

スギとタイワンスギの低温にともなう水分生理的变化

波羅 仁*・則定真利子*・鈴木 誠**・丹下 健*・八木久義*

Changes in Water Relations with Temperature Decrease in *Cryptomeria japonica* and *Taiwania cryptomerioides*

Masashi HARA*, Mariko NORISADA*, Makoto SUZUKI**, Takeshi TANGE*
and Hisayoshi YAGI*

1. はじめに

スギ科の樹木は、かつて現在の分布よりはるかに高緯度まで広く北半球に分布していたが (FLORIN, 1963; 堀田, 1974), 北半球全域でおきた気候変動により, より低温に馴化したマツ科樹木に分布を追いやられ, 現在のように隔離分布するようになったと考えられている (堀田, 1974)。現在, 日本のみ分布するスギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) とそれよりも南方の台湾と中国雲南省に隔離分布するタイワンスギ (*Taiwania cryptomerioides* Hayata) について同様のことがいえ, タイワンスギは日本でもその化石が見つかっており (FLORIN, 1963; 堀田, 1974), かつては日本にも分布していたことがわかっている。この2種については, 芽の耐凍度の違いからスギの方がより低温に対して耐性をもつものと考えられている (酒井, 1982)。

植物に対する低温の影響として, 生体膜の透過性の低下や水の粘性の増大による植物体の通水抵抗の増大, 特に根の通水抵抗の増大がおこり, 樹体に水ストレスがかかることが数多く調べられている (KRAMER, 1942; KAUFMANN, 1975, 1977; RUNNING and REID, 1980; BENZONI and DUNSTONE, 1988; NOBEL *et al.*, 1990; YOSHIDA and EGUCHI, 1990)。また, 0°C 以下でおこる細胞間隙の水の凍結も, 細胞内の水が奪われるという意味で, 細胞に水ストレスがかかる要因となる。一方, 水ストレスや低温ストレスのかかった植物では, 細胞内溶質濃度が高まる, いわゆる浸透調節が起こることが知られており (FORD and WILSON, 1981; WILSON and LUDLOW, 1983; GROSS and KOCH, 1991; GROSSNICKLE, 1992; 則定ら, 1996), ストレスに対する適応的反応であると考えられている。このような適応反応の違いもそれぞれの種の水ストレスや低温ストレスに対する耐性の違いに関与する要因と考えられている。

本研究では, 異なる温度域に天然分布するスギとタイワンスギの低温に対する水分生理反応の違いを明らかにすることを目的に, 同一の場所に植栽された成木について, 夏季から冬季にかけての温度低下にともなう葉の水分特性や樹体の水分状態の変化を調べた。

* 東京大学大学院農学生命科学研究科森林科学専攻
Department of Forest Science, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo.

** 東京大学農学部附属演習林千葉演習林
University Forest in Chiba, Faculty of Agriculture, The University of Tokyo.

2. 材料と方法

調査地と供試木

千葉県房総半島南部に位置する東京大学農学部附属千葉演習林内の武者戸（45 林班 D4 小班）に植栽されたタイワンスギ、スギそれぞれ 2 本を供試木とした。供試木の胸高直径と樹高は、タイワンスギではそれぞれ 47.9 cm, 16.4 m（以下、タイワン 1）、20.4 cm, 13.0 m（以下タイワン 2）であり、スギではそれぞれ 55.7 cm, 14.0 m（以下スギ 1）、31.2 cm, 14.0 m（以下スギ 2）である。武者戸から北に約 1.5 km 離れた千葉演習林清澄作業所（標高約 300 m）での 1975 年から 1994 年までの年平均気温は 14°C、年平均降水量は 2300 mm（東京大学農学部附属演習林, 1987a, b, 1992-1996）で、気候としては暖温帯に属している。試験地は標高約 160 m、海岸から約 3 km の位置にあり、海を遮る尾根はない。このため海の影響を強く受け、夏季は海からの湿った風が卓越し、朝晩に霧が発生する日が多い。冬季には北からの乾燥した季節風の吹く日が多くなる。

調査期間中の気温および深さ 5, 20, 50 cm での地温を測温抵抗体 (Pt100 Ω, 千野製作所) で測定した。また、樹体の水分生理状態を測定した日に、土壌の水ポテンシャルをセラミックス土壌水分計 (計器: PF-33, 検出器: 2124, 藤原製作所) で、陽樹冠部の気温と相対湿度を風速・温湿度計 (model 6511, KANOMAX) で測定した。

樹木の水分生理状態の季節変化

樹冠部南側の陽当たりの良い地上 10 m の当年生葉の水ポテンシャル (ϕ_{leaf}) をプレッシャー・チャンバー法 (SCHOLANDER *et al.*, 1965; 森川・佐藤, 1976) で、蒸散速度を定常型ポロメーター (Li-1600, Licor) を用いて、樹液流速 (HPV) をヒートパルス法 (森川, 1972; 森川・佐藤, 1976) で測定した。1996 年 7 月から 1997 年 3 月にかけて 2~6 週間おきに計 10 回、測定を行った。1 回の測定期間は 1~3 日間である。

午前中には土壌と葉の水ポテンシャル差 ($\Delta\phi$) の低下に対して HPV が直線的に増加する (図-1)。 $\Delta\phi$ と HPV との傾きから根から葉までの通水抵抗 (R) として求めた (KRAMER, 1983)。

$$R = \text{HPV} / \Delta\phi$$

ここで用いた HPV は、センサーの埋めかえによる測定部位の違いや季節的な通導部の面積変化の影響をなくすために、蒸散速度と樹液流速が安定している日中は両者がつりあっていると仮定し、7 月の蒸散速度に対する各測定日の蒸散速度の比率を用いて修正した値である。

葉の水分特性の季節変化

樹冠上部 10 m の陽当たりの良い環境下にある当年生葉の水分特性をプレッシャー・チャンバー (PC-8000, 大起理化; Model-3000, Soil & Moisture) を用いた P-V 曲線法 (TYREE and HAMMEL, 1972; 丸山・森川, 1983) により測定した。得られた P-V 曲線から、葉が十分に吸水したときの浸透ポテンシャル (ϕ^{sat}) および葉が膨圧を失うときの水ポテンシャル (ϕ^{wp})、細胞の体積弾性率 (ϵ)、乾重あたりの全細胞内自由水量 (V_o/DW)、乾重あたりの細胞内溶質量 (N_s/DW) を求めた。P-V 曲線法は再現性が高いので、各供試木についての測定は 1 回もしくは 2 回とし、1996 年 7 月から 1997 年 3 月にかけて 2~6 週間おきに計 11 回、測定した。

