

(研究資料)

苗木の根の発育に関する一調査法とその結果

表土、心土を使用した事例

佐々朋幸⁽¹⁾

Tomoyuki SASSA : A Method of Root Growth Study on Seedlings
Some results using topsoil and subsoil
(Reserch note)

要旨：土壌の性質と根の量的、質的变化の関係を調べるため、写真1, 2で示されるように特殊な植栽床を仕切り板で完全な2区に分割し、一方に関東ローム質の表土を、他方に同質の心土を詰めた。植栽床の中央部へはそれぞれ1本のスギ2年生苗木を植栽し(模式図参照)、表土と心土における根の発達の違いを調べた。この方法は、同一個体へ根圏環境だけが異なる条件を人為的に作りだし、根に本来備わっている形態的性質をほとんど変えることなく、根系の拡張について立体的観察を可能にした。

試験の結果、同一の植物個体でありながら、窒素やリン酸に富む表土中で育った細根と、そうでない心土中でのものとの間に顕著な差異がみられた。すなわち、量的に前者が大であったことは言うまでもないが、質的にも表土中で生育した根は黒褐色の丈夫なものであるのに対し、他で育ったものは白く柔弱であり、それはあたかも水耕栽培でみられる白根のようであった。また、前者の養分濃度は後者に比べて高かった。

同様な傾向は菌根の形成量についてもみられ、表土条件下での量は心土条件下での量と比べて数倍に達していた。また、菌根によって吸収・固定される窒素やリン酸の量は土壌中に含有されているそれらの量と深く係っていること、同時に菌根は細根に比べて土壌中のそれらをかなり多量に吸収かつ濃縮していることが認められた。

I はじめに

林木にとって、地上部の器官で営まれている各種生理作用がきわめて重要な意味をもっていることは言うまでもない。したがって、その方面の学問・研究は古くから進み、すでにかなり詳細に解析された部分も少なくない。それと比べて、人目につかぬ土壌中で生長する根の生理・生態については、その大半がいまだに未知のまま放置されていると言っても過言ではない。しかし、各種養分や水分を吸収し、林木の体内へそれらを供給している細根の周辺で刻々と生じている様々な現象を解析することなくして林木の生長を論ずることはできない。そのためには、根端の生長、側根の分化、菌根の形成、根毛による養水分の吸収等根の機能や役割を知り、土壌との関係を明らかにすることが必要である。

こうした問題に答えるべく、筆者はこれまで様々な方法を用いて林木の根についての研究・調査を展開してきた。そしてここでは、たとえ同一個体であっても根圏環境が異なれば、根の形態的・生理的機能に変化がもたらされるということに着目し、過去の文献とも比較・検討しつつ報告する。

II 試 験 方 法

根に損傷を与えず、かつ立体的に生長の様子を観察する方法として水耕栽培方式のものがある。しかしこの方法では根が常時水浸しているという特殊環境下にあるため、根の発達の仕方は土壤中でのそれとは著しく異なる。こうした点を改良する意味から、栽培室内を霧で満たしながら植物を栽培し、立体的に根の生長プロセスを観察する方法、すなわち、ミスト栽培法が考案され、いくつかの研究が行われてきた^{10),20),28)~30)}。ところがこの栽培法もまた人為的に制された特殊条件であることに変わりなく、したがって根の病徴や生理学的観点に立った研究を行うという目的には合致するとしても菌根の形成がみられないなど¹⁾実際の土壌中における根の生育状態とは大きく異なっている²¹⁾。

このようなことから、土壌中で根系が拡張してゆく様子を三次元的に観察できる装置の開発が多くの研究者によって試みられてきた^{11),13),14),18),19),31),32)}。筆者は今回の試験を行うにあたって、Photo 1, 2で示されるような方式を用いることとした。すなわち、木製の枠（縦、横、各 50 cm、高さ 10 cm）の底面をビニールで被覆された金網で包み込んだ後、これらに土を詰め 6 層に積み重ねた状態のものを植栽床として採用することとした。具体的には、最下層部から土を詰めつつ上方へと枠を重ねてゆき、最上層の中心部に苗木を植栽しようというものである。こうした植栽床では苗木の根もごく自然な苗畑土壌の場合と同様に下方へ拡張することができ、しかも根は金網の網目を通過しているので、一定期間経過後水洗いをすることによって網目にかかったままの根の生育経過を観察することができる。ただ、この方法では経時的に根の生長を追跡できないという欠点もある。しかし、ミスト栽培でみられるように根がそれ自体の重さのせいで下方へのみ伸長するという垂下的強制条件がなく、したがって根端部で本来的に備わっている

