

ロシア産キカンバ材の材質 および加工適性評価

瀧澤 忠昭 鈴木 昌樹^{*1} 藤本 高明^{*1} 森 満範^{*2}
奥村真由己^{*2} 中野 隆人^{*3} 平林 靖^{*3} 岸野 正典^{*3}
宮崎 淳子^{*3} 窪田 純一^{*4} 東 智則^{*4} 大崎 久司^{*5}
沼田 征志^{*5} 幡多 輝昭^{*5} 上野 英治^{*5} 田口 崇^{*6}
大橋 義徳^{*6} 高谷 典良^{*7} 古田 直之^{*7}

The wood quality and wood processing aptitude
of Yellow Birch (*Betula costata*) growing in Russia

Tadaaki TAKIZAWA	Masaki SUZUKI	Takaaki FUJIMOTO
Mitsunori MORI	Mayumi OKUMURA	Takato NAKANO
Yasushi HIRABAYASHI	Masanori KISHINO	Junko MIYAZAKI
Junichi KUBOTA	Tomonori AZUMA	Hisashi OHSAKI
Masashi NUMATA	Teruaki HATA	Eiji UENO
Takashi TAGUCHI	Yoshinori OHASHI	Noriyoshi TAKAYA
	Naoyuki FURUTA	

We examined the wood quality and workability of *Betula costata* from Russia .

All logs examined had false heartwood and heartwood decay . About 70% of logs were of low quality and grade 3 or 4 , and only 16% of sawn lumbers were judged sound .

The sound wood presented no special problem in quality or workability .

There was external damage such as discoloration and decay in over 80% of sawn lumber .

It is necessary to consider usage of non - decayed parts of false heartwood in *Betula costata* .

Keyword : 偽心材 , 変色 , 腐朽
False heartwood , Discoloration , Decay

ロシアから提供されたキカンバ材について , その材質を把握し , 加工適性を評価するための試験を行った。

試験した原木にはいずれも偽心が存在し , 心材の腐朽も目立ち , 3 , 4等材が全体の約7割を占める低品質のものであった。このため , 得られた製材のうち , 変色や腐朽のない健全な材と判断されたものは , 全体のうちの16%に過ぎなかった。こうした健全な材については , 材質や加工適性の上でとりたてて問題にする点は見あたらなかった。

しかし , 得られた製材の8割以上に変色や腐朽などの外観的な異常が認められた。

キカンバ材では偽心材部でも腐朽していない部分の材の利用が必要である。

1. はじめに

1990年6月18日付け「日本国北海道とソ連邦ロシアソビエト連邦社会主義共和国との友好的なパートナーシップに関する合意」に基づき実施されている北海道とロシア連邦極東地域との経済協力プログラムでは、北海道とロシア連邦のハバロフスク地方の間で、キカンバ (*Betula costata*) の加工技術の交流が推進すべき案件の一つとしてとりあげられた。

これに基づき、1992年には、北海道林業代表団とハバロフスク地方行政府および同地方の林業部門代表者との間で、また1993年には同じく北海道林業代表団とダリレスプロム代表者との間で、「(株)ダリレスプロムが北海道へキカンバ原木を20m³程度送付し、林産試験場が製品の試作、および市場調査を行う」ことを合意した。

こうした経緯をふまえ、キカンバ原木が1997年2月7日にワニノ港から船積みされ、2月13日に苫小牧港に到着し、林産試験場には3月11日に搬入された。

キカンバはロシア共和国の沿海地方、ハバロフスク地方の中部および南部に分布している。また、中華人民共和国東北部、朝鮮半島にも分布している^{1,2)}。

キカンバはロシア共和国の極東地方では利用可能な蓄積が1億8300万m³と言われ、主要な広葉樹とされている一方で、偽心材と内部腐朽の多発といった欠点のため^{1,3)}材の利用価値が低く評価されているようである。

しかし、近年の全世界的な資源事情、特に有用広葉樹の減少、枯渇といった事態の中では、キカンバ材についても、利用拡大にむけた取り組みが必要とされ、日口間で取り組む検討課題の一つとしてとりあげられるに至った。

ところが、この材の材質や用途についての既往の知見は二、三にとどまってお^{1,3)}、不明な点も多い。そこで、ロシア側から提供されたキカンバ材について、その材質を把握し、加工適性を評価するための試験を行い、その結果をロシア側に報告した⁴⁾。本報告はその概要をとりまとめたものである。



第1図 到着したキカンバ材

Fig. 1. Tested logs of *Betula costata*.

2. 材料および試験方法

2.1 供試材

ロシア側から提供された原木は32本（径級16～48cm，材長1.95～4.08m），材積約10.1m³であった（第1図）。この材はハバロフスク地方産のものと思われるが、生育地、生育状況、伐採時期などの詳細は不明である。

2.2 試験方法

素材の形質、製材の品質、基礎材質、加工適性、合板製造適性について常法に従って試験した。また、家具の試作を行い、用途適性など検討した。

3. 結 果

3.1 素材の形質

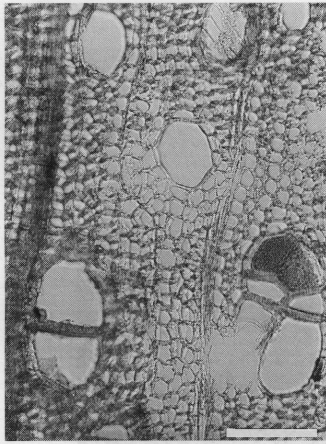
素材の日本農林規格に基づいて等級格付けをしたところ、1等材に該当するものはなく、2等材26.5%，3等材41.1%，4等材32.4%となった。

等級の決定要因は、曲がりと木口腐れがほぼ半数を占め、次いで心割れ、目回りの順となった。

なお、木口腐れは全原木に存在し、約80%が空洞控除の対象となり、控除材積は総材積の11.8%であった。

3.2 製材試験

調査原木のうち合板試験用以外のもの（26本）はすべて35mmの耳付き材に製材し、基礎材質試験等に直ちに供試される原木を除く12本について製材歩留まりを測定した。



第2図 腐朽していると思われる部分(木口面)

注) : 細胞壁がやせている。
第2~6図でスケールバーはそれぞれ100 μ mを示す。
Fig. 2. Decayed part (Cross section).
Note: Shrunken cell wall.
Scale bars in Fig. 2 to 6 are 100 μ m.



第3図 腐朽していると思われる部分(板目面)

注) : 道管に菌糸が見られる。
Fig. 3. Decayed part (Tangential section).
Note: Visible hyphae in vessel.



第4図 腐朽していると思われる部分(解繊物, 位相差)

注) : 浸食された細胞壁
Fig. 4. Decayed part (Macerated tissue, through phase-contrast microscope).
Note: Eroded cell wall.

