

スギ品種の一次枝, 一次根の分岐特性

城田, 徹央
九州大学農学部林学科

田代, 直明
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

齋藤, 明
九州大学農学部林学科

<https://doi.org/10.15017/10880>

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 69, pp.1-12, 1993-12-24. 九州大学農学部附属演習林
バージョン :
権利関係 :

スギ品種の一次枝, 一次根の分岐特性*

城 田 徹 央**・田 代 直 明**
 玉 泉 幸一郎**・齋 藤 明**

抄 録

樹冠形態の異なるスギ2品種(アヤスギ, シャカイン)および実生苗の一次枝, 一次根の形態を比較した。

20 cmの長さに切断された一次枝, 一次根(枝ユニット, 根ユニット)の先端断面積(T), 基部断面積(B), 分岐断面積(S)を測定し, 相互の関係を解析した。枝ユニットにおいては $T + S = B$ の単純パイプモデルが成立したが, 品種間差は認められなかった。一方, 根ユニットでは $T + S \leq B$ となり細根の枯死が生じていることが推測され, 樹形のパイプモデルが適用された, このパイプモデルから導かれた細根の枯死率を比較すると実生で大きく, 挿し木品種で小さかった。

一次枝と二次枝の成長量の比を示すユニットの T/S 比は, 一次枝の成長とともに増大することがわかった。頂芽優性の強さを表すと考えられる T/S 比の増加率を比較すると, シャカイン>実生苗>アヤスギの順に大きかった。また根ユニットでは T/S 比と一次根の成長との関連性は認められず, したがって頂芽優性は認められなかった。

キーワード: 品種間差, 一次枝, 一次根, パイプモデル, 細根の枯死, 頂芽優性。

1. はじめに

九州地方では古くからスギの挿し木造林が行われ, 多数の挿し木品種(在来品種)が成立している。これらの品種はそれぞれに異なった成長特性を示す事が知られており(宮島, 1989), その成長特性を明確にすることは品種の管理, 利用上重要であると考えられる。

これらの成長特性の相違を生じさせる原因の一つとして樹冠形態が挙げられる(田代, 1993)。樹冠形態は葉の空間的配置を意味し, 葉を支える枝や幹の分岐形態によって決定されている。このように枝や幹は葉の支持器官であると同時に, 成長に不可欠な水, 養分の通導器官でもあり(Zimmermann and Brown, 1971)この二つの機能を通じて樹木の成長に関与していると考えられる。したがって品種ごとの成長特性を明らかにするためには, 枝, 幹の分岐形態を定量的に把握する必要がある。しかし, これまでのスギ品種の分岐形態は枝径や枝密度などで定性的に評価されている(佐藤ら, 1971)にすぎず, 定量的かつ理論的解析はなされていなかった。

* Tetsuo SHIROTA, Naoaki TASHIRO, Koichiro GYOKUSEN and Akira SAITO: Branching Characteristics of Primary Branch and Primary Roots of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) Cultivars.

** 九州大学農学部林学科

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

またスギ品種に関する研究の多くは地上部だけを取り扱っており、地下部(根系)にまで言及した研究事例は少ない。根系は養水分の吸収、個体の支持という重要な機能を有しており(苅住, 1979), これらの機能は根系の形態と深く関係していると考えられている(苅住, 1979; Fitter, 1990)さらに樹木根系は山体の土砂崩壊を防止する機能を有しているといわれており(竹下ら, 1992), その機能を評価するためにも根系の形態を把握することは重要である。

そこで5年生のスギ(挿し木苗2品種および実生苗)を材料に、特に一次枝、一次根に着目し、その分岐形態の品種特性を明らかにするための研究を行ったので、ここに報告する。

