

広葉樹林の造成と利用に関する研究（Ⅲ）

中小径広葉樹材の利用開発に関する材質的試験

吉田孝久
橋爪丈夫

要 旨

ミズキ、アサダ、イヌシデ、サワグルミの中小径材について、その利用可能性を検討するため、製材特性、乾燥特性及び曲げ強度特性を検討した。さらに製品試作を行い性能評価を行った。その結果は以下のとおりである。

製材特性

製材は厚さ 36mm、幅 12 cm の木取りで行ったが、製材歩止まりは末口径が大きいほど有利であり、末口径 20 cm でおおよそ 50 % である。すべての樹種において、成長応力やアテに基づく製材時の狂いが多く、特に反りについてはおおよそ 8 mm / 2 m と大きいものであった。

乾燥特性

乾燥は 100 °C 急速乾燥法により乾燥スケジュールを決定して行ったが、イヌシデは初期割れの危険が大きく、ミズキは糸巻状の断面変形が大きいことからやや緩やかな温湿度条件を採用した。アサダは、初期割れ・断面変形ともにやや発生が見られたため、ミズキやイヌシデよりも高めの温湿度条件となった。また、サワグルミについては、乾燥に対する欠点発生危険が全くなかったため、90 °C の高温乾燥を行った。

このようなスケジュールにより行った乾燥の結果、乾燥日数はミズキ 7 日間、アサダ 5 日間、イヌシデ 5 日間、サワグルミ 3 日間であった。また、収縮率はアサダ、ミズキ、イヌシデがおおよそ 7 %、サワグルミがおおよそ 4 % であった。狂いについては、すべての樹種が製材時に比べ曲がりは増加し、そりは減少した。乾燥による割れは、ほとんどが心割れであった。

強度特性

JIS Z 2213 に基づいて、曲げ強度試験を行った。

ミズキは、平均値で曲げ強さは 999 kg / cm²、曲げヤング係数は 105.9 tf / cm² であった。アサダは同様に曲げ強さ 1229 kg / cm²、曲げヤング係数 131.2 tf / cm²、イヌシデは曲げ強さ 1092 kg / cm²、曲げヤング係数 124.1 tf / cm²、サワグルミは曲げ強さ 886 kg / cm²、曲げヤング係数 87.8 tf / cm² であった。

ミズキ、アサダ、イヌシデについては小径材であるが、曲げ強さの点では利用に際して問題はほとんど無いことが明かとなった。サワグルミについても既往の値の範囲にあるものと判断できた。

それぞれの樹種について曲げヤング係数・比重・平均年輪幅と曲げ強さ、比重・平均年輪幅と曲げヤング係数、平均年輪幅と比重の関係を明らかにした。

製品試作と性能評価

削りに関して樹種特有の問題点はあるが、一般大径材とそれほど違わない。しかし小節の出現は多く、無欠点材料を採ろうとすると約 5 倍の材料が必要となる。大径材の場合、約 1.2 ~ 1.5 倍であるため、これと比べると歩止まりは悪い。中小径材を利用する場合、小節を含めたデザイン的な改良が必要となる。

また、材料加工時に幅ざり（カップ）の大きさが問題となる。通常、鉋掛け仕上げで 27 mm 必要であれば 33 mm の乾燥仕上がり原板を用いるが、今回の場合カップが大きいとため 36 mm の原板が必要であった。カップ抑制の方法としては、板幅を詰めた木取りとデザインを考える必要がある。

はじめに

近年、良質な広葉樹の大径材は、減少の一途をたどっている。このため、材価の高騰は避けられず、木材業者間では現在あるいは将来的にも入手難と考えられている。県内の大径材はほとんど伐採され、業者は北海道や外材にその道を開拓している。

このような中で、拡大造林の際に伐られる中小径広葉樹（末口径 30 cm 以下）は、樹種が多いうえ、量的にまとまり難く、チップ・パルプ用材として利用される他は積極的な利用開発が行われていない。

長野県内に分布する広葉樹は樹種的に数が多いが、主としてナラ類・カンバ類・カエデ類のほかにシナノキやクリ等が多く分布している (1)。

また現在、造林的研究視野からみて有用と見なされている樹種はクヌギ、ナラ、シラカンバ、ケヤキ、イヌエンジュ、キハダ、ブナ、ホウノキ、クリ、ミズメ、トチノキ、カツラ、センノキ、ヤマザクラ、サワグルミの 15 種であり、これら 2 点のことを考慮し、今回試験対象とした樹種は、サワグルミ（クルミ科）、ミズキ（ミズキ科）、アサダ（カバノキ科）、イヌシデ（カバノキ科）の 4 樹種である。

広葉樹は針葉樹にはない樹種特有の美観的な要素が多く利用価値が高いため、高級指向の木製品にその用途開発が期待される。今回の試験は、現在利用価値の低いこれら中小径広葉樹の製材特性および乾燥特性（Ⅰ）、強度性能（Ⅱ）を明かにした。さらに試験を終了した材は、樹種ごとに小型の整理箱を試作し製品性能総合評価（Ⅲ）を行った。

I 製材特性と乾燥特性の究明

1. 試験方法

(1) 試験樹種および製材試験

試験対象樹種の概要を表-1 に示す。これらの樹種を 36 mm の厚さに板挽きし、製材性及び製材歩止まりを検討した。

表-1 素材の概要

樹種	末口径 (cm)	長さ (cm)	樹齢 (約)	本数	産地
ミズキ	18~28	200	40	10	檜川村
アサダ	16~23	200	40	11	檜川村
イヌシデ	15~24	200	40	17	檜川村
サワグルミ	35~42	400	70	4	長谷村

(2) 乾燥試験

各樹種の心材より 10 cm (T) × 20 cm (L) × 2 cm (R) の試験片 (板目材) を 3 枚採取し、人工乾燥のスケジュール決定のための、恒温乾燥器内での 100 °C 急速乾燥試験 (2) を行った。

これにより決定した乾燥スケジュールにより各樹種ごとに蒸気式の人工乾燥を行い、乾燥時間及び乾燥後の形質変化について検討した。測定項目は、幅、厚、長さ、重量、曲がり、縦そり、幅ぞり (カップ)、割れとした。

2. 試験結果

以下に樹種ごとに試験結果を示した。なお参考のため、世界の有用木材 300 種 (3) に示されている内容を、記載されているものについては (1) - ア の基本的性質として示した。

(1) ミズキ

ア. 基本的性質 (3)

気乾比重 0.67、辺心材の区分がなく白色～淡黄白色～淡褐色の散孔材。材は建築材、細工物、器具材 (漆器木地、箸、玩具、下駄等)、彫刻材に利用される。耐久性は極小。

イ. 製材試験

檜川村産の末口径 18 cm～28 cm (樹齢約 40 年)、長さ 2 m のミズキより、厚さ 36 mm × 幅 120 mm の平割を主体に製材を行った。得られた平割は 52 枚であった。

製材試験についての結果を表-2 に示した。製材歩止まりは供試材が小径材であったこともあり 43.5～65.8% であった。得られた平割は、成長応力あるいはアテのためか反りに関してはその発生量が多く、平均で 8.4 mm / 2 m と大きいものであった。一方、曲がりについては製材直後にはほとんどその発生がなかった (表-5)。