切削性についてはとくに問題はなかったが、製材直後に割れの入る材が多かった。

製材品では、心材部の腐れが目立ったが、辺材部の腐れはほとんど認められなかった。

製材寸法は幅5cm以上、長さ50cm以上とし、著しく腐朽したものを以外は製材品として採材した。平均歩留まりは61.8%であった。

3.3 製材品の外観, 腐朽状況調査

3.3.1 製材品の外観調査

キカンバ原木26本からはそれぞれ4~13枚の板が製材された。2~3人の観察者によって、これら試験体の変色または腐朽範囲、その被害の程度などを調査し、それらを総合して被害度を決定した。被害度は次の3段階で評価した。すなわち、

- : 健全なもの
- △ : 変色があり腐朽の可能性のあるもの
- × : 変色および腐朽が認められたものである

その結果、原木26本から得られた合計182枚の板のうち、○が16%、△が40%、そして×が44%の割合となり、板全体の8割以上に変色や腐朽などの外観的異常が認められた。

原木単位で見ても、製材された板がすべて健全なものとは判定された原木はなく、板の半数以上が健全

であった原木は3本のみであり、△および×の占める割合の高い原木が多かった。このことから、今回供試した26本のすべての原木は、変色や腐朽などの外観的異常を起こしていることになる。

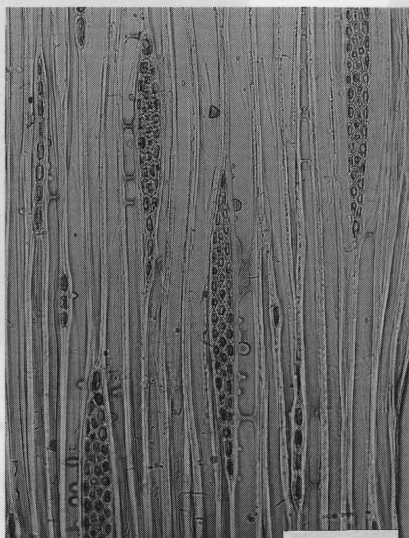
3.3.2 外観異常材の顕微鏡的観察

変色や腐朽など、外観的に異常が認められた材を顕微鏡的に観察した。

①正常と思われる部分、②腐朽していると思われる部分(着色もしている)、③着色している部分のそれぞれから試料を採取し、常法により処理し、光学顕微鏡で観察した。

まず、①正常と思われる部分は、木口、板目および柾目の3断面とも細胞壁のやせや菌糸等は見られず、解繊物でも細胞壁に異常は認められなかった。次に、②腐朽していると思われる部分は、部分的に正常なところもあるが、大半の組織においては腐朽菌と思われる菌糸が見られ、細胞壁のやせなど組織が侵されている様子が観察された。また解繊物の細胞壁も侵食されて欠落している部分が多かった(第2~4図)。

一方、③着色している部分では、一部の道管に菌糸が見られたが、大半の道管や木繊維など他の組織では菌糸は見られず、細胞壁も薄くなったり穿孔された様子はなかった。また解繊物も、特に異常は認



第5図 着色している部分
(板目面)
Fig. 5. Discolored part
(Tangential section).



第6図 着色している部分
(柁目面)
Fig. 6. Discolored part
(Radial section).

められなかった。ただ、放射柔細胞の着色の程度は、正常と思われる部分のそれより大であった(第5,6図)。

木材に侵入した菌類の菌糸、またそれによって作られる孢子が着色し、それらが木材の組織中に堆積することによって木材が変色したように見えることがある。また何らかの原因によって木材が代謝物を放出し、その代謝物によって木材が着色する場合もある。今回の観察では、少なくとも菌糸や孢子が着色しているようには見えず、キカンバ材からの代謝物が着色の原因であると推定される。その際、代謝物の生成に菌類が関与しているかどうかは判然としなかった。

肉眼的に明らかに腐朽している部分以外でも着色している部分は多く、それらは外観上健全に見える部分もある。その部分に菌糸が侵入している可能性もあるが、組織的にはそれほど侵されていないということが、今回供試したキカンバ材の観察で明らかとなった。ただし、肉眼的に腐朽していないと思われる部分でも腐朽と健全の遷移部分が存在している可能性があり、これらを肉眼的にどのように判別するかが課題である。

3.4 基礎材質

3.4.1 試験方法

キカンバ材の基礎材質を評価するために、収縮率試験、曲げ試験、縦圧縮試験、およびせん断試験を行った。

供試原木の中から、曲がり少なく、通直で、比較的径の大きなもの(径級34~48cm)を4本(供試木番号1, 2, 6, 11)選び、基礎材質試験用の供試木とした。

各供試木から髓を含む、厚さ35mmの柁目板を製材し、この板からそれぞれの試験のための試験体を常法により作製した。

それぞれの試験は、JIS Z 2101-1994「木材の試験法」に準拠して行った。

3.4.2 密度

供試木ごとの密度を第1表に、部位別の密度を第7図に示す。供試木1, 6, 11では、1, 11の髓付近の密度の値が小であるが、それより外側から樹皮までは変動が小さく各供試木ともほぼ等しい値を示した。この値は、ロシア産、中国黒龍江省産、韓国江原産のキカンバについて調査した結果^{1, 5, 6)}ともほぼ一致していた。

一方、供試木2は、髓付近で値が最小であり、その後、外側に向かって徐々に増加するが、ほとんどの部位で他の供試木よりかなり小であった。このよ

第1表 密度測定結果

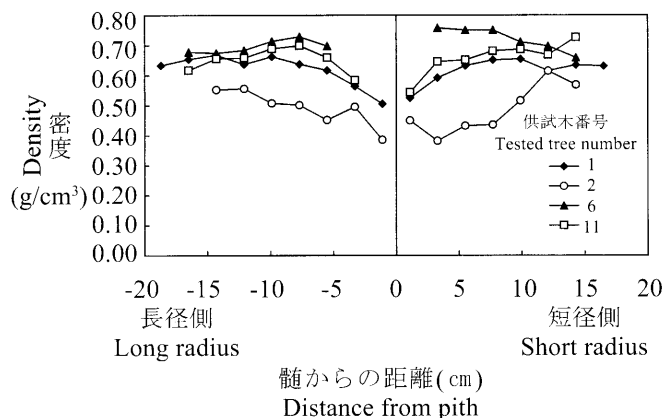
Table 1. Results of density.

