

ヒノキの耐やせ地性育種に関する基礎的研究

II. 肥沃地とやせ地に生育する造林木の 水ストレスと葉の形態の比較

橋詰隼人*・若宮和泉**

昭和61年5月31日受付

Fundamental Studies on the Breeding of Resistance to Infertile Land in Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* ENDL.) II. Comparisons of Water Stress and Leaf Morphology in Planted Trees Growing in Fertile Soil and Infertile Soil

Hayato HASHIZUME* and Izumi WAKAMIYA**

Water stress and leaf morphology in 6-years-old trees of Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) growing in fertile soil and infertile soil were compared as a fundamental study for the breeding of resistance to infertile land. As materials, a native variety and a cultivar, Nangohi were used. Rapid-growth trees and slow-growth trees were selected as sample from each plot of fertile soil and infertile soil, and diurnal changes of xylem pressure potential and transpiration rate were measured. Further, the state of stomata were observed with scanning electron microscope.

There was a tendency that the rapid-growth trees in fertile soil were smaller in the decrease of xylem pressure potential at midday and in daytime water stress as compared with the slow-growth trees in infertile soil. This tendency was remarkable especially in clones of Nangohi.

Although the form, structure and function of leaves varied according to soil conditions, a remarkable difference was recognized in the state of stomata. The epidermis and stomata of *Ch. obtusa* were covered with wax, and the secretion of wax was more excellent in rapid-growth trees than in slow-growth trees. We must conclude that the secretion of wax will be closely connected with the regulation of transpiration.

* 鳥取大学農学部林学科造林学研究室
Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Tottori University

** 鳥取大学農学部砂丘利用研究施設乾地生態部門
Air Land Agro-Ecology, Sand Dune Research Institute, Faculty of Agriculture, Tottori University

緒 言

ヒノキはスギに比べて土壤条件に対する適応性が大きく、斜面中腹から上部の土壤条件の悪い所でも比較的良く育ち、B_b(d)型やB_c型土壤の所に植栽されている。しかし、マツクイムシ被害跡地では更に土壤条件の悪いB_b型の所もあり、やせ地におけるヒノキの生育特性について研究する必要があると思われる。

鳥取大学構内の樹木園にヒノキの在来品種とナンゴウヒを並べて植栽しているが、わずかに10数mはなれて生育に大きな差がみられる。この場所は、ブルトーザで整地したため土壤条件に大きな差がみられ、A層の厚い所と著しく薄い所とがあり、A層の薄い所では樹高生長が極端に悪い。この場所のナンゴウヒはクローンで生長の良否は土壤条件の違いによることは明らかである。また在来品種とナンゴウヒの間にも生長に差がみられるので、このようなヒノキの生長の違いを水分生理及び葉の構造の面から研究した。

材 料 と 方 法

1. 供試材料

鳥取大学農学部構内樹木園に植栽されている6年生のヒノキ在来品種(オキノヤマ系)とナンゴウヒを用いた。植栽地の土壤条件と供試木の生育状況を第1表に示す。ヒノキ植栽地は平坦地で、元は畑地であったが、ブルトーザで整地したため不均質になり、植栽木の生長に著しい差を生じた。生長の悪いプロットNo.2とNo.4はB_b型土壤で、A層が薄く、B層が露出しているか所もある。生長の良いプロットNo.1とNo.3はB_b型土壤で、A層が深く、

30cm以上ある。プロットNo.2とNo.4はやせ地であるが、No.2はB層が粒状～堅果状でやや乾燥気味である。No.4はB層がミソ土で保水性の良い土壤である。

在来品種は実生木、ナンゴウヒはさし木クローンである。樹木園内には在来品種6本とナンゴウヒ12本が植栽されているが、林齢6年生の樹高は在来品種が4.0～5.4m、ナンゴウヒは2.1～5.7mである。供試木として、両品種から肥沃地に生育する生長の良い木とやせ地に生育する生長の悪い木を2本ずつ、合計8本選んだ。供試木の樹高、胸高直径は第1表のとおりである。

