

## 輸入材と特産材の曲げ加工性に関する研究（1）

この研究は、昭和42年度技術開発研究費補助金（通商産業省）により、「輸入材と特産材の曲げ加工性に関する研究」として、昭和42年7月から昭和43年3月の間に実施したものである。

この試験研究の目標は、最近における曲げ加工適材の供給不足に対処し、曲げ加工工業の原料対策に一つの手がかりを得たいという観点から、輸入材（南方材）および特産材（北海道産材）の数樹種について、曲げ加工に関する一連の試験をおこない、曲げ加工適性樹種の選択基準を求めるとともに、曲げ加工に関する技術データを把握することにあつた。

試験対象樹種は、家具用材などとしての利用実態および経済的利用価値からみて、きわめて一般的な商業用材として取扱われるものの中から選定し、輸入材はすべて南洋材とした。供試樹種は次の14樹種である。

南洋材：ジョンコン、カプール、レッドラワン、ナトー、ピンタンゴール、ラミン、レッドセラヤ、マトア。

道産材：ブナ、ヤチダモ、ハリギリ（セン）、マカンノミ、ミズナラ、イタヤカエデ。

この試験は、元木材部長故瀬戸健一郎を主任研究者として、基礎材質試験と曲げ加工試験の2部に分けておこない、基礎材質試験では、小野寺、高橋、川口、斉藤\*、穴沢 大久保、北沢らが担当し、気乾材の静的・動的応力、歪および仕事量から塑性域の性質、湿潤状態の材の粘弾性的性質を検討した。

曲げ加工試験では、山岸\*\*、米田、池田、宮野、若井らが担当し、製材・切削加工時の曲げ加工適材の歩止りと欠点の実態調査、天然乾燥の効果と欠点発生の実態、曲げ加工装置の適正条件の検討、曲げ加工材の煮沸処理（前処理）と材の変形（スプリング・バック）を生じない乾燥処理（後処理）などについて試験を行ったものである。

なお、本研究については工業技術院産業工学試験所の協力を受けたことを付記し謝意を表す。この研究の結果については、試験項目ごとに分割して逐次掲載する予定である。

### - 曲げ木用材の品質指標について -

小野寺 重 男    高 橋 政 治  
川 口 信 隆

#### はじめに

本報では基礎材質試験のうち、曲げ木用材の品質指標について報告する。

家具、運動具、楽器、器具類等の木工製品、集成材、船舶材等の構造用材の製造にあたって曲げ加工の手法がとり入れられている分野はきわめて広い。従来、曲げ加工用材としては、節、くされ、割れ、目切れ等の欠点のない木理通直な良質材が用いられてきたため、曲げ加工の適性樹種は限られていた。一方、木

工用材の需要が年々増加しているのに反し、供給される木材は質・量ともに低下してきており、曲げ加工材料としてかえりみられなかった低質材や代替材としての輸入外材の利用を余儀なくされるようになった。

この研究は、道産材および南洋材について一連の試験をおこない、

（1）曲げ加工技術に関する全国的な観点からブナの代替材としての南洋材および道産材の曲げ加工性につ

\* 斉藤藤子 静岡大学農学部助教授

\*\* 山岸祥恭        "        "        "

いて検討し、ブナをコントロール材として、これら樹種の曲げ加工性に関するランク付けをおこなうこと。

(2) 曲げ加工を実行するに際しての技術指針を得ることを目的とした。

このため、つぎに示す範囲で試験をおこなった。

(1) 曲げ加工性に関する利用上の観点から基礎材質試験をおこない材質指標を得る。

(2) 原木より曲げ試料を作成し、一般におこなわれている代表的曲げ加工法(トーネット法)により曲げ加工試験をおこない、不良率一覧表を作製する。また、曲げ加工後、所定時間乾燥し、治具を解除してからのもどり(スプリング・バック)および形態の変化をみることによって曲げ加工性を検討する。

### 供試材

原木の選定は、南洋材はその蓄積、入手の容易さ、家具材としての利用実態等経済的に利用価値があり、かつ商業用材として取扱われるものを主眼とした。特産材は北海道産材として全国的に名が知られているものとし、かならずしも従来のデータによる曲げ加工適性樹種を選定の主眼にはしなかった。原木は欠点の少ない、木理の正常材で2本以上にわたる場合は出来るだけ性質、形状の類似した材を選定した。( )内は供試原木数を示す。

