

# アカマツの形態構造

## Geometric Structure of a Red Pine Tree

杉田 倫明\*・山下 孔二\*\*・古藤田一雄\*\*

Michiaki SUGITA\*, Kohji YAMASHITA\*\* and Kazuo KOTODA\*\*

### I はじめに

ある地域の植生の形態構造は、その地域の水収支・熱収支を調べる上で不可欠な基礎資料である。たとえば、蒸発散の研究においては、植物群落内外のエネルギーと水の分配の様子を知ることが重要である。そしてその分配は、植生の存在に大きな影響を受けているので、蒸発散にとって植生の形態構造が重要な因子となる。しかし、このような形態構造の調査は、特に森林では手間がかかるため調査例が少ない。また、根系を扱ったものは、Satford (1974), 刈住 (1979), 寺田 (1980), 塚本ほか (1982) などごくわずかであり、特に蒸発問題で重要な細根まで扱ったものはほとんどない (Landsberg and McMurtrie, 1984)。本報では、このような点をふまえ、筑波周辺で代表的な植生であるアカマツ林について地上から地下部にわたるその形態構造をなるべく定量的に明らかにしようところみた。

### II 方 法

#### 1) 場 所

対象としたアカマツ林は、海拔高度27mの台地上の筑波大学水理実験センター南側に位置する。面積は、1.9haで、立木密度27本/100m<sup>2</sup>、平均胸高直径12.4cmで (Sugita, 1985)、林床には、ナラ、ウルシなどが点在する。このようなアカマツ

林は、筑波研究学園都市周辺で一般的な植生である (岩城・腰塚, 1981; 大櫛ほか, 1981)。

土壌断面の記載を第1表に示す。深さ25cmまでA層、98cmまでB層、その下に深さ1.7mまで関東ローム層が存在しており、それ以深は粘土層となっている。このアカマツ林の中から群落を代表すると思われる胸高直径13.1cmのアカマツ (*Pinus Densiflora*) を1985年6月26日に伐採し計測を行った。

第1表 土 壌 断 面 の 記 載

層位	記 載
A <sub>0</sub>	+3-0cm, アカマツの落葉
A <sub>11</sub>	0-7cm, 暗褐色 (7.5YR/3/2)のSiL, 細粒状構造, 堅密度疎, 境界平坦判然
A <sub>12</sub>	7-25cm, 暗赤褐色 (5YR/3/4)のLiC, 角塊状構造, 堅密度疎, 境界平坦やや判然
B <sub>1</sub>	25-45cm, 暗赤褐色 (5YR/3/4)のCL, 角塊状構造, 堅密度中, 層界不明瞭
B <sub>2</sub>	45-79cm, 暗赤褐色 (5YR/3/4)のCL, 角塊状構造, 堅密度中, 55-72cmに斑紋有り。堅密度密, 層界不明瞭, 暗赤褐色 (5YR/3/2)柱状構造
B <sub>3</sub>	79-98cm, 暗赤褐色 (5YR/3/4)のCL, 角塊状構造, 堅密度中, 境界平坦やや判然

調査日: 1986年7月7日

#### 2) 定量化の方法

**地上部分** 幹、枝、葉のある地上部分については、各器官の乾燥重量と投影断面積を求めた。乾

\*筑波大学・院・地球科学研究科 \*\*筑波大学水理実験センター

(1986年7月16日受理)

乾燥量は、群落の生産量として大事であり、投影断面積は、森林の放射状態、蒸発散などを調査する上で、必要である。まず、根本から切断したアカマツの地上部分をさらに地表面から1 mごとに切断する。このようにして得られた1 mごとの資料をさらに器官別、すなわち幹、枝、葉に分ける。この後、枝、葉は全資料を1週間から1ヶ月程度炉乾燥して乾燥重量を求めた。幹については、全資料の生重量を求めたのち、10cm厚のリング状のサンプルを切り出しその生重量と乾燥重量を測定し両者の比をもとめた。そしてこの値を全資料の生重量に掛け合わせることで乾燥重量を推定した。投影断面積は、各器官を円柱と見て真横から光を当てたときの値と定義した。枝と幹については、スケールを使用してその直径と長さを測定し、断面積を算出した。葉については、まず水を入れた立方体の容器を用意しそこに各層の全ての葉を沈めた。その時の水位の増加から葉の体積（V）が得られる。そして、葉の断面が半円であるという仮定をおくと投影断面積（S）は次式から算出される。