表-2 ミズキ製材試験の結果

素材 No	素材径 (cm)	素材材積 (m ³)	素材材積 (m ³)	製材歩止まり (%)	備 考
1	19.0	0.0714	0.0285	40.1	曲がり大 (素材)
2	21.2	0.0895	0.0469	52.7	
3	21.5	0.0950	0.0611	64.3	
4	19.0	0.0662	0.0350	53.0	
5	19.2	0.0723	0.0368	51.1	
6	22.6	0.1036	0.0684	65.8	
7	28.5	0.1552	0.0779	50.2	
8	24.2	0.1212	0.0539	44.5	
9	19.2	0.0739	0.0455	61.6	
10	18.2	0.0663	0.0287	43.5	

★製材材積は 36 mm 板材の材積のみ

ウ. 乾燥試験

100 °C 急速乾燥の結果を表-3 に示した。内部割れと初期割れは少なかったが、断面変形がやや大きいものとなった。収縮率は接線方向で 7.07 %、半径方向で 6.02 %、繊維方向で 0.37 % であった。

この結果、初期温度 55 °C、初期温度差 5 °C、末期温度 80 °C として表-4 に示す乾燥スケジュールを決定した。人工乾燥は蒸気式とし、材の狂いを抑制するため栈積みの上部に 1020

kgの死荷重を載せた。仕上がり目標含水率は10%とした。

人工乾燥による含水率減少経過を図-1に示した。初期乾燥速度は1.11%/hourであったが、中期、末期に進むにつれ乾燥速度は低下し、それぞれ0.48%/hour、0.16%/hourとなった。

表-3 ミズキの100℃急速乾燥結果

初期含水率 (%)	終了含水率 (%)	収縮率 (%)			欠点の発生段階		
		接線方向	半径方向	繊維方向	初期割れ	断面変形	内部割れ
98.2	0.0	7.07	6.02	0.37	2	3	1

★ 欠点の発生段階は、5段階評価である。

表-4 ミズキの乾燥スケジュール

含水率 (%)	乾球温度 (°C)	温度差 (°C)
生～50	55	5
50～40	〃	8
40～35	〃	12
35～30	〃	20
30～25	60	28
25～20	70	〃
20～8	80	〃
調湿	〃	5

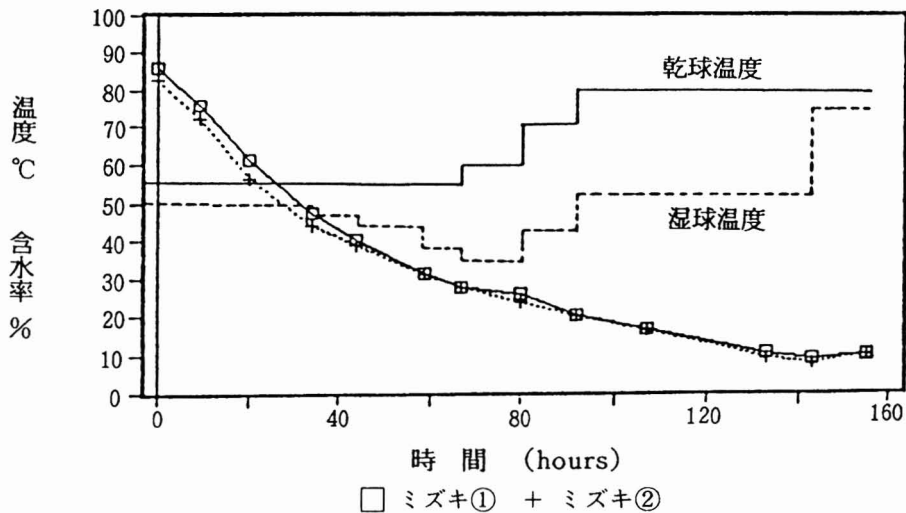


図-1 ミズキの乾燥経過 (36 mm 厚)

乾燥時間は、乾燥温度が低かったため、調湿12時間を含めて合計155時間(約7日間)と長時間を要した。なお、人工乾燥の初期にはミズキの成分であろう独特の臭いが発生した。

人工乾燥による形質変化を表-5に示した。収縮率は幅方向7.43%、厚さ方向7.75%であり、これは広葉樹の中では比重から考えて平均的なものと思われる。ちなみに、今回試験したミズキの全乾比重は広葉樹の中では中位の0.55～0.60であった。

曲がりは、製材時に既に発生していたものもあったが、乾燥ではこれがさらに増大し、平均7.8mm/2mとなった。これに対して反りは、製材後の発生量はかなりあったが、乾燥後には圧縮の効果が見られ平均3.3mm/2mに減少した。

乾燥による割れの発生は、髄を含んだ材に心割れが発生した程度であった。これは47枚中9枚である。また、製材時に既に存在していた木口割れもその延長はほとんどなかった。

表-5 ミズキの人工乾燥による形質変化

欠点 区分	収縮率(%)		曲がり(mm/2m)		縦ぞり(mm/2m)		カップ (mm/8cm)	割れ (cm)
	幅方向	厚方向	製材後	乾燥後	製材後	乾燥後		
平均値	7.43	7.75	0.6	7.8	8.4	3.3	1.03	5.5
標準偏差	1.18	0.79	1.7	6.8	6.4	3.8	0.27	13.9

★ 割れはすべて乾燥による心割れである。発生は47枚中9枚である。

(2) アサダ

ア. 基本的材質(3)

気乾比重0.70の散孔材。辺材と心材との境は明らかで、辺材は帯褐白色、心材は紅褐色。材は器具材、建築材(特に床板)、家具材、枕木、車両材、船舶材、運動具材、薪炭材等に利用される。特殊用途として靴木型に利用される。心材の耐久性は中。

イ. 製材試験

檜川村産の末口径16cm~24cm(樹齢約40~43年)、長さ2mのアサダ11本の素材より、厚さ36mm×幅120mmの平割を主体に製材を行った。得られた平割は50枚であった。

製材試験結果について表-6に示した。製材歩止まりは供試材が小径材であったこともあり、43.1~69.2%であった。得られた平割は、曲がりが平均1.6mm/2m、反りが4.9mm/2m(表-9)と狂いの発生がやや目立った。

表-6 アサダ製材試験の結果

素材 No	素材径 (cm)	製材材積 (m ³)	製材材積 (m ³)	製材歩止まり (%)
1	17.2	0.0630	0.0286	45.3
2	21.2	0.0935	0.0631	67.5
3	21.2	0.0935	0.0494	51.9
4	19.0	0.0765	0.0336	43.9
5	20.4	0.0874	0.0458	52.4
6	16.0	0.0535	0.0370	69.2
7	16.4	0.0559	0.0280	50.0
8	17.0	0.0616	0.0389	63.1
9	23.5	0.1165	0.0682	58.6
10	20.8	0.0917	0.0494	53.8
11	20.8	0.0922	0.0397	43.1

★ 製材材積は36mm板材の材積

ウ. 乾燥試験

100℃急速乾燥の結果を表-7に示した。内部割れと初期割れは少なかったが、断面変形がやや大きいものとなった。収縮率は接線方向で7.55%、半径方向で6.80%、繊維方向で

0.43%であった。

この結果、初期温度60℃、初期温度差4℃、末期温度80℃として表-8に示す乾燥スケジュールを決定した。人工乾燥は蒸気式とし、材の狂いを抑制するため栈積みの上部に1020kgの死荷重を載せた。仕上がり目標含水率は10%とした。