2. 木部圧ポテンシャル及び蒸散速度の測定

上記供試木について木部圧ポテンシャル及び蒸散速度の日変化を測定した。木部圧ポテンシャルの測定はプレッシャー・チャンパー法により、5月及び7～8月の晴天の日に行った。夜明け前から日没後まで約2時間おきに供試木の南側上部枝から試料を採取し、2回繰り返して測定した。蒸散速度の測定は木部圧ポテンシャルの測定と並行して行い、各供試木の南側上部枝を採取し、トーションバランスを使って測定した。土壤水分の測定はプロットNo.1とNo.2にテンシオメーターを設置し、5月及び7～8月に前述の測定と並行して、地下15cmの深さの土壤水分(pF値)を測定した。

3. 葉の形態的特徴の調査

供試木の南側上部枝から試料を採取し、上下葉及び側葉の長さや幅を実体顕微鏡で測定した。測定には第3着葉位の当年生葉50枚(5本の枝から10枚ずつ採取)を用いた。

次に葉の気孔密度及びワックスの状態を走査電子顕微鏡を用いて調べた。供試木の南側上部枝から採取した当

第1表 植栽地の土壤条件と供試木の生育状況

品 種	プロット No	土壤型	A層の深さ (cm)	供試木 No	6年生	6年生	備 考
					樹高 (m)	胸高直径 (cm)	
ナンゴウヒ (クローン)	No.1	B _b	50～70	{ 11	5.7	15.6	肥沃地, 生長良い
				{ 12	5.4	14.2	
	No.2	B _b	3～5	{ 6	2.1	1.8	やせ地, 生長悪い
				{ 8	2.1	1.6	
在 来 品 種 (オキノヤマ 系実生木)	No.3	B _b	30～55	{ 24	5.4	8.0	肥沃地, 生長良い
				{ 25	4.4	8.8	
	No.4	B _b	5～10	{ 22	4.3	5.4	やせ地, 生長やや悪い
				{ 26	4.0	6.2	

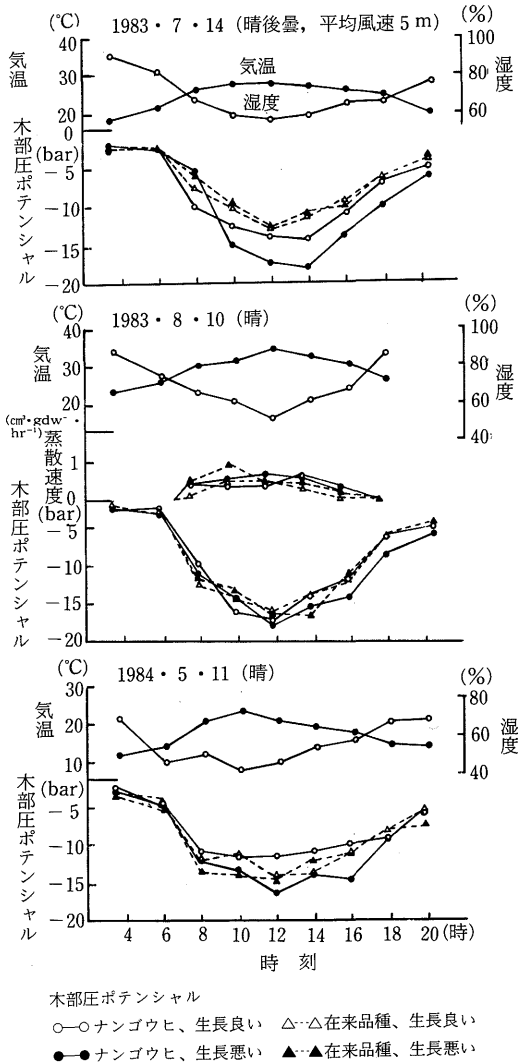
年生成熟葉を真空ポンプで脱水後、デシケータに入れて乾燥させ、第3着葉位の葉をAu蒸着し、X-650で観察撮影した。加速電圧は15KVである。

