

シラス斜面における樹木の根の形態と分布

春山元寿・下川悦郎
有村恒夫*・黒木晴輝

Form and Distribution of Tree Root in the Hillside of SHIRASU District

Motohisa HARUYAMA, Etsuro SHIMOKAWA, Tsuneo ARIMURA, and Seiki KUROKI
(Laboratory of Erosion Control)

1. 緒言

従来山地保全に果たす森林の効果については各方面で論ぜられており、森林総体の働きの1つとして山地保全機能を持つことが認められている。しかし、その機能を定量的に評価することについては、まだ十分に解明されていない。本報では森林の土地保全機能の1つとされている“樹木の根系による崩壊防止効果”に関する基礎的資料を得ることを目的として、根の形態調査を行なった結果について述べる。ここで、南九州の治山を考えるうえで重要な問題である“シラス”との関連に注目して調査を進めた。シラス山地で発生する斜面崩壊の多くは表層すべり¹⁾であり、根系の生態は地層条件とともに重要な影響を及ぼすと考えられる。

しかし、本調査の性質上、主要な調査地点を演習林地内に設定せざるを得なかったこと、またその演習林地内に調査対象となる理想的な立地条件の個所を見いだせなかったことなどから、十分な究明はできなかった。そこで、主として(1)樹種による根の形態の違い、(2)傾斜地という地形的条件に対して根がどのような対応を示しているか、の2点に注目した。前者については、砂防樹種としては問題があるとされながらも用材としての経済性の面から多用されているスギ、古来砂防樹種として高く評価されてきたクロマツ、それに広葉樹のなかからウラジロガシとヤマハンノキの2種をとりあげた。後者については、スギとクロマツの2種を調べた。

なお、高隈演習林での調査にあたっては、演習林長徳重陽山教授には多大な援助を受け、また演習林職員の各位には種々の協力を受けた。さらに当時砂防工学専攻大学院生 永井利正、学生井内祥人、大迫 恵、坂口哲夫、高山祥治、寺師健一郎、ならびに丸岡精四郎の各位には根の発掘調査にあたって多大な協力を受けた。ここに記して深謝の意を表する。

2. 調査方法

高木の根系の調査は非常な労力と時間を必要とする。ここでは露出法とトレンチ法によって根系を調査し、併せて土層断面を調査した。

* 日本道路公団福岡支社

2.1 露出法

露出法とは根系を残すところなく掘り出してしまう方法である。まず調査対象木のある斜面の下側からできるだけ根を切断しないように、山くわ、移植こて、および木べらなどを用いて丁寧に土を除去した。しかし作業の進行とともに細根の先端が多少切断されることは避けられず、また土質条件や時間の制約によって根系全体を細大もらさず掘り出すことは困難であり、地中の深部をはじめ一部の根を切り捨てざるを得なかった。記録の方法はスケッチおよび写真によって行ない、また根系の各部での直径および長さを計測した。ただし、マツに関しては地表面から深さ 20 cm ごとに垂下根の直径を計測し、それによって各深さでの垂下根の断面積合計を算出した。1本のマツで垂下根は1～数本ある。直径の測定はノギスで行ない、径 1.0 cm 以上のものは1本ずつ計測し、1.0 cm 未満のものは直径 0.5 cm とみなしてその本数を測定した。

2.2 トレンチ法

トレンチ法では樹幹から一定距離、または等間隔に幅 1 m、深さ 1～2 m 程度のトレンチを掘り、その鉛直断面に現われてくる根の数や細根の密度（被度）を調査する。この方法は前述の露出法に比べて経済的にも労力的にも有利であり、またかなり客観的な記録を行なえる。しかし、根系の水平方向の分布状態を明確にすることが困難である。

本調査地は傾斜地であり、排土が容易であったことと、できるだけ多くの断面を調査するために対象木のある斜面の下側から順次切りくずす方法をとった。その工程のなかで、樹幹から斜面下方へ 1.0 m と 0.5 m の点、樹幹直下の点、斜面上方へ 0.5 m と 1.5 m の点でそれぞれ鉛直断面を設けた(図-1)。その断面を下方から順次 A、B、C、D、および E 断面とする。さらに斜面の傾斜方向の断面を F 断面とする。それぞれの断面にコドラートを設定して、細根の分布状態と太根の相対的位置およびその直径を調査した。根の直径 0.5 cm 以上を太根とし、それ未満を細根とした。コドラートは縦 1 m × 横 1 m の方形枠をつくり、さらにそれを 10 cm × 10 cm のます目に針金で区分した。この各ます目（小コドラート）ごとに根の形態と分布を調査した。

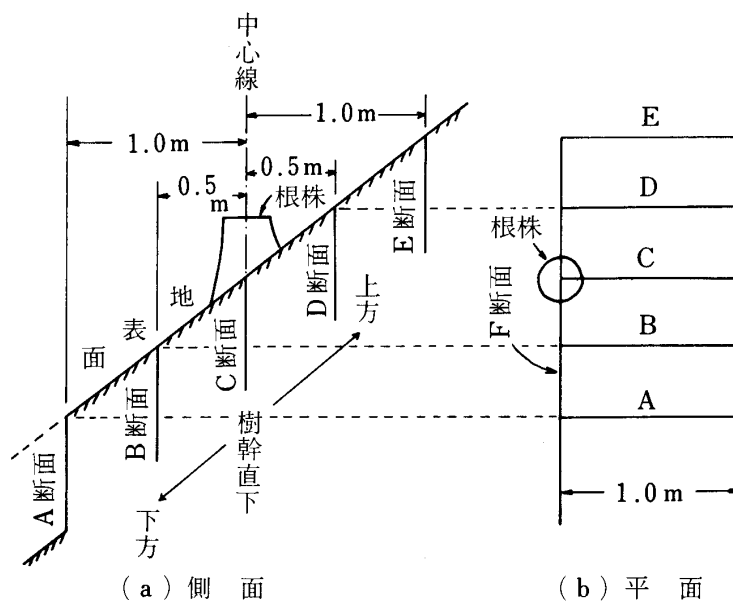

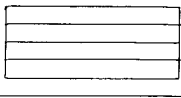
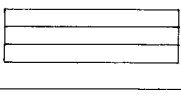
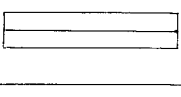
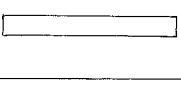
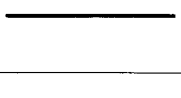


図-1 トレンチ法による断面設定位置

細根の分布状態は表-1に示す被度記号によって表示した。

現地調査は高隈演習林では1973年10月25~31日まで、鹿児島市内では同年12月に行なった。

表-1 細根の表示法

被度記号	細根の分布状況	図示法
5	細根が10 cm×10 cmの小コドラートの面積の80~100%にわたって分布している。	
4	60~80%	
3	40~60%	
2	20~40%	
1	+~20%	
+	散在している	

3. 調査結果

3.1 スギ *Cryptomeria japonica* D. Don

1) スギNo.1 (ヤクスギ)

調査場所 鹿児島大学高隈演習林15林班(写真-1)。

現場状況 ヤクスギの一斉造林地。胸高直径最大級40 cm。発掘地点は東向斜面で、傾斜は35度。

調査方法 露出法。

調査木の概況 樹齢51年、樹高17.3 m、根株の直径は斜面の傾斜方向29 cm、その直角方向24 cm。

土質の概況 土層断面は図-2、土の物理的性質は表-2に示す。

根系の状況 図-3~5および写真-2~3に示す。

樹幹直下には径4~5 cmの1本の垂下根が認められるだけで、その他には太根、細根ともに目立ったものは認められず、排土した後は大人1人がかかんで入れる程度の空洞となった。また斜面の上向き方向には根系の発達はよくない。

2) スギNo.2 (ヤクスギ)

調査場所 スギNo.1に同じ。

現場状況 発掘地点の傾斜は45度、その他はスギNo.1に同じ。



写真-1 スギNo. 1 およびNo. 2 地点の林相

表-2 スギ No.1 および No.2 地点の土の物理的性質

土 性		黒褐色土	褐色土
現場含水比 (%)		67.1	60.2
現場含水率 (%)		40.1	36.4
現場飽和度 (%)		58.3	67.0
湿潤密度 (g/cm^3)		1.08	1.30
乾燥密度 (g/cm^3)		0.65	0.84
土粒子の比重		2.53	2.65
間ゲキ比		2.92	2.36
間ゲキ率		74.4	68.2
粒	レキ分 (%)	4	22
	砂分 (%)	76	58
	シルト分 (%)	8	9
	粘土分 (%)	12	11
度	最大径 (mm)	4.76	25.4
	10%粒径 (mm)	0.0034	0.0047
	60%粒径 (mm)	0.36	0.55