$$S = 8 V / \pi R \quad (1)$$

ここで、Rは仮定した葉の断面の半円の直径で、葉の中からサンプルを選び計測した。

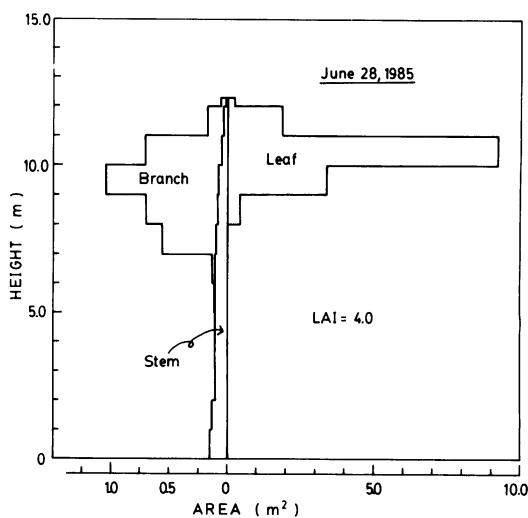
**地下部分** 根については、乾燥重量と表面積を求めた。乾燥重量は植物の生産量の一部として知る必要があり、表面積は植物の地中水の吸水を考えるうえで重要である（Newman, 1966）。ところで、森林内の根を横方向に追跡する事はかなり困難である。そこで、ここでは1本の本が占有する範囲内の全ての根を採集するという方法をとった。すなわち、その範囲から出ていく根は無視し、逆に入ってくる別の木の根は採集する。こうすることで、森林の単位面積内に存在する根の分布が得られる。占有範囲は、立木密度からもとめ、3.7 m<sup>2</sup>、すなわち幹から直径1.2 mの円周内とした。根の採集は、この範囲内の土を細い根が無くなるように水流で洗い流すことにより行った。このようにして得られた根系を東西南北の4方向に

分けた後、地表面から20cmの層ごとに切断し、さらに直径により分類した。直径による分類は、太さによりその機能が異なるために必要である。たとえば、水分の吸収にとって大事なものは、直径の小さな根であるのに対し、樹木を支えるのは太い根の役割である。ここでは、分類の基準を直径が2 mm以下の細根、2 mmから5 mm小根、5 mmから10 mmの中根、10 mm以上の大根（ペドロジスト談話会、1984）とした。このようにして分類した根の全試料を直接計測して乾燥重量、表面積を求めた。

### Ⅲ 結 果

#### 1) アカマツの器官の分布

第1図にアカマツの地上部分の器官の投影断面積の鉛直分布を示す。樹高は12.3 mで、高さ9 ~



第1図 投影断面積の鉛直分布

12 mの層に葉が、7 ~ 11 mの層に枝が集中している。それぞれの投影断面積の最大値は、葉が10 ~ 11 mの層で、枝が9 ~ 10 mの層で現れ、葉の方が高い位置に集中している。これは、その年に伸びた部分の枝からはえる葉が最も多いためである。1年前、2年前と枝が古くなるにしたがい付いている葉の量も少なくなり、結果として幹から伸びる枝の先端、すなわち高さの高い所に葉が多く集まることになる。

葉の投影断面積の最大値は枝のそれよりオーダーが1つ大きく、日射の吸収、散乱、降雨の遮断等の面で葉の分布が重要であることが分かる。このような葉の量を示す指標として葉面積指数がある。これは葉の投影断面積を高さ方向に積分し、アカマツ一本当たりの占有面積で割ったものである。伐採したアカマツについてこの値を求めると、4.0となり、国内のマツの閉鎖林の値3.5～6（依田，1971）と同程度であった。

つぎに、写真によりアカマツの器官の水平分布の様子を示す。第2図は、高さ7mから水平方向を撮影したものである。ここに写っている6～8mの層では、枝の方向は水平方向が卓越し隣同志のアカマツの枝は接している。この結果、この層は平均して密に詰まっている。これに対し、高さ11mから撮った10m以上の層の様子を示す第3図では、枝、葉ともに多いものの鉛直上方向を向い



