

中国乾燥地ポプラ造林木の肥大成長と 二次木部内結晶分布との関連性

井上真吾*・古川郁夫**

Relationship between radial growth and crystal distribution within the secondary xylem of poplars planted in China Deserts

Shingo INOUE * and Ikuo FURUKAWA **

要 旨

中国では砂漠化の拡大防止のためにポプラ類（ハコヤナギ属）が造林されており、これらは現地の住民にとって重要な生活用材の供給源でもある。しかし、ポプラは二次木部内、特に心材部内にカルシウムを主成分とする結晶を含んでいることが知られており、これらの結晶はポプラを木材として利用・加工する際の障害となる。しかし、これまでのところ中国乾燥地に生育するポプラ類の二次木部内に含まれる結晶についての報告はなく、また、結晶の分布と肥大成長との関連性を検討した報告例もない。

本研究では SEM-EDX を用い、中国乾燥地の灌漑区と無灌漑区に生育する 2 種のポプラ類の肥大成長と二次木部内に含まれる結晶の分布との関連性について検討した。まず、カルシウム元素による EDX 分析によって結晶の水平方向の分布を確認し、次に、カルシウム元素について P/B 比を測定し、半径方向における結晶の量的な水平変動を調べた。そして、結晶の形態的特徴を SEM 観察した。

その結果、結晶は辺材部では確認されず、心材部から移行部にかけて分布しており、道管要素、木部繊維、軸方向柔細胞、そして放射柔細胞の各細胞内腔に確認された。そして、中国乾燥地に生育しているポプラ類は品種の改良や水分条件の改善による肥大成長の促進によって、二次木部内における結晶の量が少ないポプラ材を生産することは可能であることが示唆された。

キーワード：乾燥地ポプラ造林木、テリハドロ、ペキンハコヤナギ、結晶分布、P/B 比

Summary

The poplar is main species for the forestation in arid and semi-arid areas of China and is playing a very important role for means of prevention of desertification and the source of lumber. However, calcium oxalates crystals within secondary xylem of the poplar, which becomes an obstacle with the process as lumber, especially, that exists in the heart wood. There were many studies from the

* 鳥取大学大学院 農学研究科 農林環境科学専攻

** 鳥取大学農学部 生物資源環境学科 森林科学講座 (〒680-8553 鳥取市湖山町南4-101)

E-mail: furukawa@muses.tottori-u.ac.jp

Department of Environmental Science, Faculty of Agriculture, Tottori University Tottori, 680-8553, Japan

morphological and chemical view points of the crystal that appear in lumber because of the crystal within secondary xylem was to become the identification remarks on the taxonomy. However, there were few studies with regard for the crystals in secondary xylem of the poplar growing in arid and semi-arid areas of China, moreover, there was no studies which has examined the relationship between the distribution of the crystal and radial growth.

In this study, we examined the relationship between radial growth and crystal distribution within secondary xylem of two kinds of poplar, which grew in arid and semi-arid areas in China, and the distribution of them were detected by SEM-EDX. We used the samples that one is the domestic species called Terihadoro (*Populus simonii*), which grew in the non-irrigation ground and the irrigation ground, the other is the cross bred one was Pekin-hakoyanagi (*Populus beijingensis*) which grew in the non-irrigation ground. First of all, the radial distribution of the crystals confirmed by EDX analysis of calcium element. Next, P/B ratio was calculated by the division of the strength of peak signal (P) by the background signal (B). And, the morphological feature of the crystal was observed by SEM.

The crystal was distributing from heart wood through intermediate wood, but there was no trace within the sap wood. The crystal was existed with lumen of vessels, wood fibers, axial parenchyma cells, and ray parenchyma cells in secondary xylem. And it became clear that amount of the crystal was extremely decreased small because of promoting radial growth that was sufficient irrigation conditions and cross breeding. The results strongly suggested that it would be possible to produce the poplar including less quantity of the crystal in the lumber, which was growing to arid and semi-arid areas, by irrigation ground under development or improvement of kind.

I. 緒 言

中国では1997年までに国土面積の27.3%に相当する26, 220万haの土地が砂漠化の被害にあり、年間24.6万haの規模で拡大している。とくに東北、華北、西北の三北地域にまたがる乾燥地における砂漠化の拡大は深刻であり、農地の減少、林分の衰退や樹木の枯死などをまねき、また、乾燥、風砂などによって水利施設や交通網に甚大な被害を及ぼしている。このような状況に対して、1950年代から成長が早く耐乾性に優れたポプラ（ハコヤナギ属）類が、三北地域に広範囲に造林されてきた。そして現在、成木となりつつあるポプラ造林木は、現地の住民にとって重要な生活用材の供給源でもある。ポプラは軽軟で肥大成長がよく、通直で大径の材が得られるが、ポプラの二次木部内には主として炭酸カルシウムの結晶を含んでいることが既往の研究から知られている。これらの結晶は木材として利用・加工する際に刃物の損傷や摩耗などを引き起こす。さらに、二次木部内の結晶は分類学上の拠点ともなるため、木材中に出現する結晶の観察、および成分の分析については多くの報告がある。CLEMENTらは、28種のポプラ類の材における結晶の有無を5つの節ごとに分類し、*Leuce* 節以外には結晶が出現すると報告している2)。MUHAMMADらは、Aspenの腐朽と結晶の集積について報告している6)。李・深澤らは北海道産のドロノキ (*Populus maximowiczii* A.HENRY), チョウセンヤマナラシ (*Populus tremula* L.var. *dauriana* SCHNEIDER), ウラジロハコヤナギ (*Populus alba* LINNAEUS) のポプラ類に含まれる結晶の分布、形態的特徴、および性質、あるいは水食材との関連性について詳細な研究をおこなっている9) 10) 11) 18)。木材中の結晶はその多くが、柔細胞内腔中に出現するが、とくにポプラ類の結晶は道管内腔中に目立って出現する。また、ポプラ類以外で道管内腔中出现する結晶については、HILLISが *Intsia* 属に含まれる結晶の形態について報告している5)。しかし、これまでのところ乾燥地に生育するポプラ類の結晶についての報告はなく、結晶の分布と肥大成長との関連性を検討した報告例もない。

そこで本研究では、SEM-EDX 分析と SEM 観察によって、乾燥地に適したポプラ造林木である在来種のテリハドロ (*Populus simonii*, 中国名：小葉楊) および、交配種のペキンハコヤナギ (*Populus beijingensis*, 中国名：北京楊) それぞれの肥大成長と、それらの二次木部内における結晶との関連性について検討した。

