

ヒノキ林における細根量の季節変動

今吉 直俊, 武田 博清, 岩坪 五郎

Seasonal Changes in Fine Root Biomass in a *Chamaecyparis obtusa* Endl. Forest.

Naotoshi IMAYOSHI, Hiroshi TAKEDA, Goro IWATSUBO

要 旨

滋賀県大津市の奥比叡に位置する40年生のヒノキ人工林において1989年4月から11月まで土壌コア法を用いて細根の調査を行った。水洗により選別した根の現存量の65–75%を1 mm以下の微細根が占め、残り25–35%を1–3 mmの細根が占めていた。微細根は形態、物理性をもとに、生きた微細根と枯死した微細根に区別した。本調査地においてヒノキの微細根、細根は、林内において比較的均一に分布しており、さらに垂直分布の検討から細根、微細根の現存量の95%以上が土壌の20 cmまでに分布することが示された。分布様式の検討から、今回用いた土壌コア法が細根、微細根の現存量推定法として適切であることが示された。微細根と細根の現存量は6月に最大の3.9 t/ha、11月に最低の2.7 t/haと変動し、現存量の平均は3.4 t/haであった。細根の現存量は、4月の0.83 t/haから6月の1.31 t/haと変化した。明瞭な季節変化を示さなかった。微細根の現存量は、2.0–3.0 t/haと変動し、その平均値は2.5 t/haであった。生きた微細根は4月に2.8 t/haと10月に1.9 t/haに現存量のピークを示した。一方、枯死した微細根は4月から夏に向けて増加した。従って、微細根、細根現存量の季節変化は、微細根の発生と枯死の季節変化により説明された。今回の調査において推定された細根、微細根の現存量の季節変化から、微細根、細根の年間の生産量を1.32 t/haと推定した。本調査地における40年生のヒノキ人工林の細根、微細根の現存量は、これまで北米を中心として針葉樹林について推定されている現存量、生産量に較べてほぼ半分程度と低い値を示した。こうした低い現存量、生産量は、この林分が立地条件のよい適潤性の褐色森林土の立地を反映していることが示唆された。

は じ め に

森林生態系の物質生産や養分循環の機構の解明にあたって、地下部における細根の生産や回転率の研究の重要性が指摘されてきている(1, 2, 3, 4)。森林生態系における細根の現存量は、地上部の幹、枝、葉などの現存量に較べて少ないが、年間の純生産量において高い割合を占めることが示されてきている(1, 5)。従って、森林生態系における物質循環を研究する上で、細根の現存量、生産量、回転速度の推定は、土壌系に供給される落葉落枝と同様に重要な測定項目である。しかし、地上部からの落葉落枝の測定に較べ、地下部での細根の測定には多大な労力が必要のために定量的な現存量、生産量の測定例は少ない。

ここでは滋賀県大津市の比叡山に位置する40年生のヒノキ人工林における細根の現存量の季節変化について調査の結果を報告する。本研究にあたり調査地を提供していただいた比叡山林務課の皆さんに謝意を表します。なお本研究は科学研究費（一般研究C：課題番号03660153，代表者武田博清）の助成を受けている。

調査地の概要

本研究は、滋賀県大津市の奥比叡に位置する比叡山の管理する北向きの斜面下部（傾斜10度）に位置する40年生のヒノキ人工林（北緯35度5分，東経135度50分）において行われた。調査地の平均気温，年間降水量は，10.5℃，1976mmである。土壌は適潤性の褐色森林土 B_D (d) 型に属している。分解条件が好適なために，土壌の堆積腐植の発達は悪く，A₀層の厚さは1cmと薄い。鉱物質のA層は5－10cmの厚さを示している。A層の下には黄褐色のB層が続いている。B層の15－25cmに礫層が見られ，礫層の上に花崗岩を母材とした風化した砂質のローム質の表層土が発達している。根系はおもに表層から20cmまでの表層土を中心に分布していた。