供試木番号 Tested tree number	密度 Density (g/cm ³)	含水率 Moisture content (%)
1		
最大値 Max.	0.69	14.8
最小値 Min.	0.52	13.2
平均値 Av.	0.63	14.0
標準偏差 S.D.	0.04	0.46
2		
最大値 Max.	0.63	13.5
最小値 Min.	0.36	11.0
平均値 Av.	0.50	12.6
標準偏差 S.D.	0.09	0.62
6		
最大値 Max.	0.76	15.3
最小値 Min.	0.66	13.3
平均値 Av.	0.72	14.7
標準偏差 S.D.	0.03	0.56
11		
最大値 Max.	0.73	14.8
最小値 Min.	0.50	12.8
平均値 Av.	0.66	14.0
標準偏差 S.D.	0.06	0.66

うに、密度の値の小さな部分は後で述べるように腐朽による材の損傷の影響によることが確認された。

3.4.3 収縮率

収縮率の測定結果を第2表に示す。供試木6が他の個体に比べ、全収縮率で高い値を示した。一方、含水率1%当たりの収縮率では個体間に顕著な差は認められなかった。また、既往の報告⁶⁾と大差がない値であった。また、接線方向、半径方向ともに、樹幹の髄側、樹皮側での差異は認められなかった。一



第7図 密度の変動

Fig. 7. Variation of density.

方、軸方向の全収縮率は髄から樹皮側に向って若干の増加傾向が認められた。

3.4.4 曲げ試験

曲げ試験の結果を第3表、個体別、部位別の曲げ強さを第8図、曲げヤング係数を第9図に示す。曲げ強さが最も大きい値を示したものは、供試木6であった。一方最も小さい値を示したものは供試木2であった。供試木6を除き、曲げ強さは髄側から樹皮側に向って増加する傾向を示した。供試木1, 2, 11では髄付近で著しい強度の低下が認められた。これらの強度が小さい試験体は密度が小さく、腐朽していると考えられた。供試木2は、腐朽が広い範囲におよび、大幅な強度の低下が認められた。

また、供試木6の曲げ強さは、韓国江原産のもの⁶⁾とほぼ同じ値であった。しかし、ロシア産、中国産のものについての既往の値^{1, 5)}より10%ほど小であった。

一方、曲げヤング係数は、腐朽の影響を受けている各供試木の髄付近、および供試木2を除きおおむね一定であり、ロシア産のもの¹⁾とほぼ同等であった。

3.4.5 縦圧縮試験

縦圧縮試験の結果を第3表、個体別、部位別の結果を第10図に示す。平均圧縮強さで最も大きい値を示したのは、供試木6であった。一方、最も小さい値を示したのは供試木2で、供試木6より約40%小の値を示した。供試木2の強度が著しく小さいのは腐朽によるものと考えられた。

圧縮強さは全体的に髄側から樹皮側に向って増加する傾向を示したが、髄周辺と樹皮側との値の差は

第2表 収縮率測定結果
Table2 . Results of shrinkage

供試木番号 Tested tree number	全収縮率 (%)			含水率1%に対する平均収縮率 (%)			
	Shrinkage from green to ovdry moisture content			Shrinkage per 1 % moisture content			
	t	r	l	t	r	l	
1	最大値 Max.	9.82	10.11	0.85	0.34	0.62	0.05
	最小値 Min.	0.57	4.32	0.02	0.28	0.17	0.001
	平均値 Av.	8.21	6.17	0.39	0.30	0.27	0.02
	標準偏差 S.D.	2.28	1.34	0.20	0.02	0.10	0.01
2	最大値 Max.	8.84	6.77	0.53	0.33	0.26	0.04
	最小値 Min.	7.63	4.55	0.08	0.22	0.16	0.01
	平均値 Av.	8.12	5.74	0.38	0.28	0.22	0.02
	標準偏差 S.D.	0.40	0.75	0.11	0.03	0.03	0.01
6	最大値 Max.	10.22	11.57	1.02	0.35	0.33	0.07
	最小値 Min.	8.18	2.94	0.20	0.26	0.25	0.01
	平均値 Av.	9.10	6.50	0.49	0.31	0.29	0.02
	標準偏差 S.D.	0.55	2.29	0.25	0.03	0.03	0.02
11	最大値 Max.	10.28	7.49	0.57	0.36	0.32	0.02
	最小値 Min.	6.87	4.63	0.17	0.22	0.21	0.01
	平均値 Av.	8.63	6.18	0.32	0.31	0.28	0.01
	標準偏差 S.D.	1.71	1.43	0.13	0.07	0.06	0.00

注) : t : 接線方向, r : 半径方向, l : 縦維方向

Notes : t : Tangential direction ; r : Radial direction ; l : Longitudinal direction

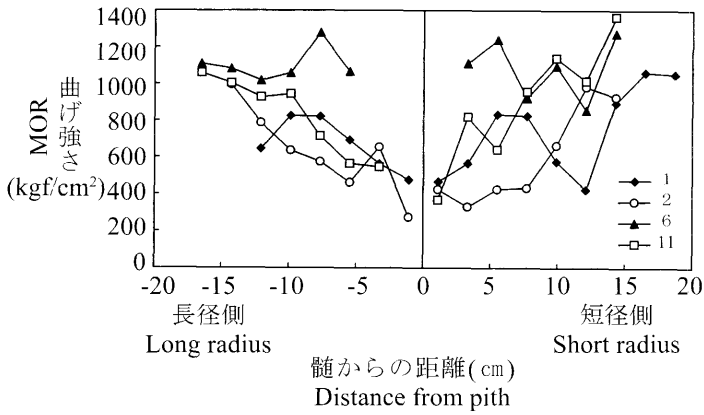
曲げ強さの場合より小であった。

健全材と考えられた供試木6の縦圧縮強さを既往の知見と比較すると、ロシア産のもの¹⁾より約25%、中国産のもの⁵⁾より約20%、韓国江原産のもの⁶⁾より約10%ほど値が小であった。

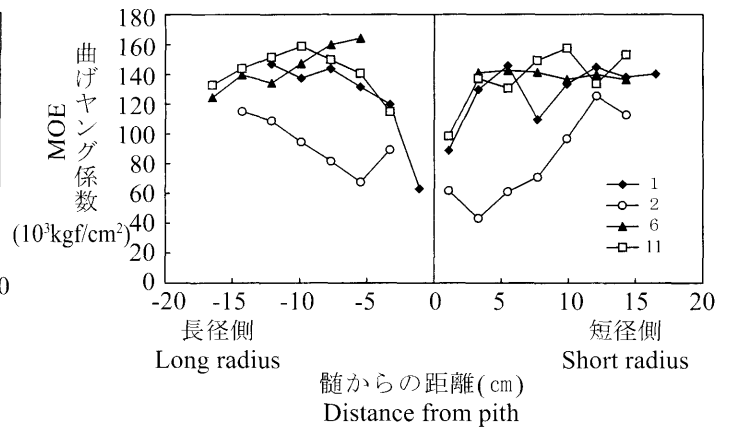
3.4.6 せん断試験

せん断試験の結果を第3表に示す。最も大きいせ

ん断強さを示したのは、柁目面、板目面ともに、供試木6であった。一方最も小さいせん断強さを示したのは、柁目面、板目面ともに供試木2で、供試木6より約30%小の値を示した。せん断強さは、髓側から樹皮側に向って大きくなる傾向を示した。供試木6の値は黒龍江省産のもの⁵⁾とほぼ一致した値であったが、ロシア産、韓国産のもの^{1,6)}と比べると