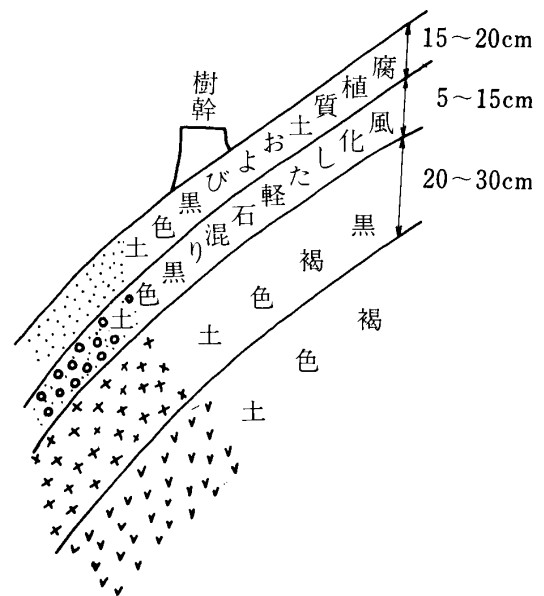


図-2 スギ No.1 および No.2 の林地の土層断面

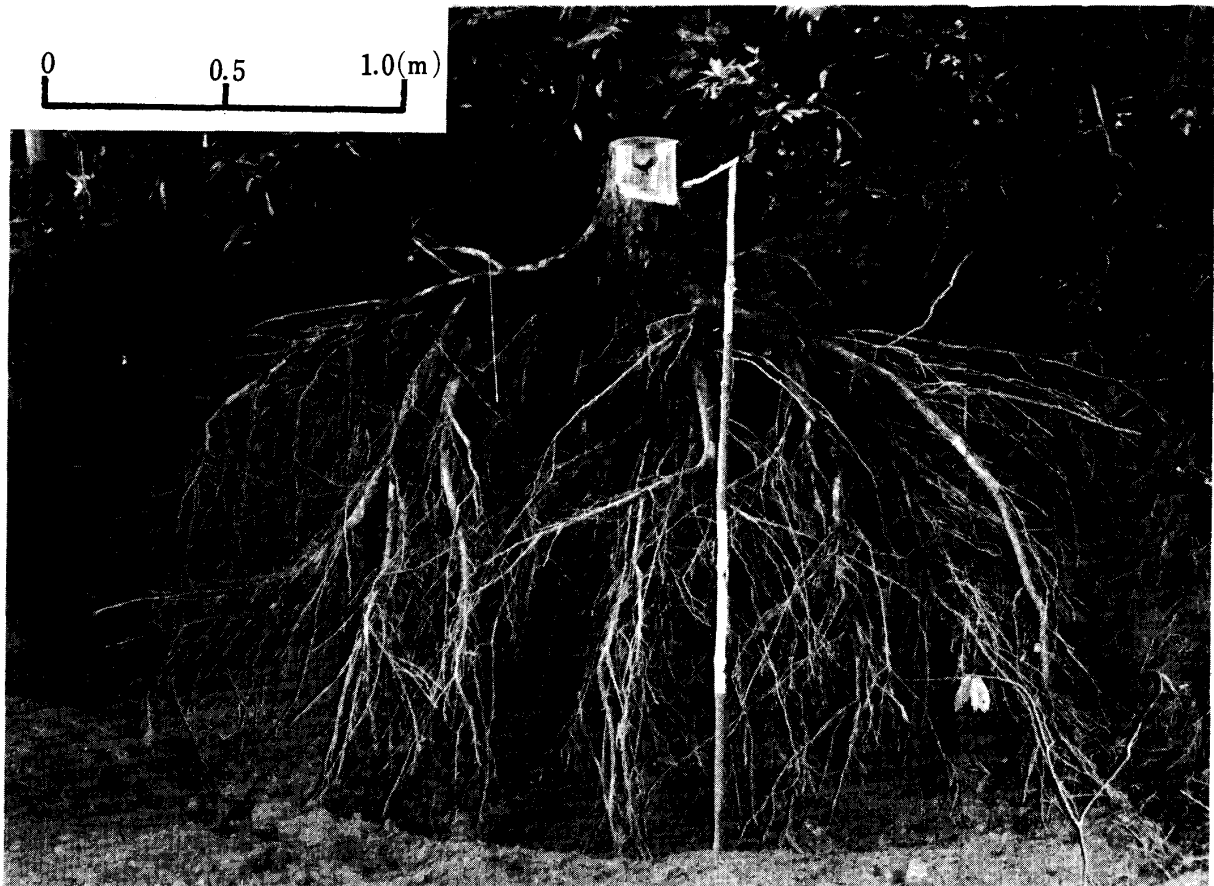


写真-2 スギ No. 1 の根系

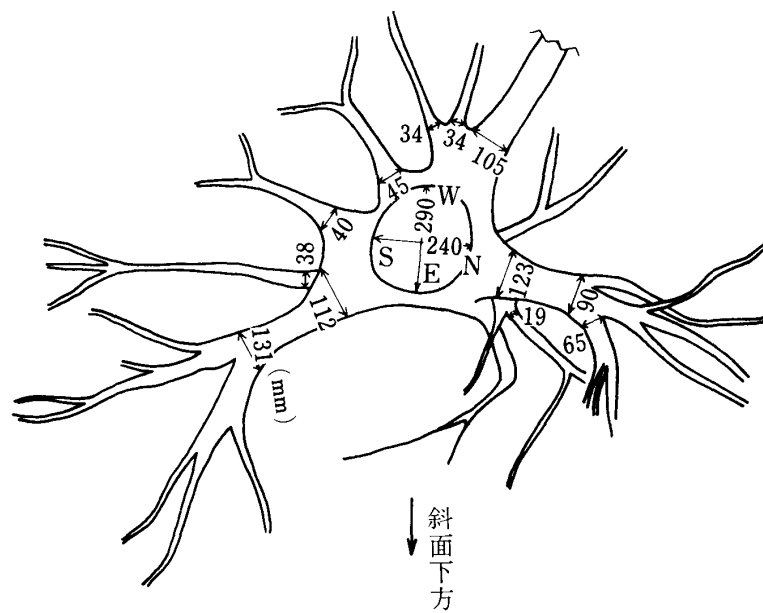
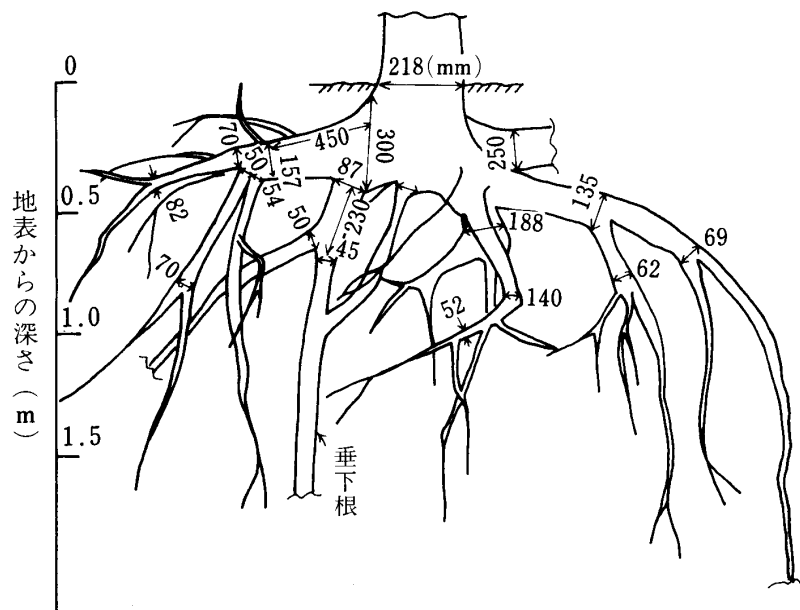


図-3 スギ No. 1 の根系, 平面図, 図中の数値は根の直径



写真一 3 スギNo. 1 の根系

図一 4 スギNo. 1 の根系, 正面図,
図中の数値は根の直径

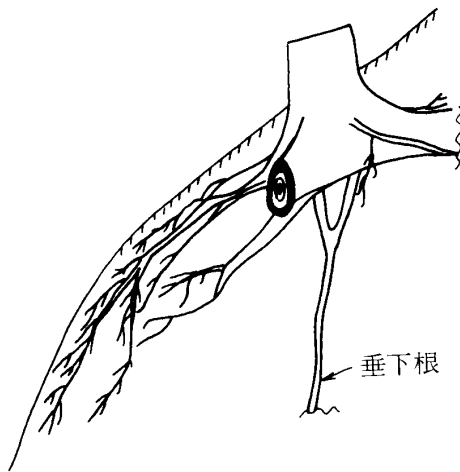


図-5 No. 1 の根系, 側面図

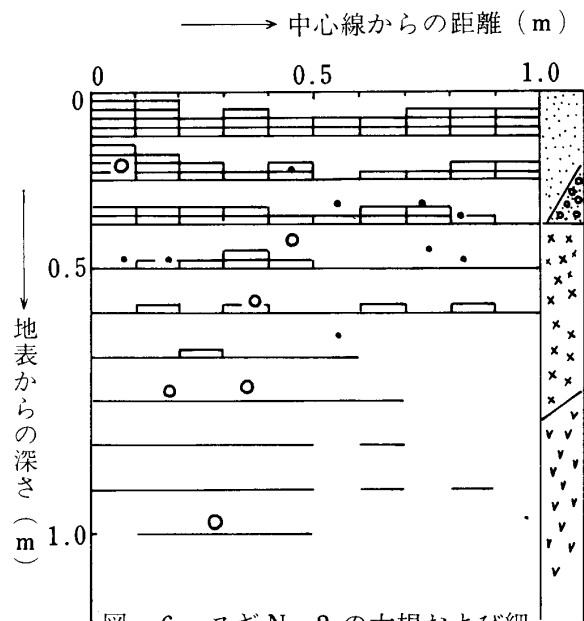


図-6 スギ No. 2 の太根および細根の分布 (A断面)

○は太根の位置とその直径を示す。以下の図でも同じ。

調査方法 トレンチ法

調査木の概況 樹齢 51 年, 樹高 18.0 m。斜面の傾斜方向の根株の直径 21.5 cm, その直角方向 20.0 cm。

土質の概況 図-2 および表-2。

根の分布状況 図-6~11 および写真-4~5。

A断面においては太根は散点しているが, 細根は地表面近くに集中して分布している。B断面では細根の分布がかなり平均化されている。C断面では, 他の断面に比べて太根が, その本数および