表-7 アサダの100℃急速乾燥結果

初期含水率 (%)	終了含水率 (%)	収 縮 率 (%)			欠点の発生段階		
		接線方向	半径方向	繊維方向	初期割れ	断面変形	内部割れ
69.6	0.0	7.55	6.80	0.43	2	2	1

★ 欠点の発生段階は、5段階評価である。

表-8 アサダの乾燥スケジュール

含水率 (%)	乾球温度 (℃)	温 度 差 (℃)
生～40	60	4
40～35	〃	6
35～30	〃	9
30～25	65	14
25～20	70	22
20～15	75	28
15～8	80	〃
調 湿	〃	7

人工乾燥による含水率減少経過を図-2に示した。乾燥速度は含水率30%まで0.70%/hourであったが、これは乾燥が進むにつれ徐々に低下し乾燥末期には0.19%/hourとなった。この結果、乾燥開始時に50%あった含水率は、112時間(約5日間)の乾燥で9%の含水率となった。

人工乾燥による形質変化を表-9に示した。収縮率は、幅方向6.38%、厚さ方向7.13%であり、これは比重から考えて一般的な数値と思われる。なお、今回試験したアサダの全乾比重は、0.63～0.76であった。

曲がり、製材時に既に発生していたものが多く25枚/49枚の発生であった。乾燥後にはこれがさらに増大あるいは新たに発生し(40枚/49枚)、その量は平均4.7mm/2mとなった。これに対して反りは、製材直後で40枚/49枚、その量は平均4.9mm/2mとなり曲がり以上に発生量が大きかったが、乾燥後には圧縮の効果が見られ平均2.9mm/2mに減少した。

乾燥による割れの発生は、髄を含んだ材に心割れが、また節周辺部にわずかに発生した程度であった。これは11枚/49枚である。また、製材時に既に存在していた木口割れもその増大はほとんどなかった。

また特記事項として、アサダ小径材は心材が半径2cm程度と非常に少なく淡褐色を呈していた。

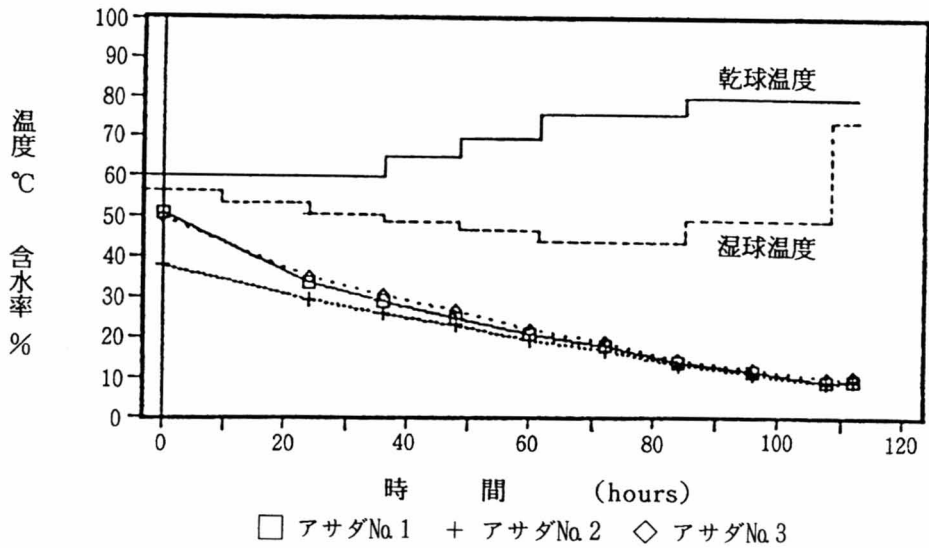


図-2 アサダの乾燥経過 (36 mm 厚)

表-9 アサダの人工乾燥による形質変化

欠点 区分	収縮率 (%)		曲がり (mm/2 m)		縦ぞり (mm/2 m)		カップ (mm/8 cm)	割れ (cm)
	幅方向	厚方向	製材後	乾燥後	製材後	乾燥後		
平均値	6.38	7.13	1.6	4.7	4.9	2.9	1.29	2.2
標準偏差	1.33	1.19	1.8	3.2	3.2	2.3	0.33	4.6

★ 割れは節部の割れ及び乾燥による心割れである。発生は49枚中11枚である。

(3) イヌシデ

ア. 基本的材質 (3)

「世界の有用木材 300 種」に記載無し。

イ. 製材試験

檜川村産の末口径 15 cm~24 cm (樹齢約 40 年)、長さ 2 m のイヌシデより、厚さ 36mm×

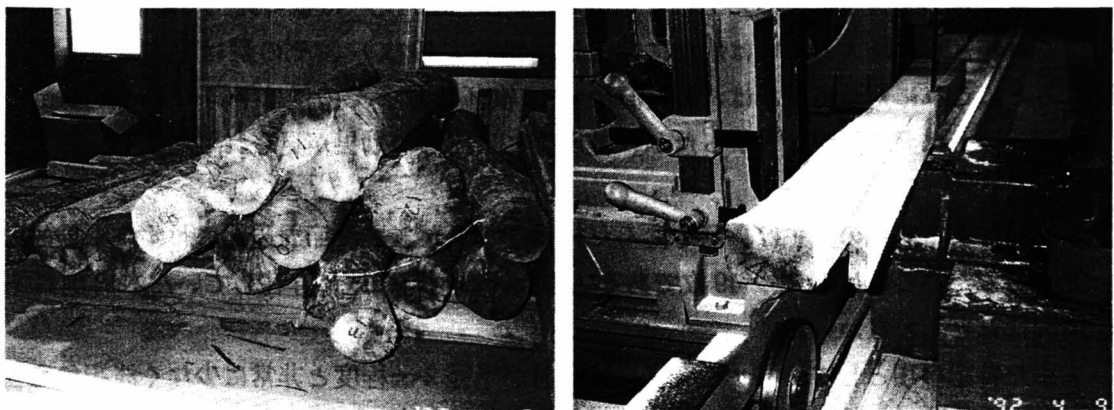


写真 イヌシデ素材と製材によるそり

幅120mmの平割を主体に製材を行った。得られた平割は72枚であった。

製材試験についての結果を表-10に示した。製材歩止まりは供試材がかなりの小径材であったこともあり38.6%~66.7%であった。得られた平割は、成長応力あるいはアテのためか曲がり、反りの発生量が多く、曲がり平均8.6mm/2m、そりが平均6.5mm/2mであった。

表-10 イヌシデ製材試験の結果

素材No.	素材径 (cm)	素材材積 (m ³)	素材材積 (m ³)	製材歩止まり (%)	備 考
1	20.0	0.0832	0.0508	61.1	
2	21.0	0.0900	0.0464	51.6	
3	17.5	0.0640	0.0302	47.2	
4	24.0	0.1200	0.0600	50.0	
5	18.5	0.0708	0.0397	56.1	
6	18.0	0.0677	0.0412	60.9	
7	24.5	0.1235	0.0790	64.0	
8	20.0	0.0816	0.0418	51.4	曲がり大(素材)
9	21.5	0.0964	0.0463	48.0	曲がり大(素材)
10	19.0	0.0756	0.0292	38.6	
11	20.5	0.0864	0.0576	66.7	
12	17.0	0.0603	0.0263	43.6	
13	16.0	0.0472	0.0257	54.4	
14	15.5	0.0503	0.0304	60.4	
15	15.5	0.0487	0.0281	57.7	
16	17.0	0.0582	0.0284	48.8	
17	17.5	0.0630	0.0298	47.3	