2. 材料と方法

2.1. 材料

熊本県林業研究指導所内苗畑に1987年に2m間隔で植栽され、孤立木の状態で育成させた5年生のスギ挿し木品種のアヤスギ, シャカイン, および実生苗をそれぞれ3本ずつ供試した。アヤスギは一般に晩年型の品種であり、分岐が多く、卵形に近い樹冠を形成し、樹冠内の葉密度は大きい(宮島, 1989: 図1A)。一方シャカインは早生型の品種であり、分岐が少なく、円錐形ないしは円筒形の樹冠を形成し、葉密度も小さい(宮島, 1989: 図1B), また今回用いた実生苗は、母樹が不明であるが、樹冠形態は両品種の中間的な形状を示していた(図1C)。



Fig. 1 Pictures of trees. A: cv. Ayasugi; B: cv. Shakain; C: Seedlings. Differences in crown form are obvious.

図1 供試木の樹冠形態

2.2. 採取および測定方法

供試木の採取は1992年11月に行った。まず地際で地上部を切断、採取した後、根株から半径1m以内の地下部を水洗法により採取した。この水洗法とは根系の周囲の土壌を水で洗い流す方法であり、ほぼ完全な形で根系を取り出せる利点を持っている(荻住, 1979)。

このようにして得られた供試木を地上部については主幹と一次枝に、地下部については根株と一次根に分離した。さらにそれぞれの品種から代表的な1本を選び、その一次枝および一次根を20cm間隔で切断した。以下、この20cm間隔の一次枝、一次根を枝ユニット、根ユニットと表現する。

主幹については樹高および地際における年輪直径を、一次枝、一次根については基部の年輪直径を2方向について0.01mm単位で測定し、各年の木部断面積を算出した。ただし主幹地際部の断面積は不整形であったので、デジタイザーを用いて求めた。

枝ユニット、根ユニットについては、基部、先端、および二次枝・二次根の基部直径を2方向で測定し、基部断面積(B)、先端断面積(T)および分岐断面積(二次枝・二次根)の基部断面積合計(S)を算出した(図2)。なお断面積の算出にあたっては、断面を楕円形とみなした。

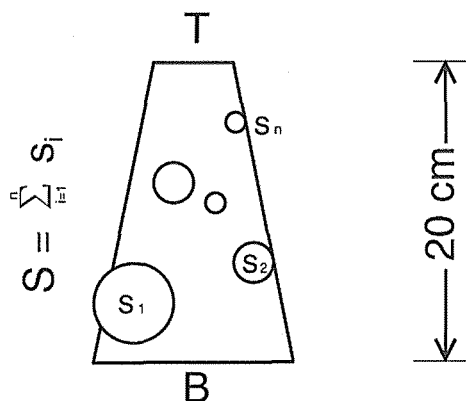


Fig. 2 Diagram of a branch unit and root unit divided into 20 cm long. B: Bottom cross-sectional area; T: Top cross-sectional area; S: Sum of cross-sectional areas of the secondary branches and roots.

図2 ユニットの概念図

3. 結 果

3.1. 供試木の概要

供試木の樹高(H)、地際直径(D)、幹材積(D^2H)、幹形状比(H/D)を表1に示す。樹高は実生>シャカイン>アヤスギ>、地際直径は実生>アヤスギ>シャカイン、また幹材積は実生>アヤスギ>シャカインの順であった。幹形状比は肥大成長に対する樹高成長の効率をもっとも簡単に表現できる指標であり、シャカイン、実生でほぼ同じ値を示し、アヤスギではその約60%の値を示した。したがってこれまでの報告(宮島, 1990)と同様、アヤスギは樹高成長の効率が小さい品種であった。

表1 供試木の概要
Table 1 Outline of sample trees.

