

スギ幼齡木の根系への乾物分配：相対成長関係を用いた解析

城田，徹央
九州大学農学部林学科

玉泉，幸一郎
九州大学農学部林学科

矢幡，久
九州大学農学部林学科

<https://doi.org/10.15017/10877>

出版情報：九州大学農学部演習林報告. 68, pp.49-60, 1993-03-29. 九州大学農学部附属演習林
バージョン：
権利関係：

スギ幼齢木の根系への乾物分配*

相対成長関係を用いた解析

城 田 徹 央**・玉 泉 幸一郎**・矢 幡 久**

抄 録

スギ幼齢木の地下部への乾物分配を明らかにするために、木部断面積-現存量関係を相対成長関係を用いて解析した。地際木部断面積と地上部及び地下部の現存量との関係はそれぞれ異なる相対成長式で表された。これらの式の相対成長定数は異なったが相対成長係数はともに1に近い値を示し、地上部と地下部の成長率が等しいことが示された。

個体内の1次枝や1次分枝根についても木部断面積-現存量関係に相対成長係数が1である相対成長関係が成立した。しかし1次分枝根をさらに細分した分枝根ではその関係は大きくばらついた。この理由として木部断面積に依存しない細根の発生や枯死による動態が影響していることが考えられた。

個体間および1次枝および1次分枝根の木部断面積-現存量関係を比較すると、地上部、地下部ともそれぞれ同一式とみなされ、パイプモデルが成立していた。このことから地下部の現存量はパイプモデルを用いて推定することが可能であったが、地下部への正確な乾物分配量を把握するためにはパイプモデルでは表現できない細根の動態をモデル化する必要性が指摘された。

キーワード：乾物分配，相対成長関係，根系，細根の動態，パイプモデル理論

1. はじめに

光合成により生産された同化物の一部は樹木の生存に必要なエネルギーを得るために維持呼吸の基質として用いられ、残りは樹木を構成する葉、幹、根などの各器官の現存量の増加及びその構成呼吸に用いられる。樹木の成長モデルを考えるとき、どの器官へどのくらい分配されるかという乾物分配の問題は重要である。

分配比は、収穫データから求めた各器官の現存量比によって「分配の結果」として経験的に知ることが可能である (Landsberg, 1986)。このような収穫データを解析する手法として Huxley (1932) の唱えた相対成長関係は有用である。相対成長関係は各器官の成長率が比例するとき成立することから、樹木の一部の現存量から全体、あるいは他の一部の現存量を推定する手法として用いられてきた (依田, 1971) が、相対成長関係を用いることにより現存量の推定だけでなく異なる器官の成長率の比較や分配比率について議論することもできる (Santantonio, 1990)。

これまで樹木の成長に関する研究の多くは地上部のみを扱った物が多く、地下部を含めた形で樹木の成長や生産力を評価した例は少ない。しかし樹木の地下部の現存量比は 20~

* Tetsuo SHIROTA, Koichiro GYOKUSEN and Hisashi YAHATA : Dry Matter Allocation to Root System in Young Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) Tree : Growth Analysis with Allometry.

** Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812

50%と大きく (Karizumi, 1974a; 苅住, 1979), また現存量は環境により大きく変動する (Karizumi, 1976; 苅住, 1979; Santantonio, 1990) ことから, 地下部への乾物分配の様相を知ることは, 樹木の成長機構を解明する上で不可欠であると考えられる. そこで本報では5年生のスギの地上部, 地下部の現存量を測定し, 木部断面積と現存量との関係を相対成長関係を用いて解析することにより地下部への乾物分配がどのように決定されているかについて検討した.

2. 材料と方法

2.1. 調査方法

九州大学構内苗畑に20年生のスギ林分(樹高15m)と隣接して植栽された5年生スギ4本(1号木~4号木)を試料木とした. 試料木は挿し木スギであり, 品種はオビアカである. 試料の採取は1992年6月に行った. 地上部を採取した後, 地下部を水洗法により露出させた. 水洗法とは根系の周囲の土壌を水圧を用いて洗い流し, 根系を丸ごと取り出す方法である. この方法は細部までほとんど損傷なく根系を取り出せる利点を持つ (苅住, 1979).