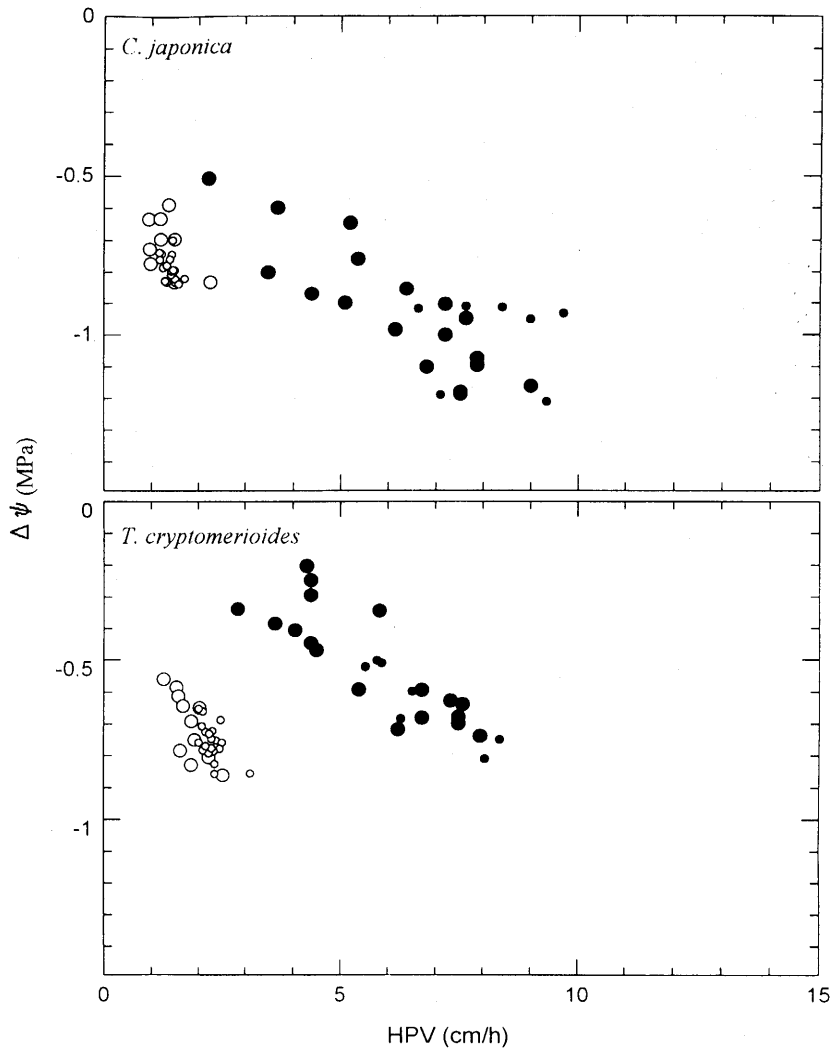


図-1 土壌と葉の水ポテンシャル差と樹液流速との関係。

●: 9/5, 6, ○: 1/13, 14, 大きいシンボル: 午前, 小さいシンボル: 午後.

Fig. 1. Relationships between difference of soil and leaf water potential and HPV.

●: 5, 6 September, ○: 13, 14 January, big symbol: morning, small symbol: afternoon.

3. 結果と考察

調査地の日平均気温, 地温および清澄作業所での日降水量を図-2 に示す。地温が 0°C 以下になることはなかった。

樹体の水分生理状態の季節変化

スギでは夏季の方が冬季よりも日中の ϕ_{leaf} が低く, 大気飽差 (VPD) と ϕ_{leaf} の対応関係に夏季

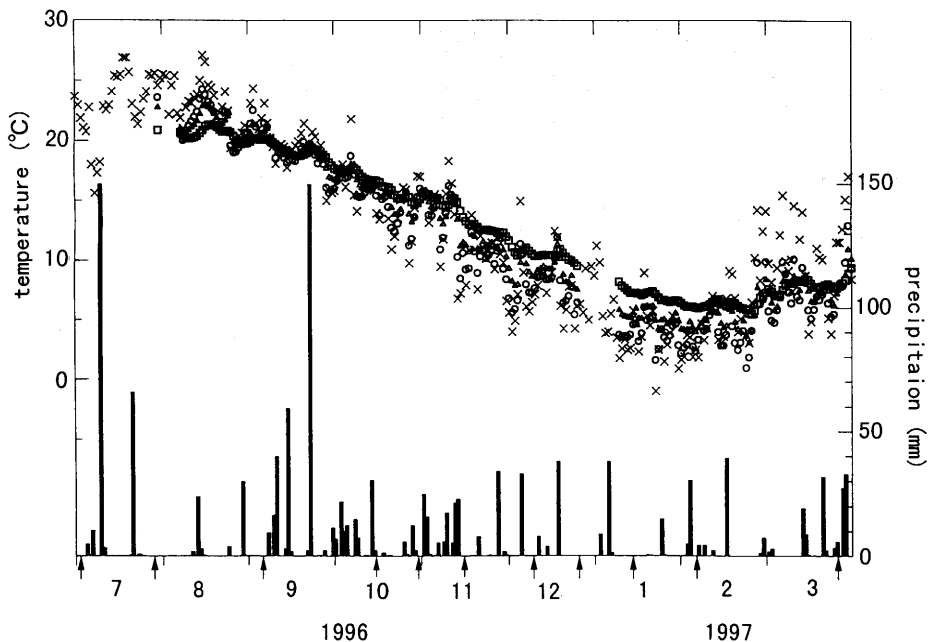


図-2 調査地における気温、地温および降水量の季節変化。

×: 気温, ○: 地温 (5 cm 深), ▲: 地温 (20 cm 深), □: 地温 (50 cm 深). 測定日を矢印で示した。

Fig. 2. Seasonal changes in air temperature, soil temperature and precipitation at the study site.

