

広葉樹小径材の材質特性及び乾燥技術に関する研究

富田 守泰
野原 正人
香川 純一郎
杉山 正典

目 次

まえがき	18
1章 材質特性に関する研究	19
第1 外観的特性に関する研究	19
第2 物理、機械的性質の究明	21
1 小径材の性質	21
2 素材の径級による材質の比較	25
2章 乾燥技術の確立	29
1 小径材の性質	29
2 小径広葉樹材の特殊乾燥	37
まとめ	41

ま え が き

木材業界では国産広葉樹材の低質化や小径化にともない、外国産樹種の依存度が増大しているが、一方で、産地国の輸出規制の強化などによって原材料の入手不安材料も残している。この不安材料を除き、資源の有効利用を計るためには、国産未利用広葉樹材あるいは小径材など低質材の利用技術開発が必要である。

そのためこれら広葉樹材の量的、質的な特性を明確にし、用途開発の基礎資料を得て、利用技術の開発に結びつけなければならない。

1章の材質特性に関する研究では、小径広葉樹材の丸太の外観的な特性から強度性能までを調査し、小径広葉樹材の基礎的資料を得た。第1の外観的特性は県内小径未利用材について、生産地別に樹種、径級などを調査するとともに、材質的な指標となる外観的特性を把握した。第2の物理、機械的性質の究明は一般用材である大径木と比較して、製材歩止り、乾燥による形質変化、強度性能などがどのように異なるかを検討した。

2章の乾燥技術の確立では広葉樹小径材の乾燥に必要なと思われる各種問題点を把握し、乾燥方法を見つけ出すことをねらいとした。特にコストの低い乾燥方法として注目されている低温除湿乾燥について実用化試験を実施した。

なお本報告は、昭和54年から昭和58年にかけて、林野庁の国産材の多用途利用開発に関する総合研究（国補大型プロジェクト）において「材質特性に関する研究」、「乾燥技術の確立」として、岩田隆昭、山本和雄、大塚和典らにより実施されたものを、富田がとりまとめたものである。

1. 章 材質特性に関する研究

第 1 外観的特性に関する研究

1. 試 験 方 法

1, 1 調査場所

多種の広葉樹小径材が集積される場所として、県内における次の三ヶ所のチップ工場において調査を実施した。

飛騨地区：大野郡久々野町山梨 笠原木材株式会社

北濃地区：郡上郡白鳥町 株式会社 小林三之助商店 白鳥工場

北濃地区：郡上郡大和村 株式会社 大和チップセンター

1, 2 調査対象木

調査工場に於いて、チップ以外の特殊用途向けに選別されている末口径 14～30 cm の材を対象木として調査した。なお後述の物理、機械的性質の究明及び乾燥技術の確立で供試した供試木も含めた。

1, 3 調査項目

調査したはえ積みのうち 1 本毎に次の項目について測定した。

末口径：
$$\frac{\text{末長径} + \text{末口短径}}{2} \quad (\text{mm}) \quad (\text{樹皮の厚さを除く})$$

平均年輪幅：末口における平均的な年輪幅

曲り：
$$\frac{\text{最大矢高}}{\text{末口短径}} \times 100 \quad (\%)$$

節：切断跡の明確な節及び明らかに節の跡とみられるこぶの数

心材率：
$$\frac{\left(\frac{\text{末口心材径} \times 2}{\text{末口短径} + \text{末口長径}} \right)^2 + \left(\frac{\text{元口心材径} \times 2}{\text{元口短径} + \text{元口長径}} \right)^2}{2} \times 100 \quad (\%)$$

偏心率：丸太の中心と樹心の距離を測定し、偏心として、以下の式で求めた。

2. 結 果 と 考 察

各調査場所毎の樹種毎、外観的特性を表 1-1、及び表 1-2 に示す。

2 地区の原木集荷範囲は、飛騨地区では、御岳山麓を主にしてひろく飛騨全域から集荷し、北濃地区では福井県境の長良川上流と石川県境からと富山県境に近い荘川上流より集荷している。

各地区の特徴としては、北濃地区では、クリ以外の樹種はほとんど枕木用材として選別されたものであり、径級が大きい。また飛騨地区では樹種特有の用途向けに出荷されるため、径級が北濃に比べて小さく、樹種が多いのが特徴である。

各チップ工場とも集荷されたパルプ材の中から末口径 20 cm 程度以上で素性のよいものを選別して特殊用材として出荷している。一方、20 cm 以下のパルプ用材として利用する材の特徴については 54 年度業務報告にて報告済みであるが、末口径の平均が 10 cm 程度で曲りが 70～100% 程度の材からはチップ以外の用途に向ける材を選別することは困難である。木材工業材料として利用し得る素材の大きさとしては、この表で示す 20 cm が最低限必要である。そこで、この程度の材の利用先としてパレット、製カン、梱包用、枕木が多いと思われるが、有効利用の立場からも、付加価値の高いフローリングや家具用材への利用技術を高めることが必要であろう。

表-1-1 広葉樹の外観的特性 (飛騨地方)

上段 AV
下段 SD

	調査 本数	材長 (cm)	末口径 (mm)	平均年 輪巾(mm)	曲り (%)	節数 (個)	心材率 (%)	偏心率 (%)	真円率 (%)	細り率 (%)
ナラ	16	212.5	210.9	2.1	31.3	1.3	47.3	12.8	86.9	82.9
		5.4	25.3	0.5	16.2	1.4	8.3	5.5	6.8	11.1
ブナ	20	201.7	170.1	2.6	46.3	1.8	0.9	9.0	91.4	84.2
		17.9	42.4	1.0	48.6	1.9	2.5	4.4	5.4	13.7
カンバ	17	220.5	220.6	2.5	28.7	1.9	24.9	9.6	91.4	88.9
		4.9	30.3	2.2	17.9	2.6	15.0	5.6	6.7	6.9
トチノキ	10	216.1	220.0	2.7	26.4	2.1	0.0	9.4	88.7	86.5
		6.8	13.9	1.5	19.7	1.7	0.0	3.7	9.4	11.0
ホオノキ	62	209.7	168.4	1.7	30.9	1.8	22.7	11.6	90.6	86.6
		9.0	27.1	0.5	26.9	2.0	10.7	4.2	5.4	8.1
サワグルミ	43	203.2	200.1	3.9	23.8	1.8	15.7	10.1	88.0	85.4
		10.4	40.9	1.9	17.4	2.1	24.7	5.7	9.0	9.5
ダケカンバ	82	215.4	174.5	1.3	24.8	1.4	6.6	8.9	90.6	88.9
		5.0	28.4	0.4	11.2	2.0	7.7	4.0	5.5	8.4
ハンノキ	10	189.9	169.8	3.5	22.0	2.2	0.0	11.9	89.0	88.0
		16.1	24.9	1.0	11.1	2.4	0.0	3.4	9.5	9.3
サクラ	10	208.2	164.4	2.5	40.7	1.9	52.1	12.3	95.3	81.5
		8.2	3.3	0.9	21.2	3.0	13.2	3.7	3.8	8.8
クリ	75	208.2	153.6	2.5	38.9	1.9	73.0	15.2	86.9	83.0
		9.0	36.5	1.3	31.6	1.9	9.0	7.5	7.1	10.1
ミズキ	40	208.8	141.2	2.6	45.0	1.2	0.0	10.4	89.5	80.9
		12.2	22.4	0.5	33.1	1.6	0.0	3.6	5.0	9.3
シデ	28	207.6	171.9	1.0	37.5	0.7	0.0	15.5	86.9	86.3
		8.1	30.2	0.3	23.5	1.4	0.0	4.4	6.5	9.1
トネリコ	5	200.0	108.8	3.6	29.9	2.2	0.0	13.4	77.9	77.5
		0.0	27.7	0.4	19.3	2.9	0.0	4.0	18.4	5.9
シナノキ	10	218.4	228.0	1.4	24.6	2.4	6.6	16.3	85.6	86.1
		3.8	45.7	0.7	19.4	2.2	12.3	10.3	9.4	12.9
ケヤキ	12	211.3	205.0	2.8	39.7	1.7	38.2	8.2	94.1	83.6
		2.5	18.0	0.8	19.1	1.0	4.7	5.1	4.9	8.5

表-1-2 広葉樹の外観的特性 (郡上地方)

	調査 本数	材長 (cm)	末口径 (mm)	平均年 輪巾(mm)	曲り (%)	節数 (個)	心材率 (%)	偏心率 (%)	真円率 (%)	細り率 (%)
ナラ	63	213.1	231.5	1.7	23.5	1.4	56.8	11.1	90.4	85.5
		3.4	25.7	0.5	11.2	1.9	10.3	5.1	6.4	10.5
ブナ	35	214.3	247.9	2.6	16.5	1.9	4.1	8.4	88.3	92.0
		3.0	31.3	0.5	6.4	2.6	5.9	4.6	7.4	5.9
カンバ	5	215.6	246.6	2.9	15.5	3.2	16.7	10.7	92.0	94.0
		1.1	19.5	0.7	4.2	2.2	6.9	4.9	4.5	1.2
ミズメ	15	212.5	232.5	1.8	30.7	1.3	8.4	16.9	85.4	85.0
		5.2	25.8	0.4	23.6	1.9	12.0	8.0	7.8	9.9
トチノキ	5	211.2	252.0	2.9	37.3	3.6	0.0	21.7	78.5	86.9
		6.5	31.3	1.0	11.6	3.0	0.0	12.3	15.1	5.5
ホオノキ	29	210.9	194.6	1.8	27.2	1.6	32.5	11.2	90.5	85.6
		4.7	25.1	0.6	19.2	1.7	8.3	4.4	5.7	7.8
クリ	31	209.2	192.2	1.5	43.5	2.0	71.6	15.3	85.9	81.4
		12.2	26.3	0.4	22.1	2.0	11.4	6.1	8.6	8.8