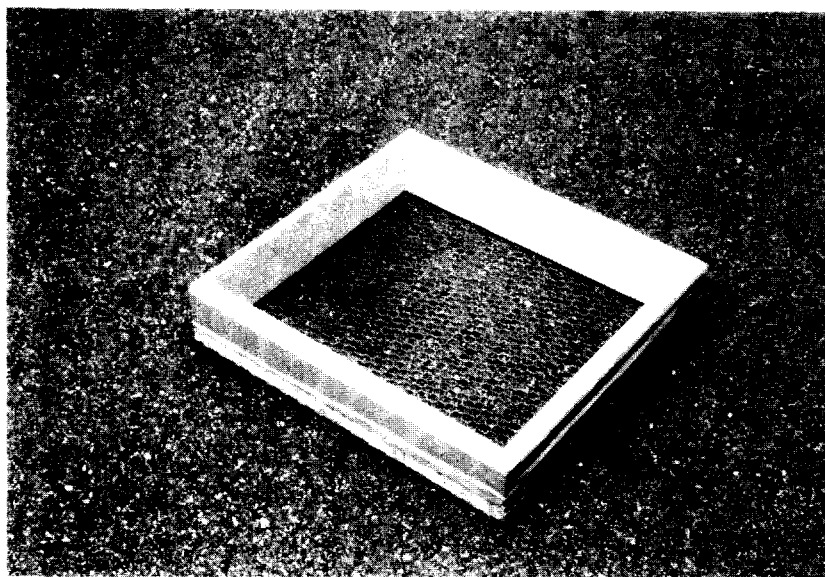


Photo 1. 植栽床用木枠
A wooden frame of planter

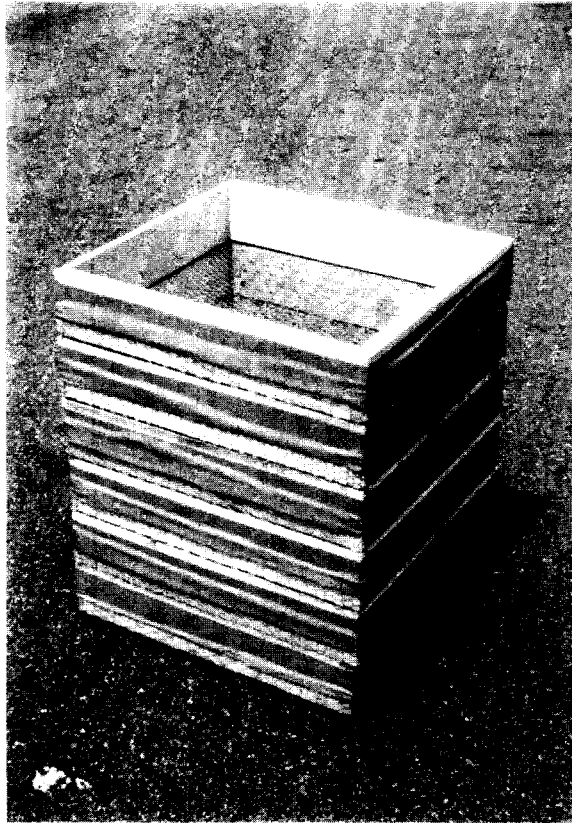


Photo 2. 6層に積み上げた植栽床の様子
A planter put 6 wooden frames together

geotropism (重力屈性) や plagiotropism (傾斜屈性) に沿った生長特性も観察することができるという特点もある。

今回の試験設計は上記の植栽床を Fig. 1 で示されるように 2 分したうえで、スギ苗木根系の発達を調べようというものである。使用された土は関東ローム質のもので、林業試験場苗畑の深さ 1 m 以下から採取された心土 (B 層) と同耕層から採取された表土 (A_p 層) の 2 とおりである。いずれの土も同じメッシュの細かいフルイでふるわれたものが使用された。初めに、最下部である第 6 層を縦に 2 分する壁を境としてそれぞれに心土と表土が詰められた。同様な方法で第 5 層、4 層、3 層、2 層が積み重ねられ、そのまま約 1 か月間の自然沈下で土が安定した時期に第 1 層を設定した。なお第 1 層に詰められた土はすべて心土である。用いられた表土の全炭素、全窒素、全磷酸濃度はそれぞれ 4.78%, 0.47%, 471 mg/100 g 乾土、また心土のそれらは 2.39%, 0.21%, 231 mg/100 g 乾土であり、pH は表土で 5.6、心土で 5.9 であった。植栽された苗木は林業試験場苗畑で育苗されたスギ 2 年生のもので、4 回繰り返し試験とし、昭和 59 年 7 月開始、同 61 年 7 月に掘り取った後終了した。

