

カラムツおよびミズナラ林土壌における根系分布

濱田 洋平*・小林 義和*・田中 正**

Distribution of Root System in the Soil of a Japanese Larch
and a Oak Forest

Yohhei HAMADA*, Yoshikazu KOBAYASHI*
and Tadashi TANAKA**

目 次

I はじめに	103
II 調査地域の概要	104
1 試験流域の概要	104
2 調査地点の選定とその概要	104
III 調査方法	106
IV 結果および考察	107
1 土壌条件	107
2 根系分布	108
V ま と め	117
謝 辞	117
引用文献	117
Summary	118

I はじめに

土壌中における植物の根系分布は、その植物の生長特性や形態構造に関して重要であるだけでなく、根系が関与する土壌中の水文学的あるいは生物地球化学的諸過程を取り扱う場合にも極めて重要なものとなる。例えば、植物は蒸散を通して土壌中の水移動に関与している。このため、土壌-植物-大気連続系 (SPAC) 中の水循環における土壌-植物間の水移動を考える際には、根

*筑波大学大学院・地球科学研究科 (Doctoral Program in Geoscience, University of Tsukuba)

**筑波大学地球科学系 (Institute of Geoscience, University of Tsukuba)

系の量とその分布は不可欠なパラメーターとなる。また、根系による呼吸作用は微生物による土壌有機物の分解と並んで、近年温室効果ガスの1つとして注目されているCO₂の土壌中における主要な発生源となっている。過去の研究によれば、この2つの発生源のうち根系の呼吸が占める割合は最大で約50%に及ぶという報告もあり (Nakane *et al.*, 1983), 根系分布についての情報は土壌中におけるCO₂生産量を推定する上で重要なものとなる。

このような重要性にもかかわらず、根系分布の実測調査は多くの労力を費やす煩雑な作業であるため、土壌中の水移動やCO₂生産に関連して根系分布を調査した例は少なく、杉田ほか(1986)による報告が見られる程度である。我が国の主要な樹種に関する一般的な根系分布についての知見は、苅住(1979)による膨大な集成があるが、根系分布は樹種の違いのほか、その場所の土壌・地形・地質・気候などの様々な条件によっても影響を受ける。このため、土壌中の諸過程に対する根系の寄与をより正確に評価するためには、研究が行われているその場所での実測調査が必要になる。

今回調査地域として設定した試験流域では、1985年以降山地森林流域における水・物質循環をテーマとして、著者らをはじめ多くの研究者による研究が行われてきているが、流域内の土壌中の根系分布に関する大規模な調査はこれまで行われていない。そこで本稿では、試験流域内の主要な樹種であるカラマツおよびミズナラについて、それぞれが優占している地点において根系分布の実測調査を行った。また、得られた結果を提示し、根系分布の特徴および土壌条件との関係について若干の考察を行った。

II 調査地域の概要

1 試験流域の概要

根系分布調査を行った試験流域は、長野県南佐久郡川上村字矢出川(東経138°30.2', 北緯35°54.9')に位置し、筑波大学農林技術センター川上演習林第2林班に属する。試験流域の位置および概要をFig. 1に示す。本流域は千曲川水系三沢川の源流部に相当し、流域の標高は1500~1680m, 流域面積は0.14km²である。流域は中尾根により南北2つの支谷に分割されており、北谷と南谷とでは植生分布が著しく異なる。北谷では最上流部に分布するカラマツ林を除いて、ほぼ全域がミズナラ(*Quercus mongolica* Fisch)を主体とする天然落葉広葉樹林(以下ミズナラ林)に覆われているのに対し、南谷では谷底の一部と最上流の尾根部にミズナラ林が残存する以外はカラマツ(*Larix leptolepis* Gordon)の人工林となっている。これらの林床には一部を除いてミヤコザサ(*Sasa nipponica*)が密に繁茂している。流域の土壌は主として基盤の風化土壌および森林の腐植土壌からなる。また流域一帯は冷涼寡雨な内陸性の気候下にあり、年平均気温は6.2°C, 年降水量は1400~1500mmである(田中ほか, 1988)。

2 調査地点の選定とその概要

根系分布の調査に先立ち、調査の対象とする樹木の選定を行った。対象とする樹種は試験流域

内で優占しているカラマツおよびミズナラとし、斜面の中腹に位置しており、周辺の樹木の平均的な胸高直径をもつ健康な木で、斜面の下方側が比較的開けているような木をカラマツおよびミズナラについて1本ずつ選定し、調査対象木とした。

調査地点の概要を Fig. 2 に示す。カラマツ林の調査地点は試験流域下流端付近の北向き斜面(勾配15°)の中腹、標高約1510~1520mの地点に位置する。このカラマツ林は1964~1965年にかけて植林された人工林であり、樹齢は約30年である(田中ほか, 1988)。またこの地点の土層厚は1~2m程度である。調査対象としたカラマツは胸高直径18.3cmであった。一方、ミズナラ林の調査地点は北谷源流部付近の南西向き斜面(勾配25°)の中腹、標高約1560~1570mの地点に位置する。この斜面のミズナラ林では1978年に天然更新の手入れが行われており、推定樹齢は約60年である(黒田, 1988)。またこの斜面の下部では上部からの崩積土の供給により、4m以上の厚い土層が発達している(荻沼ほか, 1988)。調査対象としたミズナラは胸高直径18.0cmであった。

