150
- 4: 150~200
- 5: 200 以上になるもの。

(5) 太根の多さ

- 1: 断面における太根数の総計が 100 以下のもの。
- 2: 100~200
- 3: 200~300
- 4: 300 以上になるもの。

(6) 最大深さ

- 1: 150 cm 以下のもの。

Table 2. 根系の類型 The types of root which were decided by 6 factors.

	種名 (species)	細根の深	根の太	根の深	根の太	根の深	根の太	根の深	根の太
		さ別分布多 (1)*	さ別分布多 (2)*	さ別分布多 (3)*	さ別分布多 (4)*	さ別分布多 (5)*	さ別分布多 (6)*	さ別分布多 (7)*	さ別分布多 (8)*
スギ型 ( <i>Cryptmeria japonica</i> root type)	スギ	4	3	3	2	4	3		
	ラクウショウ	4	3	3	2	4	4		
カツラ型 ( <i>Cercidiphyllum japonicum</i> root type)	コナラ	4	3	4	3	4	4		
	スダジイ	4	4	4	4	4	4		
	マテバシイ	4	5	4	4	4	4		
	アメリカウラジロトネリコ	4	5	4	4	4	4		
	トネリコ	4	5	4	4	4	4		
	クヌギ	4	5	4	4	4	4		
	アベマキ	4	5	4	3	4	4		
	トチノキ	4	3	4	3	4	3		
	カヅラ	4	5	4	4	4	4		
	オニグルミ	4	3	3	2	4	4		
アオギリ型 ( <i>Firmiana plataniifolia</i> root type)	イイギリ	3	2	3	2	3	3		
	アオギリ	3	2	3	2	4	3		
アカマツ型 ( <i>Pinus densiflora</i> root type)	リギダマツ	2	2	4	3	4	4		
	モミ	1	2	4	2	3	4		
	アカマツ	2	1	4	2	3	4		
	クロマツ	1	1	4	2	3	4		
	テーダマツ	1	1	4	2	3	4		
	ダイオウショウ	2	1	4	2	3	4		
	ストロブマツ	2	1	1	2	1	1		
シラカシ型 ( <i>Quercus myrsinaefolia</i> root type)	オウシュウトウヒ	2	2	2	3	3	3		
	ツガ	2	4	2	4	2	2		
	ヒノキ	2	5	2	3	2	2		
	サワラ	2	5	2	4	2	1		
	シラカシ	2	4	2	4	2	2		
	ウラジロガシ	2	4	3	3	2	2		
	イチイガシ	2	5	3	4	2	2		
	イヌシデ	2	5	2	4	2	2		
	イヌザクラ	2	4	1	3	2	2		
	ハクウンボク	2	4	2	2	2	1		
	ブナ	1	4	1	3	2	1		
	イヌブナ	1	4	1	3	2	2		
	ヤマハンノキ	1	3	1	3	2	2		
	ノグルミ	2	4	2	3	2	3		
	ホノキ	2	4	1	2	2	2		
	ケヤキ	2	4	2	3	2	1		
	クナギ	2	2	2	2	2	2		
ムクノギ	3	3	2	2	3	2			
ミツキ型 ( <i>Cornus controversa</i> root type)	ソフォラ	1	2	1	2	1	2		
	アケボノ	1	2	1	2	2	1		
	ミズキ	1	2	2	2	2	2		
クスノキ型 ( <i>Cinnamomum Camphra</i> root type)	クスノキ	1	1	2	1	1	3		
	コブシ	1	1	2	1	1	1		
	キナンド	1	1	2	1	1	2		
	ハナキ	1	1	3	1	1	4		

樹木の根の形態と分布 (続住)

(1)\* fine roots distribution by depth (2)\* density of fine roots (3)\* distribution of the number of roots by depth (4)\* number of roots (5)\* frequency of each depth 10 cm (6)\* maximum depth

2: 150~200 cm.

3: 200~250 cm.

4: 250 cm 以上, またはこの深さ以下でも, その先端部が地下水に達しているもの。

つぎに, 細根の深さ別分布, 太根の深さ別分布, 各層別の頻度, 細根の多さ, 太根の多さ, 最大深さの順序に以上の 4~5 にわけられた 6 個の因子の組合せを各樹種について行くと, Table 2 のようになり, おのおのの配列型について因子ごとの性質を検討してゆくと, 次に述べる 7 つの異なつた配列型にわけられる。

この 7 つの型を, 以上の基準によつて定められた根系型として, その中から代表的な樹種をとりあげ, その種名を抽象化して根系型の名称とした。また, その根系型の代表的な種類について, 細根と太根の分布状態と頻度の各層別の分布を図示すると Fig. 53~59 のようになる。

根系の型

I: アカマツ型

V: シラカシ型

II: スギ型

VI: ミヅキ型

III: カツラ型

VII: クスノキ型

IV: アオギリ型

以上の 7 型で, いまこの各根系型について記述すると,

I: アカマツ型 (Fig. 53)

細根の深さ別分布・細根の多さ・太根数の深さ別分布・太根の多さ・頻度・最大深さの種類の順序に, 2-1-4-2-3-4 という配列型によつてあらわされる根系型であつて, アカマツ・クロマツ・テーダマツ・ダイオウマツ・ストロブマツ・リギダマツなどのマツ類とモミがこの型に属している。このうち, ストロブマツは垂下根の発達がきわめて悪く, したがつて深部での根の分布が少ないために, 2-1-1-2-1-1 という配列になるが, 水平根や垂下根の発達の状態や細根の分布のしかたなどから, アカマツ型の垂下根の成長が停止した型であることが容易に理解できる。同様な意味において細根の多さと太根数がやや多い,

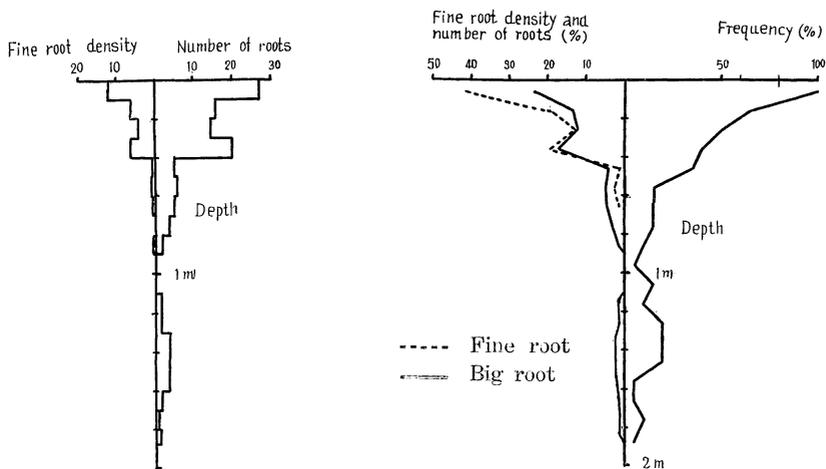


Fig. 53 アカマツ型根系型の太根・細根・頻度の深さによる分布  
Big root and fine root density of the *Pinus densiflora* root type  
which are counted in each layer 10 cm.

2-2-4-3-4-4 という配列型であらわされるリギダマツもアカマツ型に入れ、ストロブマツとともに形態型によつて亜型として区別した。

このアカマツ型根系型はローブ状にのびる水平根の発達が著しく、小径根・細根ともに上層部での分布が多い。また、深くまで太い垂下根が侵入して棒状を呈し、深部でもかなり多くの太根の分布がみられる。一般に、以上の水平根と垂下根によつて特徴づけられ、斜出根の発達は悪い。

垂下根の発達に伴つて、根が現われる頻度も深いところに比較的多く、地下水付近でも吸収根の分布が認められる。分岐は少なく、したがつて太根も少ない。細根も太根とともにきわめて少ない。最大深さは非常に深く、250 cm 以上に達している。

### II: スギ型 (Fig. 54)

4-3-3-2-4-3 の配列型であらわされる根系型でその代表的な樹種はスギである。調査木のなかではスギとラクショウがこの型に属する。

この根系型の形態は、アカマツ型のように長くはないが、太くて長い棒状の垂下根と斜出根によつて特徴づけられる。細根・太根ともに深部に多く、頻度も深部で高い値を示す。

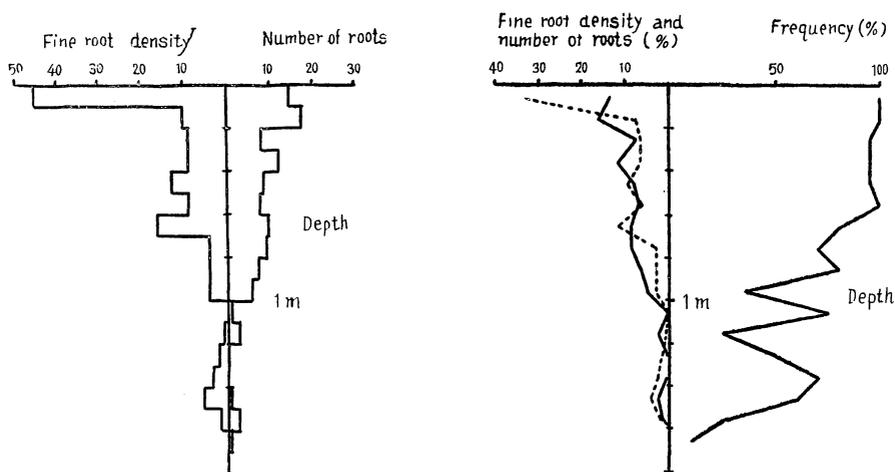


Fig. 54 スギ型根系型の太根・細根・頻度の深さによる分布  
Big root and fine root density of the *Cryptomeria japonica* root type,  
which are counted in each layer 10 cm.

細根の多さや大根はアカマツ型よりは多いが、シラカシ型よりは少なく、最大深さはアカマツ型、カツラ型について深い型である。特にラクウショウの細根は最大深さの型が4でスギよりも深い傾向にある。

以上の性質を総合して、この根系型は土壌が固くて緻密な深部にも細根太根ともによく発達する深根性の型であるといえる。

### III: カツラ型 (Fig. 55)

4-5-4-4-4-4 の配列型であらわされる根系型で、垂下根の発達が著しく、固くて緻密な土壌中でも多くの細根と太根が分布する型で、カツラが代表的なものであるが、その他にコナラ・スダジイ・マテバシイ・アメリカウラジロトネリコ・トネリコ・クスギ・アベマキ・トチノキ・オニグルミなどがこの根系型に属している。コナラ・トチノキ・オニグルミは細根の多さ、および太根の多さが3・3となつて代表的な型で

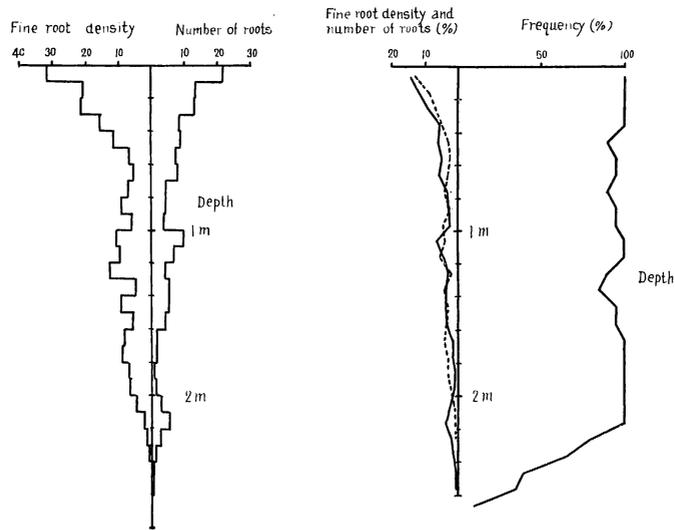


Fig. 55 カツラ型根系型の太根・細根・頻度の深さによる分布  
Big root and fine root density of the *Cercidiphyllum japonica* root type,  
which are counted each layer 10 cm.

ある5・4とは異なるが、4-3-4-3-4-4という配列型はカツラ型の基準型にきわめて近いのでカツラ型とした。

深根性ということではアカマツ型やスギ型と同じであるが、アカマツ型の細根の分布が測定した断面では上層部に多いのに反し、カツラ型では配列型で示したように、深さ 120 cm 以上の深部にも多く、太根数の分布も深部に多い。また、細根・太根数の多さもきわめて多く、最大深さも 250 cm 以上できわめて深く、地下水に達している場合が多い。

しかし、この型のなかには紐状の垂下根のもの、棒状のもの、あるいは鞭状のものなどの型態が異なるもの、また、分岐のしかたもいろいろのものが含まれている。

IV: アオギリ型 (Fig. 56)

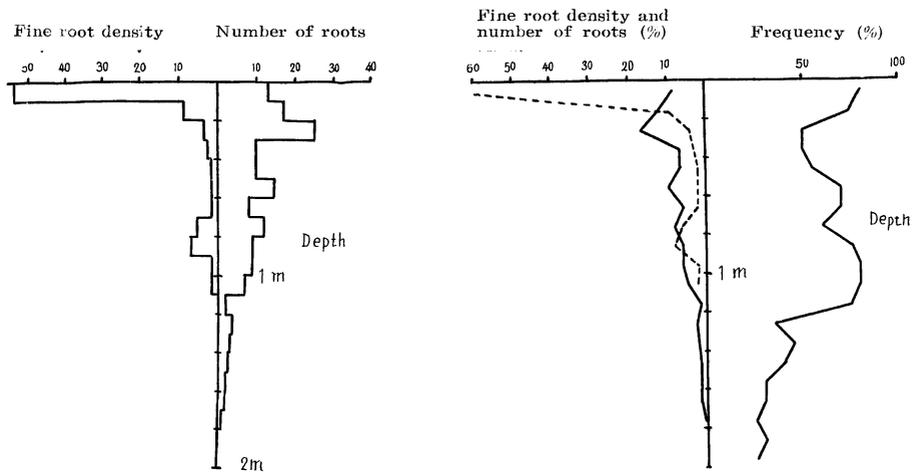


Fig. 56 アオギリ型根系型の太根・細根・頻度の深さによる分布  
Big root and fine root density of the *Firmiana platanifolia* root type,  
which are counted each layer 10 cm.

3-2-3-2-4-3 の配列型であらわされる根系型で、形態的には屈曲した太い垂下根と斜出根によつて特徴づけられる。

アオギリがその代表的なものであるが、イイギリもこの根系型に含まれる。なかでも、イイギリはアオギリよりも浅いところでの分布の割合が多く、頻度は 3 で、2-2-3-2-3-3 という配列型を示す。

細根の深さ別分布・太根の分布・頻度ともに 3 で中層の深さに分布をしており、このような点では深い根系型に属するカツラ型根系型と浅い根系型に属するシラカシ型根系型の中間的な位置を占めている。

細根の多さおよび太根はカツラ型・シラカシ型よりも少なく、ともに 2 で、分岐数の少ないこれらの根系の一つの特徴をなして、全体的に分布は深く、カツラ型・スギ型・アカマツ型についている。最大深さは 3 で、カツラ型・アカマツ型について、深い型に属する。

V: シラカシ型 (Fig. 57)

2-4-2-4-2-2 の配列型であらわされる根系型で、一般に浅根性といわれている種類が多くこのこの根系型に含まれる。

形態的には、短い水平根と多くの斜出根によつて特徴づけられる。この根系型の代表的な樹種はシラカシであるが、そのほかにウラジログシ・イチイガシ・イヌシデ・イヌザクラ・ハクウンボク・ブナ・イヌブナ・ヤマハンノキ・ノグルミ・ホホノキ・ケヤキ・クリ・ムクノキ・オウシュウトウヒ・ツガ・ヒノキ・サワラなどが含まれる。ブナ・イヌブナ・ヤマハンノキは細根と太根の太さ別分布がおのおの 1・1 となり、シラカシ・ウラジログシ・イチイガシなどよりも、上層部に細根と太根が多い。また、イチイガシ・イヌシデは細根・太根ともに多く 5・4 であるが、オウシュウトウヒ・クリでは少なくて 2・2 である。しかし、Table 2 のように、全体の配列を見ると、同一の種類に入れられることがわかる。

オウシュウトウヒは水平根の発達が著しいために、古くから平根性根系の代表樹種としてあげられているが、調査では Phot. 45 のような太い枕根状の根があり調査地のような比較的軟らかいローム質土壌では太い垂下根が発達する傾向があることがわかった。しかし、全体としての細根や太根の分布のしかたは Table 2 のように 2・2 で比較的上層部に分布が多く、浅根型のシラカシ型根系型の類型にはいる。

一般に、この根系型に属するものは、中・大径根の斜出根の発達が著しく、根株の周辺での分岐がぎわめて多く、斜出根は上方に彎曲する場合が多い。垂下根は一部のものを除いて棒状に発達するものは少なく、

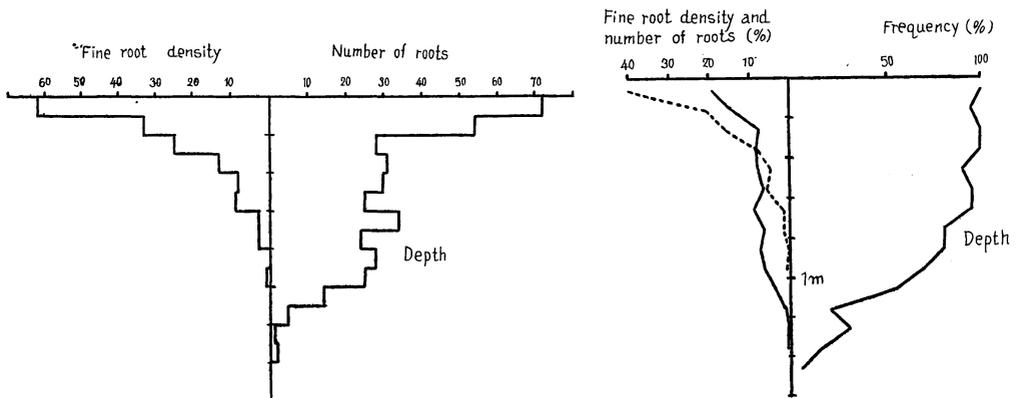


Fig. 57 シラカシ型根系型の太根・細根・頻度の深さによる分布  
Big root and fine root density of the *Quercus myrsinaefolia* root type,  
which are counted each layer 10cm.

固くて分岐の少ない鞭状のものが大多数を占める。これらの垂下根は土壌が固くて緻密なところでは、その発達がきわめて悪く、先端部の分岐も少なく、線状に終る場合が多い。また、その深さは1-2でミヅキ型とともに最も浅い型に属する。

以上のように垂下根の分岐や発達がきわめて悪いために、Table 2 の根系の配列型で示すように、細根・太根ともに上層部に多くて、深部にはきわめて少ない。しかし、その多さは水平根や斜出根の分岐数が比較的多いために、カツラ型について多く、4・4 の類型を示すが、最大深さは浅く、150~200 cm で終る場合が多い。頻度は深部ではきわめて少なくなる。

VI: ミヅキ型 (Fig. 58)

1-2-2-2-2 の配列型であらわされる根系型で、ミヅキ・アカメガシワ・エンジュなどが含まれる。エンジュは細根・太根の深さ別分布、頻度の順に 1・1・1 で、ミヅキよりも太根数頻度ともに上層部に多く、アカメガシワでも太根が上層部にかたよる傾向がある。

この根系型は上層部に集まる細根や、太根の分布と少ない細根・太根数および浅い垂下根によつて特徴づけられる。すなわち、全体にシラカシ型よりも浅い根系型である。

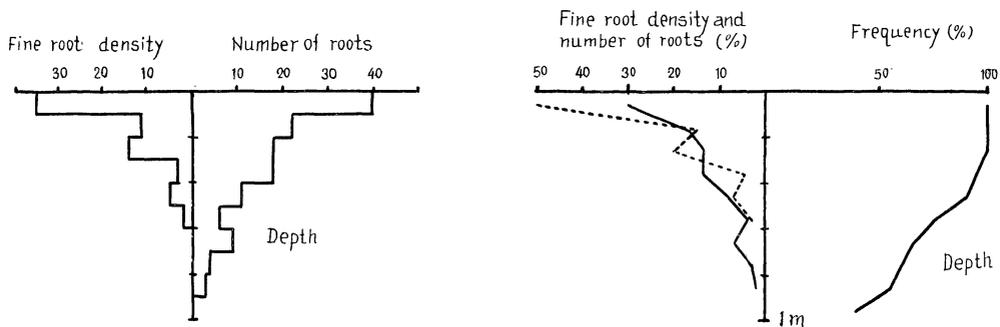


Fig. 58 ミヅキ型根系の太根・細根・頻度の深さによる分布  
Big root and fine root density of the *Cornus controversa* root type,  
which are counted each layer 10 cm.

ロープ状になつて上層に発達する水平根が著しく、この水平根は根株から車軸状に発達して地表近くを横走する。この水平根が盛んに分岐するため、上層部に根の分布がかたよる結果となつている。深部での垂下根の発達はきわめて悪く、大多数は深さ 150 cm 以下であつて、先端部は分岐が少なく、線状に終る場合が多い。

VII: クスノキ型 (Fig. 59)

1-1-2-1-1-3 の配列型であらわされる根系型で、形態的には、短いが比較的太い水平根と垂下根によつて特徴づけられる。クスノキ・コブシ・キリ・ハリギリなどがこの根系型に含まれる。細根・太根の深さ別分布・頻度・細根・太根の多さなどは樹種によつてあまり変化しないが、最大深さはハリギリが最も深くて4で、クスノキ・キリ・コブシの順に 3, 2, 1 となりコブシが最も浅い。

この Table 2 の配列型でもわかるように、この根系型はきわめて少ない細根と太根、上層部にきわめて多い頻度・細根の分布などによつて特徴づけられる。細根や太根の分布は上層部にかたよつている。各論のところでも説明したように、小径根の分岐が少なく大径根の発達が著しい。すなわち、Table 4 のように径級分布では大径根の割合がきわめて多い。

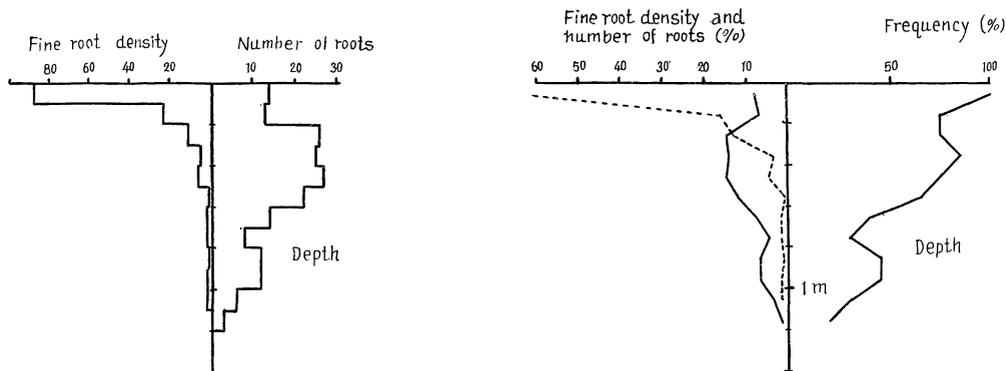


Fig. 59 クスノキ型根系型の太根・細根・頻度の深さによる分布  
Big root and fine root density of the *Cinnamomum Camphora* root type,  
which are counted each layer 10 cm.

調査した根系は細根や大根の分布のしかた、その多さ、あるいは頻度の変化、最大深さなどによつて、以上の7つの根系型にわけられたが、いま、この根系型を細かくみてゆくと、同じ根系型のなかにも、さきに述べたように形態的には各種の特徴をもっているものが含まれている。すなわち、アカマツ型根系型のなかにも斜出根の分岐の多いリギダマツや枕根の発達が悪いストロブマツなどの型があり、スギ型でも棒状に垂下根が発達するラクウショウやそうでないスギなどの型がある。

そこで、以上のような細かい相違を明らかにするために、この調査木のなかにあらわれるすべての根系の形態を類型化すると、次の8つの特徴が取り出される。この特徴を基準にして形態の型をきめ、この形態型およびこの形態型を組み合わせることによつて、根系型を細分し、7つの根系型を23の亜型にわけた。

形態型：これをわかりやすく図示すると Fig. 60 のようになる。

I：根株の直下に、太くて長い垂下根が真直に発達するもの（この型の代表的なものは Fig. 4 アカマツの根系）。

II：太くて屈曲しやすい斜出根や垂下根がでて分岐がきわめて少ない型 (Fig. 50 トネリコの根系)。

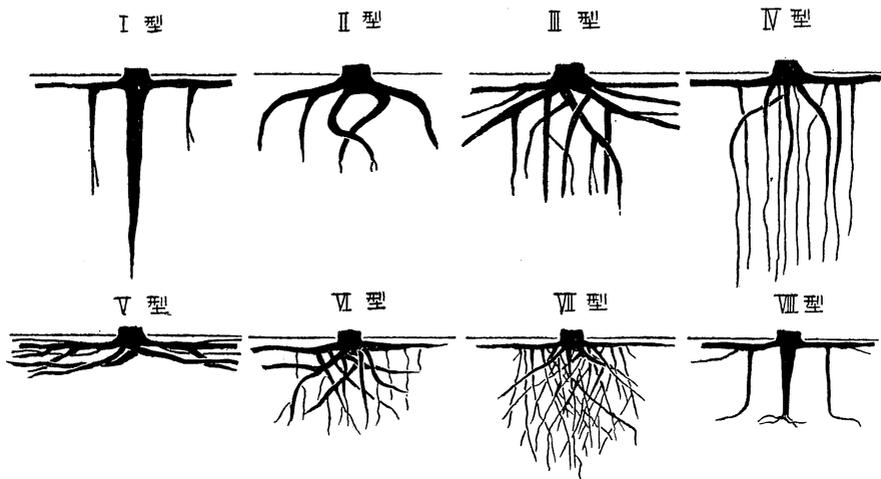


Fig. 60 根系の形態型  
Tree root form types.

