

県産広葉樹小径材の人工乾燥

主任専門研究員 中野正志
専門研究員 東野正

要旨

県産広葉樹14樹種の小径材について、板目板を対象にして、栈木圧1 kg/cm²の荷重で圧縮乾燥による形質変化を調査した。

- 1 供試樹種は、ブナ・ミズナラ・ウダイカンバ・ホオノキ・イタヤカエデ・カツラ・センノキ・キハダ・アサダ・ダケカンバ・トチノキ・シナノキ・オニグルミ・ヤチダモである。
- 2 人工乾燥は、仕上り含水率10%を目標に連続運転で行った。
- 3 樹種別の乾燥条件は、100℃急速乾燥試験の初期割れ、断面変形及び内部割れの損傷程度から推定した結果、標準的な乾燥条件と推定された。
- 4 乾燥日数は、ウダイカンバの4日間からミズナラの15日間を要し、他の樹種の乾燥日数はほぼ標準であった。
- 5 乾燥による損傷は、曲がりではイタヤカエデが最も大きく、トチノキ、ウダイカンバが同程度で小さかった。幅そりは、ブナが最も大きく、ウダイカンバが小さかった。
- 6 そり、ねじれは各樹種とも小さく、利用上支障がない発生量であった。
- 7 割れは、樹心部の心割れが大半を占め、木口割れ、表面割れは少なかった。
- 8 乾燥による板の無欠点裁面採材率は、素材の材積に対して樹種間で29~48%で大半の樹種が製材歩止りより20%以上の低下を示した。

1 はじめに

本県の一般広葉樹、特に大径材は年々減少し、小径化の傾向にある。

一般広葉樹材は、大半が家具用材及び内装用材に向けられているが、小径材の場合、大径材と異なり製材過程において木取り法に限られ、製材歩止りに影響を及ぼしている。

そこで、本試験は、資源的な見地から小径材の有効利用、集約利用を図り、今後の原木事情に応じた効率的な乾燥技術を検討するため、前報^{1) 2) 3)}の10樹種にトチノキ、シナノキ、オニグルミ、ヤチダモの4樹種を含めた14樹種について、板目板を対象に乾燥試験を実施したので、その結果を総括して利用上の参考に供したい。

なお、本試験は林野庁の大型プロジェクト研究「国産材の多用途利用開発に関する総合研究」の一環として実施したものである。

2 試験方法

(1) 供試材及び乾燥方法

素材は、径20～30cmのもの1樹種につき10本を供した。その概要は表-1に示した。

木取りは、素材を厚さ3cmの板にダラ挽きし、最小幅6～8cmとし、2cm建てに幅ぎめした。

各樹種とも素材1本につき2枚ずつ計20枚の板目板を無作為に抽出し、乾燥に伴う曲がり、ねじれ及び幅そり等の形質変化を調査した。なお、乾燥歩止り、板の無欠点裁面採材率は全供試材について調査した。

供試材の積みは、積木幅25mm、積木間隔45cmとし、積木の上部に積木圧1kg/cm²の荷重で圧縮した。

乾燥は、I F型5石乾燥装置を使用して、予め100℃急速乾燥試験⁵⁾によって推定した。乾燥スケジュールに準じて仕上り含水率10%を目標に連続運転で行った。

各樹種の乾燥スケジュール用材は、幅20cm、長さ45cmの柵目板を用いた。また、比較用として幅16～20cm、長さ45cmの板目板を柵目板と同数用いて、それぞれ両木口面を銀ニスでシールし、含水率減少経過を測定した。なお、ヤチダモは、柵目板が採材できなかったため、板目板を乾燥スケジュール用材に供した。

表-1 素材の概要

樹種	末口径 cm	曲がり %	心材率 ^{**)} %	平均年輪幅 mm	節数 個
ブナ	24	11	13	1.54	2.3
ミズナラ	21	15	71	1.61	1.7
ウダイカンバ	23	11	20	2.06	0.6
ホオノキ	24	16	46	1.70	0.7
イタヤカエデ	27	32	20	2.17	1.3
カツラ	25	14	45	1.70	1.6
センノキ	24	18	(-)	1.72	0.5
キハダ	27	16	66	2.30	1.2
アサダ	27	14	10	3.32	0.8
ダケカンバ	24	12	19	1.27	1.2
トチノキ	25	13	(-)	3.57	1.4
シナノキ	25	14	0	3.04	0.9
オニグルミ	25	20	72	4.56	1.3
ヤチダモ	26	11	57	2.29	0.8