×: air temperature, ○: soil temperature at 5 cm in depth, ▲: soil temperature at 20 cm in depth, □: soil temperature at 50 cm in depth. Arrows indicate measurement days.

と冬季で差がみられなかった (図-3)。一方、タイワンスギでは夏季と冬季で日中の ϕ_{leaf} に差がみられず、夏季よりも冬季の方が同じ VPD のもとでの ϕ_{leaf} が低い傾向があった (図-3)。タイワンスギは夏季よりも冬季の方が、 ϕ_{leaf} が低下しやすいといえる。

いずれの供試木についても、夏季から冬季にかけて日中の蒸散速度が低下した (図-4)。12月から2月の蒸散速度は7月から9月の蒸散速度の 1/5 から 1/10 であった。いずれの供試木も冬季には気孔コンダクタンス (g) が夏季に比べて 1/4 から 1/10 程度であり、ここでみられた蒸散速度の低下は VPD の季節的な変化よりも、 g の低下を反映していた。

7月と9月の通水抵抗の平均値および 25°C での水の粘性を 1 として求めた通水抵抗および水の粘性の相対値を示す (図-5)。冬季には樹液流速度が低いため欠測があった。各供試木で、夏季に比べて冬季の方が R が大きかったが、スギでは地温が 15°C 以上では温度低下にともなう R の増大が顕著であり、15°C 以下ではあまり変化しなかった。

円形断面のまっすぐな管を水が通過する際の抵抗は半径の二乗に反比例し、水の粘性に比例する (谷, 1967)。樹体の通水部の温度は水の供給源である地温に近いと考えられ、水の粘性は 25°C を基準とすると 15°C で 1.28 倍、10°C で 1.49 倍、5°C で 1.71 倍に増大する (文部省国立天文台, 1996)。温度低下にともなう水の粘性の増大による抵抗の増大以上に R が増大したことから、植物体の通水抵抗の増大が考えられた。

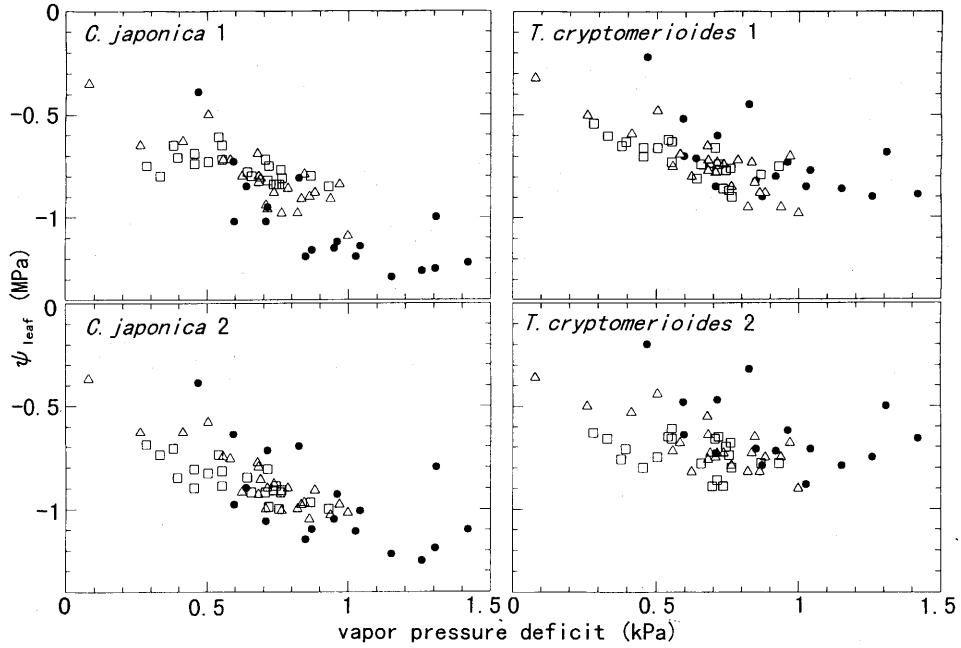


図-3 大気飽差と葉の水ポテンシャル (ψ_{leaf}) との関係.

●: 7/29, 31, 9/5 □: 12/9, 10, 26 △: 1/13, 14, 2/5.

Fig. 3. Relationships between vapor pressure deficit and leaf water potential (ψ_{leaf}).

●: 29, 31 July and 5 September, □: 9, 10 and 26 December, △: 13, 14 January and 5 February.

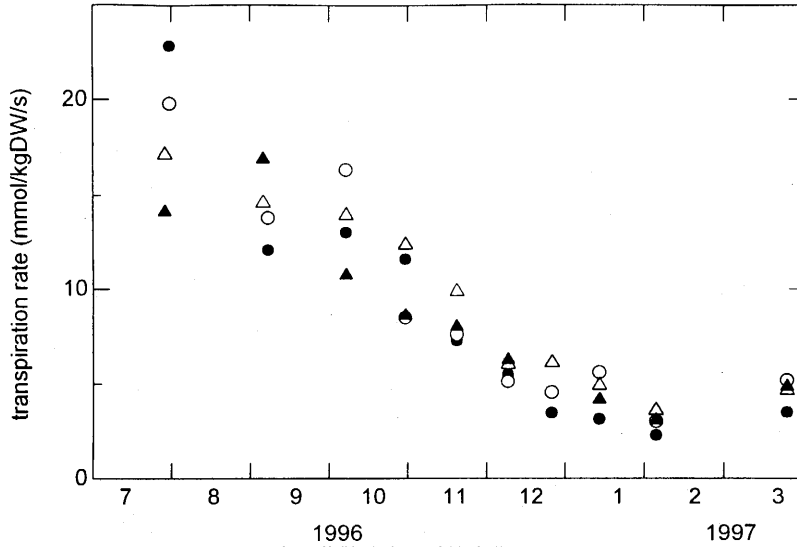


図-4 日中の蒸散速度の季節変化.

●, ▲: スギ, ○, △: タイワンスギ.

Fig. 4. Seasonal changes in transpiration rate.

●, ▲: *C. japonica*, ○, △: *T. cryptomerioides*.