道産材 ブナ (3) マカンバ (3)  
 ヤチダモ(2) ミズナラ (2)  
 ハリギリ(3) イタヤカエデ(2)

第1表 供試原木の概要

原木記号	樹種名	長さ(m)	径(cm)		材積(m <sup>3</sup> )	産地	備考
			末口	元口			
A-1 -2 -3	ブナ <i>Fagus crenata</i> BLUME	2.7	36	50	0.350	函館営林局	昭42.4.伐採
		2.6	40	44	0.416	江差営林署管内	42.5.入荷
		2.4	32	40	0.246	上の国地区	
B-1 -2	ヤチダモ <i>Fraxinus mandshurica</i> RUPRECHT	4.0	34	38	0.464	旭川営林局	昭42.5.伐採
		4.0	38	46	0.578	神楽営林署管内 春志内地区	42.6.入荷
C-1 -2 -3	ハリギリ (セ ン) <i>Kalopanax riciniifolium</i> MIQUEL	3.0	34	48	0.348	同 上	同 上
		2.8	38	42	0.404		
		2.8	34	36	0.325		
D-1 -2 -3	マカンバ (ウダイカンバ) <i>Betula Maximowicziana</i> REGEL	2.4	36	38	0.312	旭川営林局	昭41.8.伐採
		1.8	48	54	0.260	幾寅営林署管内	41.9.入荷
		2.4	32	36	0.245	落合地区	
E-1 -2	ミズナラ <i>Quercus crispula</i> BLUME	2.7	40	40	0.432	旭川営林局	昭42.5.伐採
		2.6	42	52	0.458	神楽営林署管内 春志内地区	42.6.入荷
F-1 -2	イタヤカエデ <i>Acer mono</i> MAXIMOWICZ	2.1	44	48	0.408	同 上	同 上
2.2	44	54	0.428				
Bi	Bintangor ピンタンゴール <i>Calophyllum spp.</i>	4.1	54	48	1.197	ボルネオ	昭42.6.入荷
J	Jongkong ジョンコン <i>Dactyloctenium spp.</i>	4.0	52	62	1.080	インドネシア	同 上
K	Kapur カプール <i>Dryobalanops spp.</i>	3.0	64	64	1.230	ボルネオ	昭42.5.入荷
L	Red lauan レッドラワン <i>Shorea spp.</i>	1.9	80	80	1.217	フィリピン	昭41.8.入荷
N	Nato ナトー <i>Palaquium spp.</i>	3.9	70	72	1.910	ニューギニア	昭42.6.入荷
R-1 -2	Ramin ラミン <i>Gonystylus spp.</i>	4.0	40	40	0.640	インドネシア	同 上
		4.1	40	44	0.656		
S	Red seraya レッドセラヤ <i>Shorea spp.</i>	3.0	64	64	1.230	ボルネオ	昭41.9.入荷

南洋材	ピンタンゴール	(1)	レッドラワン	(1)
	ジョンコン	(1)	ナトー	(1)
	カプール	(1)	ラミン	(2)
			レッドセラヤ	(1)
			マトア (板材で入荷)	

なお、供試原木の概要については第1表に示す。

## 材質特性に関する試験

### 1. 試験方法

各樹種とも丸太の樹皮側から2cmの材部を除き、接線方向・半径方向ともに3cmの二方柱材を髓心部に向かって連続的に採片した。この試験材の繊維方向の寸法は、比重・収縮率試片5cm、曲げ試験片32cm、衝撃曲げ試験片30cmに採片した。測定に供した試片数は、樹種別・試験項目別に10本を標準個数とした。

年輪巾と比重の測定方法と算出方法は、JISZ2102により、収縮率の測定方法と算出方法は、JISZ2103に準じておこなった。すなわち、道産材の年輪巾の測定は気乾時の試験片の木口面上にあらわれる年輪巾を倍率10倍のメスルーベによって測定した。

また、比重と収縮率の測定は、測定基準線の寸法と重量を生材のとき、室内で重量が一定に達したとき、およびほぼ100で1昼夜乾燥したのち全乾に達したときに測定した。寸法の測定には精度1/100mmのダイヤル・ゲージ、重量の測定には感量1mgの化学天秤を使用した。