★ 製材材積は36mm板材の材積

ウ. 乾燥試験

100℃急速乾燥の結果を表-11に示した。イヌシデは初期割れの発生がかなり目立ち、初期湿度コントロールの難しさを示した。この他の断面変形及び内部割れについてはほとんど発生はなかった。収縮率は接線方向で8.90%、半径方向で5.97%、繊維方向で0.89%であった。

これらの結果を考慮して、初期温度55℃、初期温度差3℃、末期温度80℃として表-12に示す乾燥スケジュールを決定した。人工乾燥は蒸気式とし、材の狂いを抑制するため栈積みの上部に1020kgの死荷重を載せた。仕上がり目標含水率は10%であった。

人工乾燥による含水率減少経過を図-3に示した。乾燥速度は含水率30%まで平均で0.69%/hourであったが、含水率30%を下回るところから除々に低下し乾燥末期には平均で0.21%/hourとなった。この結果、乾燥開始時におよそ65%あった含水率は、120時間(5日

表-11 イヌシデの100℃急速乾燥結果

初期含水率 (%)	終了含水率 (%)	収 縮 率 (%)			欠点の発生段階		
		接線方向	半径方向	繊維方向	初期割れ	断面変形	内部割れ
59.2	0.0	8.90	5.97	0.89	3	1	1

★ 欠点の発生段階は、5段階評価である。

間)の乾燥でおよそ11%の含水率となった。

人工乾燥による形質変化を表-13に示した。収縮率は、幅方向7.58%、厚さ方向7.60%であり、これは比重から考えて一般的な数値と思われる。今回試験したイヌシデの乾燥後の比重は、0.63~0.82であった。

曲がりは、製材時に既に発生していたものが約半数の34枚に見られた。これが乾燥後にはほとんどの材に発生し(68枚/72枚)、その量は平均8.6mm/2mとなった。これに対して反りは、製材直後にほとんどの材に発生が見られ(64枚/72枚)、その量は平均9.6

表-12 イヌシデの乾燥スケジュール

含水率 (%)	乾球温度 (°C)	温度差 (°C)
生 ~ 40	55	3
40 ~ 35	〃	4.8
35 ~ 30	〃	7.5
30 ~ 25	60	12
25 ~ 20	65	19
20 ~ 15	70	30
15 ~ 8	80	〃
調 湿	〃	5

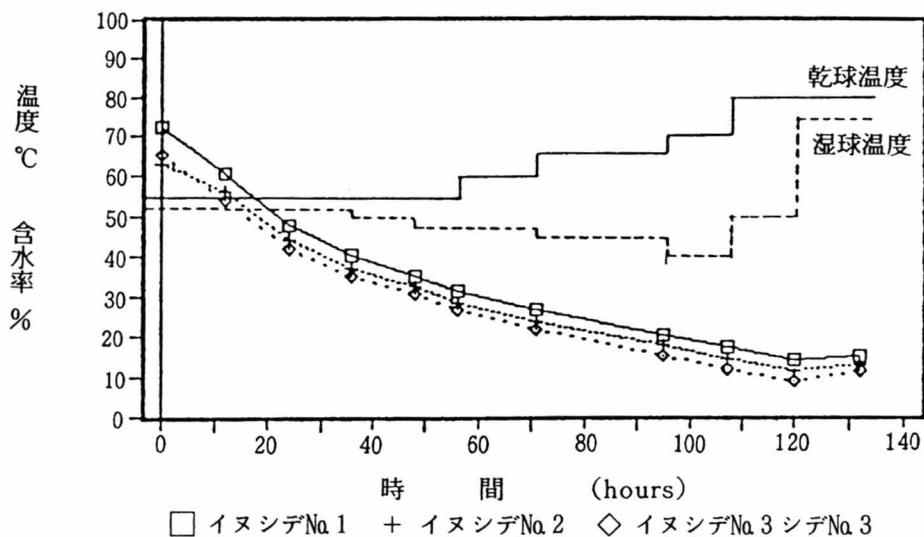


図-3 イヌシデの乾燥経過 (36 mm 厚)

表-13 イヌシデの人工乾燥による形質変化

欠点 区分	収縮率 (%)		曲がり (mm/2m)		縦ぞり (mm/2m)		カップ (mm/8cm)	割れ (cm)	
	幅方向	厚方向	製材後	乾燥後	製材後	乾燥後		材面	木口
平均値	7.58	7.60	2.6	8.6	9.6	6.5	1.49	3.2	6.4
標準偏差	1.28	1.41	3.4	5.8	6.6	4.2	0.34	11.2	8.1

★ 材面割れは乾燥による心割れである。

mm/2mであった。乾燥後には圧縮の効果が見られ平均6.5mm/2mに減少した。

乾燥による割れの発生は、髓を含んだ材に心割れが発生した。これは9枚/72枚である。また39枚/72枚の材に木口割れの発生も見られた。

(4) サワグルミ

ア. 基本的材質 (3)

気乾比重0.34の散孔材。材は下駄材（山桐と俗称する）、マッチ軸材、器具材、家具材、経木材等に利用される。耐朽性は極小。

イ. 製材試験

末口径35cm~42cm、長さ4mの長谷村産サワグルミ（樹齢およそ70年）より、厚さ36mm×幅150mmの板材を製材した。得られた板材は72枚であった。

製材試験の概要を表-14に示した。製材歩止りはかなり高く71~83%であった。これは、本試験で入手したサワグルミが小径材でなく大径でありかつ通直であったためである。得られた板材は狂いが多く、曲がりが平均で8.9mm/4m、そりが平均で12.1mm/4mであった（表-17）

表-14 サワグルミ製材試験の結果

素材 No	素材径 (cm)	製材材積 (m ³)	製材材積 (m ³)	製材歩止まり (%)
1	42.3	0.7692	0.6411	83.3
2	35.6	0.5391	0.4382	81.3
3	36.4	0.5643	0.4271	75.7
4	35.2	0.5361	0.3803	70.9

ウ. 乾燥試験

100℃急速乾燥の結果を表-15に示した。初期割れ、内部割れ、断面変形ともに発生が少なく、乾燥性の良好な材であることがわかった。収縮率は接線方向で7.91%、半径方向で6.41%、繊維方向で0.41%であった。

この結果、初期温度90℃、初期温度差5℃、末期温度90℃として表-16に示す乾燥スケジュールを決定した。人工乾燥は蒸気式とし、材の狂いを抑制するため棧積みの上部に1020kgの死荷重を載せた。仕上がり目標含水率は10%とした。

人工乾燥による含水率減少経過を図-17に示した。含水率の減少は順調に進行し、含水率30%までの減少速度は1.31%/hour、含水率30%以下の減少速度は0.68%/hourであった。この結果、初期含水率70%の材は58時間後に11%となり、12時間の調湿により含水率13%に仕上がった。高温による乾燥での乾燥時間の短縮は大きいものであった。ま

表-15 サワグルミの100℃急速乾燥結果

初期含水率 (%)	終了含水率 (%)	収縮率 (%)			欠点の発生段階		
		接線方向	半径方向	繊維方向	初期割れ	断面変形	内部割れ
83.7	0.0	7.91	6.41	0.41	1	1	1

