

2つのタイプの天然生落葉広葉樹林の 細根量とその垂直分布について

堤 利夫・酒井 正 治[※]

On biomass and vertical distribution of fine root in two different
types of natural deciduous broadleaved forest

Toshio TSUTSUMI and Masaharu SAKAI*

要 旨

京都大学芦生演習林の天然生落葉広葉樹林で、斜面上部の B_B 型土壤と斜面下部の B_D 型土壤の2つのプロットの細根の量と垂直分布をしらべた。 B_B のプロットでは B_D のそれに比し、乾性種が多く小径で立木本数が多い林分である。両プロットで立木間に設けた 1 m^2 の方形枠について、表層から 10 cm ごとに掘りとりて測定した結果、 B_D のプロットの根量は 10.25 t/ha 、 B_B プロットで 15.65 t/ha で B_B プロットの方が根量が多かった。これらの根を径 2 mm 以下、 $2\sim 5\text{ mm}$ 、 $5\sim 20\text{ mm}$ に区分すると、 B_D プロットで径 $5\sim 20\text{ mm}$ が比較的によく、 B_B では逆に径 2 mm 以下が多い傾向があった。根は地表に多く集中し、下層に向って減少するが、 B_B プロットの方が変化が急であって、 70 cm 以深にはみられなかった。 B_D プロットでは径 $5\sim 20\text{ mm}$ の根が深さにとまってほとんど変化せず、このことが全量の減少速度を小さくしていた。径 5 mm 以下の細根の地表からの減少速度は2つのプロットで明らかな差はなかった。細根は両プロットとも地表に集中し、 20 cm 深までに全細根量の $65\sim 77\%$ を含む。その量は B_B プロットでとくに多く、F・H層、A層が物質循環の主な場であることを示唆した。

1. は じ め に

閉鎖した林分の根量について数多くの測定が行なわれ、根量は主に地上部重に関係があること、T/R は種、林齢、立木密度、土壤などの条件によって変化することなどが知られている。しかし、根量の大きな部分は、とくに成林の場合、根株や太根で占められ、中細根は量的にみて一般に極めて少ない¹⁾。中細根は機能面で極めて重要であるが、それら、とくに細根の量や分布については意外に資料が少ない。

中細根は主に表層土にあって水や養分の吸収、根の枯死、発生の繰返しなど物質代謝が活発で、土壤の生成や物質の循環に大きな意味をもっているといえる。従って、細根の量、分布、回転速度などに関する研究は森林の一次生産や物質循環などに無視しえない課題といえよう。

本報告は B_B 型と B_D 型の2つの土壤に成立した林分において、中細根の量とその垂直分布に

[※] 現：林業試験場（農林水産省）

* : at present, The forestry and forest products research institute.

についての予備的な測定の結果をとりまとめたものである。

本調査に際して、京都大学芦生演習林の各位には種々御協力をえた。また、測定に協力された小林藤雄（当時、京都府林業試験場）；西村博之（当時、林学科学学生）の両氏に謝意を表する。

2. 調査地および調査方法

調査地は京都大学芦生演習林（京都府北桑田郡美山町，N35°18′，E135°43′，年平均気温 13.0 °C，年降水量 2495mm）の野田畑谷で，標高はおよそ 650～750m である。

天然生の温帯落葉広葉樹林でおおわれた一つの斜面の上，下に調査林分をおいた。この斜面の上部では B_B 型土壌が発達し，斜面下部で B_D 型土壌がみられた。前者を B プロット，後者を D プロットとしておく。

i. 調査林分の概況

B，D プロットの毎木調査結果を表一 1 に示した。なお，毎木調査は直径で 4.5cm 以上の立木を対象とした。

B プロットは主にミズナラ (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*)，マルバマンサク (*Hamamelis japonica* var. *obtusata*)，クリ (*Castanea crenata*)，ヤマウルシ (*Rhus trichocarpa*)，アカシデ (*Carpinus laxiflora*)，タムシバ (*Magnolia salicifolia*) などから成り，小径で立木密度が著しく高い。プロット内の最大木はミズナラで，直径 15cm，樹高 10.6m であった。

D プロットは大径木からなり，立木密度は高くはない。主な種はトチノキ (*Aesculus turbinata*)，ブナ (*Fagus crenata*)，イタヤカエデ (*Acer mono*)，ミズナラなどである。立木本数 825 本/ha を数えるが，このうち直径 20cm をこえるものは 275 本/ha で，それらの平均直径は 42cm である。また，プロット内の最大径はトチノキの 134cm であった。その他の立木の大部分は直径 10cm をこえないから，大径木が疎立する林分とみてよい。なお，胸高断面積合計の値（表一 1）は過大値を与えていると思われる。