第2 物理 機械的性質の究明

1 小径材の性質

1.1 試験方法

1.1.1 供試木

外観的特性調査を実施したチップ工場において、特殊用材として選別された11種について、1樹種5本を供試木とし、外観的特性と同様の項目について調査した。

1.1.2 製材及び乾燥方法

供試木はすべて3 cm厚にだら挽きしたのち、8 cm以上2 cm建てに鋸断して供試木とした。

供試木は棧積1 m、棧木間隔45 cm、板の横間隔を2~3 cm開いて棧積し、含水率20%程度まで天然乾燥した後、人工乾燥により10%まで乾燥した。

なお人工乾燥は1日8時間の間欠運転により実施し、同一のスケジュールとした。

1.1.3 測定項目及び方法

1.1.3.1 製材品の外観的性状

全ての供試木について製材後直ちに次の項目について測定した。

無欠点裁面：ブナ、ナラ、カンバ、ミズメ、トチについてはJASによる、両面無欠点裁面の採材率、その他については片面（良面）のJASによる無欠点裁面の材採率について測定した。

心材率：表裏2材面における心材の面積比率を測定した。

節：表裏2材面に現われた節の径及び数を測定した。

欠点：虫、菌害、その他の欠点をJASに準じて測定した。

1.1.3.2 乾燥による形質変化

全ての供試木について、天然乾燥後及び人工乾燥後に次の項目について測定した。

曲り：材長に対する最大矢高の割合（%）

縦ぞり：同上

巾ぞり：材面における最大矢高の割合をスパン100 mmとし、1/100 mm単位で測定（%）

ねじれ：平面上に3点を固定し、他の1点が平面から持ち上がる量を測定し、板の幅に対する持ち上がり量を角度（°）で示した。

割れ：木口割れおよび材面割れに区分してその長さをmm単位で測定した。

乾燥による含水率および収縮率の測定は、シデ、ホウノキ、ダケカンバ、クリ、ミズキで実施し、供試木を代表すると思われる板目板、柃目板を各樹種数枚選り測定した。

1.1.3.3 強度性能

人工乾燥後に、供試木1本から10本の無欠点試験片（2.5×2.5×40 cm）を採取して、平均年輪巾、気乾比重およびスパンを35 cmとしたJISによる曲げヤング係数、曲げ比例限度力、曲げ強さを測定した。

1.2 結果と考察

1.2.1 供試木の性状

表-2に供試木の性状を示す。ブナ、ナラ、ミズメ、ウダイカンバ、トチノキは、前述の北濃地方のチップ工場で枕木用として選別したものであり、他の樹種（飛騨地方のチップ工場で購入した樹種）

表-2 供試木の外観的特性

上段 AV
下段 SD

樹種	供試本数	末口径 (cm)	材長 (cm)	細り率 (%)	心材率 (%)	真円率 (%)	曲り (%)	節数 (個)
ブナ	15	25.3	213.0	92.0	6.0	91.0	18.0	1.7
		3.2	1.7	6.4	4.6	4.8	8.0	1.5
ナラ	15	23.0	212.0	89.0	67.0	87.0	24.0	2.8
		2.2	2.9	7.7	6.1	8.6	9.2	2.3
ミズメ	15	23.2	213.0	85.0	10.0	85.0	31.0	1.3
		2.5	5.0	9.5	13.1	7.5	22.8	1.9
ウダイカンバ	5	24.7	216.0	94.0	18.0	92.0	16.0	3.2
		1.7	1.0	1.1	7.2	4.1	3.8	1.9
トチノキ	5	25.2	211.0	87.0	1.0	78.0	37.0	3.6
		2.8	5.8	4.9	1.3	13.5	10.4	2.7
シデ	5	16.5	210.8	88.3	0.0	89.0	20.5	0.2
		2.4	3.9	8.3	0.0	3.8	14.2	0.4
ホオノキ	5	17.5	212.2	88.1	25.4	90.5	19.8	1.8
		2.4	8.3	3.3	11.0	4.1	7.7	1.7
ダケカンバ	5	15.6	200.0	87.8	1.4	89.3	24.2	1.8
		2.6	0.0	4.3	2.0	5.6	9.5	2.2
クリ	5	13.0	200.0	84.8	80.8	91.3	22.2	1.4
		1.0	0.0	4.0	9.4	6.2	9.9	0.8
ミズキ	5	14.5	214.4	82.2	0.8	86.0	46.5	1.8
		1.7	10.3	5.8	1.5	4.9	33.7	2.2
トネリコ	5	10.8	200.0	77.5			29.9	2.2
		2.5	0.0	5.3			17.4	2.6

表-3 製材歩止りおよび無欠点裁面採材率

樹種	丸太材積 (m ³)	製材歩止り(巾決め板)		無欠点裁面採材率			
		材積 (m ³)	歩止り (%)	乾燥・前		乾燥・後	
				材積 (m ³)	歩止り (%)	材積 (m ³)	歩止り (%)
ブナ	0.795	0.3532	44.4	0.2328	29.3		
ナラ	0.536	0.2538	47.4	0.1632	30.4		
ミズメ	0.496	0.2063	41.6	0.1007	20.3		
ウダイカンバ	0.588	0.2743	46.6	0.1571	26.7		
トチノキ	0.623	0.2673	43.0	0.1302	20.9		
シデ	0.235	0.1310	55.7	0.1122	47.7	0.0880	37.4
ホオノキ	0.283	0.1602	56.6	0.1324	46.8	0.1009	35.7
ダケカンバ	0.207	0.1096	52.9	0.0841	40.6	0.0746	36.0
クリ	0.139	0.0675	48.6	0.0463	33.8	0.0460	33.1
ミズキ	0.146	0.0602	41.2	0.0465	31.8	0.0386	26.4
トネリコ	0.099	0.0605	61.1	0.0431	43.5	0.0378	38.2

よりも末口径が大きく、細り率における形質も若干良いものである。また曲りの大きいトチ、ミズメ、ミズキでは真円率も低い傾向がみられる。

1, 2, 2 製材歩止りおよび無欠点裁面採材率

表一3に樹種別の製材歩止りおよび無欠点裁面採材率を示す。製材歩止りは巾決めまでの歩止りとしている。歩止りの比較的低いトチノキ、ミズメ、ミズキは曲りの大きい樹種であり、曲りの大きさは明らかに歩止りに影響している。また無欠点裁面採材率については前述のとおり両面無欠点と片面無欠点との種類に分けたため、両者の比較はできない。しかしながら、片面無欠点および両面無欠点内での無欠点裁面採材率の低い樹種では素材の曲りが大きくなっていて、無欠点裁面採材率の値の差は樹種特有の差というよりも曲りの大きさの差が一番影響して生じたものといえよう。

1, 2, 3 乾燥による形質変化

天然乾燥によりほぼ20%まで乾燥し、その後は人工乾燥によって含水率10%まで乾燥した供試材の形質変化を表一4に示す。ブナおよびナラは各狂いや割れにおいても大きな値を示しているのに対し、各狂い、割れの小さかった樹種はホオノキ、ダケカンバ、クリ、ミズキ、トネリコである。人工乾燥による狂いの増大はほぼ同程度の割合で発生している。また、人工乾燥による割れの増大はブナ、ナラ、シデ、ミズキを除いてあまり発生していない。木口割れは天然乾燥中に発生したものが人工乾燥によって若干伸長した程度であり、材面割れについてもそのほとんどが証目板の樹心部に発生したものである。ただシデの場合は天然乾燥後でも材面に多くのヘアークラックが入り、通常の乾燥方法では利用上支障があり、別途乾燥方法を検討する必要があるだろう。

1, 2, 4 強度性能

表一5に供試木1本から10個、1樹種50個のJISによる無欠点試験片を採取して曲げ試験を

表一5 JISによる曲げ強度性能

樹 種	測定本数 (本)	年 輪 巾 (mm)	気乾比重	曲げヤング係数 (10^3 kg/cm^2)	上段 AV 下段 SD 曲げ比例限 (kg/cm^2)	曲げ強さ (kg/cm^2)
ナラ	50	2.1	0.81	157.1	631	1500
		0.6	0.64	16.2	153	225
ウダイカンバ	50	3.0	0.66	143.2	621	1425
		1.2	0.04	16.0	95	159
ミズメ	50	1.9	0.72	140.5	629	1408
		0.8	0.06	21.9	99	198
ブナ	50	2.6	0.65	128.6	586	1302
		0.5	0.03	10.5	88	97
トチノキ	50	3.3	0.53	96.7	441	956
		1.3	0.02	12.3	67	167
シデ	56	1.2	0.71	153.2	963	1595
		0.3	0.03	18.3	108	181
ホオノキ	54	2.0	0.52	128.9	717	1209
		0.5	0.05	22.5	125	205
ダケカンバ	53	1.7	0.64	150.8	870	1560
		0.5	0.04	22.2	114	201
クリ	51	2.2	0.55	119.9	712	1096
		0.7	0.03	14.3	104	191
ミズキ	51	3.5	0.56	109.9	773	1257
		1.0	0.02	12.9	94	179
トネリコ	55	4.5	0.67	126.5	762	1273
		1.3	0.03	13.9	140	199