第2図 アカマツ林内の様子（1986年3月26日撮影）  
高さ7mから水平方向を写す。

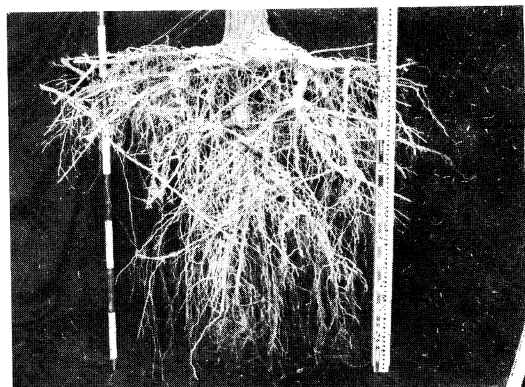


第3図 アカマツの林冠の様子（1986年3月26日撮影）  
高さ11mから水平方向を写す。

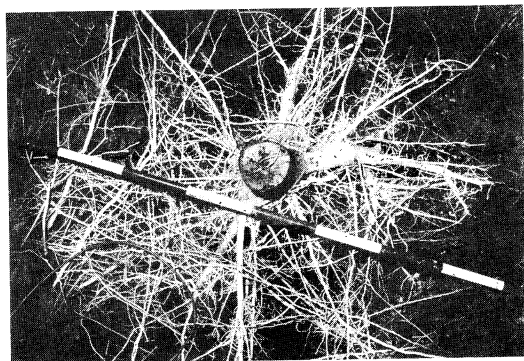
ているものが多いため、幹の近くは密であるのに幹からはなれた隣の木との間には空間が生まれ、群落全体からみると粗密の偏りのある部分となっていることがわかる。

つぎに、アカマツの根の分布の様子をみてみよう。第4図に掘り出した根系を横から見た様子を示す。前述したように、中心から1.2mで横方向は切断してある。写真から根の分布がかなり偏っていて地表面付近に根が集中している様子がわかる。第5図は、根系を真上からみた写真である。細い根は識別できないものの水平方向にも根の分布にかなりの偏りがあることが分かる。

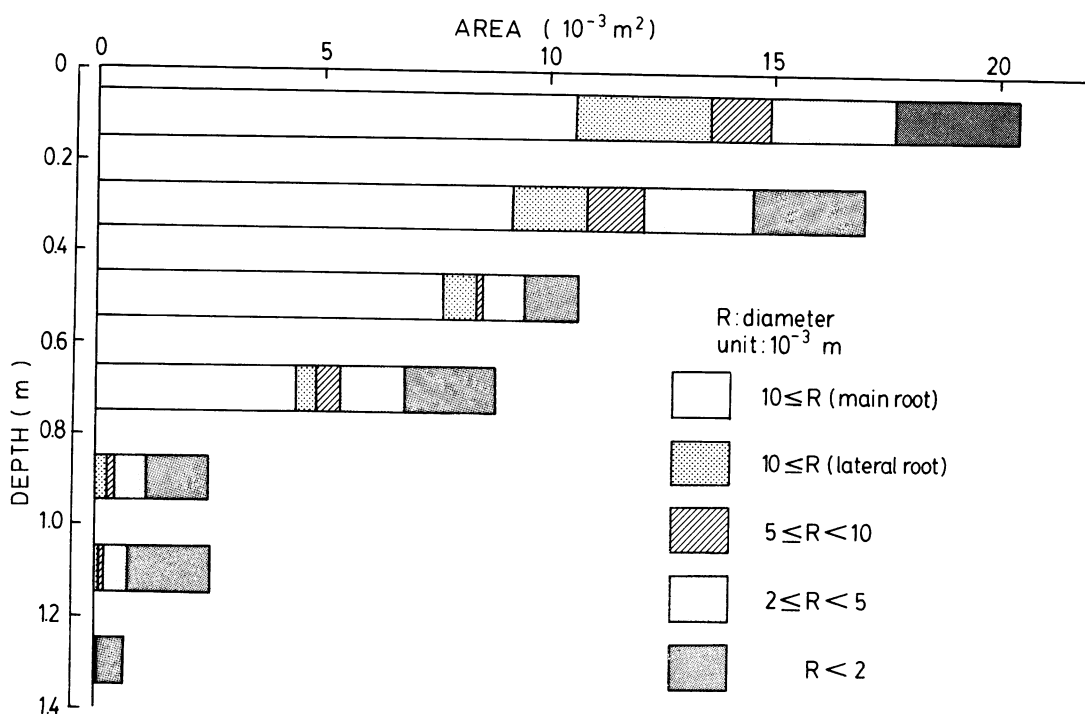
第6図に根の表面積の鉛直分布を示す。根の直径によりデータをさらに分類してある。特に、直径10mm以上の大根については、主根と側根に分けた。図からわかるように、主根は深さ0.8mまで