II. 材料と方法

1. 供試材

供試木は黄河と万里の長城に囲まれた鄂爾多斯 (Ordos) 高原の南部の毛烏素 (Mus) 砂漠にある新街 (Xinjie) 砂防研究所と、黄河に沿った烏蘭布和 (Ulannbho) 砂漠にある磴口 (Dengkou) 砂漠林業研究センターから採取されたテリハドロとペキンハコヤナギを使用した。表-1 に供試木の概要を示す。新街のポプラ人工林は無灌漑で、磴口は黄河の水で灌漑した農地の保護を目的とした森林帯となっている。また、テリハドロは在来種であり、ペキンハコヤナギは乾燥に強い鑽天楊 (*P. nigra* L. var *italica*, ♀) と生育の早い青楊 (*P. cathayana*, ♂) とを交配させた交配種である。街 (無灌漑地区) からは、これら 2 樹種の林分から平均直径より大きかった優勢木と小さかった劣勢木を各 3 本ずつ、計 12 本、さらに磴口 (灌漑地区) からは標準的な肥大成長をしていたもの 3 本を選んだ。これら 5 つのタイプ、計 15 本の供試木の樹幹部 (地上 1.2m~2.0m) から切り出した円板を供試材とした。

表-1 供試木の概要

| 樹種 | 採取地 | 土地区分 | 試料番号 | 年輪数 | 樹高(m) | 胸高直径(cm) | 成長区分 |
|---|--------------|------|------|-----|-------|----------|------|
| テリハドロ (<i>Populus simonii</i>) | 磴口砂漠林業研究センター | 灌漑地 | SD-1 | 29 | 18.5 | 31.1 | |
| | | | SD-2 | 27 | 14.3 | 33.1 | — |
| | | | SD-3 | 29 | 17.5 | 33.8 | |
| | | 無灌漑地 | SX-1 | 37 | 11.2 | 26.9 | |
| | | | SX-2 | 32 | 12.3 | 27.7 | 優勢木 |
| | | | SX-3 | 32 | 12.7 | 27.4 | |
| | 新街砂防実験所 | 無灌漑地 | SX-4 | 33 | 7.9 | 14.3 | |
| | | | SX-5 | 32 | 6 | 12.1 | 劣勢木 |
| | | | SX-6 | 31 | 6.5 | 15.6 | |
| | | 灌漑地 | BX-1 | 23 | 12.5 | 26.8 | |
| | | | BX-2 | 23 | 12.7 | 25.8 | 優勢木 |
| | | | BX-3 | 23 | 13.7 | 25.5 | |
| ペキンハコヤナギ (<i>Populus beijingensis</i>) | 灌漑地 | BX-4 | 23 | 9.7 | 13.7 | | |
| | | BX-5 | 23 | 9.5 | 14.7 | 劣勢木 | |
| | | BX-6 | 23 | 9.7 | 12.7 | | |

鳥取大学農学部 黄栄鳳により採取

2. Ca 元素の面分析

各円板から髓を含む接線幅約 10mm のスティックを任意の半径方向から切り出し、約 60 μ m 厚

さの連続木口面切片を切削した。各切片は60℃で乾燥し、実体顕微鏡を用いてその全体像を撮影した。その後、カーボン蒸着をほどこし、SEM-EDX分析装置を用いてCa元素の特性X線の測定により、結晶の水平分布を確認した。なお、分析条件は、加速電圧：25kV、照射電流量：75 μ A、ワーキングディスタンス：25mm、測定時間：320秒 \times 3回/1画面、X線取り出し角：45°、K α 線：3.71keV \sim 3.61keVとした。

3. Ca元素の半定量分析

面分析と同じ条件で切削した連続木口面切片表面の接線幅10mmで囲まれた全域を、SEM-EDX分析装置を用いてCa元素の半定量分析（加速電圧：25kV、照射電流量：75 μ A、ワーキングディスタンス：25mm、測定時間：60sec/1frame、X線取り出し角：45°、K α 線：3.71keV \sim 3.61keV）をおこない、半径方向におけるCa元素の量的な分布の水平変動を調べた。なお、半定量分析では、1回の分析範囲を2mm(R) \times 2mm(T)とし、分析で得られたCa元素の特性X線のピークカウント数 [$P_{(cps)}$] を、連続X線のスペクトル（バックグラウンド）カウント数 [$B_{(cps)}$] で割った値 (P/B比) を1回の分析範囲における結晶集積量の指標とした。

4. 結晶の形態観察

各供試木の結晶を多く含むブロックから厚さ60 μ mの木口面、柾目面、板目面の各切片を切削し、60℃で乾燥させた後、各切片に白金蒸着をほどこして、結晶の存在する細胞と結晶の形態をSEM観察した。

III. 結果と考察

1. 結晶の水平分布

写真-1にSX-5（無灌漑区産テリハドロの劣勢木）の髓から第2年輪までの写真（上）と、その面分析結果（下）を示す。面分析では分析範囲内のカルシウム元素の分布が輝点として表されている。髓付近では結晶を含む細胞が散在し、道管には結晶が多く確認された。心材部から移行部にかけて（写真-2、第7年輪から第14年輪）は、細胞内腔を充塞する結晶が確認され、結晶を含む細胞が複数接合する特徴があった。また、結晶を含む細胞は生長輪に沿って帯状に分布する特徴が認められた。写真-3は、第18年輪から第32年輪にかけての面分析で、移行部を境界として辺材部ではとくに目立ったカルシウム元素の分布は確認されなかった。これらの特徴は他の供試材においても同様であった。結晶が移行部を境として心材部にのみ生成していたことは、結晶が成長輪に沿って接線状に分布していることと合わせて考えると、心材形成と関連があると思われる。このことは、李・深澤が結晶の生成と季節間の変動、あるいは成長輪が形成される期間内のポプラが生育している環境の変動に伴う二次代謝が関係しているのではないかと考察している⁹⁾。結晶の主成分であるカルシウムは樹木にとって必要必須元素の一つであり、イオンのかたちで水分とともに根から吸収され、形成層始原細胞から分裂した細胞の細胞壁中層に塩となって細胞間の接着や細胞壁構造の維持に関連しているといわれている⁴⁾。そこで余剰となったカルシウムイオンは通常、葉や樹皮に運ばれて落葉、剥離して再び土壌にもどると考えられている。今回の研究で使用したポプラ類は、乾燥地というストレスの中で葉や樹皮の生産を制限された環境に生育しており、余剰となったカルシウムイオンは放射組織を通じて細胞内腔に自由水の多い辺材部に移動し、心材形成と同時に結晶として細胞内腔に析出したものと考えられる。