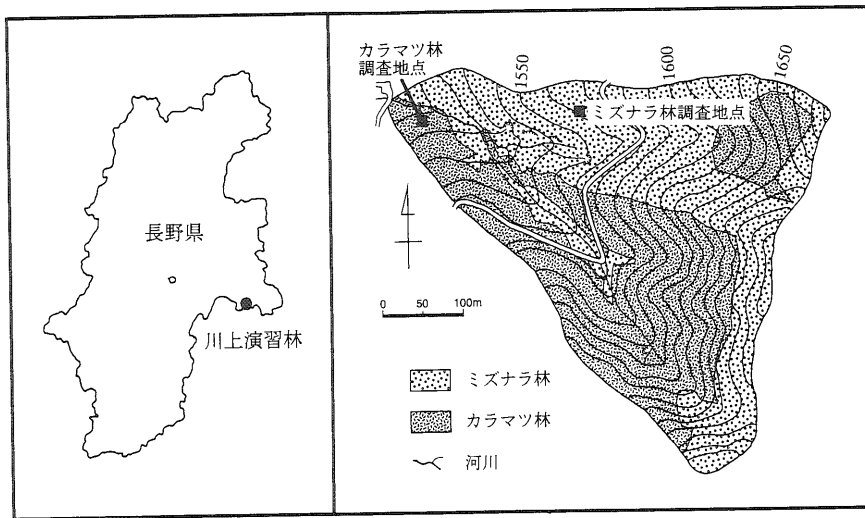


Fig. 1 試験流域の位置および概要

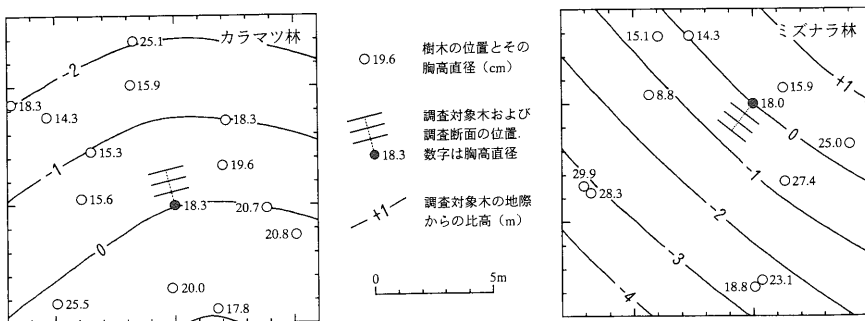


Fig. 2 カラマツ林およびミズナラ林における調査地点の概要

III 調査方法

1995年7月11日～13日にかけて、前述した2つの調査地点において根系分布の実測調査を行った。また、ほぼ同時期にそれぞれの調査地点の近傍において、定容積の土壌コアサンプラーを用いて深度10cmごとに土壌試料の採取を行った。

根系分布調査の概要を Fig. 3 に示す。実際の調査は次のような手順で行った。まず、調査対象木の地際（ちぎわ）から斜面下方1.5m のところにトレンチを掘り、幅1.5m、深さ1m の鉛直な土壌断面を露出させて根系調査断面とした。次に、50cm 四方の木枠に、10cm 四方のマス目ができるように糸を張ったものをこの断面にあてがった。これによって根系調査断面は縦10個、横15個のマス目に分割されるため、縦方向は深度により、横方向はA～Oのアルファベットにより区分した (Fig. 3)。これらの各マス目ごとに、断面に露出した根系の数を数えた。根系はその直径によって、2mm 未満、2～5mm、5mm 以上に目測で分類して集計した。また、2つの調査地点のいずれにおいても林床にはミヤコザサが密に繁茂しており、集計された根数にはカラマツおよびミズナラの根に加えてミヤコザサの根が含まれているが、直径2mm 未満の細根については樹種の区分が困難であったためまとめて扱い、2mm 以上の根系についてのみカラマツおよびミズナラとミヤコザサとを区分して集計した。この一連の作業を、対象木の地際から1.0m、0.5m のところに順次場所を移して繰り返し行った。また、各調査断面における土壌層位に関する記録も同時に行った。

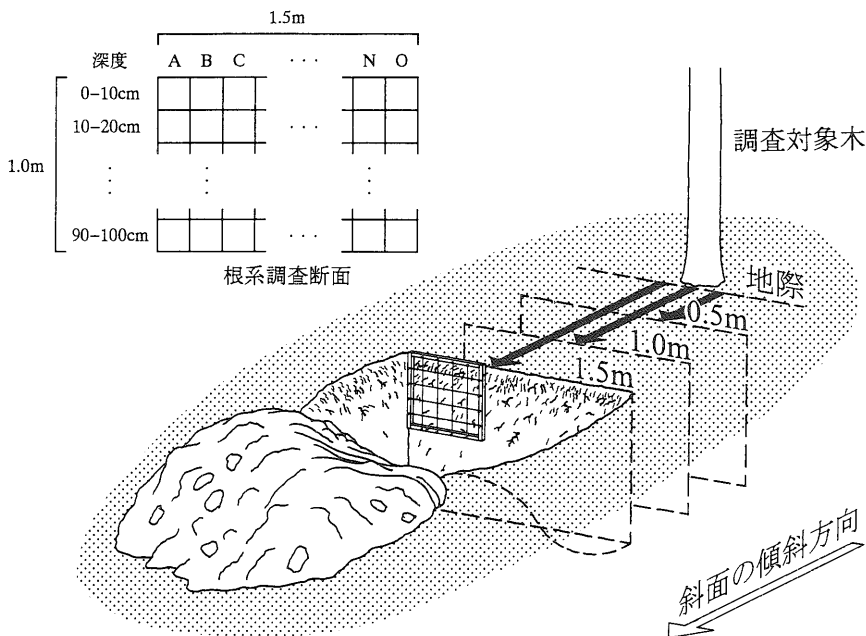


Fig. 3 根系分布調査の概要

一方、採取した土壌試料については、水分の蒸発を防ぐために採取後直ちにパラフィルムで封をした後、実験室に持ち帰って湿土重量および実容積の測定を行った。実容積の測定には土壌三相計（大起理化工業）を使用した。その後110℃で24時間炉乾燥した後、乾土重量を測定した。

