

樹木の根系（根量と吸収構造）

荻住 昇

樹木の根系に関する研究には M.Bugen (1905) や J.E.Weaver (1920) の根系図に代表されるような根系の形態と分布と土壌環境や種の遺伝性に関する研究と根量から量的に解析研究する方法がある。後者は、前者よりも根量調査に多大の労力を要することから大径木については研究が殆どない。

1960年頃から森林生態学や造林学の分野において森林の生産構造に関する研究が盛んになり、特に地上部の Biomass の測定による生産構造の解析・研究が進んだ。しかし、地下部については調査に多大のエネルギーを要することや、調査法が確立しないこともあって量的解析による研究はあまり進んでいなかった。1958年に筆者はソイル・ブロック・サンプリングによる根量調査法を考え、この方法によって多数の樹種の根量調査を行った。ここでは根量測定による根系の機構と機能についてアウトラインを紹介する（図-1）。

根量測定法：地下部における根の分布構造や働きを解析するためには根系区分（表-1）ごとの根量を測定する必要がある。森林や樹木の根量を推定することは極めて困難であるが、ソイル・ブロック・サンプリング法を用いると比較的に根量を推定することができる。林内では根系分布に個体間の交錯があるので、単木の根量を推定することは極めて難しい。いまブロックの面積を1本当り面積としてその根量と緻密に調査した単木当りの根量を比較すると両者の差は細根・小径根では大で、大径根では小であった。

これらのことから根量は胸高断面積（または D^2H 、材積）との相関が大で、調査木を直径階で大・中・小径木の階層に区分して、大・小径階から3本、中径階から2本、計8本の根量を測定すると平均値が誤差率10%、危険率10%の範囲内で推定できることがわかった（図-2）。

比推定法による根系区分ごとの根量の測定：根系区分ごとの根量の測定には比推定法が用いられた。細根(f)・小径根(s)・中径根(m)の中での m の推定（誤差率10%、危険率10%）には、 $f \cdot s \cdot m$ の資料600g以上取ればよく、 $s \cdot f$ の推定には資料から200g以上あればよいことがわかった。また、単木の根量の推定には胸高断面積比による1本当り面積の根量を測定すればほぼ単木の根量に近いものを推定できることがわかった。

根量・根系表面積など根系因子の推定：根系区分ごとの根量が測定され、各区分ごとの平均の直径や容積密度数などがわかると、これから根系体積、根長、根系表面積など根に関する諸因子を推定することができる。

根量：根量など各因子は木の胸高断面積と高い相関関係があるので直径よりも胸高断面積を y 軸にとり、 x 軸に根系因子をとると理解しやすい。単木の場合、胸高断面積に対する細根量の変化は放物線状になり、胸高断面積 500 cm^2 のときに、ヒノキは1.2kg、スギ0.7kg、カラマツ0.5kg、アカマツ0.1kgとなった。根系の全量では放物線と反対の凹型の曲線となり、ヒノキ60kg、アカマツ・カラマツ50kg、スギ45kgとなった。ha当り根量は本数に関係するので、細根は幼令木で大で、大径木では小さくなった。全量では放物線状となる。

木の全量に対する根量の割合：細根量の割合は幼令木で大で、大径木で小さくなる。特大根・根株では放物線状に変化する。木の全重量に対する地下部量の割合は小径木から大径木まで変化せず25%程度であった。

根系の体積：根系の体積は根量とその容積密度数から計算することができる。スギの胸高断面積439 cm^2 の単木の根系体積は0.13 m^3 であった。根量と根系体積分布の間にはかなり大きな差がある。細根は量では小さいが体積では大きな値となる。