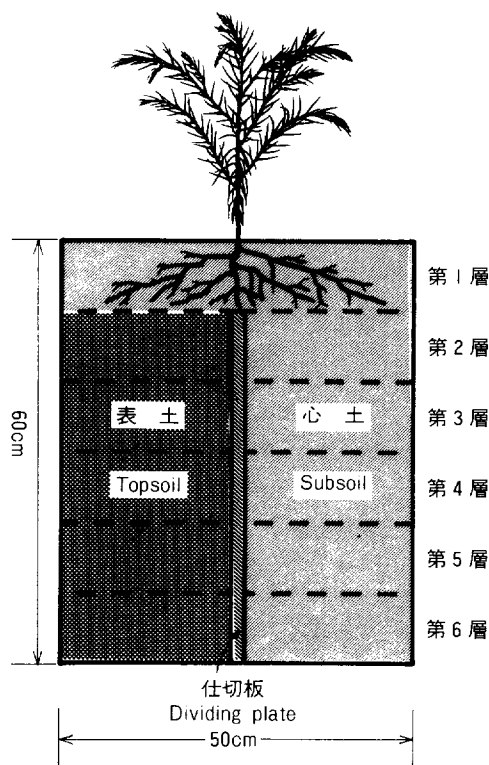


Fig. 1. 植栽床への植栽当初の状態
Schema of the first condition of planter and seedlings.

III 試験結果および考察

(1) 表土、心土中で发育した根の量

根の发育は土壤養分と密接な関係にあり、とりわけ吸収根は養分が多ければ多いほどその発達が良好であるとされている。同時に、数ある土壤養分のうち根の発达到最も強く関与しているものは窒素と磷酸であり、一般に窒素が少ない場合、根の生長は elongation (伸長生長) に向けられるため細根は全体として長くなり、一方磷酸が欠乏すると根からの ramification (分枝生長) がうまくゆかず、菌根が十分に形成されないとされている^{2),15)}。当然のことながら土壤の肥沃度は地上、地下部間の量的関係に変化をもたらし、リングについての報告²²⁾をみると、良好な条件下では T/R 率が 1/2 であるにもかかわらず、せき悪な条件下に置かれた場合その値は 1 に近くなる。また栄養条件を最良なものとした水耕栽培試験結果では、地下部重量が地上部重量の 7 倍にも達することがあったとも述べている。つまり、好適条件下の根量は地上部に比べて著しく増加するのである。

同様なことは同一の植物体内の部分部分についてもみられ、根の一部が他とは異なった養分条件下におかれれば、それぞれが環境条件相応の発達をすることも明らかにされている²⁵⁾。今回の試験を通じて、単一個体の苗木の根の一方が他方とは異なった土壤養分環境に対し相当な差異と変化をもたらすことが明

Table 1. 植栽床各層における細根量 (g-Dw)
The amount of feeder roots in each layer of 4 planters.

植 栽 床 番 号 Planter's number	No.1		No.2		No.3		No.4	
詰められた土の種類 Soil kind filled in planter	表土 Top soil	心土 Sub soil	表土 Top soil	心土 Sub soil	表土 Top soil	心土 Sub soil	表土 Top soil	心土 Sub soil
第 1 層 1st layer	—	—	—	—	—	—	—	—
第 2 層 2nd layer	7.2	4.6	12.8	6.7	7.3	2.6	8.0	5.1
第 3 層 3rd layer	5.6	3.3	9.2	3.2	7.7	2.1	6.2	2.8
第 4 層 4th layer	6.0	3.1	6.6	3.8	5.4	2.0	5.3	2.0
第 5 層 5th layer	5.2	4.8	8.3	2.4	4.9	1.4	4.4	1.6
第 6 層 6th layer	0.3	6.3	23.0	5.3	9.0	8.7	5.5	2.7
合 計 Total	34.3	22.1	59.9	21.4	34.3	16.8	29.4	14.2