B プロットの土壌は B_B 型で A₀ 層が発達し，その L 層は乾物重で 438g/m²，F・H 層は 1670 g/m²，A 層は 10cm でやや判然と B 層に移行し，50cm 以深は角礫が多く C₁ 層とみられる。

D プロットの土壌は B_D 型で，A₀ 層は L 層のみがみられ，その量は 544g/m²，A 層は 20cm で，やや漸変して B 層に移行し，50cm 以下次第に角礫が多くなる。

なお，B，D 両プロットとも北向き，30° の斜面である。また，この林分の地上部現存量や土壌の養分量については片桐・堤^{2,3)} に詳しい。

ii. 根量の測定法

立木と立木との中間で，小低木以外立木のない地表をえらび，1 m² の方形枠を各 1 コ設定した。その A₀ 層量を測定し，B プロットではその中の根を分離測定した。ついで鉋質土層を地表より 10cm ずつ掘りとりて各層ごとに根を分離定量した。根は中央の直径で 2 mm 以下，2～5 mm，5～20mm，20～50mm に区分して測定した。ただし，径 20～50mm のものは D プロットにのみあって，しかも極めて少量にすぎなかった。従って，これを無視すると，ここでは根のすべては径 20mm 以下のものが対象となっていることになる。これらのうち，ここでは漸定的に，径 5～20mm を中根，5 mm 以下を細根としておく。

細根量の測定には，しばしば，小型のコアーサンプラーを用いて数多くの試料をとる方法が用

Table 1. Characteristics of Stands Studied.

plot	B	D
mean hight m.	6.5	10.8
mean diameter cm.	7.7	16.7
density no. ha ⁻¹	5,700	825
basal area m ² . ha ⁻¹	30.7	64.4

いられる。地表面地形や立木配置の不均一性を考慮すると、小面積の試料を数多くとることが望ましいが、この方法では土壌の深い部分の試料をとることが困難である。また本調査地の土壌のように角礫が多いと、正確な試料の採取がほとんど不可能である。

今回は根の垂直分布を調査の一つの目的としたので、ブロック法にならい上記の方法をとった。方形区が 1 m^2 で大きく、各プロット1コずつしかとられていないから、精度の点で不十分といわざるをえない。この意味で本調査は予備的なものであり、今後方法など検討を加えていきたい。なお、本調査は1977年8月に行なわれた。

3. 結果および検討

根量の測定結果を表一2に示した。

Table 2. Root biomass for each size class in diameter at different depth.
(oven dry weight, $\text{g m}^{-2} 10\text{cm}^{-1}$.)

D plot		size class mm,				
	depth, cm	0-2	2-5	5-20	20-50	Total
	0-10	189.8 (55)	42.2 (21)	107.5 (25)	—	339.5 (33)
	10-20	61.0 (18)	63.6 (31)	62.8 (14)	—	187.4 (19)
	20-30	28.1 (8)	38.3 (19)	28.4 (7)	—	94.8 (9)
	30-40	20.8 (6)	16.1 (13)	57.8 (13)	—	94.7 (9)
	40-50	14.2 (4)	14.2 (7)	75.3 (17)	—	103.8 (10)
	50-60	8.3 (2)	9.2 (5)	29.7 (7)	—	47.2 (5)
	60-70	3.7 (1)	2.1 (1)	16.1 (4)	—	21.9 (2)
	70-80	11.5 (3)	10.8 (5)	37.0 (8)	35.6	94.9 (9)
	80-90	10.2 (3)	6.8 (3)	23.6 (5)	—	40.6 (4)
	total	347.6 (100)	203.4 (100)	438.2 (100)	35.6	1024.8 (100)
B plot	F·H	123.6 (19)	8.7 (2)	—	—	132.3 (9)
	0-10	254.7 (39)	173.1 (45)	177.6 (34)	—	605.4 (39)
	10-20	127.6 (19)	115.8 (30)	166.4 (32)	—	409.8 (26)
	20-30	82.9 (13)	56.1 (15)	139.4 (27)	—	278.4 (18)
	30-40	38.9 (6)	23.6 (6)	31.9 (6)	—	94.4 (6)
	40-50	18.3 (3)	3.8 (1)	—	—	22.1 (1)
	50-60	7.9 (1)	1.7 (1)	2.0 (0.4)	—	11.6 (1)
	60-70	7.9 (1)	2.3 (1)	1.0 (0.2)	—	11.2 (1)
	total	661.8 (100)	385.1 (100)	518.3 (100)	—	1565.2 (100)