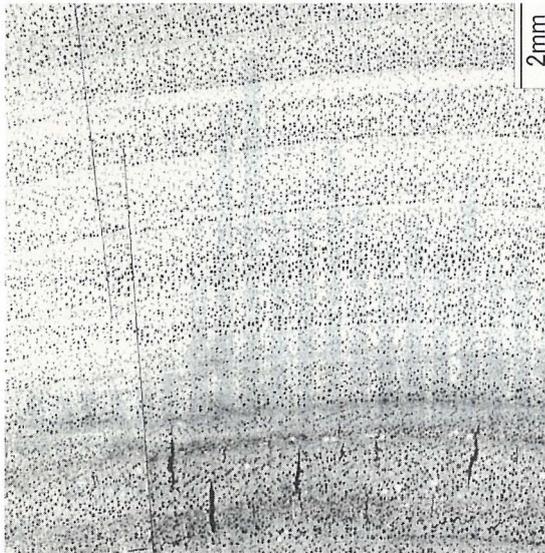


写真-3 SX-5の移行部から辺材部にかけての木口面(上)とCa元素の面分析(下)

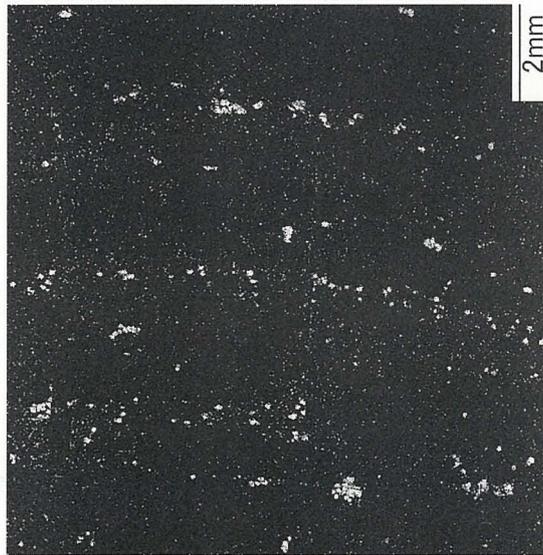


写真-2 SX-5の心材部から移行にかけての木口面(上)とCa元素の面分析(下)

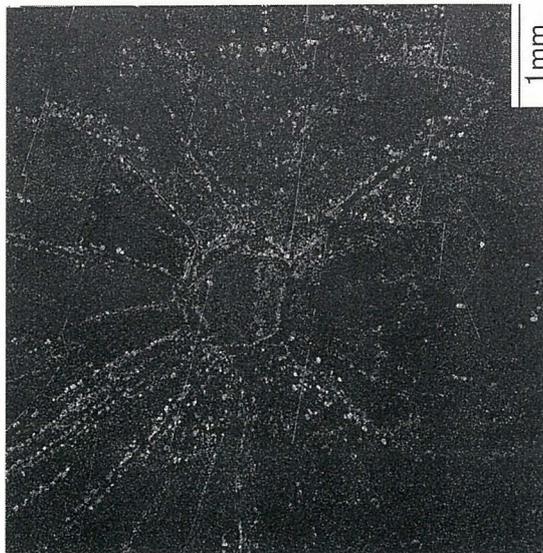
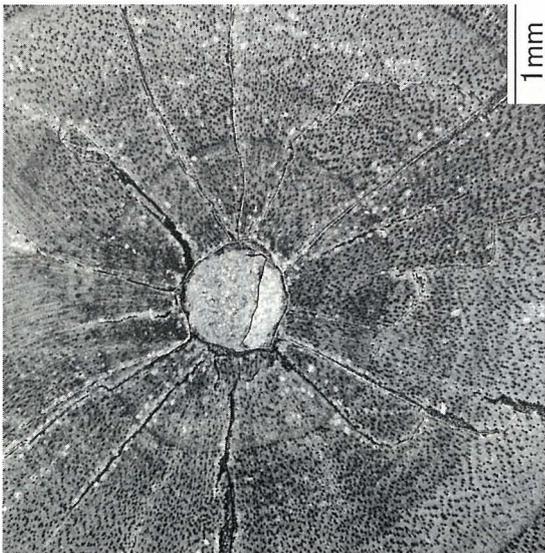


写真-1 SX-5の髄付近における木口面(上)とCa元素の面分析(下)

2. P/B 比の水平変動特性

(1) 各供試木間における P/B 比変動特性の比較

図-1 に SX-5 の P/B 比の水平変動特性を棒グラフで示した。グラフの横軸に髄から半径方向に 2 mm ごとの P/B 比を示し、また、垂直方向の破線は心材部と辺材部との境界を示し、水平方向の破線はそれぞれ心材部と辺材部における P/B 比の平均値 (HW av. と SW av.) を示している。なお、本研究ではまず、

肉眼で材色をもとに心材部と辺材部を区別した。P/B 比は心材部から移行部にかけて大きな値を示し、辺材部では値が急激に小さくなっていた。このような傾向は全ての供試材において認められた。

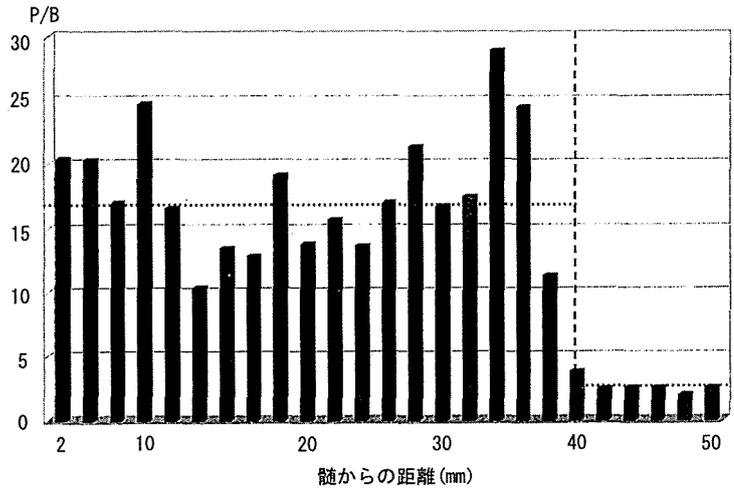


図-1 P/B比の水平変動 (SX-5)