	H (cm)	D (cm)	D ² H (cm ³)	H/D
Ayasugi	170	7.2	8800	23.6
	202	7.6	11600	26.6
	161	7.2	8300	24.2
average	178	7.3	9600	24.2
Shakain	220	6.0	7900	36.3
	231	6.7	10300	34.5
	171	3.5	2000	48.9
average	207	5.4	6700	40.0
Seedling	379	10.3	40200	36.8
	412	9.6	37900	42.9
	392	8.6	28900	45.6
average	394	9.5	35700	41.8

3.2. 幹と一次枝、一次根における肥大成長関係

過去5年間における、幹地際断面積と一次枝、一次根の基部断面積合計との関係を図3

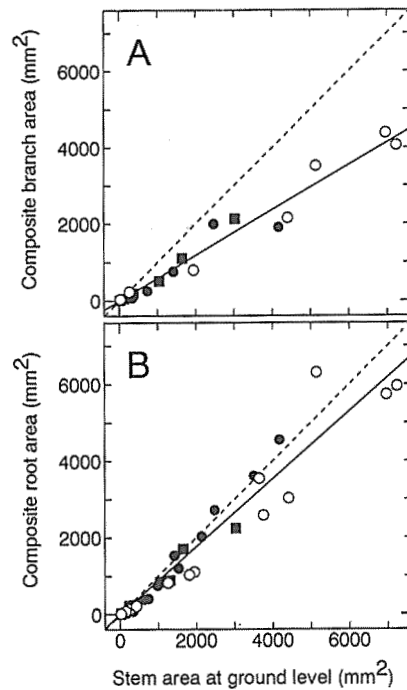


Fig. 3 Relationship between cross-section area of stem at ground level and composite branch area(A), and composite root area(B).

Symbols show each cultivar (●: Ayasugi; ■: Shakain; ○: Seedlings). Broken line gradients are 1. Solid lines show each regression line where the coefficient equals 0.64 for top system, and 0.89 for root system ($r > 0.82$ for both system). Significant differences are not recognized among cultivars.

図3 地際幹断面積と一次枝基部断面積合計 (A)、一次根基部断面積合計 (B) との関係

に示す。両者は比例関係にあり、幹地際断面積と一次根基部断面積合計との関係はほぼ1:1であった。一方、幹地際断面積と一次枝基部断面積合計との関係は1:0.64と一次枝基部断面積合計の方が小さかった。品種間には有意な差は認められなかった。

3.3. 一次枝、一次根における断面積関係

3.3.1. 基部断面積 (B) と先端断面積と分岐断面積の和 ($T+S$) との関係

枝ユニットまたは根ユニットについて、基部断面積 (B) と先端断面積と分岐断面積の和 ($T+S$) との関係を図4 (両対数表示) に示す。枝ユニットについてはほぼ1:1の関係であり、次式が成立した。

