

### アカマツ・シラカシ二次林において観測された樹木の吸水深度

飯田真一 (森林総研)・角張順一・田中 正・濱田洋平・林 敦史 (筑波大生命環境)

**Abstract:** Secondary forests under the succession from Japanese red pine (*Pinus densiflora*) to evergreen oak (*Quercus myrsinaefolia*) are frequently found in Kanto region in Japan. In such a secondary forest, continuous measurements of soil water potential ( $\Psi$ ) were performed at three sites: 1) the base of a pine tree, 2) that of an oak tree, three meters apart from the pine, and 3) the halfway point between both trees, to estimate the depth of water uptake by their root systems. During soil drying periods, we found 'a sink of soil water', a soil layer which had smaller  $\Psi$  than the upper and the lower layers. The sink under the pine developed more clearly and descended deeper and more rapidly than the other sites. These results suggest that the differences in the characteristics of water uptake between the pine and the oak: the pine 1) uptakes soil water from horizontally narrow but vertically deep zone, and 2) changes its major water uptake layer considerably depending on the soil moisture condition.

**Key words:** depth of water uptake by root system, evergreen oak, Japanese red pine, soil water potential, vegetation succession

要旨：シラカシ林への植生遷移が進行中のアカマツ・シラカシ二次林において、アカマツおよびシラカシ供試木の地際周辺および両供試木間において圧力水頭の鉛直分布の連続測定を行い、それぞれの吸水深度の把握を試みた。アカマツ供試木の地際周辺で観測された圧力水頭はそれ以外の地点にくらべて時間変化率が大きく、また相対的に圧力水頭の低い土壌水のシンクはより深部に存在し、土壌の乾燥に伴いその位置は深部へ降下した。これらのことから、アカマツはシラカシと比較して樹木近傍においてより集中的に、かつより深部から吸水し、またアカマツの吸水深度は土壌の乾燥状態によってより激しく時間変動する可能性が見出された。

キーワード：吸水深度、シラカシ、アカマツ、土壌水の圧力水頭、植生遷移

#### I はじめに

アカマツは典型的な先駆種かつ陽樹であり、植生遷移過程の初期段階において発達する樹種である。すなわち、アカマツの林冠が閉鎖するようになると発芽が困難になるため世代更新が難しく、より耐陰性の高い樹種へと遷移が進行することになる。アカマツ林はわが国の二次林として広範囲に分布し、古くは薪炭材として利用するため、下層植生の伐採などの人為的管理によって維持されてきたが、近代化とともにその価値は薄れ、人為的管理は放棄されるようになり、また松枯れ病の流行の影響も重なった結果、陰樹であり暖温帯の極相に相当するシラカシへの植生遷移の進行が見られるようになった(3, 5, 9, 12)。

筆者らはこの遷移過程の進行に伴い、シラカシの増加に起因する樹幹流下量の増加と遮断蒸発量の減少を明らかにした(6)。また遷移の進行に伴いアカマツが衰退したために、その蒸散量はシラカシなどの下層林冠からの

蒸散量を大きく下回することを報告した(7)。シラカシの樹幹流下量が卓越したことはシラカシの地際周辺により多くの雨水が集中することを意味し、またシラカシの多量の蒸散量はアカマツとの水獲得競争においてシラカシが優位である可能性を暗示している。山中らは水の安定

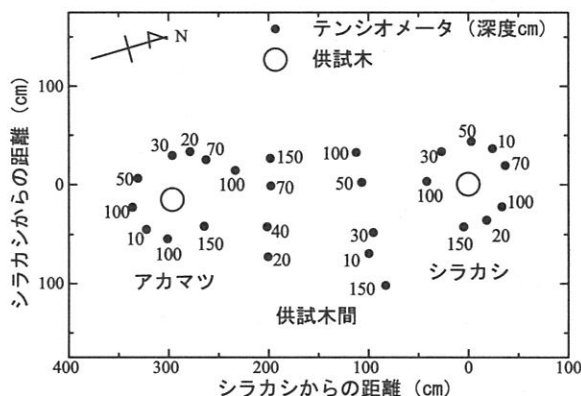


図-1. テンシオメータネストの概略

Shin'ichi IIDA (Forestry and Forest Products Research Institute), Jun'ichi KAKUBARI, Tadashi TANAKA, Yohei HAMADA, and Atsushi HAYASHI (Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba) Observed depth of water uptake by root system in a secondary forest under the succession from Japanese red pine to evergreen oak