() ; % for each size class

i. 中細根量について

測定された根量は合計で、Bプロット $15.65\text{t/ha} \cdot 70\text{cm}$ 、Dプロット $10.25\text{t/ha} \cdot 90\text{cm}$ で、Bプロットの方が約1.5倍大きかった。なお、これを径5mm以下の細根だけについてみると、Bプロットで 10.47t/ha 、Dプロットで 5.51t/ha となっている。

菊住⁴⁾は水俣の照葉樹林で径5mm以下の細根量は $1.9 \sim 6.5\text{t/ha}$ で、根株を除いた根量のう

ち、12～16%にあたっていたという。細根といっても、その規定は確定しておらず、報告によって径級や測定した土壌の深さが違うので、正確で詳しい比較は困難である。しかし、細根の大部分は表層に集中するからおおまかに比較が可能であるとすれば、本結果は刈住の値よりかなり大きいように思われる。

Safford⁵⁾ は北米の老齢の落葉広葉樹林で 3 mm 以下の細根量は 12.5t/ha、施肥林では 27.1t/ha であったとしており、本結果より大きい値を示した。Harris⁶⁾ によれば、5 mm 以下の細根量は *Liliodendron tulipifera* の林分で 7.63t/ha、*Pinus taeda* (15年生) で 4.31t/ha である。熱帯林では Edwards⁷⁾ がニューギニアの Tropical montane forest で 5 mm 以下の根が 2.8t/ha・20cm、5～30mm の根が 6.7t/ha・20cm であったとしており、Singh⁸⁾ はインドの熱帯乾燥落葉樹林で、6 mm 以下の細根は 4.0～5.5t/ha・50cm、0～7.6cm の根が 6.4～7.6t/ha・50cm という値を報告している。

およそ径 5 mm 程度までの細根は条件によってそれぞれ違うとしても、多くの森林の結果をまとめてみると、林齢で約10年をこえた林分ではおよそ 5～10t/ha の範囲内にあるものが多い⁹⁾。本調査の結果はおよそこの範囲内にあって、このうち B プロットは大きい方に、D プロットは小さい方であったといってよいだろう。

B プロットは地上部現存量が D プロットより小さい^{2,3)} にもかかわらず、細根量 (5 mm 以下) が多かった。閉鎖林分では地上部重に関係して根量は変化するが、それは専ら根株や太根の重量増加によるもので、細根量については Santantonio⁹⁾ がまとめたように、その量的変化は林齢と関係しないとするれば、B、D 両プロットの差は土壌条件の違いによるものではないかと推定できる。刈住¹⁾ も乾燥地で細根が多くなる傾向を認めている。なお、B、D 両プロットは林分構造、種組成などの違いが大きく、そのことが細根量の違いに無関係とはいえない。これらの要因と細根量との関係については今後の大切な研究課題である。

ii. 径級分布について

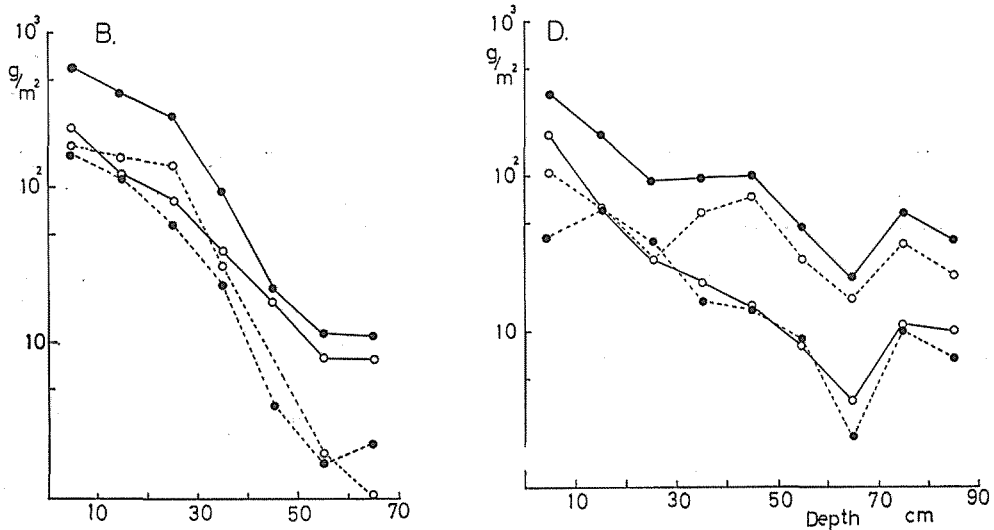
前述したように、径 20mm 以上のものは D プロットで僅かにみられたが B プロットでは全くみられなかった。D プロットでこの径級の全体に占める割合は 3 % であるから、量的には無視して差支えないだろう。