★ 欠点の発生段階は、5段階評価である。

表-16 サワグルミの乾燥スケジュール

含水率 (%)	乾球温度 (°C)	温度差 (°C)
生 ~ 30	90	5
30 ~ 25	"	10
25 ~ 20	"	15
20 ~ 15	"	20
15 ~ 10	"	30
調 湿	80	3

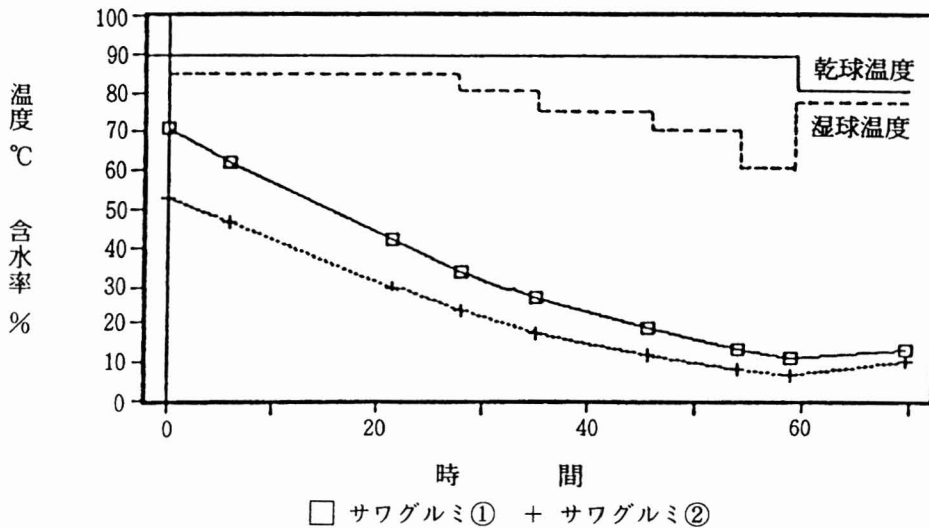


図-4 サワグルミの乾燥経過 (36 mm 厚)

た、乾燥時間の短縮はサワグルミの平均比重 0.40 にも影響しているものと思われる。

人工乾燥による形質変化を表-17 に示した。収縮率は、得られた板材のほとんどが追紐であったため、幅方向、厚さ方向ともにはほぼ同様な数値となりおよそ 4.5% であった。曲がりは、製材時に発生したものより大きな数値となり、14.7 mm / 4 m となった。しかし、そりについては、圧縮の効果があり 7.5 mm / 4 m に減少している。これらの数値は比較的大きい数値であるが、実用的には長物での使用でないかぎり、短尺に横切りして使えばこれらの度合はかなり軽減される。

今回圧縮によるそりの抑制効果は大きかったが、乾燥後の板材面には栈木あと (栈木めり込みあと) が多く現われた。これは、サワグルミが軟かな材質であり、これに対して圧縮圧が高すぎたことを示唆している。したがって、圧縮圧の大小における「狂い抑制」と「栈木

表-17 サワグルミの人工乾燥による形質変化

欠点 区分	収 縮 率 (%)		曲 が り (mm / 2 m)		縦 ぞ り (mm / 2 m)		カ ッ プ (mm / 8 cm)	割 れ (cm)
	幅方向	厚方向	製材後	乾燥後	製材後	乾燥後		
平均値	4.21	4.66	8.9	14.7	12.1	7.5	0.23	0.0
標準偏差	1.23	1.51	6.1	7.8	10.9	4.8	0.14	0.0

あと」との関連性について再度検討が必要である。

人工乾燥後の割れに関しては発生がなく、製材時に既に存在していた割れに関しても、乾燥による延長はほとんどなかった。

3. まとめ

(1) 製材歩止まり

製材の対象となった樹種の素材径級は15 cm～42 cmの広い範囲であったが、製材の歩止まりはこの径級に最も左右される。図-5に径級別の製材歩止まりを示した。曲がり大きいものは当然歩止まりを低下させるが、今回はこの曲がりの大きなものは対象からはずしてある。図からみると径級30 cm以上になると歩止まりの向上は望めそうであるが、これ以下の径級では歩止まりの大小はほとんど変わりがなかった。これは、素材の真円率や若干の曲がりや影響しているものと思われる。末口径18 cm以上30 cm以下の材であれば図-5から平均歩止まり50%は望めそうである。

製材後の材の狂いについては、樹種別を問わず曲がり・そりなどの発生の多いものとなった。

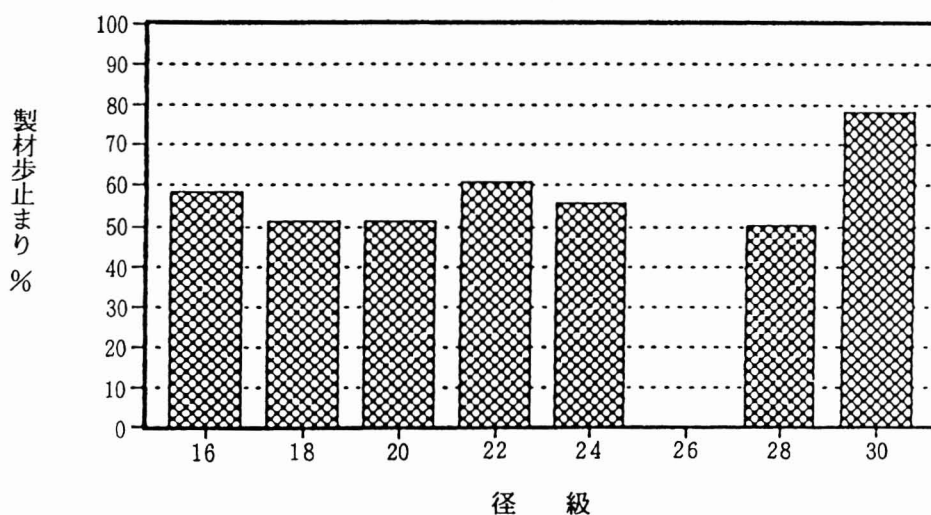


図-5 末口径と製材歩止まりの関係 (36 mm 厚の幅決め材)

(2) 乾燥経過

ミズキ、アサダ、イヌシデについては、初期乾球温度が55℃であり、乾燥速度も乾燥初期(含水率70%から30%程度まで)はおよそ0.7%/hour、乾燥中期から末期(含水率30%から12%程度まで)は0.2%/hourとほぼ同様な数値を示した。これに対しサワグルミは初期乾燥温度90℃と高い温度であったため、同様な含水率域でそれぞれ1.3%/hour、0.6%/hourとほぼ倍の乾燥速度を示した。サワグルミは比重が小さいことから乾燥の良好な材と言えよう。

(3) 乾燥による形質変化

図-7に樹種ごとに乾燥による形質変化を示した。収縮率を見るとミズキ、アサダ、イヌシデは厚さ方向、幅方向を問わず含水率10%程度まででおおよそ7～8%の値を示したのに対し、サワグルミは4%と広葉樹の中では低めの値を示した。