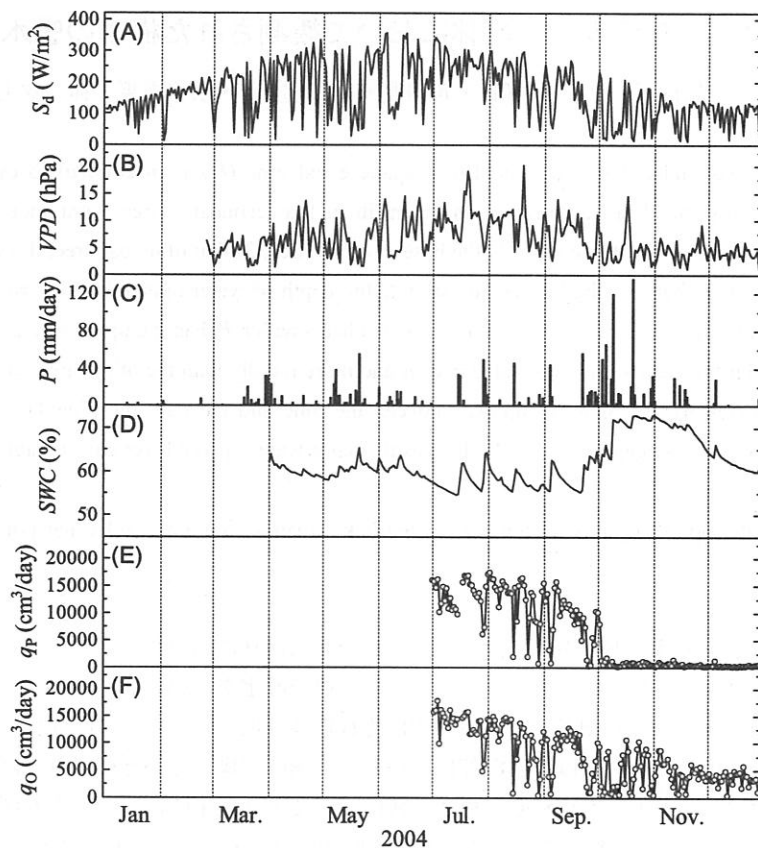


図-2. 2004年における各観測項目の時系列図：上段よりA) 日平均短波放射量 ( $S_d$ ), B) 飽差 ( $VPD$ ), C) 日林外雨量 ( $P$ ), D) アカマツとシラカシの供試木間で測定された深度0~150cmの日平均体積含水率 ( $SWC$ ), E) およびF) アカマツ ( $q_p$ ) およびシラカシ ( $q_o$ ) の日蒸散量

同位体比を用いてアカマツとシラカシの吸水深度の同定を行い、アカマツとシラカシが吸水する土壌水分の深度は明瞭に異なることを明らかにした(11)。彼らはアカマツがシラカシとの水獲得競争を避けるためにより深部から吸水を行う可能性を指摘しているが、吸水深度の時間変動傾向については未解明のままである。そこで、本研究ではアカマツとシラカシ供試木および供試木間にテンシオメータネストを設置し、観測される土壌水の圧力水頭からアカマツおよびシラカシの吸水深度の季節変化の特定を試みた。

## II 観測方法

1. 研究対象地 筑波大学陸域環境研究センターに隣接するアカマツ・シラカシ二次林を対象として観測を行った。林分の詳細については既報(3, 5, 6, 7)を参照されたい。同林分内の代表的なサイズのアカマツ(胸高直径: 22.7cm, 樹高: 15.7m)およびシラカシ(胸高直径: 13.1cm, 樹高: 10.5m)を各1個体ずつ選出した。なお、両供試木間の距離は約3mである。

2. テンシオメータネストによる土壌水の圧力水頭の測定 アカマツおよびシラカシ供試木地際、ならびに供試木間の合計3地点にテンシオメータネストを設置し、土壌水分の圧力水頭( $\Psi$ )を観測した(図-1)。用いたテンシオメータはサンケイ理化学株式会社製 UNSUC SK-5608D, 大起理化学工業株式会社製 DIK-3040 および Irrrometer Company 社製 RSU である。データは30分間隔で記録した。また矢野(13)による土壌水分特性曲線を用いて $\Psi$ から土壌水の体積含水率( $SWC$ )を算出した。なお、以降の解析では日平均値を用いる。

3. Granier 法による単木蒸散量の評価 アカマツおよびシラカシ供試木の単木蒸散量を推定するために、高度約1mの部位においてGranier法(1)による樹液流速の測定を行った。観測された樹液流速から供試木の辺材部の平均的な樹液流速を既報(7)と同様の方法で算出し、供試木の辺材面積を乗じることによって単木蒸散量( $q$ )を得た。なお、アカマツおよびシラカシ供試木の辺材面積はそれぞれ218cm<sup>2</sup>, 123cm<sup>2</sup>であった。