表-4 乾燥による形質変化

上段 AV

下段 SD

樹 種	測定時期	測定数	曲 り (%)	縦ぞり (%)	巾そり (%)	ねじれ (°)	木口割 (mm)	材面割 (mm)
ブナ	天乾後	34	0.30	0.22	1.30	5.00	315.8	198.3
			0.35	0.12	0.65	4.50	308.1	336.0
	人乾後		0.51	0.33	2.09	5.20	335.0	330.5
			0.51	0.22	0.98	5.60	332.6	491.3
ナラ	天乾後	26	0.39	0.27	1.52	3.70	245.0	241.2
			0.29	0.15	0.79	2.50	247.0	314.4
	人乾後		0.62	0.33	2.25	3.30	242.2	415.7
			0.46	0.17	0.70	2.00	243.4	445.5
ミズメ	天乾後	25	0.21	0.18	0.58	4.10	50.9	111.9
			0.17	0.09	0.31	3.90	81.4	220.9
	人乾後		0.41	0.23	0.74	6.40	51.3	136.9
			0.28	0.11	0.49	4.90	80.4	249.8
ウダイカンバ	天乾後	29	0.21	0.17	0.82	3.60	173.7	131.1
			0.21	0.11	0.31	2.90	342.7	292.0
	人乾後		0.36	0.11	1.03	5.20	175.1	182.3
			0.36	0.13	0.56	4.00	322.7	375.5
トチノキ	天乾後	30	0.19	0.23	0.72	3.30	84.4	103.3
			0.16	0.13	0.35	2.90	118.6	264.3
	人乾後		0.39	0.29	1.02	6.60	79.5	155.1
			0.28	0.14	0.49	3.90	92.3	377.9
シデ	天乾後	19	0.21	0.19	0.70	0.91	160.8	101.9
			0.13	0.15	0.55	0.80	226.7	185.0
	人乾後		0.40	0.31		3.58	131.0	361.5
			0.22	0.21		2.30	195.0	506.6
ホオノキ	天乾後	22	0.07	0.09	0.60	1.11	128.9	32.6
			0.06	0.10	0.53	1.02	89.0	68.5
	人乾後		0.24	0.14		2.40	184.3	111.1
			0.13	0.08		1.79	313.0	181.8
ダケカンバ	天乾後	18	0.11	0.09	0.50	0.61	25.3	0.0
			0.09	0.07	0.33	0.84	46.1	0.0
	人乾後		0.27	0.24		2.27	18.9	233.8
			0.16	0.13		1.76	53.8	443.9
クリ	天乾後	14	0.12	0.26	0.40	0.58	88.9	12.5
			0.11	0.25	0.25	0.45	150.2	31.0
	人乾後		0.33	0.18		0.91	92.0	60.7
			0.25	0.23		0.95	157.1	96.9
ミズキ	天乾後	11	0.14	0.09	0.40	2.55	98.8	200.1
			0.13	0.05	0.25	2.85	161.2	285.0
	人乾後		0.48	0.14		4.04	75.7	397.7
			0.32	0.06		3.77	118.9	856.9
トネリコ	天乾後	11	0.12	0.05	0.20	0.51	71.9	27.8
			0.11	0.03	0.27	0.92	66.7	41.1
	人乾後		0.23	0.14		1.96	51.4	12.9
			0.13	0.06		1.81	73.5	229.7

実施した結果を示す。ウダイカンバ、ミズメ、ブナは一般材とほとんど同様の曲げ性能を示しているが、他は曲げヤング係数、曲げ強さとも一般材より大きな値を示している。これは比重が一般材よりも高い値を示していることと関連しているためで、特に隈孔材においては年輪巾が小径材ほど大きいこととも関連していると思われる。

2 素材の径級による材質の比較

2.1 試験方法

2.1.1 供試木

県内産広葉樹3樹種を用い、小径材と大径材の比較をするため、末口径16～48cmの丸太をそれぞれの樹種について丸太径級ごとに3～4段階に分けて供試木とし、外觀特性について調査した。

2.1.2 製材および乾燥方法

丸太径級ごとに区分した最小径級の材については、材長を180cmに鋸断した後、全て厚さ3cmにだら挽した。ウダイカンバについては小径材の性質と同様8cm以上2cm建てに巾決めしたが、ブナ、ナラについては製材歩止りが最大となるよう、曲り材については中央で鋸断し、巾6cm以上2cm建てに巾決めして供試材とした。乾燥方法は小径材の性質と同様20%まで天乾し、10%まで人工乾燥した。

2.1.3 測定項目及び方法

測定項目は小径材の性質と同様である。

無欠点裁面採材率をウダイカンバでは巾8cm以上2cm建て、他は巾6cm以上2cm建てとした以外、同様の方法をとった。

2.2 結果と考察

2.2.1 供試木の性状

供試木の性状を表一6に示す。全ての樹種とも小径材は大径材に比較して曲りが大きい一方で、偏心率は比較的小さい。これは小大径材の樹木における裁材部位との違いとみられる。つまり、小径材は3番玉以上の末端から裁材されるため曲りが多く、大径材は1、2番玉より裁材されるため、根曲り部分の偏心生長がこの結果を生んだものと思われる。

2.2.2 製材歩止り及び無欠点裁面採材率

丸太径級別の製材歩止り及び無欠点裁面採材率を表一7に示す。製材歩止りは、ウダイカンバでは丸太径級に従って大きくなっているが、ブナ、ナラでは中径材が最も大きくなっている。この原因にはブナにおいては丸太の細りが中径材で小さいため、末口径と元口径の差が大きく、他の径級に比較して、末口自乗法で求めた材積に対する実材積の割合が大きくなっているためと思われる。無欠点裁面採材率においても中径材で歩止りの高い傾向は変わらない。ナラでは大径材の製材歩止りが中径材よりも低下しているが、ナラ中径材の節が多かったことより、無欠点裁面採材率では大径材になるほど大きくなっている。また、ウダイカンバの末口径24cm未満の材では無欠点裁面採材率が50%と極端に小さくなっているが、無欠点裁面の最小巾を6cmにしたブナ、ナラではそれ以上の中径材の歩止りとの差にウダイカンバほどの差が生じていない。歩止りを向上させるための無欠点裁面巾の検討も今後、必要であろう。

表-6 供試木の外觀的特性

上段 AV
下段 SD

樹 種	丸 太 級	供 試 数	末口径 (cm)	材 長 (cm)	細り率 (%)	心材率 (%)	真円率 (%)	曲 り (%)	偏心率 (%)	節 数 (個)
ウダイ カンバ	16-24	7	19.4	215.6	87.2	40.0	91.0	22.9	8.1	2.4
			1.9	1.6	4.0	13.5	4.2	11.4	4.2	2.7
	26-28	5	27.8	208.4	96.2	57.7	91.8	5.0	4.9	0.4
			1.3	2.2	1.4	25.5	4.9	2.9	1.6	0.8
	30-36	4	34.8	216.3	92.6	47.4	92.6	6.8	7.4	0.3
			2.8	10.0	7.5	21.5	4.7	4.8	1.4	0.4
	42-56	2	49.9	249.0	93.4	74.0	85.1	6.7	12.1	1.5
			6.5	1.0	3.4	15.2	2.6	1.4	1.0	1.5
ブ ナ	18-26	10	20.6	180.0	93.7		91.1	17.3	7.7	1.2
			2.1		3.9		6.1	8.4	3.3	0.7
	28-38	4	32.8	214.5	88.8	23.2	91.4	11.9	9.3	0.8
			0.3	2.6	7.8	16.4	5.9	5.1	4.2	1.3
	40-48	3	43.7	216.7	91.4	32.8	92.2	12.6	12.3	0.7
			2.7	1.2	4.7	15.6	1.3	7.3	5.5	0.5
ナ ラ	20-30	8	27.2	212.6	96.8	63.9	87.8	16.0	9.3	0.3
			3.7	2.9	16.5	7.8	6.6	8.3	3.4	0.4
	33	3	33.7	208.7	85.3	72.9	85.7	13.8	3.5	0.0
			0.5	0.9	13.1	20.4	2.2	2.7	4.2	0.0
	40-48	3	45.2	215.3	84.3	65.7	85.9	14.0	11.5	1.0
			3.3	8.3	16.3	14.4	4.1	2.5	3.4	0.8

表-7 製材歩止りおよび無欠点裁面採材率

樹 種	丸太径級	丸太材積 (m ³)	製材歩止り (巾決め板)		無 欠 点 裁 面 採 材 率			
			材 積 (m ³)	歩止り (%)	乾 燥 前		人 工 乾 燥 後	
					材 積 (m ³)	歩止り (%)	材 積 (m ³)	歩止り (%)
ウダイ カンバ	16-24	0.425	0.1998	47.0	0.1312	30.9	0.1282	30.2
	26-28	0.734	0.4273	58.2	0.4221	57.5	0.3877	52.8
	30-36	0.963	0.6143	63.7	0.6126	63.6	0.5322	55.3
	42-56	1.029	0.8492	82.5	0.7209	70.1	0.6457	62.8
ブ ナ	18-26	0.698	0.4113	58.9	0.3249	46.5	0.2707	38.8
	28-38	0.860	0.5466	63.6	0.4901	57.0	0.4368	50.8
	40-48	1.187	0.7195	60.6	0.6450	54.3	0.5514	46.5
ナ ラ	20-30	1.013	0.490	48.4	0.420	41.5	0.351	34.6
	33	0.701	0.451	64.3	0.359	51.2	0.294	41.9
	40-48	1.264	0.726	57.4	0.665	52.6	0.556	44.0

2, 2, 3 乾燥による形質変化

表-8に、天乾後、人乾後別の狂い、割れについて示す。曲り、縦ぞりについては、樹種別では人乾後のナラ材が大きいものの径級別の差は見られない。巾ぞり、ねじれではどの樹種とも小径材ほど

