

## 土と根の話

### －苗木にとって理想的な根とは何か？－

錦織正智

#### 苗半作，ならば苗木も半作か？

園芸用苗木の生産現場では，“ポット苗木”“コンテナ苗木”“プラグ苗木”と呼ばれる成型苗木（写真－1）の生産割合が増えています。造林用樹種においても，特別な品種の生産には成型苗木の利用が進められています。容器で苗木を育てる成型苗木は，取扱いが簡単，輸送に便利，出荷時期に制限がなく，幅広い季節に露地へ移植ができることなど，露地で生産する苗木には無い魅力があります。

成型苗木と露地苗木との間で異なる点は，成型苗木は人工的に調整した栽培用土で育てることです。この栽培用土はピートモスなどの土壌改良材を数種類組み合わせ合わせたものが使われます。花卉や野菜の分野では品目や用途に応じた栽培用土が数多く販売されていますが，樹木用途の選択肢は少なく，高品質の苗木の生産を実現させる栽培用土の開発には余地があります。

苗の品質の重要性を表した言葉として，昔から農業者の間では“苗半作”とも，“苗七分作”ともいわれてきました。苗作りの良し悪しから，一年の作が決まる。それほど苗の質は大切である。という意味です。そして，“苗作りとは，良い根を育てること”ともいわれてきました。それでは，樹木の成型苗木においてはどうか？“苗半作”が当てはまるかを次の点からみることにしました。



写真－1 民間施設におけるポット苗木生産

- 用土の種類と根の発達の関係は，どのようになっているのでしょうか？
- 異なる用土で育てた根の特徴を数値で区別することができるのでしょうか？
- 用土を選んで育てた成型苗木は，露地への移植後の成長が良いのでしょうか？
- 1年で成長を終えない樹木にとって，苗木時代の根の良否は，時間を経ても成長に影響するのでしょうか？
- 成型苗木の生産における理想的な根，理想的な用土とは何でしょうか？

#### 実験をしました

根と用土の関係を明らかにするために，次の実験をしました。材料には組織培養で増殖したナナカマドのクローン苗木を使用しました。クローン苗木は，例えるならば一卵性の兄弟です。ですから，クローン間に個性の差がありません。クローン苗木を異なる種類の用土で育てて，根の成長を比較することで，それぞれの用土がはぐくむ根の特徴を明らかにすることができます。

そこで，クローン苗木を代表的な用土（土壌改良材）であるバーミキュライト，ピートモス，鹿沼土で育ててみました（図－1）。用土は単体のものに加えて，体積で1：1の比率に混合したものも用意しました。栽培用土は合計6種類です。これから先，ときどき用土の頭文字の「バ，ピ，鹿」で呼ぶことにします。