40年生のヒノキ人工林に20×10mの調査区を設定し，さらに2×5mの20個のサブプロットに分けた。調査区におけるヒノキ林分の植栽密度は1989年の調査時点において1064本/haでありこれまでに除伐，間伐が行われている。ヒノキは平均樹高，16.0m，平均胸高直径，21.2cm，林分の胸高断面積合計，38.3m²/haである。

調査法

40年生のヒノキ人工林の調査区から1989年4月から11月まで毎月，土壌サンプルを採取し，細根量の測定を行った。毎月，調査地から15のサブプロットを無作為に選び，各サブプロットから断面積25m²，長さ30cmの土壌ボーラを用いて，深さ25cmまでの土壌コアを採取した。土壌の採取に当たり，土壌採取地点から最も近くに位置するヒノキまでの距離を測定した。採取した土壌コアは表層から4cmの厚さの層に分けて，各層ごとにビニール袋に入れて実験室に持ち帰った。持ち帰った土壌コアは細根の選別まで冷蔵庫に保存した。

細根は，水洗い法により土壌から選別，採取した。直径20cmの2.0mmの土壌標準ふるいに土壌サンプルをいれ，その下に0.85mm，0.50mmのふるいを重ねてていねいに水洗し，細根を土壌から選別した。

選別した根は，直径により1mm以下の微細根と1－3mmの細根に区別した。土壌から選別された根の殆どは，これらの微細根，細根から成り立っていた。微細根については，これまでの細根の研究例にならない，その生死の識別を形態，物理性を基準として行った。微細の生根は，ピンセットでひっぱったときに切れにくく，形が崩れにくい。色は，こげ茶か明茶色で一次組織が健全である。枯死根は，物理的に組織が脆く壊れやすい。

微細根の成長様式を調べる目的で，1989年4，5，6月の根に関して微細根の長さを測定した。

結果と考察

1. 根の現存量における微細根，細根の割合

図1．に根の現存量に占める生微細根，枯死微細根，細根の割合を示す。微細根は調査期間を

通して現存量の65-75%を占めていた。一方、細根の割合は25-35%を占め、明瞭な季節変化を示さなかった。細根と微細根は形態的に異なっており、細根は地上部の枝と同様に木化しており肥大成長を示す。一方、微細根は、木化しておらず肥大成長を示さない。地下部根系における微細根は地上部の葉と同様に毎年の枯死により土壤への有機物供給源となっていることが示唆される。

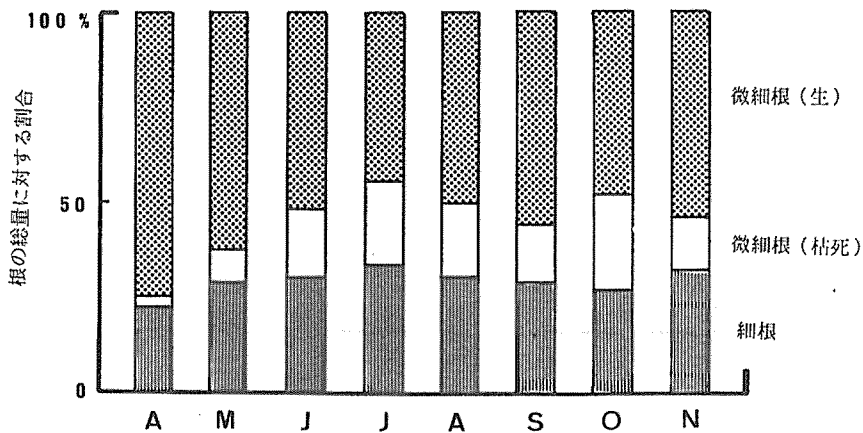


図1. 細根と生微細根, 枯死微細根の割合の季節変化

2. 根の分布様式

根系の林内での水平的な分布様式を微細根, 細根と樹幹からの距離の関係から検討した。図2. に微細根, 細根量と樹冠からの土壤採取点までの距離の関係を示す。樹幹からの距離と細根, 微細根の現存量には有意な相関関係が認められなかった ($r=0.09$, n.s.)。同様に, 細根と樹幹からの距離にも有意な相関は認められなかった ($r=0.09$, n.s.)。刈住は40年生のヒノキにおいて