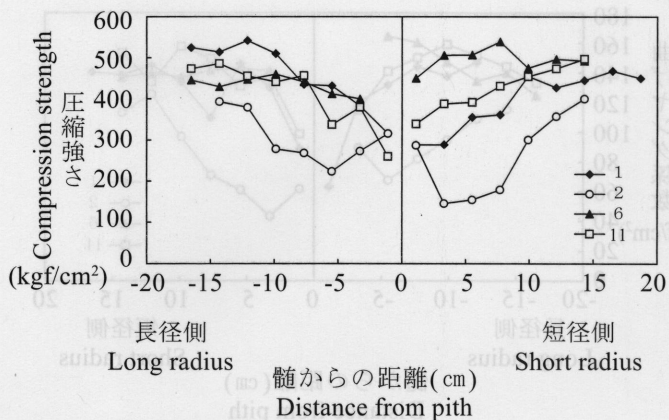
第8図 曲げ強さの変動
Fig. 8. Variation of modulus of rupture in static bending.



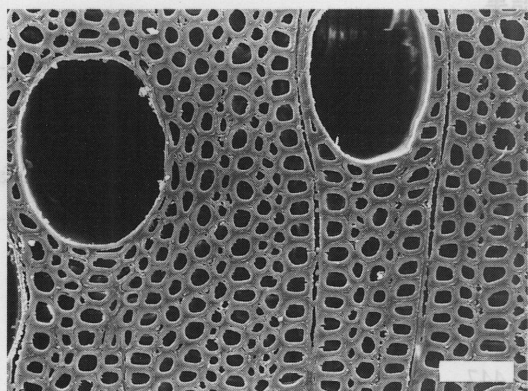
第9図 曲げヤング係数の変動
Fig. 9. Variation of modulus of elasticity in static bending.

第3表 強度試験結果
Table 3. Results of mechanical properties.

供試木番号 Tested tree number	曲げ強さ MOR in static bending (kgf/cm ²)	曲げヤング係数 MOE in static bending (10 ³ kgf/cm ²)	圧縮強さ Compressive strength (kgf/cm ²)	せん断強さ Shearing strength		
				柁目面 Radial surface (kgf/cm ²)	板目面 Tangential surface (kgf/cm ²)	
1	最大値 Max.	1,063	147	542	109	130
	最小値 Min.	423	63	316	50	30
	平均値 Av.	715	127	447	75	94
	標準偏差 S.D.	205	244	80	21	17
2	最大値 Max.	996	125	400	89	110
	最小値 Min.	274	43	146	26	28
	平均値 Av.	613	87	282	63	77
	標準偏差 S.D.	239	25	84	19	28
6	最大値 Max.	1,297	164	539	119	132
	最小値 Min.	857	125	400	68	66
	平均値 Av.	1,093	142	464	98	113
	標準偏差 S.D.	129	11	40	16	17
11	最大値 Max.	1,365	158	498	126	137
	最小値 Min.	367	98	259	43	53
	平均値 Av.	862	139	417	92	101
	標準偏差 S.D.	269	17	67	22	23

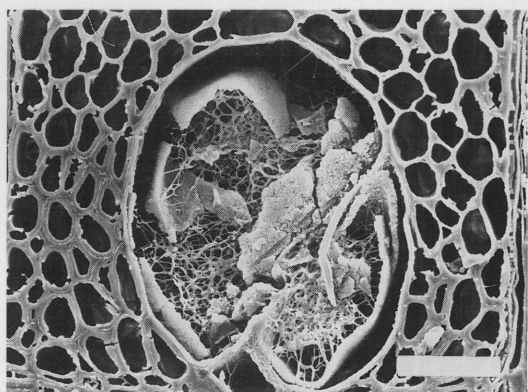


第10図 圧縮強さの変動
Fig. 10. Variation of compressive strength.

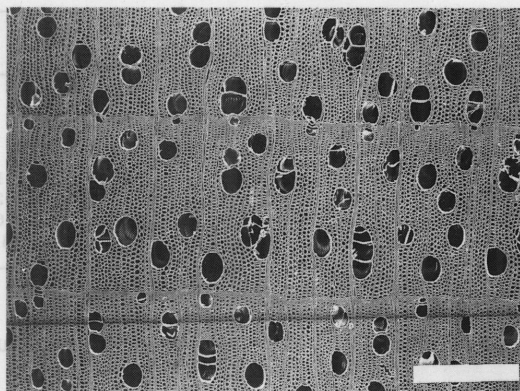


第12図 供試木 6 (木口面)
注) : 木繊維の細胞壁は破壊されていない。
第12, 14図でスケールバーはそれぞれ50 μ mを示す。
Fig. 12. Tested tree No.6.(Transverse surface).

Note: No disintegration of cell wall of wood fiber
Scale bars in Fig.12 and 14 are 50 μ m.

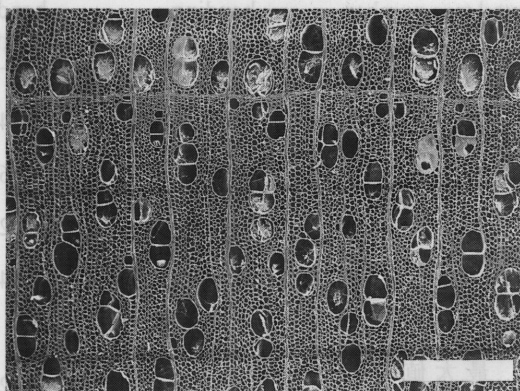


第14図 供試木 2 (木口面)
注) : 道管内の菌糸
Fig.14. Tested tree No.2.(Transverse surface).
Note : Hyphae visible in vessel.



第11図 供試木 6 (木口面)
注) : 道管内に菌糸は観察されない。
第11, 13図でスケールバーはそれぞれ500 μ mを示す。

Fig.11. Tested tree No.6.(Transverse surface).
Note: No hyphae visible in vessel.
Scale bars in Fig.11 and 13 are 500 μ m.



第13図 供試木 2 (木口面)
注) : かなりの道管内に菌糸が観察される。
Fig.13. Tested tree No.2.(Transverse surface).
Note : Hyphae visible in many vessels.

20 ~ 40%ほど小であった。

3.4.7 走査電子顕微鏡による観察

供試木2と6について、走査電子顕微鏡による組織の観察を行った。供試木6の道管には菌糸はほとんど観察されず(第11図)、木繊維の細胞壁も健全であった(第12図)。一方、供試木2の偽心材部では、道管内部に菌糸が観察された。また木繊維の細胞壁が破壊されている部分も観察された(第13,14図)。走査電子顕微鏡による観察の結果からも、供試木6

第4表 急速乾燥試験結果
Table 4. Results of quick drying test.