表-8 乾燥による形質変化

上段 AV

下段 SD

樹 種	丸太径級	測定 枚数		曲 り (%)	縦ぞり (%)	巾そり (%)	ねじれ (°)	木口割れ (mm)	材面割れ (mm)
ウダイ カンバ	16-24	10	天乾後	0.13	0.12	0.26	1.48	204.5	223.5
				0.07	0.11	0.19	0.88	364.2	326.3
			入乾後	0.21	0.31	0.52	1.19	224.3	230.9
				0.13	0.11	0.10	1.31	363.7	320.8
	26-28	10	天乾後	0.24	0.21	0.21	0.28	481.5	42.0
				0.37	0.10	0.16	0.21	369.8	78.0
			入乾後	0.33	0.20	0.28	0.43	495.5	160.0
				0.51	0.18	0.30	0.36	370.3	265.2
	30-36	10	天乾後	0.23	0.12	0.12	0.50	401.2	118.0
				0.18	0.12	0.10	0.34	388.3	224.0
			入乾後	0.33	0.18	0.39	0.65	410.2	124.5
				0.30	0.11	0.30	0.45	385.6	222.4
	42-56	11	天乾後	0.10	0.10	0.13	0.99	294.0	382.9
				0.05	0.06	0.10	3.00	479.5	553.1
			入乾後	0.13	0.25	0.30	0.63	385.0	529.7
				0.10	0.18	0.20	0.42	589.9	750.1
ブ ナ	18-26	24	天乾後	0.24	0.23	1.35	3.87	106.5	210.8
				0.22	0.13	0.64	1.90	83.9	449.6
			入乾後	0.34	0.24	1.39	4.67		
				0.29	0.17	0.67	2.55		
	28-38	18	天乾後	0.12	0.30	1.26	2.83	218.1	377.4
				0.06	0.17	1.14	1.75	155.1	653.4
			入乾後	0.17	0.24	1.41	3.59		
				0.15	0.18	1.51	2.76		
	40-48	17	天乾後	0.22	0.17	0.88	2.00	260.6	246.2
				0.12	0.08	0.63	0.75	219.7	393.7
			入乾後	0.25	0.27	0.88	2.84		
				0.18	0.18	0.52	2.19		
ナ ラ	20-30	16	天乾後	0.19	0.32	1.10	2.50	378.3	271.9
				0.10	0.16	0.50	1.50	375.3	429.2
			入乾後	0.36	0.51	0.70	3.70	47.8	106.8
				0.21	0.21	0.50	1.50	118.2	174.4
	33	5	天乾後	0.20	0.17	0.80	1.80	378.0	11.0
				0.09	0.09	0.60	0.80	285.0	24.6
			入乾後	0.43	0.31	0.70	2.40	0.0	78.0
				0.24	0.17	0.30	0.80	0.0	60.5
	40-48	5	天乾後	0.18	0.13	1.40	1.10	497.8	33.0
				0.08	0.15	2.50	0.40	352.7	49.2
			入乾後	0.35	0.40	0.10	1.80	44.0	46.0
				0.18	0.13	0.00	0.30	98.4	102.9

表-9 収 縮 率

上段 AV
下段 SD

樹 種	径 級	測 定 時 期	板 目 板				桁 目 板 (追桁を含む)			
			測定数 (個)	含水率 (%)	収 縮 率 (%)		測定数 (個)	含水率 (%)	収 縮 率 (%)	
					巾	厚 さ			巾	厚 さ
ウダイ カンバ	16-24	天乾後	5	18.70 0.53	1.84 0.30	2.76 0.59	5	18.44 0.47	2.04 0.55	1.82 0.31
		人乾後	5	7.52 0.16	3.90 0.66	4.74 0.82	5	7.52 0.33	4.56 0.89	3.66 0.39
	26-28	天乾後	5	17.14 0.54	3.42 0.60	2.74 0.33	5	17.70 0.60	1.94 0.35	3.00 0.65
		人乾後	5	8.46 0.44	5.52 0.64	3.96 0.46	5	9.32 0.22	3.44 0.40	4.80 0.83
	30-36	天乾後	5	14.70 2.45	3.42 0.30	4.46 1.10	5	16.60 2.35	2.68 0.50	5.68 1.86
		人乾後	5	8.46 0.11	5.84 0.15	6.10 0.88	5	8.84 0.49	4.84 0.69	7.32 1.40
	42-56	天乾後	5	15.00 3.27	2.78 0.28	2.98 0.57	5	16.34 2.36	2.28 0.46	3.12 0.73
		人乾後	5	7.64 0.52	4.50 0.19	4.00 0.69	5	8.46 0.61	4.22 0.53	4.60 0.72
ブ ナ	18-26	天乾後	13	17.90 9.70	4.61 0.68	1.76 0.54	10	18.04 5.75	3.41 0.76	4.94 0.60
		人乾後	14	7.74 0.43	8.53 1.09	3.75 0.54	11	8.53 0.31	5.57 1.04	8.28 0.96
	28-38	天乾後	9	19.70 2.41	4.42 0.89	2.03 0.50	9	21.10 1.99	2.46 0.38	5.10 0.75
		人乾後	9	7.64 0.62	7.72 0.63	3.73 0.77	9	8.50 1.01	4.48 0.72	8.68 0.95
	40-48	天乾後	10	19.00 2.57	4.28 0.57	3.04 1.10	5	23.01 0.78	2.44 0.78	5.49 1.25
		人乾後	10	7.06 0.45	7.66 0.57	4.43 1.29	5	9.14 1.74	4.76 1.10	8.76 1.52
	20-30	天乾後	8	21.00 1.76	4.60 0.87	4.40 0.97	8	21.90 1.06	2.50 0.76	7.10 1.90
		人乾後	8	7.60 0.92	8.00 0.98	6.10 1.09	8	7.30 2.30	4.70 0.94	10.70 2.64
ナ ラ	33	天乾後	3	20.20	5.20	4.90	3	21.10	4.10	6.20
		人乾後	3	7.80	8.40	6.40	2	7.20	6.90	9.10
	40-48	天乾後	2	19.90	4.40	6.20	3	17.40	5.00	7.80
		人乾後	2	7.40	6.20	8.40	3	7.80	7.30	10.30

大きな値を示していて、樹心に近い材の多い小径材の特色を示すものであろう。割れはその値にかなりのばらつきがあり、また値として板1枚の総延長をとったため比較はしにくい。ただ、割れが板巾に変化なくほぼ一様に発生しているとすれば、面積当たりの割れ発生率は小巾板ほど大きい。つまり小径材ほど大きいと言えよう。

表-9に収縮率を示した。この値は径級毎に選り出した、板目板、柃目板の各部位収縮率の平均値をもとにして算出した値であるが、径級毎に差は認められなかった。

表-10にJISによる曲げ強度性能について示す。各径級毎に原木から均一に試験材を選び測定した結果、ウダイカンバでは、小径材ほど曲げヤング係数、曲げ強さとも低いものの、径級による差は認められなく、ブナ及びナラでは小径材のほうが強度性能が高い結果となった。これは気乾比重に比例し、特に環孔材であるナラでは年輪巾に比例している。針葉樹小径材では、その年輪巾の広さと、比重の低下による強度低下が問題になっているのに比べ、広葉樹小径材では、年輪巾の広さが強度低下には影響せず、環孔材では、比重が増加し、かえって強度を増す結果となっている。

表-10 JISによる曲げ強度性能

表-10		J I S による 曲げ強度性能		上段 下段		A V S D		
樹 種	径 級	測定本数 (本)	年 輪 巾 (mm)	気乾比重	曲げヤング係 数 (10 ³ kg/cm ²)	曲げ比例限 強さ (kg/cm ²)	曲げ強さ (kg/cm ²)	
ウダイ カンバ	16-24	51	1.4	0.62	143.5	802	1182	
			0.3	0.04	17.5	133	187	
	26-28	65	1.9	0.62	149.0	748	1241	
			0.6	0.04	15.1	110	209	
	30-26	73	1.9	0.66	165.6	867	1257	
			0.6	0.05	11.2	149	228	
	42-56	54	1.4	0.66	135.4	748	1128	
			0.4	0.04	18.0	112	180	
ブ ナ	18-26	40	2.5	0.71	112.4	798	1286	
			0.6	0.04	16.4	134	184	
	28-38	74	0.9	0.67	116.4	669	1126	
			0.3	0.04	19.0	125	142	
	40-48	27	1.5	0.64	99.7	561	1024	
			0.5	0.04	17.4	117	113	
	ナ ラ	20-30	82	1.7	0.78	139.9	900	1480
				0.6	0.04	18.4	139	151
33		79	3	0.84	152.7	962	1580	
			0.8	0.04	13.5	90	162	
40-48		149	1.5	0.76	107.9	783	1199	
			0.4	0.07	21.2	103	207	

2. 章 乾 燥 技 術 の 確 立

1 小 径 材 の 性 質

1.1 試 験 方 法

1, 1, 1 供試木

外観的特性調査を実施したチップ工場にて特殊用材として選別された11種、末口径17~25cmの丸太を1樹種10~15本供試した。

1, 1, 2 供試材及び試験材

供試材はすべて厚さ 3 cm にだら挽きした後巾 8 cm 以上 2 cm 建てに巾決めし、材長 180 cm に統一して供試材とした。この供試材の中から乾燥による形質変化を測定する試験材として、板目板、柃目板を選び、含水率、収縮率および狂いを乾燥前後に測定した。また全ての供試木材に対して、節、入皮、割れなどの欠点を調査するとともに無欠点裁面採材率を乾燥前後に求めた。