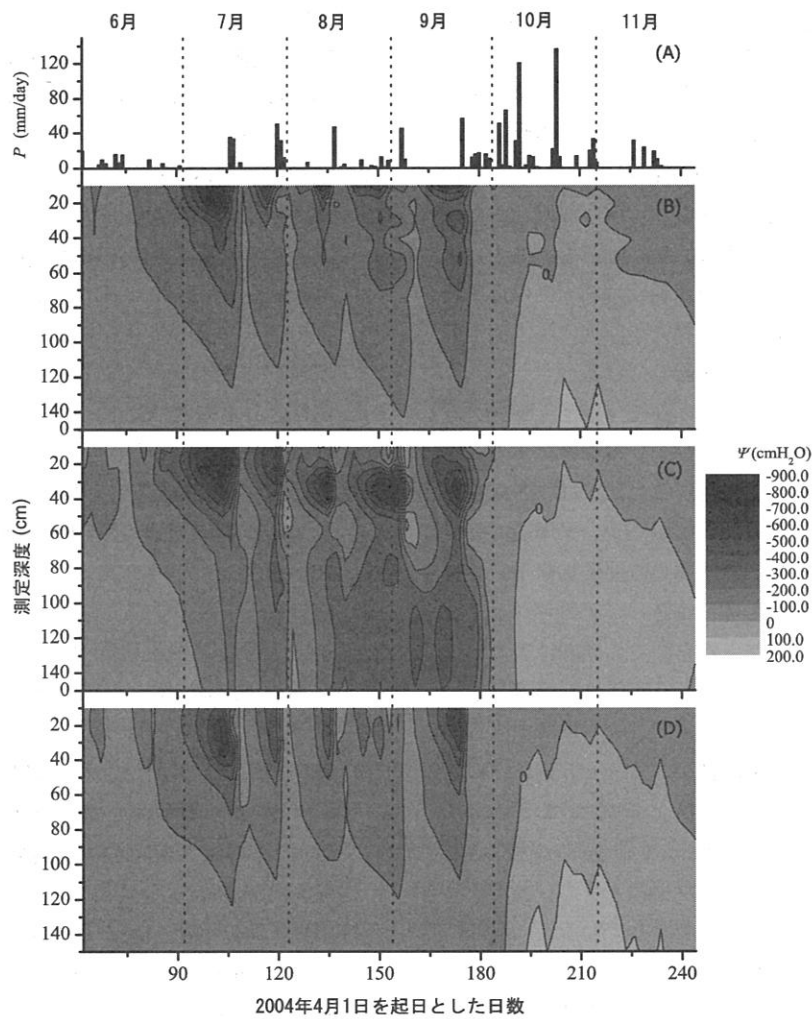


図-3. 2004年6月～11月における林外雨量 (A) ならびにアカマツ・シラカシ供試木間 (B), アカマツ供試木地際 (C), シラカシ供試木地際 (D) の圧力水頭 ( $\Psi$ ) の季節変化

4. 微気象要素 筑波大学陸域環境研究センターの観測圃場において収集された公開データセットから、下向きの短波放射量 ( $S_d$ )、飽差 ( $VPD$ ) および林外雨量 ( $P$ ) を利用した。

### III 結果および考察

1. アカマツおよびシラカシ供試木の単木蒸散量の季節変化 微気象要素および各供試木の蒸散量の時系列図を図-2に示す。短波放射量は一般的な正弦波状の季節変化を示した (図-2-A)。飽差は大気の湿潤度をあらわすため、概観すると林外雨量と逆相関の変動傾向を有している (図-2-BおよびC)。また、深度0～150cmの平均的な土壌水の体積含水率は林外雨量と良い対応を示しており (図-2-CおよびD)、本研究における圧力水頭は観測期間を通じて概ね精度良く測定されていたものと判断される。2004年10月には台風22号および23号による

多量の林外雨量が観測され、日雨量は120mmおよび136mmを記録している。この多量の林外雨量によって土壌は著しく湿潤な状態になり、10月の体積含水率は一時的に当該地域の間隙率 ( $\theta$ ) に相当する値にまで上昇した。

アカマツの単木蒸散量は同一の林分における既存の観測例 (4) と概ね一致しており (図-2-E)、妥当な測定値が得られているものと考えられる。一方、シラカシの蒸散量はその個体サイズがアカマツよりも小さいにも関わらずアカマツに匹敵していることが分かる (図-2-F)。シラカシの蒸散量がアカマツに匹敵するという観測結果は Iida *et al.* (7) と矛盾しない。また、10月初めからアカマツの蒸散量は著しく減少し、その後も低いまま推移していることが分かる。これはアカマツ供試木の枯死によるものである。