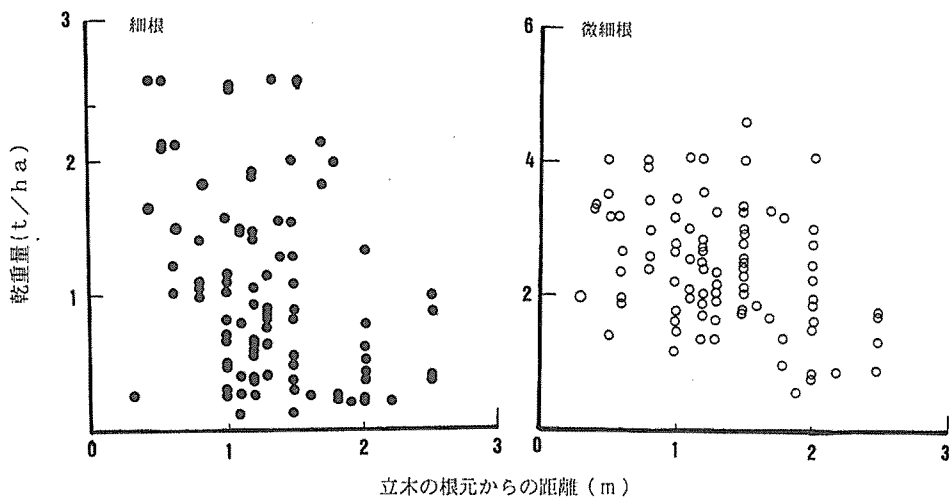


図2. 微細根, 細根量と木からの距離の関係

樹幹から半径1.5–2.0mに根系が集中していることを示している(6, 7)。本調査地においては、約3m間隔でヒノキが植栽されており、すでに個々の木の根系が十分に林内に拡張していることを示唆している。

根系の垂直的な分布様式を検討した。図3. に各調査における微細根(生, 枯死)の垂直分布を示す。微細根の現存量は、土壌の深度とともに減少を示した。微細根の現存量の65–75%が、第1層(0–4cm)に集中していた。微細根は養分吸収の役割を行っており、養分や水分条件の好適な土壌表層のA層(0–8cm)に集中する傾向が示された。

本調査地においてヒノキの微細根、細根は、林内において比較的均一に分布しており、さらに垂直分布の検討から細根、微細根現存量の95%以上が土壌の20cmまでに分布していることが示された。これらの結果から、今回の調査において採用した、土壌ボーラを用いたランダムサンプリング法による土壌の微細根、細根量の推定方法が適切であることが示された。今後、サンプルの数を増やすことにより細根、微細根の推定精度を検討することが必要である。