結果と考察

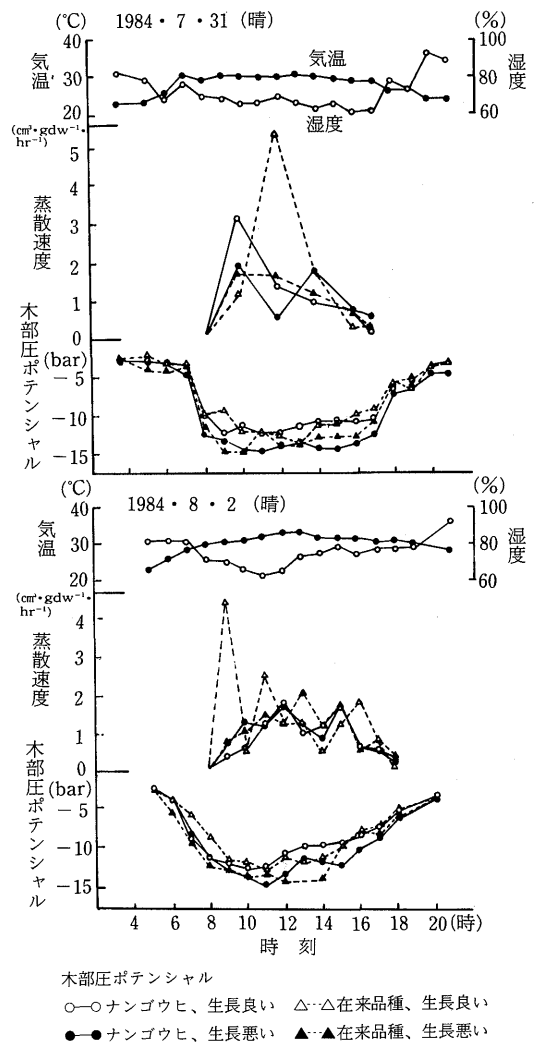
1. 木部圧ポテンシャル及び蒸散速度の日変化

実験の結果を第1~2図に示した。木部圧ポテンシャルの1日の変化は、日の出後低下をはじめ、正午頃最低

になり、夜間には回復した。日中における木部圧ポテンシャルの低下は、両品種とも生長の悪い木が生長の良い木よりも大きい傾向がみられた。特にナンゴウヒではその差が大きく、1984年5月11日の測定では5 barの差があった。明け方の木部圧ポテンシャルについても生長の悪い木の方が低く、ナンゴウヒでは0.4~0.8barの差があった。しかし、その差はわずかで、供試木の夜間における水ストレスの回復は良好のようであった。品種間で比較



第1図 木部圧ポテンシャル，蒸散速度，気温及び相対湿度の日変化



第2図 木部圧ポテンシャル，蒸散速度，気温及び相対湿度の日変化

第2表 ナンゴウヒと在来品種の1日の水ストレス (bar)

品 種	プロット No	生長の 良 否	1983年				1984年		
			7月1日	7月14日	7月28日	8月10日	5月11日	7月31日	8月2日
ナンゴウヒ	No.1	良い	-34	-64	-37	-89	-37	-48	-36
	No.2	悪い	-78	-107	-65	-110	-95	-98	-67
在来品種 オキノヤマ系	No.3	良い	-24	-30	-41	-88	-62	-45	-38
	No.4	やや悪い	-43	-30	-49	-91	-73	-64	-70
天 候			晴	晴後曇 やや風が 強い	晴時々曇	晴	晴	晴	晴

してみると、在来品種よりもナンゴウヒの方が日中における木部圧ポテンシャルの低下が著しかった。

木部圧ポテンシャルの日変化は気象条件によって影響され、気温の上昇及び相対湿度の低下とほぼ対応して変化した。測定は主に晴天の日に行ったが、日によって気温、湿度、風速、土壌水分の状態などが異なるので、木部圧ポテンシャルの日変化曲線は同じでなく、また個体間に差の大きく出る日と出ない日があった。1983年7月14日は湿度が低く風速がやや強かったが、日中における木部圧ポテンシャルの差はナンゴウヒの生長の良い木と悪い木との間で大きく出ている。1984年5月11日も湿度が低く乾燥の激しい日であるが、ナンゴウヒでは個体間の差が大きい。ナンゴウヒはクローンであるからこの差は土壌条件の違いによるものである。湿度の低い日に土壌条件の影響が大きく出るようである。

蒸散速度の日変化についてみると、在来品種では生長の良い木は悪い木よりも蒸散速度の最大値が大きく、また上下変動の幅が大きかったが、ナンゴウヒでは両者の間に顕著な差はみられなかった。蒸散速度の測定は切枝法によって行ったので測定材料がその都度違っていた。同一材料でもう少し精密に測定すれば傾向がはっきりすると思う。