苗木を90日間育て、根を掘り取りました(図-2)。図には、それぞれの用土で育てた根のなかで、後述の測定値の平均に近い根を載せました。

さて、実験結果に移る前に、根の調査方法についてお話します。

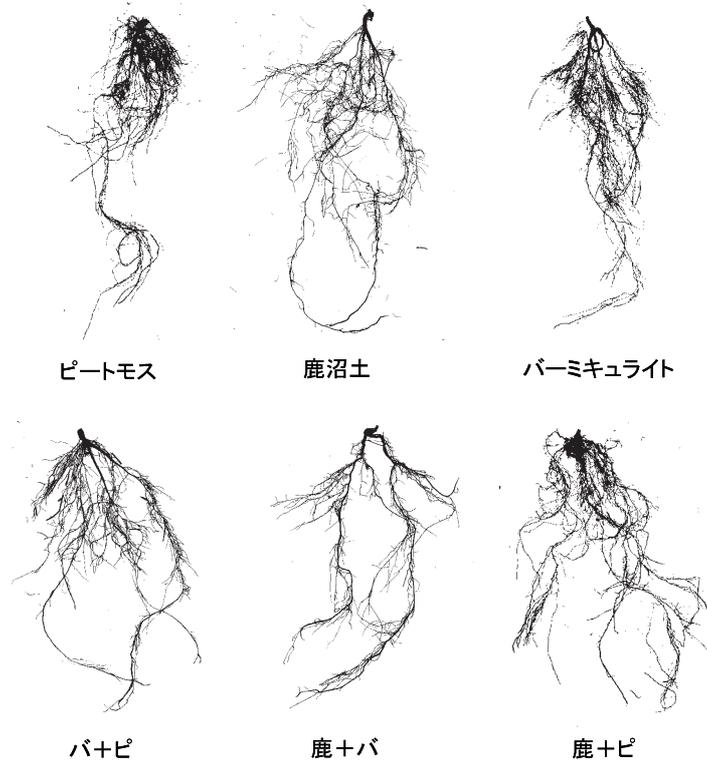
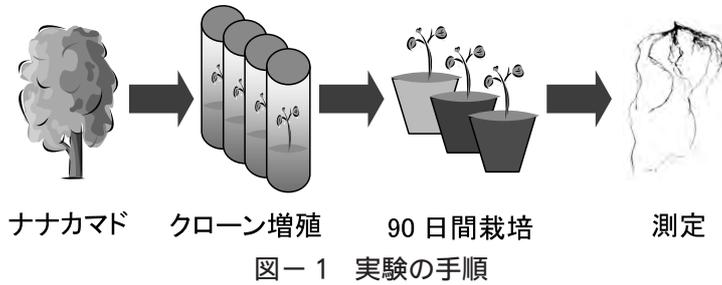


図-2 異なる用土で育てたナナカマド苗木の根

バ:パーミキュライト, ピ:ピートモス, 鹿:鹿沼土

### 根の成長を調べるということ、形を調べるということ

根を詳しく調べるには、“成長”と“形”の両方を測定する必要があります。ほんの少し前まで、根の研究では、根の“重さ”だけが、根を調べる項目でした。根の形が複雑過ぎて、詳しく調べるには大変な労力が必要だからです。今では、コンピュータを使った画像解析が便利になり、成長量(長さ・面積・体積)を簡単に測ることができるようになりました。

それでは、根の形はどうでしょう？ 根の形には複雑なもの、単純なものがあります。形は測ることが難しく、見た目の印象を数値へ変えることも困難な形質です。そこで、根の形の複雑さ程度を評価する手段として、フラクタル次元を使いました。フラクタル次元は単位をD (Dimension=次元)で表し、後述の結果ではDが1から2の範囲で値が大きいくほど複雑な形の根であることを意味します。フラクタル次元もコンピュータ画像解析で簡単に求めることができます。詳しくは光珠内季報No.120 (2000) “根の成長を形で捉えると？”を御覧下さい。

**用土が異なると根の成長も形も異なる**

成長量（根長、表面積、体積、乾物重）は、用土の種類に応じて変化することが分かりました（表-1）。根長/乾物重は、根系を構成する根の太さの程度を表す指標です。値が大きいほど、根系を構成している根が細いことを意味します。根の太さも、用土の種類に応じて変化していました。

一方、根の形においても、フラクタル次元で評価することにより、複雑さの程度が用土の種類に応じて変化することが明らかになりました（表-1）。

表-1 用土を異にする根系の成長とフラクタル次元

用土の種類	根長 (mm)	表面積 (cm <sup>2</sup> )	体積 (cm <sup>3</sup> )	乾物重 (mg)	根長/乾物重 (m/g)	フラクタル 次元(D)
鹿沼土	471.0	10.7	0.5	0.11	42.0	1.50
パーミキュライト	644.9	13.0	0.7	0.14	53.1	1.65
ピートモス	675.1	19.2	1.2	0.17	44.4	1.57
鹿+バ	445.8	11.4	0.5	0.10	46.9	1.51
鹿+ピ	669.9	17.7	1.0	0.17	41.5	1.56
バ+ピ	805.4	21.3	1.3	0.19	46.7	1.58