Table 3. 根系の型 Types of root system.

	型 type	亜型 Sub-Type	種名 species	type of root form
浅い根の型 Shallow root type	シラカシ <i>Quercus myrsinaefolia</i>	トウヒ <i>Picea excelsa</i> ツガ <i>Tsuga Sieboldii</i> ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i> サワラ <i>Chamaecyparis pisifera</i> シラカシ <i>Quercus myrsinaefolia</i>	オウシュウトウヒ <i>Picea excelsa</i> ツガ <i>Tsuga Sieboldii</i> ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i> サワラ <i>Chamaecyparis pisifera</i> シラカシ <i>Quercus myrsinaefolia</i> ウラジロガシ <i>Quercus salicina</i> イチイガシ <i>Quercus gilve</i> イヌシデ <i>Carpius Tschonoskii</i> イヌザクラ <i>Prunus Buergeriana</i> ブナ <i>Fagus crenata</i> イヌブナ <i>Fagus japonica</i>	V ~ III III ~ VI III V ~ VII VII
		ノゲルミ <i>Platycarya strobilacea</i> クリ <i>Castanea crenata</i> ホホノキ <i>Magnolia obovata</i> ケヤキ <i>Zelkova serrata</i>	ノゲルミ <i>Platycarya strobilacea</i> ヤマハンノキ <i>Alnus hirsuta</i> var. <i>sibirica</i> ハウンボク <i>Styrax Obassia</i> クリ <i>Castanea crenata</i> ホホノキ <i>Magnolia obovata</i> ケヤキ <i>Zelkova serrata</i> ムクノキ <i>Aphananthe aspera</i> エノキ <i>Celtis sinensis</i> var. <i>japonica</i>	VI I V V ~ IV
中間の型 Medium root type	ミヅキ <i>Corus controversa</i>	ミズキ <i>Cornus controversa</i> エンジュ <i>Sophora japonica</i>	ミヅキ <i>Cornus controversa</i> エンジュ <i>Sophora japonica</i>	V V ~ I
	アオギリ <i>Firmiana plataniifolia</i>		イイギリ <i>Idesia polycarpa</i> アオギリ <i>Firmiana plataniifolia</i>	} II
	クスノキ <i>Cinnamomum Camphra</i>	クスノキ <i>Cinnamomum Camphra</i> キリ <i>Paulownia tomentosa</i>	クスノキ <i>Cinnamomum Camphra</i> コブシ <i>Magnolia Kobus</i> キリ <i>Paulownia tomentosa</i> ハリギリ <i>Kalopanax sept-emblobus</i>	II ~ III II
深い根の型 Deep root type	アカマツ <i>Pinus densiflora</i>	モミ <i>Abies firma</i> アカマツ <i>Pinus densiflora</i>	モミ <i>Abies firma</i> アカマツ <i>Pinus densiflora</i> クロマツ <i>Pinus Thunbergii</i> テーダマツ <i>Pinus Taeda</i> 大王松 <i>Pinus palustris</i> ヒメ コマツ <i>Pinus parviflora</i>	I ~ V I
		ストローブマツ <i>Pinus strobus</i> リギダマツ <i>Pinus rigida</i>	ストローブマツ <i>Pinus strobus</i> リギダマツ <i>Pinus rigida</i>	VIII I ~ VI
	スギ <i>Cryptmeria japonica</i>	スギ <i>Cryptmeria japonica</i> ラクショウ <i>Taxodium distichum</i>	スギ <i>Cryptmeria japonica</i> ラクウショウ <i>Taxodium distichum</i>	I ~ V III
	カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i>	スダジイ <i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>Sieboldii</i> トネリコ <i>Fraxinus japonica</i> クスギ <i>Quercus acutissima</i>	スダジイ <i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>Sieboldii</i> マテバン イ <i>Pasania edulis</i> アメリカウラジロトネリコ <i>Fraxinus americana</i> トネリ コ <i>Fraxinus japonica</i> コナラ <i>Quercus serrata</i> クスギ <i>Quercus acutissima</i> ア ベマキ <i>Quercus variabilis</i> トチ <i>Aesculus turbinata</i> オニグルミ <i>Juglans ailanthifolia</i>	IV ~ VII II I ~ VII
	カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i>	カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i>	IV	

- III: 太い斜出根と短い垂下根によつて特徴づけられるもの。(Fig. 11 スギの根系)
- IV: 紐状の小・中径根が叢状に垂下するもの。(Fig. 44 カツラの根系)
- V: 水平根の発達が著しく、ロープ状の水平根が車軸状にでて、上層部を横走するもの。(Fig. 47 ミツキの根系)
- VI: 長く横走する水平根は少なく、短い水平根と斜出根が発達するもの。(Fig. 38 ノグルミの根系)
- VII: 斜出根の分岐が特に著しいもの。(Fig. 25 ブナの根系)
- VIII: 根株の直下にでる太い垂下根の発達が悪く、その他の垂下根の発達もきわめて悪いもの。(Fig. 10 ストローブマツの根系)

以上のような形態型によつて亜型をわけると Table 3 のように、シラカシ型はトウヒ・ツガ・ヒノキ・サワラ・シラカシ・ノグルミ・クリ・ホオノキ・ケヤキの9つの亜型にわけられる。いま、この亜型の特徴を簡単に述べると、トウヒ亜型は形態型のVとIIIに示された水平根と垂下根の発達によつて区別され、ツガ亜型は Fig. 14 のようにIII型とVI型の組合さつた形態によつて、ヒノキ亜型は Fig. 15 のようなIII型によつて、サワラ亜型 (Fig. 16) はV~VII型で、その発達がきわめて悪く、上層部に分布が集まる特徴によつて、シラカシ亜型 (Fig. 17) は斜出根の分岐がきわめて多いために、また、ノグルミ亜型 (Fig. 38) はVI型で鞭状に発達する垂下根によつて、クリ亜型 (Fig. 22) は水平根の発達は悪いが太い斜出根によつて、ホオノキ亜型 (Fig. 42) は上層部を長く横走する水平根と短い垂下根によつて、ケヤキ亜型 (Fig. 49) も長く発達するロープ状の水平根と鞭状の細い垂下根によつておのの特徴づけられる。

ミツキ型根系型は、水平根の著しい発達によつて特徴づけられるが、これは形態型Vに属するミツキ亜型 (Fig. 47) とI型の変形と考えられる細長い垂下根のあるエンヂユ亜型 (Fig. 48) の2つに区別せられる。

クスノキ型は根系型は形態型の分岐が少なく、太くて屈曲する斜出根と垂下根によつて特徴づけられるII型とII~III型によつて、キリ亜型 (Fig. 32) とクスノキ亜型 (Fig. 30) の2亜型にわけられる。

アカマツ型根系型はどの亜型も太くて長い垂下根をもっているが、特に上層部で水平根の発達が著しいI~V型のモミ亜型、I型の太い垂下根によつて特徴づけられるアカマツ亜型、太い垂下根はでるが固い土壌でその発達が停る傾向があるVIII型のストローブマツ亜型、斜出根の分岐が多いI~VI型のリギダマツ亜型の4つの亜型にわけられる。

スギ型根系型は Fig. 11 のように太い垂下根が発達するI~V型のラクウシヨウ亜型と、III型の太い斜出根と短い垂下根によつて特徴づけられるスギ型亜型の2つになる。

カツラ型根系型は斜出根の分岐が著しく、かつ、鞭状の垂下根が深くにまでのびるスタジイ亜型と、Fig. 50 のように太い垂下根が発達してIIの形態型に属していると考えられるトネリコ亜型太い垂下根と斜出根の多くの分岐によつて特徴づけられるクスギ亜型 (Fig. 21)、紐状の多くの垂下根のあるカツラ亜型 (Fig. 44) の5つの亜型にわけられる。

また、7つの根系型を、この型を類型化するために用いた諸因子について総合的に浅くに分布するものと、深くに分布するものにわけると、浅い根の型としてはシラカシ型・ミツキ型があげられ、中間の深さに達する根系型としてアオギリ型・クスノキ型、深い根の型としてはアカマツ型・スギ型・カツラ型があげられる (Table 3)。

しかし、これを各因子ごとにみると、その配列の順序は変つてくる。すなわち、細根の分布だけで考えて

Table 4. 根の直径と本数との関係  
Relation of between diameters and numbers of roots.

種名 (species)	直径 (diameter) (cm)	本数 (numbers)							
		0.2	0.3	0.4	0.5	0.5~1.0	1.1~2.0	2.1~5.0	5.1~10.0
シラカシ <i>Quercus myrsinaefolia</i>	70.8	12.9	7.2	3.5	5.4			0.3	
ツガ <i>Tsuga Sieboldii</i>	73.8	14.0	4.1	2.5	5.7	1.8	1.8		
ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i>	75.6	10.1	4.2	3.0	3.0	3.4	0.8		
ケヤキ <i>Zelkova serrata</i>	51.3	19.0	7.4	3.7	11.6	3.2	3.2	0.5	
ミヅキ <i>Cornus controversa</i>	62.5	15.3	5.3	3.8	4.6	4.6	3.8		
アオギリ <i>Firmiana platanifolia</i>	61.0	11.3	4.6	1.3	7.3	5.3	6.6	2.6	
クスノキ <i>Cinnamomum Camphra</i>	38.5	19.2	9.9	4.9	9.9	7.1	8.2	2.2	
キリ <i>Paulownia tomentosa</i>		10.0		30.0	10.0	20.0	30.0		
モミ <i>Abies firma</i>	57.0	22.0	4.5	2.5	8.0	4.0	1.5	0.5	
アカマツ <i>Pinus densiflora</i>	60.5	12.4	10.3	2.7	7.6	3.2	2.7	0.5	
カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i>	73.1	12.8	5.1	2.6	3.3	2.6	0.2	0.2	

みると、深根性のものから浅根性の順に Table 2 に示すように、カツラ型・スギ型・アオギリ型・シラカシ型・アカマツ型・クスノキ型・ミヅキ型の順序になり、アカマツ型・クスノキ型は浅くに分布する型になる。このように細根の分布からは深根性根系型はカツラ型・スギ型・アオギリ型、浅根性根系型はシラカシ型・アカマツ型・クスノキ型・ミヅキ型となる。吸収根の分布を問題とした、根系の見方からは、この細根による類型を用いた方が便利である。このような関係は細根以外の因子についても細根の場合と同様に考えられる。

さきに断面における太根の径級本数分布が種によつてちがうことをのべたが、次に、これらの根系型とこの径級別の本数分配のしかた、および吸収根の太さなどの関係をみる。まず、径級別本数分配では、そのおのおの根系型から代表的な種類を抜出して、この種類について径級分配をみることにすると、Table 4 のようになる。これらの関係を細かく検討すると、各根系型に間に明瞭な相違があるとは考えられないが、一般に分岐がきわめて旺盛なシラカシ型根系型に属するシラカシは小径根が多い割合に大径根が少なく、分岐の少ないクスノキ型のクスノキ・キリ、アオギリ型のアオギリでは大径根が多い傾向がみられる。

Table 5. 吸収根の太さ  
Diameter of an absorbing root.

種名 (species)	吸収根の太さ (diameter)
シラカシ <i>Quercus myrsinaefolia</i>	0.2 - 0.3 (mm)
モミ <i>Abies firma</i>	0.5 - 0.7
ツガ <i>Tsuga Sieboldii</i>	0.6 - 0.8
アカマツ <i>Pinus densiflora</i>	0.5 - 0.7
ケヤキ <i>Zelkova serrata</i>	0.2 - 0.3
ムクノキ <i>Aphananthe aspera</i>	0.1 - 0.2
カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i>	0.4 - 0.6
ミヅキ <i>Cornus controversa</i>	0.8 - 1.0
アオギリ <i>Firmiana platanifolia</i>	0.3 - 0.4
クスノキ <i>Cinnamomum Camphra</i>	0.8 - 1.0
キリ <i>Paulownia tomentosa</i>	1.0 - 1.2

Table 6. 形態型による区分 Classification by root form types.

形態型 Root form type	根の形態の特徴 Characteristics of root form	種名 Species
I型	少数の太くて長い垂下根が発達するもの Few long and large pendent root	アカマツ <i>Pinus densiflora</i> <sup>(2,24,36,45,59,69,59,95,103,*)</sup> クロマツ <i>Pinus Thunbergii</i> <sup>(36,59,*)</sup> ヒメコマツ <i>Pinus parviflora</i> <sup>(*)</sup> テーダマツ <i>Pinus Taeda</i> <sup>(*)</sup> ダイオウマツ <i>Pinus palustris</i> <sup>(34,52,*)</sup> リギダマツ <i>Pinus rigida</i> <sup>(51,*)</sup> ストローブマツ <i>Pinus strobus</i> <sup>(*)</sup> バンクシャマツ <i>Pinus banksia</i> <sup>(4,51,*)</sup> <i>Pinus echinata</i> <sup>(30)</sup> ラクウシヨウ <i>Taxodium distichum</i> <sup>(*)</sup> トチノキ <i>Aesculus turbinata</i> オニゲルミ <i>Juglans ailanthifolia</i> <sup>(*)</sup> トネリコ <i>Fraxinus japonica</i> <sup>(*)</sup> アメリカウラジロトネリコ <i>Fraxinus americana</i> <sup>(*)</sup> ミズナラ <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> <sup>(115)</sup> クリ <i>Castanea crenate</i> <sup>(39,*)</sup> アベマキ <i>Quercus variabilis</i> <sup>(*)</sup> コナラ <i>Quercus serrata</i> <sup>(*)</sup> カシワ <i>Quercus dentata</i> <sup>(115)</sup> トドマツ <i>Abies sachalinensis</i> <sup>(42)</sup> モミ <i>Abies firma</i> <sup>(*)</sup>
III型	太い斜出根と短い垂下根によつて特徴づけられるもの Marked large oblique root and short pendent root	スギ <i>Cryptomeria japonica</i> <sup>(36,63,89,92,117,*)</sup> ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i> <sup>(64,72,117,*)</sup> サワラ <i>Chamaecyparis pisifera</i> <sup>(*)</sup> コブシ <i>Magnolia Kobus</i> <sup>(*)</sup> クスノキ <i>Cinnamomum Camphra</i> <sup>(*)</sup> モイワボダ <i>Tilia Maximowicziana</i> var. <i>yesoana</i> <sup>(115)</sup> ツガ <i>Tsuga Sieboldii</i> <sup>(*)</sup> キリ <i>Paulownia tomentosa</i> <sup>(*)</sup> ハリギリ <i>Kalopanax septimlobus</i> <sup>(*)</sup> アオギリ <i>Firmitiana platanifolia</i> <sup>(*)</sup>
IV型	細いロープ状の垂下根が長くのびるもの Fine rope like pendent root develop	スダジイ <i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>Sieboldii</i> <sup>(*)</sup> マテバシイ <i>Pasania edulis</i> <sup>(*)</sup> カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i> <sup>(*)</sup> エゾヤマナラシ <i>Populus jezoensis</i> <sup>(115)</sup> バッコヤナギ <i>Salix Bakkō</i> <sup>(115)</sup>
V型	水平根の発達が著るしいもの Development of level root is marked	カラマツ <i>Larix leptolepis</i> <sup>(2)</sup> <i>Larix laricina</i> <sup>(4,9)</sup> <i>Picea glauca</i> <sup>(80)</sup> オウシウトウヒ <i>Picea excelsa</i> <sup>(35)</sup> <i>Picea mariana</i> <sup>(3)</sup> アカメガシワ <i>Mallotus japonicus</i> <sup>(*)</sup> ホオノキ <i>Magnolia obovata</i> <sup>(*)</sup> ミヅキ <i>Cornus controversa</i> <sup>(*)</sup> エンヂュ <i>Sophora japonica</i> <sup>(*)</sup> ケヤキ <i>Zelkova serrata</i> <sup>(*)</sup> エノキ <i>Celtis sinensis</i> var. <i>japonica</i> <sup>(*)</sup> ムクノキ <i>Aphananthe aspera</i> <sup>(*)</sup> アサダ <i>Ostrya japonica</i> <sup>(115)</sup>
VII型	斜出根の分岐の多いもの Many forking root of oblique root	ブナ <i>Fagus crenata</i> <sup>(36,*)</sup> イヌブナ <i>Fagus japonica</i> <sup>(*)</sup> シラカシ <i>Quercus myrsinaefolia</i> <sup>(*)</sup> ウラジロガシ <i>Quercus salicina</i> <sup>(*)</sup> イチキガシ <i>Quercus gilva</i> <sup>(*)</sup> イヌシデ <i>Carpinus Tschonoskii</i> <sup>(*)</sup> イヌザクラ <i>Prunus Buergeriana</i> <sup>(*)</sup> ハンノキ <i>Alnus japonica</i> <sup>(*)</sup> ノゲルミ <i>Platycarya strobilacea</i> <sup>(*)</sup> ハクウンボク <i>Styrax Obassia</i> <sup>(*)</sup> ケヤマハンノキ <i>Alnus hirsuta</i> <sup>(*)</sup> <i>Betula papy</i> <sup>(50)</sup> ハウチワカエデ <i>Acer japonicum</i> <sup>(115)</sup> シラカンバ <i>Aetula platyphlla</i> <sup>(115)</sup> クヌギ <i>Quercus acutissima</i> <sup>(115,*)</sup>

( ) Number of literature

\* By this study

以上のように、根の径級分配関係が直接根系に結びつかないとしても、根系の性質をあらわす一つめやすになるものと考えられる。同様に、各樹種の根系の吸収根の太さは Table 5 のようになり、シラカシ・ケヤキ・ムクノキはきわめて細く、カツラ・アカマツ・ミヅキの順に大きくなり、キリが最も大きい。すなわち、シラカシ型は細いものが多く、アオギリ型・カツラ型・アカマツ型・ミヅキ型・クスノキ型の順序に吸収根の太い種類が多くなる。Table 4, 5 から、径級分布と吸収根の太さについて根系型の配列のしかたをみると次のようになる。

径級分布      太い径級が少ない → 多い  
                   クスノキ型—アオギリ型—アカマツ型—ミヅキ型—カツラ型—シラカシ型

吸収根の太さ    太い            → 細い  
                   クスノキ型—ミヅキ型—アカマツ型—カツラ型—アオギリ型—シラカシ型

以上の2つの性質は根系型について必ずしも一致しないが、クスノキ・シラカシ型・アカマツ型では合致する傾向が見られる。

さきに、根系を各種の生態的に大きな意味をもっていると思われる因子によつて類型化して、根系型を決定したが、いま、これとは別に根系の形態による類型の基準を、物理的な働きをしていると考えられる太い根に限らず、根系を特徴づけている根の部分の形態によつて、以上の調査した樹種と今まで調査された樹種を文献によつて調べ、この型にあてはめてみると Table 6 のようになる。この場合、調査木のみの場合とちがつて、文献によるものでは根系の詳細な発達のしかたがわからないので、Table 6 に掲げたような比較的明瞭な形態のちがひによつて区分した。これは前に示した形態型の I・III・IV・V・VII 型にあたり、この型が高木の根系の形態の基本的な型になるのではないかと考えられた。

その結果、太くて長い垂下根が発達する型では *Pinus*・*Abies*・*Quercus*・*Fraxinus* などの属のものが多く、斜出根の分岐の多いものは *Fagus*・*Quercus*・*Alnus*・*Betula* など、水平根の発達が著しいものは *Larix*・*Picea* などの各属に多い傾向があることがわかつた。また、Table 6 のアカマツ・スギ・ヒノキなどにおける多くの研究者の観察からもわかるように、以上のような根の性質が、立地の状態が多少異なつても種によつて同じような傾向を示しており、根系の形態や分布のしかたが種の遺伝的な性質によつて大きく左右されていることを裏づけている。

## VIII 根系型と立地との関係

砂漠や草原での草本群落の地下部の調査で、CANNON<sup>11)</sup> や WEAVER<sup>106)</sup> は乾燥に適應している植物の根系の型に 2 つの型があり、1 つは浅根性のもので、他は深根性のものであるといつている。すなわち、浅根性の根系は地表を浅く、かつ、広くに拡がって広い面積から水分を吸収する型であり、深根性のものは地中深くまで侵入して水分を吸収する型で、両型とも乾燥に適應する型であると説明している。

また吉岡<sup>14)</sup> も八甲田山での調査で高山帯の乾燥地に発達する草本群落の根系に、以上述べた浅根性のものと深根性の根系があることを認めている。

以上のように草本群落を構成する植物のなかには、立地条件（特に水分条件）に適應する根系の分布のしかたに浅い根の型、深い根の型など反対の根系型があることが明らかにされたが、いま、このような立場から以上に認めた根系型と、これらの樹種が最も適應しうる立地条件との関係を考えてみる。

まず、おのおのの根系型に属している樹種についての群落調査から、その立地の水分に対する環境条件を検討してみると Table 7 のようになる。すなわち、湿性の群落を構成するものとして、調査木の中から

Table 7. 群落調査からみた種類と水分条件との関係 (調査木の中から代表的なものを選んだ)  
The relationship between species and factor of soil moisture, which are recognized  
from field research. (Representative species were selected from investigated species.)

	種 名 species
湿性の群落を 構成するもの Species of the hydrophytic community	トチ <i>Aesculus turbinata</i> カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i>
	スギ <i>Cryptmeria japonica</i> ラクウシヨウ <i>Taxodium distichum</i>
	サワラ <i>Chamaecyparis pisifera</i> オニグルミ <i>Juglans ailanthifolia</i>
	ミズキ <i>Cornus controversa</i> ヤマハンノキ <i>Alnus hirsuta</i> var. <i>sibirica</i>
乾燥性の群落を 構成するもの Species of the xerophytic community	アカマツ <i>Pinus densiflora</i> クロマツ <i>Pinus Thunbergii</i>
	テーダマツ <i>Pinus Taeda</i> ストローブマツ <i>Pinus strobus</i>
	リギダマツ <i>Pinus rigida</i> ツガ <i>Tsuga Sieboldii</i>
	ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i> ハクウンボク <i>Styrax Obassia</i>
	ノグルミ <i>Platycarya strobilacea</i>

はトチ・カツラ・スギ・ラクウシヨウ・サワラ・オニグルミ・ミズキ・ケヤマハンノキ、乾燥性の群落を構成するものとして、アカマツ・クロマツ・テーダマツ・ストローブマツ・リギダマツ・ツガ・ヒノキ・ハクウンボク・ノグルミなどがあげられる。

いま、これらのおのおのの樹種と根系型との関係を見ると、湿性の群落を構成しているものの中には、トチ・カツラ・スギ・オニグルミなどのカツラ型・スギ型に属している深根性の根系型と、サワラ・ミズキ・ケヤマハンノキのようにシラカシ型、あるいは、ミズキ型に属している浅根性の根系型とがある。また、乾燥性の樹種についても、アカマツ型の深根性の樹種とともにシラカシ型の浅根性の根系型が認められる。

以上のように、根系型と立地条件との関係は明らかではないが、一般的に浅根性のシラカシ型根系型は乾燥性の樹種に多く、深根性のカツラ型・スギ型などの根系型は湿性の樹種に多いようである。

すなわち、カツラ型・スギ型などの深根性根系の種類は水分の多い嫌気的な条件のところでもよく成長することができる性質があり、湿つた土壌条件のところでも、また土壌が固くて緻密な嫌気的な条件のところでも、同じように発達が良いのではないかと推察される。同様に、この深根性根系とは反対のことが浅根性根系のシラカシ型についても考えることができる。

以上のように深根性・浅根性という性質を嫌気性根系・好気性根系というふうに、根の生理的なはたらきにおきかえて、根系の型をみてゆくと、湿性群落を構成する浅根性のミズキ型根系は、生理的には湿性で好気的な条件に適応する型であり、乾燥性樹種のアカマツ型根系は乾燥性の嫌気的な条件でもよく棒状の垂下根が発達する型であるといえる。しかし、さきにも述べたように、このアカマツ型根系の場合、その吸収根の大部分は上層部にあるので、この点では好気性根系とも考えられる。太い垂下根が嫌気的な土壌中でもよく侵入していく問題については、単に吸収根の性質のみならず木化した根が腐朽しやすいかどうかという性質も大きく関係しているようである。また、垂下根が発達する条件と細根が発達する条件の相違も考えられる。

以上、根系型の深根性・浅根性と立地の湿性・乾燥性の関係を述べたが、つぎに根系型と土壌の深さとの関係についてみる。CANNON<sup>11)</sup>は草本群落では根系の深い型が、土壌の深いところで優占し、反対に浅い型のは浅い土壌でもよく成長することを認めたが、これと同様に樹木の根系でも、深根性のカツラ型・スギ型・アオギリ型に属している樹種は一般に土壌の深いところで成長がよく、土壌の浅いところで

は深いところに比べて成長がきわめて悪くなる傾向がみられる。

一方、浅根性のシラカシ型・ミヅキ型に属している樹種は土壌の浅いところでも前者に比べて成長状態がよいようである。以上のように、森林群落の分布のしかたにおいても、また、生長の関係においても、土壌の深いところを占める深根性樹種と浅いところに優占しやすい浅根性樹種の間には明らかな「すみわけ」がみられる。このような点から根系型は群落の発達と、土壌の深さに関係してきわめて深い相関関係をもつているといえる。また、これらの関係は Table 7 からも湿つた沢沿いの土壌の深いところに発達するもの、あるいは尾根筋の乾燥した土壌の浅い立地に発達する種の構成状態からも容易に理解できる。