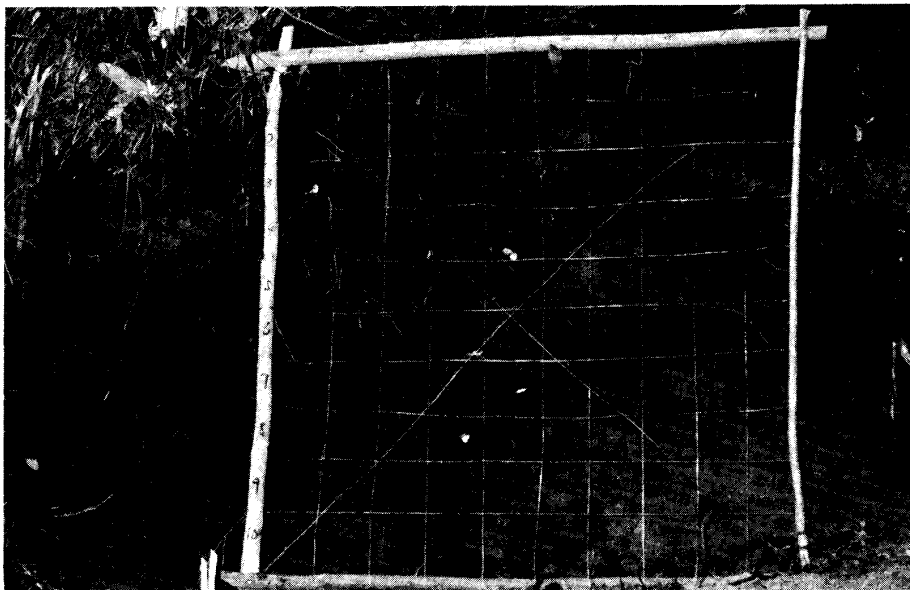


写真-4 スギNo. 2 のA断面における根の分布

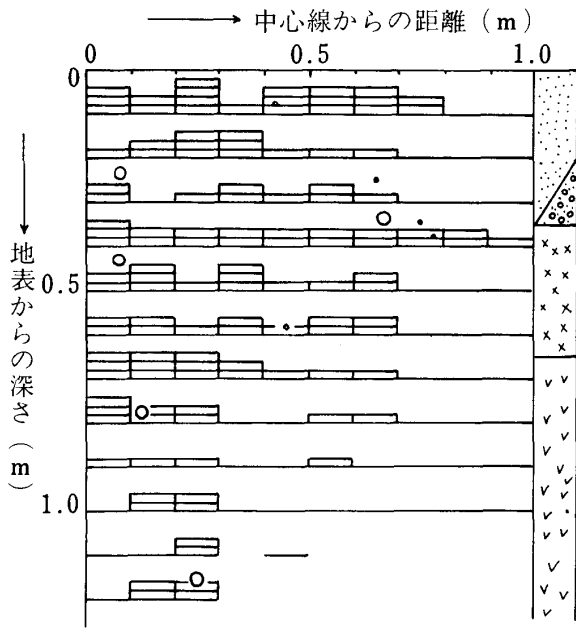


図-7 スギ No. 2 の太根および細根の分布 (B断面)

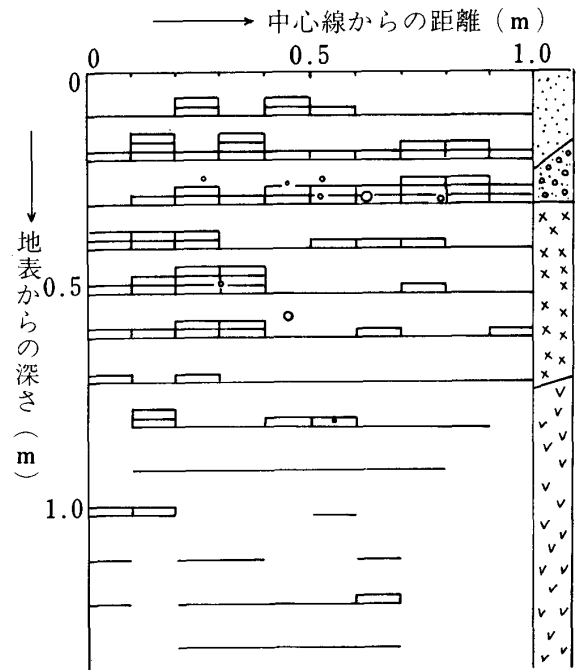


図-8 スギ No. 2 の太根および細根の分布 (C断面)

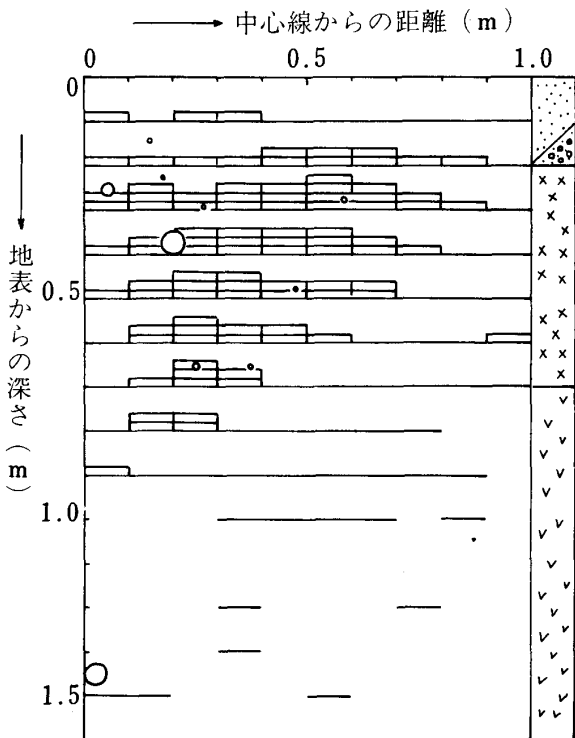


図-9 スギ No. 2 の太根および細根の分布 (D断面)

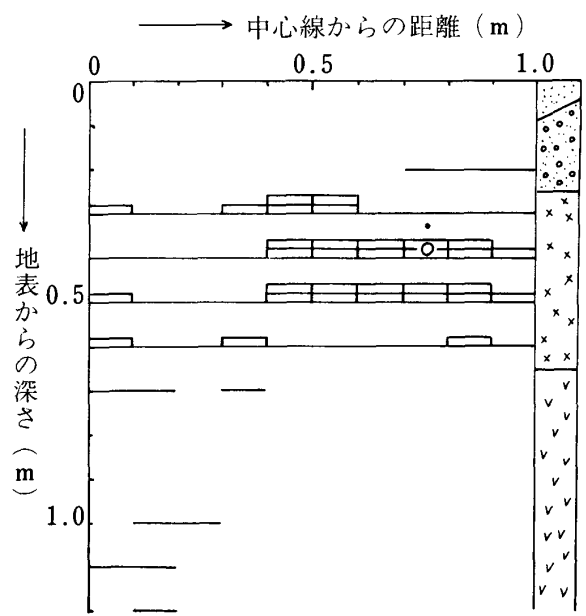


図-10 スギ No. 2 の太根および細根の分布 (E断面)

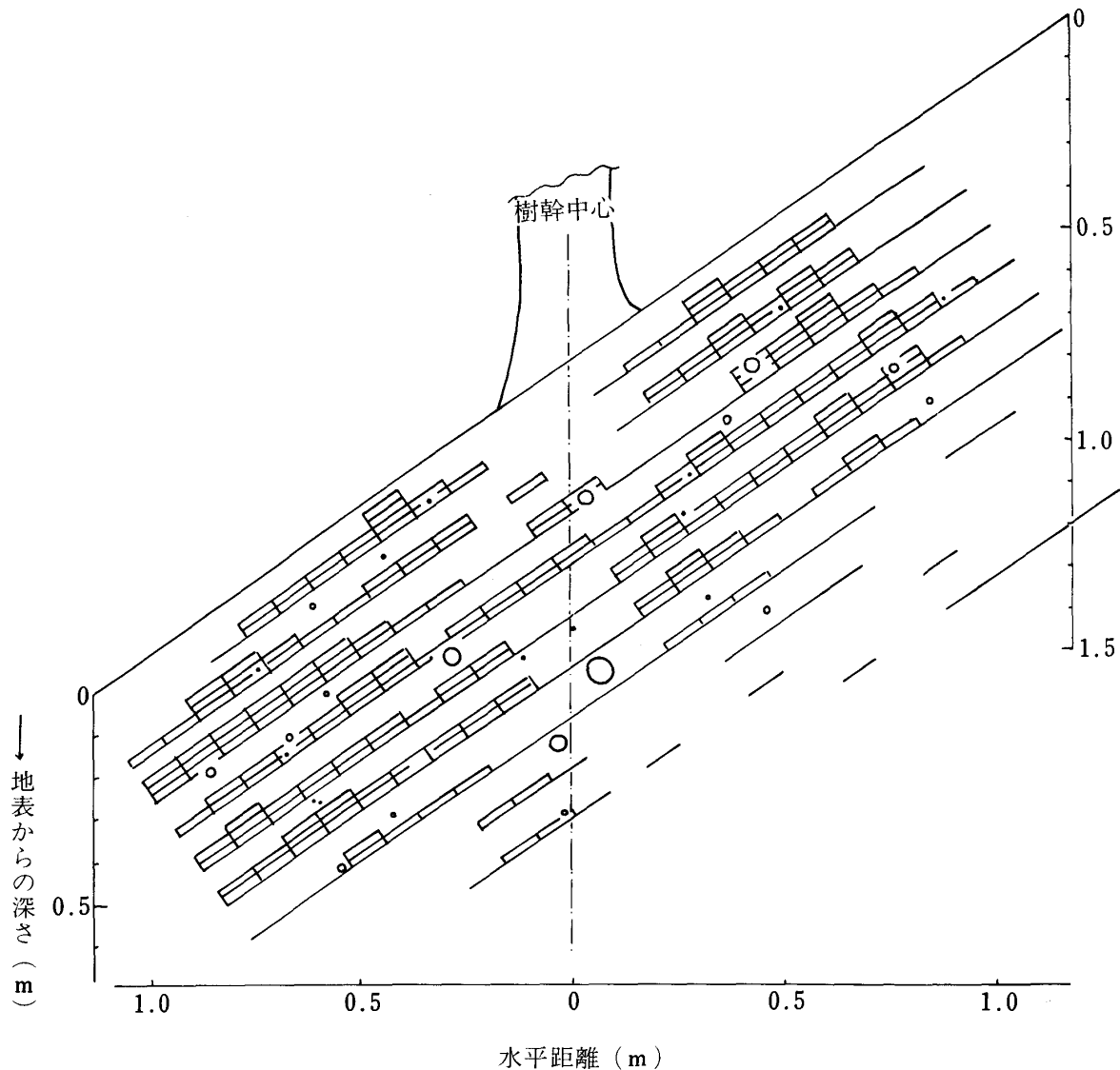


図-11 スギ No. 2 の太根および細根の分布 (F断面)

径において非常に少なく、また細根の分布状態もあまり密でない。D断面では細根の分布が地表近く0~20 cmには非常に少なく、30~50 cmの部分に多いことが特徴的である。E断面ではD断面でみられた傾向が一層明確にあらわれており、さらに対称位置にあるA断面に比べて細根の被度および太根の本数とも極端に少ない。F断面では、樹幹直下での根の分布は非常に少なく、空洞化しており、また斜面上方に対しては根の発達は下方に比べて悪いことがわかる。