バ：パーミキュライト，ピ：ピートモス，鹿：鹿沼土

**用土が異なると根はどのように異なるのか？**

それぞれの用土で育った根は、どのような特徴を持つ根なのか？ これを視覚化するために、先の測定値を使って主成分分析をおこないました。主成分分析とは、別々に測定した調査項目を総合評価する計算方法です。分析結果から、6種類の用土で育てた根の相対的関係を2次元グラフで表しました（図-3）。グラフの横軸は成長量の大小を表す総合的な指標であり、縦軸は形の複雑さ程度の指標です。

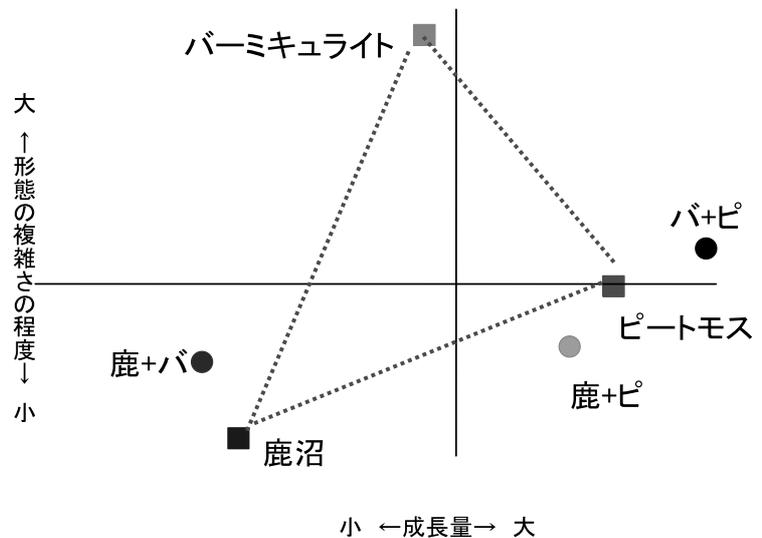


図-3 異なる用土で育てた根系の相対的關係

バ：パーミキュライト，ピ：ピートモス，鹿：鹿沼土

単体用土で育てた根の特徴をみると、次の3つのタイプに分けることができます。① 成長量と複雑さの程度が低い鹿沼土区 ② 成長量が中程度で、複雑さの程度が高いパーミキュライト区 ③ 成長量が高く、複雑さの程度が中程度のピートモス区。一方、混合用土で育てた根は、混合した2種類の用土を結ぶ直線の近傍に位置していました。つまり、根の発達様式は混合した用土の両方の影響を反映していることが分かりました。

この結果より、根の成長と形作りは無秩序に進むのではなく、用土を単体で使用した場合も、また混合した場合においても、根は用土の特徴を反映した成長と形作りをすることが分かりました。この結果を言い換えるならば、ある用土がはぐくむ根の特徴を理解しておけば、それぞれの用土の選択と混合により、人為で根を思いのとおりデザインできる可能性があることを示唆しています。

### 異なる根を持つ苗木を露地へ植えると？

それぞれ特徴的な根を持つ苗木の成長を確かめるために、これらの苗木を露地に植えて、春から秋まで育てることにしました。苗木をポットから取り出して、根鉢を崩さずに植えました。その後、冬を迎える前に生存率と苗長を調査しました。

生存率（図-4）をみると、先の区分（図-3）で根の複雑さの程度が最も大きいバーミキュライト区と、最も小さい鹿沼土区が、他の用土区よりも低い値でした。つまり形の複雑さの程度と生存率の関係を明らかにすることができませんでした。しかし、枯死した苗木を掘り返すと、根鉢（用土）が乾燥しており、根が露地へと出ていないことが分かりました。このことから、枯死の原因は根の形よりも、むしろ用土の特性を反映している印象を受けました。また、根の成長量が最も大きいバ+ピ区と最も小さい鹿+バ区の生存率が100%であったことから、成長量の大小と生存率との関係も定かではありませんでした。