*) 数値は各樹種の素材10本の平均値

**) 末口の値、(-)は辺心材の区別不明瞭

(2) 各種損傷の測定

曲がり、そりは、材長 180 cm に対する内曲面、幅そりは、材軸の幅方向 10 cm に対するそれぞれの最大矢高 (mm) を測定した。ねじれは、平面上に 3 点を固定し、他の 1 点が平面から移動した量を木口面の幅方向の一辺長に対する傾斜角 (度) に換算した。

割れは、材軸方向の両面について 1 枚当たりの本数、割れ長さを平均値で示した。

収縮率は、板目板の両木口より 20 cm の位置及び中央の 3 箇所について木表側に設定し、板幅方向及び板厚方向を測定し平均値で示した。

3 結果及び考察

(1) 100 °C 急速乾燥試験 ⁵⁾

各樹種の乾燥条件は、幅 10 cm、長さ 20 cm、厚さ 2 cm にプレーナーで仕上げた板目板 (3 枚) を温度 100 °C に調節した定温乾燥器で乾燥し、その際に発生する初期割れ、断面変形及び内部割れの損傷程度を 5 段階評価で分類して乾燥条件を推定した。その結果は表-2 に示した。

各種の損傷について、初期割れは、ブナ、ミズナラ、イタヤカエデが最も大きく、ウダイカンバ、センノキ、キハダ、トチノキ、シナノキには割れが発生しなかった。断面変形は、ブナ、ダケカンバが大

表-2 100 °C 急速乾燥試験結果

樹種	心材率 %	欠点の種類と程度			初期平均 含水率 %	推定条件			推定乾 燥日数 日
		初期 割れ	断面 変形	内部 割れ		初期 温度 °C	温度差 °C	末期 温度 °C	
ブナ	100	2~3	3~4	2~3	65.4	50	3.0	75	10.0
ミズナラ	0	2~3	2~3	1	80.8	55	3.0	80	14.0
ウダイカンバ	0	1	2	1	38.0	60	5.0	80	6.0
ホオノキ	80~100	1~2	1	1	62.8	60	5.0	90	5.5
イタヤカエデ	0~80	2~3	2~3	1~2	58.0	55	3.0	80	10.0
カツラ	100	1~2	3	1	50.5	55	4.0	80	8.0
センノキ	60~100	1	2~3	1	61.8	55	4.0	80	8.5
キハダ	0~100	1	2~3	1	95.3	55	4.0	80	7.5
アサダ	0	2	2	1	50.0	60	5.0	80	7.0
ダケカンバ	0~80	1~2	2~4	1~2	65.8	55	4.0	80	9.0
トチノキ	0~40	1	2	1	98.7	60	5.0	80	5.5
シナノキ	0	1	1~2	1	108.8	60	5.0	80	5.0
オニグルミ	100	1~2	3	1~2	99.4	55	4.0	80	8.0
ヤチダモ	100	1~2	3	1~2	73.5	55	4.0	80	10.5

さく、次いで、ミズナラ、イタヤカエデ、センノキ、カツラ、キハダ、オニグルミ、ヤチダモで、他の樹種では断面変形が小さかった。内部割れは、ブナにすべて発生し、イタヤカエデ、ダケカンバ、オニグルミ、ヤチダモは発生したものとしなないものがあった。このなかで、イタヤカエデ、ダケカンバは心材率の高い材に内部割れが生じた。他の樹種には発生が認められなかった。

ミズナラは、内部割れが発生し易く、乾燥条件は初期温度45℃、温度差3℃が標準とされている⁵⁾が、本試験では、心材のない材を供したため内部割れが発生しなかったと考えられる。よって、その他の欠点程度から初期乾燥温度は55℃と推定された。

アサダは、内部割れあるいは断面変形の損傷程度から乾燥条件が50℃以下と推定されている⁴⁾が、本試験では内部割れが認められなかったことと、その他の欠点も中庸であったことから初期乾燥温度が60℃と高い条件が推定された。

供試した樹種の大半の乾燥条件については、既報^{4) 5) 7)}の樹種と比較して各種欠点の程度にばらつきがあるが総合的に判断して、標準的な乾燥条件と推定された。