以上に述べたような根系の好気性・嫌気性といった性質に結びつく、深根性と浅根性の性質は土壌の理化学性、特に通気性に対する根系の適応性をあらわすものようである。すなわち、これについて、宮崎<sup>68)</sup>・柴田<sup>69)</sup>・中島<sup>70)</sup>はスギの根が重粘な通気性の悪い土壌中にもよく侵入することを認め、また、中島はヒノキの根系が通気性のよい乾燥条件のところでもスギよりも発達がよいと述べ、種によつて、また、土壌の通気性によつて根の発達のしかたや、地上部の成長が異なることを認めている。

玉利<sup>68)</sup>・兼次<sup>40)</sup>もアカマツの根系が嫌気的な土壌中にもよく侵入し、本田・深井<sup>60)</sup>は通気の悪い緻密な粘土質土壌ではクリの根系の発達が悪く、これに比べてネジキはクリよりも深くまで侵入しており、クスギはクリよりも嫌気的な条件に耐えることを観察している。

すなわち、以上のような調査研究や今度の調査からも通気性の悪い嫌気的な条件でもよく成長する性質をもつているものが深根性の根系となり、反対にこのような土壌環境では発達しえないものが浅根性の根系となる傾向があることがわかる。そして、この土壌条件に対する適応性は Table 6 で示されたように、各樹種に固有の性質のようである。

この好気性根系と嫌気的な条件にも耐えうる根系の性質について、森田・西田<sup>62)</sup>は各種の果樹の根の呼吸のしかたを測定して、種類によつて呼吸のしかたに相違があることを認め、位田<sup>43)</sup>も果菜類の根について同様な結果を得ている。また、小林他三氏<sup>50)</sup>も果樹の根の呼吸のしかたを調べ、深根性の果樹は酸素欠乏に耐える力が大きいことをみており、根系の深根性・浅根性の性質は根の生理面では酸素欠乏に耐える性質の相違におきかえられ、説明されている。

いま、調査地の土壌と根系型との関係を見ると、測定した土壌の理学的性質のうち、根の分布のしかたに最も関係が深いのは、最小容気量に、最大容水量から採取時の含有水分量を引いた値を加えた値、すなわち、土壌採取時の孔隙量の変化であつた。この孔隙量は、一般的な条件のもとでは常に空気を含んでいる孔隙と考えられる。

この結果はさきの実験的に証明された土壌の通気性と根系の発達の関係とも一致している。

ここで各根系型について、その細根が急に少なくなる深さにおける、上述した孔隙量の値をだしてみると次のようになる。

アカマツ型	25~30% (容積比)	シラカシ型	25~30% (容積比)
スギ型	8~10%	ミヅキ型	25~30%
カツラ型	3~5%	クスノキ型	25~30%
アオギリ型	15~20%		

アカマツ型・シラカシ型・ミヅキ型・クスノキ型はだいたい 25~30% の間に細根の大多数があるが、スギ型は 8~10%、カツラ型は 3~5% で、カツラ型の細根が最も嫌気的な土壌にもよく発達していることがわ

かる。しかし、形態や最大深さ太根数の分布では深根性のアカマツ型根系が細根の分布からは25~30%の高い値の間に分布が集まっていたことは、アカマツが成育する立地から考えてきわめて興味が深い。また、これらの関係を細根の比率と採取時の孔隙量との関係でみると Fig. 61 のようになり、根系型による採取時の孔隙量に対する分布のしかたがわかる。すなわち、ミヅキ・アカマツ・シラカシ型は、細根の発達が孔隙量の多いところで著しく、反対にスギ型・カツラ型は孔隙量が少ないところでも細根が多いことがわかる。

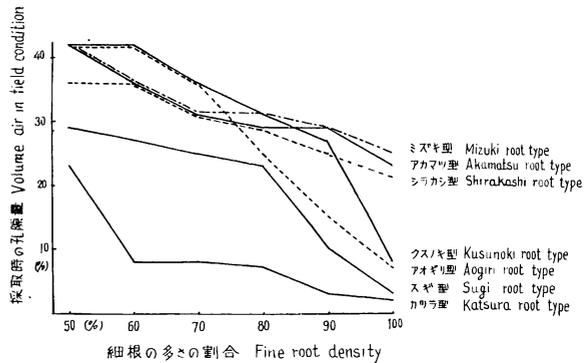


Fig. 61 細根の分布と土壤採取時の孔隙量との関係  
Relation between the distribution of fine roots and volume air of the soil in field condition.

根の分岐数について、さきに CANNON<sup>12)</sup> は分岐次数の多いものの方が乾燥性の植物に多いことを示唆したが、調査木においても、最も乾燥性の樹種の割合が多い浅根性のシラカシ型根系では斜出根の分岐がきわめて多く、スギ型・クスノキ型などでは、分岐が少なく、CANNON が示唆したようなことが高木の分岐のしかたや径級分布についてもいえるようである。しかし、これらの関係は樹木の根系では複雑であつて、以上のような傾向はみられるが細かくは一致しないことがある。

つぎに、吸収根の分岐数とその表面積について SCHULTZ はか・3 氏<sup>9)</sup> は根の細くて表面積の大きい種類の方が水分を吸収する力が大きくて、土壤が乾燥しやすいことをのべているが、調査木でこのような関係のみたところ Table 3 のような関係が見いだされ、乾燥性根系のシラカシ型の吸収根は細くて、直径が 0.1~0.3 mm のものが多く、反対に湿性の樹種の吸収根は太いものが多く、吸収根の細くて表面積の大きいものの方が乾燥に耐える力が大きい傾向にあることがわかつた。

以上、根系型の単位において立地との関係・根系型の生理的相違などについていろいろ述べてきたが、ここで一度根系型と立地との対応について考えてみたい。

根系型では根系型よりも類型の基準が細かいために、根系型では説明できなかつた細かい変化が明らかにされる。

まず、アカマツ型根系型に属する亜型から観察してみよう。

ストローブマツ亜型は Phot. 14 (Fig. 10) のように、アカマツ型根系型に特有の太い垂下根の発達がきわめて悪く、浅いところで成長がとまる型であつて、土壤の固い緻密なところでは垂下根の発達が著しく悪くなる型であるが、土壤の粗鬆で軟かいところではアカマツ根系型になる型ではないかと思われる。土壤が浅く、深土が粘土質の固いところではストローブマツが風倒にかかりやすく、成長が悪いのはこのような根系の性質が大きく影響しているためではないかと推察される。

リギダマツ亜型 (Fig. 9) はストローブマツ亜型とは反対に斜出根の分岐がきわめて多く、斜出根や垂下根が深くにまで発達する型で、アカマツ型根系型の中で最も強い分岐性を示す。このような根系型は、粘土質で、固くて緻密な土壤の中にもよく根が侵入する根系型である。この亜型の多岐性は地上部の萌芽性や枝の分岐性とも関連しているらしい。

つぎに、シラカシ型根系型のうち、ヒノキ型とサワラ型とは、同じ根系型に含まれる同属の種類でも形態がかなり異なっている。Profile 13 (Fig. 15) のようにヒノキ型は斜出根の発達が著しく、かなり深くまで侵入しているが、これに比べてサワラ型、Profile 14 (Fig. 16) は固い土壌のところでは下方への発達が全くとまり、斜出根も上方に彎曲して根が上層部に層状になり、形態的に著しい相違が認められる。このような根の分布のしかたから推察すれば、サワラ型はヒノキ型よりも好氣的な根系型といえるようである。

シラカシ型 (Fig. 17) は斜出根の分岐がきわめて著しいために根系の周囲に根が塊状になつて分布する。これに反してクリ型 (Fig. 22) は太い斜出根、または、垂下根が発達して、分岐が少なく、シラカシ型とは著しく異なっている。また、同じ生活形の同属の樹種でもクスギとコナラ (Fig. 21・23) とは発達のしかたが全く違うこともおもしろい。

カツラ型根系型の中でも根が深くまで侵入し分布する型にはカツラ型 (Fig. 44) のように紐状の多くの垂下根が発達する型とクスギ型 (Fig. 19) のように、斜出根や垂下根が細かく分岐して深くにまで達する型とがある。

### IX 根系型と稚苗の根の形態

高木の根の形態とともに稚苗の根の形態を比較するために、1955 年 4 月林業試験場内の苗畑に各樹種のたねを播き、その年の 8~10 月までに、その稚苗の形態を調べた。

その結果、これらの稚苗の根の形態を特徴づけている主根、側根の発達のしかたに注目して、CANNON<sup>11)</sup> が試みたように大きくこれを類型化すると、次の 3 つの型にわけることができる (Phot. 102~112)。

Table 8. 稚苗の根の形態 Root form types of tree seedlings.

根の形態による型 Types of root form	種名 Species
a 型 a type	モミ <i>Abies firma</i> ウラジロモミ <i>Abies homolepis</i> アオモリトドマツ <i>Abies Mariesii</i> シラベ <i>Abies Veitchii</i> トウヒ <i>Picea jezoensis</i> var. <i>hondoensis</i> ツガ <i>Tsuga Sieboldii</i> テーダマツ <i>Pinus Taeda</i> コメツガ <i>Tsuga diversifolia</i> アカマツ <i>Pinus densiflora</i> クロマツ <i>Pinus Thunbergii</i> ヒメコマツ <i>Pinus parviflora</i> ハイマツ <i>Pinus pumila</i> ストローブマツ <i>Pinus strobus</i> カラマツ <i>Larix leptolepis</i> スギ <i>Cryptmeria japonica</i> ラクウショウ <i>Taxodium distichum</i> ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i> サワラ <i>Chamaecyparis pisifera</i> コウヤマキ <i>Sciadopitys verticillata</i> クロバ <i>Thuja Standishi</i> コノテガシワ <i>Thuja orientalis</i> ヒバ <i>Thujopsis dolabrata</i>
b 型 b type	アカガシ <i>Quercus acuta</i> ツクバネガシ <i>Quercus paucidentata</i> イチキガシ <i>Quercus gilva</i> シラカシ <i>Quercus myrsinaefolia</i> アラカシ <i>Quercus glauca</i> ウラジロガシ <i>Quercus salicina</i> ウバメガシ <i>Quercus phillyraeoides</i> ミズナラ <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> コナラ <i>Quercus serrata</i> アベマキ <i>Quercus variabilis</i> クスギ <i>Quercus acutissima</i> クリ <i>Castanea crenata</i> ツブラジイ <i>Castanopsis cuspidata</i> マテバシイ <i>Pasania edulis</i> シリブカガシ <i>Pasania glabra</i> オニグルミ <i>Juglans ailanthifolia</i> トチ <i>Aesculus turbinata</i> ブナ <i>Fagus crenata</i> イヌブナ <i>Fagus japonica</i> ツバキ <i>Camellia japonica</i> サザンカ <i>Camellia Sasanqua</i> ヒメシャラ <i>Stewartia monadelpha</i> モクコク <i>Ternstroemia gymnanthera</i>
c 型 c type	ニセアカシア <i>Robinia Pseudo-Acacia</i> ハルニレ <i>Ulmus Davidiana</i> ケヤキ <i>Zelkova serrata</i> エノキ <i>Celtis sinensis</i> ムクノキ <i>Aphananthe aspera</i> イロハモミヂ <i>Acer palmatum</i> var. <i>palmatum</i> イタヤカエデ <i>Acer Mono</i> ヒトツバカエデ <i>Acer distylum</i> カデカエデ <i>Acer diabolicum</i> ウリハダカエデ <i>Acer ruginerve</i> アサダ <i>Ostrya japonica</i> イヌシデ <i>Carpinus Tschonoskii</i> アカシデ <i>Carpinus laxiflora</i> ダチカンバ <i>Betula Ermani</i> ケヤマハンノキ <i>Alnus hirsuta</i> オオバヤシヤブシ <i>Alnus Sieboldiana</i> ハクウンボク <i>Styrax Obasis</i> オオバヤシヤブ <i>Pterostyrax hispida</i> カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i> アカメガシワ <i>Mallotus japonicus</i>

- a 型: 主根が細長く、側根がやや長いもの。
- b 型: 主根が太く、側根がきわめて短いもの。
- c 型: 主根が短く、側根が長いもの。

以上の3つの類型の基準によつて、各樹種の稚苗を区分してみると、Table 8 のようになる。この表で見ると、稚苗の根の形態は高木の根の形態とはちがつて、針葉樹類はこの時代にはだいたい a 型になり、クスギ・アベマキのような種子が堅果状の樹種はほとんど b 型に属し、その他の樹種は c 型に含まれる傾向のようである。すなわち、種属の近いものや生活形の似たものでは、幼令時代の根の分化が簡単なときは、かなり似かよつた根のでかたをする傾向があるのではないかと推察される。

また、稚苗の時代にはどの種類も主根の発達が見らかであるが、これは、この時代の一つの特徴と考えられる。

根系の発達する部分は樹木の年齢によつて変化し、稚苗・稚樹・幼令木・壮令木・老令木の各時代においておのおの特徴があるといわれる。

玉利<sup>90)</sup>はアカマツについて稚樹の時代は直根の発達が著しく、壮令木では水平根が伸長し、老令木では直根が枯死して平根と短い垂下根によつて特徴づけられることを述べている。また、岩田・草下<sup>44)</sup>も多くの観察から、ヒノキ・サワラは最も早く主根がなくなり、ツガ・エゾマツはやや早く主根を失い、モミ・トドマツ・クロマツ・アカマツは壮令まで主根があることを記述している。

以上のように、樹木の年代によつて根系の発達のしかたが異なると、稚苗や稚樹の根系の状態によつて壮令木や老令木の根系の発達のしかたや、その形態を推定することがきわめて困難になる。

ここで、もう一度稚苗の根の形態と調査した壮令木の根の形態について細かく比較してみると、稚苗の時代に主根のよく発達する型に属する a・b 種類のなかには垂下根がよく発達して、いわゆる深根性と考えられるアカマツ・クロマツ・モミ・クスギ・コナラ・アベマキなどの種類が多く、主根の発達が悪くて側根の発達が著しい c 型のなかには深根性の種類がきわめて少ない。

以上の点から見れば、主根の発達する a 型と b 型の種類は壮令の時代では深根性となり、主根の発達が悪い c 型は浅根性となることが想像される。しかし、この a 型・b 型に属している樹種のなかにも、ツガ・カラマツ・スギ・ヒノキ・サワラなどのようにモミやマツ類に比べて浅い根系をもっているものもある。

また、c 型においても同様なことがいえる。すなわち、稚苗の時代に深根性の a 型、b 型に属している樹種でも、年代とともにその発達が悪くなり、主根は多くに分岐するなどして浅根性になることがこの稚苗の類型と壮令木の根系の類型とから明らかにわかる。なお、この垂下根の成長が止まる年齢やその土壤条件などについては、今後の調査にまたねばならない。

この稚苗の根の類型と壮令木の根系の類型の資料から先に述べたように、おたがいの類型の間には直接の関係がないことが明らかになった。これらの関係は Table 8 と Table 3 を比較することによつて、容易に理解されるが、いま、代表的な樹種について、二、三述べると、a 型の樹種のうちモミ・アカマツ・クロマツ・ラクウショウ、などは壮令の時代まで主根が成長して、図で見るとような長大な棒状の垂下根となるが、スギ・ヒノキ・ツガなどはモミ・マツ類よりも早い時代に主根の発達がとまつて、多くの斜出根に分岐し、また、水平根の発達が著しくなる。

また、カラマツ・サワラなどはスギ・ヒノキよりも早く主根の成長が停止して水平根の発達が著しくなるようである。

b 型の樹種のなかでも稚苗の時代に主根がきわめて太く、深く発達するブナ・シラカシ・イチイガシ・ウラジログシなどでも壮令の時代には主根は全くみられず、多くの斜出根に分岐して浅根性根系型となる。

以上のような根系の成長のしかたは土壤条件によつても異なり、深根性で太い垂下根が発達するモミやマツ類でも表土の浅いところや、湿地では垂下根の発達が妨げられて水平根の旺盛な発達が見られるが、このような特殊な場合を除くと、以上のような根の深根性、浅根性などの現象は各樹種に固有のきわめて著しい特徴であると思われる。

## X 根系型と根系の偏厚と癒合

各種の調査木の根系を細かく観察すると、偏厚や癒合などの現象がしばしば見られる。さきに、吉岡<sup>116)</sup>は八甲田山の泥炭地に成立したアオモリトドマツ林でこの偏厚と癒合を認め、細かく説明している。

いま、調査樹種のなかから水平根の著しい偏厚が認められるものをあげると、ツガ・ヒノキ・サワラ・シラカシ・クスノキ・コブシ・エノキ・スダジイ・ムクノキ・ノグルミなどで、スダジイを除いてはクスノキ型・シラカシ型の浅い根系型に属している種類が多い。

この偏厚は地上部を支持する根系の適応と考えられるところから、根系の支持力に重点をおいて考えると、これらの現象はいずれも物理的に大きな役割をもつていると考えられる太い根が上層部に分布する根系型に多く、アカマツ型・カラマツ型のなかのアカマツやクスギのように太くて深くまで発達する、垂下根や斜出根が発達する樹種にはこのような現象はみられなかつた。

一般に、根系の偏厚現象は雨量の多い熱帯地方の過湿地や、温帯でも湿地や表土の浅いところで根系が発達するためにはきわめて浅い範囲しかない立地条件のところでも多く観察され、土壤の深い、根系の発達しやすい立地条件のところでは、特に浅根性の樹種を除いて根系が偏厚する現象はあまりみられない。

この根の偏厚は根系の発達が浅いために、地上部の動揺による根に対する刺戟が大きく、特に水平根の上下の面に力加わるために、この部分が肥大しておけるといわれている。

この性質は樹種によつて多少の差があり、同じ立地条件でも偏厚しやすいものと、そうでないものがあるが、この相違は根系の深根性・浅根性とも関係し、水分の多い、かつ土壤の固い嫌氣的な土壤中にもよく太い根が発達することができる樹種では一般に偏厚の性質が少なく、反対に、太くて浅い、少数の水平根によつて支えられる浅根型の樹種には偏厚の性質が著しいようである。

しかし、深根型の根系に属している樹種でも、太い垂下根や深くにまで達する斜出根の発達がきわめて悪くなつた場合、たとえば、さきに述べた湿地や岩石地の表土のきわめて浅いところ、老令期になつて垂下根が枯損し、あるいは、上部の動揺に対して垂下根や斜出根の上部を支持する働きの割合が少なくなつた場合などのときには、上層部の水平根が発達して偏厚をおこすことが多い。

さきに、吉岡が泥炭地に発達したアオモリトドマツ林でその著しい偏厚を観察した例も以上のような関係を明らかに示しているものと思われる。

土壤が深いこの研究の調査地では、深根型のアカマツ型・スギ型・カツラ型根系型のうち特に太い垂下根が発達する樹種ではほとんど偏厚が認められなかつたが、RIGG・HARRAR<sup>83)</sup>は以上の樹種のなかに含まれているモミ・アカマツについて、土壤の浅い泥炭地ではこれらの樹種の根系が著しく偏厚することを認めている。

以上のことを取り纏めてみると、一般に浅根型根系では偏厚がおこりやすく、深根型根系では偏厚がお

こりにくいことがいえる。

また、反対に深根型に属する根系で著しい偏厚が見られるような立地は、根系が深くまで発達するに適さない、いわゆる土壌の浅いまたは過湿なところであるといえるようである。なお、土壌の深いところで偏厚が著しい樹種は、深くに垂下根や斜出根が発達していない浅根型の種類であることも推察される。

以上のように、樹木が地上部を支持するためには、太い水平根がきわめて大きな役割をしていることが考えられるが、中野<sup>73)</sup>も樹幹を支えている主な力は垂下根の支持力ではなくて、水平根による索引力であることを述べている。

調査中トレンチの設定によつて片側の水平根が切断されたが、太い垂下根のあるアカマツ型根系でも、このために風で切断側とは反対の方向に倒れるものが多かつた。しかし、風向がトレンチ側の反対から吹いてくる場合には容易に倒れなかつた。すなわち、風上側の水平根の牽引力が樹木の風倒に大きな関係をもっていることがわかつた。

しかし、一般的に太い垂下根や斜出根が深くに発達する深根性樹種よりも、水平根の発達が著しい浅根性樹種の方が、水平根を切断した場合風倒をおこしやすい。

つぎに、根系の癒合現象について、調査木での観察から二、三述べると、調査木で癒合が多く認められた樹種はシラカシ・エンジュ・ケヤキ・イヌシデ・ツガ・サワラなどのシラカシ型・ミツキ型の根系型に含まれる浅根性根系とアカマツ・クロマツ・リギダマツ・クヌギ・ラクウショウなどのアカマツ型・スギ型・カツラ型に属する樹種であつた。以上のように、根の癒合現象は樹木の根系に一般的に見られるが、その癒合する位置と原因は浅根性根系と深根性根系とではやや異なつていようである。すなわち、浅根性根系に属する上記の樹種の癒合は、上層部の水平根ないしは根株の周辺の斜出根に多いのに反し、深根性根系では深部の垂下根で多く観察された (Phot. 24・34・44・58・94, Fig. 4)。

この根系の癒合は吉岡<sup>114)</sup>が泥炭地のアオモリトドマツ林で水平根が地表近く扇状に分布する場合に多くおこることを認め、また BüsGEN (1927) が *Picea*, *Larix*, *Abies* などの密に組合さつた水平根に多いことを観察したように、根系のおたがいの肥大成長に伴つて物理的な圧力のために両方の根が癒着するものと考えられる。そして、この現象がおこる多さは吉岡が観察した泥炭湿原とか、高地下水地で根の発達する層がきわめて狭いところで特に多い。そこで、この癒合の物理的条件であるが、前述の上層部に多くの根を扇状に分布している浅根性樹種、特に上層部で斜出根の分岐が著しいシラカシ型などでは分岐した斜出根の肥大成長に伴つて癒合がおこり、ケヤキ型のように水平根が扇状に発達するものでは根株からやや離れたところでも、水平根の成長に伴つて癒合がおこる。

もちろん、深根性根系においても、上層部の斜出根や水平根の発達に伴つて癒合がおこることは考えられるが、一般にそのおこりかたは上層部に根が周密に集まる浅根性根系型の樹種よりも少ない。一方、深部における根系の発達が著しいために深い斜出根や垂下根の間で多くの癒合がみられる。この深いところでは各論のところでも述べたように、根が侵入しやすい根の枯死した跡・昆虫の侵入した孔隙、粘土層の裂目などに沿つて数本の小径根が集中して発達する傾向がある。これらの小径根がしだいに肥大成長をしたとき、土壌の軟らかい上層部では、根が少ないときには、土壌が圧縮されるだけで容易に癒合がおこらないが、深くの土壌がきわめて固いところでは、根が肥大成長するに伴つて土壌をたやすく排除して成長することができないために、癒合がおこりやすい。これは、上層部の癒合が太い根でしか認められないのに反し、深いところでは小径根がしばしば癒合していることをみても、容易に理解できる。また、深さ 150 cm 以

下の土壌層で固い土壌の裂目に沿って発達した根が裂目に沿って板状になっていることをみても、深いところでは土壌の圧力によつて根が容易に変形し癒合が促されることがわかる。

さきに、原田<sup>29)</sup>は林内での地下部の競合について、他の個体ととの間の根系の癒合が直接個体間の競争に関係していることを述べたが、一応個体間の癒合がどの程度におこる可能性があるかということについて、この調査と群落調査から推察してみると、調査木で癒合がみられた距離は根株から 50 cm 以内の水平根や斜出根が周密に組み合わさっている部分であつて、50 cm 以上のところでは全く癒合は観察されなかつた。また、さきに述べたように癒合している根の径級も直径 2~5 cm の太いものが多く、この距離以上では、著しくこの太い径級の根の数が減少するので癒合の可能性がきわめて少なくなることが観察せられた。

もちろん、これは浅根性根系についてであつて深根性根系では距離的には、まだ癒合が少なくなる。

さて、一般の林地で以上のような、根が周密に交錯する条件を考えると、原田がトドマツの天然林で、また吉岡がアオモリトドマツの天然林で観察したように、天然林のかなり密生した密度の高いところで、土壌のきわめて浅いところとか過湿地や、泥炭地で根の発達が上層部に限られるところである。

また、天然林では根株の近くで更新した樹種の根が成長するにしたがつてしだいに癒着しているものはみられるが、造林地で普通に施業した林では特別な場合を除いては、一般的には個体間の癒合はあまりみられないようである。すなわち、スギの 40~50 年生の林についてみると根株から 1 m も離れたところでは、根の太根数の密度、ならびに径級が小さくなり、この根系が接触するところでは癒合がおこる条件がきわめて悪くなる。

しかし、根系が発達する土壌がきわめて浅く、水平根が密に林床を覆つて発達する場合、特に太い水平根の一部が他の根系で密度の高い大径根のなかに侵入した場合には個体間の癒合がおこる可能性が考えられる。

後者の単一の水平根が他の個体の根株の周囲に侵入する場合があるが、このような現象は調査木では一般にみられず、たがいに他の個体の根系が周密に発達している範囲内にはあまり侵入せず、周密な根系を避けて発達している傾向がうかがえた。このような現象は根系の一種の「すみわけ」と考えられる。今後、このような根系の「すみわけ」の現象については根の競争の問題とともに研究をすすめてゆく必要がある。