また含水率減少経過を測定する試験材として、長さ 45 cm の板、柃目板を 2 枚ずつ選び、乾燥経過中の重量を測定し、絶乾法により含水率を求めた。

1, 1, 3 棧積方法

上記試験材は巾 1 m に棧積し、棧積に 1 kg/cm の死荷重をかけた。なお、棧木厚さは 2.5 cm、棧木間隔は 45 cm とした。

1, 1, 4 乾燥スケジュール

巾 10 cm、長さ 20 cm、厚さ 2 cm の板目板を供試木 1 本から 2 枚ずつ採取して 100℃ による急速乾燥を実施し、各損傷の 5 段階区分によって乾燥スケジュールを決定した（表-13）。この乾燥スケジュールに基づき、温度、乾・湿球温度差を対数、含水率を標準スケールにした片対数グラフ上で直線的に推移するように含水率スケジュールを決定した（表-14）。

1. 2 結果と考察

1, 2, 1 供試木の性状と歩止り及び無欠点裁面採材率

供試木の外觀的特性を表-11 に、製材歩止り及び無欠点裁面採材率を表-12 に示す。外觀特性

表-11 供試木の外觀的特性

樹 種	供試本数	末口径 (cm)	材 長 (cm)	細り率 (%)	心材率 (%)	真円率 (%)	上段 AV 下段 SD	
							曲 り (%)	節 数 (個)
ブ ナ	15	25.3	213.0	92.0	6.0	91.0	18.0	1.7
		3.2	1.7	6.4	4.6	4.8	8.0	1.5
ナ ラ	15	23.0	212.0	89.0	67.0	87.0	24.0	2.8
		2.2	2.9	7.7	6.1	8.6	9.2	2.3
ミズメ	15	23.2	213.0	85.0	10.0	85.0	31.0	1.3
		2.5	5.0	9.5	13.1	7.5	22.8	1.9
ホオノキ	10	17.3	205.7	87.6	23.2	88.3	23.3	2.2
		2.3	5.5	4.8	12.5	4.4	12.6	2.2
ダケカンバ	10	16.6	215.5	88.9	5.2	89.6	27.8	1.1
		1.9	2.7	6.6	5.7	5.5	9.4	2.5
ク リ	10	17.2	212.7	93.2	77.8	88.8	35.0	1.1
		2.9	8.7	15.5	6.9	5.3	13.4	1.1
シナノキ	10	22.9	218.4	86.1	1.1	86.4	24.5	2.4
		4.4	3.6	12.2	3.1	9.9	18.4	2.1
サワグルミ	10	21.8	199.8	82.8	0.6	81.4	42.0	1.8
		5.2	29.4	11.7	0.2	12.1	17.3	1.5
ケヤキ	12	20.5	211.3	83.6	38.2	94.1	39.7	1.7
		1.7	2.4	8.2	4.5	4.7	18.3	0.9
トチノキ	10	22.0	196.8	86.5		88.7	26.4	2.1
		1.3	58.9	10.4		8.9	18.7	1.6

表-12 製材歩止りおよび無欠点裁面採材率

樹 種	丸太材積	製材歩止り(巾決め板)		無 欠 点 裁 面 採 材 率			
		材 積 (m^3)	歩止り (%)	乾 燥 前		乾 燥 後	
				材 積 (m^3)	歩止り (%)	材 積 (m^3)	歩止り (%)
ブ ナ	1.163	0.5670	48.8	0.3053	26.3	0.2656	22.8
ナ ラ	1.022	0.5065	49.6	0.2348	23.0	0.1749	17.1
ミズメ	1.115	0.5432	48.7	0.2701	24.2	0.2166	19.4
ホオノキ	0.503	0.2990	59.4	0.2350	46.7	0.2030	40.4
ダケカンバ	0.477	0.2230	46.8	0.1460	30.6	0.1144	23.9
ク リ	0.503	0.2280	45.3	0.1420	28.2	0.1250	24.9
サワグルミ	0.843	0.4240	50.3	0.3410	40.4	0.3210	38.0
シナノキ	0.919	0.4790	52.1	0.3710	40.3	0.3340	36.0
ケヤキ	0.711	0.3070	43.3	0.1800	25.3	0.1510	21.3
トチノキ	0.843	0.4040	47.9	0.2220	26.3	0.2180	25.9

のブナ、ナラ、ミズメは材質特性に使用した供試木と区別せずに測定したため材質特性の場合と同じ値となっている。

シナノキ、サワグルミの歩止りが高いのは平均的に末口径の大きい材を使用していたためであり、ホオノキの歩止りが高いのは曲りが小さいためと思われる。無欠点裁面採材率ではホオノキ、サワグルミ、シナノキ等が高いが、これは後で述べる割れとの関係が深いものと思われる。

1, 2, 2 樹種別 100℃試験結果

表-13に樹種別の100℃試験結果を一般材のスケジュールと比較して表示した。これによればダケカンバとケヤキ以外は一般材よりも弱度および強度の乾燥結果となった。一般材より弱度のスケジュールはナラ、クリ、サワグルミ、シナノキで強度のスケジュールとなった樹種はブナ、ミズメ、ホウノキ、トチノキである。ブナ、ナラを除きこのスケジュールの一般材との差は初期含水率の高い樹種ほど弱度のスケジュールとなっていて、断面変形、内部割れが生じやすくなっていることも考え

表-13 樹種別の100℃試験結果

樹	ブ ナ	ナ ラ	ミズメ	ホ オ	ダケカンバ	ク リ	サワグルミ	シナノキ	ケヤキ	トチノキ
初期平均含水率	86.1%	55.7%	56.4%	72.0%	75.0%	92.7%	85.1%	79.4%	53.8%	62.6%
損傷の シケ	初期割れ	3	2	2	1	1	2	2	2	2
	断面変形	3	5	3	2	3	3	2	3	1
	内部割れ	1	3	1	1	1	4	2	1	1
推定乾燥 条件	初期乾球温度	55℃	45℃	55℃	60℃	55℃	50℃	55℃	60℃	55℃
	条件 温度差	3.0℃	2.5℃	4.0℃	5.0℃	4.0℃	3.0℃	4℃	5℃	4℃
	末期温度	80℃	70℃	80℃	80℃	80℃	70℃	80℃	80℃	90℃
	湿度スケジュール	T 8	T 3	T 8	T 10	T 8	T 5	T 8	T 10	T 8
	湿度スケジュール	D 3	B 3	B 4	C 5	C 4	D 3	D 4	C 5	B 4
推定乾燥時間	8日	14日	7日	5日	7.5日	12.5日	7日	6日	7日	4日
一般材の スケジュール	湿度スケジュール	T 4	T 4	T 6	T 8	T 8	T 8	T 12	T 12	T 8
	湿度スケジュール	D 3	B 3	B 3	C 4	C 4	D 4	D 6~7	C 6~7	B 3~4
	推定乾燥時間	8~10日	10~12日	6~8日	5~6日	7~8日	6~8日	4~5日	4~5日	6~8日

表-14 樹種別の乾燥スケジュール

樹種 含水率(%)	シナ・サワグルミ		ケヤキ		トチノキ		ホオノキ		ダケカンバ		クリ		ブナ		ナラ		ミズメ	
	乾球 温度	湿度差	乾球 温度	湿度差	乾球 温度	湿度差	乾球 温度	湿度差	乾球 温度	湿度差	乾球 温度	湿度差	乾球 温度	湿度差	乾球 温度	湿度差	乾球 温度	湿度差
～55	55	4	—	—	—	—	60	5	—	—	50	3	—	—	—	—	—	—
55～50	55	6	—	—	—	—	60	5	—	—	50	5	—	—	—	—	—	—
50～45	55	6	—	—	—	—	60	8	—	—	50	5	—	—	—	—	—	—
45～40	55	9	—	—	60	5	60	8	—	—	50	8	—	—	—	—	—	—
40～35	55	9	55	4	60	7	60	10	—	—	50	8	55	52	50	47	55	51
35～30	60	11	55	7	65	7	60	14	—	—	55	12	55	51	50	46	55	49
30～25	65	14	60	10	70	11	65	14	—	—	55	12	60	54	55	49	60	51
25～20	70	17	66	13	77	15	70	22	—	—	60	18	65	54	60	49	65	51
20～15	75	20	72	18	83	20	75	22	—	—	70	23	70	50	65	45	70	48
15～	80	25	80	25	90	25	80	28	—	—	75	28	80	52	70	42	80	52

られ、一概に小径材特有のスケジュールを決定することができなかった。ただ今回の結果ではブナにおいては小径材の場合、もう1～2段階強度のスケジュールを、ナラにおいては1段階弱度のスケジュールを用いても良い結果となった。

1, 2, 3 乾燥経過

100℃急速乾燥試験の結果を基に作成したスケジュールにしたがって乾燥した時の含水率減少経過を図-1に示した。

乾燥は間欠運転となったため推定乾燥時間のできない樹種もあるが、推定乾燥時間とほぼ同時時間の乾燥となった。ただクリでは初期含水率が高いことにより8日ほど長くなり、シナノキおよびサワグルミでは、乾燥初期含水率が低くなったため2～3日短い時間となった。