採取した試料木の分割方法を図1に示す. 地上部については1次枝の着生位置を測定後, 基部より切断し, 基部の木部直径, 年輪幅を2方向で測定した. さらに形成層に沿って剝離することにより同化部及び師部と木部に分割した. ここでは師部は微量であることから同化部に含め, 木部のみを非同化部と呼ぶことにした. また幹については地際から20cmごとに切断し年輪幅を2方向で測定した.

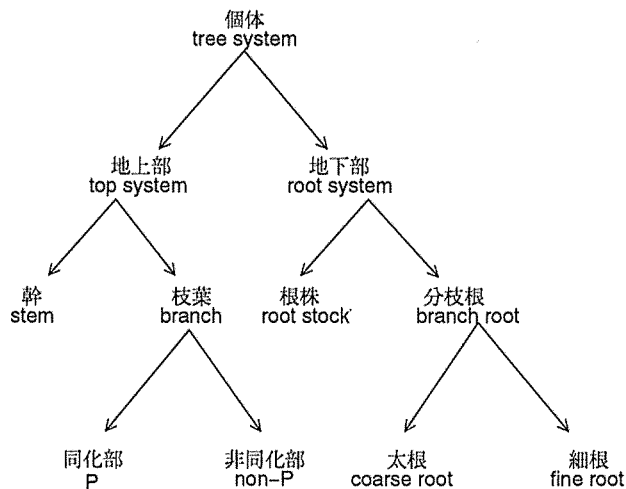


Fig. 1 Dividing method of each compartment in a material tree.

図1 試料木の分割方法

水洗法により露出させた地下部については、1次分枝根の伸長方向、伸長距離、先端深さを測定した後、採取した。採取した地下部は土壌を良く洗い流して、根株と1次分枝根に分割し、さらに1次分枝根は2～4次分枝根に分割した。全ての分割面の木部直径、年輪幅を2方向で測定した。全ての分枝根は明らかに根が枯死して形成されたと思われる枯死痕(図6B)の有無を判別した後、直径2mm以上の太根、2mm以下の細根に分けた。このように分割した試料を85°Cで48時間乾燥し重量を求めた。

2.2. 解析方法

地上部及び地下部、1次枝、1次分枝根について木部断面積とその先にある器官の現存量の関係(以下、木部断面積—現存量関係)を相対成長式を用いて解析した。

相対成長関係は樹木の成長系の一部(X)と他の一部(Y)あるいは全部とその一部の間に次の関係がある時に成立する。

$$Y = aX^h \quad (1)$$

この関係は二つの器官の成長率が比例関係にあることを意味しており、その比例定数は h で表現される。

$$\frac{1}{Y} \frac{dY}{dt} = h \frac{1}{X} \frac{dX}{dt} \quad (2)$$

(2)式を積分すると(1)式が得られ、 a はこのときの積分定数である。一般に a を相対成長定数、 h を相対成長係数と呼ぶ。相対成長関係を扱った多くの研究では h の値はほぼ1であり、二つの器官の成長率が等しいことが報告されている(依田, 1971)。

個体間の解析においては地上部、地下部の地際木部断面積—現存量関係を、また個体内の解析においては1次枝、1次分枝根の基部木部断面積—現存量関係を(1)式の相対成長式に当てはめた。

さらに幹と1次分枝根の肥大成長の相対成長関係を調べるために、年輪解析によって過去4年間の幹の地際木部断面積と分枝根の基部木部断面積合計を算出し、(1)式の相対成長関係に当てはめた。

3. 結 果

3.1. 試料木の概要と根の分布

表1に試料木の概要を示す。樹高は1.27mから1.85mであった。枝下高は3号木以外は0.46m以上と全体的に高く、わずかに枯れ上がりが生じていた。

1次分枝根長は大きいもので2mにも及び、その分布は隣接するスギ林分と反対方向に偏り、根系間のすみわけが認められた。このように根系間でも競争が行われ、すみわけが生じることは以前から知られており根系の干渉効果(苅住, 1979)と呼ばれている。しかし、単植したクモトオシで根が互いに絡み合っている事例(荒上ら, 1989)も報告されており、このような干渉効果は樹種や品種、立地条件に左右されると考えられている(苅住, 1979)。

表2に試料木各部の現存量と現存量比を示す。地上部の現存量比は平均76%、地下部の現存量比は24%で、平均T/R比は3.27であった。Karizumi(1974a)が多くのスギ林分