3) スギ No. 3 (クモトオシ)

調査場所 鹿児島大学高隈演習林8林班。

現場状況 クモトオシスギの造林地。胸高直径最大級20 cm。発掘地点は南東向斜面で、傾斜は33度。

現場はシラスの崩壊跡地で、その復旧工事としてスギ、クロマツなどの砂防植栽がなされた個所である。

調査方法 露出法。

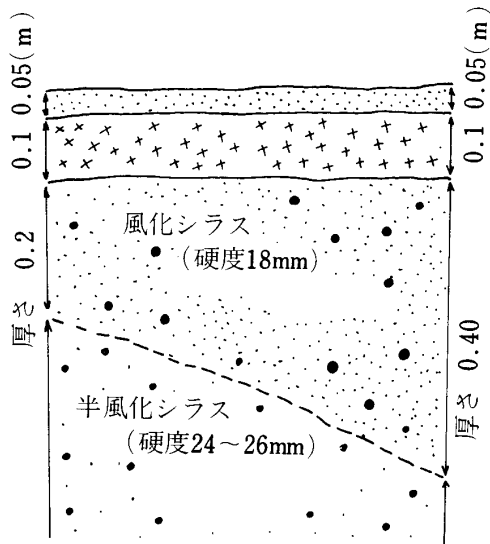


図-12 スギ No. 3 の B 断面の土層断面

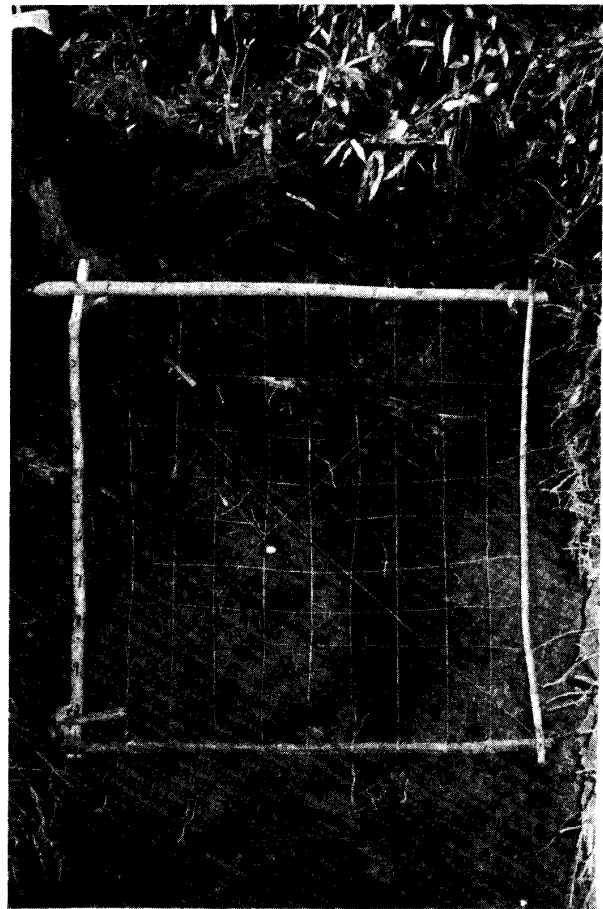


写真-5 スギ No. 2 の C 断面における根の分布

調査木の概況 樹齢 17 年，樹高 8.6 m。根株の直径は斜面の傾斜方向で 18.0 cm，その直角方向で 17.6 cm。

土質の概況 B 断面における土層断面を図-12に示す。

シラスは上層ほど風化を受けているために軟かい。半風化シラスの部分で，軽石の最大は人頭大のものがあリ，風化軽石と新鮮な軽石がほぼ等量含まれている。外来レキは鶏卵大があリが多くはアズキ大。シラスに層理はない。硬度は山中式土壤硬度計で測定した指標硬度である。半風化シラスの物理的性質を表-3に示す。

根系の状況 図-13に太根の根系を，写真-6に細根の状況を示す。

細根は地層に沿って分布している傾向がみられる。スギ No.1 に比較して細根の発達が著しく，また樹幹の直下にも根系がよく発達しており，空洞化がみられなかった。

4) スギ No.4 (クモトオシスギ)

調査場所 スギ No.3 に同じ

現場状況 発掘地点の傾斜は 35 度，他はスギ No.3 に同じ。

調査方法 トレンチ法。

調査木の概況 樹齢 17 年，樹高 7.8 m。根株の直径は斜面の傾斜方向で 16.0 cm，その直角方向で 14.5 cm。

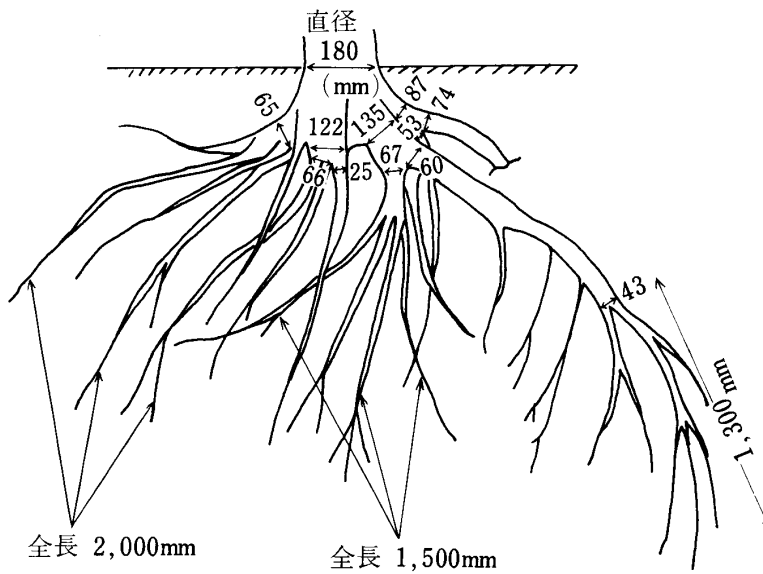


図-13 スギ No. 3 の根系，正面図

表-3 スギ No. 3 および No. 4 地点のシラスの物理的性質

土 性		シラス
現場含水比 (%)		29.8
現場含水率 (%)		23.1
現場飽和度 (%)		44.5
湿潤密度 (g/cm^3)		1.22
乾燥密度 (g/cm^3)		0.94
土粒子の比重		2.57
間ゲキ比		1.74
間ゲキ率		63.4
粒	レキ分 (%)	21
	砂分 (%)	54
	シルト分 (%)	13
	粘土分 (%)	12
度	最大径 (mm)	25.4
	10%粒径 (mm)	0.0043
	60%粒径 (mm)	0.67



写真-6 スギ No. 3 の細根の状況

土質および根の分布状況

各断面における土質状況，太根および細根の分布状況を図-14~19に示す。

A断面では細根の分布は黒褐色土より上位の土に集中している。風化シラスと半風化シラスとの境界は判然としないが、全体的にみると細根の分布は風化シラス層までである。また，樹幹直下でも細根の分布は非常に密であり，スギNo.2でみられたような空洞化現象はみられない。これはスギNo.2とNo.4における品種の相異か，立地状件の違いか，樹齢の違いによるのかははっきりわからない。さらに，斜面の上方と下方を比較すると，スギNo.2と同じように上方への根系の発達はよくない。

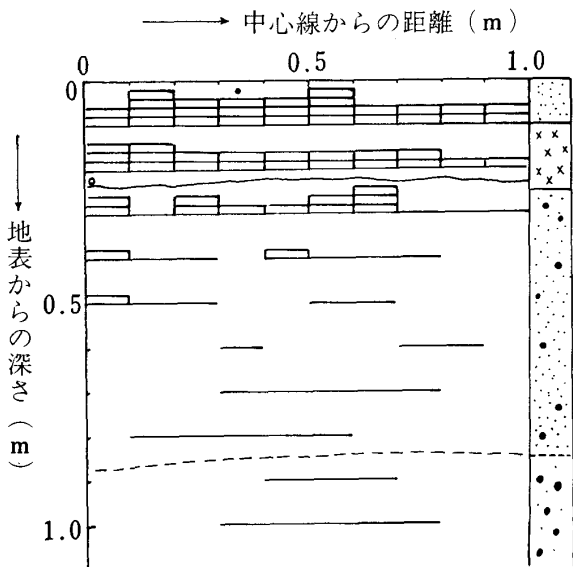


図-14 スギNo.4の太根および細根の分布(A断面)
○は太根の位置とその直径

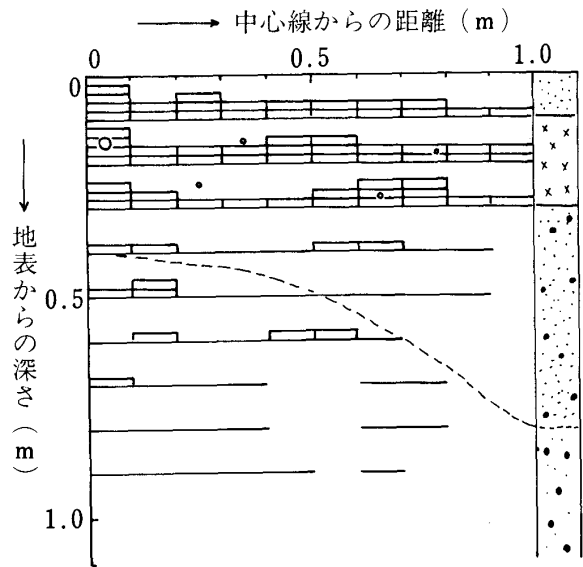


図-15 スギNo.4の太根および細根の分布(B断面)

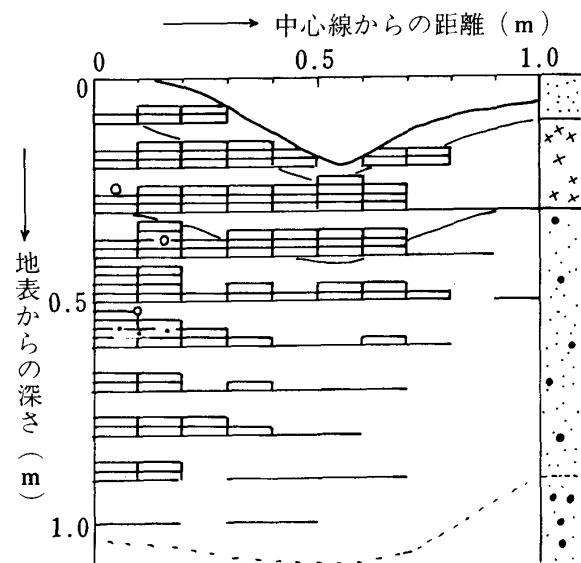


図-16 スギNo.4の太根および細根の分布(C断面)