第4図 根系を横から写した写真



第5図 根系を上から写した写真



第6図 直径により分類した根の表面積の分布

しかなく、それ以深は、細い根の卓越する側根からなる。すなわち、木を支える機能は地表面近くで卓越しているのに対し、吸水の機能は地表面から地下1.4mの範囲にわたっていることがわかる。

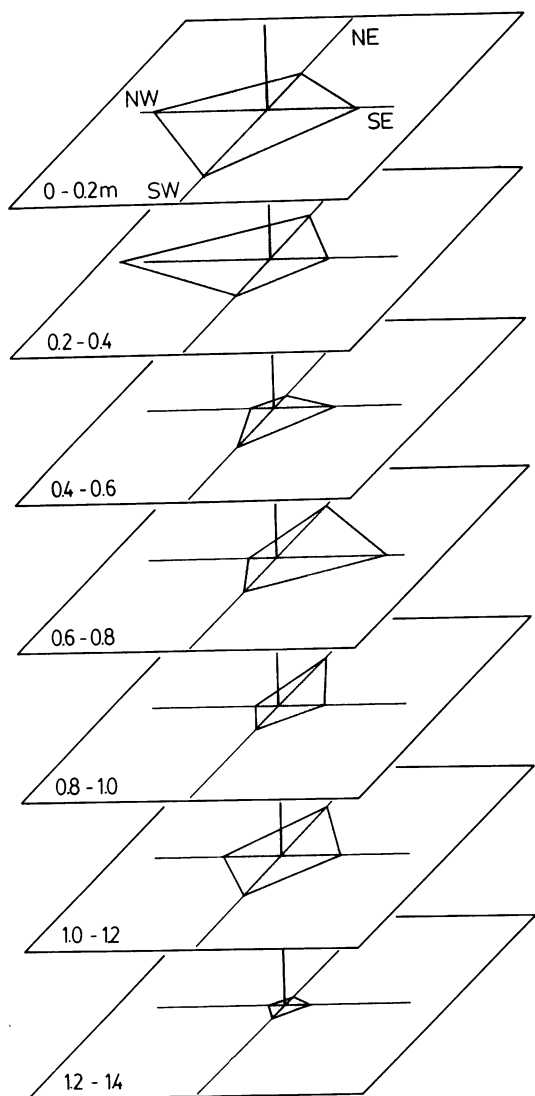
つぎに、アカマツの根の水平分布の様子をみる。ここでは、蒸発散にとって重要な直径0.2mm以下の細根について、その表面積の分布を方位別、深さ別にそれぞれ示した（第7図）。図から同一深度でも方位別に分布に偏りのあることがわかる。また、根の分布は深さとともに一様に減るのではなく、増減を繰り返しながら減って行く。これは、第4図でわかるように根の枝別れがあるためである。枝別れの直下では根が多くなっている。

## 2) アカマツの現存量

第2表に、アカマツの器官別の現存量の値を示す。幹の現存量が全体の80%を、次いで根が18%を占めている。含水率は、自然状態でのアカマツ

の熱容量を計算する時に必要である。大櫛ほか（1981）が茨城県新治村のアカマツ林で伐採した4本のアカマツの幹の含水率は50～59%の範囲にあり、本研究で得られた値49%とほぼ同じである。

水分量の高さ方向の違いをみるため第8図にアカマツの器官別の水分重量（ $W_w$ ）、乾燥重量（ $W_d$ ）の鉛直分布を示す。各器官の含水率（ $W_w/W_d$ ）は、高い部分ほど大きい傾向にある。葉の含水率は、地上0～2mでは41～42%なのが高さとともに増加し、11～12mでは54%となる。枝は、9～13mの層では60～75%であるのに対し、5～7mの層では35～40%にすぎない。これは、下の層の枝のなかには、幹についているもののすでに枯れているものがあるためである。葉は比較的均一で、50～60%のオーダーにある。