IV 結果および考察

1 土壌条件

それぞれの調査地点における、土壌層位と三相分布を Fig. 4 に示す。

土壌層位は地際からの距離に関係なく、それぞれの調査地点でほぼ一定であった。カラマツ林の土壌層位は、表層約5cmが未分解のリターによって覆われており、そこから深度20cmまでがA層、20～50cmがA層とB層の中間的な層で、50cm以深がB層であった。ミズナラ林の土壌層位は、表層の約25cmがA層、それ以深がB層となっていた。今回の調査において観察されたこれらの土壌層位は、荻沼ほか（1988）によって示された土壌層位の結果と一致する。

土壌の間隙率は、深度100cmまでの範囲でカラマツ林では69～85%，ミズナラ林では55～78%であり、深度とともに減少する傾向が見られる。また体積含水率は、カラマツ林では深度とともにほぼ一様に増加し、これに伴って気相率が減少しているのに対し、ミズナラ林では表層の含水率がやや高くなっていた。これは両地点の土性の違いのほか、調査が梅雨期の末に行われたため、特にミズナラ林については表層において降雨の影響が現れたものと考えられる。なお深度50cm以深では、両地点とも5%前後のほぼ一定の気相率が保たれていた。

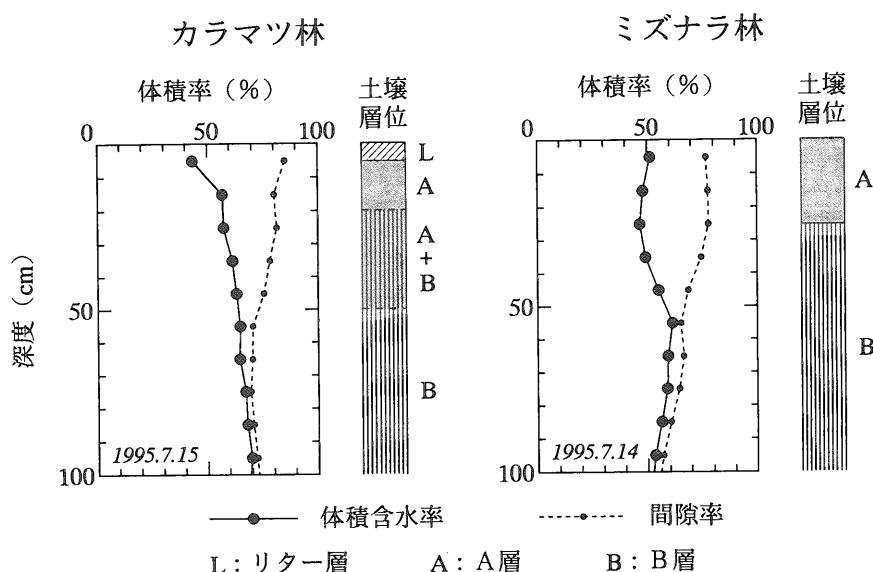


Fig. 4 カラマツ林およびミズナラ林における土壌層位と三相分布

2 根系分布

各根系調査断面における調査結果について、カラマツ林については Table 1a~1c, ミズナラ林については Table 2a~2c に示す。また、各断面における総根量の鉛直分布についてグラフ化したものを Fig. 5 に示す。

総根量の鉛直分布は、いずれの断面においても表層で最大であり、深度とともに減少する傾向が認められる。カラマツ林の地際から0.5m の断面においては、深度0~10cm の根量がかなり少ないが、この断面では表層に特に厚いリター層が形成されており、リター層中では根系はほとんど発達していなかったことから、このリター層の影響によるものと考えられる。

根径による違いに着目すると、直径 2 mm 未満の細根が数の上では最も多く、総根量に占める細根の割合はカラマツ林で87~92%, ミズナラ林で84~86%に及んだ。この割合は地際から離れるにつれてわずかに増加する傾向が見られた。また、根径 2 mm 以上の根の大半が表層から深度 50cm までの範囲に分布しているのに対し、2 mm 未満の細根はそれ以深においてもかなり存在しており、根径によって鉛直分布に違いが認められる。

また、地際からの距離の違いに注目すると、いずれの調査地点においても、地際から0.5m および1.0m の根系調査断面における鉛直分布はほぼ同様であるのに対し、地際から1.5m の断面では、表層30cm くらいの範囲の根量、特に細根量が減少している。断面ごとの総根量で比較すると、地際からの距離が短い順にカラマツ林では961本、967本、764本、ミズナラ林では1069本、1066本、914本と、やはり地際から1.5m の断面で根量が少なくなっている。