強度試験に用いた試験片は、接線方向・半径方向とも2cmに鉋削仕上げをおこなったのち、室温20℃、関係湿度65%の恒温恒湿室において平衡含水率に達するまで放置し、曲げ試験・衝撃曲げ試験をおこなった。曲げ試験方法は、JISZ2113、衝撃曲げ試験方法はJISZ2116に準じておこなった。すなわち、静的曲げ試験はスパンを辺長の14倍とし、供試片の木裏面から毎分1mmの送り速度で中央集中荷重を負荷した。試験機は、島津製作所製オートグラフ IS - 5000型、能力5tonを使用し、応力・歪を記録計チャートは連続的に記録させるとともに、試験機に連動する積分計によ

て最大荷重時までの静的曲げエネルギーをカウンターから読みとった。

### 2. 試験結果

(1) 供試用材の比重・収縮率測定結果を第2表に示した。なお、樹種別数値のうち、上段は最小値、中段は最大値、下段は算術平均値を示す。

(2) 容積密度数の丸太横断面の変動を第1図に示した。

(3) 容積収縮率の丸太横断面の変動を第2図に示した。

(4) 収縮異方度の丸太横断面の変動を第3図に示した。

(5) 供試用材の品質指標を第3 - 1表、曲げ加工適性の品質指標を第3 - 2表に示した。

### 3. 考察

この試験の目的は、1. 供試用材の材質評価、2. 曲木加工用材の選択基準を定めることである。

#### 3.1. 供試用材の材質評価

一般に、木材は、樹種、産地、樹幹の部位、生長の良否、欠点の有無、伐倒後の経過時間によって劣化し、その性質が変化する。したがって、木材を用うる試験では、供試用材がその樹種を代表する品質をもち、供試材として適当であるか否かを、予かじめ調べておく必要がある。そこで、この試験では、供試丸太の材質変動を、通常、木材材質を代表する品質指標とされている比重（または容積密度数：R）、収縮率（または収縮異方度、生材から全乾までの容積収縮率：dvとRの比）、さらに、曲げ及び衝撃曲げ試験によって検討した。試験結果を要約するとつぎのとおりである。

(1) この分担研究に用いた供試用材13樹種は、第1表に示すように、南洋材7樹種の伐採年度が不明であり、道産材のマカンバは1年前に伐倒したものを供試材とした。その他の道産材は、本試験の直前に伐倒したものを供試材としている。これら供試材の比重・収縮率試験結果（第2表）と既往の数値<sup>1,2)</sup>とを比較すると、ヤチダモ ハリギリは平均値にちかい値から最大値にちかい値を示し、カプール、セラヤは平均値にちかい値から最小値にちかい値を示す。その他の樹