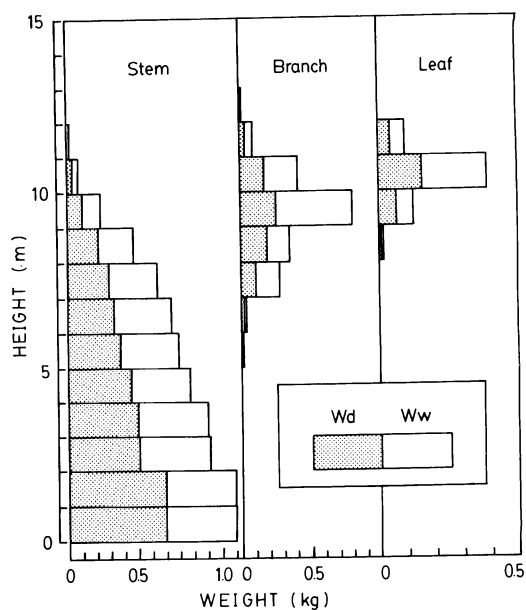


第7図 細根の表面積の水平、垂直分布。十字の中心からはじまてが $10^{-3}\text{m}^2$ をあらわしている。

第2表 アカマツの器官別の生重、乾燥重量、含水率

		幹	枝	葉	根
生重	$W_d + W_w$ (kg)	83.557	2.009	0.624	—
乾燥重量	$W_d$ (kg)	42.787	0.794	0.266	9.343
含水率	$W_w / W_d$ (%)	48.8	60.5	57.4	—

$W_w$ : 乾燥重量,  $W_d$ : 水重量



第8図 地上部の器官別重量の鉛直分布。W<sub>w</sub>: 水分重量, W<sub>d</sub>: 乾燥重量をあらわす。

#### Ⅳ お わ り に

一本のアカマツを伐採し、その器官の水平、鉛直分布の様子を詳細に測定した。一本のアカマツの測定で群落全体を代表できるかどうかなど問題も多いが、このような測定は手間がかかるためそうしばしばできるものではない。そこで、今後の方向として間接的な測定法、たとえば写真撮影による葉量の推定 (Anderson, 1981; Kotoda and Sugita, 1984), モデルによる根系の算出 (塚本ほか, 1982) などの方法の開発が必要と思われる。

#### 謝 辞

調査に当たって、水理実験センターの教職員の方々、地球科学研究科の三條和博君にはたいへんお世話になりました。ここに記し感謝いたします。

#### 文 献

岩城英夫・腰塚昭温 (1981): 平地アカマツ林における有機物・窒素の集積と人為作用。環境科学研究報告集, B93-R12-2, 37-48。

- 依田恭二 (1971) : 『森林の生態学』 築地書館, 331p.
- 大櫛政行・及川武久・森川靖 (1981) : 平地アカマツ林の熱収支水収支特性について. 環境科学研究報告集, B93-R12-2, 15-35.
- 刈住昇 (1979) : 『樹木根系図説』 誠文堂新光社, 1121p.
- 塚本良則・太田猛彦・北原一平・都留浩明 (1982) : 樹木根系の再現モデル. 日林誌, **64**, 56-65.
- 寺田正男 (1980) : 土壌の緊密度と樹木の根系成長. 日林誌, **62**, 153-155.
- ペドロジスト談話会 (1984) : 『土壌調査ハンドブック』 博友社, 156p.
- Anderson, M.C. (1981) : The geometry of leaf distribution in some south Eastern Australian forests. *Agric. Meteorol.*, **25**, 195-205.
- Kotoda, K. and Sugita, M. (1984) : Changes in energy balance with foliation of deciduous forest during spring season. Ann. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, No.10, 32-35.
- Landsberg, J. J. and McMurtrie, R. (1984) : Water use by isolated trees. *Agricul. Water Management*, **8**, 223-242.
- Newman, E. I. (1966) : A method of estimating the total length of root in a sample. *J. Appl. Ecol.*, **3**, 139-145.
- Safford, L. O. (1974) : Effect of fertilization on biomass and nutrient content of fine roots in a beech birch-maple stand. *Plant and Soil*, **40**, 349-363.
- Sugita, M. (1985) : Factors affecting evapotranspiration from pine forest. *Geograph. Review Japan* (Ser. B), **58**, 102-131.