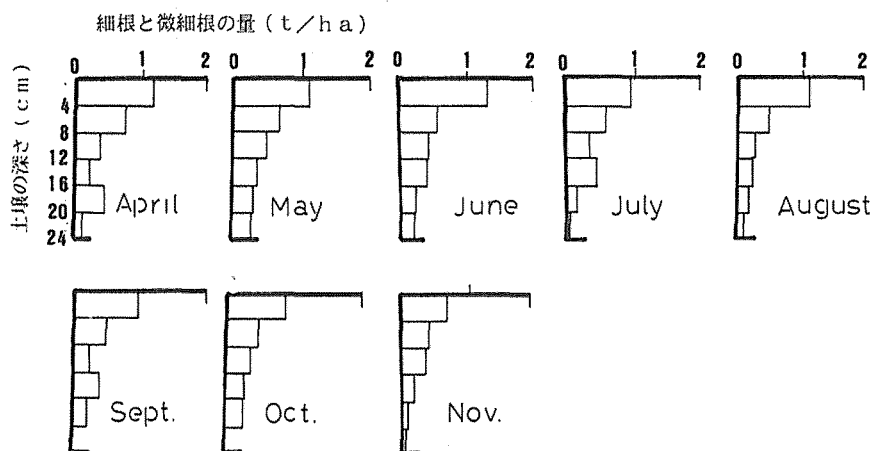


図3. 細根と微細量の垂直分布の季節変化

3. 細根、微細根の季節変化の様式

図4. に細根、微細根(生, 枯死根)の現存量の季節変化を示す。現存量は、4–6月にかけて3.7–3.9 t/haと安定していたが、その後11月まで減少の傾向を示した。調査期間の細根、微細根の現存量は、11月が最低で2.7 t/ha、6月が最大で3.9 t/haであり、現存量の平均は3.4 t/haであった。細根の現存量は4月の0.83 t/haから6月の1.31 t/haと変化した。明瞭な季節変化は認められなかった。従って、微細根、細根現存量の季節的な変化は、微細根の発生と枯死量により説明される。

図5. に生, 枯死微細根の現存量の季節変化を示す。現存量は2.0–3.0 t/haと変動し、その平均値は2.5 t/haであった。微細根の季節変動の様式を、微細根における生きた微細根、枯死微細根の現存量変化と、微細根の成長様式の観察から検討した。図5. に生きた微細根、枯死微細根の季節変化を示す。生きた微細根は4月に2.8 t/haと10月、1.9 t/haに現存量のピークを示し、7月に最低値、1.5 t/haを示す2山型の季節変化を示した。一方、枯死微細根の現存量は、4月から夏に向かって増加した。10月に高い枯死微細根の現存量が認められたが、サンプル間での変動が高かった。

細根、微細根の総量 (t/ha)

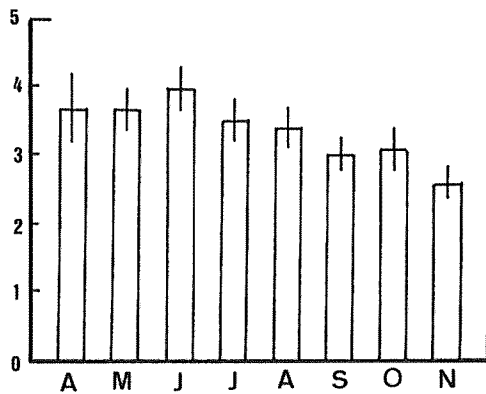


図4. 細根と微細根(生と枯死根)の現存量の季節変化 縦線は標準偏差を示す

表1. 微細根の発生数とその長さ

		微細根の発生数	平均長
第1層	4月	96個/100cc	1.04mm
	5月	102個/100cc	6.88mm
第2層	4月	21個/100cc	0.79mm
	5月	22個/100cc	5.26mm
第3層	4月	0	0
から第6層	5月	8個/100cc	4.50mm

(t/ha)