第2表 供試用材の比重・収縮率

項目 樹種名	気乾比重 (g/cm <sup>3</sup> )	全乾比重 (g/cm <sup>3</sup> )	容積密度数 R (kg/m <sup>3</sup> )	容積収縮率 $\alpha V$ (%)	$\alpha V/R$	全 収 縮 率			試片 個数 (ヶ)
						繊維方向 $\alpha l$ (%)	板目方向 $\alpha t$ (%)	径目 向 $\alpha r$ (%)	
ブ ナ	0.6	0.601	501	15.63	30.2	0.167	11.82	3.80	10
	0	0.675	549	18.67	35.7	0.564	13.57	5.94	
	0.8	0.631	521	17.37	33.3	0.401	11.46	4.85	
ヤ チ ダ モ	0.631	0.580	493	13.99	26.8	0.420	9.72	4.05	10
	0.755	0.723	593	18.98	35.8	0.959	13.28	6.27	
	0.673	0.640	533	16.58	31.1	0.675	11.32	5.09	
ハ リ ギ リ	0.590	0.552	482	11.41	22.3	0.257	7.53	3.83	11
	0.750	0.708	605	14.53	27.7	0.693	9.10	5.51	
	0.643	0.605	525	13.16	25.1	0.399	8.59	4.61	
マ カ ン バ	0.618	0.579	504	12.63	23.7	0.236	6.60	5.30	11
	0.697	0.661	567	14.27	26.7	0.491	8.41	6.37	
	0.655	0.617	534	13.49	25.2	0.351	7.76	5.90	
ミ ズ ナ ラ	0.704	0.658	553	14.68	23.9	0.254	10.43	3.59	13
	0.800	0.754	635	16.41	28.8	0.618	11.75	5.59	
	0.749	0.711	593	15.66	26.4	0.374	11.02	4.81	
イ タ ヤ カ エ デ	0.656	0.609	528	12.86	24.2	0.273	9.10	4.35	13
	0.743	0.698	573	17.93	31.3	0.823	12.46	6.67	
	0.697	0.652	550	15.55	28.4	0.505	10.31	5.34	
ビ ン タ ン ゴ ー ル	0.519	0.485	428	11.21	24.1	0.276	7.02	3.88	9
	0.613	0.571	501	12.86	27.8	0.528	7.92	5.14	
	0.570	0.533	468	12.20	26.1	0.401	7.54	4.66	
ジ ョ ン コ ン	0.530	0.490	436	9.51	21.1	0.259	5.92	3.53	8
	0.639	0.591	521	11.96	26.1	0.405	7.07	5.31	
	0.586	0.543	481	11.30	23.5	0.342	6.72	4.58	
カ プ ー ル	0.578	0.537	475	11.43	23.6	0.316	7.81	3.35	9
	0.669	0.634	547	14.08	27.1	0.609	9.67	4.47	
	0.616	0.579	505	12.88	25.5	0.438	8.90	3.96	
レ ッ ド ラ ワ ン	0.451	0.429	371	11.26	22.0	0.315	6.95	3.61	11
	0.656	0.610	533	13.53	36.4	0.494	8.67	5.61	
	0.567	0.529	466	11.95	26.1	0.416	7.55	4.37	
ナ ト ー	0.657	0.616	538	10.23	17.8	0.214	6.70	3.58	12
	0.701	0.656	584	12.66	23.5	0.423	8.54	4.26	
	0.683	0.637	565	11.33	20.1	0.339	7.51	3.81	
ラ ミ ン	0.527	0.505	430	11.93	21.5	0.297	7.25	2.82	8
	0.677	0.644	563	15.57	34.4	0.465	10.36	7.72	
	0.626	0.598	517	13.59	26.6	0.369	9.41	4.24	
レ ッ ド セ ラ ヤ	0.339	0.310	284	7.50	21.3	0.288	4.81	1.97	9
	0.486	0.445	407	9.47	29.8	0.658	6.48	3.79	
	0.380	0.347	306	8.47	26.9	0.513	5.73	2.40	

種の材はほぼ平均値にちかい値を示している。道産材の容積収縮率は、ブナが最も大きく13.7%，ハリギリが最も小さく13.1%の値を示した。南洋材ではラミン13.5%，セラヤ8.4%の範囲にあった。収縮率，収縮異方度の値については，特記する変異が認められなかった。

(2) 供試用材の曲げ試験結果を既往の数値<sup>1,2)</sup>と比較すると，道産材の曲げ破壊係数，同ヤング係数は

類似の数値を示しており，南洋材はいずれもやや低い値を示し，とくにレッドセラヤが著しい。

また，衝撃曲げ試験結果の数値では，ハリギリ，ミズナラがやや高い値を示し，マカンバ，イタヤカエデはやや低い値を示している。南洋材は，既往の数値と比較して，すべて低い値を示しており，レッドラワン，レッドセラヤが著しい。

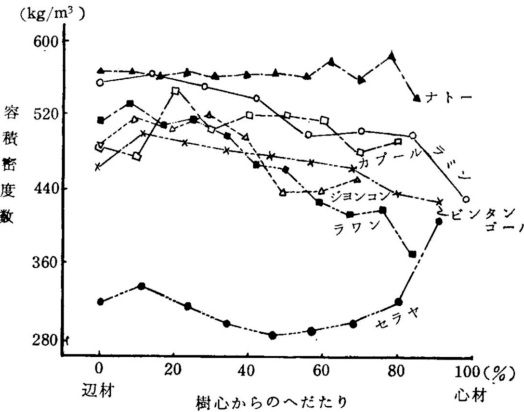
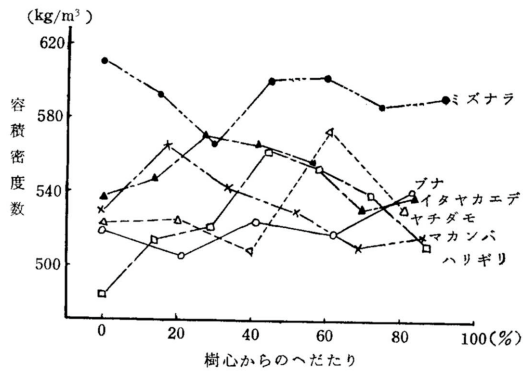
(3) 容積密度数，容積収縮率および収縮異方度の