一方、苗長（図-5）では、根の成長量が大きいと区分された用土（図-3）の苗木ほど大きく育つ傾向がありました。

さて、上述と同じ実験方法で育てた苗木を露地へ移植して、3年後の苗長を調査しました（図-6）。先の試験において、鹿沼土は色々な大きさが混在している市販の状態で使用しましたが、この実験では4段階の粒径（3, 5, 7, 10mm）に調整しました。苗木の成長は粒径3～7mmの範囲が良好で、この粒径は挿し木で鹿沼土を使用する場合に成績が良いといわれている大きさでした。粒径の差異は土壤間隙の大きさに反映します。このことから、同じ種類の用土であっても土壤三相（固相、液相、気相）が異なると、成長に影響することが分かりました。また、苗木を養成する用土の違いが、露地への移植後の成長にも影響することが分かりました。

これらの結果から、樹木も農作物と同様に苗木の質が後の成長へと続く“苗木半作”と考えても良いようです。

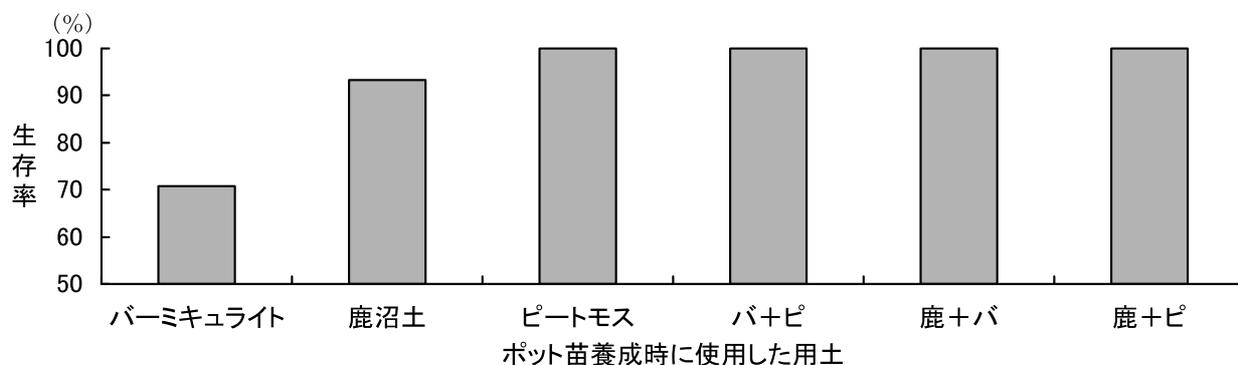


図-4 異なる用土で養成した苗木の圃場における1成育期間後の生存率

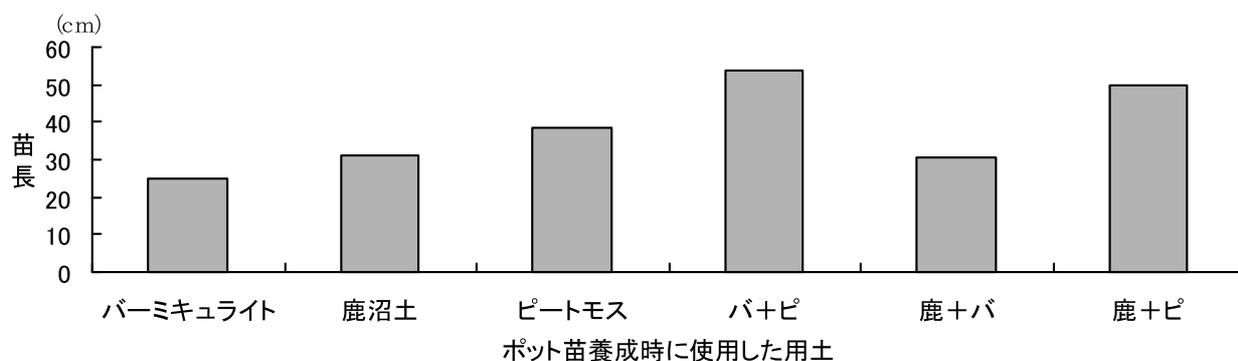


図-5 異なる用土で養成した苗木の圃場における1成育期間後の苗長

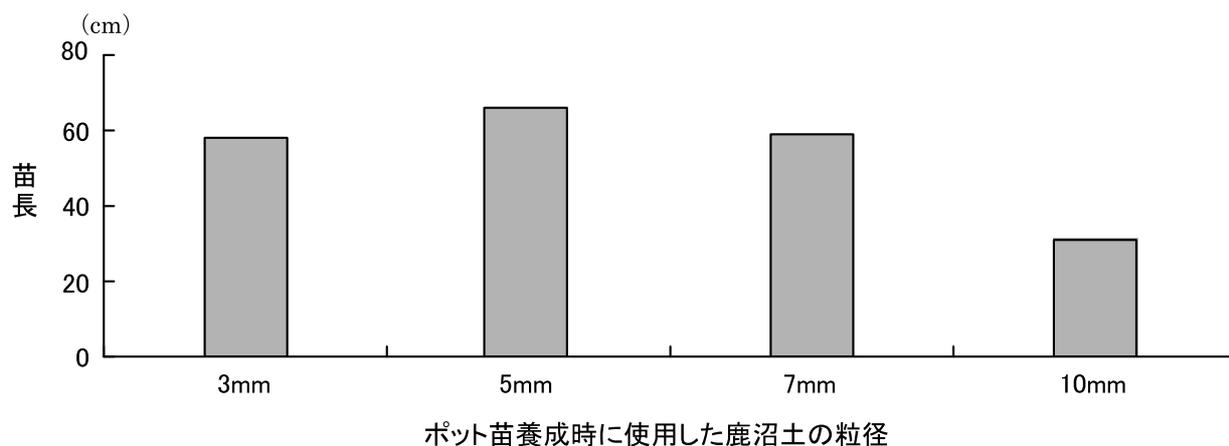


図-6 異なる粒径の鹿沼土で育てた苗木の圃場へ移植後3年目の苗長