$$T+S=B \quad (1)$$

一方、根ユニットについてはほとんどの点が傾き1の直線よりも下側にプロットされ、次式が成立した。

$$T+S \leq B \quad (2)$$

そこで根ユニットについては次の一次式を当てはめた。

$$T+S=a_1B \quad (0 \leq a_1 \leq 1) \quad (3)$$

(3)式における回帰係数 a_1 との相関係数 r_1 を表2に示す。 a_1 の値が最も小さかったのは実生であり、次いでシャカイン、アヤスギの順であった。

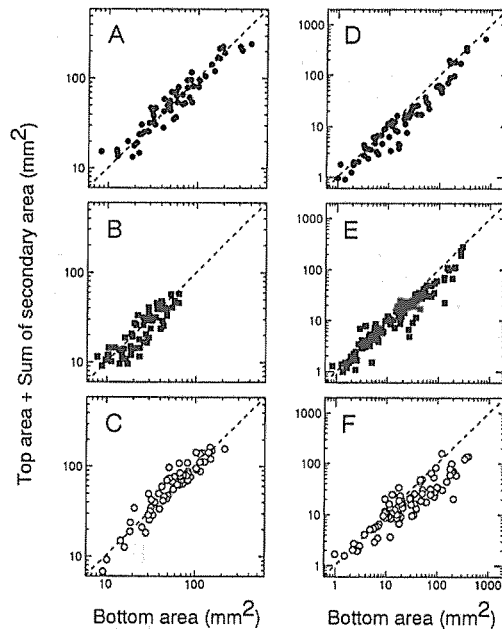


Fig. 4 Relationship between B (bottom area)and T (top area)+ S (sum of secondary area)in the unit. Panel A: branch unit of Ayasugi; Panel B: branch unit of Shakain; Panel C: branch unit of Seedlings; Panel D: root unit of Ayasugi; Panel E: root unit of Shakain; Panel F: root unit of Seedling. Broken line shows $B=T+S$. Equation(2) applies to the branch units, and equation(3) and equation(4) apply to the root units. The regression coefficients in equation(4) are shown in Table 2, and is smallest for the Seedlings.

図4 ユニットにおける基部断面積と先端断面積+分岐断面積との関係

表2 (3)式における回帰係数と相関係数
Table 2 Regression and correlation coefficients in eq.3.

	a_1	r_1
Ayasugi	0.742	0.965*
Shakain	0.669	0.942*
Seedling	0.373	0.813*

* Statistically significant at 0.1 % level

3.3.2. 先端断面積 (T) と分岐断面積 (S) との関係

ユニットの先端断面積 (T) はその先に続く通導組織量を, 分岐断面積 (S) は二次枝・二次根へ続く通導組織量を表しており, その比である T/S 比は分岐形態の指標の一つとなる. そこでユニットの基部断面積 (B) と T/S 比との関係を図 5 (両対数表示) に示す. それぞれの関係は次式で表された.

$$T/S = a_2 B^{a_3} \quad (4)$$

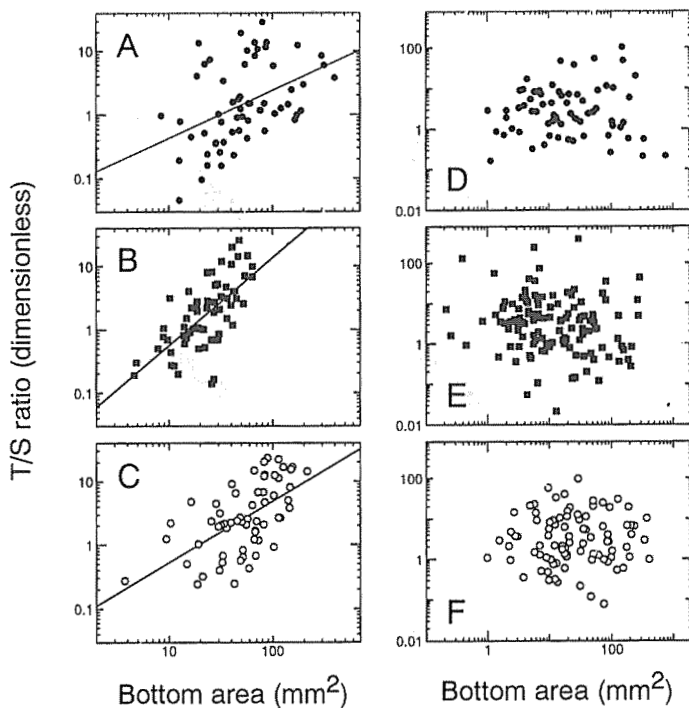


Fig. 5 The relationship between B and T/S ratio in the unit, Panel letters (A, B, C, D, E, F) are the same as in Fig. 4. In branch units, T/S ratio increases with increases in the bottom area. Closed lines indicated equation (5) with regression and correlation coefficients being shown in Table 3. The regression coefficient is largest in Shakain, and smallest in Ayasugi. On the other hand, in the root units, coefficients are not significant (5 % level).