らからであった。そこで、このことを実証するため、ここでは根の分布状態を層位ごとに定量し、その結果を Table 1 に示した。

表より、いずれの繰り返し試験とも同じ層位での比較結果は表土側における根重量が常に心土側より多いことであり、同時にそうした量的関係は下層へ向うほど減少する傾向が存在することである。すなわち、土壌中の窒素やリン酸に富む表土という条件下では細根の発達が著しく、その量も心土という条件下に比べて約2倍に達しているということである。上層ほど根重量の多い理由として、根株部と近い場所に位置する上層ほど根の直径生長量が大きいということが挙げられる。一方、どの繰り返し試験とも第6層で根重量の著しい増加がみられた。これは当初考えていたより根の伸長速度が速く、植栽床底面に達した根は他へ拡張することができず、第6層内で生長したことによっている。

なお、今回の試験による根の伸長は(第6層でのものを除いて)すべて geotropism や plagiotropism に沿ったものであることが観察されており、例えば、“向肥性”と言われるような根の走性 (taxis) により、植栽当初の根が表土側に集中するようなことはみられなかった。

(2) 表土、心土中で発育した根の質

根の量的発達の程度についてはすでに論じた。そこで次に土壌養分条件の異なる場所で育った根の質的な違いに着目した。まず、表土、心土のそれぞれに発育した細根を形態的に比較することとした。(photo 3, 4), その結果、表土側で育った根は木化するの早いせいか、黒褐色であったのに対し、心土側でのものはかなり白っぽいものであった。このことは前者の根にあって elongation は言うまでもなく、ramification もひんぼんに生起し、しかも根端部における菌根形成が旺盛であったことを意味している。それに対し、後者の根では elongationこそ順調に進んでいるものの ramification は前者のように進行せず、したがって菌根形成量もきわめて疎なものである。今回の結果がモデル実験を通じたものなので、一概に比較することは難かしいが、宮崎⁵⁾が述べている、“鉍物質土壌条件下に発育する根は白っぽくて



Photo 3. 表土で育った根（左）と心土で育った根（右）
Roots grown in topsoil (left) and ones in subsoil (right)

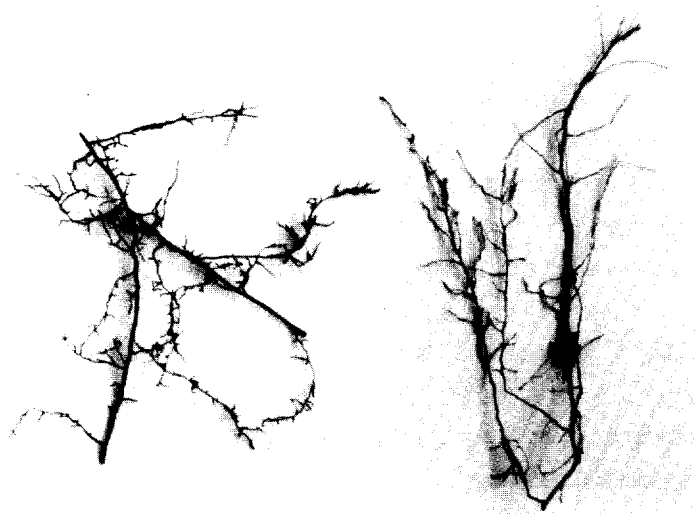


Photo 4. 表土で育った根（左）と心土で育った根（右）
Roots grown in topsoil (left) and ones in subsoil (right)

柔弱なものであり、一方落葉層もしくは団粒構造のよく発達した多孔質な土壌条件下で発達する極は多くの分枝をもった褐色で丈夫なものである”という報告内容とかなり共通するものであった。

通常、吸収根として発生、伸長した白根は発生後数週間のうちに褐色化するとされているが³⁾、夏季を除いた時期の低温が褐色化を遅らせる原因になりうるとの報告⁹⁾や、細根が黒くて太くしかも丈夫なもの

となるのは気温が 28℃ 前後でなければならないとの報告¹⁷⁾ もみられる。SHANKS et al.²⁷⁾ はバラの根が気温 11℃ の条件下では白く、22℃ では褐色なものとして存在し続けることを見出ししている。しかしここでは植栽床は自然条件下に設置されていたため、そうした温度条件の違いが表土側と心土側に存在したわけではなく、したがって先に紹介した宮崎の報告と同様に土壌条件の違いがこうした根の違いを生ずる原因になったものと考えられる。