で調査した T/R 比は 3~5 であり、今回の結果はこれに一致した。地上部 76% の内訳は枝の同化部が 41%、非同化部が 7%、幹が 28% であった。また地下部 24% の内訳は根株が 12%、太根が 8%、細根が 4% と根株がその半分を占め、養水分の主な吸収部位と考えられている細根 (Karizumi, 1976; 1985) は全体の 5% に満たず、地下部全体に対する割合でも 17% と小さかった。このように同化部の大きな現存量に比べ、地下部の生理機能の主要部分である細根の現存量が小さいことは多くの研究により報告されている (Karizumi, 1974b; Santantonio, 1990)。

表 1 試料木の概要
Table 1 Outline of material tree.

| Tree No. | tree height cm | branch height cm | basal area at ground height mm ² | crown diameter | | | primary branch root length | | |
|----------|-------------------|---------------------|--|----------------|---------|------|----------------------------|---------|------|
| | | | | Max. | Min. cm | Ave. | Max. | Min. cm | Ave. |
| 1 | 185 | 46 | 837 | 124 | 89 | 107 | 232 | 56 | 105 |
| 2 | 145 | 82 | 339 | 65 | 32 | 41 | 85 | 32 | 45 |
| 3 | 127 | 20 | 286 | 93 | 36 | 46 | 98 | 33 | 60 |
| 4 | 155 | 68 | 421 | 103 | 50 | 87 | 120 | 56 | 87 |
| average | 153 | 54 | 471 | 96 | 52 | 70 | 134 | 44 | 74 |

表 2 試料木各部の現存量及び現存量比
Table 2 biomass and biomass ratio of each organ.

| TREE No. | tree | top system | Stem | branch | P* | non-P** | root system | root stock | branch root | coarse root | fine root |
|----------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|
| 1 | 1066.5 (100.0) **** | 823.1 (77.2) | 327.2 (30.7) | 495.9 (46.5) | 417.2 (39.1) | 78.7 (7.4) | 243.4 (22.8) | 107.7 (10.1) | 135.7 (12.7) | 85.8 (8.0) | 49.9 (4.7) |
| 2 | 388.3 (100.0) | 295.2 (76.0) | 106.1 (27.3) | 189.1 (48.7) | 169.4 (43.6) | 19.6 (5.1) | 93.1 (24.0) | 38.4 (9.9) | 54.7 (14.1) | 40.1 (10.3) | 14.6 (3.8) |
| 3 | 341.0 (100.0) | 270.0 (79.2) | 100.2 (29.4) | 169.8 (49.8) | 139.2 (40.8) | 30.5 (9.0) | 71.0 (20.8) | 42.3 (12.4) | 28.7 (8.4) | 16.0 (4.7) | 12.7 (3.7) |
| 4 | 633.1 (100.0) | 463.6 (73.2) | 171.7 (27.1) | 291.9 (46.1) | 252.3 (39.9) | 39.6 (6.2) | 169.5 (26.8) | 104.1 (16.4) | 65.4 (10.3) | 41.0 (6.5) | 24.4 (3.8) |
| average | 389.8 (100.0) | 297.8 (76.4) | 113.2 (29.0) | 184.5 (47.3) | 157.4 (40.4) | 27.1 (7.0) | 92.1 (23.6) | 46.4 (11.9) | 45.7 (11.7) | 29.4 (7.5) | 16.2 (4.2) |

* photosynthetic organ

** non-photosynthetic organ

*** weight (g)

**** percentage

3.2. 個体間の相対成長関係

4 個体の地際木部断面積 (BAG: Xylem basal area at ground height) と各器官の現存量 (W) との関係を図 2 に示す。相対成長式は良く適合し (1%水準で有意)、それぞれ次式で表された。