これまで述べてきた根系分布の傾向は、カラマツ林およびミズナラ林のいずれにもあてはまるものであり、両者の間に際立った違いは認められない。総根量を比べると、前述のようにミズナラ林の各断面の根量は、カラマツ林のそれを100~150本上回っているが、この理由としては樹種の違いのほか、斜面の向きや土壌層位などの様々な環境条件の違いによるものと考えられる。

調査によって得られたこれら根系分布の結果と、先に述べた土壌条件との関係をみてみる。土壌中における体積含水率の鉛直分布は通常、降雨後しばらくの間は重力排水の影響を受けて変動するが、圃場含水量に達した後は蒸発や蒸散によって減少してゆく。今回の調査地点周辺の土壌においては、地表面からの直接蒸発による水損失は降水量の約 4 % にすぎないことが明らかにされており (Tsujimura *et al.*, 1994), 体積含水率の減少における蒸散の役割が重要になる。Fig. 4 に示された三相分布によると、ミズナラ林表層の降雨による影響を無視すれば、いずれの地点においても気相率は深度とともに減少し、深度50cm 程度より下ではほぼ一定になっているといえる。これに対して根系の鉛直分布は、Fig. 5 に示したようにいずれの根系調査断面においても深度とともに減少する傾向があり、特に深度50cm 以深では根径 2 mm 以上の根はほとんど見られず、2 mm 未満の細根についてもいくつかの断面においては50cm を境に急減している。体積含水率は根系の吸水作用によってのみ決定されるものではないが、今回調査を行った2つの地点においては両者の鉛直分布に良好な対応が認められた。これらのことから、本研究の調査地点において根系による活発な吸水が生じているのは、地表面から深度50cm 前後までの範囲であると推測される。

次に、それぞれの根系調査断面における、カラマツあるいはミズナラの根系のみの鉛直分布を

Table 1a カラマツ林における地際から0.5mの根系調査断面中の根系分布 (()内はカラマツ根系の内訳)

深度 (cm)	根径 (mm)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	計
0-10	<2	12	3	11	8	11	6	8	14	15	6	14	7	16	14	8	153
	2-5	1	0	3	2(2)	0	2(1)	0	2(2)	1(1)	2(2)	0	2(1)	1	0	0	16(9)
	5<	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	2(2)
10-20	<2	15	16	30	22	12	6	7	14	21	18	37	19	12	9	17	255
	2-5	1	0	2	0	3(2)	3	1	6(3)	7(4)	6(3)	2	3	2(1)	3(1)	3	42(14)
	5<	0	0	1(1)	0	0	1(1)	1(1)	0	1(1)	1	0	0	0	0	0	5(4)
20-30	<2	14	21	10	5	8	7	3	12	10	14	11	10	11	7	8	151
	2-5	1(1)	2(1)	2(1)	0	0	0	0	2(1)	1	0	2	0	0	1	0	11(4)
	5<	1	2(2)	1(1)	0	2(2)	0	0	1(1)	2(2)	0	0	1(1)	0	0	0	10(9)
30-40	<2	15	13	6	9	10	4	5	10	13	0	7	9	7	10	5	123
	2-5	1	4(4)	1(1)	0	0	0	2(2)	2	0	1(1)	2(2)	1(1)	0	0	1(1)	15(12)
	5<	0	0	1	0	0	1(1)	0	2(2)	2(1)	0	0	1(1)	0	1(1)	0	8(6)
40-50	<2	6	8	12	4	6	9	2	5	6	3	6	2	2	4	3	78
	2-5	1(1)	0	1(1)	0	3(3)	2(2)	0	0	0	0	0	1(1)	0	2(2)	0	10(10)
	5<	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)
50-60	<2	2	2	2	1	0	1	1	1	1	2	6	4	5	3	1	32
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5<	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	1(1)	1(1)	0	0	0	0	3(3)
60-70	<2	1	0	0	1	0	1	1	1	2	2	4	4	1	0	2	20
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5<	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	2(2)
70-80	<2	0	0	1	0	4	0	1	0	0	3	1	1	2	1	2	16
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80-90	<2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	3
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-100	<2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	5
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 1b カラマツ林における地際から1.0mの根系調査断面中の根系分布 ()内はカラマツ根系の内訳

深度 (cm)	根径 (mm)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	計
0-10	<2	14	20	15	12	16	18	23	23	19	14	25	16	10	7	33	265
	2-5	3	2	5	2(1)	0	1	5(2)	4	0	2	0	0	1	3(1)	0	28(4)
	5<	0	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	2(2)
10-20	<2	14	7	14	7	18	13	18	9	15	13	23	23	14	12	15	215
	2-5	2(1)	1	0	2(2)	4(1)	2	2	2	2(1)	1	2(1)	3	5	1	2(1)	31(7)
	5<	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	1(1)	1(1)	0	1	0	1	5(3)
20-30	<2	18	9	14	6	7	7	4	10	11	9	14	14	12	14	12	161
	2-5	0	0	1(1)	0	1(1)	0	0	0	0	1	1	2(2)	0	0	1	7(4)
	5<	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
30-40	<2	4	5	7	11	4	2	6	6	3	4	9	11	8	8	3	91
	2-5	2(2)	0	0	1(1)	0	0	0	2(2)	2(1)	1(1)	0	1(1)	1(1)	1(1)	0	11(10)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	1(1)
40-50	<2	2	2	4	5	4	2	4	3	3	10	3	7	8	3	5	65
	2-5	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	2(2)	0	0	0	0	3(3)
	5<	0	0	0	2(2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2(2)
50-60	<2	2	1	3	0	2	2	1	3	2	2	1	2	3	2	2	28
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	1(1)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60-70	<2	3	2	4	1	1	3	2	0	3	1	2	0	0	0	0	22
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5<	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)
70-80	<2	1	1	0	0	0	2	0	0	3	0	0	1	3	0	0	11
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80-90	<2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2	2	2	0	11
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-100	<2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	1	5
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 1c カラマツ林における地際から1.5mの根系調査断面中の根系分布 ()内はカラマツ根系の内訳