径 20mm 以下の部分を 3 つに区分してみると、表一 2 にみられるように、D プロットは B プロットより 5～20mm の占める割合が大きく、5 mm 以下の部分が少ない傾向がある。すなわち、B、D プロット順に、2 mm 以下では 42%、34%、2～5 mm では 25%、20%、5～20mm では 33%、43% となっている。これを細根量の多い表層土だけに限ってみよう。地表 20cm 深までの土層についてみると、その径級分布は B、D プロットの順に以下ようになる。ただし、B プロットでは F・H 層の根を含んでいる。径 2 mm 以下で 44%、48%、2～5 mm で 26%、20%、5～20mm で 30%、32% で、両者の差はほとんどみられない。表層土では両プロットともひとしく、全根量の 40～50% が径 2 mm 以下の細根で占められている点は注目に値する。

なお、B プロットで径 2 mm 以下のものは全体に対して 42% を占めていたから、表層から下層まで径 2 mm 以下のものの占める割合、径級配分は大きくは変らなかったといってよい。一方、D プロットでは径 2 mm 以下の全体に対して占める割合は 34% であるから、地表 20cm 以深ではこの径級の占める割合が減って、2 mm 以上の部分、とくに 5～20mm のものが増えてくる傾向があるといえる。

iii. 垂直分布について

中細根は地表面に多く、深さとともに減少する。図一 1 は表一 2 を用いて、径級別にその垂直分布を示したものである。



図—1 根の径級別垂直分布
Fig. 1 Vertical distribution of root for each diameter class (—●—; total, —○—; 0~2mm, ...●...; 2~5mm, ...○...; 5~20mm)

径2mm以下の細根はほぼ指数関数的に減少しており、その減少速度においてB、D両プロット間に明らかな差があるとはいえない。ただし、この傾向は約60cm深までであって、Bプロットでは70cm以深で根はなくなる。Dプロットでは変動がはげしく、減少傾向は明らかでなく、おおまかには約100kg/ha・10cmを維持しているように見える。

径2~5mmのものの垂直分布は前者にはほぼ同じであった。

径5~20mmのものについてみると、Dプロットでは明らかな減少傾向を示さず、変動が大きい。一方、Bプロットでは地表から30cm深までは減少速度が小さいが、30cm以深では急速に減少しており、その減少速度は径2mm以下のものより大であった。

全量(0~20mm)についてみると、Dプロットで勾配がゆるやかで減少速度はBプロットより小さい。その主な原因は径5~20mmの部分の分布にあって、細根とくに径2mm以下のものの分布には両プロット間に差がなかったことは上述の通りである。

細根は地表に多く集中的に発達するが、地表から20cm深までに含まれる径5mm以下の細根の割合はDプロットで65%、Bプロットでは77%(F・H層を含む)に達する。そして、この土層での細根の量はDプロットで3566kg/ha、Bプロットで8054kg/haであって、Bプロットの方が約2倍の密度をもっている。

このように、B_D型土壌(Dプロット)では細根は地表に多く集中し、下層に向って指数関数的に減少するが、中根は下層まで明らかな変化を示さない。多分、同様の傾向として、細根の分布は約50cm以深およそ100kg/ha・10cmの値を維持しているのであろう。これに対し、B_B型土壌(Bプロット)では細根密度が高くてB_D型の約2倍に達し、表層への集中がより一層明らかで、下層に向って減衰し70cm以深にはみられなくなってしまう。すなわち、中細根はいずれも地表に集中するが、B_D型土壌では量的に僅かであっても深くにまで分布するのにに対し、B_B型土壌では細根の密度が高く、それは専ら地表に集中しており下層で急速に減少してしまう傾向にあったといえよう。

また、BプロットではF・H層に細根がよく発達して根網をつくっていた。その大部分が径2

mm 以下のものである。F・H層の乾物量は $1670\text{g}/\text{m}^2$ であったから、この層の細根密度は F・H層の 100g あたり 7.9g であった。