(2) 乾燥経過

人工乾燥試験は、前項の結果をもとに、ミズナラ、ウダイカンバは推定条件より1～2段階の緩い条件、他の樹種は、推定条件にしたがって乾燥スケジュールに基づいて行った。樹種ごとの乾燥スケジュールと柾目板（ヤチダモは板目板）の含水率減少経過を各樹種の推定乾燥日数の大小に基づき、図～1～4に示した。

初期含水率は、イタヤカエデの51%からシナノキの111%と樹種間で相違があり、含水率10%まで低下するのに要した乾燥日数は、ウダイカンバが約4日間、キハダ、トチノキ、シナノキが約5日間、イタヤカエデ、カツラ、センノキが約6日間、ホオノキが約7日間、ブナ、アサダ、ヤチダモが約8日間、ダケカンバが約9日間、オニグルミが約10日間、ミズナラが約15日間であった。乾燥が容易とされているホオノキがやや日数を要したのは、初期含水率が96%と高かったためと考えられる。

ミズナラは、他の樹種に比べて乾燥日数が極めて長く、乾燥の困難性がうかがえた。

しかし、急速乾燥試験の推定乾燥日数に比べて、ミズナラ、ホオノキ、アサダ、オニグルミは1～2日間の日数を要したが、他の樹種は、同程度もしくは2～4日間速く目標の含水率に仕上がった。

なお、板目板については、含水率減少経過を図示しなかったが、大半の樹種は柾目板の仕上り含水率に対し2～5%低い含水率に達した。

(3) 狂い

乾燥材の曲り、そり及びねじれ等の形質変化を表-3に示した。

曲がり、ねじれは、樹種間で2.9～10.7mmとばらついていたが、イタヤカエデが最も大きく、トチノキ、ウダイカンバがほぼ同程度で小さかった。他の樹種は3.8～6.6mmの値を示した。

そりは、樹種間で2.7～4.8mmであった。乾燥前のそりは、大部分が木表に凹方向の傾向を示していたが、乾燥過程で部分的に矯正されたり、逆方向に生じたものもあり、これは樹心に近い材に現われ幹軸方向の収縮の影響によるものと考えられる。