このように他の個体の周密な根系の範囲内に侵入するものは少ないが、侵入するとしても、その本数はきわめて少なく、径級も著しく小さくなり、癒合はあまりおこらないのではないかと考える。

しかし、老令林になつて土壌中の根系の密度がきわめて高くなつた場合には癒合する可能性が大きくなることは考えられる。

原田は優勢木と劣勢木の癒合によつて、劣勢木が吸収した養分が優勢木に転流すると述べており、同様な見地から BESKARAVAINYI<sup>3)</sup> は欧州アカマツについて、癒合している樹木の方が材積が増加したと述べ養分の転流があることを示唆しているが、これらの問題については、競争の立場からも、深く検討する必要がある。

## XI 樹形と根系の形態

つぎに、地下部の根系の形態と地上部の形態との関係について考えてみよう。

まず、根系の形態の基本的な型であると考えられる、I・III・IV・V・VII の 5 つの型について、この形態型に属する種類を Table 6 からひろいあげ、この樹種の樹形と以上のような類型での根系の形態型と

が類似した関係にあるかどうか調べてみた。

これを形態型の I 型についてみると、この型に含まれる種類には、アカマツ・クロマツなどのマツ類とともにモミ・トネリコ・コナラ・オニグルミなどのマツ類とは樹形が著しく異なる樹種が含まれ、明らかに根系の形態型と樹形とは一致しないことがわかる。同様に III・IV・V・VII の形態型に含まれる樹種についても同様なことが Table 6 からいえる。しかし、樹形といった幹や枝が形づくる全体的な形態ではなくて、枝の分岐のしかた、枝の多さや太さなどの細かい個々の現象にあたってみると、地下部の根の分岐のしかたや多さなどに類似した点が多く観察される。

すなわち、細い枝の分岐が多いムクノキ・エノキ・イヌシデ・シラカシなどは地下部でも本数(特に小・中径根)がきわめて多く、分岐のしかたもきわめて多い (Phot. 34・50・69・71)。

また、枝のでかたが疎で、太い枝が多いキリ・アオギリ・イイギリ・クスノキ・ハリギリなどでは根系の分岐もまばらで少なく大径根の割合が多い (Phot. 58・62・64・66・67)。

モミやトウヒのように枝の分岐が規則的な樹種は根の分岐のしかたも規則的にできるようである (Phot. 1・2)。

## XII 根系型の林業への応用

以上、根系の類型根系型と立地との関係・根系型と稚樹の根系の形態型との関係・根系の偏厚と癒合などについて、いろいろ述べてきたが、最後に根系型と林業との関係について考えてみたい。

### 1. 根系型による土地指標価値

CAJANDER<sup>59)</sup> が森林型論を提唱し、林床植生型が立地条件ときわめて密接な関係にあり、林床型によつて林地の地位を査定することを明らかにして、林床植生型の地位判定上の重要性を強調して以来、RUBNER (1924)・JEDLINSKI (1928) など一部の入達の否定的な意見はあつたが、FEUCHT (1922)・GAISBERG (1924)・WENSE (1929)・JAROSHENKO (1936)・KÖTZ (1929)・WIEDEMAN (1929)・VANSELOW (1931)・SCHMITT (1936) などによつて立地の指標としての林床型の研究がすすめられてきた。

わが国においても河田<sup>60)</sup>・鎬木<sup>61)</sup>・田中 (1932) などは指標植物の林業上における応用性を強く主張し、村井<sup>62)</sup> は細かな植生調査からスギ林の指標植物をあげている。また、上田<sup>63)</sup> は指標植物の群落を類型化し、林床型を決定して、多くの調査から林分の発達と林床型との関係を体系づけた。

しかし、現在においても土壌型の利用と相まつて指標植物や林床型の利用が大きく考えられ、林学における群落生態学の一つの大きな課題として、林床群落の土地生産力の指標価値という問題がとりあげられている。

では林床植生を構成している個々の植物がどのような点において土地生産力と結びついているか?

一般に土地生産力を指標するものとしてとりあげられた林床植生の変化は直接に土壌中の水分や養分などの土壌条件の変化をあらわすものであるといわれる。

しかし、一般に林床型を構成している草本植物の変化は比較的浅いところの土壌条件の変化に影響されやすい。たとえば、亜高山帯針葉樹林でその林床型の主な構成種であるシラネワラビ・カニコウモリ・ヤマソテツなどは比較的湿潤な土壌の深いところに優占するといわれているが、土壌のきわめて浅いところでも山腹の凹地形や沢通りの土壌の上層部が適当に湿つたところでは、土壌の深さにかかわらず以上のような種類の林床型が発達していることが観察され、これらの林床型が深いところの土壌層にはあまり影響

されず、上層部の土壌条件に大きく左右されていることが観察される。

しかし、このような林床植生の変化は、植物の根系をなかだちとしておこつており、もし、類型のところで再三述べたように、林床植生の主体を占める草本の根系と、われわれが対象とする高木の根系の間に性質の差があれば、当然草本群落の土地利用範囲と高木類の土地利用範囲が異なってくるわけで、直接的には根系の性質の異なる草本群落の発達が高木群落の発達と平行しないことになつてくる。

この草本植物と高木の根系のはたらきや分布の相違があるにかかわらず、両種間の土地利用価値が同一と見なしうるか？ということは古くから草本植物を、高木類を対象とした土地指標の材料に用いる場合、常に疑問をもつて考えられ研究されたところである。

さきに、上田<sup>106)</sup>はこの問題について、草本植物の根系が、主として分布して利用している土壌の上層部は高木においても大多数の吸収根を分布し、水分や養分の吸収面においては最も大きな役割をしているところで、草本群落の地下部の分布範囲と一致し、草本や小低木による林床型が高木の成長と一致すると述べている。

たしかにこの調査においても明らかにされたように、深根性の樹種においても、大部分の細根や吸収根の分布は地表から深さ 30~40 cm の間にあつて、地表に近い上層部が水分や養分の吸収に最も大きな役割を果たしており、このような根のはたらきの点では上田が述べたように草本植物の根系の発達と一致することがわかつた。

しかし、高木の根系は上層部に細根の多くを分布するとともに、深くに垂下根をのばし、また、太くて深くまでびる斜出根をもつてることが多く、カツラ型根系型のように深くにもかなり多くの吸収根を分布しているものもあり、これらの深い根が物理的にも、また、水分や養分の吸収の面でも上層部に発達した水平根や細根とともに樹全体の生活に大きな役割を果たしていることが推察される。

深根型のアカマツ型根系のアカマツ・クロマツ・モミ、その他のマツ類についても土壌が浅く太い垂下根が発達できないところでは、地上部の成長がきわめて悪く、土壌が深く垂下根の発達が著しいものほど地上部の成長がよいといわれている。このような例は地上部の発達が浅い地表部の土壌条件だけでなく、多くの土壌条件の影響も大きく受けていることをあらわしているものである。

ここで、あらためてこのような高木の根系の発達に適した立地の指標性をもつ材料を考える必要がでてくる。

草本を主とする林床群は、さきにも述べたように上層部の土壌条件の変化に敏感に対応して変化しやすく、この上層部の土壌条件は、また、高木の細根の発達にも深く関係しているので、上層部の土壌条件の指標としては草本植物を主とする林床型を用い、深部での指標として高木の根系型を用い両方の型を併用すればより一層高木に対しての、土地指標に効果があるのではないかと考える。すなわち、深根性根系型に属するスギ型・カツラ型・アオギリ型などの優占する立地では、一応土壌が深いことが推察されるし、シラカシ型・ミツキ型・クスノキ型などの浅根性根系が優占するところでは、土壌が浅いということを考えることができる。

しかし、この推察にあつて、深根性根系は浅い立地にはきわめて立ちにくいと反対に浅根性根系は深い立地にもかなりたやすく立つことができることを考える必要がある。

以上の根系型で自然群落の発達のしかたをみると、アカマツ型根系に属するモミが土壌の深い立地で優占し、シラカシ型根系に属するツガが比較的土壌の浅いところを占めていることも、また深根型のスギ型

根系型に属する樹種が深い土壌で優占し、浅根型のシラカシ型根系のヒノキが浅い土壌を占めているなど、両種の間で「土地的すみわけ」関係も、容易に理解できる。このような関係は単に地形的に土壌の浅い乾燥した尾根と土壌の深い湿つた沢といった関係ではなく、沢筋でも土壌の浅い礫の堆積したところに、浅根性根系型に属するシラカシ型のサワラやミズキ型のミズキ・アカメガシワが優占し、土壌の深い尾根筋には、アカマツ型のモミが優占することをみても、各樹種の「土地的すみわけ」には根系型の影響が大きいことがわかる。

深根性根系型のアカマツ型根系のうち、アカマツ・クロマツなどのマツ類は一般に土壌の浅い尾根筋でも、よく優占しているが、これは垂下根のみならず、きわめて旺盛な水平根の発達で、このような立地での適応に大きな働きをしており、このような点ではマツ類は深淺両根系型に属しているとも考えられる。

## 2. 造林樹種の根系型の決定

以上のような考えから立地の判定ができればつぎに造林樹種の根系型を決定して、この根系型に合った立地に植栽することができる。

たとえば、深根型のスギ型・カツラ型・アオギリ型に属する樹種は、土壌の深いところに、反対にシラカシ型・ミズキ型の樹種は比較的浅いところに植栽しても、深根型樹種を浅い立地に植栽したほどには成長は悪くならない。すなわち、浅根型樹種は土壌の浅いところでも比較的良好的な造林結果を期待することができる。具体的には深根型のスギ・クスギ・アベマキ・オニグルミ・モミ・アカマツ・クロマツなどの造林は土壌の深いところがよく、浅根型のヒノキ・カラマツなどは浅い立地を選ぶことができる。

## 3. 深根性樹種による、深部の土壌条件の改良

各論のなかで、枯死した前生樹の根系や一度枯死した、その個体の根系のなかに新しい根系の発達が観察されたことは再三述べたが、土壌の深い、固くて緻密なところでは、このような根の枯死した跡や、昆虫の孔隙などに沿って根が侵入する場合が多い。

また、固い土壌の中で、繰り返される根系の枯死と更新によつて根がしだいに発達していることが観察される。

このようなことがらから、根系が深くに侵入して、枯死した場合、多くの孔隙と有機物を残しやすい深根型樹種を用いることによつて、深くの固くて緻密な土壌性をしだいに改良し、あとに植栽する樹種の根系の発達を助長することができるのではないかと考える。

これとは反対に、常に上層部における水平根や細根が発達しやすい浅根性樹種を用いるときは、よくヒノキなどの林でみられるような表層部に腐植した根の層をつくりやすい。

## 4. 根系の競争の緩和

根系型を明らかにすることによつて、おのおのの根の発達のしかたの違いを知ることができることは、さきに述べてきたが、林地の利用において、生物学的には土壌層を広い範囲で利用するために、根系の発達のしかたが異なる根系型を混合して用いた方が合理的である。たとえば、比較的多くの吸収根を下層部に分布しているスギ型根系やカツラ型根系と吸収根が上層部にかたよつている、シラカシ型根系の併用は水分や養分を吸収するという根のはたらきの上の競争を緩和するという点においては、同一樹種、特に水平根の発達が著しい浅根性樹種のみを用いるよりは効果があることが考えられる。また、さきに根系の競争が水平的におこりやすいことを述べたが、この点では浅根性根系型で水平根の発達が著しい、ヒノキやカラマツの高密度の植栽はおたがいに根系の競争をおこしやすいことが推察できる。

### 5. 風倒・土壌の崩壊浸蝕に対する予防

一般に、深根性根系のものが浅い立地に植栽された場合、地上部・地下部ともに成長がきわめて悪くなるとともに、同一立地に成立した浅根性根系の樹種よりも風倒などによる被害を受けやすい。

これは、浅根性の根系が地表部に地上部の樹幹を支えられるに必要な水平根を容易に発達させることができるに反して、斜出根や垂下根が発達する深根性根系ではこのような水平根が発達する性質が劣るためではないかと思われる。

土壌の浅い同一立地でも、土壌が浅いために浅根型に変化した深根性根系型のモミ・シラベ・アオモリトドマツなどは同一の立地に成立するツガ・コメツガ・トウヒなどの浅根性根系型の樹種よりも風倒にかけやすい傾向がうかがえる。このようなことから、また2に述べたことから、浅い土壌のところには浅根性の樹種を選んだ方が有効である。

以上のことは深根性根系と浅根性根系が同じように浅根型の根系になった場合のことであつて、すくなくとも深根性根系が垂下根や斜出根を発達しうることができるところでは、一般に深根性樹種の方が風倒にかかりにくい。

また、根系の発達のみが流水による土砂の流出や崩壊に大きな影響を与えていることは、坂口・岩川<sup>89)</sup>などの認めているところであるが、この根系型から考えると、地表流による表層土の流失を防ぐためには、地表層近くに多くの細根を分布している草本や、浅根性根系のうちでも特に水平根と小径根細根が地表層近くに発達する根系型のものを用いれば有効であり、かなり厚い土壌層を支持するためには深根性根系型に属している樹種を用いると、効果があることは林地の崩壊や浸蝕などの被害状態の観察からも、また、根系型からも、容易に理解できる。

### 6. 更新と根系型

さきに、根系の競合は主として水平的におこり、浅根性根系型のうちでも特に水平根の発達が著しい樹種では、根の競合がおこりやすいことを述べた。これと関連して HEINRICH<sup>92)</sup>, SCHULTZ<sup>90)</sup> は上層部における細根の旺盛な発達が稚樹の水分や養分の吸収を間接的に妨げ、稚樹が枯死することを報告している。水平根の発達が著しくて、細根が厚い層状になる林床、特に乾燥地では稚樹の枯死や死なないまでも、成長が衰えることが予想される。そこで、このように根が層状に発達するところでは人工で造林する場合にも、天然更新による場合でも、林床に発達して網目状に広がっている根を切断するなどして、稚樹や稚苗の地下部の競争を緩和することが更新を促進するために役だつのではないかと考える。

### 7. 間伐と根系型

間伐という作業が林木の間の競争を緩和する効果をもっていることは明らかであるが、この競争は FABRICIUS<sup>93)</sup>, TOUMEY<sup>100)101)</sup>, STEVENS<sup>94)</sup>, BAKER<sup>95)</sup> なども認めているように、地上部のみならず地下部の根系の間にもあり、間伐をおこなつた場合には地上部とともに地下部の競争の緩和も当然おこなわれることが考えられる。

この競争の緩和のされかたは根系の発達しかたによつて変化し、同一の土壌層に多くの細根が分布するような根系型に属している樹種では根の競争がおこりやすいことが考えられる。すなわち、上層部に小径根や細根が層状に発達している浅根性根系型、そのうちでも特に上層部で水平根の発達が著しい根系型ではこの土壌層での競争がおこりやすい。そして、根系の競争だけから考えた場合には、間伐による地下部の競争を緩和するはたらきは以上のような浅根性根系型で著しいことがいえる。反対にいうならば、こ

のような競合がおりやすい根系型では、根の競合を緩和するという点からだけでは、強く間伐した方がよいといえることができる。

### XIII 総 括

コドラートバイセクト法を改良した方法と露出法を用いて、根系の垂直的分布状態と形態を細かく調べ、これらの結果から、細根の深さ別分布状態・太根の深さ別分布状態・各層ごとの根があらわれる頻度・細根の多さ・太根数・最大深さの6つの因子をおのおの類型化することによつて、根系の各種の性質を明らかにし、これらの類型化された性質の配列型を考へることによつて総合的に根系を7つの型にわけた。また、形態型を用いてこれらの根系型を23の亜型に区分した。

また、これらの根系型を各因子の性質から大きく深根性根系型・浅根性根系型・両者の中間の根系型の3つに大別した。

いま、深根性根系型に属するものから簡単に説明すると、

#### I 深根性根系型

##### 1. カツラ型

この根系型は細根の分布・太根の分布・各層別頻度の値、最大深さとともに最も深い型で固い緻密な土壌中にもよく侵入して小径根や細根を分布し、水分の多い嫌氣的なグライ土壌層の中にもよく発達している根系型であつて、調査樹種ではカツラ・トチ・オニグルミ・アベマキ・クスギ・トネリコ・アメリカウラジロトネリコ・マテバシイ・スダジイ・コナラなどがこの型に含まれる。

また、この根系型は形態型によつてスダジイ亜型・トネリコ亜型・クスギ亜型・カツラ亜型の4つの亜型にわけられた。

この根系型に属する樹種を植栽する場合には、土壌の深いところを選ぶ必要がある。

##### 2. アカマツ型

この根系型は細根は比較的上層部に大半が分布しているが、太根は土壌の極めて固くて深い部分にも多く、頻度の変化はカツラ型よりも深い部分にやや少ないが、かなり多くの分布を示しており、最大深さはカツラ型と同様に非常に深く、その先端部はグライ層を透して地下水に達していることが多い。しかし、一般に細根と太根はカツラ型に比べて著しく少ない。

形態的には垂下根とともに水平根の発達が明らかで、土壌の深いところにも浅いところにも、よく適応する型である。垂下根と斜出根・水平根の発達のしかたから、この根系型をモミ亜型・アカマツ亜型・ストロブマツ亜型・リギダマツ亜型の4つの亜型に区分した。

##### 3. スギ型

細根の深さによる分布は、カツラ型と同様に深い、太根の分布はカツラ型やアカマツ型よりも浅い、最大深さも上記の両根系型よりも一般に浅いようである。

また、細根の多さは比較的多いが太根は細根の割合には少ない傾向にある。

細根と太根の深さ別分布において、アカマツ型根系と反対の傾向をもっている深根性根系といえる。垂下根と斜出根の発達の相違からスギ亜型とラクウショウ亜型にわけられる。

深い土壌層の影響をうける根系型であつて、植栽には深い立地を選ぶ必要がある。

## II 深根性と浅根性との中間の根系型

### 4. アオギリ型

この根系型は細根太根ともにやや深くに分布し、最大深さもスギ型根系型と同じように深く、中間の根系型といつても、むしろ深根性の根系型に近い型であるが、全体的にスギ型根系よりも細根・太根ともに浅いところに分布する傾向があるので、つぎのべる浅根性根系に近いクスノキ型とともに中間型とした。

大径根が多いが、分岐が少ないために太根数は少ない。細根の多さも他の根系型に比べて少ない。

### 5. クスノキ型

細根や太根の分布は上層部にかたよる傾向があり、これらの点からでは浅根性に属する根系型と思われるが、最大深さはかなり深い。すなわち、全体的には上層部に根の分布が多いが、一部の垂下根や斜出根は深い部分にまで発達している。このような関係から、浅根系型に入るとも考えられるこの根系型を、アオギリ型根系型とともに中間型としてとりあげた。

この根系型に含まれる調査樹種はクスノキ・コブシ・キリ・ハリギリなどであるが、形態から比較的浅いところに大径根が多いクスノキ亜型と、太い根が深いところまで侵入するキリ亜型とに区分した。このような関係からすればクスノキ亜型は比較的土壌の浅いところでもよいけれども、キリ亜型は土壌の深いところを選ぶ必要性が考えられる。

## III 浅根性根系型

### 6. シラカシ型

浅根性根系型の代表的な型で、浅根性の樹種は大多数この型に含まれる。

細根・太根ともに上層部にあつまり深部での分布はきわめて少ない、また、頻度も深くなるにしたがつて急に減少し、上層部では扇状に根があつまつて分布する傾向がある。

最大深さもきわめて浅く、その先端部は分岐も少なく、線状に終る場合が多い。細根・太根ともに他の樹種に比較して多くて、分岐性も著しい。

この根系型に属する樹種は、オウシュウトウヒ・ツガ・ヒノキ・サワラ・シラカシ・ウラジロガシ・イチイガシ・イヌシデ・イヌザクラ・ハクウンボク・イヌブナ・ヤマハンノキ・ノグルミ・ホオノキ・ケヤキ・クリ・ムクノキなどで一般に乾燥性の立地に適応する樹種が多い。トウヒ・ツガ・ヒノキ・サワラ・シラカシ・ノグルミ・クリ・ホオノキ・ケヤキの9つの亜型に分かれる。比較的浅い立地にも植栽することができる。

### 7. ミヅキ型

細根・太根とも上層部に多く分布し、根の分布頻度もほとんど上層部にあつて扇状の分布が認められる型で、最大深さもシラカシ型と同様にきわめて浅い。しかし、細根の多さや太根数は少ない。形態的には水平根の発達が著しく、水平根は根株を中心として車軸状に拡がり遠くまで発達する傾向がある。調査した樹種ではエンジュ・アカメガシワ・ミヅキなどがこの型に属している。この根系型はミヅキ亜型とエンジュ亜型の2つの亜型にわけられる。

以上の根系型は土壌の深さや水分条件・理化学性などの土壌条件ときわめて深い関係をもっており、この土壌条件と対応する根系の性質から根系型のなかでも土壌の上層部に分布する浅根性根系は好気性根系と考えられるし、深根性根系は嫌気性根系と考えることもできるようである。しかし、これらの根の生理的な性質の解析については今後の研究にまつ必要がある。

このような根系の性質から林業的には、立地条件の判定の指標として、造林樹種選定の基準・深部の土壌条件改良の手段・根系の競争の緩和・風倒や、流水による土壌浸蝕のなど各種災害の防止・更新などの諸問題において根系型を利用することができる。

この根系型は関東ローム層の土壌に植栽された高木を対象として決められたものであるが、この根系型の決定に用いられた各種の性質ならびに形態、分岐のしかた、吸収根の状態などは他の土壌条件のところでもその樹種が示す性質とも一致し、また、群落としての「土地すみわけ」とも一致することが多いところからこの根系型は樹種の遺伝的な性質とも一致して、樹種の遺伝的な性質として広くほかの立地条件のところでも、根系型が示す性質を期待することができるようである。

### 文 献

- 1) ADAMS, W. R. and CHAPMAN, G. L.: Competition influence on the root system of Jack and Norway pine. Vermont Agric. Exp. Sta. Bull., (472) **32**, (1941)
- 2) 明永久次郎・林唯雄: アカマツとカラマツの混浴植栽に就て. 林業試験場報告, **26**, (1925)
- 3) 安間正虎・小田桂三郎: 圃場試験における作物根系の新しい調査方法, 関東東山農試研報, **4**, (1953)
- 4) BANNAN, M. W.: The root system of northern Ontario conifers growing in sand. Amer. Journ. Bot., **27**, (1940) p. 108~114
- 5) BAKER, F. E.: Theory and practice of silviculture., (1934)
- 6) BATES, C. G.: Some relations of plant ecology to silvicultural practice. Ecology, **7**, (1926) p. 469~480
- 7) BESKARAVAINYI, M. M.: Obrazovanie biogrupp v sosnouykh Kamyshinskogo lesomeliorativnogo opernogo pynkta. Agrobiologia, **1** (97), (1956) p. 143~146
- 8) BISWELL, H. H.: Effects of environment upon the root habits of certain deciduous forest trees. Bot. Gaz., **96**, (1935) p. 676~708
- 9) BÜSGEN, M.: Bau und Leben der Waldbäume. Flora. Erg. Bd., (1905)
- 10) BÜSGEN, M. and MÜNCH E.: The structure and life of forest trees (trans. by Thomson). (1931)
- 11) CANNON, W. A.: Root habits of desert plants. Carnegie Inst. Publ., (1911)
- 12) CANNON, W. A.: A note on the Grouping of lateral roots. Ecology, **35**, (1955) p. 293~295
- 13) CANNON, W. A. and FREE, E. E.: Physiological features of roots. Carnegie Inst., **368**, (1925)
- 14) CAJANDER, A. K.: The theory of forest types. (1926)
- 15) CAJANDER, A. K. und IIVESSALO: Über Waldtypen I, II. (1909, 1921)
- 16) CHENEY, E. G.: The roots of a Jack pine. Jour. Forest., **30**, (1932) p. 929~952
- 17) CLEMENTS, F. E., WEAUER, J. E. and HANSON, H. C.: Plant competition. Carnegie Inst., (1929)
- 18) CLEMENTS, F. E.: Aeration and air content. Carnegie Inst. Publ., (1921)
- 19) CUMMINGS, W. H.: Exposure of roots of shortleaf pine stock. Journ. of Forest., **40**, (1942) p. 490~492
- 20) DAY, M. W.: A comparison of the root systems of Jack pine and Tamarack. Jour. of Forest., **43**, (1935) p. 41~42
- 21) DENGLER: Waldbau auf ökologischer Grundlage. (1930)
- 22) FABRICIUS, L.: Der Einfluss des Wurzelwettbewerbs des Schirmstandes auf die Entwicklung des Jungwuchses. Forstwiss. Zbl., (1927) p. 329~345
- 23) FRICKE, K.: Licht- und Schattenholzarten, ein wissenschaftlich nicht begründetes Dogma. Centralbl für das ges. Forstwesen, **30**, (1904)
- 24) 深浦武: 鳥海山麓に於ける赤松人工造林地の成績に就て, 赤松林施業法研究会講演集, (1942)
- 25) 藤村次郎: 果樹根系の文献的研究, 三重高農學術報告, (1933)
- 26) GAIL, F. W. and LONG, J. A.: A study of site, root development and transpiration in relation to the distribution of *Pinus contorta*. Ecology, **16**, (1935)