	供試材番号 Tested wood number	損傷の程度 Grading of defects		
		初期割れ Initial checking	断面変形 Deformation	内部割れ Honeycombing
心材部 Heartwood	1	No. 1	No. 3	No. 1
	2	No. 2	No. 3	No. 1
辺材部 Sapwood	1	No. 1	No. 4	No. 1
	2	No. 1	No. 4	No. 1

注) : 損傷の程度は初期割れと断面変形は8段階, 内部割れは6段階で評価し, 番号の大きいものほど損傷が顕著であることを表す。

Note: Initial checking and deformation was classified into 8 grades, and honeycombing was 6 grades. Large grade was more defective.

第5表 乾燥スケジュール
Table 5. Drying schedule.

含水率(%) Moisture content	乾球温度(°C) Dry-bulb temperature	乾湿球温度差(°C) Wet-bulb depression
生~40	55	4
40~35	55	5.5
35~30	55	8.5
30~25	60	14
	60	18
25~20	65	22
20~15	70	22
	70	25
15~終末	80	28

は健全材であり, 供試木2は腐朽が進んでいる材であったと考えられ, 強度試験の結果と一致した。しかし, 健全材と判断された供試木6についても材面に変色部が観察され, 目視での判定は困難であると考えられた。

3.5 加工適性

3.5.1 製材の乾燥性

キカンバ材の適正な乾燥スケジュールを見いだすために試験を行った。はじめに, 小さな試験片(厚さ 2.0 cm, 幅 10 cm, 長さ 20 cmの板目板)を用いて急速乾燥(100°C)試験⁷⁾を行い, 実大材(厚さ約3

cm)についての標準的乾燥スケジュールを推定した。

急速乾燥で現れた損傷について, 初期割れと断面変形を8段階に, 内部割れを6段階に分けてそれぞれ評価した。結果を第4表に示す。

これらの結果から, キカンバの実大材に対する乾燥条件を推定し第5表に示した。このスケジュールは既往のマカンバ⁸⁾, ダケカンバ⁹⁾についてのそれと同様のものとなった。

この乾燥スケジュールで厚さ 3.0 cm, 幅約 6~20 cm, 長さ 90~300 cmの板材の乾燥試験を行ったところ, 著しい損傷を与えずに乾燥することができた。そのため, このスケジュールはおおむね妥当なものであると言える。

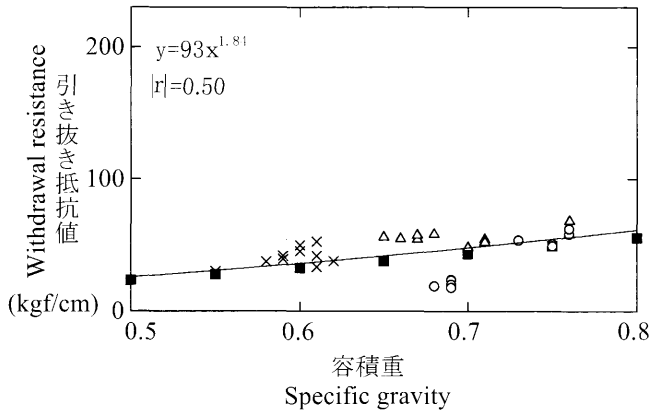
3.5.2 回転鉋による切削性

キカンバについて自動一面鉋盤による切削性試験を行った。

試験した材料には, 健全な部分(○)以外に, 変色があり腐朽の可能性のある部分(△)や腐朽している部分(×)も含まれていた。

板目で逆目ぼれ, 柁目で逆目ぼれと毛羽立ちが目立ったが, いずれも問題ない程度であり, 切削性は良好であった。変色部分や腐朽部分についても特に切削性に問題はなかった。

刃先摩耗の一つの目安として, 材幅 30mm のキカンバを 1500m 切削した後の刃先後退量を測定したところ, 19.3 μm となり, ミズナラやハルニレ¹⁰⁾より

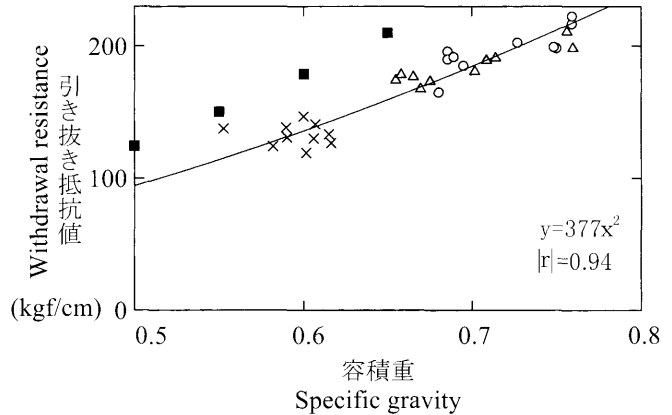


第15図 釘の引き抜き抵抗

凡例：○：健全部，△：変色部，×：腐朽部，
■：実験式による値 $y = 84x^{1.8}$

Fig.15. Withdrawal resistance of nail.

Legend：○：Sound wood；△：Discolored wood；
×：Decayed wood；■：Value by the experimental formula



第16図 木ネジの引き抜き抵抗

凡例：○：健全部，△：変色部，×：腐朽部，
■：実験式による値 $y = 496x^2$

Fig.16. Withdrawal resistance of wood screw.

Legend：○：Sound wood；△：Discolored wood；
×：Decayed wood；■：Value by the experimental formula

も刃先摩耗が少ない樹種と言えよう。

3.5.3 釘および木ネジの引き抜き抵抗性

キカンバについて釘および木ネジの引き抜き抵抗試験を行った。試験に用いたキカンバは健全部のほかに、変色していたり著しく腐朽している部分が多かったため、健全な部分(○)、変色があり腐朽の可能性のある部分(△)、腐朽している部分(×)の3タイプに分類して、それぞれの釘および木ネジの引き抜き抵抗を調べることにした。

釘および木ネジの引き抜き抵抗を第15、16図に示す。釘の引き抜き抵抗値と容積重の相関はあまり高くなかった(第15図)。腐朽、変色、健全という分類に対して、抵抗値はあまり差がなかった。

日本産気乾広葉樹(比重0.3~0.9)の釘の引き抜き実験式¹¹⁾($y=84x^{1.84}$)による実験値を求めて比較したところ、測定値は、健全部(○)の一部が実験値を下回ったものの、その他は同等かそれ以上であった。

第16図より、木ネジの引き抜き抵抗値について、乾燥材の木ネジの引き抜き実験式¹²⁾($y=496x^2$)による実験値を求めて比較した。測定値は、実験値をすべて下回っており、同じ容積重の乾燥広葉樹よりも木ネジの引き抜き抵抗は24%ほど小さかったと言える。