### 理想的な根とは何か？

成型苗木にとっての“理想的な根”とは、露地への移植後に活着が良く、成長も良い苗木の根です。根の機能は、根の成長量と形に関連していることから、それぞれに優れた要件を備えたものが“理想的な根”であるといえます。今回の実験では、成長量大きい根ほど“理想的な根”であることを示唆する結果になりました。根の形と“理想的な根”の関係は、紹介した実験では明らかにすることができませんでした。しかし、経験的にゴボウ根よりも細根が多い根を持つほど良い苗木であることが知られているように、根の形（≒根の複雑さの程度）も重要な評価項目であることに間違いはありません。

根の機能は、水分や養分を吸収する働きほかに、カラダを支える機能、環境の様子を認識するセンサーの機能などがあります。根は土壌環境（土の種類、硬度、pH、水分、養分など）に応じて形を変え、機能を最大限に発揮するよう発達します。このことから、根の形は機能に強く結びついていることが推察できます。例えば、ある用土で育てた成型苗木の根の形は、その後の露地への移植で遭遇する多様な土壌条件に対して、より柔軟に適應する機能を持つ根の形であるというように。このような“理想的な根”の特徴を挙げると、教科書にも書かれている“成長量が大きく、白根の細根が多いもの”という結論になることが想像できます。しかし、結論を理解していても、図-2で示したように、異なる特徴を持つ根を目視で評価することはできません。客観的な評価手法を通して“理想的な根”を明らかにし、用土と根の関係を顕然とさせることが、これからの苗木の生産技術向上には必要です。

### 理想的な用土とは何か？

“理想的な根”をはぐくむには、“理想的な用土”を欠かすことができません。“理想的な用土”は“理想的な根”を創生するだけでなく、用土の特性として優れた機能を備えている必要があります。その条件として、次の3つを挙げることができます。