この層につづき細根密度の高いA層が発達している。このようなBプロットにおける細根の高い密度と著しい地表集中性は、この土壌においてF・H層、A層を中心とした地表の浅い層に物質代謝の大きな部分が集約されているらしいことを示唆するものといえよう。

引用文献

- 1) Karizumi, N.; Root biomass. Primary Productivity of Japanese Forests. JIBP Synthesis, **16**. 45-52, (1977)
- 2) 片桐成夫・堤利夫: 森林の物質循環と地位との関係について (Ⅲ) 地上部現存量および養分現存量, 日・林・誌, **57**, 412-419, (1975)
- 3) ————: 同上 (V) 斜面上部と下部の林分における物質循環の相違 日・林・誌, **60**, 195-202 (1978)
- 4) Karizumi, N.; Underground biomass. Biological Production in a Warm-Temperate Evergreen Oak Forest of Japan. JIBP Synthesis. **18**. 82-88, (1978)
- 5) Safford, L. O.; Effect of fertilization on biomass and nutrient content of fine roots in a beech-birch-maple stand. Plant and Soil. **40**. 349-363, (1974)
- 6) Harris W. F., Kinerson, R. S. Jr., and Edwards, N. T.; Comparison of belowground biomass of natural deciduous forest and loblolly pine plantations. Pedobiol. **17** 369-381, (1977)
- 7) Edwards, P. J. and Grubb, P. J.; Studies on mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. (iv). J. Ecol. **70**. 649-666, (1982)
- 8) Singh, K. P. and Singh, R. P.; Seasonal variation in biomass and energy of small roots in tropical dry deciduous forest, Varanasi, India. OIKOS. **37**. 88-92, (1981)
- 9) Santantonio, D., Hermann, R. K. and Overton, W. S.; Root biomass studies in forest ecosystems. Pedobiol. **17**. 1-31, (1977)

Résumé

1. The studies on the biomass and the vertical distribution of fine root was carried out in natural deciduous broadleaved forest at Ashiu, Kyoto University Forest, Kyoto prefecture ($\text{N}35^{\circ}18'$, $\text{E}135^{\circ}43'$).

2. Two stands developed on different soils along a slope were selected for study plots. B plot is located on the ridge of the slope. There was a rather thick development of F・H-layer on the floor and the soil can be classified into B_b type. D plot is located on the foot of the slope. A_0 -layer was thin and A-layer was rather deep, and the soil can be classified into B_d type. Stand structure and floristic composition differed between two plots, i.e., tree size was small and density was high for B plot, while, tree size was big, density was low and above ground biomass for D plot was about 3 times larger than B plot.

3. One of 1m^2 quadrat was set up between tree individual for each plot, and dig up soil with root for each 10cm interval.

4. The root biomass for B plot was $15.65\text{t}/\text{ha} \cdot 70\text{cm}$, including the root in F・H-layer, while that for D plot was $10.25\text{t}/\text{ha} \cdot 90\text{cm}$. This result suggest that the stand developed on B_b soil likely to develop much more fine root than that on B_d soil, particularly in the surface of soil, though the above ground biomass was much smaller than that on B_d soil. This might be caused by the difference of soil or site condition between B_b and B_d . However, there was a remarkable differences in stand structure and floristic composition

between two plots. Therefore, it is needed to examine the effect of factors other than edaphic one on the fine root development.

5. There was a difference between two plots in the frequency distribution of root size class. The proportion of finest root (less than 2mm in diameter) was higher for B plot than D plot. This means that D plot showed higher proportion for 5-20mm size class. However, as far as the size distribution in top soil (0-20cm in depth), there was no definite difference between two plots. The size class less than 2mm covered 40-50% of total for both plot.

6. The fine root concentrated into top soil, both in B and D plot. As for fine root less than 5mm in diameter, the proportion of root contained in top soil (0-20cm in depth) to total was 65% for D plot and 77% for B plot, respectively. The root biomass decreased with depth rather sharply in B plot than in D plot, and there was no root in the layer deeper than 70cm in depth for B plot. While, the rate of decrease rather gentle and some of root was still found in the layer deeper than 60cm, for D plot.

Though, the fine root concentrated into top soil for both soil, the degree of concentration was high for B plot. Moreover, the density of the fine root in top soil was about 2 times as high for B plot than for D plot. It is predictable that the top soil layer, including F · H and A layer, though it is thin, would be the major field for transferring materials between soil and trees, particularly for B plot.