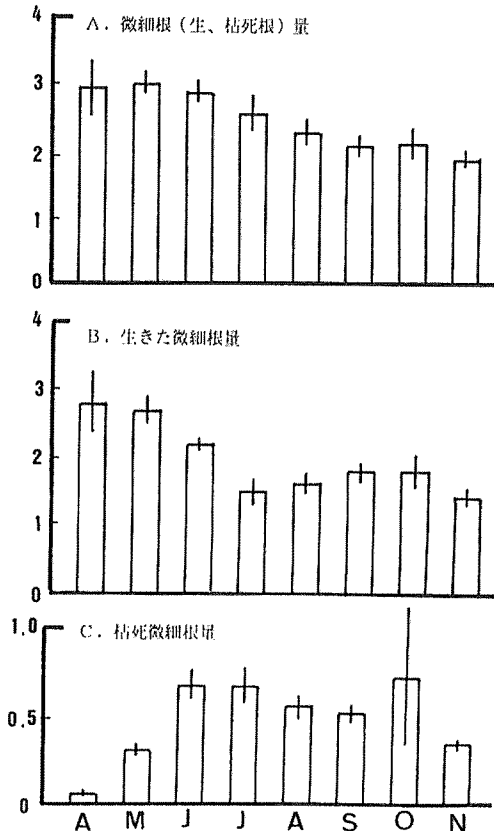


図5. 微細根の季節変化。A. 微細根(生、枯死根), B. 生きた微細根, C. 枯死微細根 縦線は標準偏差を示す。

微細根の季節的な伸長、発生の様式を調べる目的で、微細根の根端(ルートチップ)の数と微細根の長さを測定した。表1. に4月と5月の微細根についての根端の数と平均の長さを示す。4月の微細根において、発根したての微細根の根端は赤褐色もしくは黄色で竹の子状の形態を示し、容易に古い微細根と識別できた。4月の微細根においてすでに新しい微細根が発根しており、新しい微細根の平均の長さは0.79–1.04mmであった。4月から5月にかけて微細根の伸長が認められた。しかし、微細根は伸長にともなってスベリン化し、6月以降の微細根について新しく加入した微細根と古い微細根を識別することはできなかった。秋の9月から11月にかけて、微細根の発生が認められた。

生、枯死微細根の季節変化と微細根の発根数の観察から、ヒノキ微細根は春の発根、伸長期と秋の発根、伸長期をもつことが示唆される。春からの微細根の発生と伸長にともなって、古い微細根の枯死にともなう枯死根量の増加が認められた。しかし、秋の微細根の発生と伸長にともなう微細根の現存量の変化は、春の変化に較べて少なかった。

4. ヒノキ林における微細根、細根の現存量と生産量の推定

これまでに世界の各地での森林についての細根、微細根の現存量が測定されてきている。

Vogt らは細根、微細根の現存量が熱帯から高緯度帯の森林に向かって減少する傾向を示している。かれらは冷温帯の常緑針葉樹林での細根、微細根の29調査林分での現存量が平均7.311 t/ha、標準誤差、1.221 t/ha と報告している(1)。今回の40年生のヒノキ人工林での現存量は平均3.4 t/ha と推定され、これまでに報告されてきている北アメリカでの針葉樹林における細根、微細根の現存量に較べて半分程度と少ない傾向が認められた。

国内における細根、微細根の現存量の研究例は少ない。荻住はヒノキの2 mm以下の細根の現存量は幼齢林で1-1.5 t/ha であり、林齢とともに減少し1 t/ha に達することを報告している(6, 7)。酒井は四国の適潤性の褐色森林土に立地するヒノキ林について2.24 t/ha の細根、微細根の現存量を報告している(8)。本研究においてヒノキの細根、微細根の現存量は、2.66-3.98 t/ha と季節変化を示し、現存量の平均は3.40 t/ha と推定された。細根、微細根の現存量は、同一の樹種においても林齢、立地条件により異なることが報告されている。酒井は斜面地に立地するヒノキ林において、尾根部での直径2 mm以下の細根、微細根の現存量が7.34 t/ha にたいして、斜面の中部では3.69 t/ha、斜面の下部での2.24 t/ha と減少することを報告している。彼は、これらの結果をもとに、細根、微細根の現存量が乾性から適湿性の褐色森林土に向かって減少の傾向にあることを示唆した。

本調査での細根、微細根の季節変化から、大まかに現存量の最大値と最小値の差を、細根、微細根の生産量と仮定すると、年間の生産量は約1.32 t/ha と推定される。この値は、これまでに北米の針葉樹林での推定値、ダグラスファでの4.1-11 t/ha、マツの林分(Loblolly pine, Red pine, Scot pine)での3.5-8.5 t/ha に較べて著しく低かった(3, 9, 10, 11)。