$$W_{\text{total}} = 0.819 \text{ BAG}^{1.07} \quad r=0.975 \quad (3)$$

$$W_{\text{top}} = 0.659 \text{ BAG}^{1.06} \quad r=0.983 \quad (4)$$

$$W_{\text{root}} = 0.157 \text{ BAG}^{1.10} \quad r=0.932 \quad (5)$$

相対成長係数 (h) 値はいずれにおいても 1 に近い値を示し、地上部と地下部が等しい成長率で成長していることが示された。

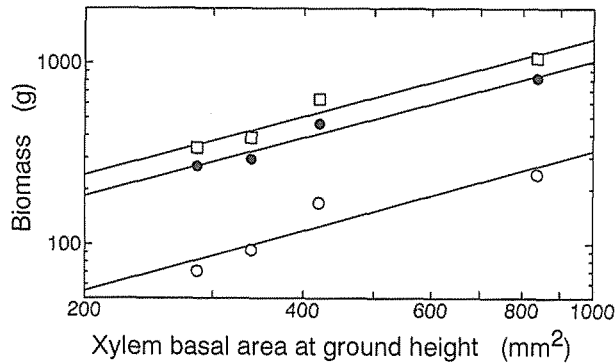


Fig. 2 Allometric relation between xylem basal area at ground height and biomass of each organ among 4 young sugi trees. Symbols showed each organ (\square ; tree system, \bullet ; top system, \circ ; root system). Regression lines were equation (3), (4), (5) in the text, respectively.

図2 個体間の地際木部断面積と各器官の現存量との相対成長関係

3.3. 個体内の相対成長関係

各試料木の1次枝, 1次分枝根について基部木部断面積 (BA)—現存量 (W) 関係を図3に示す。この関係を(1)式に当てはめたとところ良く適合し (0.1%水準で有意), 次式で表された。また個体間差は認められなかった。

$$W_{\text{branch}} = 0.879 \text{ BA}^{1.11} \quad r=0.966 \quad (6)$$

$$W_{\text{b-root}} = 0.237 \text{ BA}^{0.97} \quad r=0.933 \quad (7)$$

3.4. 幹と1次分枝根の肥大成長の相対成長関係

過去4年間の幹の地際木部断面積 (BAG) と1次分枝根の木部断面積合計 (CBA : Composite xylem basal area of primary branch root) との関係を図4に示す。この関係を(3)式に当てはめたとところ良く適合し (0.1%水準で有意), 次式で表された。

$$CBA = 0.945 \text{ BAG}^{0.982} \quad r=0.982 \quad (8)$$

相対成長係数の値は1より若干小さく, これは地際木部断面積が大きくなるにつれ1次分枝根の木部断面積合計の値が相対的に小さくなることを示している。

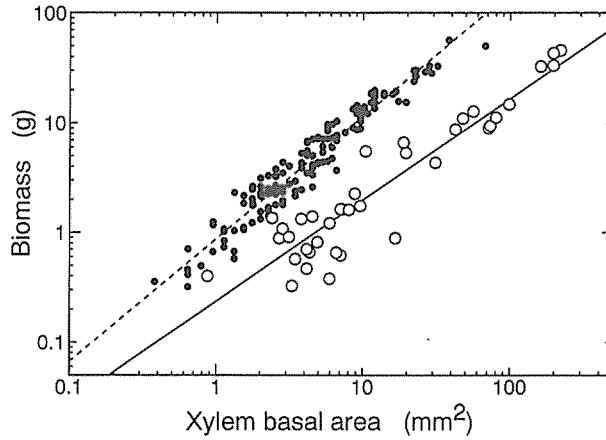


Fig. 3 Allometric relation between xylem basal area of primary branch (closed circle and broken line, eq. (6)) and primary branch root (open circle and solid line, eq. (7)) and biomass.

図3 一次枝および一次分枝根の基部断面積と現存量との相対成長関係

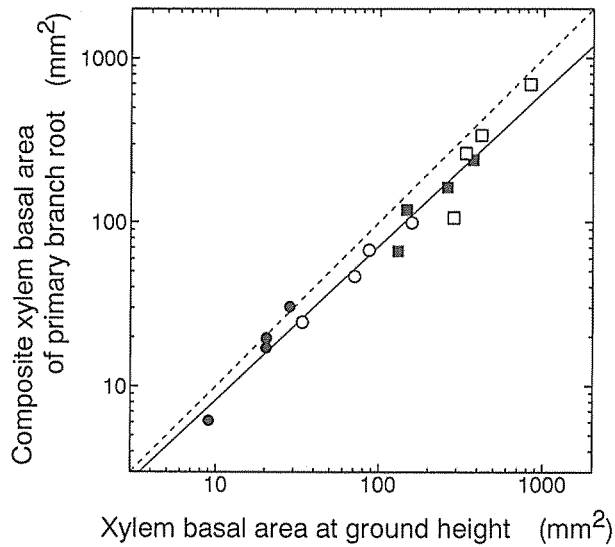


Fig. 4 Allometric relation between xylem basal area at ground height and composite xylem basal area of primary branch root. Symbols showed each growth year (●; 1988, ○; 1989, ■; 1990 and 1992). Broken line was $Y=X$, and solid line was equation (9) in the text.