深度 (cm)	根径 (mm)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	計
0-10	<2	21	0	3	16	8	14	4	10	13	12	12	20	10	8	12	163
	2-5	2	0	0	2	0	1(1)	2(1)	2(1)	1	1	0	1	0	0	0	12(3)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	1(1)	0	1	3(2)
10-20	<2	18	10	3	11	8	12	19	16	12	8	17	14	6	7	7	168
	2-5	2	0	0	1	1(1)	3(2)	0	5	1	2	4(1)	1(1)	0	0	3(2)	23(7)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
20-30	<2	9	7	4	9	3	4	7	7	8	7	7	9	10	7	5	103
	2-5	0	0	0	0	1	0	0	1(1)	3(2)	0	0	0	1	0	1	7(3)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	1(1)
30-40	<2	6	4	3	7	5	7	6	5	7	11	10	4	5	14	8	102
	2-5	0	0	0	0	0	1	1(1)	0	0	0	1	0	0	0	1(1)	4(2)
	5<	0	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	2(2)
40-50	<2	3	1	8	12	7	2	7	2	5	5	1	1	5	4	5	68
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	1(1)	2(2)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50-60	<2	4	2	4	8	0	1	4	4	1	2	4	2	4	3	3	46
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	2(2)	0	0	0	0	0	0	0	2(2)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60-70	<2	2	0	1	1	2	1	1	0	3	3	1	0	1	2	1	19
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5<	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)
70-80	<2	1	1	1	3	2	1	0	1	2	3	1	1	0	0	0	17
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80-90	<2	1	1	1	3	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	10
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-100	<2	2	0	1	2	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	9
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	1(1)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 2a ミズナラ林における地際から0.5mの根系調査断面中の根系分布 ()内はミズナラ根系の内訳

深度 (cm)	根径 (mm)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	計
0-10	<2	18	12	22	17	11	24	18	18	20	15	22	20	21	14	16	288
	2-5	6(1)	4	3	3(2)	2	4	4(1)	5	3	4	3	4	5	6	5(1)	61(5)
	5<	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	2(1)
10-20	<2	13	15	15	14	14	15	15	9	3	11	15	19	18	15	19	210
	2-5	2	4	3(3)	3(1)	3(2)	0	2(2)	0	3	1	6(2)	2	2	5	3	39(10)
	5<	0	0	0	0	0	2(2)	0	0	2(2)	0	0	0	1(1)	1(1)	0	6(6)
20-30	<2	8	9	6	10	8	14	12	8	10	10	5	9	11	8	12	140
	2-5	2(1)	0	0	1	2(1)	3(3)	3(1)	2(1)	0	1(1)	1	0	1	1(1)	0	17(9)
	5<	0	1(1)	0	0	0	0	0	1(1)	0	1(1)	1(1)	0	1(1)	0	1(1)	6(6)
30-40	<2	7	8	5	6	7	7	4	9	9	8	7	5	5	7	9	103
	2-5	0	0	1(1)	1(1)	0	0	0	1(1)	2(1)	1(1)	0	1(1)	1(1)	3(1)	1(1)	12(9)
	5<	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	1(1)	1	0	0	3(2)
40-50	<2	3	6	6	7	4	1	3	3	6	2	4	4	4	3	10	66
	2-5	1(1)	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	3(3)	1(1)	2(2)	0	0	1	9(8)
	5<	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	1(1)	1(1)	0	0	0	0	0	3(3)
50-60	<2	0	1	2	0	2	4	1	6	2	5	3	4	5	1	4	40
	2-5	1(1)	0	0	0	1(1)	1(1)	1(1)	1(1)	0	0	1(1)	0	0	0	2(2)	8(8)
	5<	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)
60-70	<2	0	1	2	0	3	0	3	1	0	1	2	2	2	0	3	20
	2-5	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70-80	<2	0	4	1	0	1	2	3	1	4	0	2	3	1	2	1	25
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80-90	<2	2	2	1	0	2	1	1	1	0	1	2	0	2	1	0	16
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	1(1)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-100	<2	0	2	0	0	0	0	2	3	2	0	0	1	0	0	1	11
	2-5	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 2b ミズナラ林における地際から1.0mの根系調査断面中の根系分布 (()内はミズナラ根系の内訳)