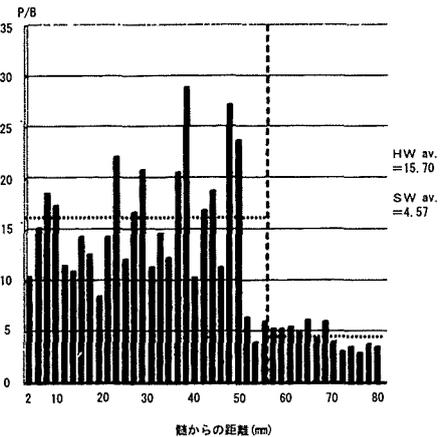
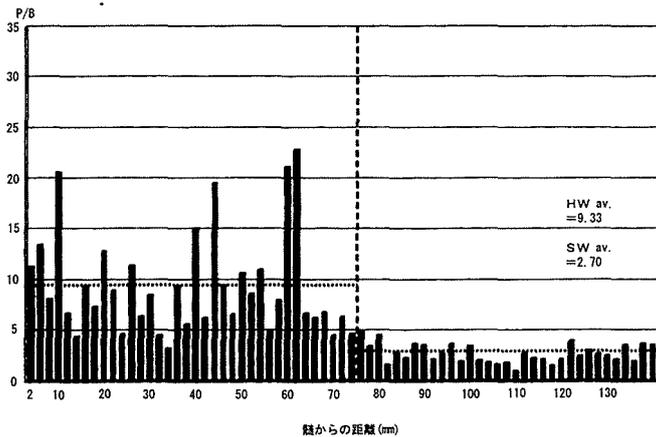


図-2 にみられるように、灌漑区産テリハドロは無灌漑区産テリハドロと比較して肥大成長がよく、心材部の各所に比較的高い P/B 比が認められるものの心材部における P/B 比の平均値は低い値を示した。さらに、図-3 に示したように、無灌漑区産ペキンハコヤナギには無灌漑区産テリハドロと共通して、優勢木と劣勢木でそれぞれ辺材部における P/B 比の平均値に大きな差は認められないものの、心材部では劣勢木の値よりも優勢木は低い値を示した。また、肥大成長の優劣にかかわらず心材部における P/B 比の平均値はペキンハコヤナギの方

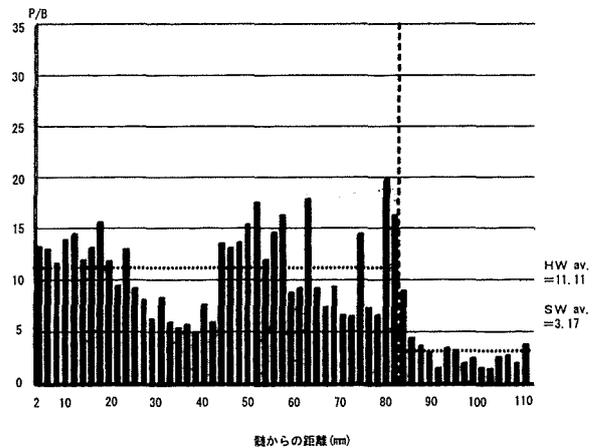


図2 SD-2 (左上), SX-2 (右上), および SX-6 (下) の P/B 比の水平変動

がテリハドロよりも低い値を示した。

無灌漑区産テリハドロの優勢木と劣勢木、無灌漑区産ペキンハコヤナギの優勢木と劣勢木、および、灌漑地区テリハドロの5つのグループ、それぞれ3本の供試木の心材部と辺材部におけるP/B比の平均値を表-2に示した。これによると、5つのグループの間で辺材部における平均値の差は小さかったが、心材部における平均値には大きな差が認められた。P/B比の平均値は、無灌漑区産ペキンハコヤナギの優勢木、劣勢木、灌漑区産テリハドロ、そして無灌漑区産テリハドロの優勢木、劣勢木の順で大きくなっていった。これより、劣勢木よりも優勢木の方が、また、無灌漑区産よりも灌漑区産の方が、そして、在来種のテリハドロよりも交配種のペキンハコヤナギの方が結晶含有量は少なかった。このことから、肥大成長の良いものほど半径方向における結晶の集積量は少なく、また、乾燥地に生育するポプラは品種改良や生育条件の改善によって、二次木部内の結晶を減らすことができるのではないかと考えられる。