丸太横断面でのあらわれ方を、樹心から樹皮側にむかって下降経過をたどるもの、上昇経過をたどるもの、一定の範囲で変動の少ないもの、さらに凸状、凹状を示すものの5つの型に分類する。

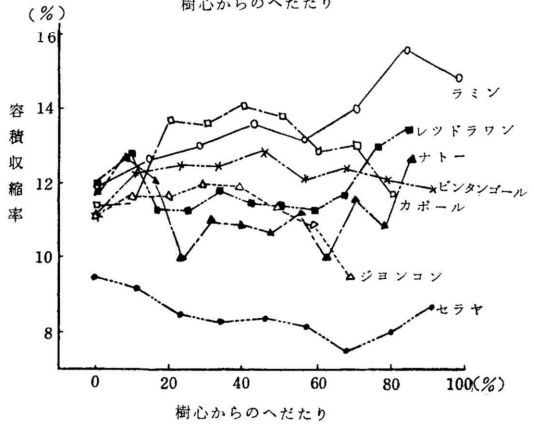
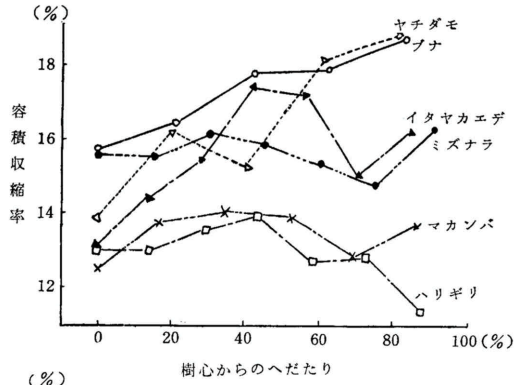
ここで、木材材質の通則として、容積密度数と容積収縮率は正比例し、収縮異方度とは反比例する関係にある。このことから、第1~3図の樹種別曲線を一括して考察すると、つぎのとおりである。

容積密度数の丸太横断面のあらわれ方(第1図)は、マカンバ、ラミン、ピンタンゴール、ジョンコン、レッドラワンは上昇型、ブナ、ヤチダモは下降型、ミズナラ、ナトー、カプールは一定型、ハリギリ、イタヤカエデは凸型、レッドセラヤは凹型に分けられる。

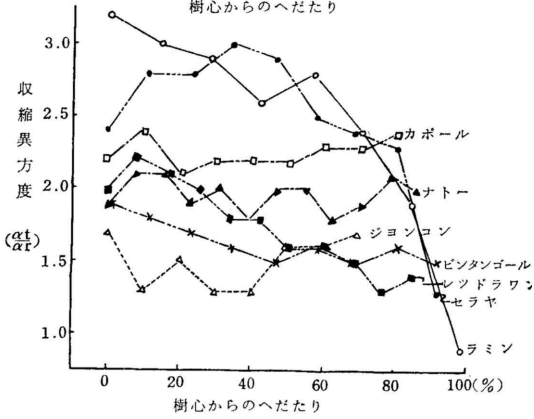
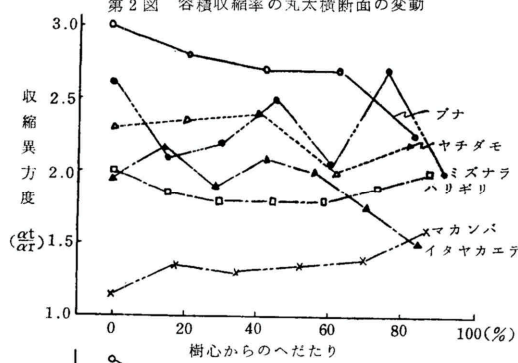
容積収縮率の丸太横断面のあらわれ方(第2図)では、ラミンは下降型、ピンタンゴールは一定型、レッドラワン、ナトーは凹型の傾向となり、収縮異方度の丸太横断面でのあらわれ方(第3図)は、ラミン、ピンタンゴール、レッドラワンは上昇型となり、いずれ



第1図 容積密度数の丸太横断面の変動



第2図 容積収縮率の丸太横断面の変動



第3図 収縮異方度の丸太横断面の変動

も前述の通則に反する傾向となった。

以上の試験は、素材の材質変動を調べ、曲木用材の木取りの参考とするために実施したものである。したがって、樹種別の比重変動、収縮特性については、さらに詳細な検討が必要とされる。