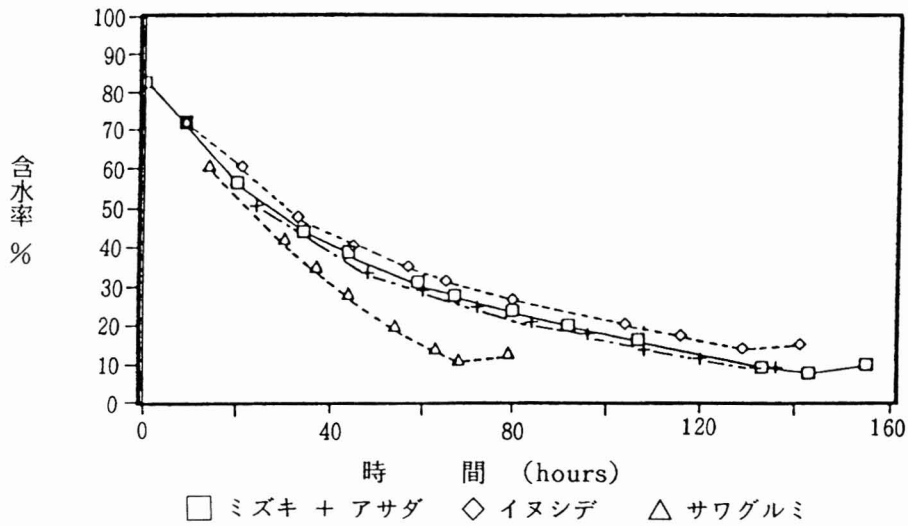


図-6 樹種別の乾燥経過

(初期乾燥温度：ミズキ、アサダ、イヌシデ……55℃、サワグルミ……90℃)

乾燥による狂いの発生はどの樹種も多い。それに関しては乾燥時の圧縮の効果があり、製材直後に発生した量の半分程度に減少したが、曲がりに関してはそれとは逆に倍以上に増加した。全体的に狂いの多い材となったため、利用に関しては短尺化使用の製品デザインが必要となっ

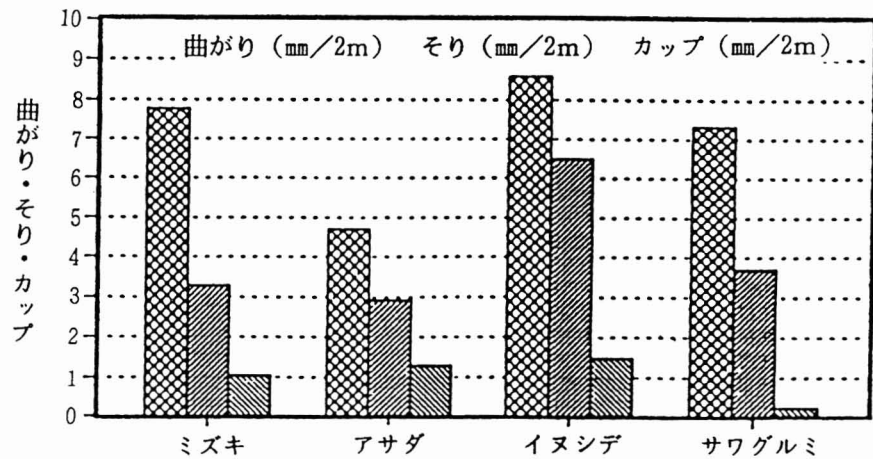
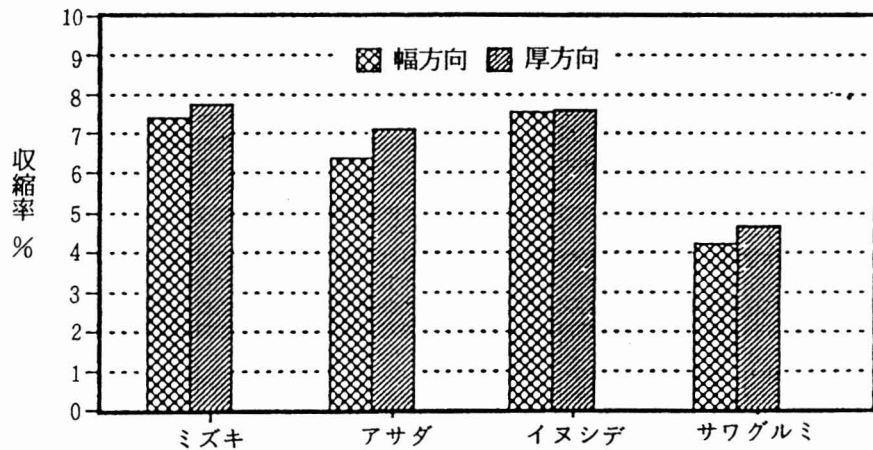


図-7 樹種別の乾燥による形質変化

た。

また、カップに関しても全体的に多く平均で1～2 mm/8 cmの発生量で、アサダやイヌシデでは2 mm/8 cmを超えるものも見られた。

その他の特徴については、イヌシデが比較的割れ発生の危険が高い樹種であった。またサワグルミは試験材がやや大径材であったが、山梨県林業技術センターの報告(10)での小径材サワグルミと同様、乾燥性の良好な材であった。

II 曲げ強度特性の究明

1. 試験方法

製材、乾燥試験に供されたミズキ、アサダ、イヌシデ、サワグルミから2.5×2.5×45 cmの無欠点試片を採材し試験材とした。

曲げ試験は万能試験機TCM-5000(ミネベア製)を用いJIS Z 2113(木材の曲げ試験方法)に基づきスパン35 cmの中央集中荷重方式で行い、曲げ強さ、曲げ比例限度、曲げヤング係数を算出した。荷重速度は樹種毎に既往の試験値等(12)を参考に破壊強さおよび比例限度荷重を想定し、比例限度内において毎分150kgf/cm²以下となるようにした。

比重、平均年輪幅、含水率の測定はJIS Z 2102(木材の平均年輪幅・含水率および比重測定方法)に従った。

2 試験の結果と考察

(1) 樹種別曲げ強度試験結果

試験の結果を表-18に示した。

ア. ミズキ

平均値で曲げ強さは999 kg/cm²、曲げヤング係数は105.9 tf/cm²、比重は0.618であった。ミズキについては木材工業ハンドブック等(12)に報告されていないが、比重、曲げ強さ、曲

表-18 曲げ強度試験結果

区分 樹種	試料数 (本)	曲げ強さ (kgf/cm ²)	曲げ比例限度 (kgf/cm ²)	曲げヤング係数 (tf/cm ²)	比重 (試験時)	平均年輪幅 (mm)	試験時含水率 (%)
ミズキ	30	999 (114)	512 (67)	105.9 (10.2)	0.618 (0.026)	3.90 (1.81)	10.8 (0.2)
アサダ	30	1229 (100)	666 (94)	131.2 (12.2)	0.750 (0.021)	2.53 (0.61)	11.2 (0.6)
イヌシデ	37	1092 (105)	451 (103)	124.1 (13.3)	0.742 (0.027)	2.63 (0.81)	12.5 (0.7)
サワグルミ	30	886 (88)	430 (72)	87.8 (8.6)	0.398 (0.033)	2.18 (0.35)	10.6 (0.6)

(注) ()内は標準偏差

げヤング係数から一般的な広葉樹の中ではクリよりも強く、ブナと同程度かやや低いものと判断できた。

イ. アサダ

平均値で曲げ強さは 1229 kg/cm²、曲げヤング係数は 131.2 tf/cm²、比重は 0.750 であった。これらは既往の値 (2) の範囲内にあるものと判断できた。アサダは一般的な樹種の中ではカシの類にはおよばないもののミズナラ、ケヤキよりも強い樹種であると考えられる。