次に1日の水ストレスを次式により計算した。

1日の水ストレス = $\Sigma(P - P_0)$, ($P \leq P_0$) ここで、 P_0 は光合成の低下しはじめるときの木部圧ポテンシャルで、ヒノキでは-8 barの値⁹⁾を用いた。Pは日中の30分ごとの木部圧ポテンシャルとする。

計算の結果を第2表に示した。1日の水ストレスは生長の良い木よりも悪い木の方が大きく、ナンゴウヒでは平均1.8倍、在来品種では平均1.3倍水ストレスが増加し

た。特にナンゴウヒの生長の悪い木では1日の水ストレスの値が大きかった。しかし、前に述べたように気象条件が日によって著しく異なるので、1日の水ストレスの値は日によって著しく差がある。

2. 葉の形態的特徴の比較

ヒノキの在来品種とナンゴウヒは樹形や枝葉の形態がかなり違っていた。在来品種は枝がやや疎生し、葉の着生密度は疎で、葉色は淡緑色、気孔帯の白色度は不鮮明であった。他方ナンゴウヒは枝が密生し、葉の着生密度は密で、葉色は濃緑色、気孔帯の白色度は鮮明であった。

両品種の葉の形態を比較してみると、葉の長さは上下葉、側葉とも在来品種よりもナンゴウヒの方がやや大きく、また生長の悪い木よりも良い木の方が長い傾向がみられたが大きな差はなかった。葉の幅は大差なく、従って形状比はナンゴウヒの生長の良い木でやや値が大きかった。

気孔密度については葉による変異が大きく、品種間及び生長の良否による差異については今回は調査しなかった。ヒノキの葉の気孔密度は500~1,300個/mm²の範囲であった。

気孔の形態は在来品種とナンゴウヒとで著しい差異が認められた(写真1~3)。在来品種ではFlorin ring⁹⁾(気孔部の周囲にある副細胞の盛り上った環状の部分)がはっきりしていたが、ナンゴウヒでは分泌物によって気孔が閉塞されてFlorin ringのはっきりしないものが多くみられた(写真2)。また塊状、板状あるいは糸状の附着物が気孔の表面を覆っていたが、この物質はナンゴウヒには少なく、在来品種の生長の良い木に多く認められた。これらの分泌物あるいは附着物はスタンIIIで赤色に染まり、アルコールに不溶であった。したがってワックスの