根の長さ：各根系区分の直径、容積密度数根量の各土壌層における分布は樹種によって異なるが

I・II層 (I: 深さ 0~15cm, II: 15~30cm) に70~90%が分布した。細根の分布は表層で大きく、深くなるにしたがって急速に減少することなどから、根長を推定することができる。スギの胸高断面面積439cm²の根長は4.1kmであった。アカマツ (361cm²) は、1.2kmで小さい。これは細根量の多寡によっている。ケヤキは大きく177cm²のもので17.3kmであった。これは、ケヤキの細根が細くて単位当りの長さが長いことによっている。ha当りではスギ幼令林で10,000km、平均胸高断面面積400~500cm²の林分で3,500kmであった。幼令林でカラマツ2,000km、アカマツ5,000km、ヒノキ6,000km、スギ10,000kmの順となった。

根系表面積：根の直径、容積密度数などから根系表面積を計算することができる。単木の全根系表面積はスギ (439cm²) で21m²、ヒノキ (427cm²) で34m²、アカマツ9m²、カラマツ15m²であった。ha当り根系表面積はスギは1.5ha、ヒノキ2.5ha、アカマツ0.5ha、カラマツ1.0haとなる。根系表面積の中で細根が占める割合はスギでは約60%、小径根は16%、中径根9%、その他15%であった。根系表面積の中で、細根・小径根が占める割合は大きい。

吸収構造：根系表面積の水平・垂直的な分布は樹木の養・水分の吸収と密接に関係している。根系表面積は樹木の吸収構造を示すものと考えられる。胸高断面面積439cm²のスギではI層に根系表面積の38%、15~30cmに21%、I・II層の0~30cmでは59%、30~60cmに23%、60~90cmに13%、90cm以下に5%が分布した。浅根性のヒノキは吸収構造が表層に偏っており、I層に47%、II層に22%が分布した。I・II層では69%となる。深根性のアカマツは57%であった。樹木の吸収構造は水平的にも考えられる。吸収構造は樹種、立地条件によっても変化する。

根系の最大深さ：根系の最大深さは土壌条件によって異なるが、一般森林土壌では胸高断面面積500cm²の樹木でスギは2.2m、ヒノキ1.5m、アカマツ3.5m、カラマツ2.0mと推定された。

根密度：ブロック法による根量の測定では根量が測定された面積や体積が異なるので、根量をそのまま比較することはできない。この場合、根密度の考え方はきわめて有効である。根密度は土壌1m³当たり根量 (g/m³) として表される。吸収作用に最も大きく関係するのは細根の根密度である。I層の細根の密度は最大でスギ・ヒノキで500g/m³、アカマツは250g/m³、カラマツは200g/m³であった。細根の根密度が最大になるのは幼令林で、中・高木材になると根密度は減少する。中・高全林ではスギ200g/m³、ヒノキ400g/m³、アカマツ50g/m³、カラマツ200g/m³程度であった。葉量と同様に一定林分では根密度が一定の値をとる。根密度は林分の本数密度、土壌条件などによって変化する。根密度からは根量を推定することができる。水平的には、一般に根株に近いところで大きく、木から距離が離れるにしたがって緩曲線で減少する。根密度の垂直・水平分布などの変化は Gram-Charier 展開式があてはめがよい。根量、根長、根系表面積などがわかると、これらの因子当りの吸収量、生産量などが計算できる。これを根系吸収率、根系生産率と言う。

細根量生産率：一年間に細根1gが生産する物質質量g、スギは33g/g、ヒノキは13g/g、アカマツは235g/g、カラマツは42g/g。

細根面積生産率：細根1cm²が生産する物質質量スギ0.23g/cm²、ヒノキ0.13g/cm²、アカマツ1.42g/cm²、などとなる。その他全根系表面積生産率など計算することができる。樹木の大きさによる全根系表面積生産率はほぼ一定であった。

根系吸水率：吸水に関する根系諸因子g当り吸水量ccで表される。細根量吸水率はアカマツ22.0リットル、スギ8.5リットル、カラマツ7.0リットル、ヒノキ4.5リットルとなった。細根表面積吸水率はスギ60cc/cm²、カラマツ40cc/cm²、ヒノキ30cc/cm²、アカマツ240cc/cm²に達した。

ソイル・ブロック・サンプリング法による一定積度での根量推定とこれに関する根系諸因子の測定によって根系に関する各種の解析ができる。筆者はこの方法によって802本の根量調査を行った。