- 27) GOETHE R.: Untersuchungen über das Warzelwachstum der Obstbäume. Jahrbuch der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft. **25**, (1910) p. 61~72
- 28) GOETHE, R. und IHNE, C.: Deutscher obstbau. Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-gesellschaft. Mt. **150**, (1909) p. 116~125
- 29) 原田泰: 林内に於ける根系の争闘, 植物及び動物, **4**, (1936) p. 39~44
- 30) 原 勝: 砂丘林に於ける樹根の競争に就ての一考察, 鳥取農学会報, **3**, (1931) p. 229
- 31) HASIS, F. W.: Relations between soiltype and root form of western-yellow pine seedlings. Ecology, **11**, (1921) p. 292~303
- 32) HEINRICH, F.: Wasserfaktor und Kieferwirtschaft auf diluvialen Sandböden Norddeutschlands. z.f. Forest-u. Jagdwes. (1936)
- 33) HEINICKE, A. J.: Some relations between circumference and weight and between root and top growth of young apple trees. Pro. Amer. Soc. Hort. Sci., **18**, (1921) p. 222~227
- 34) HEYWARD, F.: The root system of longleaf pine on the deep sands of Westen Florida. Ecology, **14** (2) (1933) p. 136~151
- 35) HILF, H. H.: Wurzelstudien an Waldbäumen. (1927)
- 36) 菱江生: 林木根の形態に就て, 林曹会報, **164, 171**, (1930, 31)
- 37) HOLCH, A. E.: Development of roots and shoot of certain deciduous tree seedlings in different forest sites. Ecology, **12**, (1931) p. 259~298
- 38) 堀川芳雄・矢野悟道: 砂丘植物の根群型の研究, 広島大学生物学会報告, **6** (1), (1955)
- 39) 本川昇・深井弘義: 地床状態が栗の根群の発達に及ぼす影響, 園芸学会雑誌, **20** (3, 4) (1951)
- 40) HOWELL, J.: Clay pans in the western yellow pine type. Jour. of Forest, **29**, (1931) p. 962~963
- 41) 宝月欣二: ミズキンバイの吸収根の生理生態学的研究, 植物学雑誌 **56**, (1942) p. 172~181
- 42) 石原供三・松井善喜: 根系より見たるトドマツの育林的考察, 日林講, (1939)
- 43) 位川藤久太郎: 果菜類の根の耐水性と水中酸素吸収量, 農業及園芸, **26** (4), (1951) p. 472
- 44) 岩田利治・草下正夫: 邦産松柏類図説, (1954) p. 21~22
- 45) KANTMAN, C. M.: Root growth of Jack pine on Several site in cloquet forest Minnesota. Ecology, **26** (1), (1945) p. 10~23
- 46) 河田杰: 森林生態学講義, (1932)
- 47) 楠木徳二: 造林上地床植物の応用, 北海道林業会報, (1932)
- 48) 兼次忠蔵: 南部赤松の根系, 日林誌, **15** (9), (1933) p. 32~42
- 49) 兼次忠蔵: 低湿地に成立せる南部赤松の根系, 日林誌, **16** (12) (1934) p. 967
- 50) 小林章・鹿原遜・村井兼三・林真二: 果樹根群の耐水性に関する研究, 園芸学研究集録, **4**, (1949) p. 126~137
- 51) 菊池秋雄・井口透・井東敬三: 葡萄の根群と T·R 率, 園芸学研究集録, **2**, (1934) p. 1~37
- 52) 木村光雄: 日本梨の根群に関する研究, 西京大学学術報告, **3**, (1952)
- 53) 国有林野土壤調査方法書, 林業試験場, (1955)
- 54) KORSTIAN, C. F.: The indicator significance of native vegetation in the determination of forest sites. Plant world **20**, (1917) p. 267~287
- 55) 黒河内雅次: 南九州赤色火山灰土壤に於ける杉造林に就て, 日林誌, **17** (3), (1935) p. 185~194
- 56) LAITAKARI, E.: Mannyn jwuristo, morfologinen tutkimus (with full English summary-the root system of pine Pinus-sylvestris, a morphological investigation) Acta Forestalia Fennica **33**, (1927) p. 1~300
- 57) LENHART, D. Y.: Initial root development of longleaf pine. Jaur. of Forest., **32**, (1934) p. 459~461
- 58) LUNCZ, G.: Recent research work on the root systems of forest trees. International Review of Agr., **22** (6), (1931) p. 239~243
- 59) 前田半次: アカマツ根系と樹幹生長との関係, 日林誌, **15** (12), (1933) p. 1178~1182
- 60) MARKLE, M. S.: Root system of certain desert plants. Bot. Gaz., **64**, (1917) p. 177~205
- 61) McDougall, W.B.: The growth of forest tree roots. Amer. Jour. Bot. **3** (1916) p. 385, 392
- 62) 松室重博: ヒバを主体とする天然林に於ける主要林木根系調査, 日林誌, **15** (12), (1933) p. 1149~1177
- 63) 宮崎 櫛: 森林樹木の根に関する研究 (第 1, 2 報), 日林誌, **17** (8), (1935) p. 620~629
- 64) 宮崎 櫛: 四国森林植生と土壤形態との関係に就て, 興林会, (1942)
- 65) 森田義彦・西田光夫: 果樹の生育に及ぼす土壤の物理的組成の研究, 園芸学会雑誌, **21**, (1951)

- 66) 森川幸一・中島尙: 姫路地方に於けるアカマツ瘠悪林地について, 日林講, (1938) p. 184
- 67) MOORE, B.: Influence of certain soil factors on the growth of tree seedlings and wheat. *Ecology*, **3**, (1922)
- 68) MÜNCH, E.: Bau und Lehen unserer waldbäume. (1927)
- 69) 武藤益藏: 赤松林の天然更新及保残作業について, 赤松林施業法研究会講演集, (1942)
- 70) 村井三郎: 杉人工林地指標植物の研究, 林試青森支場, (1952)
- 71) 中山治良: 樹木水耕における通気量の影響, 京大演報, **18**, (1950) p. 97~113
- 72) 中島道郎: 千葉県演習林に於けるスギ, ヒノキの根系に就て, 東大演報, **23**, (1939) p. 1~40
- 73) 中野治房: 板根の意義に就て (予報), 植物学雑誌, **39** (462), (1925) p. 159~164
- 74) 西脇喜久治: トドマツ, エゾマツ, ゲイマツ樹根の深淺に就て, 樺太山林会報, **37**, (1938) p. 22
- 75) 沼田 真: 群落調査法の基本問題, 民科, (1950)
- 76) 大塚義雄: 苹果樹の根群の分布に就て, 農業及園芸, **8** (10), (1933), p. 2341~2350
- 77) OSKAMP, J.: Root studies of young apple trees. *Gartenbauwissenschaft*, **7**, (1932) p. 7~14
- 78) PAVLYCHENKO, T. K. and HARRINGTON, J. B.: Root development of weeds and crops in competition under dry farming. *Sci. Agric.*, **16**, (1935)
- 79) PICKERING, S. V.: Manurial experiments. *Woburn Exp. Fruit Farm Rept.* **16**, (1917)
- 80) PULLING, H. E.: Root habit and plant distribution in the far north plant world., **21**, (1918) p. 223~233
- 81) QUILKIN, W. E.: Root development of pitch pine, with some comparative observation on shortleaf pine. *Jour. of Agr. Rev.*, **51** (11), (1953) p. 983
- 82) RESSIN, L. J.: Root habits of long-leaf pine and associated species. *Ecology*, **20**, (1939) p. 47~57
- 83) RIGG, G. B. and HARRAR, E. S.: Root system of trees growing in sphagnum. *Amer. Jour. Bot.* **18**, (1931) p. 391~397
- 84) RUSSEL, K. L.: Adjustment of black spruce root systems to increasing depth of peat. *Ecology*, **26** (3), (1945) p. 309~311
- 85) 佐伯直臣: 東北の植生, (1950) p. 105~143
- 86) 佐藤敬二: 杉の根の発達に関する解剖学的研究, 大日本山林会, (1930)
- 87) ———: マツに関する基礎造林学的研究 第三報 苗木の芽条並に根系の形成とその床替との関係, 東大演報, **22**, (1936) p. 1~42
- 88) 佐藤民雄: ヒバの樹冠と根張り大きさに関する二三の考察, 日林誌, **15** (12), (1933) p. 1182
- 89) 坂口 林: 九州水害報告・造林の部, 林業試験場報告, **69**, (1954) p. 140~165
- 90) SCHULTZ, A. M., LAUNCHBAUGH, J. L. and BISWELL, H. H.: Relationship between grass density and brush seedling survival. *Ecology*, **36**, (1955)
- 91) SCHMITT, A. K.: Beitrag zur Waldtypenfrage. *Allg. F. u. Jadzgtg.*, (1936)
- 92) 柴田信男: 杉の根系に就て, 日林誌, **17** (8), (1935) p. 591~614
- 93) 白沢保美: 土壌粒の大小と苗木根組織との関係, 林業試験場報告, **8**, (1910) p. 21
- 94) STEVENS, C. L.: Root growth of white pine (*Pinus strobus*). *Yale Univ. Sch. of Forestry Bull.*, **32**, (1931) p. 62
- 95) STEGLICH · DEGENKOLB · BARTH: Statik des Obstbaus. *Arbeiten der Deutschen Landwirtschaft—Gesellschaft. Ht.*, **132**, (1907)
- 96) 高木一三: 桑の根系に関する研究 (第 1, 2 報), 東京高等蚕糸校研究報告, **1** (1) **233**, (4) **269** (1937) p. 38
- 97) 田添 元: 土壌の種類に依る北海道産主要樹の根系の変化に就て, 日林講, (1939) p. 112~115
- 98) 玉利長助: 松の根相と更新, 日林誌, **14** (1), (1932) p. 1~23
- 99) 寺崎 渡: 森林樹木の根及根系の研究に関する文献的研究, 日林誌, **10** (1), (1928) p. 35~40
- 100) TOUMEY, J. W.: Foundations of silviculture upon Ecological basis. (1928)
- 101) TOUMEY and KIENHOLZ: Trenched plot under forest Canopies. *Yale Univ. School of Forestry Bull.*, **30**, (1930)
- 102) TURNER, L. M.: A comparison of roots of southern shortleaf pine three soil. *Ecology*, **17**, (1936) p. 649~658
- 103) 中馬 尙: 赤松林の林分構成とその施業法, 松林施業法論文集, (1943) p. 463
- 104) WATT, A. S. and FAOER, G. K.: Tree root and field layer. *Jour. of Ecology*, **21**, (1933) p. 404
- 105) 渡辺資伸: エゾマツ, トドマツの根の生長関係, 日林講, (1940) p. 91

- 106) 上田弘一郎: 森林植生型の造林学的研究, 京大演報, **19**, (1950)
- 107) WEAVER, J. E.: Root distribution of trees in relation to soil profile. *Ecology*, **19**, (1938) p. 155~156
- 108) ———: The ecological relations of roots. *Carneyie. Inst. publ.*, **286**, (1919)
- 109) ——— and URAMERR, J.: Root system of *Quercus macrocarpa* in relation to the invasion of prairie. *Bot. Gaz.*, **94**, (1932) p. 51~85
- 110) ——— and CRIST, J.: Relation of hardpan to root penetration in the great plants. *Ecology*, **3**, (1922) p. 237~249
- 111) WIEDEMANN, E.: Die ertragknudlich und waldbaulich Brauchbarkeit der Waldtypen nach Cajander in sächsischen Erzgebirge., *Allg. F. u. Jadtzgt.*, (1929)
- 112) WILBUR, H. D.: Root system of woody plants of old fields of Indiana. *Ecology*, **16**, (1935) p. 554~567
- 113) 山田品一: 微細地形解析に関する森林立地学的研究, (1955) p. 189~215
- 114) 吉岡邦二: 八甲田山植物の地下器官に就て, *生態学研究*, **1, 2, 3, 4**, (1935, 36, 37, 38)
- 115) ———: 泥炭地樹木の根の偏厚と応合に就て, *生態学研究*, **3** (1), (1937)
- 116) 矢野悟道: 林床植物の根群について, 第19回日本植物学会講演要旨, (1954)
- 117) 八幡鉄太郎・稲野良助: 京都市附近における造林地暴風被害について, *目林誌*, **18** (1), (1936) p. 36
- 118) 山内義人: 牧野景観, 北海道牧野協会, (1933) p. 507
- 119) YEFTMEN, C. W.: Tree root development an upland heaths. *Forestry Commission Bull.* No. 21 (1955)

**Studies on the Form and Distribution Habit of the Tree Root.**

Noboru KARIZUMI

(Résumé)

The importance of the study on the root form in relating to plant community and soil environment has been recognized since the beginning of this century, and the fundamental problem of root classification as an indicator of soil environment, the competition of roots, and physiological functions to water and oxygen have been studied by some ecologists: J. E. WEAVER, F. E. CLEMENTS, W. A. CANNON etc.

However, their works have generally dealt with the observation of the qualitative root form and its description, consequently their reports seemed to be a subjective interpretation.

Furthermore, herb communities or seedlings of trees have been mostly used as the materials for these investigations, whereas very scant study has been directed on the condition of under ground parts of trees which are difficult to investigate.

Accordingly, an investigation on the root form and its distribution was carried out on about fifty kinds of trees from 1952 to 1955 in the Forest Experimental Station's forest, and the classification of their root forms was made in order to clarify the relation between the habitat and the root distribution.

**The technical terms of roots which appear in this paper.**

M. BÜSGEN classified the roots into three main classes: tap-root (Pfahlwurzel), flat-root (Flachwurzel), and heart-root (Herzwurzel). And further, H.H. HILF defined the roots considered to support tree-trunks near the stumps as "support-root" (Stutzwurzel), fine lorate roots which are grown from the support-root as "tug-root" (Zugwurzel), those which develop in humus layer as "humus-root" (Humuswurzel), fine roots which absorb the water and nutrients as "absorbing-root" (Humussaugwurzel), big tap-like roots which develop from supporting roots (they can be found in pine species) as "subtap-root" (Nebenpfahlwurzel), and big pending roots as "anchor-root" (Anker oder Abläuterwurzel) J.E. WEAVER used such terms as tap-root, lateral-root, and main-root in a description of the roots of grass, herbs and saplings. However, it is not correct to designate terms of roots based on the unknown physiological functions of roots; and in explaining each part of various roots, it is sometimes difficult to use the terms according to the above-mentioned definitions.

Therefore, in my description of roots of various trees, I used the following terms:

pendent root, which develops vertically; oblique root, which develops obliquely; horizontal root, which develops horizontally.

The classification of root size is decided as follows: the roots with a diameter of less than 0.2 cm were defined as fine root, those from 0.2 cm to 0.5 cm as small-size root, those from 0.5 cm to 2 cm as medium-size root, and those more than 2 cm as large-size root. Then, on the description of root form, terms of both classifications were used.

However, the terms tap-root and lateral-root, shall be used only in the description of seedlings.

**The method of investigation.**

The sample trees which had normally developed were chosen following preparatory

research, and were measured for such various factors as the tree height, the diameter of breast height and the age etc. A trench 2 or 3 *m* long by 1 *m* wide was made, and the depth where no roots were discovered was set for root investigation. The profile at the distance of 50 *cm* from the stump was defined as profile A, and the other at the distance of 150 *cm*, as profile B. (Phot. 19.)

A quadrat of 1 *m* × 1 *m* which was divided into smaller quadrats (10 *cm* × 10 *cm*) was set on the profile of the trench. In each small quadrat, the number of roots (over 2 *mm* in diam.) was counted, roots of a diameter more than 2 *mm*, and fine roots were estimated by frequency, because it is very difficult to count the number of fine roots. It was measured by the six frequency classes (+~5) according to Table 1.

The results, measured by these methods, are shown in the many diagrams of various species.

After these, a sketch was made and a photograph of root distribution taken; then the relation between roots and soil was closely observed on the profile A.

#### Soils of the investigated stands.

The soils of the stands are loam soils of a volcanic ash, the so-called Kanto loam, which are distributed extensively in the Kanto district. Generally, in the investigated stands, the black volcanic ash soil covers the upper layer to a depth of from 50~60 *cm*, and the red volcanic ash soils occupied a position deeper than the black one. But, the depth of black ash soils are a little different in various places. For that reason they were divided into three parts as groups as follows.

##### 1. The shallow black ash soil.

- Ao : 2~3 *cm* Litter and humus.  
 Ia : 20~30 *cm* Rich organic matter, stoneless, loam, just moist, black.  
 Ib : 20~30 *cm* Moderate organic matter, stoneless, loam, spongy, just moist, ashy black.  
 IIa : 20~30 *cm* Less organic matter, stoneless, loam, closed, moist, dark yellowish orange.  
 IIb : 60~80 *cm* No organic matter, stoneless, ash loam, closed compact, and hard like a wall, moist, yellowish brown.  
 IIc : 30~40 *cm* No organic matter, stoneless, loam, closed, yellowish brown, moist.  
 IId : 20~30 *cm* No organic matter, stoneless, loam, ashy yellow, wet.  
 III : 3~5 *cm* Deposit of oxidized iron.  
 IV : Ashy yellow, loam, water-logged.

##### 2. The deep black ash soils.

- Ao : 2~3 *cm* Litter and humus.  
 Ia : 20~30 *cm* Rich organic matter, stoneless, loam, porous, just moist, black.  
 Ib : 30~40 *cm* Moderate organic matter, stoneless, loam, spongy, just moist, ashy black.  
 Ic : 20~30 *cm* Closed, no organic matter, black.  
 Id : 90~100 *cm* Compact, black.  
 IIa : 10~20 *cm* Did not include organic matter and stone, yellowish orange, loam, wet.  
 IIb : 10 *cm* Ashy yellow, water-logged.  
 III : 3~5 *cm* Deposit of oxidized iron.  
 IV : Yellowish white gray, water-logged.

##### 3. The high ground water.

- Ao : 1~2 *cm* Litter and humus.

- I a : 15~20 cm Rich organic matter, loam, stoneless, moist.  
 I b : 60~70 cm Moderate organic matter, black, wet.  
 I c : 20~30 cm Water-logged.  
 IIa : Blueish gray, includes stones, deposited iron, hard.

As above described, these are three soil types in this stand, but part 3, in which ground water is very high is not particularly important in this study. Part 1 and part 2 are very much alike in the physical and chemical qualities. According to the result obtained in this work, the definite differences of the root form and its distributions of the same species is not recognized between shallow black ash soil and deep soil. Therefore, the soil difference of two parts may be considered less important to classify the root forms. The physical characters of these soils are as shown in Fig. 2.

Specimens which belong to Part 1.

*Pinus densiflora*, *Pinus Thunbergii*, *Pinus parviflora*, *Pinus Teada*, *Pinus palustris*, *Pinus rigida*, *Pinus strobus*, *Cryptomeria japonica*, *Taxodium distichum*, *Picea excelsa*, *Tsuga Sieboldii*, *Chamaecyparis obtusa*, *Chamaecyparis pisifera*, *Quercus myrsinaefolia*, *Quercus salicina*, *Quercus gilva*, *Carpinus Tschoniskii*, *Fagus crenata*, *Fagus japonica*, *Prunus Buergeriana*, *Cinnamomum Camphra*, *Idesia polycarpa*, *Magnolia Kokus*, *Platycearya strobilacea*, *Styrax Obassia*, *Mallotus japonicus*, *Alnus hirsuta* var. *sibirica*, *Magnolia obovata*, *Aesculus turbinata*, *Cercidiphyllum*, *Sophora japonica*, *Zelkova serrata*, *Fraxinus japonica*, *Quercus variabilis*, *Castanea crenata*.

Specimens which belong to Part 2.

*Abies firma*, *Castanopsis cuspidata* var. *Sieboldii*, *Pasania edulis*, *Paulownia tomentosa*, *Kalopanax septemlobus*, *Firmiana platanifolia*, *Aphananthe aspera*, *Juglans ailanthifolia*, *Aphananthe aspera*, *Juglans ailanthifolia*, *Cornus controversa*, *Fraxinus americana*, *Quercus acutissima*.

Specimens which belong to Part 3.

*Celtis sinensis*, *Alnus japonica*.

#### The classification of the root form and its distribution.

The roots of many species were classified into three main classes by H. BÜSGEN, E. MÜNCH and H. HILF, and the species belonging to each class were designated tap-root trees, flat-root trees and heart-root trees. The standard of these classifications was chiefly determined by the form of the roots supporting the parts above the ground of the trees, namely, the form of the roots relating with the physical function.

In addition, a classification was made by R. GOETHE, comprising, deep-root type and shallow-root type in the depth or extensive-root type, and intensive-root type in the expanse.

Although these classifications are somewhat obscure, they can be regarded more significant than the classification stated above because they take into consideration not only the physical function of the root but also the other functions of it.

CANNON<sup>11)</sup>, WEAVER<sup>109)</sup>, FREIDENFELT undertook to classify the root function of herbs and grass from the physiological point of view, especially considering soil environments such as water condition of the stand, physical and chemical properties of soil and the depth of soil etc. Radicoid type classified by NUMATA<sup>75)</sup> and root type of a fern classified by SAEKI<sup>15)</sup> were adopted for this purpose, because these classifications were made putting an emphasis upon the multiplication of roots considering the immediate relationships between the multiplication

method of species and the function of underground parts.

The classification of this ground organ has been recently carried a step farther by HORIKAWA and YANO<sup>39)</sup>. They settled the three standards of classification, such as root sphere type, root depth type, morphological type, besides the root types by NUMATA and obtained good results on the analysis of the ground parts of grass and herb community.

As mentioned above, the various quantitative analyses are made of the underground parts of grass and herb community.

On the other hand, the analysis of underground parts of high trees which are dominant in a forest community remained only in qualitative classification, and few quantitative analyses were made. So, emphasis must be laid on the root distribution and form, especially on the vertical distribution, consequently the roots were classified qualitatively by the following seven factors.

- 1: The fine roots distribution by depth.
- 2: The distribution of the number of big roots by depth.
- 3: The frequency of each depth 10 *cm*.
- 4: The density of fine roots.
- 5: The number of big roots.
- 6: The maximum depth.
- 7: The form.

Now, let us consider the ecological meanings of these factors. The fine roots which consist mostly of absorbing roots are closely connected with root functions such as absorption of water and nutrient. And whether they distribute on the shallow layer or deep layer shows the adaptability of roots to the supply of water, nutrient and oxygen.

The distribution of the number of big roots, as well as that of fine roots, has a close relation with the absorbing and physical functions of roots. Therefore, the root classification was made by the combination of the factors showing from 1 to 6 which were decided by the quantitative measurement.

Before making this classification, each factor was classified into the types ranking from 4 to 5 according to the nature of the distribution. Thus, the combination of these types was made.

The seventh feature of root was set aside as the standard for the sub-type classification. The standard of ranking of the factors is as follows.

- 1: The distribution type of fine roots.

Considering the average depth where almost no roots appear in various species and the vertical distribution curve, the distribution type was classified by the containing rate of fine roots included in three separated layers of 30 *cm*, 60 *cm*, and 120 *cm*.

- 1: Those which distribute more than 85% from the surface to the depth of 30 *cm*.
- 2: Those which distribute more than 15% in the layer deeper than the depth of 30 *cm* except 1 and 2.
- 3: Those which distribute more than 10% in the layer deeper than the depth of 60 *cm* except 1.
- 4: Those which distribute more than 5% of the whole fine roots in the layer deeper than the depth of 120 *cm*.

- 2: The distribution type of the number of big roots.

As in the case with fine root, types are classified according to the depth of 30 *cm*, 60 *cm*, and 120 *cm*.

- 1: Those which distribute more than 90% from the surface to the depth of 60 *cm*.
- 2: Those which distribute more than 10% in the layer deeper than the depth of 60 *cm* except 1 and 2.
- 3: Those which distribute in the layer deeper than the depth of 120 *cm* but do not exceed 10%.
- 4: Those which distribute more than 10% of the number of the whole big roots in the layer deeper than the depth of 120 *cm*.
- 3: The distribution type of frequency.

Just as in the case of the distribution classification of fine roots, this is decided according to the depths of 30 *cm*, 60 *cm* and 120 *cm*.

- 1: Those which do not belong to the preceeding three types.
- 2: Those which have the successive distribution of the value more than 80% from the surface to the depth of 60 *cm*.
- 3: Just the same as 1 but those of which total value of intensity is less then 150.
- 4: Those which have the successive distribution in each layer with the intensity of more than 150, which is the total value of intensity in the layer deeper than 120 *cm*.

4: Total density of fine roots.

- 1: Total of index number of fine roots less than 50.
- 2: 50~100.
- 3: 100~150.
- 4: 150~200.
- 5: More than 200.

5: The number of big roots.

- 1: Less than 100 pieces on the whole profile.
- 2: 100~200.
- 3: 200~300.
- 4: More than 300.

6: The maximum depth of root development.

- 1: Less than 150.
- 2: 150~200.
- 3: 200~250.
- 4: More than 250 *cm* or that reach at the underground water.

The arrangement of the preceeding 6 factors of various species are shown in table 2, and the nature and quality of each factor can be classified into the following 7 types.

The name of those root types was designated by the name of the principal species which belong to the type.

Distribution and intensity of the fine roots and the number of big roots and frequency in each layer are shown in figs. 53~59.

#### The types of root system.

- 1: Akamatsu root type: *Pinus densiflora* root type.
- 2: Sugi root type: *Cryptomeria japonica* root type.

- 3 : Katsura root type : *Cercidiphyllum japonicum* root type.  
 4 : Aogiri root type : *Firmiana plantanifolia* root type.  
 5 : Sirakasi root type : *Quercus myrsinaefolia* root type.  
 6 : Mizuki root type : *Cornus controversa* root type.  
 7 : Kusunoki root type : *Cinnamomum Camphra* root type.