図4 地際木部断面積と一次分枝根の木部断面積合計との相対成長関係

4. 考 察

4.1. 個体間における相対成長関係

樹木の成長に関しては Huxley (1932) の唱えた相対成長関係が成立することが知られている。相対成長関係は(1)式で表現され、成長系の2部分の成長率が比例することを示している。(1)式の相対成長係数(h)が1である場合には成長系の2部分の成長率が等しいことを意味する。多くの相対成長関係を扱った研究では h が1に近似できると報告されている(依田, 1971; Santantonio, 1990)。今回の解析結果でも地際木部断面積—現存量関係において相対成長関係が成立し、 h の値が地上部、地下部でともに1に近い値を示した。このことは地上部と地下部の成長率が等しいことを意味している。これらの相対成長式を用いると T/R 比は次式で表される。

$$T/R \text{ ratio} = W_{\text{top}}/W_{\text{toop}} = (a_{\text{top}}/a_{\text{root}}) BA^{(h_{\text{top}}-h_{\text{root}})} \quad (9)$$

$h_{\text{top}}=h_{\text{root}}$ である場合、T/R 比は BA に関わらず一定値 ($a_{\text{top}}/a_{\text{root}}$) で示される。T/R 比は同じ環境下では大きさに関わらず一定であることが知られているが(山田・苅住, 1968; 苅住, 1979)、ここでも地上部と地下部の成長率がほぼ等しいことから、T/R 比は一定であるといえる。(9)式から求めた T/R 比の 4.31 は、厳密には $h_{\text{top}}=h_{\text{root}}$ でないために実際の平均 T/R 比の 3.27 とは異なった。

4.2. 個体内における相対成長関係

個体内でも枝葉について断面積—現存量関係に相対成長関係が成立することが知られている(吉良, 1965)。今回の解析結果でも、1次枝と1次分枝根について、基部木部断面積—現存量関係に相対成長関係が成立することが示され、(6)、(7)式で表された。ここでも h の値は1に近く、木部の肥大成長率と現存量の成長率はほぼ等しいことが示された。このことは(6)、(7)式が0を通る1次直線に近似され、木部断面積あたり現存量が1次枝、1次分枝根で一定であることを表している。

1次分枝根と1次分枝根をさらに細分した2次～4次分枝根の木部断面積—現存量関係を図5に示す。図中の直線は(7)式を示してある。1次分枝根に比べこの関係は大きくばらつき、1次分枝根での相対成長式が適用できなかった。このことは2次～4次分枝根の木部断面積あたり現存量が一定でないことを示している。

この原因を明らかにするために3号木の同一の1次分枝根から発生する木部断面積のほぼ等しい2次分枝根で、木部断面積あたり現存量の大きいものと小さいものを比較した(図6)。木部断面積が等しいにも関わらず大きい分枝根(図6A)では新生根が旺盛に発生しているのに対し、小さい分枝根(図6B)では新生根はほとんどなかった。このように新生根の発生量は木部断面積の大きさに依存していなかった。

さらに、この小さい分枝根(図6B)には枯死痕(矢印)が認められ、このような枯死痕を有する他の分枝根でも木部断面積あたり現存量が小さい傾向が認められた(図5)。地上部において下枝の枯れ上がりによって相対成長関係が変化する(Yoda *et al.*, 1963; Shinozaki *et al.*, 1964a) ことと同様に、分枝根の一部が枯死脱落した場合、分枝根の現

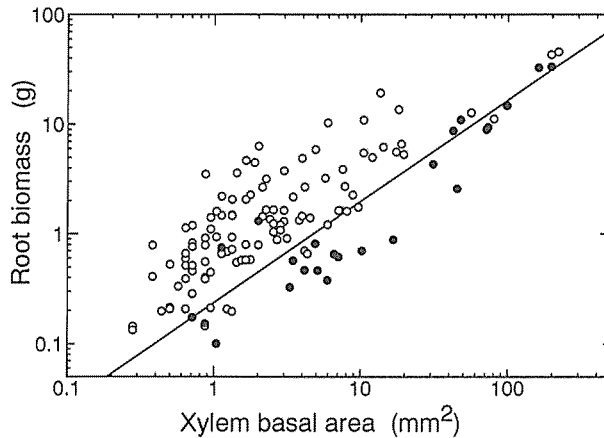


Fig.5 Relationship between xylem basal area of branch root and biomass. Closed circle was branch root which had dead marks and open circle was branch root which had no dead mark.