スギの場合、水耕栽培を行ったとき現れる白根を解剖学的にみると、皮層にある柔細胞の配列は疎であり、したがってそこには細胞間隙が多く存在しているという。逆に土耕栽培の結果生ずる根では柔細胞の配列が密であり、細胞間隙もほとんどないとされている。そして、これらの細胞間隙には空気が満たされており、これが原因で水耕栽培による根が全体として白く見えるのだと言われている。同時に、この細胞間隙にある空気は根の呼吸代謝にも大きく関与しているものと考えられている。つまり、それは酸素供給源とみなされているのである。根による各種土壌養分の吸収は根の周辺を取り巻く外部の養分勾配に逆らって起こるため、養分が乏しい条件下では呼吸エネルギーがそれだけ多く必要となり、もしその代謝が不完全である場合、根による養分の吸収や蓄積は著しく阻害される結果になるという¹²⁾。根が白っぽいという点について、今回の結果や宮崎の結果なども一部こうした原因によっていると考えられるが、現状では即断できるほどの資料もなく、したがって今後の課題と言えよう。

次にそれぞれの繰り返し試験について各層位ごとに表土側と心土側で得られた細根から菌根部だけを取りはずし、定量を試みた。それぞれの値は Table 2 で示される。表より、植栽床 2~4 層において菌根形成量の多かったことが明らかであるが、その第 1 の理由として、菌根が形成されるべき元の根の量がそれらの層で多量に分布していることが挙げられる。第 2 に、水分条件から考えて上層ほど菌根形成に好ましい環境が備っていたことであろう²⁶⁾。このことは、根量という観点から量的に最大であった第 6 層で菌根形成量が非常に低かったことから推察される。すなわち、第 6 層底部は詰められた土の流失を防ぐ目的

Table 2. 植栽床各層における菌根の量 (g-Dw)
The amount of mycorrhizal roots in each layer of 4 planters

植 栽 床 番 号 Planter's number	No.1		No.2		No.3		No.4	
	表土 Top soil	心土 Sub soil	表土 Top soil	心土 Sub soil	表土 Top soil	心土 Sub soil	表土 Top soil	心土 Sub soil
第 1 層 1st layer	—	—	—	—	—	—	—	—
第 2 層 2nd layer	1.55	0.36	2.29	0.46	1.09	0.45	1.41	0.32
第 3 層 3rd layer	1.07	0.34	2.27	0.58	1.62	0.32	1.97	0.55
第 4 層 4th layer	1.48	0.36	1.59	0.63	0.95	0.28	1.13	0.27
第 5 層 5th layer	0.62	0.26	0.74	0.34	1.01	0.18	1.58	0.36
第 6 層 6th layer	0.57	0.22	0.47	0.38	0.96	0.12	0.64	0.08
合 計 Total	5.29	1.54	7.37	2.39	5.63	1.35	6.73	1.58

からポリシートが敷かれており、したがってそこは他と比べて過湿な条件となっていたため、菌根形成の環境要因としてふさわしくない条件だったのであろう。

当試験においては、表土側、心土側ともに土壤の物理性は等しいということが前提になっているが、表土側の菌根形成量は心土側のそれと比較したところ著しく多かった。そして、全体としてみた場合、前者では後者の 3~4 倍にも達していることが明らかだった。このことは菌根の形成には土壤中に含まれる養分の量がかなり影響を及ぼしていることを暗示していると考えられる。こうした点について WILCOX³³⁾ は“活発でパイオニア的役割を演ずる根は常時丈夫で生々しく、かつ菌根の形成も非常に旺盛な状態にある”と述べているが、今回の表土側の根は心土側のそれに比べてパイオニア的役割を果たす場におかれていたものと言えよう。また、MOLINA et al.¹⁶⁾ はダグラスファーの林で窒素、リン酸を中心とした施肥を行った結果、それまで菌根のついていなかった吸収根のうち 80% 以上のものに菌根形成が確認できたと報告しており、今回の結果もそれに通ずるものと考えて差しつかえないであろう。