#### The explanation of each root type.

- 1 : Akamatsu root type : *Pinus densiflora* root type.

This type is presented as 2-1-4-2-3-4 which are arranged in order thus : the distribution of the fine roots classified by the various depths, the density index of fine roots, the distribution of the number of big roots classified by the various depths, the number of big roots, frequency and the maximum depth. This type is characterized by well developed horizontal roots which grow rope-like in the upper layer, therefore, the fine roots are profusely distributed over the upper layer.

The big pendent root can easily penetrate into the deep compact soil, and the number of big roots are comparatively profuse even in the deep layer.

The degree of frequency is comparatively large in the deep layer as well as the distribution of number of big root. Few branched roots are generally observed in this type. The development of the fine roots is not profuse, compared with the other root types which also appear in the case of the number of big roots. The maximum depth is deep enough to reach the underground water. (Fig. 4 · 53, Phot. 4)

- 2 : Sugi root type : *Cryptomerai japonica* root type.

This type is presented as 4-3-3-2-4-3, and is characterized by the big pendent roots and oblique roots which are not so long as those of *Pinus densiflora* root type.

The fine roots as well as the number of big roots are profuse in the deep layer, therefore, degree of frequency is also large in the deep layer. The number of branch roots and the number of big roots are few compared with the *Quercus myrsinaefolia* root type. Even in the deep anaerobic compact solid soil, development of the horizontal roots can be observed.

The maximum depth of this type is next to that of *Pinus densiflora* and *Cercidiphyllum japonicum* root type. (Fig. 11 · 54, Phot. 16)

- 3 : Katura root type : *Cercidiphyllum japonicum* root type.

This type is presented as 4-5-4-4-4-4 and the pendent roots develop so deep that they distribute many fine roots and a number of big roots in the anaerobic compact solid soil. Therefore the frequency of roots in the deep layer is also large, and often the fine roots develop to a tufty-like group.

The maximum depth of this type is deeper than that of *Pinus densiflora* root type. The roots of this type well develop even in the underground water and penetrate through the gray soil. (Fig. 44 · 55, Phot. 86)

- 4 : Aogiri root type : *Firmiana plantanifolia* root type.

The type is presented as 3-2-3-2-4-3 and develop a few big pendent roots but they are not particularly deep. The number of big roots is comparatively small and the development of branch roots is not profuse. The fine roots have a strong tendency to develop in a group in the deep layer. The maximum depth is a moderate one and shows the depth ranking from 150 to 200 cm at the investigation site. (Fig. 34 · 56, Phot. 67)

- 5 : Sirakasi root type : *Quercus myrsinaefolia* root type.

This type is presented as 2-4-2-4-2-2 and is characterized by well developed oblique roots with medium and large diameter, and in most cases they curve upward.

The fine roots are slender, having many branches and are profusely distributed in the shallow layer; root development in the deep layer is not profuse. Many branch roots are large, and these roots gather in a massed state around the stump. The maximum depth is somewhat shallow. (Fig. 17·57, Phot. 34)

6: Mizuki root type: *Cornus controversa* root type.

This type is presented as 1-2-2-2-2-2 and is characterized by the well developed horizontal root which grows in a rope-like manner. These roots run laterally in the shallow layer developing to a radial direction. The fine roots are especially profuse in the shallow layer, and they are distributed in a thread-like group.

The distribution of the number of big roots is also profuse in the shallow layer. In the deep layer, the development of the fine roots as well as the number of big roots is hindered. The maximum depth in most cases is shallow. (Fig. 47·58, Phot. 93)

7: Kusunoki root type: *Cinnamomum Camphra* root type.

This type is presented as 1-1-2-1-1-3 and the short big pendent and oblique roots are developed.

Their development in the deep layer and compact soil is scanty. The fine roots are profuse and tufty-like in the shallow layer. The branches are few, consequently the number of big roots is small. Their distribution is intensive in the shallow layer as is the case with the fine roots. The maximum depth is shallow, and the distribution of the diameter class shows many large diameter roots as given in table 4. (Fig. 30·59, Phot. 58).

As described above, roots can be classified into 7 types, and moreover, these types can be further classified into 23 subtypes by the following standard of root form as shown in table 3.

- 1: Those which have the big, long pendent roots, developing vertically just below the stump.
- 2: Those which have the big and curved pendent roots and have few roots branching.
- 3: Those which are characterized by the big oblique root and the pendent roots.
- 4: Those which are characterized by the small and medium size roots hanging down as a beard.
- 5: Those which are characterized by the well developed horizontal roots which grow in a radial direction and run laterally in the shallow layer.
- 6: Those which have few horizontal roots which develop laterally, but in which the short horizontal roots and the oblique roots are well developed.
- 7: Those which are remarkable for many branchings of the oblique root.
- 8: Those which are marked by the poor development of the big pendent roots and other pendent roots.

The summarized result on the root form of various species is shown in table 3. The table shows that the types of root development are characteristic in each species.

The relation between diameter and number of roots is shown in table 4.

Many small diameter roots 0.2~0.5 mm are observed with *Quercus myrsinaefolia* and *Cercidiphyllum japonicum* root types, but *Firmiana plantanifolia* and *Cinnamomum Camphra* root types have many large diameter roots.

The diameter of absorbing roots, as shown in table 5, are small on the *Quercus myrsinaefolia* root type but large on the *Cornus controversa*, *Firmiana plantanifolia* and *Cinnamomum Camphra* root type.

#### The relationship between the root type and their stand.

The relationship between the root system and their stand is shown in table 7. The group of species which are considered as members of the sub-xerophytic community can be divided into two kinds of root types, i.e. the deep-rooted type such as *Pinus densiflora*, *P. Taeda*, *P. palustris* and *P. Thunbergii* which belong to *Pinus densiflora* root type and the shallow-rooted types such as *Tsuga Sieboldii*, *Chamaecyparis obtusa* and *Platycarya strobilacea* which belong to *Quercus myrsinaefolia* root type.

The group of species which are considered as members of the sub-hydrophytic community can be divided also into two types i.e. the shallow-rooted species of *Cornus controversa* root type and the deep-rooted species of *Cercidiphyllum japonica* root type.

The relationship between the difference of soil moisture condition and these types is hardly recognized.

But on the physiological functions of root, there are many problems for further study. It is considered that there is a certain frame of adaptation for the variation in the soil factors (water, oxygen and fertilizer). That is to say, the development of anaerobic roots are naturally different in their distribution from those of aerobic roots, owing to their nature and quality. Therefore, it is desirable to clarify natural features on the various species.

The relationship between the distribution of fine root and volume air of the soil in field condition is shown in Fig. 61.

#### The relation between root form of seedling and high tree root form.

In order to clarify the construction of the root form of trees stated above, an investigation was made on the root form of various seedlings.

These root forms of seedlings can be classified by the following standard shown in table 8.

Type A : The main roots are long and thin, the lateral roots are long.

Type B : The main roots are big and the lateral roots are extremely short.

Type C : The main roots are short and the lateral roots are long.

From this table it will be seen that all coniferous trees in this stage of growth belong to type A, and almost all of the nut-seed species such as *Quercus acutissima*, *Quercus variabilis* belong to type B, in spite of the type classification of adult trees.

That is to say, the root forms of seedlings have an immediate connection with the hereditic nature of the species, and are considerably different from the root form classification of adult trees which have become adapted to the environment.

Even among the same type A two kinds of root can be found, one is *Pinus* species such as *Pinus densiflora*, *Pinus Thunbergii* which continue the development of main roots to the big pendent roots until the seedlings become adult trees, and the other is *Cryptmeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* of which the main roots stop their growing in the early stage.

These phenomena also can be observed on types B and C. Therefore, it is dangerous to presume the root form of adult trees by those of seedlings.

**The epitrophie and agglutination.**

The phenomenon of epitrophie on the roots is generally observed in the horizontal roots in the shallow layer, and the species are limited to *Abies firma*, *Picea excelsa*, *Tsuga Sieboldii*, *Chamaecyparis obtusa*, *Chamaecyparis pisifera*, *Quercus myrsinaefolia*, *Cinnamomum Camphra*, *Celtis sinensis*, *Magnolia Kobus*, *Aphananthe aspera*, *Platycarya strobilacea*, etc. All are shallow rooted species except *Abies firma*. This phenomenon of epitrophie is said to happen by the stimulation on the upper and under side of the roots according to the shake of tree trunks.

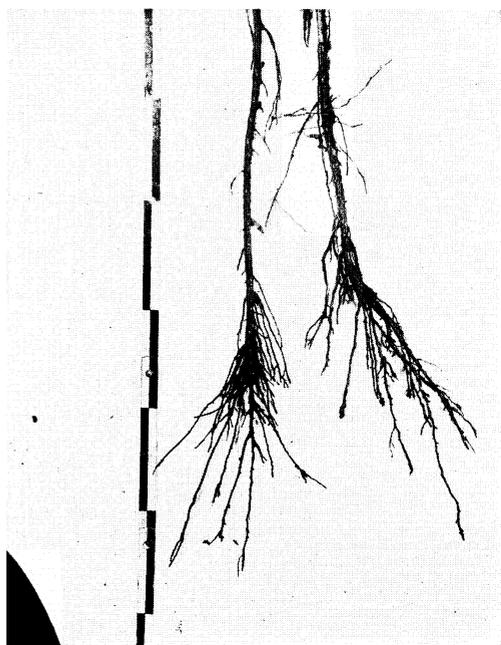
This phenomenon is seldom observed in the deep-rooted species such as young *Pinus* species.

Agglutination happens when roots overlap one another and physically agglutinate together. This phenomenon is often observed in the area within 50 cm from the stumps and especially on the deep rooted *Quercus* and *Pinus* species in the deep compact soil.



Phot. 1. モミの根系： 数本の太い垂下根が深くまで入つていて、分岐は少ない。

Root system of *Abies firma*.  
Few pendant roots penetrate into the deep soil.



Phot. 2. モミの小径根の分岐の状態： 掌状に $20^{\circ}$ ~ $30^{\circ}$ の角度で分岐する。

Forked roots of *Abies firma*.  
They were palmately forked in angle  $20^{\circ}$ ~ $30^{\circ}$ .



Phot. 3. モミの調査木 (白いマーク)  
Stand of *Abies firma*, and the tree excavated (marked).



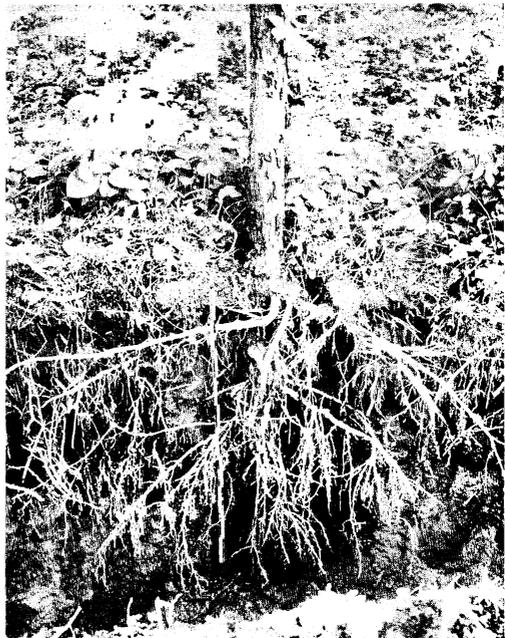
Phot. 4. アカマツの根系： 太い垂下根が深くまで入る、土壌が固い壁状のところでは屈曲が著しい。

Root system of *Pinus densiflora*.  
Large pendent roots are developed into the deep soil, and large horizontal roots are scarcely developed.



Phot. 5. クロマツの根系: 太い垂下根の発達が著しいが、分岐は少ない。

Root system of *Pinus Thunbergii*.  
Large horizontal and pendent roots are remarkable in this root form.



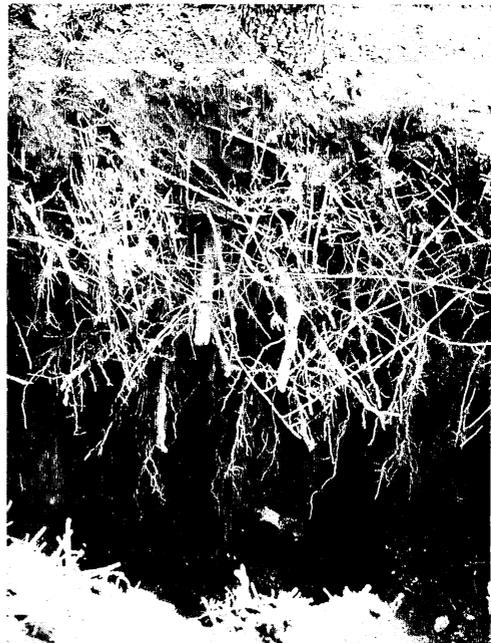
Phot. 6. ヒメコマツの根系: 若い木でも水平根と太い垂下根が明瞭である。

Root system of *Pinus parviflora*.



Phot. 7. テーダマツの根系: 垂下根が深くまで発達している。

Root system of *Pinus Taeda*.  
Many pendant roots are developed into the deep soil.



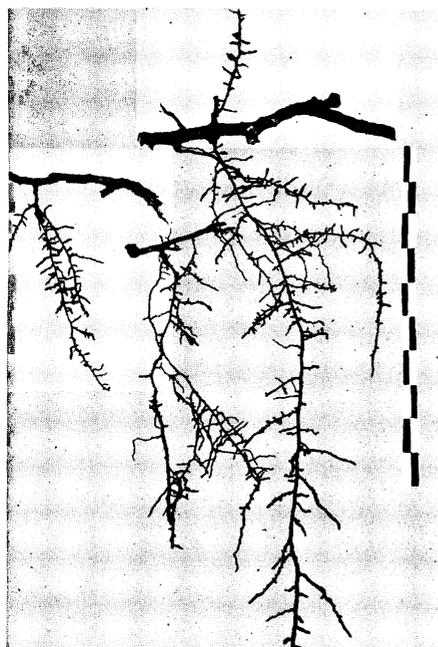
Phot. 8. ダイオウマツの根系  
Root system of *Pinus palustris*.



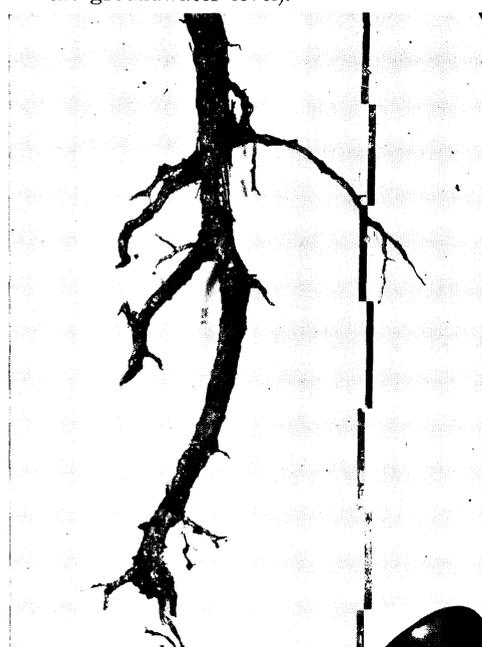
Phot. 9. ダイオウマツの調査木(白いマーク)。  
Stand of *Pinus palustris*, and the tree  
excavated (marked).



Phot. 10. リギダマツの根系: 地下水付近では土の  
裂目に沿つて網目状になつている, 斜出根の分岐  
が著しい。(白線は地下水の上部)。  
Root system of *Pinus rigida*.  
Reticulated roots grow along to clefts of hard  
soil at the groundwater level (white line is  
the groundwater level).



Phot. 11. リギダマツの細根。  
Fine roots of *Pinus rigida*.



Phot. 12. 深部のリギダマツの根: 小径根, 細根が  
少ない。  
Roots in the deep compact soil. Small and fine  
roots are few.



Phot. 13. リギダマツの調査木。

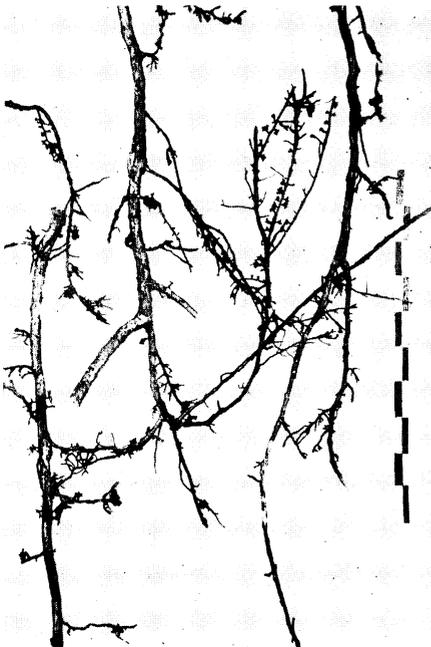
Stand of *Pinus rigida*, and the tree excavated (marked).



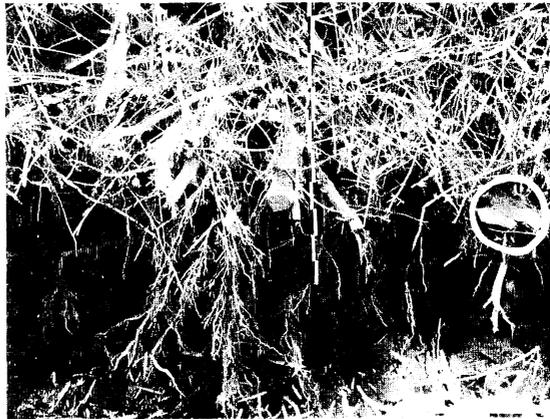
Phot. 14. ストローブマツの根系: 水平根の発達は著しいが、垂下根は深さ120cm付近で成長が止つている。

Root system of *Pinus strobus*.

Extension of large pendent roots are stopped at the compact red soil of the depth 120 cm.



Phot. 15. ストローブマツの細根: 菌根の状態。  
Fine roots of *Pinus strobus* with mycoliza.



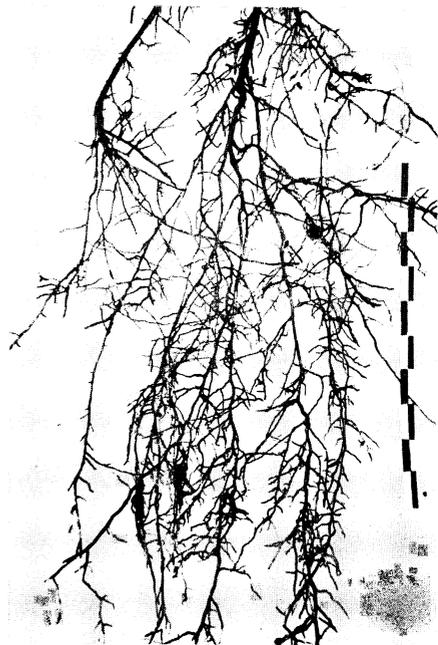
Phot. 16. スギの根系: 横走する水平根と深くにまで分布する細根 (白いマークは水平根の癒合)。

Root system of *Cryptomeria japonica*.

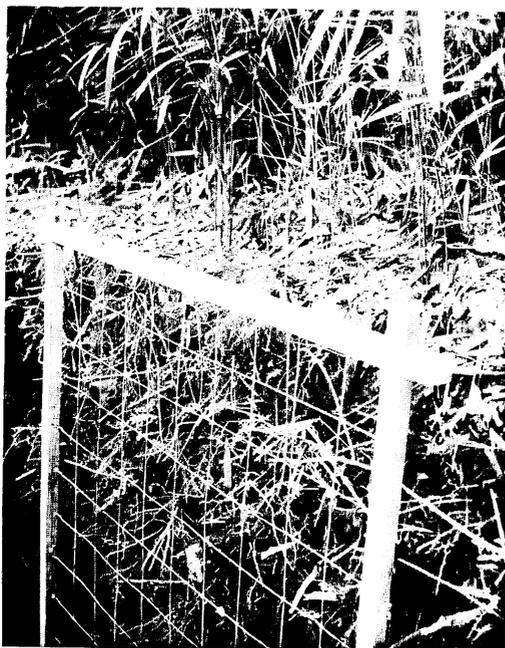
Large and long level roots extend along the surface layer, and fine roots are developed into the deep layer (white mark shows the agglutination of horizontal roots in the compact soil).



Phot. 17. 深さ 100 cm 付近の緻密な土壤中に発達したスギの根。  
Roots of *Cryptmeria japonica* are developed into the hard and compact soil (about depth 100 cm).



Phot. 18. スギの細根: 吸収根が太く房状に  
でる。  
Fine roots of *Cryptmeria japonica*. Absorbing roots are tuft-like form, and their diameters are 0.6~0.8 mm.



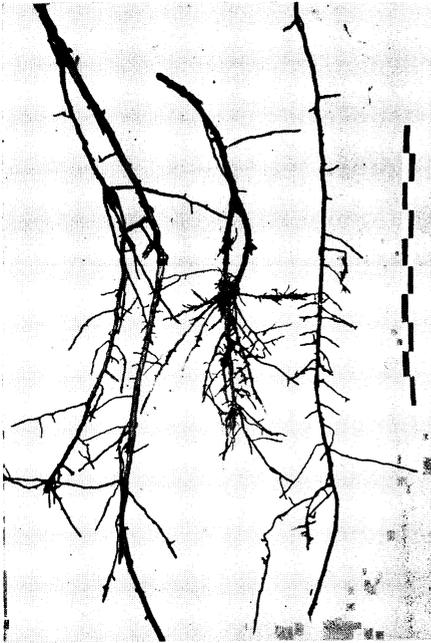
Phot. 19. トレンチの A 断面にあらわれたスギの根系とアズマネザサの根系。

Root system of *Cryptmeria japonica* and *Alundeneria Chino*, that were exposed at the profile A of the trench (vertical quadrat used to research).



Phot. 20. ラクウショウの根系: 太い垂下根が深くまで侵入し、その先端部は数本の小径根に分岐している。

Root system of *Taxodium distichum*. Large pendent roots are penetrated into the deep soil, and their tops are divided into many small roots.



Phot. 21. ラクウショウの細根：吸収根は太い。

Fine roots of *Taxodium distichum*. Diameters of absorbing roots are 0.6~0.8mm.



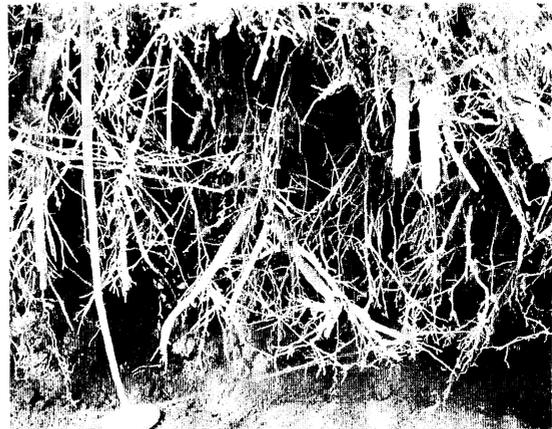
Phot. 22. ラクウショウの調査木（白いマーク）。

Stand of *Taxodium distichum*, and the tree excavated (marked).



Phot. 23. オウシウトウヒの根系

Root system of *Picea excelsa*. Many forked roots are developed in the deep soil.



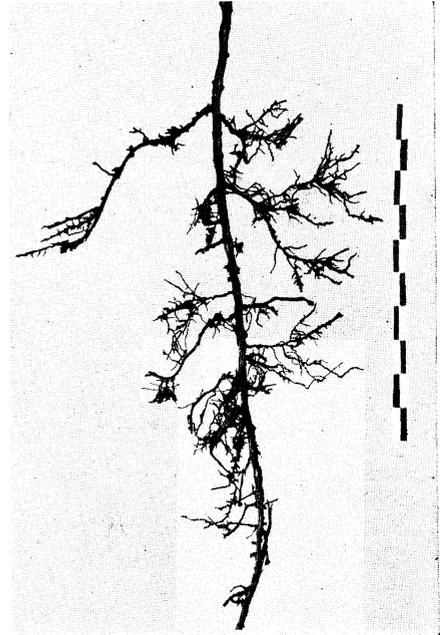
Phot. 24. ツガの根系：土壌の固いところでは垂下根の発達が悪く、分岐が多い。

Root system of *Tsuga sieboldii*. Development of pendent roots are stopped, and much forked in the hard and compact soil.



Phot. 25. ツガの根系: 垂下根が根株の下に束状になり、分岐が多い。水平根は太く、広く拡がる。

Root system of *Tsuga Sieboldee*. Pendent roots are developed as bundles, at the bellow of stump, and level roots extend widely.

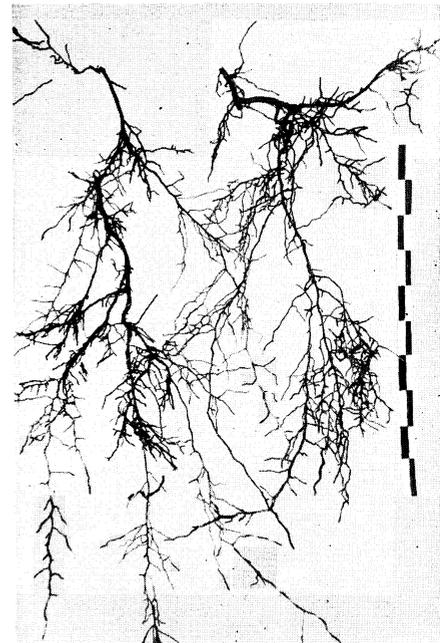


Phot. 26. ツガの細根。

Fine roots of *Tsuga Shieboldii*. Pendent roots are not developed in the depth 190 cm of the hard and compact soil.