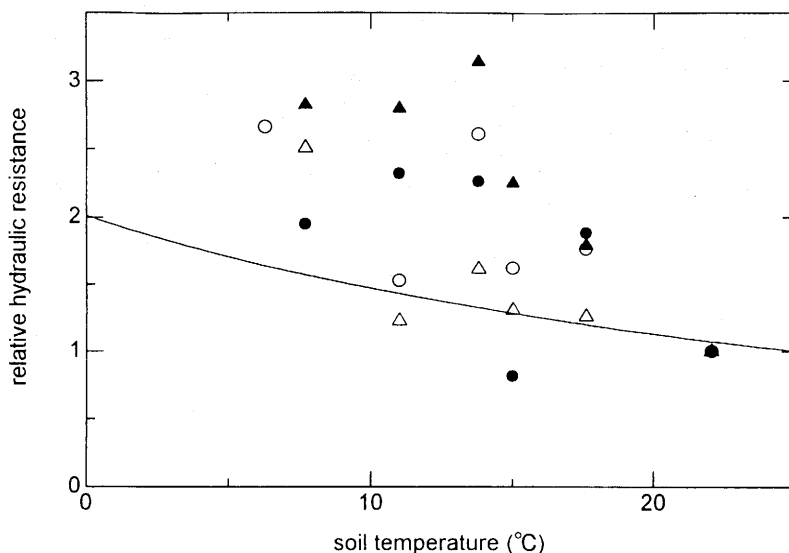


図-5 深さ 50 cm での地温と透水抵抗との関係。

●, ▲: スギ, ○, △: タイワンスギ, —: 純水の粘性。

Fig. 5. Relationship between soil temperature at 50 cm in depth and relative hydraulic resistance.

●, ▲: *C. japonica*, ○, △: *T. cryptomerioides*, —: relative water viscosity.

葉の水分特性の季節変化

スギでは 10 月初め頃から ϕ_s^{sat} の低下が始まり、2 月に最低となった。この間、 ϕ_s^{sat} はスギ 1 では -1.3 MPa から -2.0 MPa に、スギ 2 では -1.4 MPa から -2.0 MPa に低下した後、3 月に 1 月の値近くまで上昇がみられた (図-6)。一方、タイワン 1 では 7 月末から 11 月中旬にかけて ϕ_s^{sat} が -0.9 MPa から -1.5 MPa に低下した後、1 月中旬まで変化せず、2 月初めに -1.9 MPa に低下した (図-6)。タイワン 2 では 7 月下旬から 11 月中旬にかけて ϕ_s^{sat} が -0.9 MPa から -1.5 MPa に低下した。その後は 3 月までほとんど変化せず、 $-1.2 \sim -1.5$ MPa の間にあった。

ϕ_w^{up} も ϕ_s^{sat} と同様な季節変化を示した。10 月初めから 2 月にかけて、スギ 1 では -1.9 MPa から -3.1 MPa に、スギ 2 では -2.0 MPa から -2.6 MPa に ϕ_w^{up} が低下し、3 月には、1 月の値近くまで上昇した (図-6)。タイワン 1 では 7 月末から 11 月中旬にかけて -1.3 MPa から -2.1 MPa に ϕ_w^{up} が低下した後、1 月中旬まで変化せず、2 月初めに -2.6 MPa に低下し、3 月には、11 月から 1 月の値近くまで上昇した (図-6)。タイワン 2 では 7 月下旬から 11 月中旬にかけて -1.3 MPa から -2.0 MPa に低下した。その後は 3 月までほとんど変化せず、 $-1.9 \sim -2.1$ MPa の間にあった。

葉を採取した直前の 1 週間の日平均気温の平均値と ϕ_s^{sat} および ϕ_w^{up} との関係を見ると (図-7)、スギでは週平均気温が 17°C 以下で顕著に低下が始まり、気温の低下にともなって ϕ_s^{sat} 、 ϕ_w^{up} が低下した。タイワンスギでは、 16°C 以上の時季には気温の低下にともなって ϕ_s^{sat} と ϕ_w^{up} がそれぞれ低下したが、それ以下に気温が低下しても ϕ_s^{sat} と ϕ_w^{up} は低下しなかった。

気温の低下にともなって ϕ_s^{sat} の低下がおこることは数多くの種で知られている。たとえば、イ

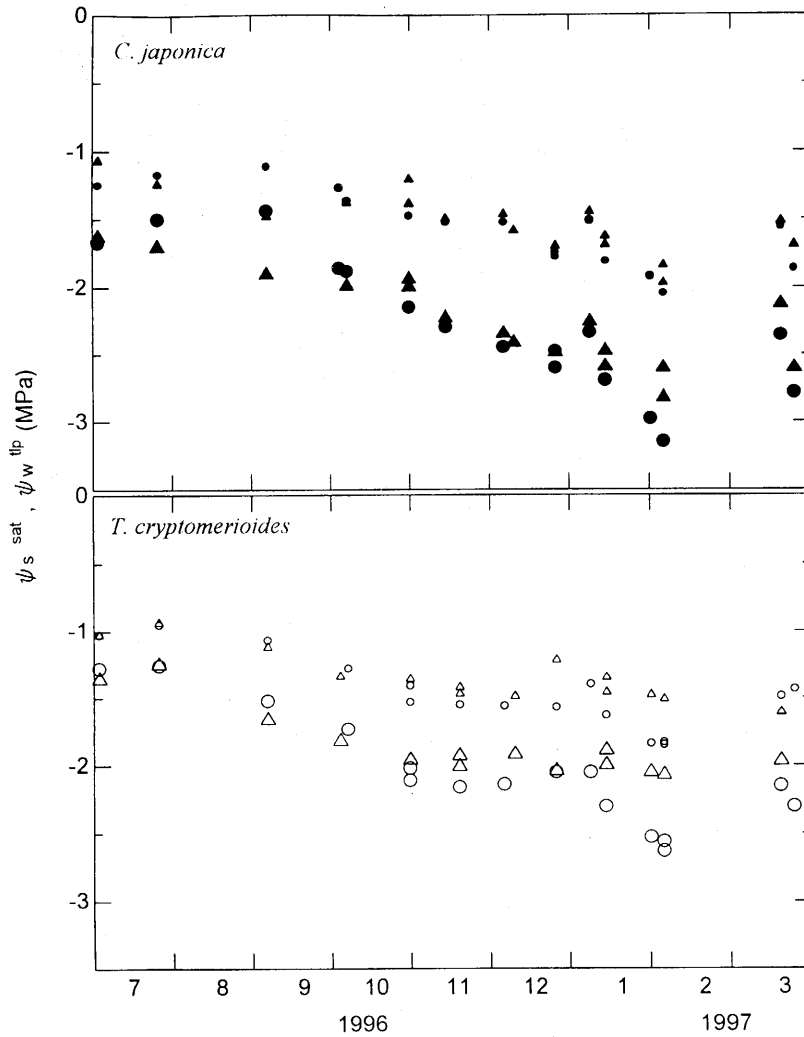


図-6 ψ_s^{sat} と ψ_w^{tip} の季節変化。

小さいシンボル: ψ_s^{sat} , 大きいシンボル: ψ_w^{tip} .