深度 (cm)	根径 (mm)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	計
0-10	<2	14	9	17	16	17	16	19	12	15	19	26	14	15	20	19	248
	2-5	1	4	4	4(1)	4(1)	7	3	5	6(1)	3(1)	3	3(1)	3	2	5	57(5)
	5<	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1(1)	3(2)
10-20	<2	8	10	9	12	11	8	12	15	9	15	13	9	12	20	22	185
	2-5	4	2(1)	2(2)	1(1)	2(1)	0	3	3(2)	4(3)	2	6(2)	7(2)	4(2)	2(1)	1	43(17)
	5<	0	1(1)	0	2(1)	0	0	1(1)	0	0	0	0	1(1)	0	1(1)	0	6(5)
20-30	<2	8	5	11	14	9	10	8	13	9	17	8	7	12	13	17	161
	2-5	2(1)	0	1	1	0	1	1	0	1	0	5(3)	1	2	0	0	15(4)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	2	0	3(1)
30-40	<2	7	8	6	7	0	6	5	5	4	11	10	4	8	6	8	95
	2-5	0	0	0	0	0	4(1)	0	1(1)	2(1)	4(4)	0	0	1(1)	2(1)	0	14(9)
	5<	0	1(1)	1(1)	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3(3)
40-50	<2	5	6	3	3	1	9	2	0	2	3	5	4	3	2	15	63
	2-5	0	2(1)	0	0	0	2(2)	0	0	0	1(1)	1(1)	2(2)	0	2(2)	1(1)	11(10)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	1(1)
50-60	<2	6	2	2	6	3	3	6	3	4	1	4	5	2	2	3	52
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	1(1)	0	1(1)	0	0	0	0	3(3)
	5<	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	2(2)
60-70	<2	2	2	2	2	3	5	3	4	3	3	3	2	4	2	3	43
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	0	1(1)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70-80	<2	0	1	1	1	2	3	3	4	1	5	5	4	4	2	1	37
	2-5	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80-90	<2	0	2	0	3	0	2	1	0	1	2	0	0	0	0	2	13
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-100	<2	2	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	6
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 2c ミズナラ林における地際から1.5mの根系調査断面中の根系分布 (()内はミズナラ根系の内訳)

深度 (cm)	根径 (mm)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	計
0-10	<2	5	7	9	7	4	15	10	8	13	9	5	3	12	7	12	126
	2-5	3	2	1	2(1)	1	2	2	2	4	2	8	2	6(1)	1	1	39(2)
	5<	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3
10-20	<2	2	13	7	4	6	17	15	4	0	4	2	3	11	7	9	104
	2-5	0	4(1)	4	1(1)	0	4	3	2	0	0	0	0	0	3(1)	1(1)	22(4)
	5<	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3(3)	1(1)	6(5)
20-30	<2	4	8	10	15	16	9	12	6	6	4	5	8	11	11	7	132
	2-5	1(1)	1	1	1	1(1)	1(1)	2	4(3)	2	2(1)	0	0	1	2	0	19(7)
	5<	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
30-40	<2	14	9	9	6	12	8	5	4	9	6	11	10	4	8	15	130
	2-5	1(1)	3	1	1(1)	2(2)	2(1)	0	1	0	3(2)	1(1)	2(2)	2(2)	1	1	21(12)
	5<	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
40-50	<2	11	9	5	4	5	6	5	5	7	5	7	9	8	7	5	98
	2-5	1(1)	0	2(1)	3(3)	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	1	1	9(6)
	5<	0	2(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	1(1)	1(1)	5(4)
50-60	<2	3	4	4	5	3	1	4	6	6	3	3	2	2	5	5	56
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	1(1)	0	0	1(1)	3(3)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60-70	<2	5	2	4	5	2	2	8	3	3	3	4	1	3	3	7	55
	2-5	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	2(2)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70-80	<2	4	4	1	5	4	4	3	4	5	3	3	3	1	1	3	48
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80-90	<2	2	1	0	2	2	0	1	3	1	1	3	2	0	0	2	20
	2-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-100	<2	0	2	0	4	0	0	0	2	1	1	0	0	1	1	1	13
	2-5	0	0	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	1(1)
	5<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