1, 2, 4 収縮率

表-15に樹種別、板種目別、巾、厚さの収縮率を示す。これによれば接線方向ではブナ、ナラ、ダケカンバ、サワグルミ トチノキの順に収縮率が大きく、半径方向でも同様の傾向が見られるが、接線方向のような大きな差はなく、ほぼ一様の値となっている。また、接線方向である板目板の巾と柾目板の厚さの比較では、一般の厚さ方向で収縮率が高いが、ナラではその傾向が顕著で、落ち込みが生じているのが原因と思われる。表-15に人工乾燥後から絶乾までの含水率15%を基準とした含水率1%あたりの収縮率と一般材の値を併せてのせた。これによれば、小径材では全般に接線方向では小さく、半径方向ではおおきな値を示している。しかし、板材の場合厚さの測定は完全な接線半径方向ではないための結果とも思われ、小径材の特徴とは言いきれない。

1, 2, 5 乾燥による形質変化

材質特性の結果と同様にブナ、ナラでは狂い全般が大きく、ミズメは特にねじれが大きい。

ホオノキの場合は前項の収縮率においても小さく、狂いも少なく、材質的に優れた樹種であり、小径材であっても十分利用することができると思われる。木口割れが高いが、これは素材の木口割れが伸長したもので問題はなからう。

ダケカンバは狂いも一様で、利用上の支障はあまり認められなかった。

クリは一般のスケジュールよりかなりゆるいスケジュールで乾燥したにもかかわらず木口割れが多い。やはり板としての利用ではなく、建築特殊用材としての利用が良いかと思われる。サワグルミ、シナノキは狂いも一様で割れも少なく、今回の樹種の中でもっとも乾燥しやすい樹種で、一般材同様のスケジュールで十分に乾燥が可能と思われる。

ケヤキは製材時に生長応力に起因すると思われる割れや裂けが発生したが、新しい割れの伸長、発生は少ない。しかし曲りが特に大きく、また個体間の差が特に大きいなど他の樹種と比較して、小径材の特徴と思われる損傷も多かった。

トチノキでは前表の仕上含水率のばらつきが大きく、板、柾目板の含水率の差も大きい。これは製材時に見られた青変菌の侵入によるものと思われる。木口割れが大きかったものの乾燥前からあったものであることを考えれば、収縮率が小さく乾燥性の良い材料と言えよう。