Fig. 6. Seasonal changes in ψ_s^{sat} and ψ_w^{tip} .

small symbol: ψ_s^{sat} , big symbol: ψ_w^{tip} .

チゴ (*Fragaria virginiana*) の越冬葉の ψ_s^{sat} では、気温が 0°C 以下になると気温の低下とともに急激に低下し、耐凍性が増大したという報告がある (O'NEILL, 1983)。スギについても、12月に最低気温が 0°C 以下の日があった後の ψ_s^{sat} の低下が大きく、耐凍性の高いクローンと低いクローンで ψ_s^{sat} を比べると前者の方が低いことが示されている (丸山ら, 1988)。ニセアカシアの韌皮組織では、溶質濃度の上昇と耐凍性の増大がよく一致することが報告されている (酒井, 1982)。タイワンスギに比べてスギより一層明確であった冬季の ψ_s^{sat} の低下は、耐凍性をより増大させたと考えられる。このことは、芽の耐凍性においてタイワンスギの芽の方がスギよりも耐凍性が低い

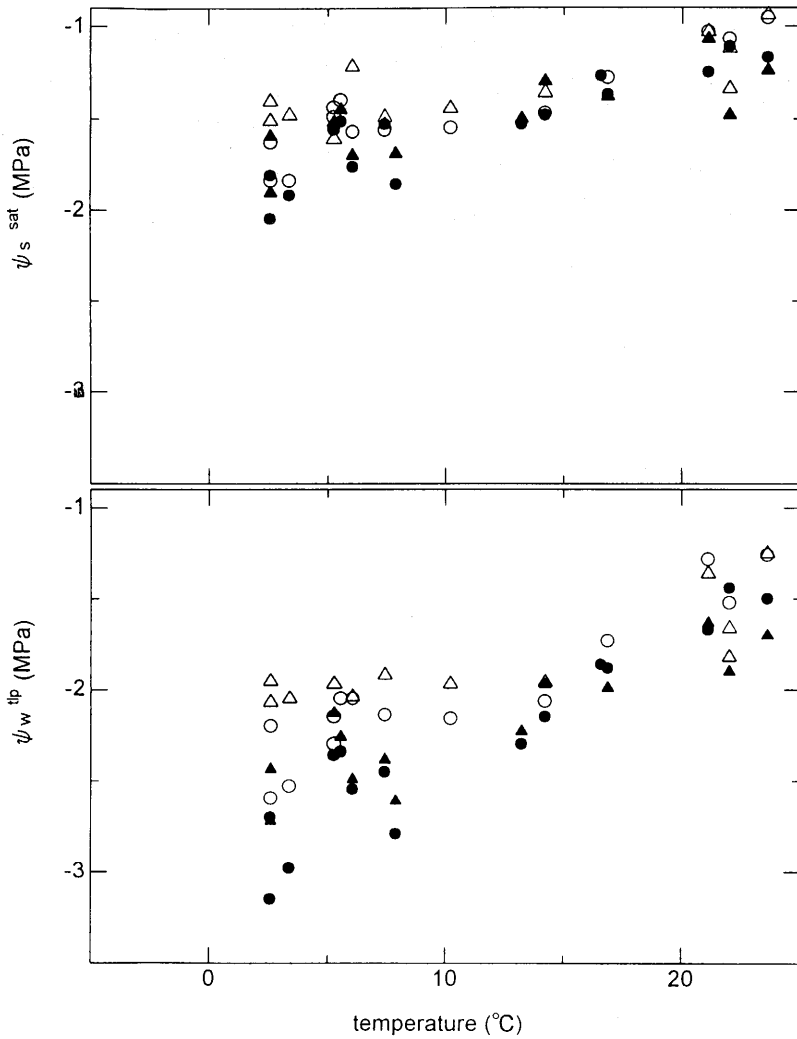


図-7 気温と ψ_s^{sat} , ψ_w^{lp} との関係。

●, ▲: スギ, ○, △: タイワンスギ。

Fig. 7. Relationships between air temperature and ψ_s^{sat} or ψ_w^{lp} .

●, ▲: *C. japonica*, ○, △: *T. cryptomerioides*. Temperature value is given by mean of 7 days prior to P-V curve measurement.

こと (酒井, 1982) と一致する。

浸透ポテンシャルの低下は糖, アミノ酸など細胞内溶質量の増加と全細胞内自由水量の減少によって引き起こされる (FORD and WILSON, 1981; 酒井, 1982)。イチゴでは主に可溶性の糖類の増加が ψ_s^{sat} の低下に寄与しており (O'NEILL, 1983), スギ (Doi *et al.*, 1986) やトウヒ (*Picea abies*; GROSS and KOCH, 1991) では全細胞内自由水量の減少が ψ_s^{sat} の要因となることが報告されている。

いずれの種でも乾重あたりの全細胞内自由水量 (V_o/DW) は夏季から冬季にかけて減少した

(図-8)。乾重あたりの細胞内溶質量(N_s/DW)は夏季から冬季にかけて、スギでは減少し、タイワンスギでは変化が少ない傾向がみられた。このことは、秋から冬にかけてスギとタイワンスギでみられた ψ_w^{sat} の低下は細胞内自由水量の減少による相対的な溶質濃度の上昇によるところが大きいことを示している。