ウ. イヌシデ

平均値で曲げ強さは 1092 kg/cm²、曲げヤング係数は 124.1 tf/cm²、比重は 0.742 であった。イヌシデについても既往の値が見あたらないが、ミズナラ等より上位に位置するものとする。

エ. サワグルミ

平均値で曲げ強さは 886 kg/cm²、曲げヤング係数は 87.8 tf/cm²、比重は 0.398 であった。これらの値は木材工業ハンドブックの値と曲げ強さについては同程度であったが、比重・曲げヤング係数についてはやや低かった。また、別の報告 (5) に比較すれば優れているか同程度と判断できた。サワグルミは広葉樹の中では軽く、強度も低い部類に属する。

(2) 各測定因子間の関係

各測定因子と曲げ強さの関係を相関係数で表-19に示した。曲げヤング係数との関係はいずれの樹種でも高く、特にサワグルミについて高かった。比重との関係ではイヌシデをのぞいて有為な関係が認められ、この場合もサワグルミについて高い関係が認められた。サワグルミは比重に大きく左右されることが明かとなった。平均年輪幅とでは有為な関係は認められなかった。

各測定因子と曲げヤング係数との関係を表-20に示した。比重との関係は曲げ強さの場合と同様な傾向であったが、相関係数は曲げ強さの場合よりも低い傾向にあった。平均年輪幅とはまったく関係が認められなかった。

平均年輪幅と比重の関係を表-21に示した。ミズキとイヌシデに5%水準で有為な関係が認められたものの関係は低い。

表-19 曲げ強さと各因子との関係

区分 樹種	曲げヤング 係 数	比 重	平 均 年 輪 幅
ミズキ	0.797**	0.557**	0.207
アサダ	0.778**	0.541**	0.312
イヌシデ	0.608**	0.262	0.300
サワグルミ	0.955**	0.874**	-0.202

** : 有意水準 1% で有意 (相関係数)
* : 有意水準 5% で有意

表-20 曲げヤング係数と各因子との関係

区分 樹種	比 重	平 均 年 輪 幅
ミズキ	0.385*	0.130
アサダ	0.418*	0.180
イヌシデ	0.188	0.096
サワグルミ	0.862**	-0.278

** : 有意水準 1% で有意 (相関係数)
* : 有意水準 5% で有意

表-21 平均年輪幅と比重の関係

ミズキ	0.460*	(相関係数)
アサダ	0.128	
イヌシデ	0.418*	
サワグルミ	-0.078	

** : 有意水準 1% で有意
* : 有意水準 5% で有意

3. まとめ

I-表-1に示したとおりミズキ、アサダ、イヌシデについては小径材であるが、以上の結果より曲げ強さの面では大径材とほぼ同等で、問題がほとんど無いことが明らかとなった。

サワグルミについても既往の値の範囲にあるものと判断できた。

III 製品試作と性能評価

1. 製品試作

乾燥試験を終了したそれぞれの材において、図-1及び写真-1に示す小型の整理箱を作製しその加工性及び色合い等の総合評価を行った。なお、加工及び加工にあたっての材料評価は穂高町の初山和一氏にお願いした。

整理箱の天盤及び側板は板幅が広いいため、あらかじめ幅はぎにより板幅を規定寸法に調整した。

また仕上げは、生地の状態を活かすため濡れ色の少ないラッカーで行った。手順は、① #240～320のサンドペーパーにより素地調整、②ラッカーウッドシーラー吹き付け、③ #320～400でサンディング、④ラッカーサンディングシーラー吹き付け、⑤ #320～400でサンディング、⑥ラッカー全艶消し仕上げである。

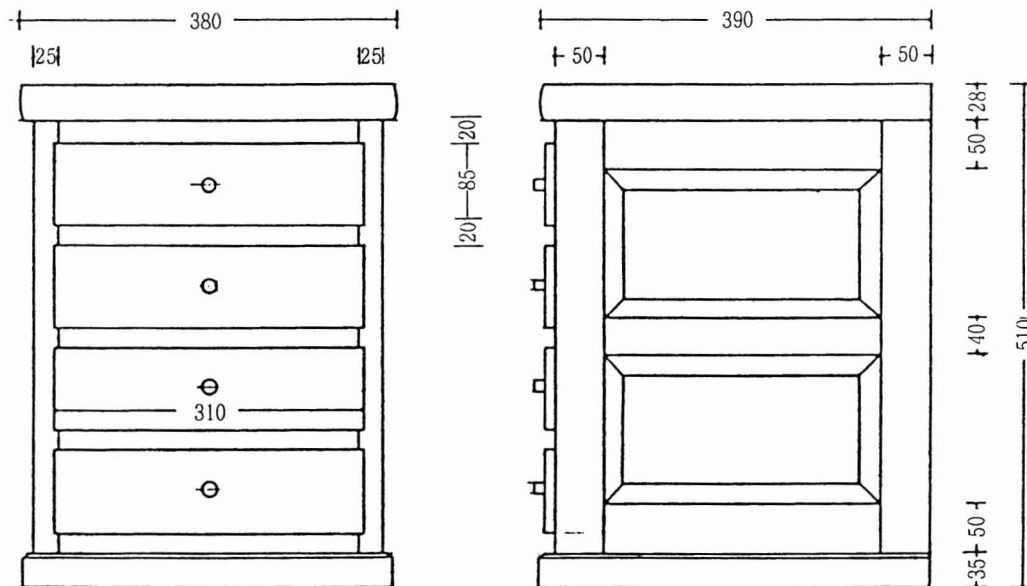


図-8 整理箱の概略図

2. 性能評価

(1) ミズキ (比重=0.62、散孔材)

加工性や材の柔らかさはホウノキに似ている。辺材と心材の区別は明かでなく、材色はやや緑がかった淡黄色であり特有の色合いである。

(2) アサダ (比重=0.75、散孔材)