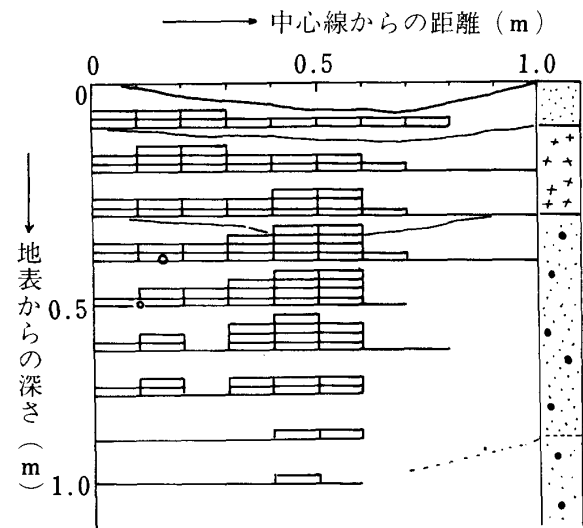


図-17 スギNo.4の太根および細根の分布(D断面)

図-18 スギ No. 4 の太根および細根の分布 (F断面)

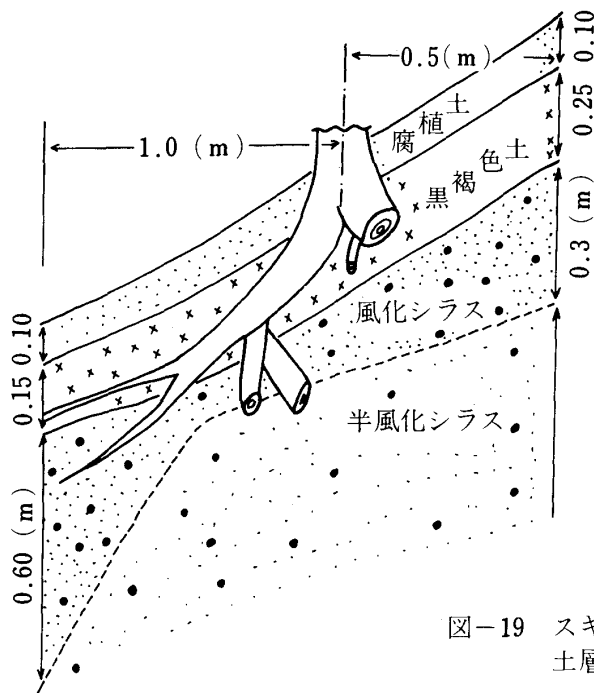
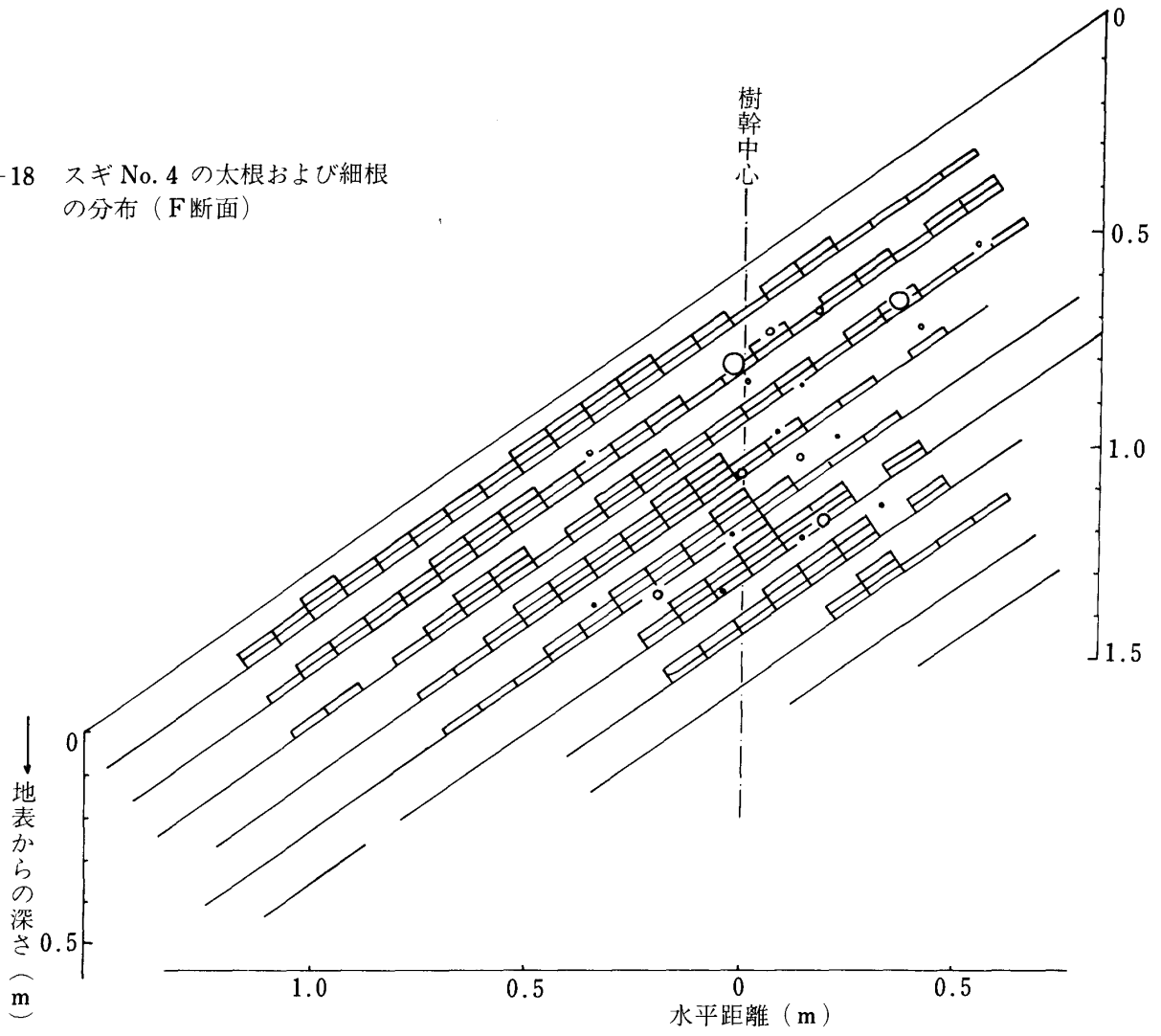


図-19 スギ No. 4 のF断面における土層断面

3. 2 クロマツ *Pinus Thunbergii* Parl.

1) クロマツ No. 1

調査場所 鹿児島大学高隈演習林 8 林班 (スギ No. 3 に同じ)。

現場状況 崩壊跡地のクロマツ造林地。発掘地点は東向斜面，傾度 42 度。

調査方法 露出法。

調査木の概要 樹齢 15 年，樹高 5.5 m，垂下根の長さ，約 2 m，根株直径 15.8 cm。

土質の概要 図-20。指標硬度 25 mm に相当するシラスの物理的性質は表-3 に同じ。シラスは上層ほど風化し，色は淡黄褐色，軽石は風化しており，こぶし大，量が多い。
また外来レキの量も多く，大きさはこぶし大。