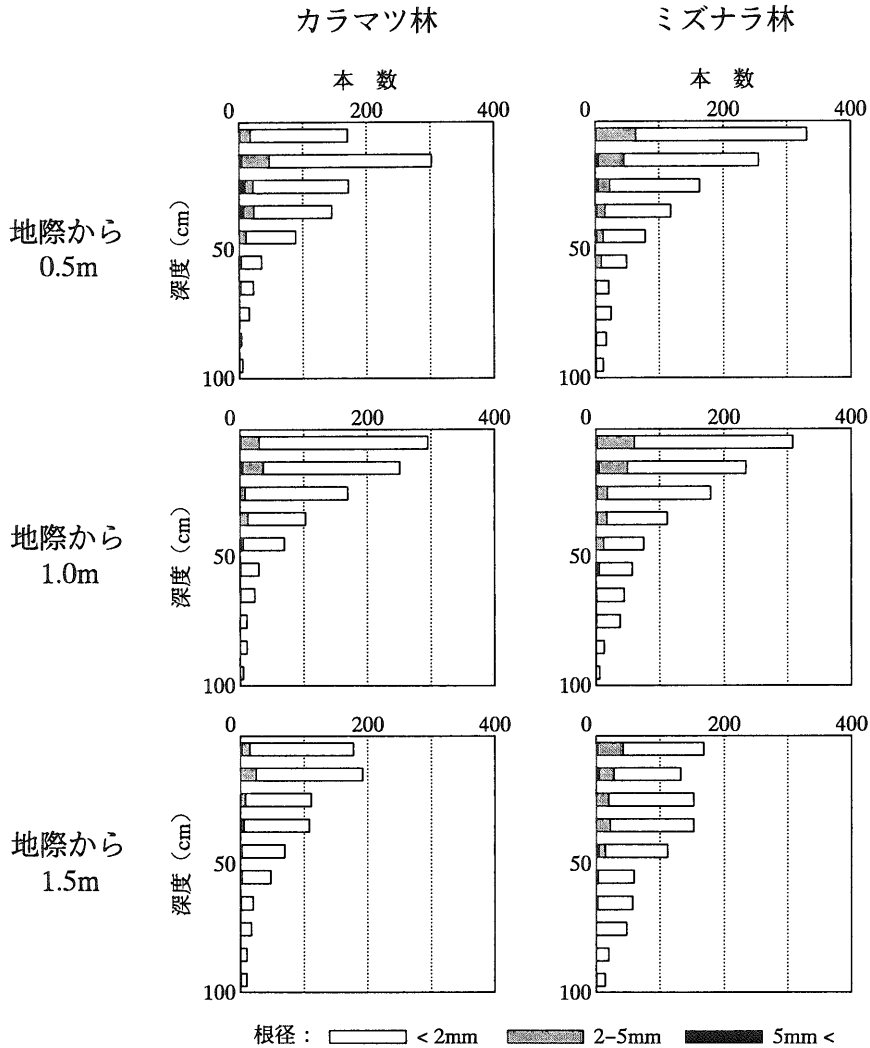


Fig. 5 各根系調査断面における総根量の鉛直分布

プロットした図を Fig. 6 に示す。根径 2 mm 未満の細根はミヤコザサの根も含めて集計されているため、2 mm 以上の根の根量を示してある。またこの根量の、ミヤコザサを含めた根径 2 mm 以上の根の総量に占める深度ごとの割合も同時にプロットした。

カラマツおよびミズナラの根系は最表層でやや少なく、また深度 70 cm 以深ではほとんど見られなかった。断面ごとの根量を比較すると、地際から離れるに従って明らかに根量の減少が認められ、地際から近い順にカラマツでは 76 本、38 本、26 本であり、ミズナラでは 71 本、64 本、46 本であった。

カラマツおよびミズナラ根系の総根量に占める割合についてみると、いずれの断面においても表層で小さく、深度とともに増加している。特にカラマツ林では深度 40 cm、ミズナラ林では深度 50 cm でこの割合は 100% に達しており、これらの深度以深においては 2 mm 以上の根径をもつミ

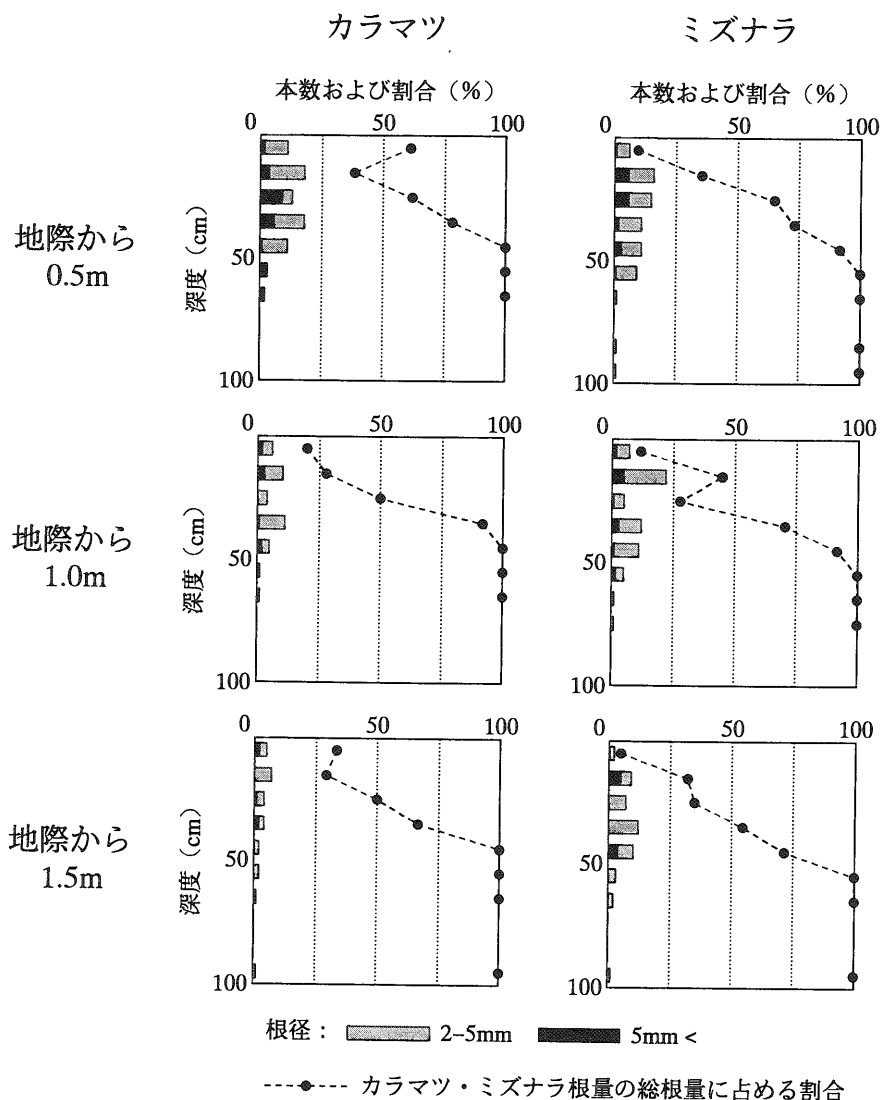


Fig. 6 各根系調査断面におけるカラマツおよびミズナラ根系の鉛直分布

ヤコザサの根は一切認められなかった。カラマツとミズナラとでは最表層に占める割合も若干異なっており、カラマツ林では深度10~20cmにおける割合とほぼ同じか逆に上回っているのに対し、ミズナラ林では最表層で最も小さく、その割合は4.8~11.7%であった。また、これらの傾向は地際からの距離に関係なく各断面に共通して認められた。