第 3 番目に、菌根の役割として土壤中に含まれる窒素やリン酸を吸収、固定の問題があるので、その点について若干の検討を試みた。そのために表土、心土それぞれの土壤養分条件下で发育した細根および菌根中に含まれている窒素とリン酸濃度の測定を行った。その結果は Table 3 で示されるが、窒素、リン酸とも菌根中での濃度は細根中より高く、しかも表土側での菌根、細根は心土側のそれらと比較してかなり高いものであった。なお、この種の養分分析を行う際にはまず掘り出された根を水洗することが必要となる。この点について、RUSSELL et al.²⁴⁾ は水洗により細根部がかなり損傷を受け、とりわけリン酸の流亡が大きいと指摘している。EVDOKIMOVA et al.⁴⁾ も各種無機塩類で 10~15% もの流亡がみられたとしている。そして一般的には褐色で古い細根部からの流亡は若い白根からのそれに比べて大きいとされており、こうした点も加味して表中の値を評価することが必要と思われる。

ところで、菌根の養分吸収作用に果たす役割を調べた報告はかなり多くみられるが、そのうち HATCH⁸⁾ はホワイトパインの苗木について調べ、菌根をもつものがもたないものに比べ窒素で 86%、リン酸では 234% も吸収量が多かったとしている。BOWEN²⁾ もユーカリについて調べ、菌根の菌糸が土壤中いたところへ貫通し養分吸収を行うことによって、菌根をもつものではもたないものに対して 3 倍ものリン酸を取り込む結果になったと報告している。そして、菌根の多くは高等植物と同じ形でリン酸を利用することが HARLEY⁷⁾ によって見い出されている。FRANCE⁵⁾ も ³²P を H₂PO₄⁻ の形で用いて、吸収されたリン酸が菌

Table 3. 細根、菌根中の全窒素、全リン酸濃度 (%)

Total nitrogen and total phosphorus content in feeder roots and mycorrhizal roots.

	細 根 Feeder roots		菌 根 Mycorrhizal roots	
	表土 Top soil	心土 Sub soil	表土 Top soil	心土 Sub soil
全 窒 素 Total nitrogen content	0.57	0.51	0.93	0.78
全 磷 酸 Total phosphorus content	0.34	0.18	0.46	0.24

Table 4. 試験終了時点での供試苗の大きさ
General description of each seedling at the end of this experiment

植 栽 床 番 号 Planter's number	No.1	No.2	No.3	No.4
苗 高 Height (cm)	61	64	48	62
根 元 径 Diameter (cm)	2.2	2.5	1.9	2.3
葉 重* Leaf weight (g)	190	236	164	189
幹 重* Trunk weight (g)	45.2	75.8	41.7	60.9
第 1 層 の 根 重* Root weight in the 1st layer (g)	45.8	65.4	35.0	40.0

*絶乾重量

Oven dry basis

根内に多く分布していること、さらにそうして蓄積されている磷酸のうち相当な量が根はもとより、植物体の各部分へ移動することを確認している。

窒素については GIANINAZZI-PEARSON et al⁶⁾ がテーダマツに各種の菌根を接種した結果、いずれの菌種であっても接種を受けなかったものに比べ数割多く窒素を吸収することを見出ししている。その反面、根による土壌中の窒素の吸収はその根がもつ本来的な吸収能力に依存するのではなく、土壌中の窒素供給能によっているのだとする意見²⁾もある。ROUTIEN²³⁾ はこれと同様な結果を導いているが、彼の場合エキナータマツを各種塩類のイオン濃度や塩基飽和度の異なる土壌条件下で植栽し、菌根の形成を経時的に追跡しながら、同時に窒素肥料施用による菌根形成の状態を調べている。そしていずれの土壌条件にあっても、むしろ窒素肥料を施用しなかったときに菌根の形成が旺盛であったと報告している。

以上述べてきたような過去の研究成果や今回の試験結果からみて、菌根部は細根部に比べて土壌中の窒素や磷酸をかなり多量に吸収して濃縮が可能なこと、また菌根、細根ともに土壌養分が豊富であればそれだけ多く養分を組織内へ取り込むことのできる事が明らかとなった。それと同時に、異なる生物個体であれば当然のこととして、同一植物個体の根であっても、根圏の環境さえ異なればそれぞれの環境に対応した根系形成の行われることが明らかになった。