根系の状況 図-21，写真-7。

地際部で根曲がりを生じており，生長のある時期に表層すべりあるいは表層土の流失に抵抗したことが推察される。

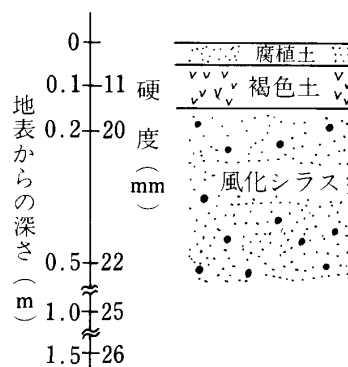


図-20 クロマツ No. 1 の C 断面における土層断面

2) クロマツ No. 2 および No. 3

調査場所 鹿児島市小野町

現場状況 クロマツ造林地，胸高直径最大約 18 cm，斜面の向は北および南，傾斜は 30 度。現在宅地造成中のシラスがけ (写真-8)。

調査方法 露出法。

調査木の概要 樹齢 16 年，樹高 5 m，根株直径 13 cm。

土質の概要 図-22。

根系の状況 図-23 および 24，写真 9 および 10。



写真-7 クロマツ No. 1 の根系

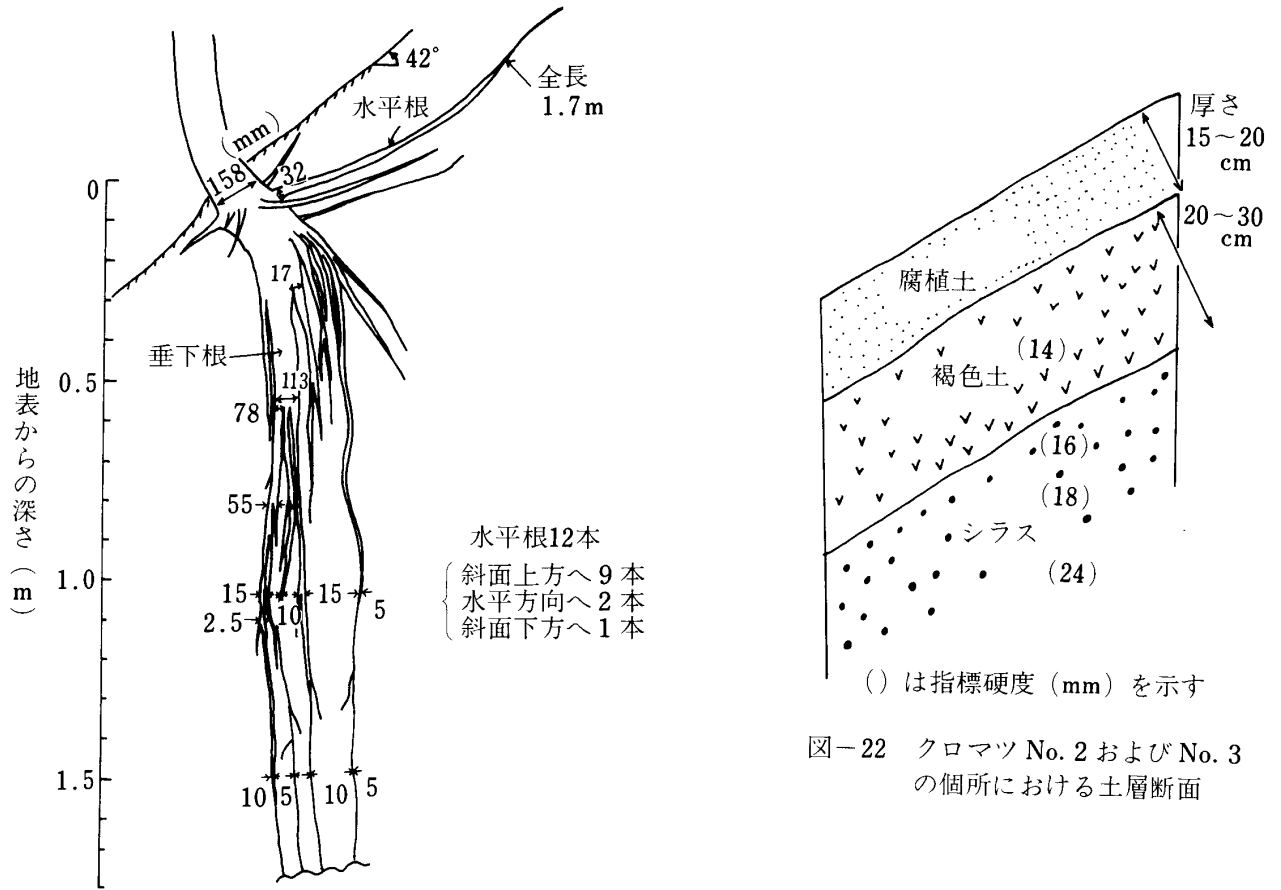


図-21 クロマツ No. 1 の根系

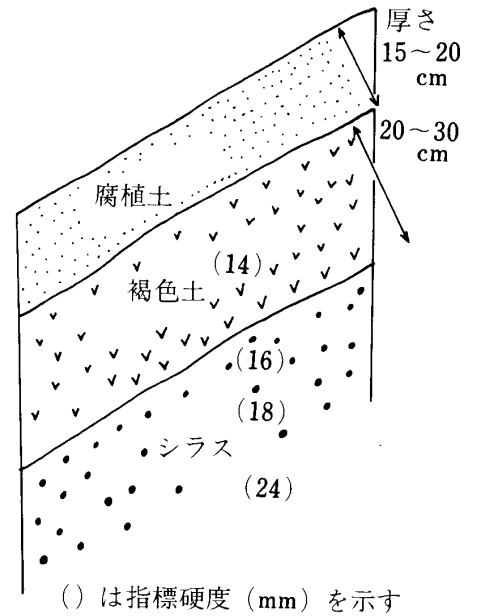


図-22 クロマツ No. 2 および No. 3 の個所における土層断面

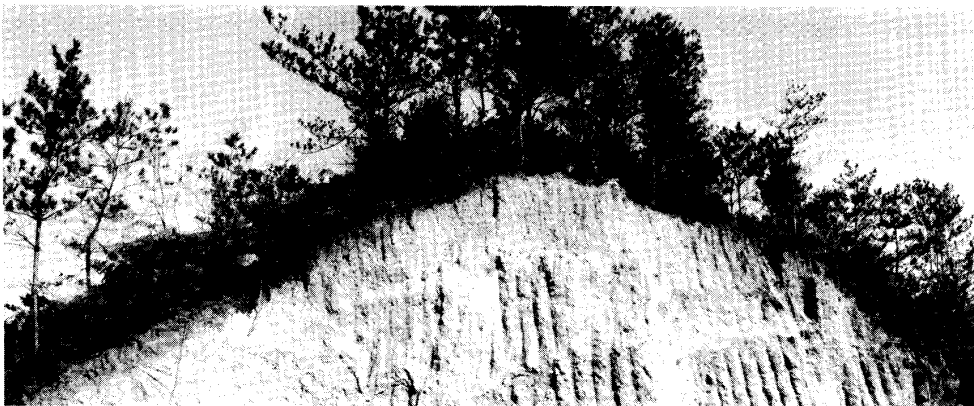


写真-8 シラス層上のクロマツ林

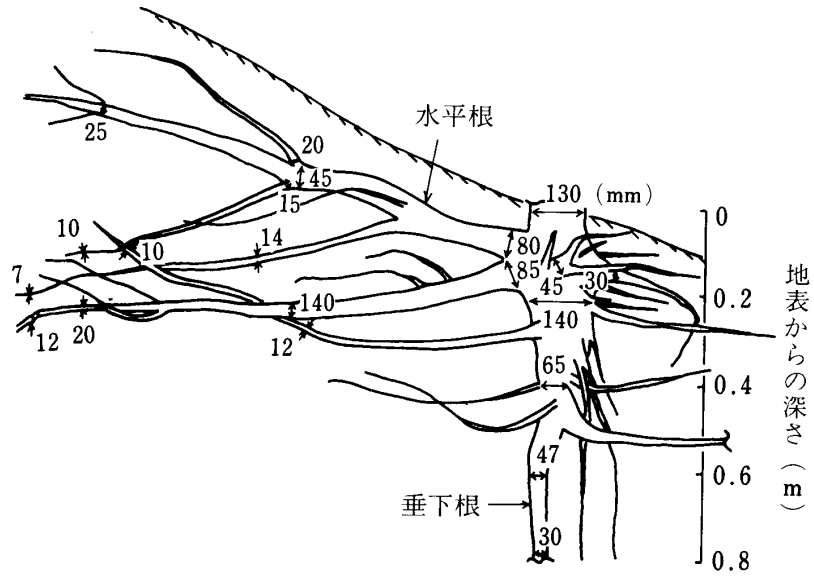


図-23 クロマツ No. 2 の根系

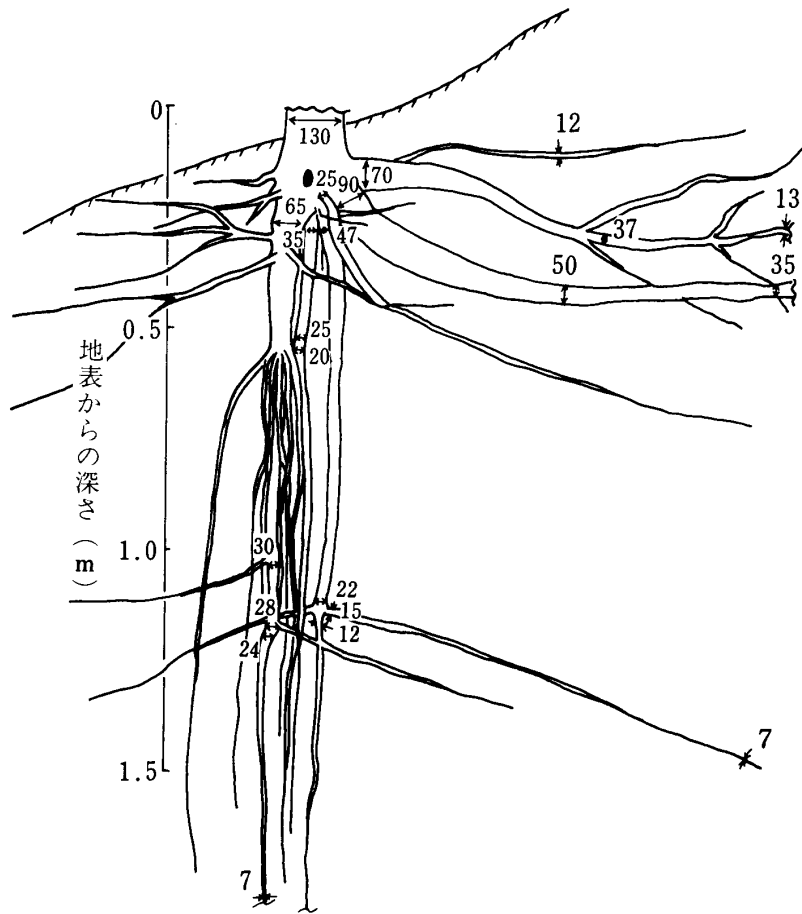


図-24 クロマツ No. 3 の根系

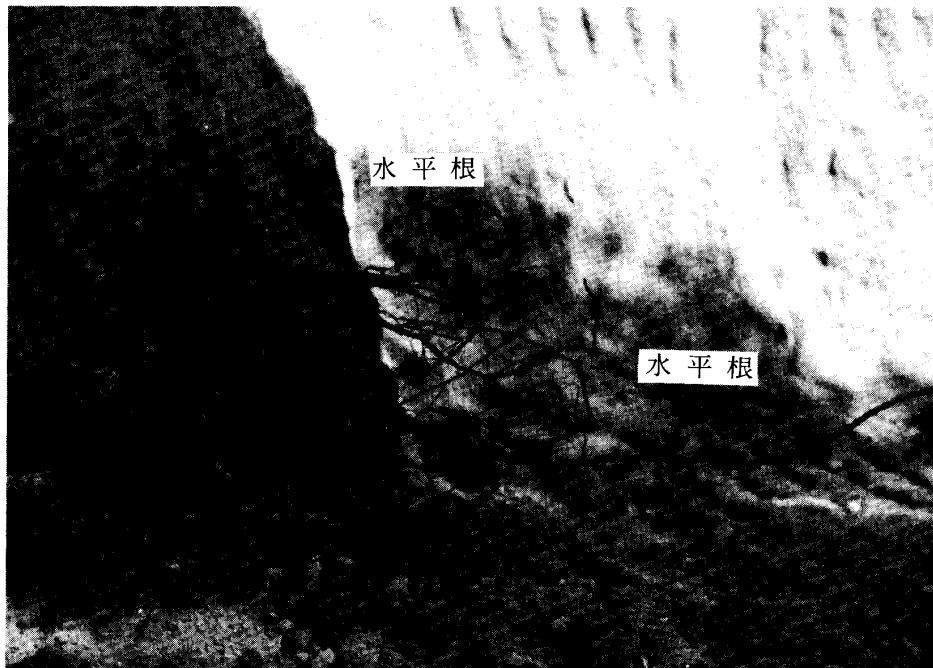


写真-9 クロマツNo. 2の根系

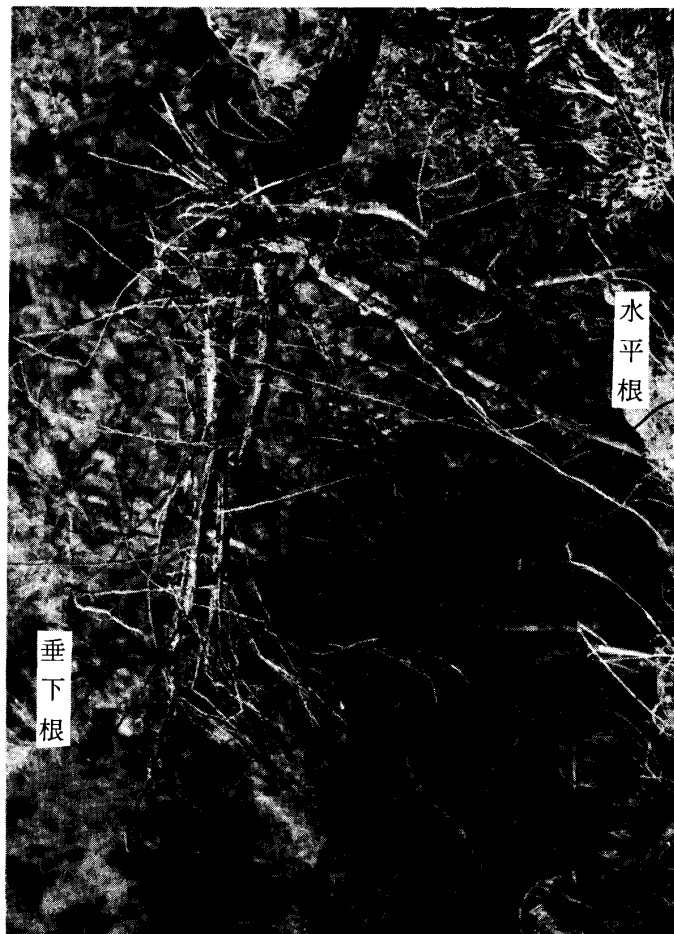


写真-10 クロマツNo. 3の根系