細胞内液量と圧ポテンシャルの変化から求めた細胞の体積弾性率(ϵ)の最大値 ϵ_{max} は、スギ、タイワンスギともに冬季に夏季よりも高くなる傾向がみられた(図-9)。 ϵ_{max} は、 ψ_w^{sp} の低下にと

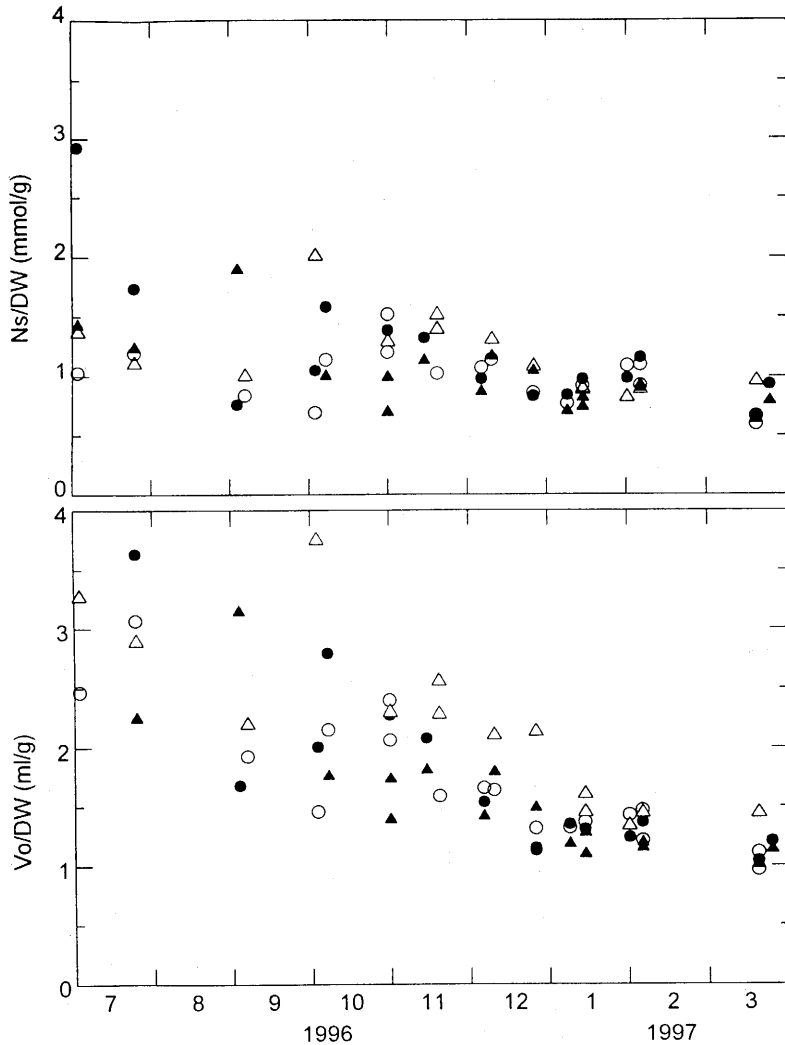


図-8 乾重あたりの細胞内溶質量(N_s/DW)と細胞内自由水量(V_o/DW)の季節変化。

●, ▲: スギ, ○, △: タイワンスギ。

Fig. 8. Seasonal changes in amount of osmoles per unit dry weight (N_s/DW) and volume of symplasmic water at full turgidity per unit dry weight (V_o/DW).

●, ▲: *C. japonica*, ○, △: *T. cryptomerioides*.

もなってスギでは7月から2月にかけて徐々に上昇し、タイワンスギでは10月下旬まで上昇し、それ以降はほぼ一定の値であった。スギでは2月に比べて3月に ϕ_w^* が上昇したのに対して、 ϵ_{\max} はさらに上昇した。

ϵ が高いほど強く弾性の乏しい細胞壁を持つことを表し、耐凍性の高い細胞の細胞膜は弾性が乏しい(酒井, 1982)。ベイスギ(*Thuja plicata* Donn)では冬季、細胞の体積弾性率(ϵ)の上昇が小さかったという報告がある(GROSSNICKLE, 1992)。一方、ユーカリノキ属(*Eucalyptos*)の3種では耐凍性の高い種ほど ϵ が高く、季節的な耐凍性の高まりとともに高くなる(Valentini *et al.*, 1990)。スギの耐凍性の高い品種と低い品種で12月の ϵ を比べた例では、前者の方が高いことが