図5 基部断面積と T/S 比との関係

回帰係数 a_2 , a_3 と相関係数 r_2 を表 3 に示す。一次枝についてはいずれの品種においても B の増大とともに T/S 比は増加し、その傾き (a_3) はシャカインで最も大きく、ついで実生、アヤスギの順であった。(4) 式の回帰係数について有意差検定を行ったところ、 a_2 については有意な品種間差が認められなかったが、 a_3 についてはシャカインがアヤスギ、実生に対して有意に大きかった (5% 水準)。一次根についてはかなり変動が大きく、いずれの品種においても有意な相関は認められなかった。

表 3 (5) 式における回帰係数と相関係数
Table 3 Regression and correlation coefficient coefficients in eq. 4.

		a_2	a_3	r_2
Ayasugi	top	0.077a***	0.7471b	0.4364*
	root	2.614	0.0148	0.0162**
Shakain	top	0.023a	1.3851c	0.6679*
	root	4.590	-0.1848	0.1715**
Seedling	top	0.056a	0.9688b	0.5969*
	root	2.824	0.0297	0.0278**

* Statistically significant at 0.1 % level

** Not statistically significant at 5 % level

*** The values followed same letter are not significantly different (5 % level)

4. 考 察

地際断面積と一次根基部断面積合計との間にはほぼ 1:1 の関係が成立した。これは根系発達と幹の発達が密接に関連していることを示すと同時に、Shinozaki *et al.* (1964) の提唱したパイプモデルを支持する結果であると考えられる。苅住 (1976 ; スギ, アカマツ), Carlson and Herrington (1987 ; *Pinus taeda*, *Pinus etinata*), 城田ら (1993 ; スギ, 品種 : オビアカ) も同様な結果を報告しており、また Yuruki *et al.* (1990) がモミの幹肥大成長と一次根の肥大成長に密接な関連があることを指摘していることなどを考慮すると、この関係は他の多くの樹種においても成立すると考えられる。

一方、地際断面積と一次枝基部断面積合計の間には比例関係が認められたが、その比例定数は 0.64 と 1 より低かった。このような結果はパイプモデルによれば、一次枝が枯死、脱落し、残存パイプが幹内に埋没される事で説明される (依田, 1971)。しかし今回、供試した材料は孤立木状態で生育していたため、一次枝の枯死、脱落は顕著ではなかったと思われる。したがって枯死以外の要因で単純パイプモデルが成立しなかったと考えられ、その要因が何であるかについては、さらに検討する必要がある。

4.2. 一次枝、一次根における断面積関係

4.2.1. ユニットにおける断面積関係へのパイプモデルの適用

Shinozaki *et al.* (1964) の提案したパイプモデルを枝ユニット、根ユニットにおける断面積関係に適用すると図 6 のようになる。サイズが小さいときには B と $T+S$ との間には傾き 1 の比例関係 (直線 O-P) が成立しその関係は (2) 式で示されるが、サイズが

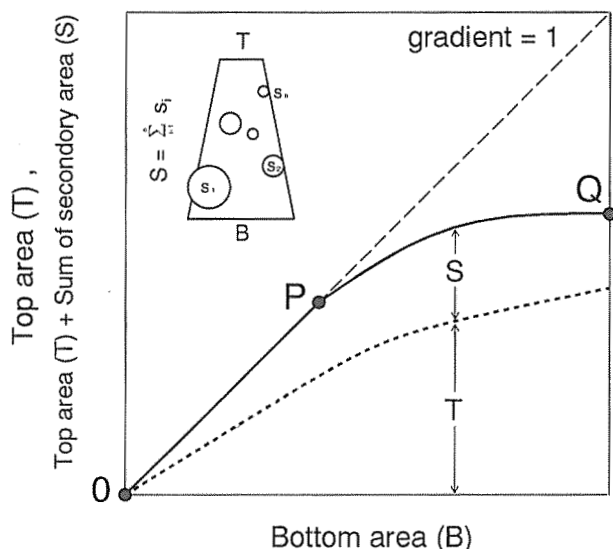


Fig. 6 Pipe model in the cross-sectional area relationship in the branch unit. P is a point where dying and dropping off of secondary branches and roots begin. O-P line of which gradient equals 1 shows simple pipe-model, and P-Q curve shows pipe-model of tree from.