図-21, 23, および24からわかるようにクロマツの根系は棒状の数本の垂下根と水平根によって特徴づけられる。垂下根は分岐しながら地中にはほぼ鉛直に入り込んでいる。水平根は、クロマツNo.1では地表下30 cm付近を、No.2と3では地表下約60 cmの範囲に発達している。さらにNo.3では地表下約120 cmの点で水平根が分岐している。垂下根の本数および断面積の深さ方向の変化を図-25~27に示す。

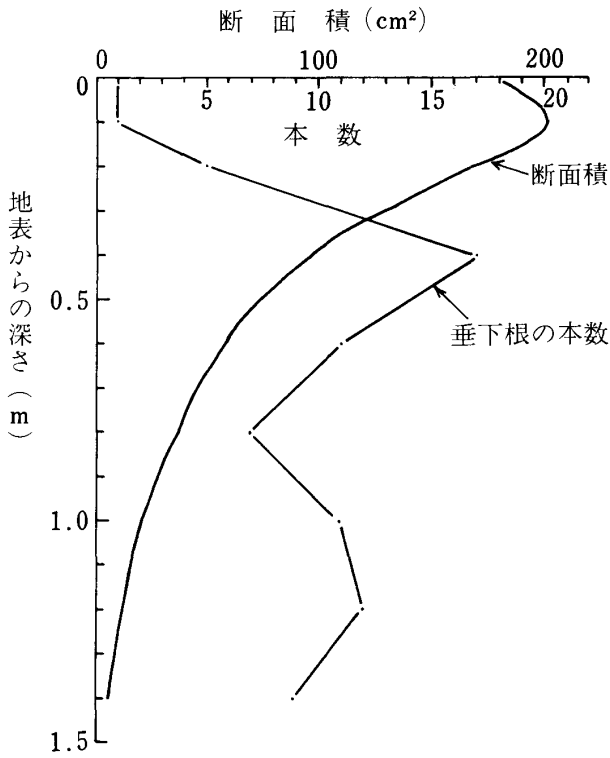


図-25 クロマツ No. 1 の垂下根の本数とその断面積

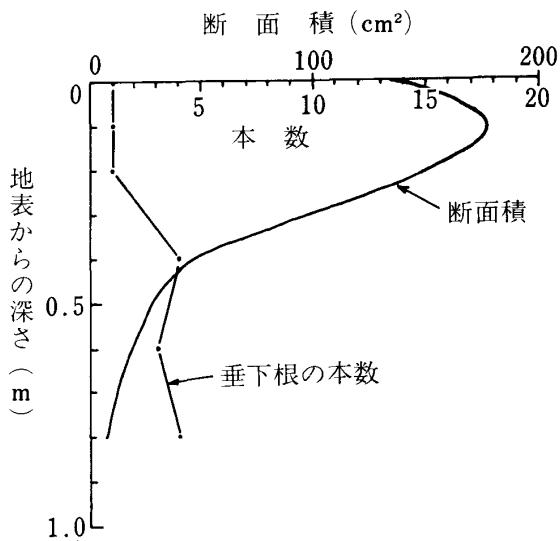


図-26 クロマツ No. 2 の垂下根の本数とその断面積

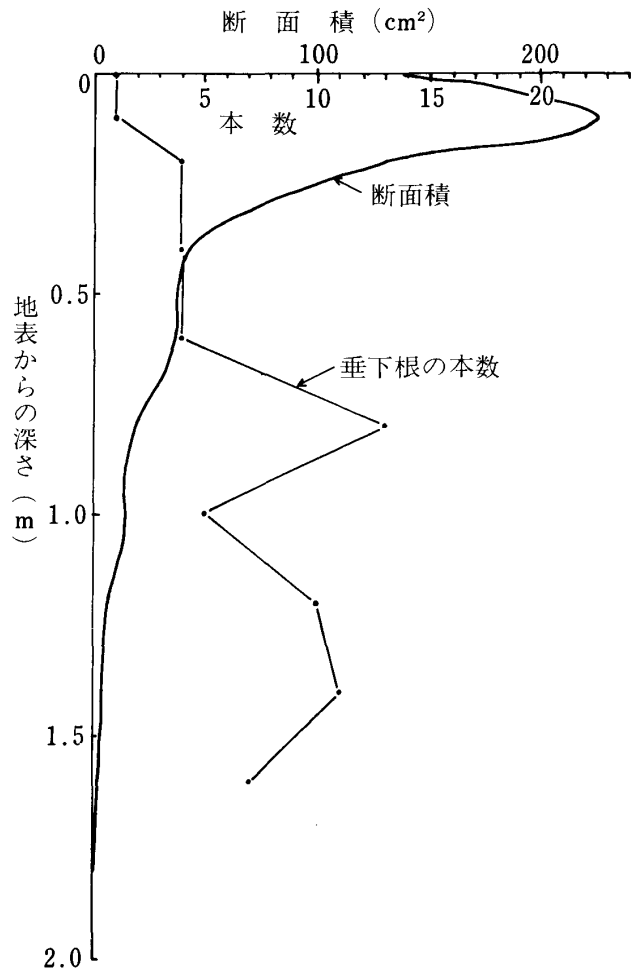


図-27 クロマツ No. 3 の垂下根の本数とその断面積

3. 3 広葉樹林 Broad leaved forest

調査場所 鹿児島大学高隈演習林16林班。

現場状況 広葉樹林。

斜面は南西向き、傾斜は38度（写真-11）。

調査方法 広葉樹林内の全ての根の分布をコドラード法で調査し、ウラジロガシ *Quercus salicina* Bl. とヤマハンノキ *Alnus hirsuta* var. *sibirica* Schneid. について露出法で調査した。



写真-11 広葉樹林の根系の状況



写真-12 ウラジロガシの根系



写真-13 ヤマハンノキの根系,
(a)は平面, (b)は側面写真

土質の概要 表層土の腐植質および黒色土の下は数枚の軽石層からなる。

根系および根の分布状況

ウラジログシは樹高 6.0 m, 根株直径 12.5 cm。根は写真-12にみられるように根株近くで非常に多く分岐し, 複雑にからみ合っている。根系は軽石層には全然入り込んでいない。ヤマハンノキは荒廃地によく生育している。調査木は樹高 5.5 m, 根株直径 23.0 cm。太根はよく分岐しながら発達しているが, これも軽石層内には全然入り込んでいない。