### 3.2. 曲げ加工用材の選択基準

従来から、曲げ木加工用適材は、節、腐れ、目切れなどの欠点のない木理通直な良質材で、“ねばり”のあることが重要な性質とされてきた。しかし、このような“ねばり”を数量的に示す適確な表示方法が明らかにされていない。そこで、この試験では、曲木加工適材の選択基準としての品質指標について検討した。

従来から用いられている指標として、モニン、テトマイヤー、ヤンカの係数が知られているが、これらは構造用材の適性を判定するものである。曲げ加工材は、塑性領域における伸びまたは縮み量とその時の応力が問題とされる。今回の試験では、曲げ木加工適性の簡便な指標として、次式で表示することとした。

$$\text{荷重・歪係数} = (y - y_p) (P - P_p) \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{歪係数} = \frac{y}{y_p} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{エネルギー係数} = \frac{A_B}{A_p} \dots\dots\dots (3)$$

ここで、P：破壊時の荷重 Pp：比例限度の荷重  
 y：破壊時の歪み yp：比例限度の歪み  
 A<sub>B</sub>：破壊時までのエネルギー A<sub>p</sub>：比例限度までのエネルギー

第3-1表 品質指標

樹種名	ヤンカ	ヤンカ	テトマイ	モニンの動的指標		モニンの静的指標	
	係数 (cm/ton)	比仕事量 (kg)	ヤー係数	(※)		(※)	
ブナ	12.12	130	0.71	2.27	1.75	6.5	6.1
ヤチダモ	11.82	130	0.77	2.43	2.57	6.2	6.4
ハリギリ	16.40	120	0.76	3.16	1.91	6.4	6.4
マカンバ	10.51	144	0.71	1.28	1.98	7.6	7.1
ミズナラ	14.26	138	0.76	2.31	2.02	6.0	5.7
イタヤカエデ	11.61	118	0.70	1.31	2.26	5.9	6.5
ビンタンゴール	9.41	143	0.79	1.70	—	8.6	—
ジョンコン	9.53	90	0.63	1.58	—	7.3	—
カブール	11.95	121	0.67	1.57	—	7.9	—
レッドラワン	7.08	97	0.76	1.16	—	6.9	—
マトア	11.08	162	0.85	—	—	6.9	—
ナト	10.22	152	0.74	1.75	—	7.0	—
ラミン	8.47	176	0.79	1.63	—	8.9	—
レッドセラヤ	15.21	49	0.48	1.77	—	7.2	—

(※)：渡辺氏(3)による数値

第3-2表 品質指標

樹種名	塑性係数		
	荷重・歪係数	歪係数	エネルギー係数
ブナ	85.14	4.47	11.4
ヤチダモ	107.61	6.59	15.4
ハリギリ	90.77	5.83	16.9
マカンバ	54.80	3.31	7.3
ミズナラ	85.00	4.63	12.1
イタヤカエデ	66.38	3.90	9.9
ビンタンゴール	22.59	2.31	4.8
ジョンコン	15.87	2.65	3.2
カブール	21.08	2.50	4.3
レッドラワン	12.37	2.15	4.4
マトア	43.84	3.02	7.6
ナト	46.71	3.11	6.3
ラミン	28.59	2.34	5.0
レッドセラヤ	10.52	2.14	3.1

今回の強度試験結果をヤンカ、モニン、テトマイヤーの式に代入して求めた数値を、第3-1表、(1)～(3)式に代入して求めた数値を第3-2表に示した。これらの表では、道産材と南洋材の樹種別差異が明瞭であり、曲げ加工試験結果とほぼ一致する結果がえられた。曲げ加工適性の順位は、ヤチダモ>ハリギリ>ブナ>ミズナラ>イタヤカエデ>マカンバの順となり、南洋材は道産材に比較してかなり劣るが、マトアとナトが道産材につく値を示している。但し、この順位については、素材から連続的に採片した気乾材の強度試験結果(平均値)を代入して求めたものであり、材質評価の項で述べた供試材の特性を考慮しなければならない。また、実際の曲木作業が高温度で処理された湿潤材を加工することが多いので、これとの関連について、検討する必要があるので、資料を取纏め中等である。

### 文献

1. 林業試験場編：木材工業便覧
2. 農林省林業試験場木材部編：南洋材1000種
3. 渡辺治人：軽量構造用木材の強度に関する品質指標。日本林学会誌, Vol.31, No.7. 8.9 (1949)