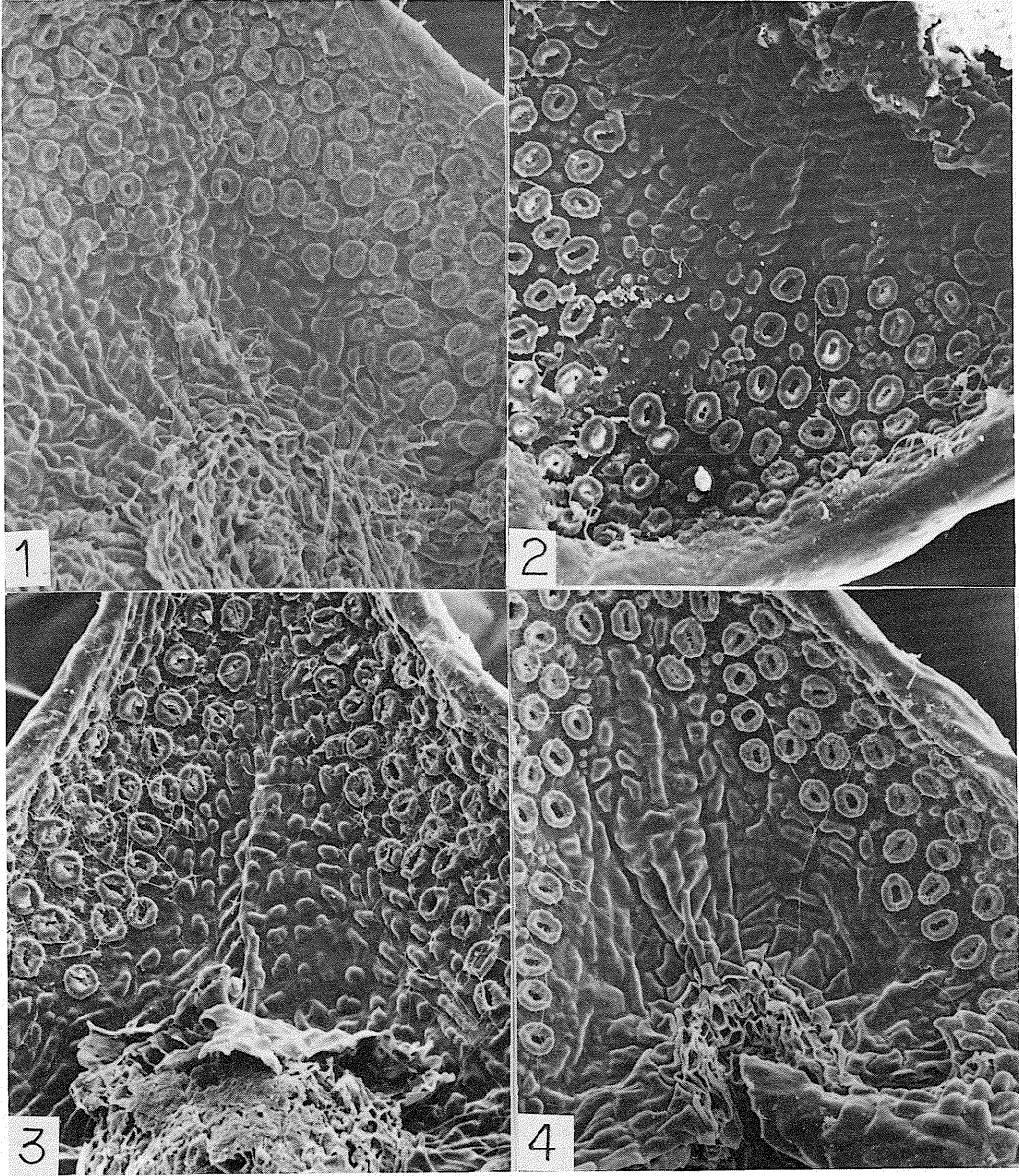


写真1 ヒノキの上下葉の内側における気孔の配列状態

1：ナンゴウヒ，生長良い，2：ナンゴウヒ，生長悪い，3：在来品種，生長良い，
4：在来品種，生長悪い

(×170倍)