図6 ユニットの断面積関係におけるパイプモデル

大きくなり二次枝，二次根が枯死，脱落していくと直線より下方に移動していく(曲線 P-Q)。この直線部だけから成立する場合が単純パイプモデルであり，曲線部を含む場合が樹形のパイプモデルである。パイプモデルを議論するときには枯死が始まる位置，すなわち P 点の位置を考慮する必要がある。

今回の断面積関係からは一次枝については O-P の直線関係が得られ，一次根についてはさらに P-Q の曲線関係が付加された(図 4)。つまり今回用いたサイズの一次枝では単純パイプモデルが成立したが，これは一次枝では枯死の始まる P 点がさらに上方にあるため，樹冠が発達し樹冠内自己被陰が進み二次枝レベルでの枯死が生じてくることが予測され，樹形のパイプモデルに移行すると考えられる。一方，一次根では比較的小さいサイズの時から細根の枯死が生じており，P 点が小さいところに存在していると考えられる。近年，細根の発生と枯死に関して多くの研究がなされてきており，細根の生産量，枯死量，現存量の季節変化が調べられている (Vogt *et al.*, 1981; Santantonio and Herman, 1985; 今吉ら, 1991)。また糟谷ら (1992) は細根の形態観察を行い，枯死に至る過程を議論している。これらの報告によれば，細根の一部は肥大成長を行い太根へと発達するが，他の多くはそれ以前に枯死脱落していくと考えられている (Santantonio, 1990)。また城田ら (1993) はスギ根系について木部断面積とそれが支える現存量の関係を調べ，根系では小さいサイズの根で頻繁に枯死が生じていると結論づけた。さらに今回得られた供試木の根系にも細根が枯死・脱落した痕跡が認められており(図 7)，このような細根の枯死はかなり一般的な現象であると考えられる。したがって根系では枯死の開始する点，P 点が十分に小さい位置にあると判断できる。

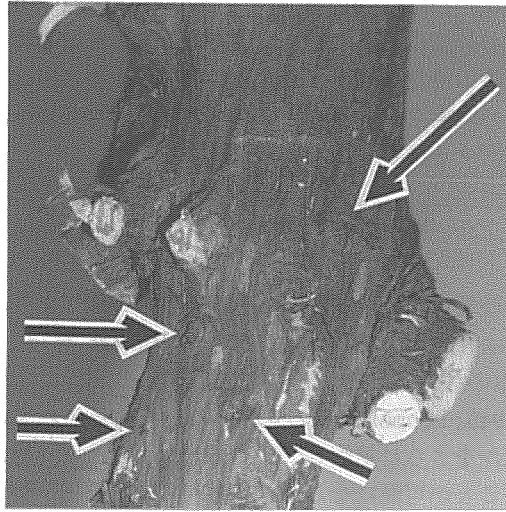


Fig. 7 Marks of dead fine roots on a coarse root surface (shown by allows).
 図7 大根表面にある枯死根の痕跡

P点十分に小さい位置にあり、枯死率が一定の場合には樹形のパイプモデルは近似的に(4)式で表現することが可能であり、その場合枯死率は $1-a_1$ で表すことができる。算出された枯死率は実生で大きくシャカイン、アヤスギで小さかった、このことは実生苗の細根の多くは定根由来であり、挿し木苗の細根が不定根由来であるという形態的特性の違いと関連している可能性がある。またこの断面積関係から算出された枯死率($1-a_1$)が細根量調査から求められる枯死率と適合すれば、細根量調査に伴う労苦を軽減できる可能性がある。