最後に、当報告中では論議の対象として取り扱われることはなかったが、掘り取り時点での供試苗木に関する一般的測定値を Table 4 として掲げる。なお、第1層中の根の大部分は植栽当初からそこにあったものであり、しかも第1層に詰められている土はすべて心土からなっているため、他の層とは条件が異なっている。したがって、この部分の根量については Table 4 で扱うこととした。

IV お わ り に

この種の実験方法が必ずしも新規なものでないことはすでに述べた。しかし、この方法を見直し応用することにより、次のようなことが可能となるであろう。すなわち、それぞれの網目部をセンサーに置き換え、そこを通過する根の生長速度や方向を立体的観点からモニターするのである。それにより、今回のような土の洗い流しによる一度限りの調査でなく、つまり破壊を伴わない条件の下で根の土壌に対する各種

要求を明らかにすることが可能となるのである。

当報告を取りまとめるに当たり、ご校閲、ご意見等をいただけた林業試験場土壤部長原田 洸博士、同部土壤肥料科長脇 孝介博士、同科土壤肥料研究室長藤田桂治技官の各位にお礼申し上げます。

引用文献

- 1) BÖHM, W. : Methods of studying root systems (ed. BILLINGS, W.D., F. GOLLEY, O.L. LANGE and J.S. OLSEN), Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 188 pp., (1979)
- 2) BOWEN, G.D. : Roots as a component of tree productivity, In: Attributes of trees as crop plants (ed. CANNELL, M.G. and J.E. JACKSON), Inst. Terrestrial Ecol., Edinbough, 299~315, (1985)
- 3) CARRODUS, B.B. : Absorption of nitrogen by mycorrhizal root of beech, New Phytol., **65**, 358~371, (1966)
- 4) EVDOKIMOVA, T.I. and L.A. GRISHINA : Productivity of root system of herbaceous vegetation on flood plain meadows and methods for its study, In: Methods of productivity studies in root systems and rhizosphere organisms, Int. Symp. USSR 1968 (ed. USSR Academy of Sciences), Leningrad : Nauka, 24~27, (1968)
- 5) FRANCE, R.C. and C.P.P. REID : Absorption of ammonium and nitrate by mycorrhizal and non-mycorrhizal root of pine, Comptes-Rendus, Symp. "Physiologie des racines et symbioses" Nancy, France, 336~345, (1978)
- 6) GIANINAZZI-PEARSON, V. and S. GIANINAZZI : Root phosphorus metabolism and VA endomycorrhizae, Comptes-Rendus, Symp. "Physiologie des racines et symbioses", Nancy, France, 328~338, (1978)
- 7) HARLEY, J.L. and S.E. SMITH : Mycorrhizal Symbioses, Academic Press, London, 299~315, (1983)
- 8) HATCH, A.B. : The role of mycorrhizae in afforestation, J. For. **34**, 22~29, (1936)
- 9) HEAD, G.C. : Estimating seasonal changes in the quantity of white unsubsized root on fruited trees, J. Hort. Sci. **41**, 197~206, (1966)
- 10) HENDRIX, J.W. and E.H. LLOYD : An improved Washington State University mist chamber for root disease and root research, Wash. Agric. Exp. Stn. Bull. 700, 1~5, (1968)
- 11) 岩槻信治・石黒 迅 : 麦の根に関する実験 (2), 農業及園芸, **7**, 2069~2074, (1932)
- 12) 苅住 昇 : 樹木根系図説, 誠文堂新光社, 東京, 1121 pp. (1979)
- 13) KING, F.H. : Natural distribution of roots in field soils, Wisconsin Agri. Expt. Stn. 9th Annu. Rep. 112~120, (1892)
- 14) LEE, H.A. : The distribution of the roots of sugar cane in the soils in the Hawaiian Islands, Plant Physiol. **1**, 363~378, (1926)
- 15) 宮崎 紳 : 苗木育成法, 高陽書院, 東京, 424 pp. (1957)
- 16) MOLINA, R. and M.A. CASTELLANO : Mycorrhizal inoculation of container-grown conifers with *Hebeloma* sp. : Fungus variation and fertility, Abstr. Symp. "Roots in forest soils : Biology and symbioses", Univ. of Victoria, Canada, 38 pp. (1986)
- 17) NIGHTINGALE, G.I. : Effects of temperature on root growth, anatomy and metabolism of apple and peach root, Bot. Gaz. **96**, 581~639, (1935)
- 18) OSTERMANN, W. : Vergleichende morphologische und physiologische Untersuchungen am Wurzelsystem verschiedener Kartoffelsorten, Angew. Bot. **13**, 297~337, (1931)