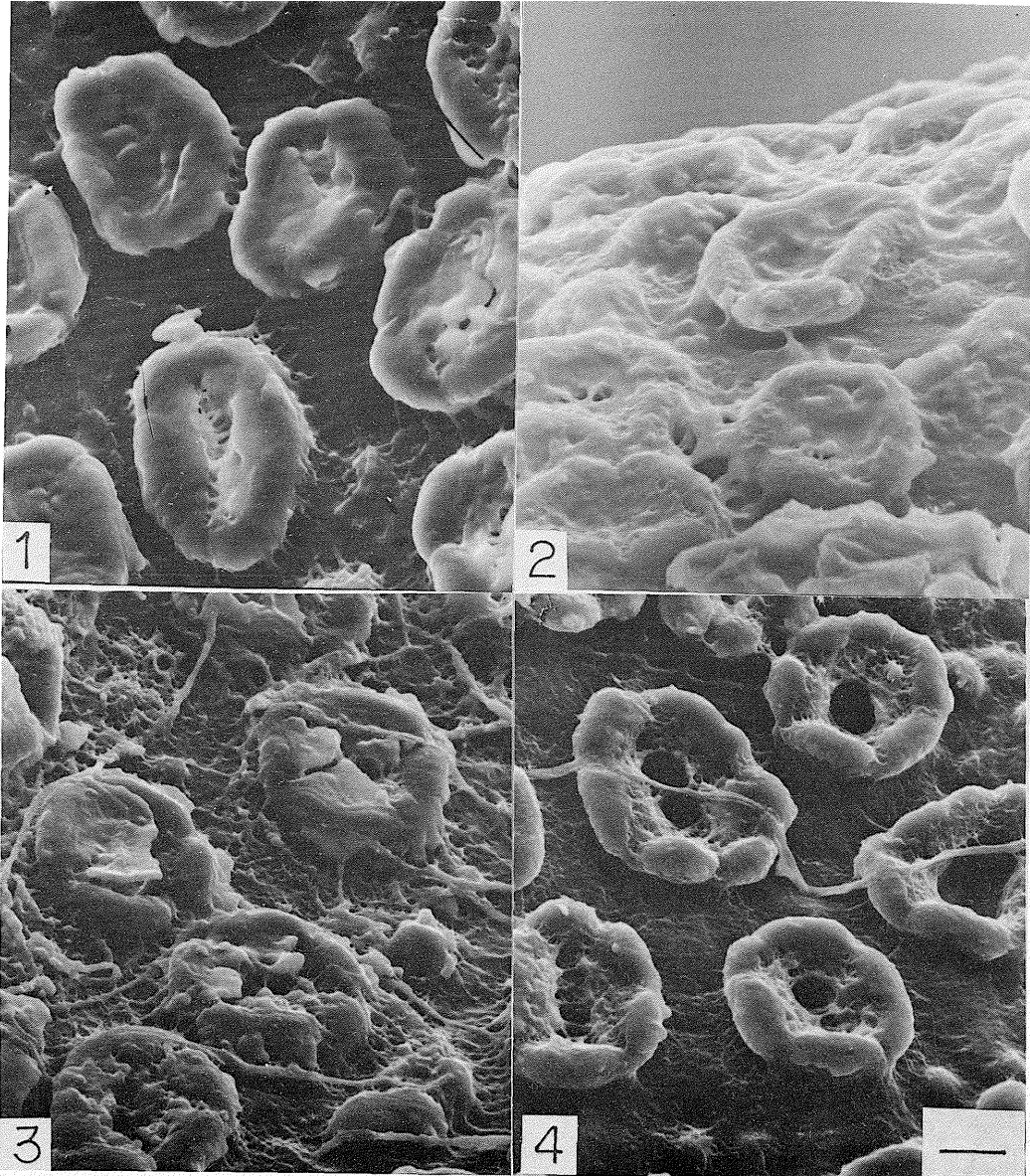


写真2 肥沃地に生育するナンゴウヒと在来品種の気孔の状態

- 1：ナンゴウヒ，上下葉の内側の気孔，生長良い
 2：ナンゴウヒ，側葉表面の気孔，生長良い
 3～4：在来品種(オキノヤマ系)，上下葉の内側の気孔，生長良い
 ワックスの分泌が盛んで，気孔は塊状あるいは板状のワックスで覆われているが，在来品種ではひも状のワックスも見られる。