鉋削りによる逆目が止まりにくい。薄くして曲げると二分した破壊となる。一般的な広葉樹は粘りのある破壊形態を示し(写真-2)、なかなか二分されない。

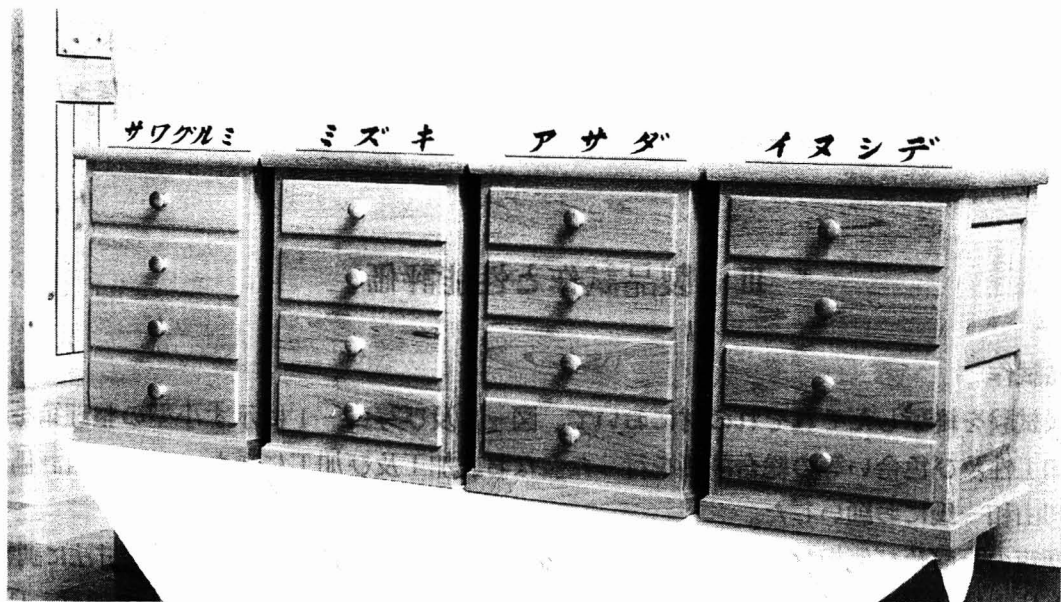


写真-1 広葉樹中小径材で製作した整理箱

大径材は心材が多く赤身が非常に強いのに対し、今回の小径材は心材が少なく材は淡い赤色を呈する。

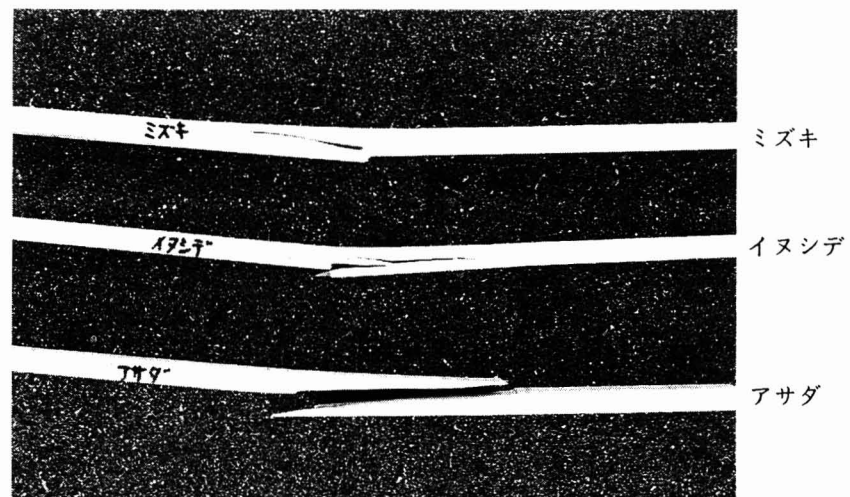


写真-2 各樹種の代表的な破壊状況

(3) イヌシデ (比重=0.74、散孔材)

割り材にした場合、応力が強く曲がりかたがでたり、鋸が締め付けられる感がある。このせいもあるのか、木ネジが入り難く通常の導入孔よりもやや大きめの導入孔を開けてやらなければならない。ルーター加工により逆目削りした場合、毛羽立ちがひどい。重硬な材としては、毛羽立ちの材が少ない中でこのイヌシデは特殊であろう。

(4) サワグルミ (比重=0.40、散孔材)

材は柔らかいため目彫れを起こしやすいので、鉋削りが難しい。これは交錯木理が原因しているものと思われ、くず返しの角度の大きい二枚刃鉋での鉋削りの場合、逆目がでやすくなるが、刃口を狭くしての1枚刃鉋での仕上げができるものと思われる。

また、サンディングペーパーをかけると毛羽立ちも目立つ。最終仕上げは塗装前に水びきするウォッシュコートサンディングが良いようである。サワグルミは材自体が柔らかいため、框組みには向かない。桐材に準じた引出し材等の利用がより良い利用法と考える。塗装に関しては塗料が吸い込み易い。

(5) 中小径材全体として

削りに関して樹種特有の問題点はあるが、一般大径材とそれほど違わない。しかし小節の出現は多い。無欠点材料を採ろうとすると約5倍の材料が必要となる。大径材の場合では約1.2～1.5倍程度の必要材料量であるためこれと比べると歩止まりは悪い。中小径材を利用する場合、小節を含めたデザイン的な改良が必要であろう。

また、材料加工時に幅ぞり（カップ）の大きいのが気になる。通常、鉋掛け仕上げで27mm必要であれば33mmの乾燥仕上がり原板を用いるが、今回の場合カップが大きいいため36mmの原板が必要であった。したがって、歩止まり向上のためには製材を8cm程度の小幅板とし、乾燥時のカップを極力抑制しなければならない。小幅板は製品目的により幅はぎし、大きい材料として利用することを考える必要がある。

おわりに

整理箱の作製及び評価には穂高町の初山和一氏に御協力いただいた。ここに深く感謝申し上げる。

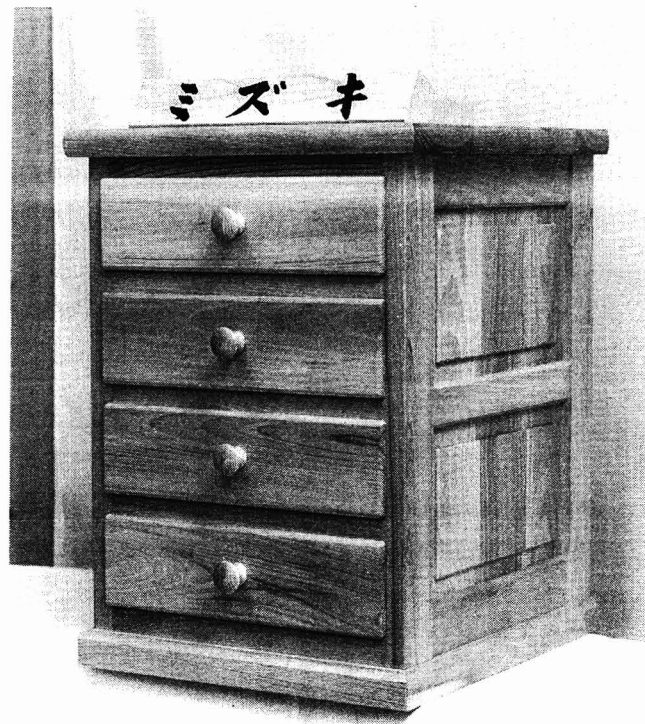


写真-3 ミズキ

〈参考文献〉

- (1) 吉田孝久他 長野県林業指導所研究報告第3号 未利用広葉樹の利用開発に関する研究
- (2) 木材の人工乾燥 寺沢真 筒本卓造 (社) 日本木材加工技術協会
- (3) 世界の有用木材 300 種 (社) 日本木材加工技術協会
- (4) 広葉樹林とその施業 大日本山林会 1981
- (5) 中井孝・山井良三郎 日本産主要樹種の性質 林試研報 No.319 1982
- (6) 渡辺利一 国産広葉樹材の供給と利用の実態 林業技術 No.505 1984
- (7) 藤田晋輔 広葉樹の材質研究と林業の結びつきを求めて 北方林業 1985 Vol.37 No.7
- (8) 蜂屋欣二 広葉樹の利用と造成 林木の育種 No.130 1984
- (9) 上村武 広葉樹を見直す 林業技術 No.505 1984
- (10) 渡辺利一他 県産広葉樹小径材の生産・利用の実態に関する研究 林技情報 No.9 1983
- (11) 渡辺利一他 県産広葉樹小径材の材質及び乾燥性 林技情報 No.12 1985
- (12) 林業試験場監修 木材工業ハンドブック 丸善 (株)