3.5.4 接着性、塗装性

キカンバの接着性能と塗装性能をJIS、JASに従って試験を行った。

接着試験にはユリア樹脂接着剤(UF)、酢酸ビニル樹脂接着剤(PVAc)、水性高分子-イソシアネート樹脂接着剤(API)とレゾルシノール接着剤(RF)の計4種の接着剤を用いた。

調製した試験片について、JISで各種接着剤に関して定められている条件に基づいたブロックせん断試験とJASに基づくはく離試験を施し、接着性能を評価した。はく離試験はUFとPVAcについては造作用集成材に対する浸せきはく離試験を施し、APIとRFについては構造用集成材に対する浸せきはく離と煮沸はく離試験とを実施した。さらに、作業性能と接着性能に影響を与える接着剤の圧縮時のみ出しを目視により評価した。

塗装試験にはポリウレタン樹脂塗料とアミノアルキド樹脂塗料の2種を用いた。

塗装性能評価は、JASの特殊合板に定められている平面引っ張り試験(塗膜密着力試験)を施して塗膜密着性能で評価した。

結果の概略は次のとおりである。

①接着剤のみ出し量を木口面と側面とで目視により評価したが、材内へ接着剤が過剰に浸透した

第6表 ブロックせん断試験結果
Table 6. Results of shearing strength test.

接着剤 Adhesives	気乾比重 Specific gravity in air dry	常態試験 Drying condition test							耐水試験 Water proof test							
		せん断強さ (kgf/cm ²) Shearing strength				木破率 (%) Wood failure			せん断強さ (kgf/cm ²) Shearing strength				木破率 (%) Wood failure			
		最大値 Max.	最小値 Min.	平均値 Av.	標準偏差 S.D.	最大値 Max.	最小値 Min.	平均値 Av.	最大値 Max.	最小値 Min.	平均値 Av.	標準偏差 S.D.	最大値 Max.	最小値 Min.	平均値 Av.	
		RF	SW	0.63	140	111	128	9.0	100	10	81	70	48	58	6.2	100
		0.69	140	114	126	7.4	100	10	66	73	51	62	5.6	100	50	89
		0.66	128	106	118	6.5	80	10	36	67	49	58	5.3	100	20	67
	HW	0.55	108	56	79	12.3	100	10	68	56	28	40	6.4	100	40	83
		0.44	82	41	59	10.9	100	95	100	31	21	26	2.3	100	100	100
		0.34	46	25	34	6.1	100	100	100	21	11	15	2.5	100	100	100
API	HW	0.68	143	87	106	15.4	100	0	31	55	0	5	13.1	70	0	6
UF	SW	0.63	132	106	119	9.4	100	100	100	76	53	61	6.2	100	0	63
	HW	0.70	140	112	127	7.4	100	100	100	82	63	72	5.6	100	80	98
PVAc	HW	0.69	160	134	149	8.3	80	5	30	45	10	25	9.2	0	0	0

凡例：RF：レゾルシンノール，API：水性高分子イソシアネート，UF：ユリア，PVAc：酢酸ビニルエマルジョン，SW：辺材，HW：心材

Legend：RF：Resorcinol-formaldehyde resin；API：Water based polymer-isocyanate；UF：Urea-formaldethyde；PVAc：Polyvinyl acetate emulsion；SW：Sapwood；HW：Heartwood

り逆に浸透が不足してはみ出し量が顕著であるなどといった問題はなく、接着剤に関しては、通常の塗布量である250g/m²で適していると判断された。

②ブロックせん断試験結果を、第6表に示した。

常態せん断強度は、明瞭な比重依存性があり、比重の高い試験片ほどせん断強度は増大する傾向があった。

比重の幅は非常に広く、とりわけ心材では著しかった。これは樹心に近いところで腐朽が進行していることをうかがわせる。したがって、健全材の接着強度として評価すべきかどうかは、腐朽試験結果と対応させて検討する必要がある。比重0.65以上の心材と比較すると、RF、UF、PVAcはいずれも120kgf/cm²かそれ以上の強度を示している。これに対して、APIは106kgf/cm²であった。さらに、比重0.55でのRFの強度をみると79kgf/cm²であった。

木破率は、低比重材を用いたRFとUFの場合で100%であるが、高比重でのRFでは70%に達せず、またAPIでは31%であった。JASとJISを考慮すると、強度は規格を満たすと判断されるが木破率がやや低いように思われる。耐水試験結果ではこの傾向がより顕著であり、UFと比重0.69の試片を用いた場合のRFを除いて、強度は60kgf/cm²以下

であった。なお、全く同一条件で調製したマカンバについて試験を行い、同一比重で比較したところ、キカンバの接着強度はマカンバに比較してわずかに低い傾向が認められた。

またAPIで、接着剤の塗布量を250g/m²から350g/m²に増量したところ大幅な改善が認められた。接着強度は塗布量の増大によって、常態試験では106kgf/cm²から139kgf/cm²に、耐水試験では5kgf/cm²から55kgf/cm²に変化した。

③UFとPVAcには浸せきはく離試験，RFとAPIには浸せきはく離試験と煮沸はく離試験を行った。

UFはすべての樹種ではく離率0%であり、浸せきはく離試験の基準である10%以下を満たした。これに対して、PVAcは、87%の高いはく離率を示し基準を満たさなかった。

RFは、ほとんどの樹種ではく離率0%であり、両はく離試験の基準を満たした。一方、APIは、はく離率が浸せきはく離で66%、煮沸はく離で92%と両試験の基準を大幅に超えて基準に合格しなかった。

④下塗り，中塗り，上塗りの各塗装行程における塗装障害を目視により観察したが、とくに問題は認められなかった。

塗膜密着力は、ポリウレタン樹脂塗料では、心材の比重0.37～0.69の範囲で12.4～21.0kgf/cm²、

第7表 同樹種合板の常態接着力試験結果

Table 7. Results of normal adhesive strength test.

接着剤 Adhesives	せん断強さ (kgf/cm ²) Shearing strength				木破率 (%) Wood failure			
	最大値 Max.	最小値 Min.	平均値 Av.	標準偏差 S.D.	最大値 Max.	最小値 Min.	平均値 Av.	標準偏差 S.D.
	ユリア樹脂 Urea resin	25.4	16.0	20.3	2.6	100	20	64.4
メラミン樹脂 Melamine resin	28.1	13.7	21.9	4.9	100	40	80.6	22.2
フェノール樹脂 Phenol resin	24.7	16.6	20.5	2.1	100	10	61.3	26.9

第8表 温冷水浸せき試験および煮沸繰り返し試験結果

Table 8. Results of hot and cold water immersion test and cyclic boiling test.