図5 分枝根の木部断面積と現存量との相対成長関係

存量は減少するがその基部木部断面積は変化しない。このために枯死痕を有する分枝根の単位木部断面積あたりの現存量は相対的に小さくなったと考えられる。

細根の発生と枯死に関して近年多くの研究がなされており (Persson, 1978 ; 1979 ; 1980 ; Vogt *et al.*, 1980 ; Grier *et al.*, 1981 ; Keys and Grier, 1981 ; Santantonio and Hermann, 1985), 国内においても今吉ら (1991) が奥比叡の40年生ヒノキ林において根の生産量, 現存量, 枯死量の季節変化を調べている。これらの報告によれば地下部では細根の生産と枯死が繰り返行われていることが示されている。すなわち生産された細根のうちの多くは枯死により失われており, 残った一部の細根だけが肥大し, 太根へ成長を続ける (Santantonio, 1990)。さらに肥大成長した太根の一部で細根が発生と枯死を繰り返すと考えられている (依田, 1971 ; Santantonio, 1990)。

このように分枝根の木部断面積—現存量関係には, 新生根の木部断面積に依存しない発生や枯死といった細根の動態が影響を与えていると考えられる。ただし肥大成長の進行した分枝根では全現存量に占める細根の割合が小さいため, このような細根の動態の影響が小さい。このために1次分枝根での木部断面積—現存量関係には相対成長関係が成立したと考えられる。

4.3. 地上部と地下部のパイプモデル

Shinozaki *et al.* (1964a)の提唱した単純パイプモデル理論では, 樹木個体の各部の葉量はそれを支える非同化部の断面積に比例している (依田, 1971) ことから, 木部断面積—現存量関係は, 個体間, 個体内に関わらず同一の相対成長関係で表されると考えられる。

そこで個体間, 個体内において同一の相対成長関係が成立するかを検討するために, それぞれで得られたデータを比較した(図7)。図7 Aには地上部の個体間, 個体内の相対成



Fig. 6 Comparison of morphological feature of branch roots which were similar in basal area, but differed in biomass per xylem basal area. Panel A showed a branch root which had many new roots (xylem basal area ; 4.15 mm², biomass per xylem basal ; 1.64 g/mm²). Panel B showed branch root which had little new roots, but dead marks (xylem basal area ; 3.14 mm², biomass per xylem basal area ; 0.29 g/mm²). Allows showed dead marks.
 図6 木部断面積あたりの現存量の異なる分枝根の形態の比較

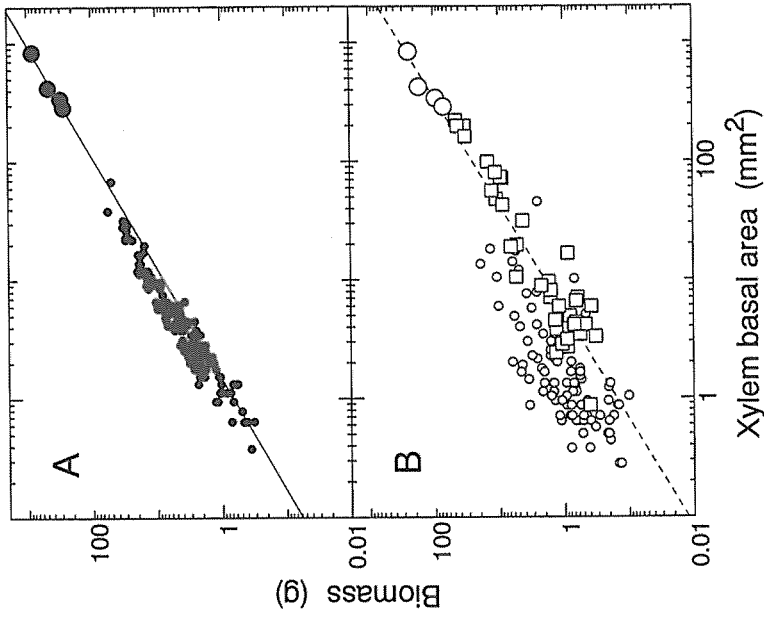


Fig. 7 Allometric relation between xylem basal area and biomass in top system (panel A) and in root system (panel B). Large closed circle : total top system, small closed circle : branch, large open circle : total root system, large square : primary branch root, small circle : branch root. Solid and broken lines indicated equation (4), (5) in the text.
 図7 地上部 (A), 地下部 (B) における木部断面積と現存量の相対成長関係