本調査地は斜面の下部に位置し、適潤性のB_{D(d)}型の褐色森林土に属し、ヒノキ林の純生産のうちで微細根、細根に分配される同化産物の量が、乾性の褐色森林土に較べて少ない傾向を反映していることが示唆される。今後、ヒノキ林における物質生産の機構を明らかにする上で、これまで着目されてこなかった地下部の根系における細根、微細根の現存量、生産量、養分や有機物の回転速度を検討する必要がある。

引 用 文 献

- 1) Vogt, K. A., Grier, C.C. and D.J. Vogt: Production, Turnover, and Nutrient Dynamics of Above- and Below ground Detritus of World forests. *Advances in Ecological Research*, **15**, 303-366. 1986.
- 2) Vogt, K.A., Grier, C.C., Meier, C.E., and Keyes, M.R.: Organic matter and nutrient dynamics in forest floors of young and mature *Abies amabilis* stands in western Washington, as affected by fine root input. *Ecological Monogr.* **53**, 139-157. 1983.
- 3) R. Fogel: Roots as primary producers in below ground ecosystems. In "Ecological Interactions in soil", eds by A.H. Fitter, Blackwell Scientific Publication, 23-36. 1985
- 4) Vogt, K.A., Edmonds, R.L., Grier, C.C and Piper, S.R.: Seasonal changes in mycorrhizal and fibrous-textured root biomass in 23year and 180year old Pacific silver fir stands in western Washington. *Canadian Journal of Forest Research*. **10**, 523-529. 1980.
- 5) McClaugherty, C.A., Aber, J.D., and Mellillo, J.M.: The role of fine roots in the organic matter and nitrogen budgets of two forested ecosystems. *Ecology*. **63**, 1481-1490. 1982.
- 6) Karizumi, N.: The mechanism and function of tree root in the process of forest production. II. Root biomass and distribution in stands. *Bull. Gov. For. Exp. Sta.* **267**, 1-88. 1974.
- 7) Karizumi, N.: The mechanism and function of tree root in the process of forest production. III. Root density and absorptive structure. *Bull. Gov. For. Exp. Stat.* **285**, 43-149. 1976
- 8) 酒井正治, 井上輝一郎: ヒノキ林の斜面位置と細根量. 97回日林論. **96**, 221-223. 1986
- 9) Persson, H.: Root dynamics in a young Scot pine stand in central Sweden. *Oikos*. **30**, 508-519.

1978.

- 10) Persson, H.: Spatial distribution of fine root growth, mortality and decomposition in a young Scots pine stand in central Sweden. *Oikos* **34**. 77-87. 1980.
- 11) Vogt, K.A., Moore, E.E., Vogt, D.J., Redlin, M.J. and Edmonds, R.L.: Conifer fine roots and mycorrhizal root biomass within the forest floors of Douglas-fir stands of different ages and site productivities. *Canadian Journal of Forest Research*. **13**. 429-437. 1983.

Résumé

Seasonal changes in fine root biomass were studied from April to November in a 40year *Chamaecyparis obtusa* plantation at Mt Hiei, Shiga prefecture, Japan. Amounts of fine root were estimated using the core sampling methods. Fine root consisted of two sizes of roots; i.e less than 1mm and 1-3mm in diameter classes.

The majority of fine root occurred in the surface layer of 0-10cm soil corresponding to the upper mineral soil layer (A layer). The horizontal distribution of fine roots was independent of the position of trees within the study site. Thus the soil core sampling methods were appropriate for the estimation of fine root mass in this study plot. Biomass of fine roots (size of less than 1mm) ranged from 2.0-3.0t/ha. Biomass of fine roots (size of 1-3mm) ranged from 0.83-1.31t/ha. Total root biomass ranged from 2.7-3.9t/ha. Production of fine roots was estimated by the seasonal changes in biomass, and was 1.32t/ha.

The biomass and production of fine root estimated in this study were lower comparing with the other studies in the North American Coniferous forests.