Phot. 27. ヒノキの根系: 上層部には細根が多い。  
Root system of *Chamaecyparis obtusa*. Many fine roots are developed in the upper soil layer.



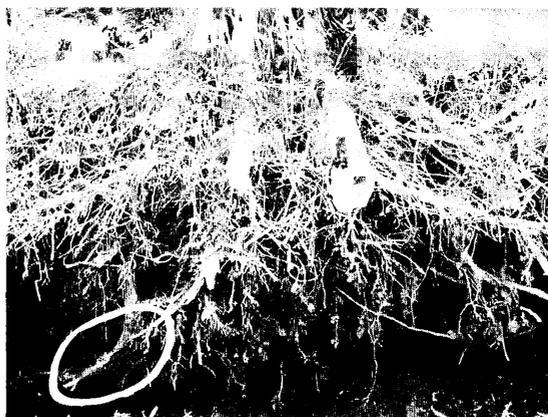
Phot. 28. ヒノキの細根。

Fine roots of *Chamaecyparis obtusa*. Tuft like absorbing roots of their diameters 0.6~0.8 mm.



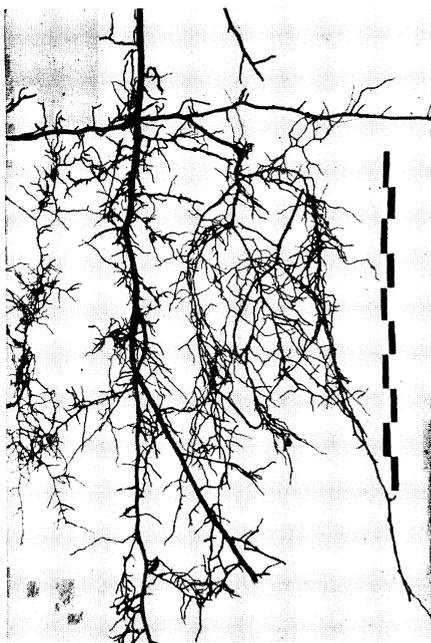
Phot. 29. ヒノキの調査木。

Stand of *Chamaecyparis obtusa*, and the tree excavated (marked).



Phot. 30. サワラの根系：根系が地表部に近く層状に分布し、固い土壌の中には侵入せず、この層に沿って水平に発達している。水平根は偏厚している（白いマーク）。

Root system of *Chamaecyparis pisifera*. Pendant roots are not penetrated into the hard deep soil, and almost fine roots are distributed on the upper soil layer and mycoliza are developed upon them.



Phot. 31. サワラの細根。

Fine roots of *Chamaecyparis pisifera*.  
Diameters of absorbing roots are 0.6~0.8 mm.



Phot. 32. サワラの根：斜出根が固い土壌のところ発達する方向を変えて上にのびている。

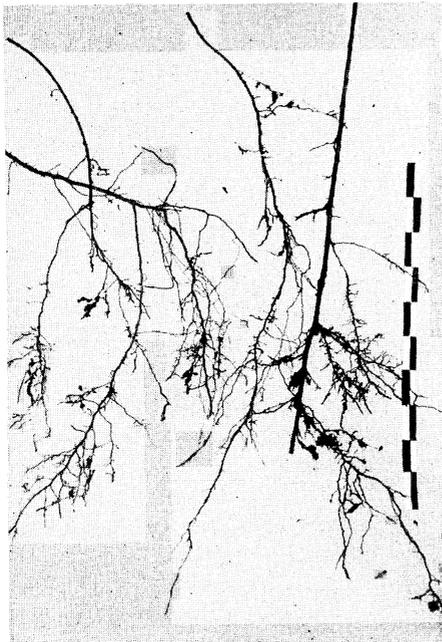
Root system of *Chamaecyparis pisifera*. Oblique roots curve up to the upper layer in the hard soil.



Phot. 33. サワラの調査木 (白いマーク)。  
Stand of *Chamaecyparis pisifera*, and the tree excavated (marked).



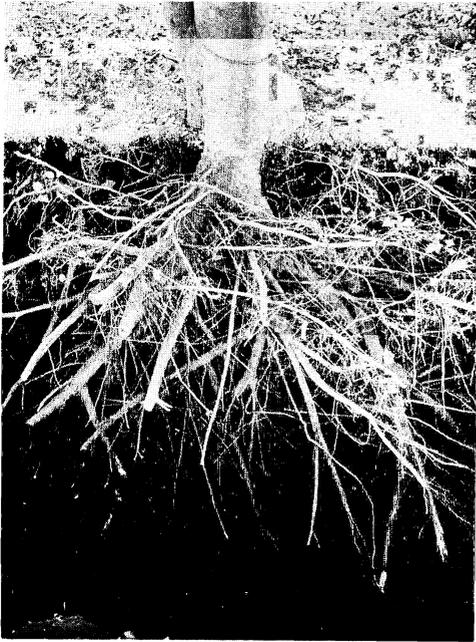
Phot. 34. シラカシの根系: 分岐が複雑で、小・中径根が多く、分岐のしかたは直線的である。  
Root system of *Quercus myrsinaefolia*. Small and medium forked roots are dominant.



Phot. 35. シラカシの細根: 吸収根は部分的に塊状になる。  
Fine roots of *Quercus myrsinaefolia*. Absorbing roots have partially small lumps.

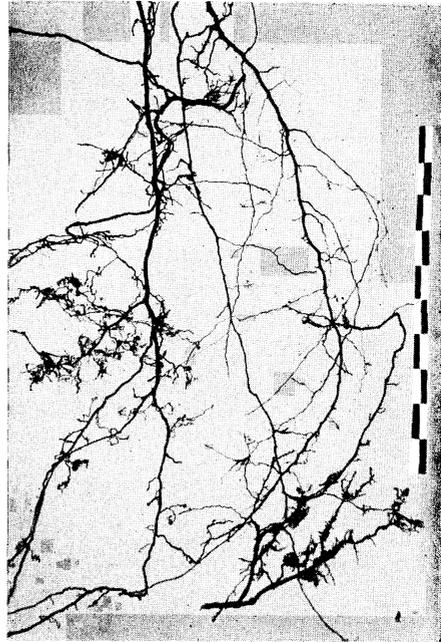


Phot. 36. シラカシの調査木 (白いマーク)。  
Stand of *Quercus myrsinaefolia*, and the tree excavated (marked).



Phot. 37. ウラジロガシの根系：斜出根の分岐が著しいが、シラカシよりは分岐が少ない。

Root system of *Quercus salicina*. Forked oblique roots are much developed.

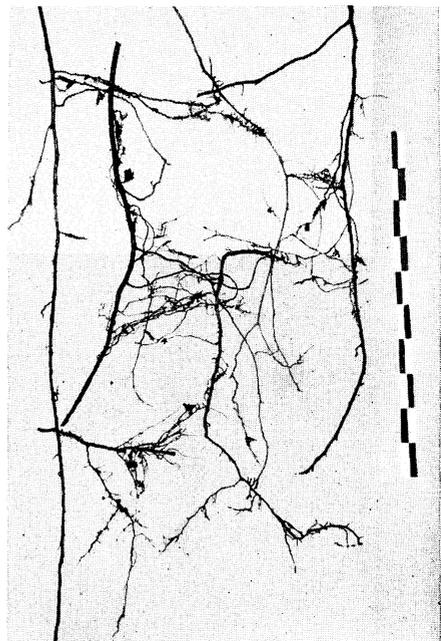


Phot. 38. ウラジロガシの細根：吸収根が塊つて部分的にでる。

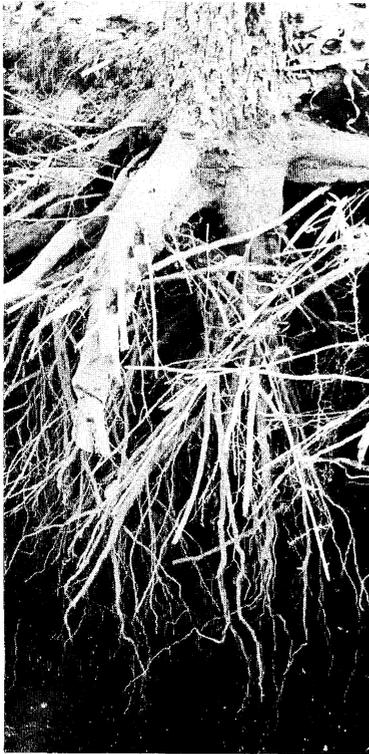
Fine roots of *Quercus salicina*. Fine fibrous roots make up little lumps.



Phot. 39. イチイガシの根系：斜出根の分岐が著しい。  
Root system of *Quercus gilva*. Many forked oblique roots are developed around the stump.



Phot. 40. イチイガシの細根。  
Fine roots of *Quercus gilva*. Absorbing roots have little lumps.



Phot. 41.  
アベマキの根系：深  
さ 100 cm 付近では  
直径 0.5~1cm 程度  
の多くの垂下根に分  
岐している。  
Root system of *Quercus variabilis*.  
They are converted  
to many pendent  
roots of diameters  
0.5~1.0 cm at the  
depth 100 cm.



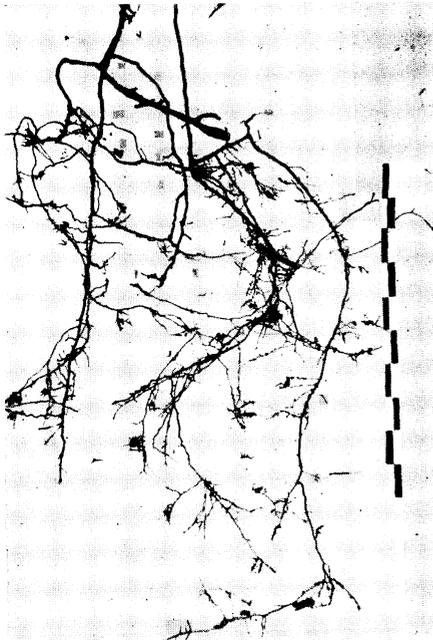
Phot. 42. アベマキの調査木（白いマーク）。  
Stard of *Quercus variabilis*, and the tree  
excavated (marked).



Phot. 43. クヌギの根系：深部での分岐が著しい。  
Root system of *Quercus acutissima*. Many  
forked oblique roots are developed in the  
deep soil depth (100~150 cm).



Phot. 44. 堅密な土壤中でのクヌギの根  
の癒合。  
Agglutination of roots of *Quercus acutissima* in the deep and compact soil.



Phot. 45. クヌギの細根。

Fine roots of *Quercus acutissima*. Absorbing roots have small lumps.



Phot. 46. クリの根系。

Root system of *Castanea crenata*.



Phot. 47. コナラの根系: 太い垂下根がある。

Root system of *Quercus serrata*. There are few large pendent roots.



Phot. 48. コナラの細根: 吸収根が小さく塊ついている。

Fine roots of *Quercus serrata*. Absorbing roots have small lumps.

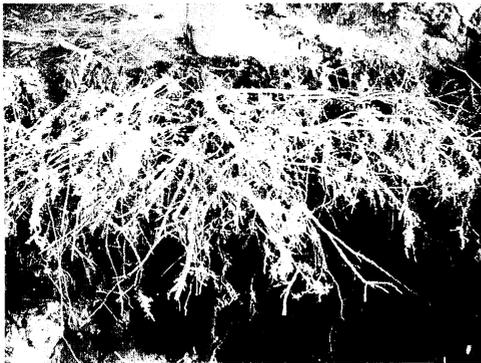


Phot. 49. コナラの調査木 (白いマーク)。  
Stand of *Quercus serrata*, and the tree  
excavated (marked).



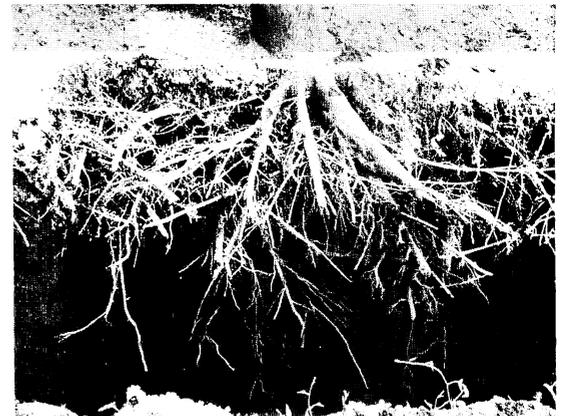
Phot. 50. イヌシデの根系: 分岐が多くて上層部で層状に  
分布する。

Root system of *Carpinus Tschonoskii*. Many forked oblique roots are developed as layering root system.



Phot. 51. ブナの根系: 上層部での小・中  
径根の分岐が多い。

Root system of *Fagus crenata*. They are many forked oblique roots of small and medium diameters, but pendent roots are developed in the shallow layer.



Phot. 52. イヌブナの根系: 深いところでは根の  
分岐が少なく線状になる。

Root system of *Fagus japonica*. There are many forked roots in the upper soil layer, but few in the deep soil layer.



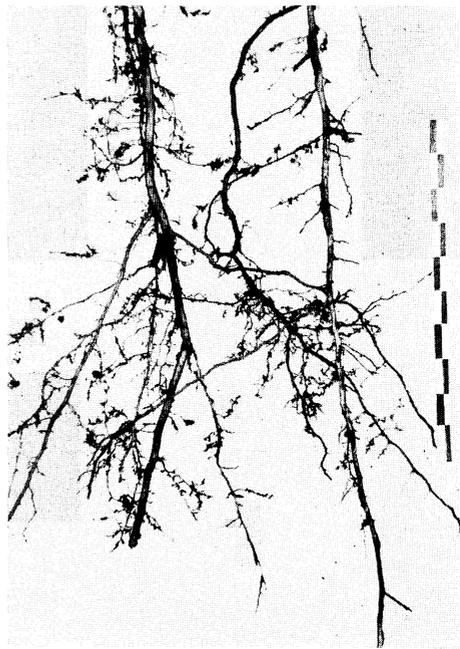
Phot. 53. イヌブナの根系: 根は浅く, 水平根への拡がりも狭い。  
Root system of *Fagus japonica*. Roots are developed in the shallow layer, but horizontal roots are shortened.



Phot. 54. イヌザクラの根系: 中・小径根の分岐が著しい。  
Root system of *Prunus Buergeriana*. There are many small and medium forked roots.



Phot. 55. スダジイの根系: 根株は板状に偏厚し, 分岐は細かく, 垂下根が多い。  
Root system of *Castanopsis cuspidata*. Horizontal roots near the stump indicate vertically the thin and flat form. Much forked pendent roots are penetrated into the deep (240 cm), pending alike blind.

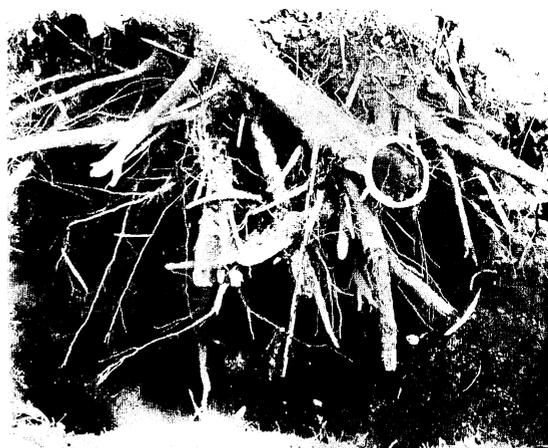


Phot. 56. スダジイの細根。  
Fine roots of *Castanopsis cuspidata*. There are many lumps of short absorbing roots, diameters 0.2~0.3 mm.



Phot. 57. マテバシイの根系: 水平根と垂下根が発達する。

Root system of *Pasania edulis*. Many horizontal roots are concentrically developed in the upper layer, and are much forked.



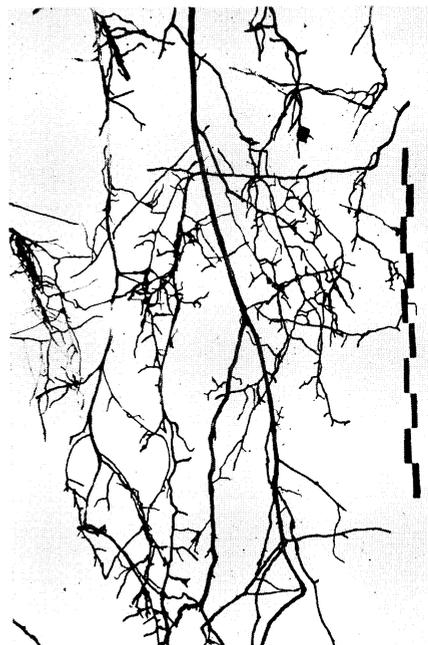
Phot. 58. クスノキの根系: 上部に大径根が多く深いところでは発達が悪い。(○印は癒合)。

Root system of *Cinnamomum Camphora*. Pendant roots were not developed at the deep soil layer. A root marked white shows its agglutination with others. Large horizontal roots are few developed at the upper soil layer.



Phot. 59. クスノキの根系: 太い水平根が発達して癒合する。

Root system of *Cinnamomum Camphora*. Agglutination of large horizontal roots.



Phot. 60. クスノキの細根: 吸収根は太い。

Fine roots of *Cinnamomum Camphora*. Diameters of absorbing roots are 0.8~1.0 mm.

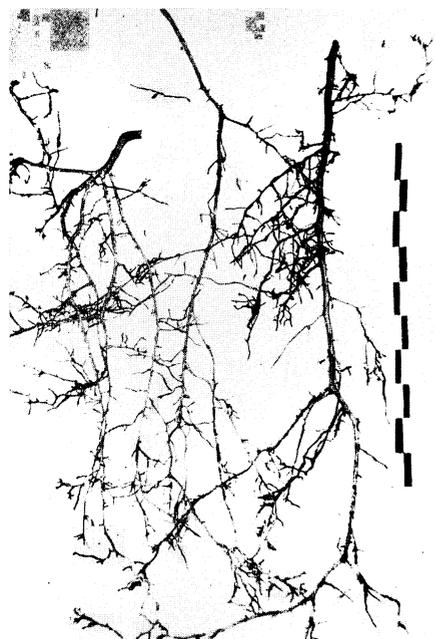


Phot. 61. クスノキの調査地。  
Stand of *Cinnamomum Camphora*,



Phot. 62. イイギリの根系: 太い根が多く, 細根は房状に分布する。

Root system of *Idesia polycarpa*. Some large roots are predominated, and fine root are tufty distribute on them.



Phot. 63. イイギリの細根  
Fine roots of *Idesia polycarpa*. Absorbing root of diameters 0.3~0.4 mm.



Phot. 64. キリの根系: 根の分岐が極めて少ない。  
Root system of *Paulownia tomentosa*. All roots are fewly branched.



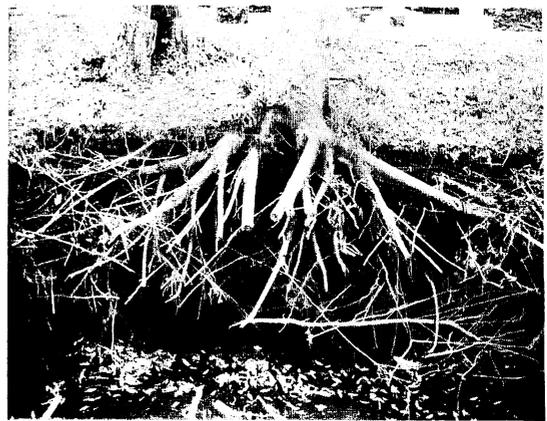
Phot. 65. キリの調査木 (白いマーク)。  
Stand of *Paulownia tomentosa*, and the tree excavated  
(marked).



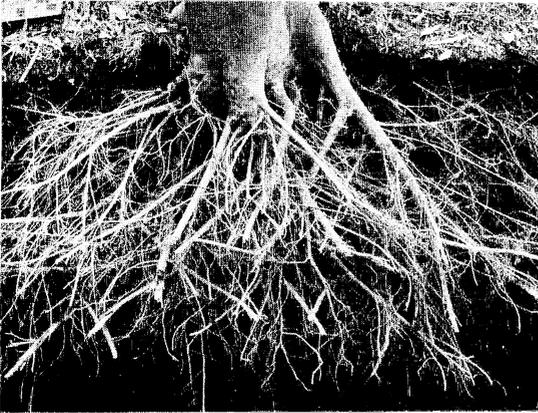
Phot. 66. ハリギリの根系: 太い根が多い。  
Root system of *Kalopanax septenlobus*.



Phot. 67. アオギリの根系: 太い根が多い。  
Root system of *Firmiana plataniifolia*.  
Many big roots are developed into the  
deep soil layer, and are fewly branched.

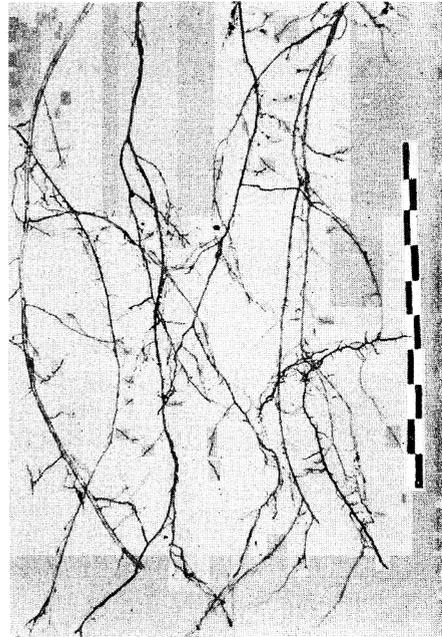


Phot. 68. コブシの根系: 大径根が多く, 小径根が少ない。  
Root system of *Magnolia Kobus*. Large oblique  
roots are fewly developed and branched. Pendent  
roots are not run into the deep soil.



Phot. 69. エノキの根系：水平根と紐状の垂下根の発達が著しい。

Root system of *Celtis sinensis*. Horizontal roots and cord like pendent roots are well developed, and oblique roots are much branched.



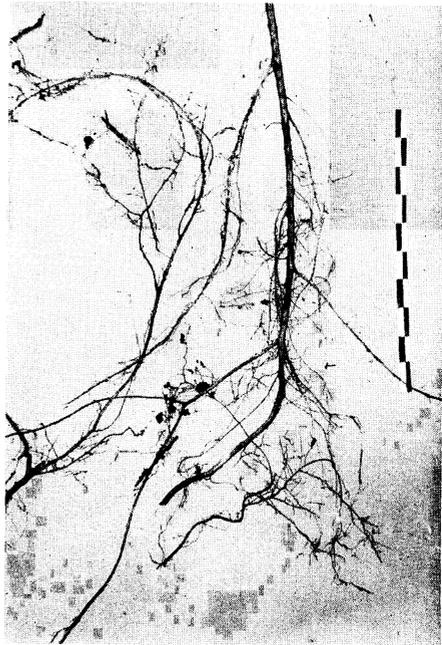
Phot. 70. エノキの細根：細い糸状。

Fine fibrous roots of *Celtis sinensis*, diameters 0.1 - 0.2 mm.



Phot. 71. ムクノキの根系：根株付近の偏厚して簾状に発達する小・中径根。

Root system of *Aphananthe aspera*. Roots near the stump are epitrophically developed, and pendent roots are formed alike a blind.



Phot. 72. ムクノキの細根：細いひげ状の根が多い。

Fine roots of *Aphananthe aspera*. There are fine hair like roots, diameters 0.1 ~ 0.2 mm.



Phot. 73. ムクノキの調査木 (白いマーク)。Stand of *Aphananthe aspera*, and the tree excavated (marked).



Phot. 74. ノゲルミの根系: 深さ 80 cm 付近の固い土壌のところ、小・中径根の屈曲が著しい。

Root system of *Platycarya strobilacea*. Oblique and pendent roots of small and medium diameter classes are well bent at the hard compact soil (depth 80 cm).



Phot. 75. ノゲルミの細根: 細い吸収根がひげ状につく。

Fine roots of *Platycarya strobilacea*. Shortened hair like absorbing roots of diameters 0.2~0.3 mm.

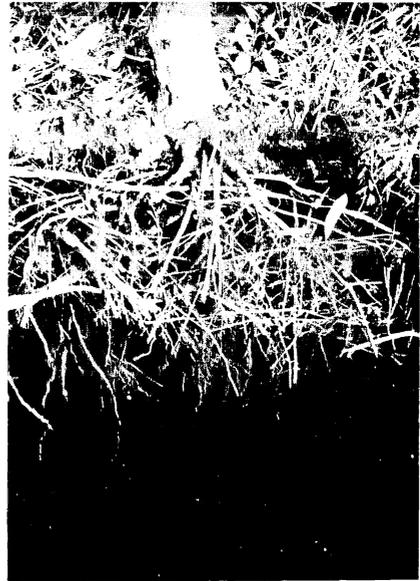


Phot. 76. ハクウンボクの根系: 垂下根は細くて浅く, 細根は上層部の根株の周囲にあつまる。

Root system of *Styrax Obassia*. Many branched pendant and oblique roots are bent and shortened.



Phot. 77. アカメキシワの根系: 水平根の発達が著しい。  
Root system of *Mallotus japonica*. Few large horizontal roots are concentrically developed parallel to the surface layer, but pendent roots are shortened and rarely developed.