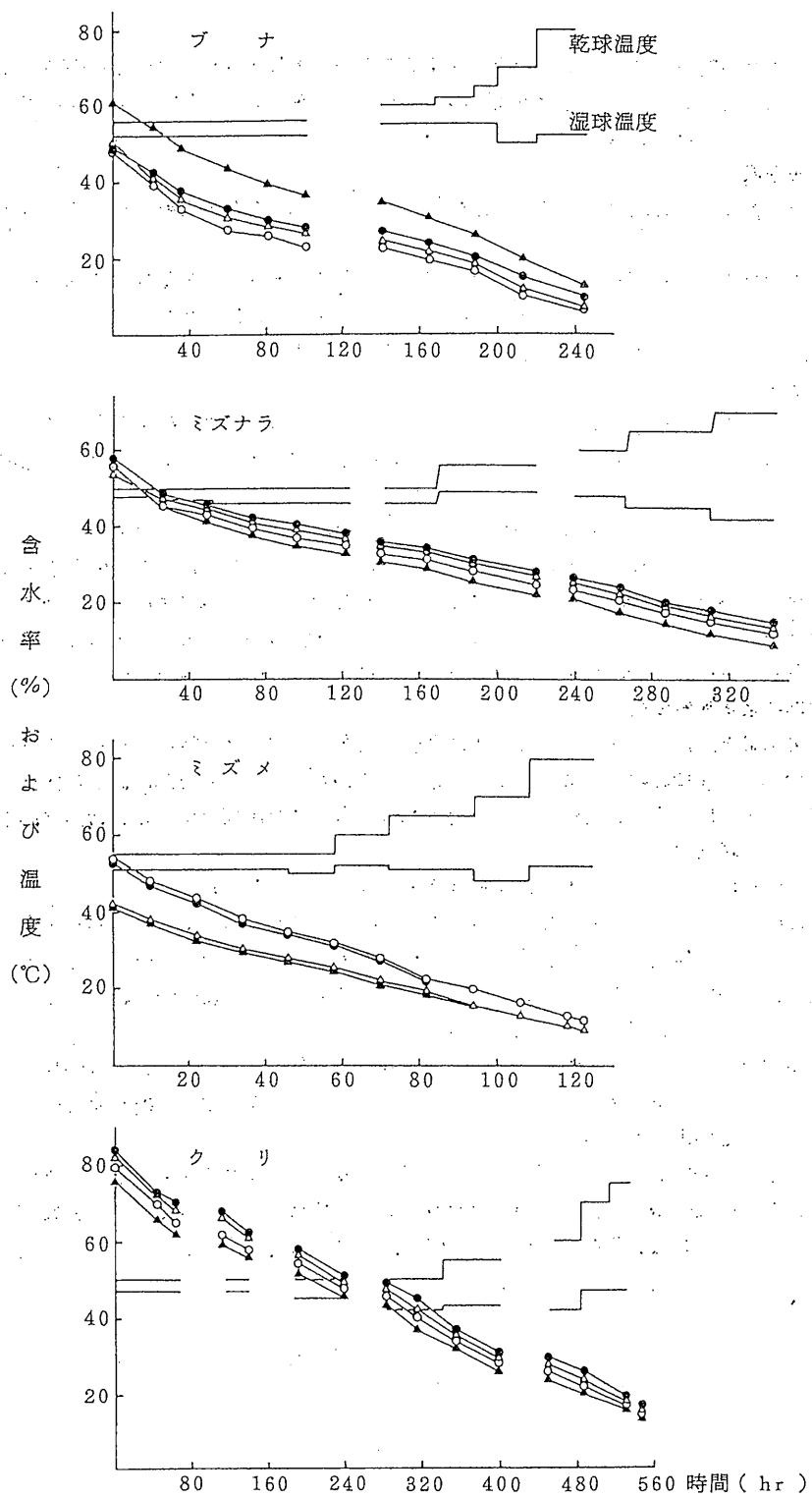


図-1 乾燥経過

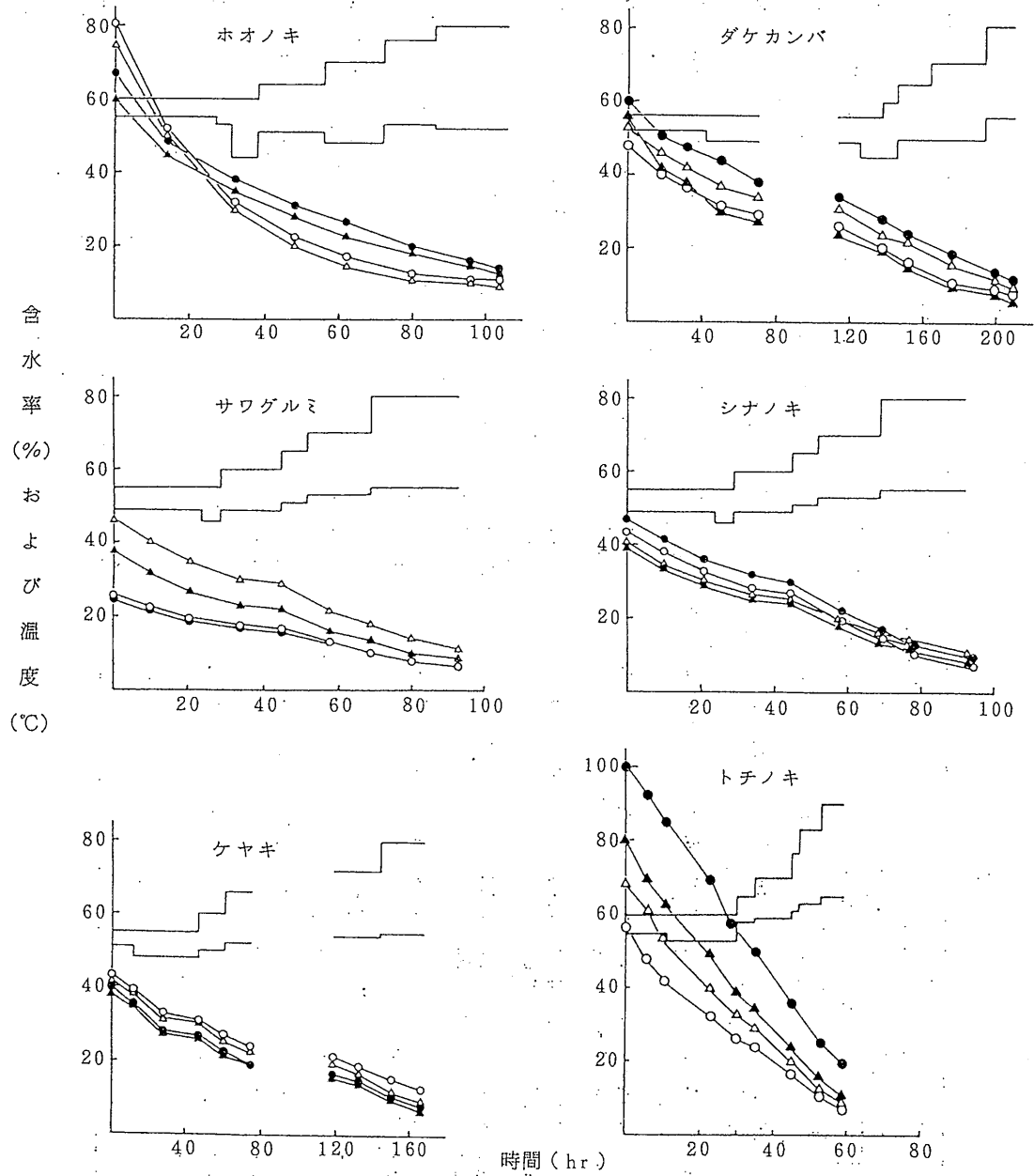


表-15 収縮率
上段 AV
下段 SD

樹種	板目				板目板（追証を含む）				米平均値										
	測定数	製材後含水率	人乾後		絶乾時収縮率	人乾一絶乾1%当り収縮率	人乾一絶乾1%当り収縮率		製材後含水率	厚さ									
			巾	厚さ			巾	厚さ											
ナラ	15	56.13 4.12	10.53 1.87	6.97 0.89	5.11 1.20	9.46	7.01	0.25	0.19	7	62.56 5.55	4.89 0.47	8.47 1.50	7.00	11.51	0.18	0.26	0.35	0.19
ブナ	18	66.80 9.69	6.25 0.61	9.22 0.98	5.74 1.57	10.52	6.46	0.22	0.12	5	70.00 10.73	6.18 1.61	9.48 1.62	6.50	11.79	0.04	0.32	0.41	0.18
ミズメ	13	43.81 8.40	9.05 1.06	5.70 0.57	4.93 0.68	7.61	6.68	0.22	0.20	6	47.90 12.48	5.22 0.56	5.62 1.40	7.10	8.39	0.19	0.28	0.32	0.18
ホオノキ	18	66.29 9.19	7.07 0.97	5.57 1.27	3.76 0.67	6.89	5.36	0.19	0.23	8	65.93 9.53	3.63 0.60	5.05 0.70	5.09	6.01	0.18	0.12	0.25	0.15
ダケカンバ	5	60.29 10.29	8.66 0.19	6.68 0.34	4.96 0.93	8.56	7.08	0.23	0.25	15	66.18 7.90	9.13 0.91	7.68 1.37	6.65	9.62	0.13	0.23	0.31	0.17
クリ	5	104.12 12.25	7.98 0.52	6.24 0.53	4.50 0.47	7.18	6.68	0.12	0.28	14	96.37 16.91	9.07 1.23	6.34 1.31	6.38	9.08	0.20	0.32	0.36	0.17
シナノキ	6	77.42 13.96	8.10 0.71	6.00 0.40	5.80 0.71	7.70	7.50	0.22	0.22	23	84.22 15.37	5.30 0.91	7.20 1.09	7.00	9.00	0.22	0.24	0.31	0.20
サワグルミ	15	77.86 22.09	9.70 1.13	7.04 1.47	5.85 1.18	8.73	7.54	0.19	0.18	15	82.21 31.37	12.10 1.78	7.10 0.92	6.18	9.70	0.14	0.23	0.30	0.14
ケヤキ	21	39.65 6.99	8.00 1.82	5.10 0.86	4.00 0.63	6.80	5.50	0.22	0.19	10	47.44 7.07	10.70 1.52	5.10 0.72	6.00	7.40	0.16	0.22	0.28	0.16
トチノキ	9	62.36 7.19	4.80 2.38	3.80 0.80	2.70 0.23	5.00	3.70	0.25	0.21	11	65.17 9.56	2.60 0.46	4.30 0.71	3.80	5.90	0.15	0.20	0.22	0.16

※木材工業ハンドブック

表-16 乾燥による形質変化

種	測定枚数	曲 り (%)	縦 ぞ り (%)	巾 そ り (%)	ね じ れ (°)	上段 AV 下段 SD	材面割れ (mm)
						木口割れ (mm)	
ブ ナ	25	0.47	0.36	2.70	5.40	70.4	126.7
		0.24	0.22	0.10	3.30	97.9	302.8
ナ ラ	25	0.29	0.22	2.00	2.40	147.6	218.2
		0.17	0.08	0.05	2.10	193.2	346.7
ミズメ	25	0.33	0.18	1.00	8.10	62.0	62.5
		0.21	0.07	0.50	4.90	201.6	180.3
ホオノキ	40	0.09	0.05	0.90	1.14	181.1	41.8
		0.12	0.08	0.69	1.45	319.0	141.0
ダケカンバ	20	0.24	0.26	1.50	0.80	101.8	118.7
		0.21	0.18	0.85	0.93	259.0	357.0
ク リ	19	0.29	0.15		1.04	141.7	95.9
		0.19	0.13		0.81	316.0	229.9
サワグルミ	30	0.34	0.27	0.53	2.06	100.7	96.2
		0.17	0.13	0.36	1.32	185.8	327.6
シナノキ	30	0.33	0.29	0.53	1.86	25.2	46.5
		0.28	0.13	0.85	1.06	48.9	136.9
ケヤキ	30	0.54	0.27	0.59	1.35	6.4	31.5
		0.40	0.16	0.32	0.74	19.9	63.5
トチノキ	20	0.33	0.23	0.44	1.18	292.1	65.3
		0.19	0.10	0.27	0.50	273.2	157.0

2 小径広葉樹材の特殊乾燥

2.1 試験方法

2.1.1 供試木

県内産広葉樹4樹種を用い、最近広く普及してきた低温除湿乾燥と一般の熱気式乾燥による形質変化等の違いを比較するため、それぞれの樹種について、ブナ、ナラでは原木時各10本ずつに分類し、カンバ類では、材の均一化を期するため1原木を半分にして分類し供試木とした。

2.1.2 製材および乾燥方法

供試木の外観的特性を測定後、材長180cmに鋸断し、すべて3cmにだら挽きした。極端な曲り材については、中央で挽断して長さ90cmにし、巾6cm以上2cm建てに巾決めして供試材とした。JASにより無欠点裁面採材率を測定した。ただし巾は6cm以上2cm建てとした。乾燥による形質変化は各樹種別、木取り別、乾燥方法別に13~25板を選び、巾そり、ねじれ、割れ、曲りを乾燥前後に収縮率を乾燥後測定した。

2, 1, 3 乾燥方法

除湿乾燥では、ナラ、ブナについては白川木材生産協同組合に設置されている約 30 m³入りの T O M 5 1 5 A H 型乾燥室を用いて実施し、ウダイカンバ、ダケカンバについては当場の I F 型乾燥室内に除湿装置として日立冷房機 S R - 4 0 3 F 型を設置し、乾湿度球温度差がとれなくなる乾燥開始 1 9 2 時間後に移動させた。なお、ブナ、ナラはタモの 3 0 mm 厚板材の乾燥と併行して同時に乾燥したが、積置は無荷重とし、一方、ウダイカンバ、ダケカンバでは、積置に 1 kg / c m² の死荷重をかけた。乾燥スケジュールは、ブナ、ナラではタモ材のスケジュールで実施し、ウダイカンバ、ダケカンバでは、初期 4 0 ℃ ± 4 ℃ 差 終期 5 0 ℃ - 2 3 ℃ 差とし、含水率 - 温度の片対数グラフ上にて決定した。

熱気乾燥はすべての樹種とも当場の I F 型乾燥室を用い、積木に 1 kg / c m² の荷重がかかるように死荷重をかけた。乾燥スケジュールは、ナラ材の 1 0 0 ℃ 急速乾燥法で推定したスケジュールを用い、ブナ、ナラを同時に乾燥し、ウダイカンバ、ダケカンバでは同じく、ウダイカンバ、ダケカンバの 1 0 0 ℃ 急速乾燥法で推定したスケジュールを用い、同時に両者を乾燥した。

2. 2. 結果と考察

2, 2, 1 製材歩止りおよび無欠点裁面採材率

表一 1 7 に製材歩止りおよび無欠点裁面採材率を示す。カンバ類では丸太を 2 分してからそれぞれを除湿、熱気に分けたため、原木からの無欠点裁面採材率ではなく、製材材積からの無欠点裁面採材率のみを求めた。

同一樹種の除湿と熱気の差では、ブナの除湿で熱気よりも歩止りの割合が大きく、乾燥前後の歩止りの減少は材の割れに大きく影響しているが、この場合も次表の材面割れの差が影響している。

表一 1 7 製材歩止りおよび無欠点裁面採材率

樹 種	丸太材積 (m ³)	製材歩止り (巾決め板)		無 欠 点 裁 面 採 材 率			
				乾 燥 前		乾 燥 後	
		材 積 (m ³)	歩 止 り (%)	材 積 (m ³)	歩 止 り (%)	材 積 (m ³)	歩 止 り (%)
ブナ	除湿	0.985	61.7	0.470	77.2 (47.7)	0.387	63.6 (39.3)
	熱気	1.102	57.9	0.451	70.7 (40.9)	0.406	63.7 (37.1)
ナラ	除湿	0.783	59.2	0.390	84.0 (49.8)	0.323	69.5 (40.9)
	熱気	0.783	60.3	0.351	74.3 (44.8)	0.311	65.9 (39.7)
ウダイ カンバ	除湿		0.304	0.264	86.9	0.231	75.8
	熱気		0.288	0.247	85.7	0.217	75.1
ダケ カンバ	除湿		0.239	0.195	81.6	0.165	69.1
	熱気		0.255	0.198	77.5	0.171	67.2

() は丸太からの歩止り

2, 2, 2 乾燥経過

ナラ、ブナの乾燥経過を図-2に、ウダイカンバ、ダケカンバの乾燥経過を図-3に示す。
熱気乾燥はナラのスケジュールによってブナも同時に乾燥したため、ブナの乾燥速度は一般より低下している。一方で、除湿乾燥はタモ材のスケジュールで乾燥し、早めに高温になったため、一般的な乾燥時間の比較試験はできなかった。

カンバ類では、除湿乾燥材と熱気乾燥材とでは製材後、乾燥するまでの期間に差があったため、除湿乾燥材の方が初期含水率で20%程少ない値を示している。ダケカンバ、ウダイカンバ両者の乾燥速度の違いはほとんどないものと見て、特に樹種による区別はせずに、スケジュール用のコントロール材を決定したが、結果を見ても樹種による両者の違いはないものと見てよいであろう。