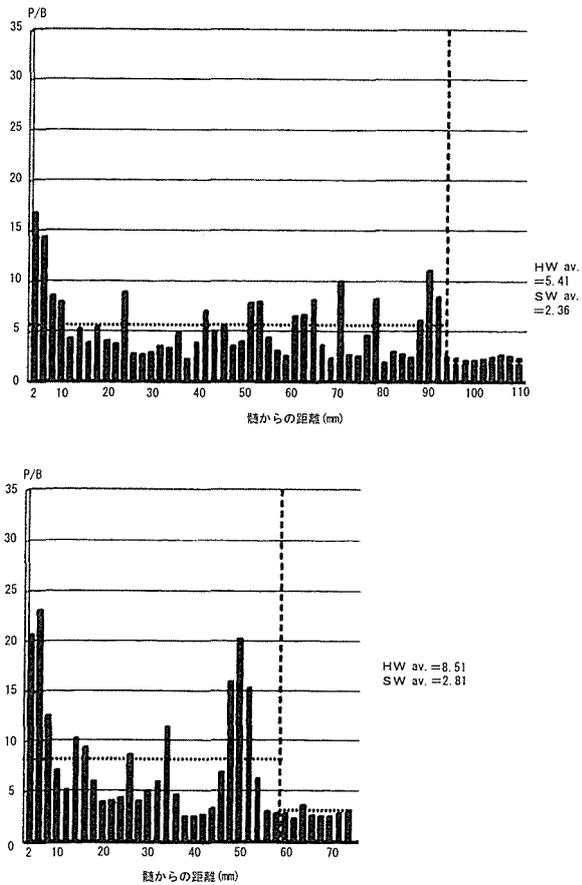


図-3 BX-2(上), BX-5(下)のP/B比の水平移動

表-2 各供試木のP/B比の平均値

| 樹種 | 土地区分 | 試料番号 | 胸高直径(cm) | 成長区分 | 心材部におけるP/B比の平均値 | | 辺材部におけるP/B比の平均値 | |
|---|------|------|----------|------|-----------------|-------|-----------------|------|
| テリハドロ (<i>Populus simonii</i>) | 灌漑地 | SD-1 | 31.1 | — | 8.95 | | 2.22 | |
| | | SD-2 | 33.1 | | 9.33 | 8.83 | 2.70 | 2.50 |
| | | SD-3 | 33.8 | | 8.22 | | 2.58 | |
| | 無灌漑地 | 優勢木 | SX-1 | 26.9 | 10.72 | | 3.91 | |
| | | | SX-2 | 27.7 | 11.11 | 11.00 | 3.17 | 3.54 |
| | | | SX-3 | 27.4 | 11.16 | | 3.53 | |
| | | 劣勢木 | SX-4 | 14.3 | 17.33 | | 2.74 | |
| | | | SX-5 | 12.1 | 16.95 | 16.66 | 2.37 | 3.23 |
| | | | SX-6 | 15.6 | 15.70 | | 4.57 | |
| ペキンハコヤナギ (<i>Populus beijingensis</i>) | 無灌漑地 | BX-1 | 26.8 | 優勢木 | 5.23 | | 2.30 | |
| | | BX-2 | 25.8 | | 5.41 | 5.48 | 2.36 | 2.42 |
| | | BX-3 | 25.5 | | 5.81 | | 2.60 | |
| | | BX-4 | 13.7 | | 8.52 | | 3.35 | |
| | | BX-5 | 14.7 | | 8.15 | 8.51 | 2.81 | 3.01 |
| | | BX-6 | 12.7 | | 8.86 | | 2.87 | |
| | | | | | 全供試木のP/B比の平均値 | | | |
| | | | | | 心材部 | 10.10 | 辺材部 | 2.94 |

各供試材の P/B 比の平均値と半径との相関係数を表-3 に示した。心材部半径と心材部における P/B 比の平均値との間には、灌漑区産テリハドロ (SD), 無灌漑区産テリハドロ (SX), 無灌漑区産ペキンハコヤナギ (BX) のそれぞれで、-0.90, -0.96,

表-3 SD, SX, BXのP/B比の平均値と半径との相関係数

| | 心材部半径(mm) とH.W.P/B av. | 半径(mm) とP/B av. | |
|---------|---------------------------|--------------------|------|
| SD (3本) | -0.90 | -0.62 | 灌漑地 |
| SX (6本) | -0.96 | -0.87 | 無灌漑地 |
| BX (6本) | -0.99 | -0.98 | |

表-4 種と生育地の異なる供試木のP/B比と半径との相関係数

| | 心材部半径(mm) とH.W.P/B av. | 半径(mm)と P/B av. | |
|------------------|---------------------------|--------------------|-------------|
| SX (6本), SD (3本) | -0.93 | -0.94 | 同種 違う生育地 |
| SX (6本), BX (6本) | -0.67 | -0.60 | 異種 同じ生育地 |

-0.99と、非常に高い負の相関が認められた。また、それぞれの半定量分析をおこなった全範囲の半径(供試円盤の半径)とそのP/B比の間にも負の相関が認められたが、灌漑区産テリハドロ(SD)の相関係数は他とくらべて低かった。これは、それぞれの心材率(心材部面積/円板面積)が無灌漑区産テリハドロでは0.60、ペキンハコヤナギでは0.69であり、灌漑区産テリハドロでは0.47と、他とくらべて低かったことが一因であろう。さらに、種、生育地別の供試材におけるP/B比の平均値と半径との相関係数を表-4に示した。種が同じであれば生育環境が違っていても高い負の相関を示していたが、種が異なれば生育環境が同じであっても低い相関となっていた。このことから、肥大成長と結晶分布との間には生育環境よりも種による違いの方が大きく影響していた。

(2) 結晶分布と形成層齢および年輪形成年との関連性

分析木口面切片の全体像の写真から年輪幅を測定し、P/B比の測定結果とあわせて、各供試材におけるP/B比と形成層齢および年輪形成年との関連性を検討した。まず、15本の全供試材の心材部におけるP/B比の総平均値は10.10であったので、この値を結晶集積量多寡の目安とした。図-4では、各供試材における各年輪で、P/B比が10.10以上である部分を黒く塗ってある。なお、各年輪の中央部から髄側と樹皮側に分け、横2マスで、1つの年輪を示している。これより、各供試木間において結晶分布に一致は認められず、また、同じ条件で生育した供試木間においても一致は認められなかった。したがって、形成層始原細胞の年齢と結晶の分布との間には関連性はないものと考えられる。また、図-5に示したように年輪形成年によっても、各供試木間、および同条件で生育した供試木間において結晶分布は一致していなかった。このことから、年輪形成年と結晶の分布の間にも関連性はなく、結晶の生成にその年の気候条件などが影響することは少ないと考えられる。

以上のことから、中国乾燥地のポプラ類において結晶の生成に最もつよく関与しているのは種の違いであり、同じ種においても生育環境の違いによる肥大成長の優劣によって、結晶の集積量は変動すると考えられる。

3. 結晶の形態的特徴

結晶を多く含む切片をSEM観察したところ、結晶の出現は道管内腔においてとくに多く、その形態も多様であった。その形態的特徴として、

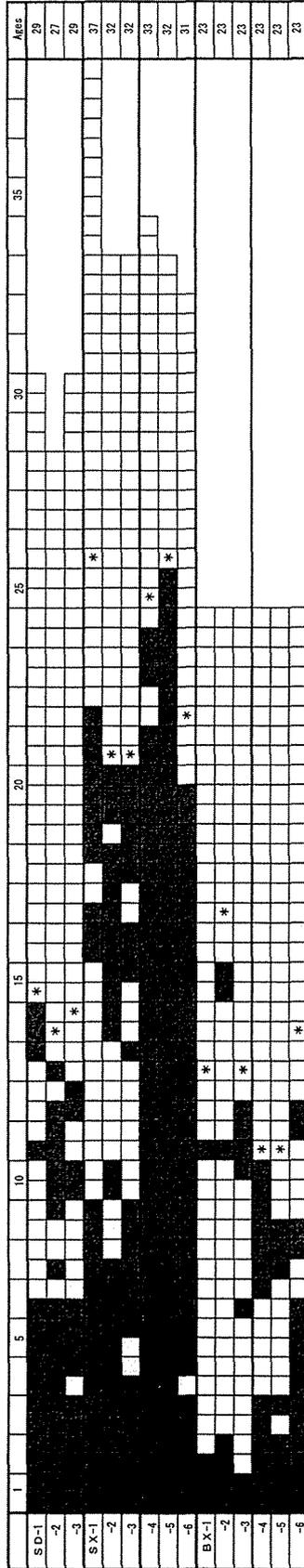


図-4 結晶分布と形成層齢との関連性(黒は、 $B/P \geq 10$ 、*は移行部)