Fig. 6 に示された、カラマツおよびミズナラの根系が占める割合が深度によって異なるという事実は、根系が関与する土壤中の諸過程に及ぼす影響が深度によって異なることを意味するものである。すなわち、土壌表層での根系による水・養分吸収や CO_2 代謝についてはミヤコザサの寄与が大きいのに対し、深度の増加とともにカラマツおよびミズナラの寄与が相対的に大きくなり、

深度40～50cm 以深ではミヤコザサの寄与はほとんど無くなるものと考えられる。根系の生理・代謝特性は樹種によって異なる場合が多いことから、各深度における土壌中の諸過程を考慮する際には、根系の絶対量の分布だけではなく、それに占める各樹種の割合もまた重要な情報となる。

V まとめ

筑波大学農林技術センター川上演習林試験流域内の、カラマツおよびミズナラが優占する林地において、土壌中における根系分布の実測調査を行った。

調査の結果、総根量の鉛直分布は表層で最大であり、深度とともに減少する傾向が見られた。直径2 mm 未満の細根が数の上では最も多く、2 mm 以上の根の大半が表層から深度50cm までの範囲に分布しているのに対し、細根はそれ以深にもかなり存在していた。この細根量は、総根量と同様地際から1.5m 離れると減少した。根径2 mm 以上のカラマツおよびミズナラ根系については、表層でやや少なく、また深度70cm 以深ではほとんど見られなかった。また、カラマツおよびミズナラの総根量に占める割合は、表層では小さいが深度とともに増加し、深度40～50cm 以深では100%に達した。土壌の三相分布と根系分布とを比較したところ、気相率の鉛直分布が根系分布に良く対応しており、土壌表層の三相分布に対する根系の吸水作用の寄与が示唆された。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、筑波大学大学院地球科学研究科の水文学野外実験に参加された学生の方々には、現地調査においてご協力を頂きました。また、筑波大学農林技術センター川上演習林のスタッフの方々には、試験流域を利用するに当たって様々なご便宜を頂きました。ここに記して感謝いたします。

本稿は濱田の平成7年度筑波大学大学院地球科学研究科修士論文の一部に加筆・修正したものである。

引用文献

荻沼威如・田中 正・島野安雄 (1988)：土層構造と流域貯留量。田中 正編「山地森林流域における流出機構と物質循環に関する研究」。昭和61・62年度文部省科学研究費補助金研究成果報告書，47-85。

荻住 昇 (1979)：「樹木根系図説」。誠文堂新光社，1121p。

黒田吉雄 (1988)：天然広葉樹林・カラマツ人工林のリター落下量。田中 正編「山地森林流域における流出機構と物質循環に関する研究」。昭和61・62年度文部省科学研究費補助金研究成果報告書，99-102。

杉田倫明・山下孔二・古藤田一雄 (1986)：アカマツの形態構造。筑波大学水理実験センター報告，

No. 10, 47-52.

田中 正・松本栄次・大坪輝夫 (1988) : 試験流域の概要と地形・土層. 田中 正編「山地森林流域における流出機構と物質循環に関する研究」. 昭和61・62年度文部省科学研究費補助金研究成果報告書, 3-13.

Nakane, K., Yamamoto, M. and Tsubota, H. (1983) : Estimation of root respiration rate in a mature forest ecosystem. *Jap. J. Ecol.*, **33**, 397-408.

Tsujimura, M., Tanaka, T. and Kayane, I. (1994) : Stable isotopic composition of subsurface water in a headwater basin. *Proc. Int. Symp. Forest Hydrol.*, 549-556.

Summary

The distribution of root system was investigated at a Japanese Larch and a Oak forest in the basin of Kawakami Experimental Forest, Nagano Prefecture, Japan.

The method of the investigation was as follows. First, a Japanese Larch and a Oak tree was selected for the investigation. Next, a vertical soil profile that had 1.5m width and 1.0m depth was dug up at 1.5m from the base of the tree, downward of the slope. This soil profile was divided into 10cm squares, and the number of roots observed in each square was counted with classification by root diameter. For thick (2mm < diameter) roots, the Japanese Larch and the Oak roots were distinguished from other trees' roots. This series of works was repeated at 1.0m and 0.5m from the base of the tree, respectively.

The results of the investigation are summarized as follows. The number of roots was maximum near the surface and decreased with depths. The number of thin (<2mm) roots was much more than thick roots, and not a few thin roots were observed below the depth of 50cm whereas much of thick roots were found between the surface and the depth of 50cm. At 1.5m from the base of the tree, the number of thin roots rapidly decreased as well as the number of all roots. Thick roots of the Japanese Larch and the Oak, in contrast, slightly decreased at the surface and were rarely found below the depth of 70cm. The ratio of these roots to other trees' roots was small near the surface, but increased with depths and reached to 100% below the depths of 40-50cm. In comparison with three-phase distribution of the soil, profiles of air-filled porosity were in good agreement with the profiles of root system, that suggest the influence of root water uptake on soil water distribution.