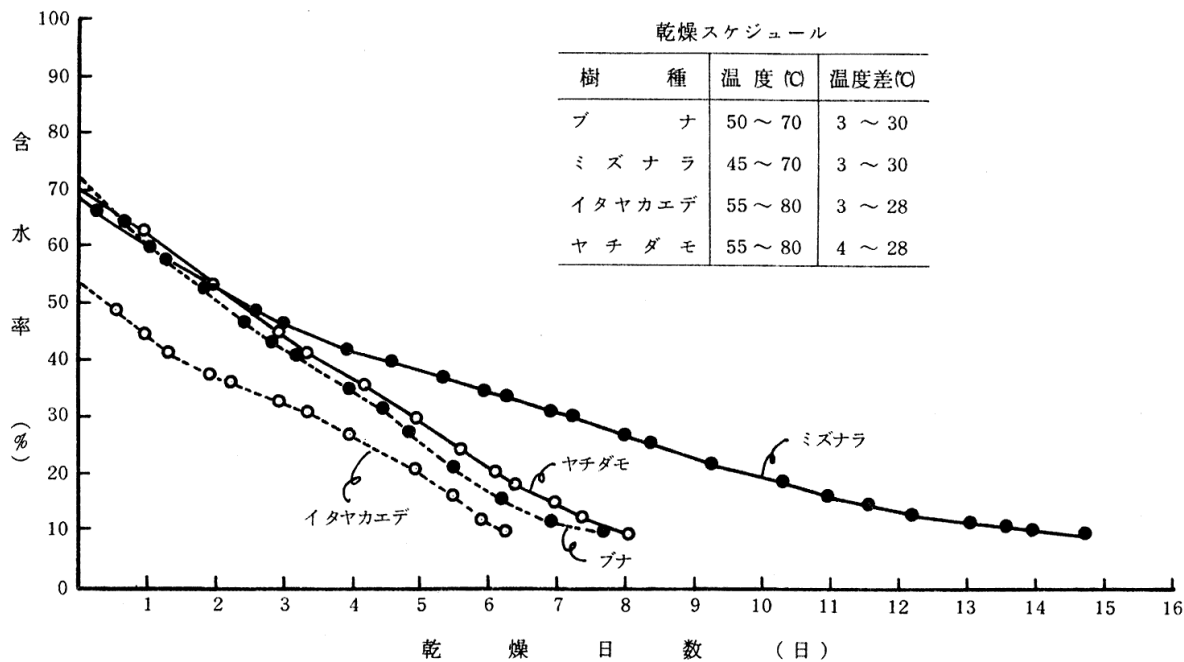


図-1 含水率経過

幅そりは、樹種間で0.69～1.96 mmの値であった。そり量が1 mm以下の樹種は、ウダイカンバ、ホオノキ、カツラ、キハダ、シナノキ、1.5 mm以上はブナ、ミズナラ、アサダ、イタヤカエデ、ヤチダモであった。この欠点は、乾燥スケジュールのみでは欠点を抑制することが困難なので、小径材から採材した幅広い材を有効に利用するためにも圧縮圧を増すこと