4.2.2. 一次枝と二次枝，一次根と二次根との関係

枝ユニットにおいて T/S 比は、そのサイズ (B) と共に増加した (図5)。ここで T と B 、 S と B の間に相対成長関係が成立し以下の式がそれぞれ適用できると仮定すると、

$$T = C_T B^{h_T} \quad (5)$$

$$S = C_S B^{h_S} \quad (6)$$

そこで T/S 比はこの式を用いると、

$$T/S = C_T/C_S B^{h_T - h_S} \quad (7)$$

となり(4)式の a_3 は T と S に対する相対成長率の差であり、 $a_3 > 0$ のとき T の相対成長率が S の相対成長率より高いことを示している。

したがって今回認められた T/S 比の増大という現象は、一次枝が二次枝よりも優先的に高い成長を行うことを意味している。このように一次枝が二次枝より高い成長を行うことは頂芽優性 (apical dominance) と呼ばれ、古くから針葉樹に広く認められる現象である (Zimmerman and Brown, 1971)。頂芽優性の強弱は回帰係数 a_3 によって表現されると考えられ、したがって頂芽優性はシャカイン、実生、アヤスギの順に強いといえる。これはアヤスギでは枝の分岐が盛んで、高次の枝がよく発達するが、シャカインではアヤ

スギほど分枝が盛んでない(宮島, 1989)という品種特性をよく表現している。

一方, 根ユニットにおいては T/S 比とサイズ(B)との関係は明瞭でなかった。このことから一次根には頂芽優性の特性は存在せず, 品種間の差も小さいと判断される。しかし石崎(1959)はスギ根系の分岐密度や細根形態に品種間差を認めており, 今後, 二次根レベルや三次根レベルでも検討する必要があると考えられる。

5. おわりに

一次枝, 一次根の分岐特性を断面積関係から導く事が可能であり, これらの結果は品種間の分岐特性の違いをよく表現していた。樹木の枝(Barker *et al.*, 1973; McMahon and Kronauer, 1976)や草本の根系(Fitter, 1991)の分岐形態の解析に, 河川における分岐特性の解析手法(Horton, 1945; Leopold, 1971)を用いた研究も行われているが, このような手法を採用しパイプモデルをさらに拡張していくことによりスギ品種の樹冠, 根系の形態をより定量的に把握することが可能になると考えられる。また枝, 根の分岐形態を決定する他の要因(起出角度や分岐密度, 通直性)についてもさらに検討する必要がある。

また今回供試した材料は孤立木状態で生育し, しかも幼齢木であることから, 林分状態で生育するものや壮齢木とはその樹冠構造が根本的に異なる(Hashimoto, 1992)ため, 今後, 植栽密度との関連を含めて検討する必要がある。またこのような分岐特性は光や養分, 水分条件などの生育環境に左右されることも十分に考えられ, 今後の重要な研究課題の一つであると考えられる。

謝 辞

本研究を遂行するに当たり, 熊本県林業研究指導所の宮島淳二氏には材料の提供を, 同職員の皆様には作業の手配をしていただいた。また本稿を取りまとめるにあたって九州大学造林学教室 矢幡 久 助教授には有益な御意見と御指導をいただいた。さらに同教室の杉山裕一郎, 近藤栄輔の両氏には困難な根系調査に御協力いただいた。ここに感謝の意を表する次第である。

引用文献

- BARKER, S. B., CUMMING, G. and HORSFIELD, K. (1973): Quantitative morphometry of branching structure of trees. *J. theor. Biol.* 40: 33-43
- 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., KEYS, M. R., and 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
- FITTER, A. H. (1991): The ecological significance of root system architecture: an economic approach. *In* Prant root growth, Atkinton, D. (ed.). Blackwell Scientific Publications, London, pp. 229-243