長関係を重ねて示した。図中の直線は(4)式である。1次枝の相対成長関係は個体間の相対成長関係で得られた(4)式より若干上方にプロットされたが、ほぼ同一の相対成長関係とみなされた。樹形のパイプモデル理論 (Shinozaki *et al.*, 1964a) では、下枝での枯れ上がりが生じた場合、現存量の一部は失われても木部断面積は変化しないために、木部断面積—現存量関係は変化すると説明されている。今回の材料では下枝での枯れ上がりが生じており、個体間における相対成長関係はすでに変化した後のものである。したがって枯れ上りを生じている枝は(4)式の近くに、生じていない枝は(4)式より上方にプロットされたと考えられる。

図7 Bには地下部の個体間、個体内の相対成長関係を重ねて示した。図中の直線は(5)式である。1次分枝根については(5)式上にプロットされたが、細分した分枝根については(5)式より上方に偏ってプロットさればらつきも大きかった。このことは地下部でも1次分枝根まではパイプモデルが成立していることを示している。

Shinozaki *et al.* (1964b)は10種の樹木について根の直径分布を調べ、根系で単純パイプモデルが成立すると結論した。また Carlson and Harrington (1987)は *Pinus taeda*, *P. etinata* の幹の地際断面積と1次分枝根の基部断面積合計の関係を調べ、この関係は1:1であることから、パイプモデルが根系でも成立し、幹の肥大成長と根系成長は密接に関連していると結論した。今回得られた試料の過去4年間の地際断面積と1次分枝根の基部断面積合計の関係は(8)式で表され、これはパイプモデルを支持する結果である。(8)式の相対成長係数の値が1より若干小さく、樹齢の増加とともに分枝根基部断面積合計の方が相対的に小さくなることは、一部の1次分枝根が枯死、脱落した結果と考えることができる。

このように地下部でもパイプモデルが成立していることが示されたが、高次の分枝根については細根の動態が木部断面積—現存量関係に大きく影響するためにこのパイプモデルは適用できない。このことは地下部のパイプモデルは肥大成長の進んだ分枝根の現存量の推定やその成長過程をモデル化する時には有用であるが、細根の発生や枯死といった動態を説明できないことを示している。

ところが、細根は樹木にとって重要な炭素シンクの一つであり (Santantonio, 1990)、乾物分配や森林生態系における物質循環を考えるうえで、その動態は無視できない (Landsberg, 1986)。地下部への乾物分配をモデル化するためにはパイプモデルに加え細根の動態を考慮したモデルが必要である。