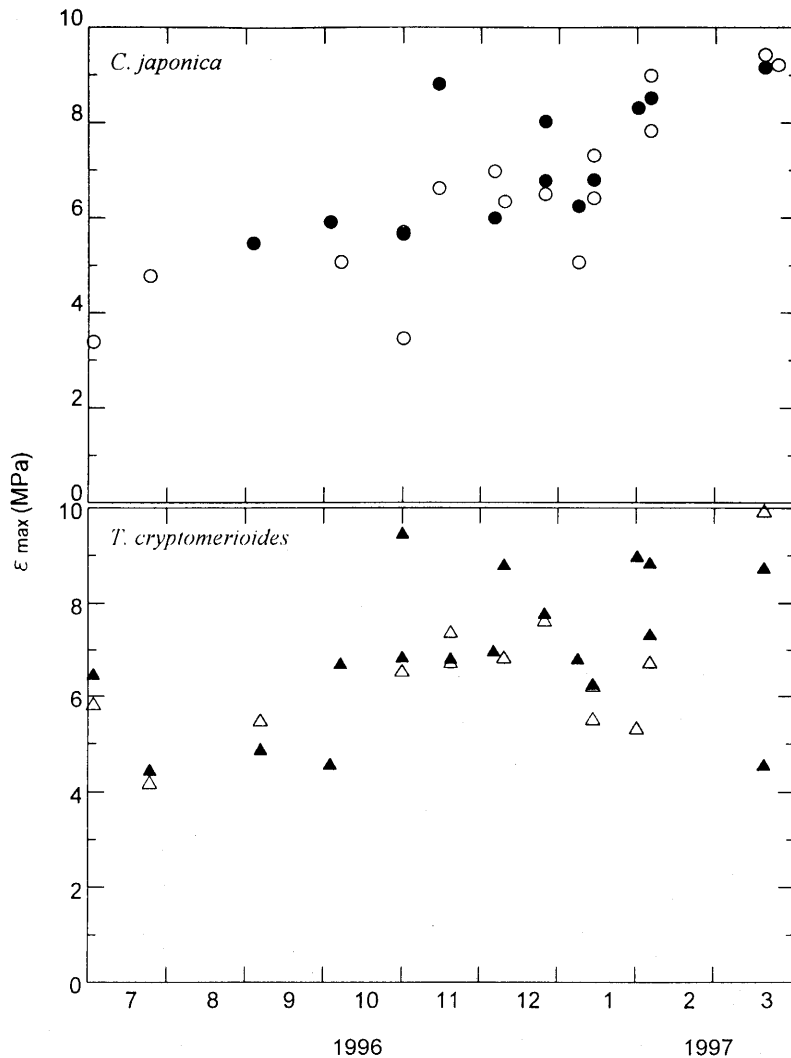


図-9 細胞の体積弾性率(ϵ_{\max})の季節変化。

Fig. 9. Seasonal changes in cell elasticity (ϵ_{\max}) of leaves.

報告されている(丸山ら, 1988)。スギとタイワンスギでみられた夏季から冬季への ϵ_{\max} の上昇は低温への適応と考えられた。スギとタイワンスギでは冬季の ϵ_{\max} の値に差はみられなかった。

4. 結 論

気温低下にともなう樹木の通水抵抗の増大はスギの方がタイワンスギに比べて明瞭であった。一方、気温低下にともなう ψ^{sat} および ψ^{WP} の低下傾向に両樹種間で差が認められ、タイワンスギに比べてスギの方が、低温に対する耐凍性、乾燥耐性の増大が大きいと考えられた。この両樹種間での差は、低温に対する適応力の差を反映していると考えられる。

5. 謝 辞

千葉演習林での測定に際し、同演習林蔵治光一郎博士に便宜をはかっていただいた。同演習林の職員の方にはご協力いただいた。心からお礼申し上げる。

要 旨

温度環境の異なる天然分布域をもつスギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) とタイワンスギ (*Taiwania cryptomerioides* Hayata) について、季節的な温度変化にともなう水分特性の変化を調べた。東京大学千葉演習林内の同一箇所に植栽されたスギ2本(樹高16.4 m, 13.0 m)とタイワンスギ2本(16.0 m, 14.0 m)を供試木とした。1996年7月から1997年の3月にかけて定期的に、樹液流速および地上高約10 mの陽樹冠の当年生葉についての日中の蒸散速度と水ポテンシャルの測定と、P-V曲線の作成を行った。

樹液流速と葉の水ポテンシャルから求めた樹木の通水抵抗は夏から冬にかけて増大し、タイワンスギよりもスギの方がその傾向が顕著だった。葉が十分に吸水したときの浸透ポテンシャルおよび膨圧を失うときの水ポテンシャルは、スギでは気温の低下にともない低下するのに対して、タイワンスギでは、週平均気温が16°C以上の時季では気温の低下にともない低下したが、16°Cより低い時季にはそのような傾向はみられなかった。細胞の体積弾性率については、スギでは夏から冬にかけて上昇したが、タイワンスギでは10月以降上昇しなかった。以上のような葉の水分特性はタイワンスギよりもスギの方が耐凍性が高いことを示唆している。

キーワード: 浸透ポテンシャル, 通水抵抗, 低温, スギ, タイワンスギ

引 用 文 献

- BENZIONI, A. and DUNSTONE, R. L. (1988) Effect of air and soil temperature on water balance of jojoba growing under controlled conditions. *Physiol. Plant.*, **74**, 107-112.
- DOI, K., MORIKAWA, Y. and KINCKLEY, T. M. (1986) Seasonal trends of several water relation parameters in *Cryptomeria japonica* seedlings. *Can. J. For. Res.*, **16**, 74-77.
- FLORIN, R. (1963) The distribution of conifer and Taxad genera in time and space. *Act. Hort. Berg.*, **20**, 121-312.
- FORD, C. W. and WILSON, J. R. (1981) Changes in levels of solutes during osmotic adjustment to water stress in leaves of four tropical pasture species. *Aust. J. Plant Physiol.*, **8**, 77-91.
- GROSS, K. and KOCH, W. (1991) Water relations of *Picea abies*. I. Comparison of water relations parameters of spruce shoots examined at the end of the vegetation period and in winter. *Physiol. Plant.*, **83**, 290-295.