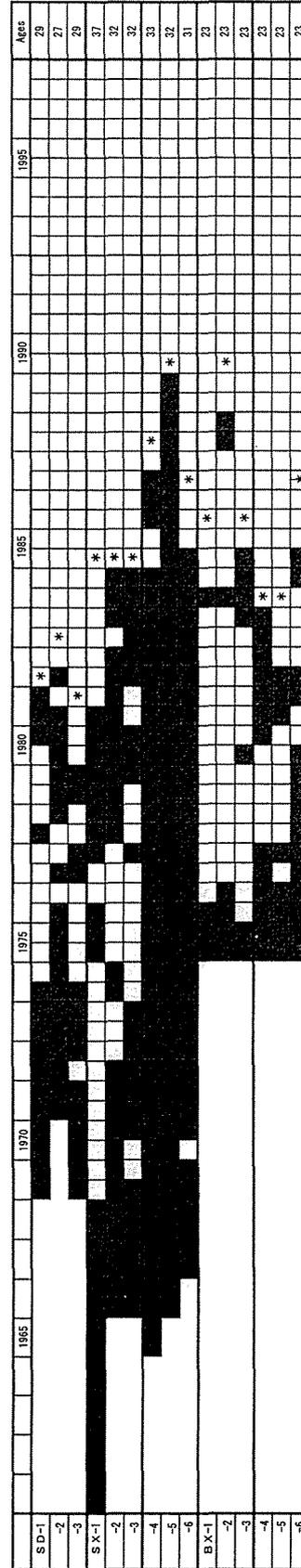


図-5 結晶分布と年輪形成年との関連性(黒は、 $B/P \geq 10$ 、*は移行部)

- ・ 方解石形 (calcite) 構造の単結晶 (写真-4, -5)
- ・ 針状の針晶 (acicular) が多数密集した束晶 (raphid) (写真-6, -7)
- ・ 道管内腔を充塞する結晶 (写真-8)
- ・ 道管内腔を充塞する不定形の結晶 (写真-9, -10)
- ・ 道管内壁に付着する結晶 (写真-11)

が観察された。

方解石形構造の単結晶 (写真-4, 5) の表面は, 写真-8 の管孔を充塞する結晶の表面に比べて粗であった。結晶はカルシウム塩と考えられることから, これは方解石形構造の単結晶が水和物であり, 試料切片を乾燥させた際に風解したものと考えられる。また, 写真-8 と写真-9 に見られるように, 結晶が充塞した道管と結晶を含まない道管の区別は容易だった。結晶が道管内腔に多く出現することは, 結晶の生成の原因が道管を通導する水分にあるためと考えられる。

木部繊維では道管内腔にくらべて結晶の出現は少なかった。その形態的特徴として,

- ・ 細胞内腔を充塞する結晶 (写真-12)
- ・ 細胞内壁に付着する不定形の結晶 (写真-13)

であった。結晶の充塞している木部繊維は, いつの場合も結晶の充塞している道管に接していたことから木部繊維内腔の結晶の生成には道管が関与していると考えられる。

放射柔細胞・軸方向柔細胞ともに, 道管にくらべて結晶の出現は少なかった。放射柔細胞では,

- ・ 細胞内腔を充塞する結晶 (写真-14)

また, 軸方向柔細胞では,

- ・ 細胞内腔を充塞する結晶 (写真-15)

が観察された。とくに, 結晶を含む軸方向柔細胞は著しく膨らんでおり異形細胞 (idioblast) の特徴を示していた。

以上のように, 結晶は2種の供試材において, 全ての道管要素, 木部繊維, 放射柔細胞, 軸方向柔細胞の各細胞内腔に観察された。それらは方解石形構造の単結晶や束晶のように形態的に特徴のある結晶は少なく, 観察されたほとんどの結晶は幾何学的に不定形, または細胞内腔を充塞するものであった。李・深澤らは, 2種の供試材と同属のドロノキ (*Populus maximowiczii*) 材中における結晶は, その構成細胞の全て (道管要素, 木部繊維, 放射柔細胞および, 軸方向柔細胞) の内腔に観察されたと報告している¹⁰⁾。本研究においても, 結晶は

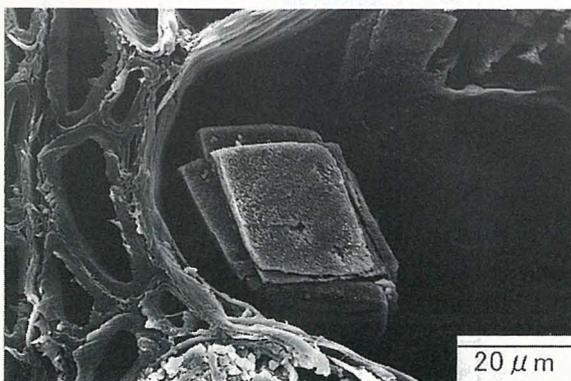


写真-4 方解石形構造の単結晶 (S X-1, 木口)

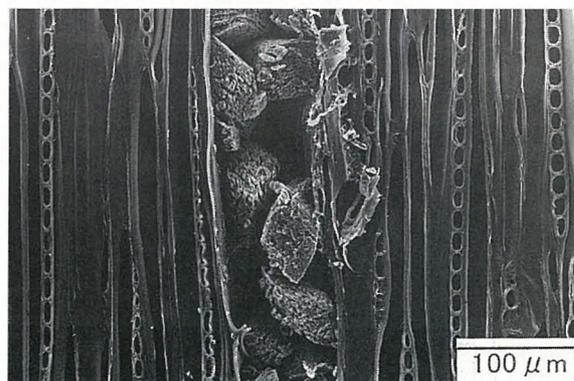


写真-5 方解石形構造の単結晶 (S X-4, 板目)