接着剤 Adhesives	せん断強さ (kgf/cm ²) Shearing strength				木破率 (%) Wood failure			
	最大値 Max.	最小値 Min.	平均値 Av.	標準偏差 S.D.	最大値 Max.	最小値 Min.	平均値 Av.	標準偏差 S.D.
	ユリア樹脂 Urea resin	26.2	4.8	17.3	5.1	100	0	53.1
メラミン樹脂 Melamine resin	31.0	11.0	20.1	5.3	90	10	42.5	34.7
フェノール樹脂 Phenol resin	23.6	9.6	15.2	4.0	40	0	15.0	13.2

注) : 温冷水浸せき試験はユリア樹脂で製造した合板について行い, 煮沸繰り返し試験はメラミン樹脂, フェノール樹脂で製造した合板について行った。

Note : Hot and cold water immersion tests were made for plywood of urea resin adhesive and cyclic boiling tests for one of melamine and phenol resin.

心材の比重0.64で36.9kgf/cm²であった。また、アミノアルキド樹脂塗料でも、辺材38.6kgf/cm²、心材31.8kgf/cm²と高い値であった。

このように、すべての塗料はともにJAS基準である4kgf/cm²の値より高い値を示した。

3.6 合板製造適性

6本の原木(径級26~36cm)を用いて一連の合板製造試験を行い合板用材としての適性を評価した。

試験と結果の概略は以下のとおりである。

①ベニアレースにより0.8mmと4.25mm厚さの単板(単板厚さはすべて剥き出し厚さ)を切削した。単板切削性は原木の品質に大きく影響され、逆目、腐朽のない原木の単板切削性は良好であったが、

これらの欠点のある原木では目ばれが甚だしく、合板に使用できない面粗れが生じた。

②厚さ4.25mmの単板の含水率を60%から10%まで下げるための所要時間は約23分であった。この値はほぼ比重(0.67)に見合った値であり、キカンバ単板の乾燥性は良好であった。乾燥による幅収縮率は約7%で、ほぼ比重に見合った値であったが、厚さ収縮率は8~11%とかなり大きな値を示し、剥き出し厚さの決定には十分な注意が必要である。

一般に、乾燥による狂いは小であったが、心材と辺材が混在している単板のみ狂い、特に木口の波打ちが大きかった。

③表裏板に0.8mm厚さ、心板に4.25mm厚さの単

第9表 道材合板の常態接着力試験および温冷水浸せき試験結果

Table 9. Results of normal adhesive strength test, and hot and cold water immersion test.

表裏単板の種類 Species of face and buck veneer	常態試験 Normal adhesive strength test							温冷水浸せき試験 Hot and cold water immersion test						
	せん断強さ (kgf/cm ²) Shearing strength				木破率 (%) Wood failure			せん断強さ (kgf/cm ²) Shearing strength				木破率 (%) Wood failure		
	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値
	Max.	Min.	Av.	S.D.	Max.	Min.	Av.	Max.	Min.	Av.	S.D.	Max.	Min.	Av.
カバ Birch	21.1	11.7	16.2	2.6	100	10	56.9	27.4	11.6	17.7	5.5	90	10	37.5
シナノキ Basswood	17.6	11.9	13.7	1.4	60	0	6.3	16.2	0	5.4	5.9	20	0	3.8

板を用いた同樹種構成の3プライ合板をユリア樹脂接着剤 (UF), メラミン-ユリア共縮合樹脂接着剤 (MUF), フェノール樹脂接着剤 (PF) の3種類の接着剤で製造した。これらの合板の接着性を普通合板のJASに準じて常態接着力試験と, UFで製造した合板は温冷水浸せき試験, MUFおよびPFで製造した合板は煮沸繰り返し試験により測定した。合板の大きさは30×30cmで, 各接着剤とも6枚製造した。

常態接着力試験の結果を第7表に, 温冷水浸せき試験および煮沸繰り返し試験の結果を第8表に示す。UFの温冷水浸せき試験で, JASの標準値である7kgf/cm²を下回った試験片が1片あったが, 木破率は90%を示し接着性に問題はないと考えられる。その他の試験片は, 常態接着力試験, 温冷水浸せき試験, 煮沸繰り返し試験のいずれの結果でも7kgf/cm²を大きく上回り接着性は良好であった。

以上の結果から, UF, MUFおよびPFで製造したキカンバ合板はJASの2類または1類に十分合格する性能が得られることが判明した。

④表裏板にカバおよびシナの0.8mm厚さの単板, 心板にキカンバの4.25mm厚さの単板を用いた3プライ合板をUFで製造した。これらの合板の接着性を常態接着力試験および温冷水浸せき試験により測定した。製造条件, 合板の大きさ, 製造枚数, 供試引張りせん断試験片数は同樹種合板と同様である。

試験結果を第9表に示す。カバ合板は常態接着

力試験, 温冷水浸せき試験とも良好であったが, シナ合板は常態接着力試験では木破率が低く, 温冷水浸せき試験では標準値に達しない試験片が半数以上あった。そこで, 再度試験を行ったが同様の結果が得られたので, MDI (ジフェニルメタンジイソシアネート) またはラテックスエマルジョンを配合して接着性の改良を試みた。配合割合はMDIは樹脂に対して2部, ラテックスエマルジョンは樹脂に対して15部である。

その結果を第10表に示す。MDI, ラテックスエマルジョンとも明らかに接着性の向上が認められ, 温冷水浸せき試験でもすべての試験片が標準値を上回った。

UFで製造した同樹種合板およびカバ合板の接着性は悪くはなかったので, キカンバ単板のUFに対する接着性が悪いとはいえないが, 一般に接着性がそれほど良好ではないシナ単板との接着には注意が必要で, 若干コストアップにはなるものの, これらの改良剤を添加した方が無難である。

⑤熱圧による厚さ減りは2.7~3.6%とほぼ比重に見合った値で, 特に問題はなかった。

⑥5.5mm厚さ(0.8+4.25+0.8mm:3プライ)の幅90cm, 長さ180cmの実大サイズ合板をUFで20枚製造し, これらの合板の狂いを測定した。すなわち, 供試合板を平滑な台に乗せたときの合板の4角と, 幅方向, 長さ方向の中央部それぞれ2か所, 合計8点の台と合板のすき間を測定した。次いで, 表板が上側の場合と下側の場合のそれぞれについて

第10表 シナ合板のMDIとラテックスエマルジョンによる接着性能改良試験結果

Table10. Improvement of Basswood plywood bond quality with MDI or latex emulsion.