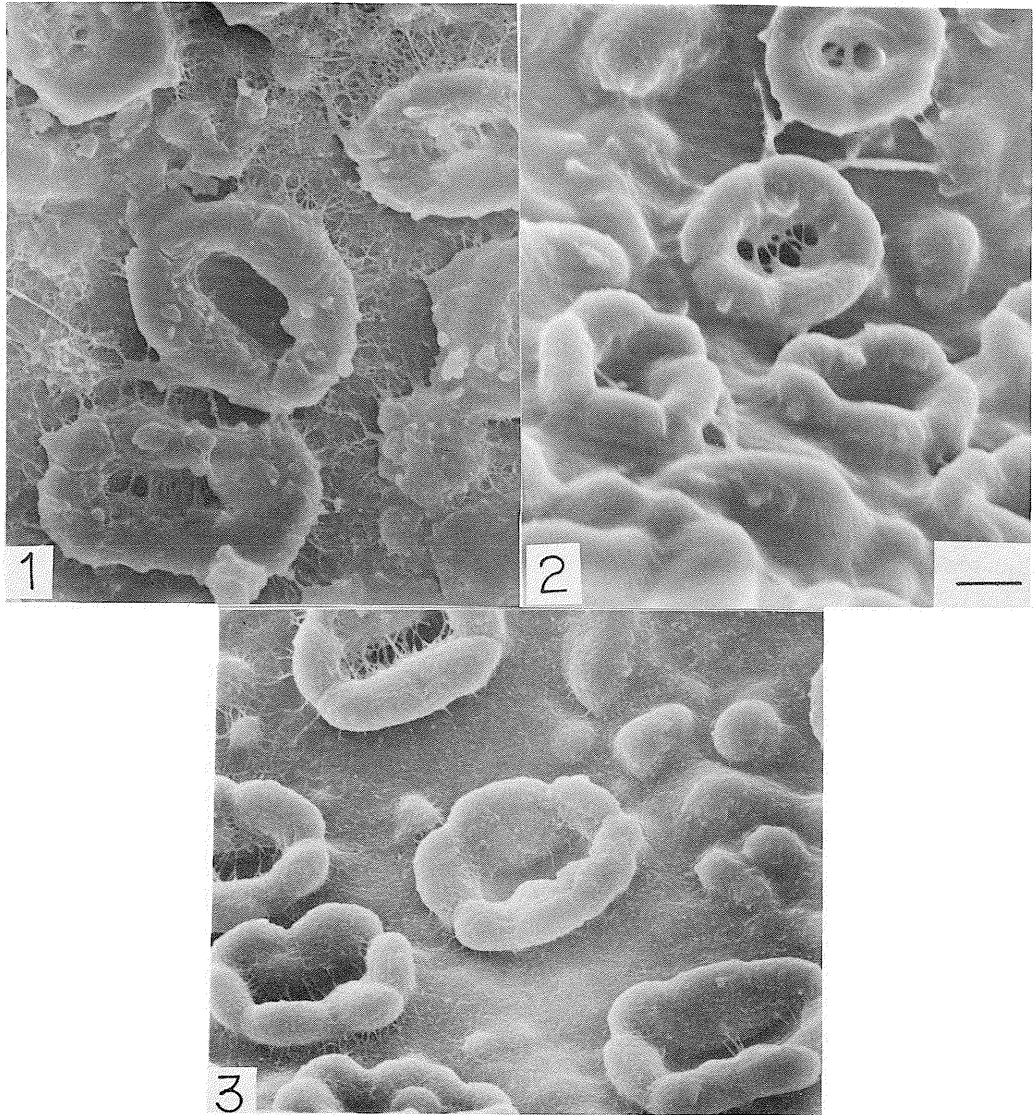


写真3 やせ地に生育するナンゴウヒと在来品種の気孔の状態

- 1：ナンゴウヒ，上下葉の内側の気孔，生長悪い
 - 2～3：在来品種，上下葉の内側の気孔，生長やや悪い
- ワックスの分泌は少ないが，気孔の開口部に糸状のワックスが見られる。

一種と考えられるが、どのような物質か不明である。またこれらの分泌物の役割も明らかでない。しかし、気孔の開度と関係があるので、蒸散作用やガス交換に影響することは確かである。生長の良否とワックスの分泌状況を比較してみると、ナンゴウヒ、在来品種とも生長の良い木にワックスが多く分泌していた。

3. 考察

土壤の乾燥と水ストレスとの関係については2,3報告があるが^{2,7,9}土壤の肥沃度と水ストレスとの関係についてはあまり研究されていないようである。林地は傾斜地が多く、斜面の下部と上部とで土壌水分の状態及び土壤の肥沃度が著しく異なり、それが林木の生長に影響して生長量に差を生ずる。それ故、斜面位置による生長の違いは土壤の水分状態、栄養状態、物理的性質など多くの要因が複合して関係しているので大変複雑である。森川ら^{3,7}はスギ人工林で斜面方向及び斜面の位置による木部圧ポテンシャル及び水ストレスの違いを研究し、木部圧ポテンシャルの1日の変動は南西斜面で大きく、北東斜面で小さく、また1日の水ストレスは両斜面とも斜面下部で最も小さいことを報告している。玉泉ら²⁾は8年生のヒノキ林で斜面位置による木部圧ポテンシャルの変動を調べ、明け方の木部圧ポテンシャルは生長の悪い斜面上部と生長の良い斜面下部とで、特に乾燥時に大きな差があり、土壌水分が生長の制限因子として重要であることを指摘している。本研究に使用した樹林園内の植栽木は平坦地に生育しており、テンシオメータで測定した結果では各プロット共土壌水分状態に大きな差がなかった。またナンゴウヒはクローンであるから、供試木の生長の良否は主に土壤の肥沃度によるものと思われる。土壤の肥沃度と水ストレスとの関係については厳密な条件を設定して研究する必要がある、今後の研究に待ちたい。