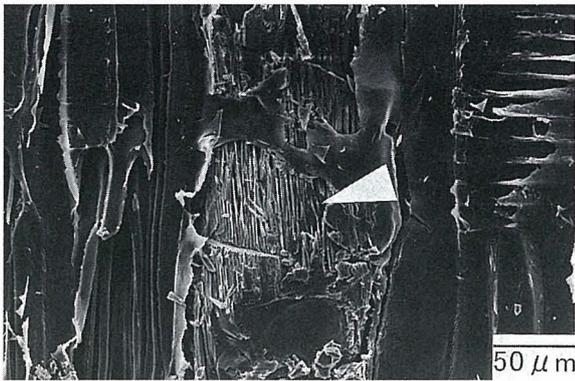


写真-6 束晶 (SX-6, 柾目)

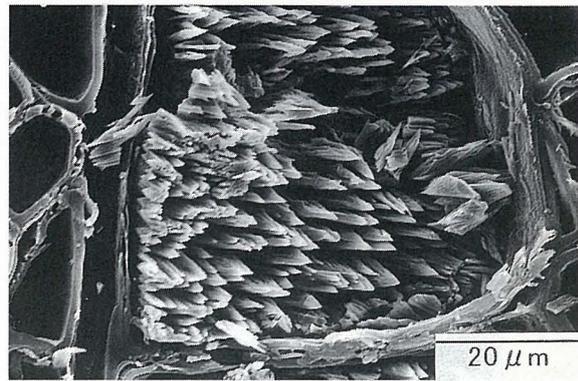


写真-7 束晶 (SX-5, 木口)

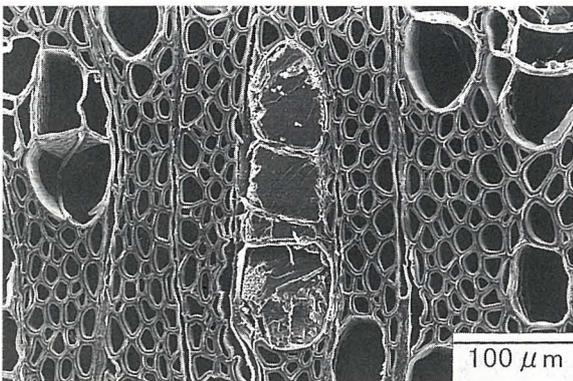


写真-8 道管要素内腔を充塞する結晶 (SX-1, 木口)

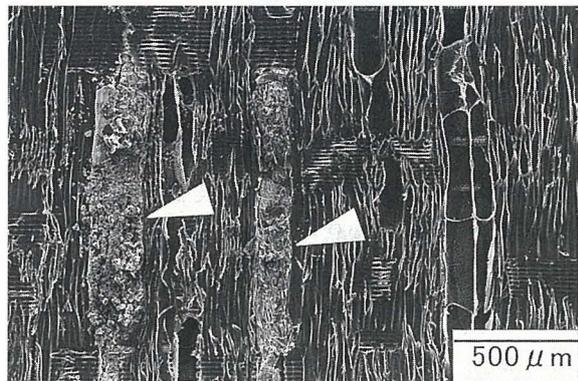


写真-9 道管要素内腔を充塞する結晶 (SX-5, 柾目)

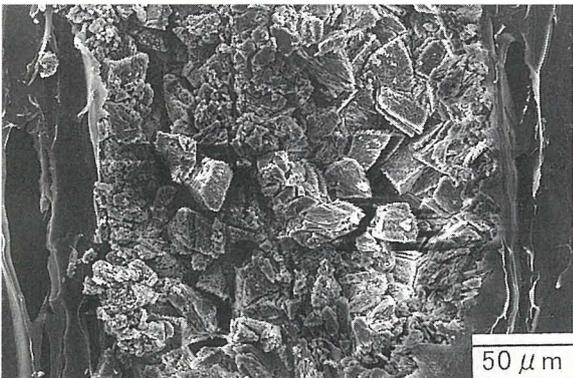


写真-10 道管要素内腔を充塞する結晶 (SX-5, 柾目)

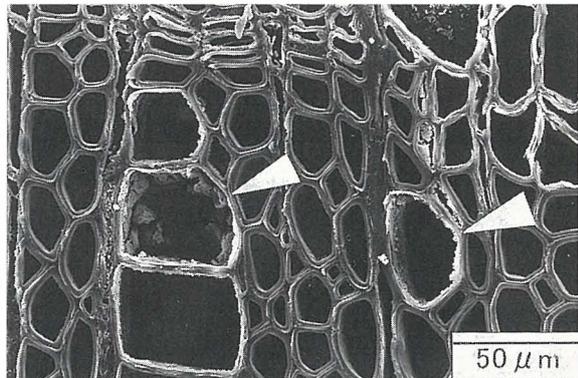


写真-11 道管要素内壁に付着する結晶 (BX-2, 木口)



写真-12 木部繊維内腔を充塞する結晶 (BX-5, 木口)

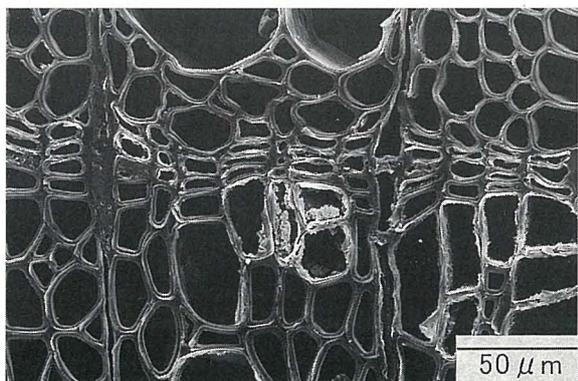


写真-13 木部繊維内壁に付着する結晶 (BX-3, 木口)

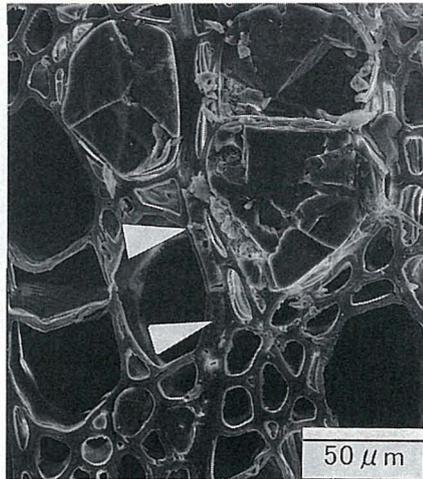


写真-14 放射柔細胞内壁の結晶(SX-1,木口)