乾燥時間の比較では含水率40%から10%までの時間は、熱気乾燥が110時間に対して除湿乾燥が220時間とほぼ倍の時間がかかっている。特に20%以下の乾燥速度が低いため、初期割れの発生しなくなった時点で早めに高温することによって、今回の場合より多少乾燥速度を上げることができよう。

2, 2, 3 乾燥による形質変化

乾燥方法別による形質変化及び収縮率の値を表-18に示す。

ナラの場合、乾燥終了後の乾燥方法による含水率差が10%程度あり、狂いや収縮率での両者の比較はできない。ただ、除湿乾燥においても熱気乾燥と同一まで乾燥した場合は、当値よりもかなり大きな値が推定され、除湿乾燥であることの狂いの減少は認められないと思われる。

ブナでは熱気乾燥の方が曲りで大きな値を示す一方、巾そり、材面割れは小さな値を示す。いずれにしても、ブナ、ナラで実施した除湿乾燥条件は、乾燥速度が熱気乾燥とあまり差がなく、割れの発生が多いことを考えると、ブナ、ナラにとってかなり強い条件であったと考えられる。

カンバ類では乾燥方法による狂いや、収縮率においてもほとんど差がなく、低温乾燥であることの長所と見られている収縮率の減少の効果も知見出来なかった。

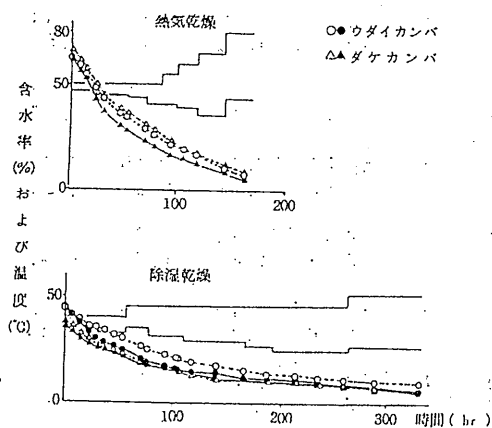


図-2 乾燥経過 (ウダイカンバ、ダケカンバ)

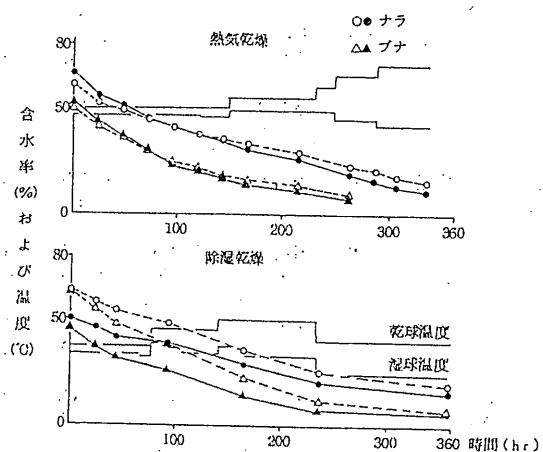


図-3 乾燥経過 (ナラ、ブナ)

表-18-1 乾燥による形質変化

上段 AV
下段 SD

樹 種	測定数	曲 り (%)	縦 そり (%)	巾 そり (%)	ね じ れ (°)	木口割れ (mm)	材面割れ (mm)
ブナ 除湿	27	0.27	0.27	1.51	3.9	180.0	302.6
		0.22	0.24	0.59	2.0	191.5	540.8
熱気	23	0.46	0.32	0.97	3.1	146.7	71.1
		0.28	0.16	0.54	1.2	151.4	160.2
ナラ 除湿	24	0.13	0.14	1.43	2.9	214.6	61.7
		0.08	0.09	0.50	1.4	170.8	119.5
熱気	23	0.26	0.31	1.51	1.3	223.3	62.5
		0.11	0.19	1.16	0.9	202.2	174.6
ウダイ 除湿 カンバ	17	0.19	0.26	0.90	2.6	23.8	148.2
		0.09	0.14	0.30	1.7	53.4	327.5
熱気	15	0.32	0.22	0.50	2.1	37.3	337.3
		0.18	0.20	0.30	1.7	65.2	685.0
ダケ 除湿 カンバ	13	0.20	0.19	0.70	2.6	18.9	189.3
		0.09	0.12	0.60	1.0	59.1	286.5
熱気	14	0.22	0.24	0.80	2.1	81.8	154.3
		0.24	0.12	0.40	1.2	196.0	263.9

表-18-2 収 縮 率

樹 種	板 目 板					証 目 板 （追証を含む）				
	測定数	製材後 含水率	人 乾 後			測定数	製材後 含水率	人 乾 後		
			含水率	収 縮 率 (%)				含水率	収 縮 率 (%)	
				巾	厚 さ				巾	厚 さ
ブナ 除湿	15	66.95	12.3	6.53	4.08	8	71.45	10.99	4.56	7.11
		14.09	0.76	0.64	0.57		13.58	1.76	1.58	1.59
熱気	18	54.92	9.38	7.24	3.74	5	50.52	10.24	4.66	6.12
		4.29	0.57	1.51	0.73		7.72	0.4	0.67	0.97
ナラ 除湿	16	60.34	17.41	4.90	3.96	8	63.04	20.41	2.75	4.9
		8.18	1.38	1.10	1.4		6.85	3.71	0.84	1.22
熱気	16	60.2	8.41	7.14	4.84	7	56.77	11.94	3.97	7.41
		3.3	1.35	0.88	0.88		9.24	0.66	0.76	0.91
ウダイカンバ	8	69.39	6.33	6.20	4.92	9	67.9	7.19	4.45	6.19
		4.85	0.61	0.60	0.59		12.33	0.49	0.56	1.36
熱気	7	62.04	7.34	6.65	4.70	8	70.58	8.6	4.39	5.76
		10.71	0.66	0.81	0.47		15.78	1.31	1.00	0.89
ダケカンバ	6	72	6.95	6.38	5.88	8	79.48	7.58	4.54	7.26
		7.1	0.89	0.78	1.06		5.91	1.12	0.9	1.18
熱気	7	60.44	7.61	7.44	5.27	7	76.84	9.29	4.75	7.58
		17.09	0.65	1.60	0.85		7.89	0.98	0.66	2.22

ま と め

岐阜県下2地区（飛騨地区および北濃地区）のチップ工場で、パルプ用材の中から末口径20cm以上の特殊用材として出荷している原木は主に、パレット、製カン、梱包用、杭木として利用されているが、今後、広葉樹資源が減少してゆく状況下で、より付加価値の高いフローリングや家具への利用技術を高める必要がある。

そこで小径広葉樹材の材質特性について調査した結果、以下のことについて考察できた。

1. 製材歩止り（巾決めまでの歩止り）は原木の曲りが影響しており、無欠点裁面採材率までも曲りの影響が生じている。
2. 乾燥後の狂い、割れはブナ、ナラで大きく、ホオノキ、ダケカンバ、クリ等では小さな値を示していた。
3. 強度性能は一般材とほぼ同程度か、それよりも大きな値を示している。これは比重が影響しているためで、特に環孔材では年輪巾が小径材よりも大きいことも関連している。
4. 大小径材の製材歩止りおよび無欠点裁面採材率は大径材になるにつれ大きくなるが、無欠点裁面の最小巾を8cmから6cmにすることにより、小径材と中径材の差はそれほど生じなくなり、歩止りを向上させるための無欠点裁面巾の検討も今後必要となる。
5. 乾燥による割れの発生は面積当りの割れの発生率を見ると、小巾板ほど大きくなり、一般に小径材ほど大きい。
6. 狂いでは特に巾ぞりの値が小径材ほど大きく、樹心に近い板が多い小径材の特徴である。

小径材広葉樹を利用するにあたって乾燥の占める重要度は大きい。そこで、小径材の乾燥性について調査した結果以下の事がわかった。

1. 100℃急速乾燥試験では小径広葉樹特有のスケジュールを決定することができなく、ほぼ、一般材と同様であった。
2. 樹種ごとの収縮率の差は一般材の傾向とほとんど同じで、小径材特有の傾向は見られない。
3. 狂い、割れの発生では、ブナ、ナラ、ミズメ、クリ、ケヤキが大きな値を示している一方で、サワグルミ、シナノキ、ホオノキ、トチノキは小さな値を示し、乾燥速度の点でも乾燥しやすい材と思われる。

小径広葉樹材では歩止りの低下から、より低コスト化した乾燥方法が求められる。最近普及してきた低温除湿乾燥では低コスト乾燥の期待がもて、針葉樹のみではなく、広葉樹乾燥にも利用する資料を得たため、除湿乾燥と一般の熱気乾燥の比較試験を実施した。

1. 一般に低温除湿乾燥では、狂いや、収縮率が低くおさえられることが期待されたが、除湿乾燥であっても、そのスケジュールによってかなりの損傷が見られる。
2. ナラ、ブナではスケジュールの設定に注意が必要であり、ナラでは乾燥速度の点で実用化には問題が残る。カンバ類では除湿乾燥が十分可能で、スケジュールにおいても、早めに高温に変えることが可能で、乾燥速度の点でも改善できよう。
3. 除湿乾燥スケジュールについてはカンバ類で決定した含水率－温度、温度差図を利用し、決定することが実用的であると思われる。ただ、低温であるため、内部割れの心配は少なく、乾燥速度を上げるためには、初期条件を変え始める時期を把握し、早めに温度を上昇することが必要であろう。