2. 圧力水頭の季節変化 2004年6月～11月における

圧力水頭の季節変化を図-3に示す。6月中旬以降、各測定地点において降雨終了後の時間経過と共に圧力水頭の減少はより深部に広がる事が分かる。ある程度のまとまった降雨があると、深部の乾燥状態は緩和され、次の降雨までの間に再び土壌の乾燥が深部にまで伝播してゆく傾向が明瞭に認められる(図3-B, C, D)。また、10月の台風による多量の降水があった直後には圧力水頭が0の等値線(すなわち地下水水面)は林床面付近まで上昇した。この時期において、林内の凹地に湛水面が形成されていたことを筆者らは確認している。

次に圧力水頭が同心円状に低い部位(以下、シンクと呼ぶ)に着目し、アカマツおよびシラカシ供試木の吸水深度について考察を行う。7月~9月にかけて各測定地点ともにシンクが形成されているが、シンク周辺の等値線の混み具合、すなわち圧力水頭の時間変化率はアカマツ>シラカシ≒供試木間の順に小さい。アカマツとシラカシの蒸散量は大きく異なることから、この傾向はアカマツがより樹木近傍において吸水を行う可能性を示唆している。また、ほかの地点と比較してアカマツ供試木直下で観測された圧力水頭は相対的に小さく、そのシンクの深度は季節とともに降下してゆき、9月には一時的に-400cmH<sub>2</sub>Oの等値線が深度150cmまで到達している(図-3-C)。この観測事実は、アカマツはシラカシと比較してより深部から吸水を行うことを示している。一般的にアカマツの根系は垂下根を多く有し、一方でシラカシのそれは斜出根に特徴付けられるが(8)、本地域で実際に測定された根系分布も同様の傾向を示しており(10)、この根系分布の差異が土壌水分の変動傾向に反映したものと考えられる。またアカマツ直下においてシンクがより深い深度へ降下したことは、乾燥が進んだ状況下においてアカマツがより深部の水を利用する可能性を示唆している。

#### IV まとめ

アカマツ・シラカシ二次林において土壌水の圧力水頭の鉛直分布からアカマツおよびシラカシの吸水深度の推定を試みた結果、アカマツはシラカシに比べてより樹木近傍で集中的に、また、より深部から吸水している可能性が示唆された。さらに、アカマツの吸水深度は土壌の乾燥に伴いより深部へ降下し、時間変動する傾向が見出された。観測期間中にアカマツ供試木は枯死しているため、解析対象期間後のデータと比較解析を行うことにより、アカマツの吸水源をより明確に推定できる可能性がある。今後もこの点等に注目して解析を進める予定である。

#### 引用文献

- (1) GRANIER, A., (1985) Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. *Ann. Sci. For.* **42** : 193-200.
- (2) 濱田洋平・INDRA, A. R. F.・田中 正(1998) 筑波大学水理実験センター内アカマツ林および熱収支・水収支観測圃場における土壌の物理特性. 筑大 水理実験セ報. **23** : 1-10.
- (3) 飯田真一・濱田洋平・田中 正(2001) 筑波大学陸域環境研究センターに隣接するアカマツ林の胸高直径と立木密度の変化について. 筑大陸域環境研究セ報 **2** : 1-6.
- (4) 飯田真一・小林義和・田中 正(2003) Granier 法を用いた樹液流速の長期連続測定. 水文学会誌. **16** : 13-22.
- (5) 飯田真一・濱田洋平・安部 豊・田中 正(2003) 筑波大学陸域環境研究センターに隣接するアカマツ林の下層植生について. 筑大陸域環境研究セ報 **4** : 1-9.
- (6) IIDA, S., TANAKA, T. and SUGITA, M. (2005) Change of interception process due to the succession from Japanese red pine to evergreen oak. *J. Hydrol.* **315** : 154-166.
- (7) IIDA, S., TANAKA, T. and SUGITA, M. (2006) Change of evapotranspiration components due to the succession from Japanese red pine to evergreen oak. *J. Hydrol.* **326** : 166-180.
- (8) 苅住 昇(1979) 樹木根系図説. 1121pp., 誠文堂新光社. 東京.
- (9) 宇佐美哲之・及川武久(1993) アカマツ林内の光微環境とシラカシ稚樹の成長特性. 筑大 水理実験セ報 **17** : 79-89.
- (10) 山中 勤・松尾大悟・矢野 翠・角張順一・飯田真一・涌井久司・清水亮介・田中 正(2005) 遷移過程のアカマツ二次林における植物種間の根系分布の差異. 筑大陸域環境研究セ報. **6** : 39-44.
- (11) 山中 勤・飯塚幸子・田中 正(2006) 共存植物種間の水源分化: 同位体生態水文学的アプローチ. 水文学会誌 **19** : 458-464.
- (12) 山下寿之・林 一六(1987) 茨城県筑波におけるアカマツ林からシラカシ林への遷移過程の解析. 筑大 演報 **3** : 59-82.
- (13) 矢野 翠(2006) アカマツ林地における表層土壌水分の日周変化について. 63pp., 筑波大学自然科学類卒業論文.