	常態試験							温冷水浸せき試験						
	Normal adhesive strength test							Hot and cold water immersion test						
	せん断強さ (kgf/cm ²)				木破率 (%)			せん断強さ (kgf/cm ²)				木破率 (%)		
	Shearing strength				Wood failure			Shearing strength				Wood failure		
最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	
Max.	Min.	Av.	S.D.	Max.	Min.	Av.	Max.	Min.	Av.	S.D.	Max.	Min.	Av.	
ラテックス MDI	17.6	12.4	15.5	1.6	100	10	75.6	20.0	8.8	12.6	3.2	20	0	6.95
エマルジョン Latex emulsion	18.5	13.0	15.7	1.5	100	10	75.6	19.2	9.4	14.2	3.0	30	0	9.4

注) : MDI : メチレンジフェニルジイソシアネート
Note : MDI : Methylene diphenyl diisocyanate

て測定点8点の平均値を算出し、この二つの値の平均値をその合板の狂いとした。
これまでの経験からこの数値が5~6mmを上回ると肉眼で見ても明らかに狂いが大きいことが分かる。キカンバ合板の狂いは製造直後が8.3mm、1か月後には5.6mmであり、やや大であった。

12mm厚さ(1.8+3.5+1.8+3.5+1.8mm:5プライ)の実大サイズのコンクリート型枠用合板をMUFで20枚製造し、コンクリート型枠用合板のJASに準じて曲げ剛性試験を行った。

コンクリート型枠用合板のJASでは“たわみ”の数値で合否を判定するが、それをヤング係数に換算すると今回試験した合板は70×10³kgf/cm²になる。今回の試験ではすべての合板がこの値を大きく上回り(最大124×10³kgf/cm², 最小110×10³kgf/cm², 平均118.4×10³kgf/cm²)コンクリート型枠用合板に使用して強度的には問題は無い。

三連型枠に幅4cm、長さ15.5cmに切断した12mm厚さ合板とセメントペースト(水:セメント比=0.35)を詰め、20-90%RHの恒温恒湿室に2日間放置後脱型した。硬化不良を生じる樹種は合板と接する部分のセメントが硬化しないが、この硬化しない部分の深さを測定した。供試試験片数は各樹種6片であるが、1片につき長さ方向に11点測定した。

硬化不良深さは、心、辺材混合のもので0.14mm、心材のみのもので0.05mm、辺材のみのもので

0.06mmであった。
建築的に問題のない硬化不良は0.3mm以内であるとされているので⁽¹³⁾、そのことを考えるとキカンバは硬化不良は問題ないと判断できる。

3.7 家具の試作

家具を製造している旭川市のT社に「文机」の作製を依頼した。

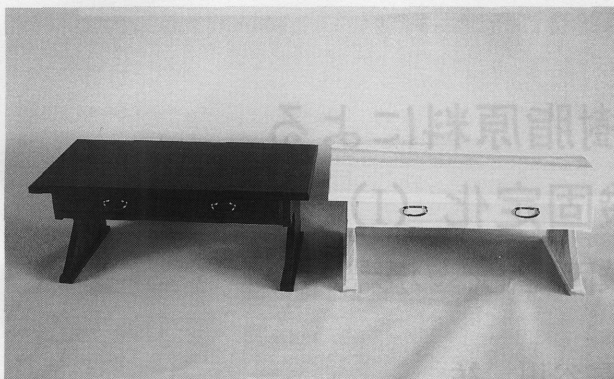
変色を含む材がこうした用途に適するかどうかを検討するため、変色した材も材料とした。

塗装は木地色仕上げと着色仕上げの二種類とした。サンダーがけの際、変色部の研削量が他の部分より若干多かったが、切削、接着、塗装等の各工程では特に問題となるような点もなく、製品としては良好な仕上がりとなった。

でき上がった製品を第17図に示す。

このように、家具等を作製する上で、健全な材の部分は加工上何ら問題がない。偽心材のうち明らかに腐朽している部分以外の材でも、工夫しだいでは使用して行けるし、製材の歩留りから考えても、このような材の部分も利用しなければならないであろう。

もちろん、このような部分は腐朽による強度低下も考えられることから、テーブル、椅子の足などといったように、強度を必要とするような使い方は避けた方が無難であろう。



第17図 試作した家具「文机」
Fig.17. Desks of trial production.

4. まとめ

ロシア側から提供されたキカンバ材について、その材質を把握し、加工適性を評価するための試験を行った。

この試験のためにロシア側から送られて来たキカンバ材の原木にはいずれも偽心が存在し、心材の腐朽も目立ち、3, 4等材が全体の約7割を占める低品質のものであった。

そのため、得られた製材のうち、変色や腐朽のない健全な材と判断されたものは全体のうちの16%にしか過ぎなかった。これらは原木の辺材および心材の外側から得られた。こうした健全な材については、材質や加工適性の上でとりたてて問題にする点は見あたらなかった。

一方、得られた製材で、その8割以上に変色や腐朽などの外観的な異常が認められたことから、偽心や心材の腐朽を無視してキカンバ材を扱うことはできず、こうした欠点は、材の利用価値を減ずるだけでなく、用途そのものも狭めてしまう。

今後市場に出回るキカンバ材の原木が、今回の材と同程度に偽心や腐朽を含んだものかどうかを明らかにし、材の一般的な評価を確定することが、この材を利用して行く上で重要である。

文 献

- 1) ルイセンコ, N.S. : キカンバの特性および利用の見通し (公表年不明).
- 2) 中田 功, 前田 満 : “ソビエト連邦の樹木”, 学術図書自主刊行会, 84-85 (1979).
- 3) 佐藤真由美 : 未発表資料
- 4) 林産試験場 : ロシア産キカンバ材の材質および加工適性評価 (1998).
- 5) 成俊卿ほか2名 : “中国木材志”, 中国林業出版社, P.141 (1992).
- 6) Research team on the wood properties of native hardwoods. : Studies on the wood properties of native hardwoods of major importance, (I) Wood properties of 4 species of Genus Betula, Forest Report of Forest research institute of Korea, 31, 64-85 (1984).
- 7) 寺沢 真 : 木材乾燥スケジュールの簡易決定法, 木材工業, 20, 216-221 (1965).
- 8) 寺沢 真 : “木材乾燥のすべて”, 海青社, 1994, P.239-240.
- 9) 米田昌世ほか3名 : 適正人工乾燥スケジュールに関する研究, 林産試験場研究報告, 71, 1-67 (1982).
- 10) 小西千代治ほか2名 : 木材の回転切削工具の寿命に関する研究, 林産試験場研究報告, 58, 6-66 (1972).
- 11) 林業試験場監修 : “新版木材工業ハンドブック”, 木材の接合, P.439 (1973).
- 12) U.S.Forest Products Laboratory : FASTENINGS, Wood handbook, 7-9 (1974).
- 13) 南 享二ほか2名 : 建築技術, 合板型わく工法, 3.5. コンクリート表面の硬化不良, 179, 135-169 (1966).

- 利用部 主任研究員 -

- *1 利用部 材質科 -

- *2 性能部 耐久性能科 -

- *3 性能部 接着塗装科 -

- *4 技術部 製材料科 -

- *5 技術部 乾燥科 -

- *6 技術部 加工科 -

- *7 技術部 合板科 -

(原稿受理 : 98.8.19)