広葉樹類の根全体の分布状況を太根・細根を区別せずにコドラート法で調査した結果を図-28~30に示す。根の分布は表層内に非常に多い。

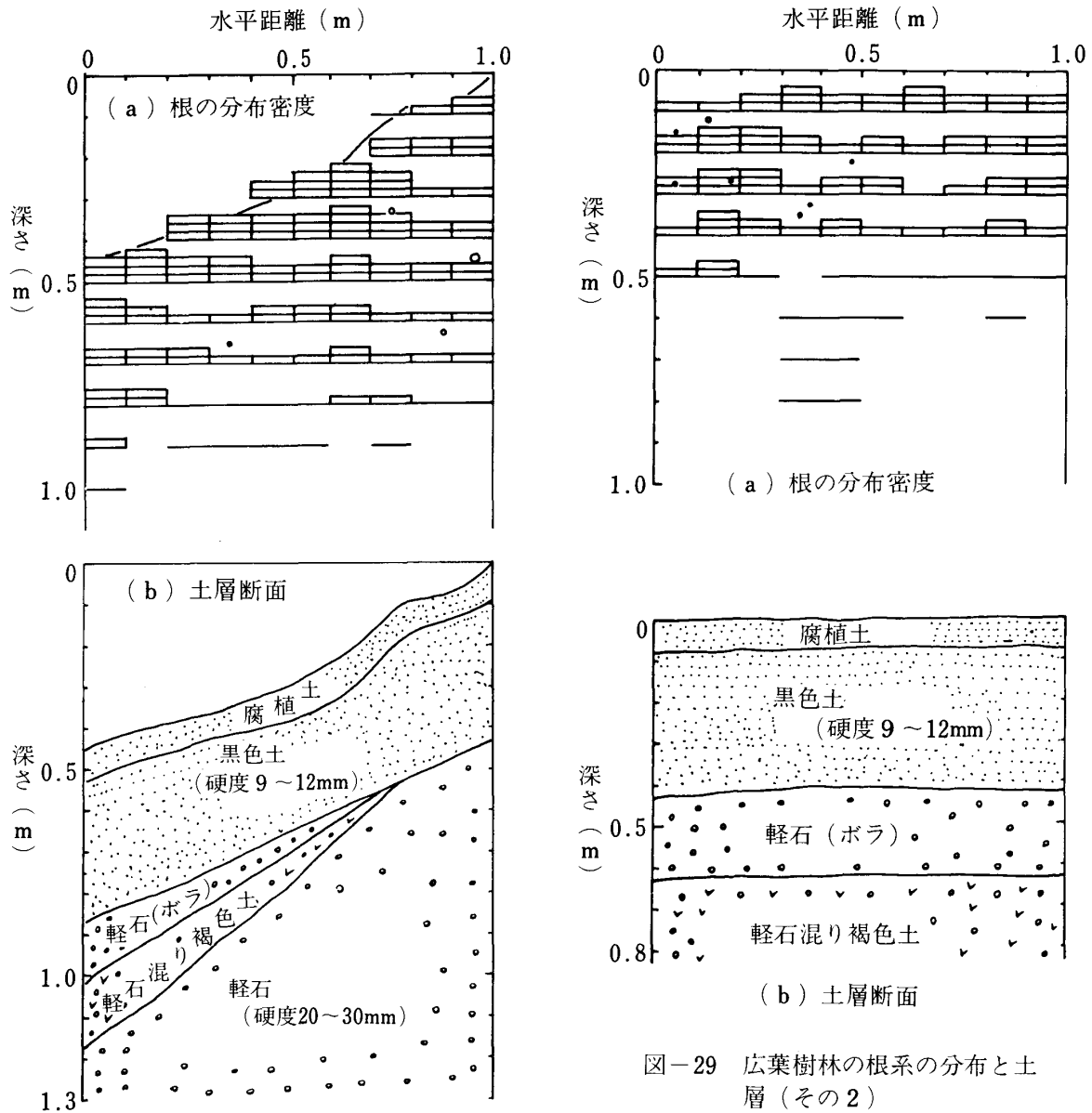


図-29 広葉樹林の根系の分布と土層 (その2)

図-28 広葉樹林の根系の分布と土層 (その1)

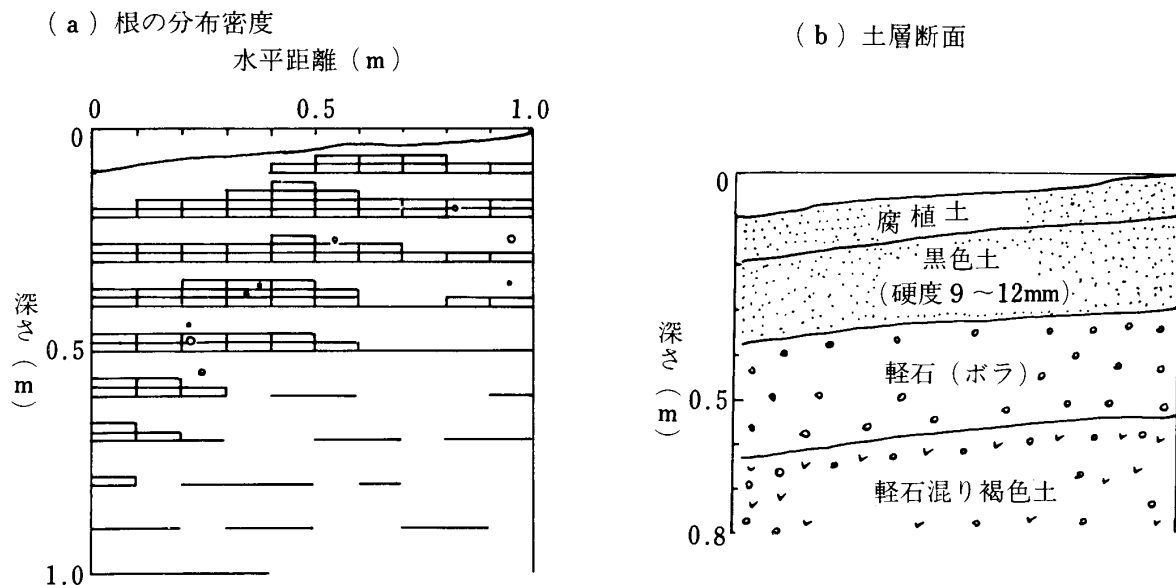


図-30 広葉樹林の根系の分布と土層 (その3)

4. 若干の問題点

4. 1 土質と根系

1) スギ

スギの植栽は、その生育上土壌条件の良い山地に行なわれているため、根系の発達状況と地層条件との関係については明確にできなかった。しかし、一般的には、細根の分布密度は腐植土および黒褐色土層において高く、かたいシラス層においては少ない。

2) クロマツ

クロマツは立地に対する要求が少なく、荒廃地によく生育する。クロマツの根系は、その伸長方向によって前述のように水平根と垂下根に分けられる。根系の発達のしかたは個体差がかなりある。

クロマツ No. 1 は垂下根の分岐が非常に多いのに反して、水平根の貧弱さが特徴的である。水平根は地表下約 30 cm までの範囲内に分布しており、その点の土質は腐植土、褐色土、および指標硬度 20 mm の風化シラスである。また垂下根先端部のシラスの指標硬度は 26 mm であった。

クロマツ No. 2 は垂下根が比較的短かく、分岐数も少なく、長さ 1 m 以上のものは 1 本だけであるが、その水平根は 20 数本もあり、しかも根径が大きい。水平根の分布はほとんど褐色土内に限定される。

クロマツ No. 3 は垂下根および水平根ともによく発達している。水平根は上・下 2 段に分かれて分布しており、上段は地表下 50~60 cm の表層部に分布しており、下段は地表下 120 cm 位のところで垂下根から分岐している。この点はややかたいシラスと風化シラスとの境界層である。垂下根先端部のシラスの指標硬度は 24 mm であった。

3) 広葉樹林と軽石層

広葉樹林の調査地点は代表的な軽石層であり、広葉樹類の根系は図-28~30 に示されるように、軽石層にはほとんど侵入していなくて、厚さ数 10 cm の腐植質の表土層に網目状にからみ合っている。この網目状の根系がなければ表土層は表層すべりをひきおこすと考えられる。すなわち広葉樹

類は根系と根系のからみ合いが密になることによって表層すべりに対する抵抗を期待できると考えられる。

4. 2 傾斜地と根系

1) スギ

樹幹より上側の斜面に向っては、根は水平に近く、地中に伸びているため、地表面付近には細根の分布は少なく、太根はみられない。斜面上方に向う太根はその本数は少なく、また長さも短い。一方下側の斜面では地表面付近をほうような形で、相当密に根系が発達している。これが傾斜地におけるスギの根系の特徴である。

2) クロマツ

調査したクロマツに共通する特徴として水平根の発達様式があげられる。樹幹より下方斜面に向かう水平根は、細くて、しかも短かく、非常に発達が悪い。上方斜面へ向かう水平根は、太くて、丈夫で、しかも長く発達している。数本の垂下根と、斜面上方へ向って発達する水平根が傾斜地におけるクロマツの特徴である。

4. 3 広葉樹林と針葉樹林

広葉樹林、なかでも天然林の場合、その根系は網目状の構造をなして林地を被っており、これが抵抗力を高くしていると考えられる。一方、スギやクロマツの造林地の場合、樹幹間隔が広いいため根系の網目状構造は発達せず、ネットワークに切れ目が生じている。したがって土壌保持の能力に弱点を持つことになると考えられる。地形・地質などの条件を同じくする場合、もし針葉樹の人工林の方が広葉樹林よりも崩壊しやすいとするならば、根系と根系によって形成されるネットワークに1つの問題がありそうである。この問題はとくに人工林の問題であって、混交林などの導入によってある程度解決できるものと考えられる。広葉樹林であっても疎な林分であれば根系のネットワークは悪くなるであろう。

5. 結 論

森林の土地保全機能を解明するための基礎資料を得ることを目的に、山地において樹木の根系の形態と分布を調査した。調査樹種はスギ、マツ、および広葉樹類であり、とくに土質と根の発達状況および傾斜地における根の発達状況に着目した。その結果地層の相違が根系の分布に影響を及ぼしているらしいこと、スギの根系は地表をほうような形で、斜面下方に向って発達すること、クロマツの根系は数本の垂下根と、斜面上方に向って発達する水平根によって特徴づけられること、広葉樹林では根系のからみ合いによって網目状構造が密に形成されていること、および人工の針葉樹林では網目状構造は形成されにくいことが明らかとなった。

参 考 文 献

- 1) 春山元寿：豪雨による南九州の斜面崩壊，自然災害科学資料解析研究，Vol. 1, pp. 80-85, 昭. 49. 3.

Summary

In order to clarify the influence of forest on the prevention of collapsing and erosion of hillside, the investigations on the form and distribution of root-system of trees were carried out in the hillside of Shirasu region. Shirasu, which is distributed widely in southern Kyushu, Japan, is a sort of volcanic product.

Cryptomeria japonica, *Pinus Thunbergii*, and broad-leaved-trees were adopted, and the relationships between the soil-layers, the root-system, and the mode of development of roots in the tilting-land were investigated. Basing on the study, the following conclusions might reasonably be made :

- (1) The boundary zone between the different strata has influence on the development of root-system.
- (2) The root-system of *Cryptomeria japonica* in the tilting-land is characterized by the one developing toward the lower land of slope within the surface stratum of forest soils.
- (3) The root-system of *Pinus Thunbergii* in the tilting-land is characterized by the pendent roots developing vertically and by the horizontal roots developing toward the upper land of the slope.
- (4) The root-system of the broad-leaved-forest builds up dense net-works, but this doesn't apply to the forest reproduced artificially out of the conifers.