- HASHIMOTO, R. (1992): Distribution structure of foliage and the light interception in a young *Cryptomeria japonica* stand. J. Jpn. For. Soc. 74: 466-474
- HORTON, R. E. (1945): Erosion development of streams and their drainage basins; Hydrophysical approach to quantitative morphology. Bull. geol. Soc. Am. 56: 275-370
- 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
- 糟谷信彦・武田博清・岩坪五郎 (1992): ヒノキ林土壌の細根研究への土壌微細形態学的方法の応用. 京大演報 64: 42-50
- 石崎厚美 (1959): 日本のスギ. p. 183
- 苅住 昇 (1979): 樹木根系図説. 誠文堂新光社, 東京, pp. 1121
- LEOPOLD, L. B. (1971): Trees and structure: the efficiency of branching patterns. J. theor. Biol. 31: 339-354
- McMAHON, T. A. and KRONAUER, R. K. (1976): Tree structure: deducing the principle of mechanical design. J. theor. Biol. 59: 443-466
- 宮島 寛 (1989): 九州のスギとヒノキ. 九州大学出版会, 福岡, pp. 29-183
- SANTANTONIO, D. (1990): Modeling growth and production of tree roots. In Process modeling of forest response to environmental stress, Dixon, R. K., Meldahl, R. S., Ruark, G. A. and 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 root on dry, moderate, and wet sites of mature Douglas-fir in Western Oregon. Ann. Sci. For. 42: 113-142
- 佐藤敬二・宮島 寛・須崎民雄・野上寛五郎 (1971): 九州地方におけるスギ在来品種とその特性に関する調査研究報告書. 熊本営林局, 熊本, pp. 214-221
- SHINOZAKI, K., YODA, K., HOZUMI, K. and KIRA, T. (1964): A quantitative analysis of pruned form—the pipe model theory I. Jpn. J. Ecol. 14: 97-105
- 城田徹央・玉泉幸一郎・矢幡 久 (1993): スギ幼齢木の根系への乾物文配. 九大演報 68: 49-60
- 竹下敬司・中尾博美・綿引 靖・丸谷知己・森田紘一・池本 濟・ムハマド・ヌルディン・長澤 喬 (1992): 林木根系の実態とそれに基づく崩壊防止機能の検討. 九大演報 66: 83-129
- 田代直明 (1993): スギ品種の樹冠構造に関する研究. 九州大学修士論文
- VOGT, K. A., EDMONDS, R. L., GRIER, C. C. and PIPER, S. R. (1980): Seasonal changes in mycorrhizal and fibrous-textured root biomass in 23-180-year old Pacific silver fir in western Washington. Can. J. For. Res. 10: 523-539
- 依田恭二 (1971): 森林の生態学. 築地書店, 東京, pp. 24-56
- YURUKI, T., SETSU, T. and ARAGAMI, K. (1990): The development of Momi and Tsuga trees on the basis of root growth. J. Fac. Agr., Kyushu Univ., 35: 43-49
- ZIMMERMANN, M. H. and BROWN, C. L. (1971): Trees structure and function. Springer-Verlag, New York, pp. 67-168

(1993年7月16日受付; 1993年9月13日受理)

Summary

Branching characteristics of primary branches and primary roots were studied in three types of sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) differed in their growth patterns and crown form; two cultivars (cv. Ayasugi and cv. Shakain) and a seedling. Primary branches and roots were cut into pieces of 20cm in length. Each piece was classified as a branch unit or root unit. Top cross-sectional areas (T), bottom cross-sectional areas (B), and divergence cross-sectional areas (S) of the units were measured. The simple pipe model relation ($T+S=B$) was applied to branch units. The pipe model of tree form ($T+S \leq B$) was applied to root units. The results indicated that fine root death occurs more frequently than branch death. Rates of fine root death calculated from $1-(T+S)/B$, were high in seedling, and small in cv. Ayasugi and cv. Shakain.

Relationships between T/S ratio and B of branch and root units were analyzed in order to compare the strength of apical dominance among the sample trees. T/S ratio of branch units increased proportionally to growth of the primary branch. Differences of the increase rates among sample trees indicated that the decreasing order of strength of apical dominance is as follows: Shakain > seedling > Ayasugi. Apical dominance was not significant in the root system, as the T/S ratio was not related to the growth of the primary root.

Key words: differences among cultivars; primary branch; primary root; pipe model; fine root death; apical dominance.