謝 辞

本稿を取りまとめるに当たって造林学教室齋藤明 教授に有益な御意見、御指導をいただいた。ここに感謝の意を表します。

引用文献

- 荒上和利・汰木達郎・井上 晋 (1989) : 巣植されたスギの形質について (III). 100 回日林論 : 269-270
- CARLSON, C. W. and HARRINGTON, C. A. (1987) : Cross-sectional area relationship in root system of loblolly and shortleaf pine. *Can. J. For. Res.* 17 : 556-558
- GRIER, C. C., VOGT, K. A., KEYES, M. R., EDMONDS, R. L. (1981) : Biomass Distribution and above-and below-ground production in young and mature *Abies amabilis* zone ecosystems of the Washington Cascades. *Can. J. For. Res.* 11 : 155-167
- HUXLEY, J. S. (1932) : *Problems of Relative Growth*. London
- 今吉直俊・武田博清・岩坪五郎 (1991) : ヒノキ林における細根量の季節変動. 京大演報 63: 37-43
- 苅住 昇・山田 勇 (1968) : 根の現存量とその分布. JIBP-PT-水俣 42 : 48-57
- KARIZUMI, N. (1974a) : The mechanism and function of tree root in the process of forest production I. *Bull. Gov. For. Exp. Sta.* 259 : 1-99
- KARIZUMI, N. (1974b) : The mechanism and function of tree root in the process of forest production II. *Bull. Gov. For. Exp. Sta.* 276 : 1-88
- KARIZUMI, N. (1976) : The mechanism and function of tree root in the process of forest production III. *Bull. Gov. For. Exp. Sta.* 285 : 43-149
- 苅住 昇 (1979) : 樹木根系図説. 誠文堂新光社, 東京, 1121 pp.
- KEYS, M. R., and GRIER, C. C. (1981) : Above-and below-ground net production in 40-year old Douglas-fir stands on low and high productivity sites. *Can. J. For. Res.* 11 : 599-605
- 吉良竜夫 (1965) : 樹形のパイプモデル. 北方林業 192 : 69-74
- LANDSBERG, J. J. (1986) : *Physiological Ecology of Forest Production*. Academic Press, London, pp. 88-111
- PERSSON, H. (1979) : Root dynamics in a young Scots pine in central Sweden. *Oikos* 30 : 508-519
- PERSSON, H. (1979) : Fine root production, mortality, and decomposition in forest ecosystem. *Vegetatio* 41 : 101-109
- PERSSON, H. (1980) : Spatial distribution of fine-root growth, mortality, decomposition in a young Scots pine stand in central Sweden. *Oikos* 30 : 508-519
- SANTANTONIO, D. (1989) : Dry matter partitioning and production of fine roots in forests-new approaches to a difficult problem. *In Biomass Production by Fast-Growth Trees*, Pereira, J. s., and J. J. Landsberg (ed.). pp. 57-72
- SANTANTONIO, D. (1990) : Modeling Growth and Production of Tree Roots. *In Process Modeling of Forest Growth Responses to Environmental Stress*, Dixon, R. K., Meldahl, R. S., Ruark, G. A., Warren, W. G. (ed.). Timber Press, Portland, Oregon, pp. 124-141
- SANTANTONIO, D. and HERMANN, R. K. (1985) : Standing crop, production, and turnover of fine roots on dry, moderate, and wet sites of mature Douglas-fir in western Oregon. *Ann. Sci. For.* 42 : 113-142
- SANTANTONIO, D., HERMANN, R. K. and OVERTON, W. S. (1977) : Root biomass studies in forest ecosystems. *Redobiologia* 17 : 919-928
- SHINOZAKI, K., YODA, K., HOZUMI, K. and KIRA, T. (1964a) : A quantitative analysis of plant form-the pipe model theory I. *Jpn. J. Ecol.* 14 : 97-105
- , ——, ——, ——, (1964b) : A quantitative analysis of plant form-the pipe model theory II. *Jop. J. Ecol.* 14 : 133-139

- VOGT, K. A., EDMONDS, R. L., GRIER, C. C., PIPER, S. R. (1980) : Seasonal changes in mycorrhizal and fibrous-textured root biomass in 23-and 180-year-old Pacific silver fir in western Washington. *Can. J. For. Res.* 10 : 523-539
- YODA, K., KIRA, T., OGAWA, H., and HOZUMI, K. (1963) : Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. *Journal of Biology, Osaka City University* 14 : 107-129
- 依田恭二 (1971) : 森林の生態学, 築地書館, 東京, pp. 24-56, 80

(1992年12月17日受付; 1993年1月12日受理)

Summary

Allometric relation between xylem cross-section area and biomass of each compartment was studied to reveal dry matter allocation to root system in five years old Sugi (*Cryptomeria japonica*) trees.

Different allometric relations were obtained in top and root system among four trees. The constant coefficients of allometric equation were different, but relative growth coefficients were nearly same, and approximated to "1". That fact indicated that relative growth rates in shoot and root system were same.

Allometric relations between xylem basal area and biomass of primary shoot and primary branch root were obtained within a tree. However, secondary or more divided branch root biomass were not fitted to this allometric relation. Because, this relationship was affected by fine root production and mortality which were independent on xylem cross-sectional area.

Two allometric relations obtained among trees and within a tree were similar in top and root system, respectively, and it was concluded a "pipe model" existed not only in top system but also in root system.

Root biomass could be estimated using the allometric relation, but that relation had no attention to fine root dynamics, so it could not use for correct dry matter allocation to root system.

Key Words : dry matter allocation, allometry, root system, fine root dynamics, pipe model theory.