- 19) PITTMAN, U.J.: Growth reaction and magnetropism in roots of winter wheat (Kharkov 22 M.C.), Can. J. Plant Sci. **42**, 430~436, (1962)
- 20) PRZEMECK, E. and S. ALCALDE-BLANCO: Ein Hydro-Sprühkulturverfahren zum Studium ernährungsphysiologischer Problem, Angew. Bot. **43**, 331~339, (1969)
- 21) RIEDACKER, A.: Etude des possibilité de modifier la morphogenese juvenile des system racinaire de *Quercus* especes forestières—Applications pratiques—, Proc. XVI IUFRO World Congress, Norway, Div. 1, 376~387, (1976)
- 22) ROGERS, W.S. and M.C. VYVYAN: Root studies V, Rootstock and soil effect on apple root systems, J. Pomol. **12**, 110, (1934)
- 23) ROUTIEN, J.B. and R.F. DAWSON: Some interrelationships of growth, salt absorption, respiratiom and mycorrhizal development in *Pinus echinata*, Amer. J. Bot. vol. **30**, 440~451, (1943)
- 24) RUSSELL, R.S. and S.N. ADAMS: The removal of plant roots from soil for the estimation of their phosphate content, Plant Soil **5**, 223~225, (1954)
- 25) 佐々朋幸: 土壌中の窒素, 磷酸が林木の細根量に及ぼす影響——サワラ幼齡木での個体内変化——, 92回日林論, 185~186, (1981)
- 26) SASSA, T.: Rhythm of root growth and formation of mycorrhizae in Japanese red pine seedlings, Proc. 17th World Congress IUFRO, Kyoto, 79~82, (1981)
- 27) SHANKS, J.B. and A. LAURIE: A progress report of some rose root studies, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., **53**, (1949)
- 28) SHIMURA, K.: Root research phytotron, Jpn. Agric. Res. Q. **5**, No. 4, 54~57, (1970)
- 29) SMUCKER, A.J.M. and A.E. ERICKSON: An aseptic mist chamber system: a method for measuring root processes of peas, Agron. J. **68**, 59~62, (1976)
- 30) 高木哲夫: 樹木苗の霧培養試作装置について, 日林誌, **49**, 3, 94~98, (1967)
- 31) VENKATRAMAN, R.S. and R. THOMAS: Simple contrivances for studing root development in agricultural crops, Agric. J. India **19**, 509~514, (1924)
- 32) 渡辺資伸・丹下 勲: サラン・スクリーンを使用した根系調査法の1例, 東大演習林 **13**, 57~61, (1960)
- 33) WILCOX, H.E.: Morphological studies of the root of red pine, *Pinus resinosa* (I) Growth characteristics and patterns of branching, Amer. J. Bot. **55**, 2, 247~254, (1968)

(Research note)

A Method of Root Growth Study on Seedlings
—Some results using topsoil and subsoil—

Tomoyuki SASSA⁽¹⁾

Summary

The editors state in their article on root research with Dr. BOHN as the central figure ; "Root research under natural field conditions is still a step-child of science. The reason for this is primarily methodological. The known methods are tedious, time consuming, and the accuracy of their results is often not very great. Many research workers have been discouraged by doing such root studies."

The author continues to research tree roots from different viewpoints using various methods. This time, he examined the influences of soil fertility on root elongation, the ramification and mycorrhizae formation of Sugi seedlings using planters shown in photographs and schema.

The results of the author's tests showed that differences in soils that are in direct contact with roots bring on changes in root growth even with seedlings, and listed the following 5 topics.

- 1) The increased amount of feeder roots grown in topsoil (N : 0.47%, P : 471 mg/100 g Dry soil) is greater than that in subsoil (N : 0.21%, P : 231 mg/100 g Dry soil).
- 2) The roots grown in topsoil are darkbrown and healthy, but those in subsoil are whitish and weak-looking.
- 3) The formed amount of mycorrhizae on the roots grown in topsoil is not less than 3 times as much as that in subsoil.
- 4) Mycorrhizae absorb and fix a great deal of nitrogen and phosphorus in soil, compared to feeder roots.
- 5) The absorbed and fixed amount of nitrogen and phosphorus by mycorrhizae or feeder roots is clearly related to their concentration in soil.