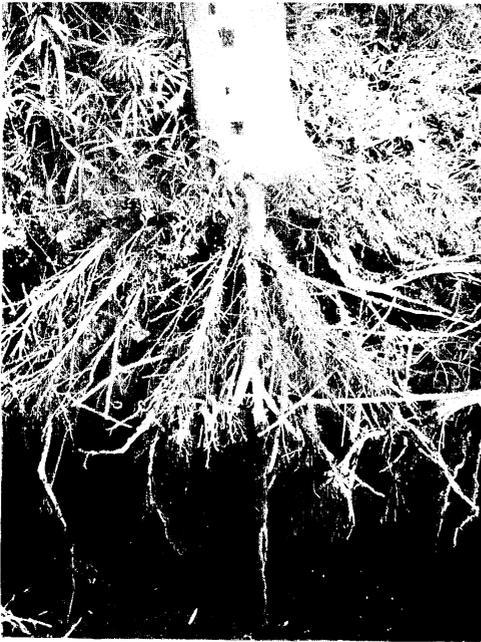
Phot. 78. ヤマハンノキの根系: 太い根が少なく、中径根が多い。  
Root system of *Alunus hirsuta*. Root system is shallowly formed, and roots are much branched.



Phot. 79. ヤマハンノキの細根と根瘤: 細根はひげ状にあつまっている。  
Fine roots and root nodules of *Alunus hirsuta*. Small roots have many short fine roots upon them.

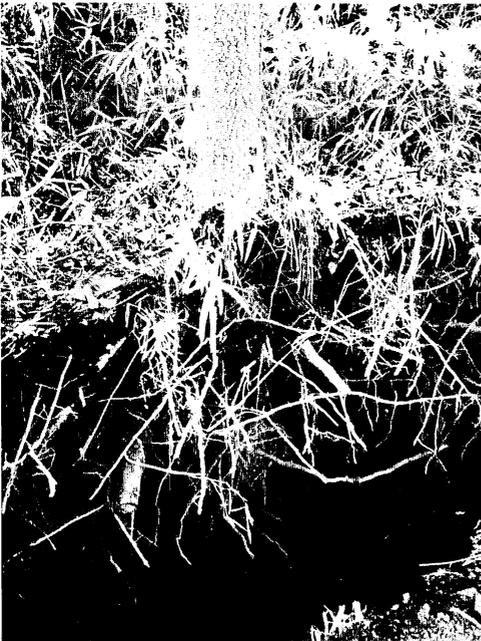


Phot. 80. ヤマハンノキの調査林。  
Stand of *Alunus hirsuta*.



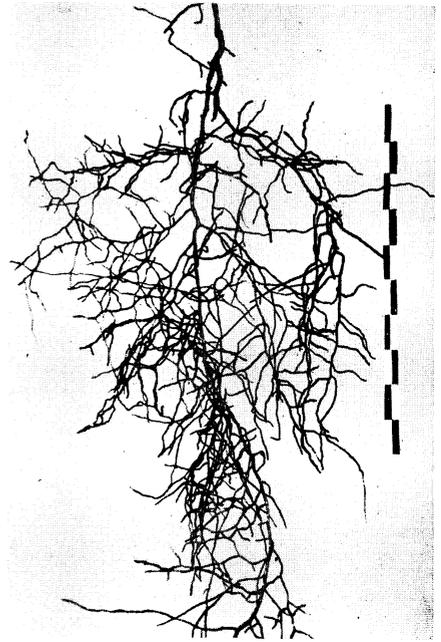
Phot. 81. ホホノキの根系：中・大径根の水平根が発達するが、垂下根は短い。

Root system of *Magnolia obovata*. Horizontal and oblique roots of large and medium diameter classes are well developed, but pendent roots are not reached at the maximum depth 160 cm.



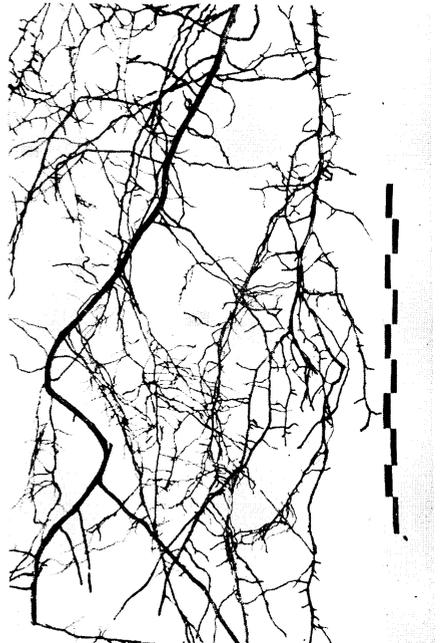
Phot. 83. トチノキの根系。

Root system of *Aesculus turbinata*



Phot. 82. ホホノキの細根：太い吸収根が塊状にできる。

Fine roots of *Magnolia obovata*. Absorbing roots of diameters 0.6~0.8 mm are crowded in groups.



Phot. 84. トチノキの細根：吸収根が太い。  
Fine roots of *Aesculus turbinata*. Absorbing roots are thick in diameters (0.4~0.6 mm).

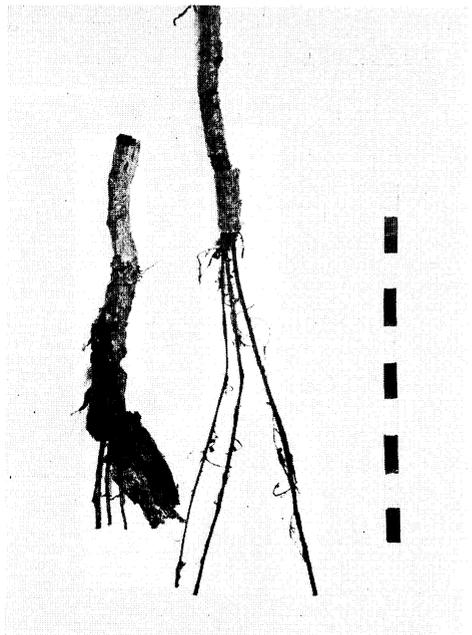


Phot. 85. トチノキの調査木 (白いマーク)。Stand of *Aesculus turbinata*, and the tree excavated (marked).

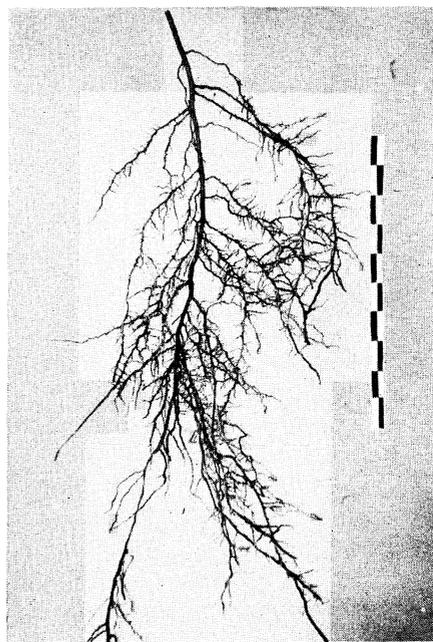


Phot. 86. カツラの根系: 紐状の垂下根の発達が著しい。

Root system of *Cercidiphyllum japonica*. Intensive development of cord-like pendent roots.



Phot. 87. 深き 150cm 付近の固くて緻密な土壌の中で枯死した直径 1cm のカツラの根の中に、数本の小径根が侵入して深くまで入っている。Several fine roots are penetrated into dead roots of *Cercidiphyllum japonicum* in the compact soil layer (depth 150 cm).

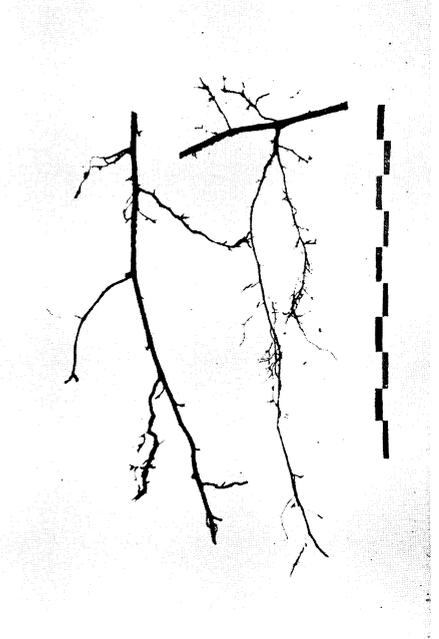


Phot. 88. カツラの細根。

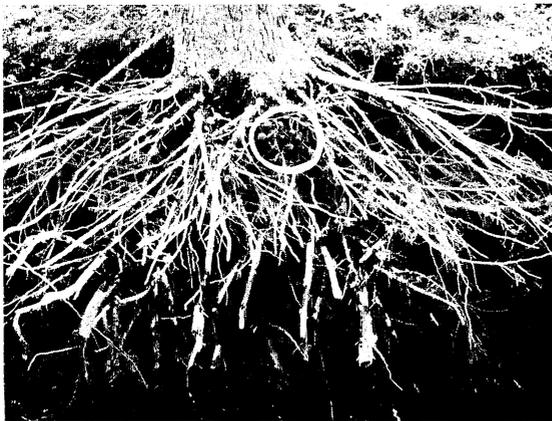
Fine roots of *Cercidiphyllum japonicum*. Diameters of tuft like, absorbing roots are 0.4~0.6 mm.



Phot. 89. オニグルミの根系。  
Root system of *Juglans ailanthifolia*.



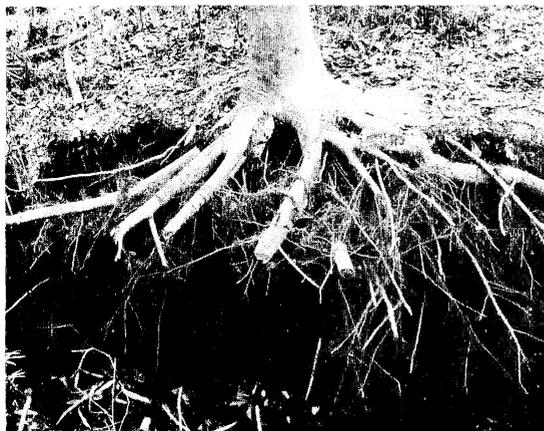
Phot. 90. オニグルミの細根。  
Fine roots of *Juglans ailanthifolia*.



Phot. 91. ハンノキの根系: 直径1~2cmの根が根株から多く分岐する地。表部に根瘤がある(白いマーク)。  
Root system of *Alunus japonica*. Oblique roots of diameters 1~2cm are branched out from the stump, and nodules are distributed on them under the surface layer (white marked).

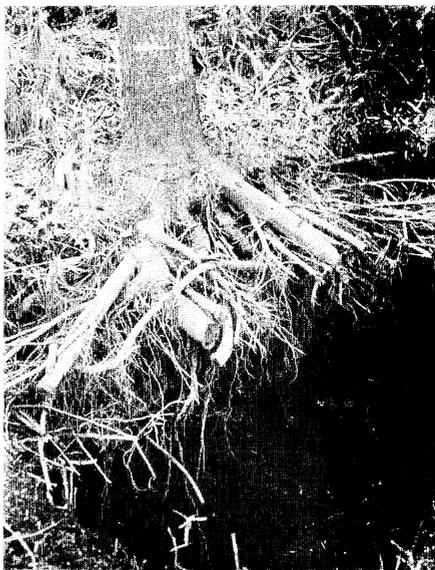


Phot. 92. ハンノキの根瘤。  
Root nodules of *Alunus japonica*.



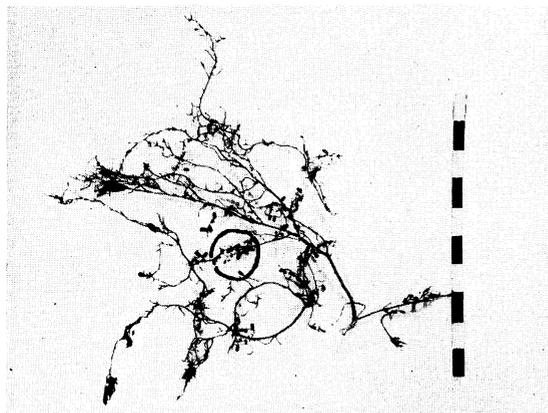
Phot. 93. ミズキの根系: ホース状の水平根の発達が著しい。

Root system of *Cornus controversa*.



Phot. 94. エンヂュの根系: 大径根の水平根が層状に発達し、垂下根は一本深くにまで入っている。

Root system of *Sophora japonica*. The root agglutination are seen in the upper layer.



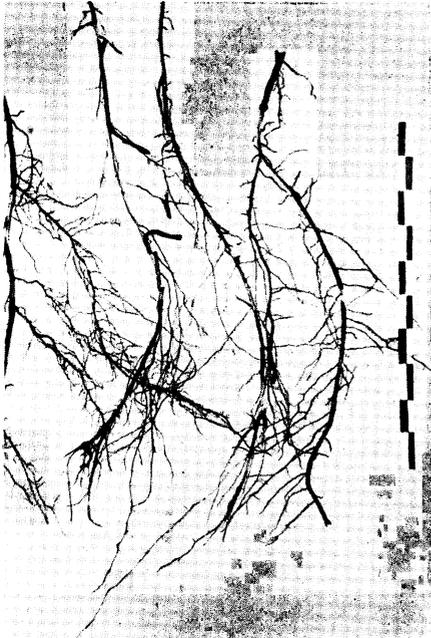
Pho. 95 エンジュの細根と根瘤 (黒いマーク)。

Fine roots and root nodules of *Sophora japonica* (marked).



Phot. 96. ケヤキの根系: 太い水平根が地表に沿って発達する。

Root system of *Zelkova serrata*. Large horizontal roots are well developed parallel to the surface layer, and pendent roots are not penetrated through the under layer of depth 1 m.



Phot. 97. ケヤキの細根： 繊維質の紐状の根が発達する。

Fine roots of *Zelkova serrata*. Very fine fibrous roots (diameter 0.2~0.3 mm) are distributed in the upper soil layer.



Phot. 98. ケヤキの調査木 (白いマーク)。  
Excavated tree of *Zelkova serrata* (marked).

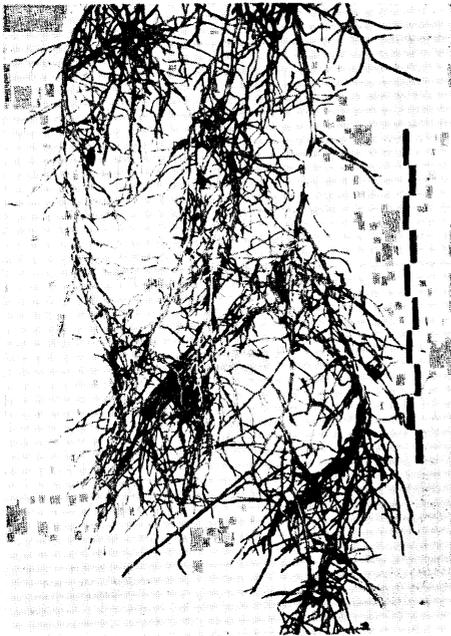


Phot. 99. トネリコの根系： 地表部に房状の細根が多い。  
Root system of *Fraxinus japonica*. Tuft like fine roots are distributed under the surface layer.



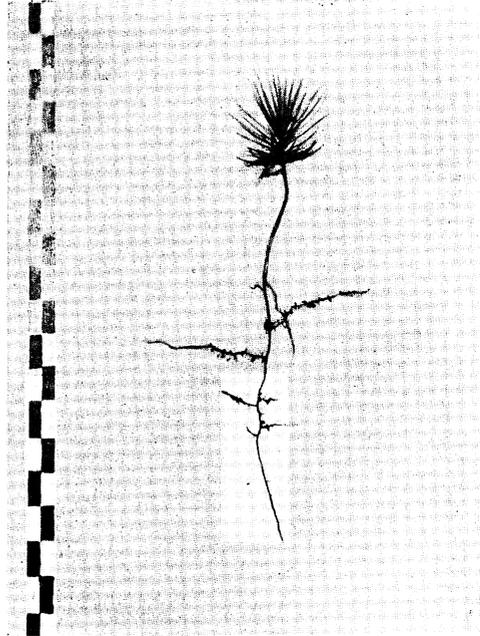
Phot. 100. アメリカウラジロトネリコの根系：  
地表に沿って太い水平根が発達し、深いところでもよく細根が分布する。

Root system of *Fraxinus americana*. Large horizontal roots are well developed under the surface layer, and fine roots are penetrated into the deep soil.



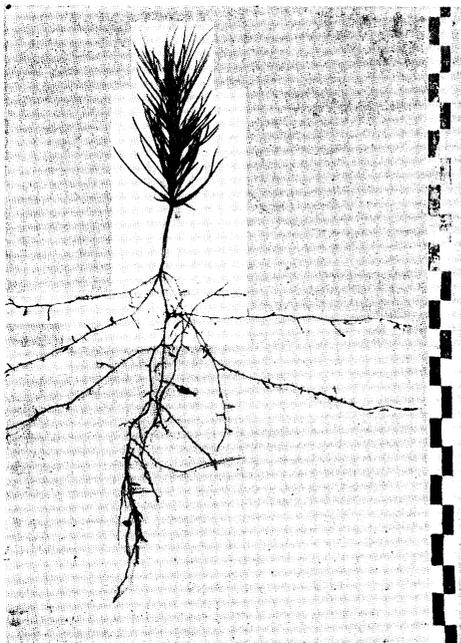
Phot. 101. アメリカウラジロトネリコの細根：  
吸収根が太く房状になる。

Fine roots of *Fraxinus americana*, tuft like  
absorbing roots have diameters of 1.0~  
1.2 mm.



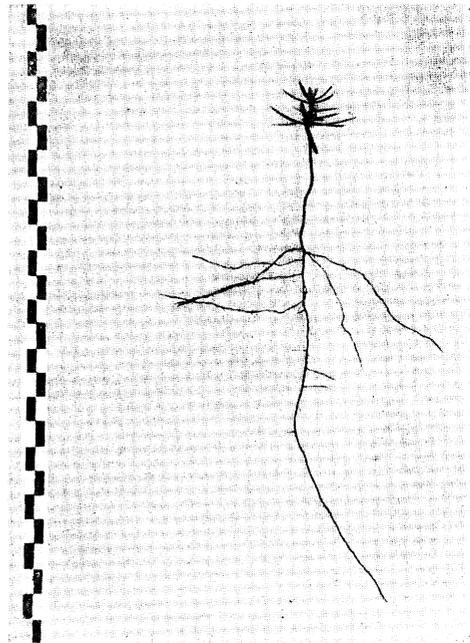
Phot. 102. ストローブマツの根系。

a type: Root system of *Pinus strobus*



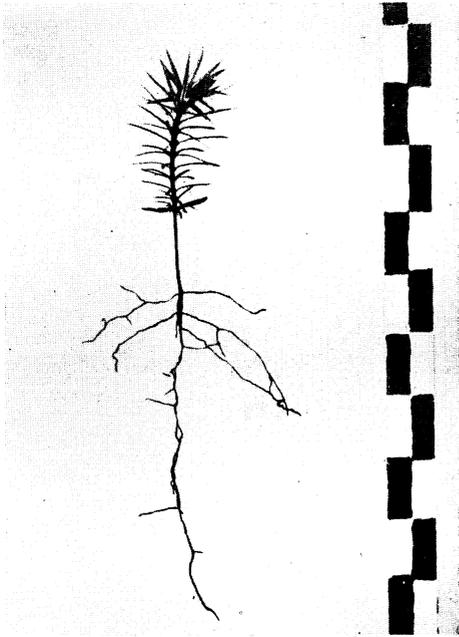
Phot. 103. リギダマツの根系。

a type: Root system of *Pinus rigida*.

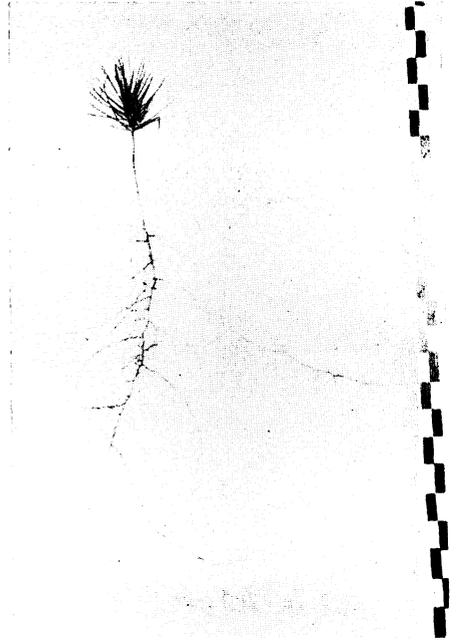


Phot. 104. モミの根系。

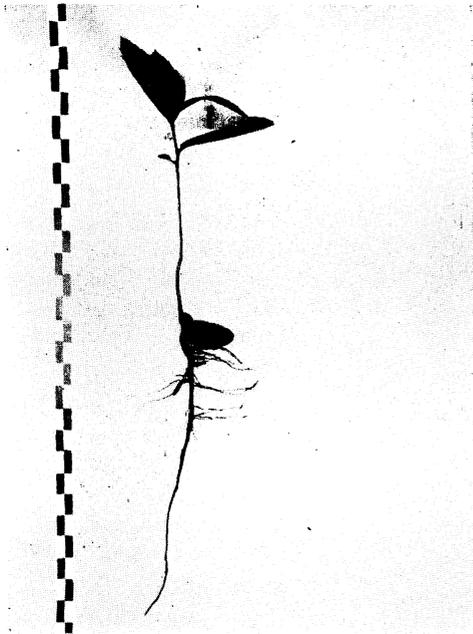
a type: Root system of *Abies firma*.



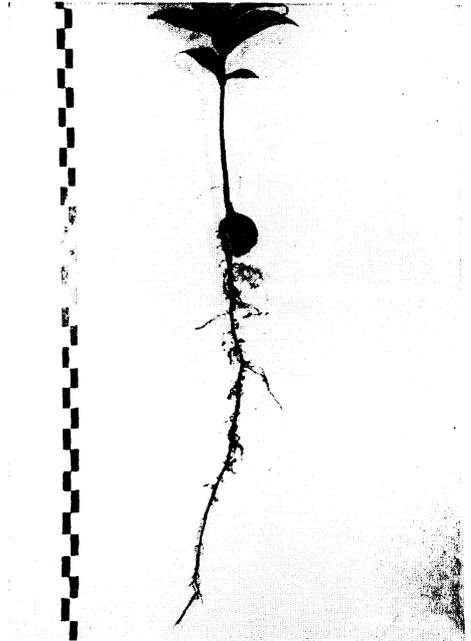
Phot. 105. アオモリトドマツの根系。  
a type: Root system of *Abies mariesii*.



Phot. 106. アカマツの根系。  
a type: Root system of *Pinus densiflora*.



Phot. 107. ウメバガシの根系。  
b type: Root system of *Quercus phillyraeoides*.

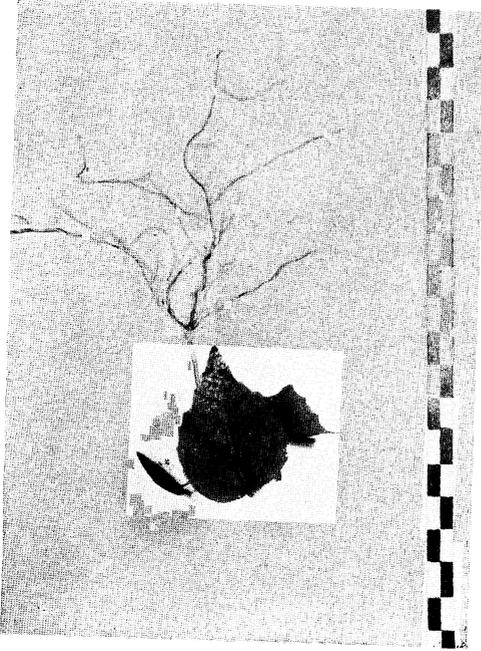


Phot. 108. アカガシの根系。  
b type: Root system of *Quercus acuta*.

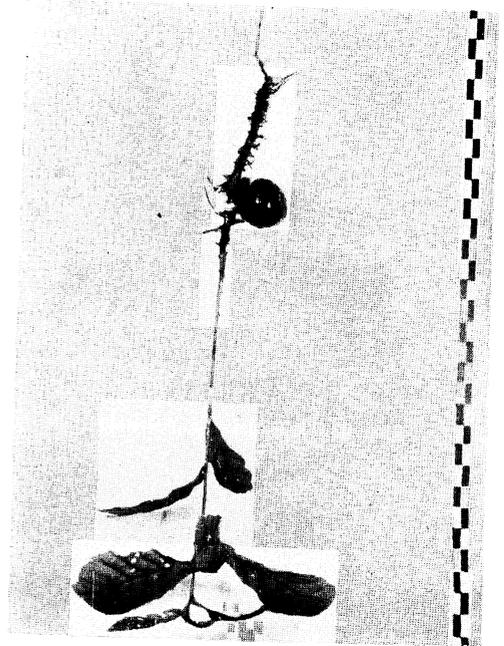
Root system of *Cercidiphyllum japonicum*.  
c type:



Phot. 112. *マカ×ヒシロ*の根系。  
c type:  
Root system of *Mallotus japonicus*.



Phot. 109. *クヌギ*の根系。  
b type: Root system of *Quercus acutissima*.



Phot. 110. *マナバシ*の根系。  
b type: Root system of *Pasania edulis*.