1つ目の条件は、水の管理が容易であること。これは必須条件です。成型苗木の管理で最も難しいのは用土の水分調節です。用土の特性が原因で過湿や乾燥に至ることがあります。この結果、苗木の品質が悪くなり、枯死を招くことにもなります。用土の特性で過湿になる原因は、水はけが悪いことが理由です。一方、乾燥になる原因は、①用土が乾燥すると用土が撥水するようになり、水を吸収しなくなる ②長期の栽培で用土表面にコケが生えて、コケが水をはじいて、吸水しなくなる ③土壌間隙が大きすぎる、が代表的な原因です。有機質系の土壌改良材を材料とする用土では、過湿と乾燥の問題を克服することが大きな課題です。

2つ目の条件は、植付け当初の土壌三相（固相、液相、気相）の比率を長期間保持する用土です。問

題となるのは、灌水と乾燥を繰り返すと、用土が堅く締まると同時に、縮むことです。堅く締まることで、土壌の気相の割合が減り、根の発達が悪くなります。縮むことで、用土と栽培容器の間に隙間ができて、灌水してもこの隙間をたどって水が栽培容器の下に流れて、吸水しなくなります。また、比重が極端に異なる用土を混合して使用した場合、灌水を繰り返すうちに、重い用土と軽い用土が分離して、この結果、締まる・縮むという状態へ至ることもあります。

3つ目の条件は、軽いことです。成型苗木の特徴である運搬の良さを考えると、重たい用土は成型苗木には向きません。

誤解を招かないように申し上げますが、上記の条件を満たす用土は、今回の実験で使用した3種類の土壌改良材（パーミキュライト、ピートモス、鹿沼土）を紹介した方法で使用したのでは作ることができません。実験と同様の内容を実際の苗木生産に転用することはお勧めいたしません。紹介した内容は、根と土の関係を解くためにおこなった実験であることをお断りしておきます。

### 植物の視点で用土を知る、根を育てる

成型苗木は、これからますます重用される苗木生産の形態です。苗木に“より良い品種、より良い品質”が求められるほど、また求めるほど、苗木作りの手法は、挿し木や組織培養などのクローン増殖技術へと移行します。そして、クローン増殖と相性の良い成型苗木の生産手法が必然と導入されることとなります。

成型苗木を作る場合、市販の用土の使用は失敗の少ない選択ですが、土壌改良材を単体で購入して、混ぜて・こねて、独自の用土を作ることも可能です。意外にも、市販品よりも優れたものを安価に作れるかもしれません。

とはいえ、材料の土壌改良材の種類は豊富です。土壌改良材には“通気性が良い”“保水性が良い”“保肥性が良い”などの説明が添えてありますが、それは理化学性を説明したものであり、植物の視点から評価したものではありません。これらの説明から何を選択すれば“理想的な用土”をつくることができるか？ は安易に答えが出ません。

さらに材料の選択を難しくしている理由として、土壌改良材の種類が急激に増えていることも挙げることができます。昨今、産業廃棄物を加工して、土壌改良材へ転用することが盛んです。例えば、北海道立林産試験場（旭川市）の成分利用科では、木材を挽いたときに出る木くずに窒素分を蒸着させて、土壌改良材としての価値を高める研究をおこなっています。さらなる発展が期待されている成果は特許申請中です。同じように“理想的な用土”の素となる可能性を持つ土壌改良材は日ごとに数を増やしています。

このような背景から、用土の開発における材料の選択は、経験や勘だけでは効率的に進めることができません。ここで紹介したような用土と根の関係を確かめる方法を使って“この用土は、どのような根をはぐくむのか？”ということ把握することができれば、独自の配合の栽培用土を植物の視点から効率的に、科学的に作ることを考えています。実現には、多くの土壌改良材について図-3のような相対関係図を作る必要がありますが、組織培養で作ったクローン苗木を使うことで、作成は容易です。何より、早々に“林業試験場のオリジナル栽培用土は、機能的に優れた理想的な根を作ります”と宣伝できる成果を出せるよう、先へ進みます。

(道北支場)