- GROSSNICKLE, S. C. (1992) Relationship between freezing tolerance and shoot water relations of western red cedar. *Tree Physiol.*, **11**, 229-240.
- 堀田 満 (1974) 植物の分布と分化. 植物の進化生物学, **3**, 400 pp., 三省堂, 東京.
- KAUFMANN, M. R. (1975) Leaf water stress in Engelmann spruce. *Plant Physiol.*, **56**, 841-844.
- KAUFMANN, M. R. (1977) Soil temperature and drying cycle effects on water relations of *Pinus radiata*. *Can. J. Bot.*, **55**, 2413-2418.
- KRAMER, P. J. (1942) Species differences with respect to water absorption at low soil temperatures. *Am. J. Bot.*, **29**, 828-832.
- KRAMER, P. J. (1983) Water relations of plants. 489 pp., Academic Press, New York.
- NOBEL, S. P., SCHULITE, P. J. and NORTH, G. B. (1990) Water influx characteristics and hydraulic conductivity for roots of *Agave deserti* Engelm. *J. Exp. Bot.*, **41**, 409-415.
- 丸山 温・森川 靖 (1983) 葉の水分特性の測定—P-V 曲線法—. *日林誌*, **65**, 23-28.
- 丸山 温・森川 靖・細貝 浩・金川 侃・堀内孝雄 (1988) 初冬におけるスギ耐凍性選抜木の葉の水分特性. *日林誌*, **70**, 518-524.
- 文部省国立天文台 (1996) 理科年表, CD-ROM.
- 森川 靖 (1972) 樹液流測定装置と測定法. *日林誌*, **54**, 166-171.
- 森川 靖・佐藤 明 (1976) 幹の樹液流速と樹冠部の木部圧ポテンシャル. *日林誌*, **58**, 11-14.
- 則定真利子・丹下 健・丸山 温・松本陽介 (1996) 東京大学千葉演習林に植栽されたスギ科 6 種の葉の水分特性の季節変化. *森林立地*, **38**, 73-79.
- 農学部附属演習林 (1987a) 演習林気象報告 (自昭和 56 年至昭和 60 年). 演習林 (東大), **25**, 1-47.
- 農学部附属演習林 (1987b) 千葉演習林気象報告 (自昭和 50 年至昭和 59 年). 演習林 (東大), **25**, 49-59.
- 農学部附属演習林 (1992a) 東京大学演習林気象報告 (自 1985 年至 1989 年). 演習林 (東大), **29**, 141-204.
- 農学部附属演習林 (1992b) 東京大学演習林気象報告 (自 1990 年 1 月至 1990 年 12 月). 演習林 (東大), **29**, 205-333.
- 農学部附属演習林 (1993) 東京大学演習林気象報告 (自 1991 年 1 月至 1991 年 12 月). 演習林 (東大), **30**, 141-268.
- 農学部附属演習林 (1994) 東京大学演習林気象報告 (自 1992 年 1 月至 1992 年 12 月). 演習林 (東大), **31**, 39-166.
- 農学部附属演習林 (1995) 東京大学演習林気象報告 (自 1993 年 1 月至 1993 年 12 月). 演習林 (東大), **32**, 113-240.
- 農学部附属演習林 (1996) 東京大学演習林気象報告 (自 1994 年 1 月至 1994 年 12 月). 演習林 (東大), **33**, 193-320.
- O'NEILL, S. D. (1983) Osmotic adjustment and the development of freezing resistance in *Fragaria virginiana*. *Plant Physiol.*, **72**, 938-944.
- RUNNING, S. W. and REID, C. P. (1980) Soil temperature influences on root resistance of *Pinus contorta* seedlings. *Plant Physiol.*, **65**, 635-640.
- 酒井 昭 (1982) 植物の耐凍性と寒冷適応—冬の生理・生態学—. 学会出版センター, 東京, 469 pp.
- SCHOLANDER, P. F., HAMMEL, H. T., BRADSTREET, E. D. and HEMMINGSEN, E. A. (1965) Sap pressure in vascular plants. *Science*, **148**, 339-346.
- 谷 一郎 (1967) 流れ学第 3 版. 268 pp.
- TYREE, M. T. and HAMMEL, H. T. (1972) The measurement of the turgor pressure and the water relations of plants by the pressure bomb technique. *J. Exp. Bot.*, **23**, 267-282.
- YOSHIDA, S. and EGUCHI, H. (1990) Root temperature effect on root hydraulic resistance in Cucumber (*Cucumis sativus* L.) and Figleag gourd (*Cucurbita ficifolia* B.) plants. *Biotronics*, **19**, 121-127.
- VALENTINI, R., SCARASCIA, G., GIORDANO, E. and KUZMINSKY, E. (1990) Influence of cold hardening on water relations of three Eucalyptus species. *Tree Physiol.*, **6**, 1-10.
- WILSON, J. R. and LUDLOW, M. M. (1983) Time trends for change in osmotic adjustment and water relations of leaves of *Cenchrus ciliaris* during and after water stress. *Aust. J. Plant Physiol.*, **10**, 15-24.

(1997 年 10 月 31 日受付)

(1998 年 1 月 21 日受理)

Summary

Seasonal changes in water relations of *Cryptomeria japonica* D. Don and *Taiwania cryptomerioides* Hayata, whose natural distribution areas differed, were investigated. The study was conducted on two *C. japonica* (16.4 m, 13.0 m) and two *T. cryptomerioides* (16.0 m, 14.0 m) planted in the Tokyo University Forest in Chiba. The transpiration rate and water potential of current-year leaves at midday, sap flow velocity and pressure-volume curves of leaves were periodically measured from July 1996 to March 1997.

The hydraulic resistance of both species in winter was higher than that in summer. Increase in hydraulic resistance in winter was more apparent in *C. japonica* than in *T. cryptomerioides*. Osmotic potential at saturation and water potential at the turgor loss point of *C. japonica* decreased as air temperature decreased. Though the osmotic potential and water potential of *T. cryptomerioides* decreased as air temperature decreased up to 16°C, they did not decrease as air temperature decreased below 16°C. Cell elasticity of leaves of *C. japonica* increased as air temperature decreased. *T. cryptomerioides* did not show an increase in cell elasticity of leaves after November. These water relations obtained on both species indicated that *C. japonica* was more tolerant to low temperature than *T. cryptomerioides*.

Key words: Osmotic potential, Hydraulic resistance, Low temperature, *Cryptomeria japonica*, *Taiwania cryptomerioides*

Changes in Water Relations with Temperature Decrease in *Cryptomeria japonica* and *Taiwania cryptomerioides*

Masashi HARA, Mariko NORISADA, Makoto SUZUKI, Takeshi TANGE
and Hisayoshi YAGI

Seasonal changes in water relations of *Cryptomeria japonica* D. Don and *Taiwania cryptomerioides* Hayata, whose natural distribution areas differed, were investigated. The increment in hydraulic resistance in winter was more apparent in *C. japonica* than in *T. cryptomerioides*. The osmotic potential at saturation and water potential at the turgor loss point of *C. japonica* decreased as air temperature decreased. Though the same variables of *T. cryptomerioides* decreased as air temperature decreased up to 16°C, they did not decrease as air temperature decreased below 16°C. These results indicated that *C. japonica* was more tolerant to low temperature than *T. cryptomerioides*.

Genetic Diversity in Artificial Stands of *Chamaecyparis obtusa* Established by Different Propagation Methods

Ding-Qin TANG, Hiroyuki IKEDA, Yoshihiro WATANABE,
Kazutaka MURASE and Yuji IDE

To reveal the genetic diversity in artificial forests of *Chamaecyparis obtusa*, three types of stand were investigated by using allozyme as marker genes. Genetic diversity in the mother stand could be maintained in its progeny stand. However some genetic offsets were observed in specific loci, which were supposed to be caused by seed collection from limited mother trees. In the cutting stand, the average expected heterozygosity was lower than that in the progeny stand, and returned to the same level as the progeny stand when the individuals belonging to the same clone were considered as an individuals. Therefore, genetic diversity could be maintained even in cutting stands by taking a reasonable number of mother trees.