土壤の肥沃度は光合成、蒸散作用などさまざまな生理活動に影響し、林木の成長を大きく左右する。前報で報告したように、ヒノキは無施肥区では生長が著しく悪いが施肥によって生長量が著しく増加する。土壤の肥沃度は光合成器官である葉の構造、形態、機能に大きく影響する。気孔は蒸散作用及びガス交換の器官であるが、ミカン樹では高収量園の葉は大形で気孔数が多く、低収量園の葉は小形で気孔数が少ない⁹⁾。また葉の表面には光沢があるが、これはクチクラ層をコーティングしているワックスの質と量で決まり、ワックスは葉齢や環境条件の変化によって剝離集積をくり返す。気孔はワックスで覆われているが、多収園ではたえず新陳代謝をくり返してワックスが交替しているという。ナンゴウヒのクローン

で予備的に気孔数を調べたところ、生長の良い木では710~830個/mm²、生長の悪い木では500~650個/mm²の密度で存在し、肥沃地で育った生長の良い木はやせ地の生長の悪い木よりも気孔数が多い傾向がみられた。また生長の良い木はワックスの分泌が盛んで気孔表面を覆っており、ワックスの剝離交替も良好のようであった。ミカン樹と同じような現象がみられた。ナンゴウヒでは、日中の木部圧ポテンシャルの低下は生長の良い木よりも生長の悪い木で大きく、1日の水ストレスの値も大きな差がみられた。これは気孔の構造や機能とも関係があると思われる。シトカトウヒでは、気孔がワックスで閉鎖されている場合には蒸散作用が3分の1抑制される⁹⁾。またガラス室内で育成したものは森林内に生育しているものに比べて著しくワックスが多いことが報告されている。耐やせ地性育種を進めるにあたって葉の構造や機能の研究も重要であると思われる。

総 括

平坦地の肥沃地とやせ地で育った6年生のナンゴウヒ(クローン)と在来のヒノキについて木部圧ポテンシャル、蒸散速度及び1日の水ストレスの差異を調べ、更に葉の形態、気孔の構造などを比較した。

1. 肥沃地で育った生長の良い木はやせ地の生長の悪い木よりも木部圧ポテンシャルの日中低下が小さく、明け方の木部圧ポテンシャルが高く、1日の水ストレスの値が小さい傾向がみられた。特にこの傾向はクローンであるナンゴウヒで顕著であった。

2. 葉の形態は品種及び生育条件によって差があったが、特に気孔の状態に違いがみられ、生長の良い木は悪い木に比べてワックスの分泌が盛んであった。ワックスの分泌は蒸散作用の調節に重要なかわりを持っているものと思われる。

謝 辞

本研究に際し、走査電子顕微鏡の使用についてご指導いただいた作野友康助教授に感謝の意を表する。

文 献

- 1) Jeffrey, C. E., Johnson, R. P. C. and Jarvis, P. G. : Epicuticular wax in the stomatal antechamber of Sitka spruce and its effects on the diffusion of water vapour and carbon dioxide. *Planta*, **98** 1~10 (1971)
- 2) 玉泉幸一郎・須崎民雄: 土壌水分環境が植物群落の

- 分布におよぼす影響について。(VII) 斜面位置による水分状態の比較. 日林九支研論集, 36 81~82(1983)
- 3) 森川 靖・佐藤大七郎: 水. 佐藤大七郎・堤 利夫編, 文永堂, 東京 (1978) pp. 155~156
 - 4) 森川 靖: 林木の生長と水分条件. 第1回林木の生長機構研究会シンポジウム, 日林誌 64 35(1982)
 - 5) Oladele, F. A. : Scanning electron microscope study of stomatal-complex configuration in *Cupressaceae*. *Can. J. Bot.*, 61 1232~1240 (1983)
 - 6) 白石雅也: ミカンの生育と診断. 農文協 (1985) pp. 86~110
 - 7) 佐藤 明・森川 靖: ふたつの斜面に生育するスギ林分における木部圧ポテンシャルの日経過. 日林誌, 58 321~327 (1976)
 - 8) Takahashi, K. : Effects of soil moisture stress on xylem sap pressure and relative water content of *Abies* and *Picea* seedlings. *J. Jap. For. Soc.*, 59 64~66 (1977)