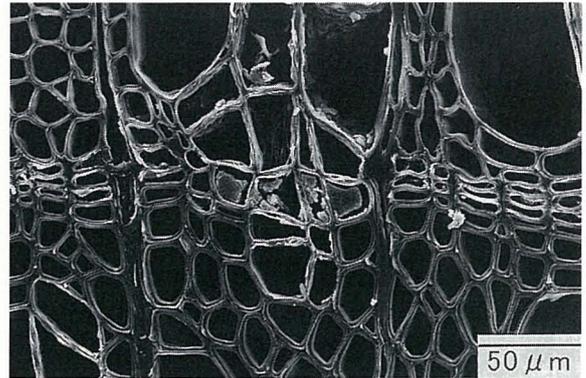


写真-15 軸方向柔細胞内壁の結晶(SX-1,木口)

全ての種類の細胞内腔に観察された。しかし、パプアニューギニア産の材(針葉樹10種, 広葉樹270種)の組織構造について調べた須藤は, 放射柔細胞内腔に菱形, 方形, 長方形の結晶, あるいは柱晶, 集晶, 束晶, 針晶, 砂晶を検出し, またターミナル, およびイニシアル柔組織に束晶, 針晶を除く放射柔細胞内腔の結晶と同じ形態の結晶が広葉樹の数十種に確認できたが, 道管内腔には確認されなかったと報告している(15) (16)。このように, 結晶を含むのは一般に柔細胞とされているが, 中国乾燥地のポプラは柔細胞以外の細胞, 特に道管内腔に多く結晶を含んでいることが特徴であった。

IV. 結 言

本研究で得られた主な結論は以下のとおりである。

1. 結晶は, 辺材部では確認されず, 心材部から移行部にかけての木口面において成長輪に沿って帯状の分布をする特徴があった。
2. 灌漑地区に生育するテリハドロは, 無灌漑地区に生育するテリハドロよりも二次木部内に含まれる結晶が少なかった。
3. 交配種であるペキンハコヤナギは, 在来種であるテリハドロよりも生育地の水分条件に関係なく二次木部内に含まれる結晶が少なかった。
4. テリハドロとペキンハコヤナギの肥大成長と二次木部内における結晶との関連性は, 生育環境の条件よりも種との相関が高く, 同種では肥大成長の優良なものほど, 結晶は少なかった。
5. 結晶の分布はテリハドロとペキンハコヤナギのすべての構成要素である道管要素, 木部繊維, 放射柔細胞, 軸方向柔細胞に確認された。

以上のことから, 中国乾燥地ポプラ造林地では水分条件を改善することによって, 二次木部内に生成する結晶の少ないポプラ材を生産できると考えられる。また, 水分条件を改善しなくてもペキンハコヤナギを造林していくことによって, より結晶の少ないポプラ材を生産することが可能であると考えられる。

謝 辞

本研究における SEM-EDX 分析装置の使用にあたって、有益なご教示と熱心なご支援をいただいた鳥取大学農学部電子顕微鏡室の河原栄子氏に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 番匠谷薫 (1985) 木材および木質材料の穴あけ加工における工具寿命 (第 5 報). 木材学会誌, **31** : 460-467.
- 2) Clement, A. and Jannin, G. (1973) Etude Complementaire de la Presence de Cristaux de Carbonat de Leurs Teneurs en Phosphore. Ann. Sci. Forest, **30**: 63-81.
- 3) Furuno, T. and Cote, W. A. (1983) Observation of Cell Inclusions in Papua New Guinea Woods by Means of SEM/EDXA. IAWA Bulletin N.S. **4**(4): 219-238.
- 4) 畑野健一・佐々木恵彦 (1987) 樹木の生長と環境. 383pp, 養賢堂, 東京.
- 5) Hillis, W. E. (1996) Formation of Robinetin Crystals in Vessels of INTSIA Species. IAWA Journal, **17** (4) : 405-419.
- 6) Muhammad, A. F. and Micko, M. M. (1984) Accumulation of Calcium Crystals in the Decayed Wood of Aspen Attacked by Fomes Ignarius. IAWA Bulletin N.S. **5**: 237-242.
- 7) 喜多山繁・栃木紀郎・鷺見博史・滝欽二・黒須博司・木下叙幸・海老原徹・太田正光 (1995) 木材の利用・1 木材の加工. 259 pp, 文永堂出版, 東京.
- 8) 大林宏也・塩倉高義 (1990) ドロノキ・ハルニレ・アルビジア材における結晶物について. 東京農業大学農学集報, **35**(3) : 167-173.
- 9) 李起泳・深澤和三・氏家雅男 (1984) ドロノキの無機物と結晶生成との関連. 日本木材学会北海道支部講演集, **16** : 69-72
- 10) 李起泳・深澤和三・石田茂雄 (1985) ドロノキ材及び樹皮中の結晶の存在・形態と成分. 北海道大学農学部演習林研究報告, **42**(3) : 595-608.
- 11) 李起泳・深澤和三 (1986) ドロノキ材の結晶と細胞組織及び有機物との関連. 日本木材学会北海道支部講演集, **18** : 1-4.
- 12) 佐伯浩 (1982) 走査電子顕微鏡図説 木材の構造. 218pp, 日本林業技術協会, 東京.
- 13) 坂口勝美 (1985) 有用広葉樹の知識—育て方と使い方—. 500 pp, 林業科学技術振興所, 東京.
- 14) 島地謙・後藤彰司・原田浩 (1976) 木材の組織. 291pp, 森北出版, 東京.
- 15) 須藤彰司 (1988) パプアニューギニア産材の解剖学的識別. 林業試験場研究報告 **350** : 1-199.
- 16) 須藤彰司 (1998) 南洋材 (新訂増補). 564 pp, 地球社, 東京.
- 17) 田中千秋・喜多山繁 (1995) 木材科学講座6切削加工. 142 pp, 海青社, 東京.
- 18) 谷口隼・李起泳・深澤和三・原田浩 (1987) ドロノキ細胞中の Ca 沈殿物の構造. 木材学会誌, **33** : 1-6.
- 19) 山下晃功・宮崎擴道・古野毅・井上裕之・石丸進・番匠谷薫 (1993) 技術研究選書 木材の性質と加工. 256 pp, 開隆堂出版, 東京.

(2002年2月13日受理)