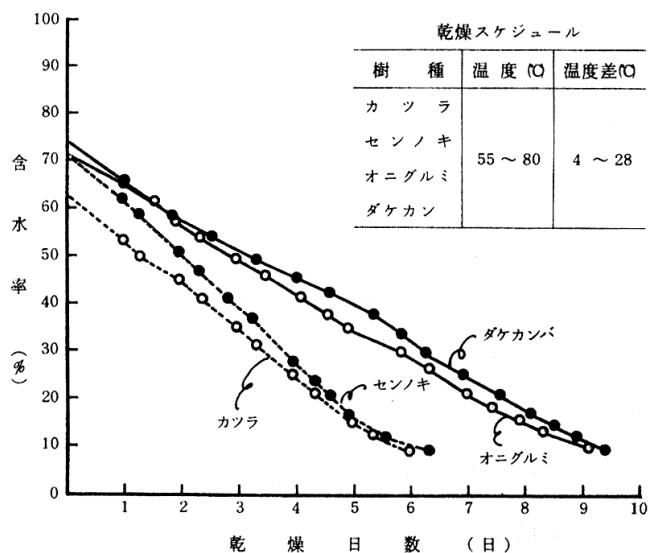


図-2 含水率経過

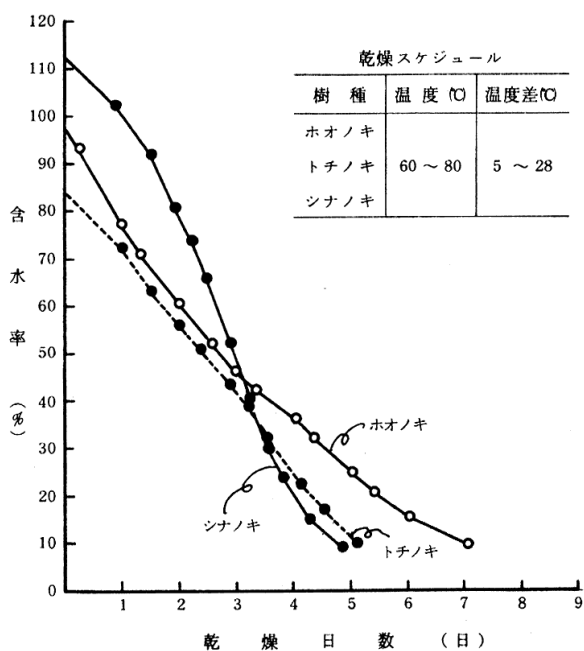


図-3 含水率経過

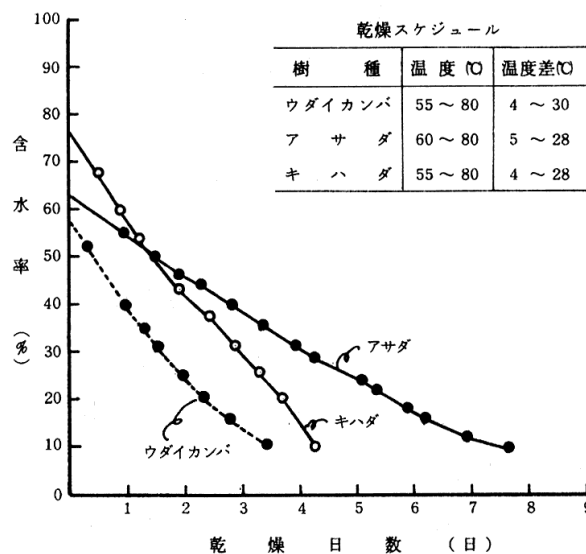


図-4 含水率経過

で抑制効果があるものと考えられる。

ねじれは、樹種間で0.3～2.4度の値を示し、実用的に支傷のない程度の発生量であった。これらの欠点は、素材の形状と湾曲方向を考慮してダラ挽きした場合でも、繊維方向の不整は避けられないこともある。この木理不整は乾燥に伴って各種の損傷を増大させる原因にもなるので、これらを軽減するには圧縮乾燥が有利である。

(4) 割れ

割れは、木口から材面に発生した木口割れと表面割れに分けて表-4に示した。

木口割れは、乾燥前の既存の割れが乾燥に伴って伸長したものが大部分であった。表面割れは、樹心に近い材に発生し大部分が心割れで、これを除いた割れはわずかであった。

1枚当たり発生した木口、表面割れの平均総長さは、樹種間で4～226mmで、ヤチダモ、ミズナラ、キハダ、アサダ、ホオノキの順に大きかった。

仕上り材に割れが発生しない割合は、樹種間で25～95%で、ウダイカンバ、ブナが80%以上で最も高く、以下、カツラ、キハダ、シナノキが70%、これに対して、ミズナラ、ダケカンバについては30%以下であった。

(5) 収縮率

各樹種の乾燥による収縮率の変化を図-5に示した。

乾燥後の収縮率は、厳密に言えば各樹種の含水率が異なるため、一概に比較することは困難なので参考までとし、全乾材について比較することにした。

接線方向は、樹種間で5.6～10.2%の値でブナが最も大きく、以下、イタヤカエデ、

表-3 乾燥による板目板の損傷

樹種	含水率 %	曲がり mm	そり mm	幅そり mm	ねじれ 度
ブナ	8.7 [※]	5.9	3.7	1.96	1.5
	1.3	2.9	1.5	0.6	1.1
ミズナラ	8.2	5.4	2.7	1.69	0.9
	0.8	3.6	1.4	0.5	0.6
ウダイカンバ	8.6	3.0	2.8	0.69	0.8
	1.2	2.4	2.1	0.2	0.6
ホオノキ	5.2	3.8	3.6	0.92	1.7
	1.2	2.1	1.3	0.5	1.1
イタヤカエデ	7.5	10.7	4.8	1.54	2.4
	1.6	4.5	2.3	0.5	1.9
カツラ	8.6	5.1	4.3	0.76	1.2
	1.7	3.3	3.0	0.2	0.8
センノキ	8.9	4.6	3.5	1.05	0.6
	1.6	3.1	1.6	0.4	0.5
キハダ	8.2	6.5	4.2	0.84	0.7
	1.9	3.5	1.5	0.3	0.5
アサダ	6.0	6.1	4.1	1.55	1.0
	1.2	2.3	1.8	0.6	0.6
ダケカンバ	7.4	4.3	3.2	1.31	1.1
	1.0	2.0	1.3	0.4	0.9
トチノキ	9.6	2.9	3.2	1.09	1.0
	1.4	2.1	1.1	0.5	0.9
シナノキ	5.7	4.9	3.6	0.88	0.3
	0.8	1.7	1.3	0.4	0.3
オニグルミ	7.2	6.6	4.1	1.17	0.6
	1.3	3.5	1.7	0.5	0.5
ヤチダモ	8.8	4.0	4.1	1.53	0.4
	1.3	2.0	1.9	0.3	0.3

※上段は平均値、下段は標準偏差

ヤチダモの9%程度、これに対して、ホオノキ、カツラ、キハダ、トチノキが小さく5%台の値を示した。半径方向は、樹種間で4.1~7.4%の値で、ダケカンバが最も大きく、ホオノキ、トチノキが小さい。

接線方向と半径方向の収縮率差は、イタヤカエデ、ブナ、ヤチダモを除けばいずれの樹種とも2%以下の差で、特にダケカンバは接線方向とほぼ同程度の収縮率を示した。このような収縮率の差が幅そり発生 of 支配的な要因と考えられているが、接線方向の収縮率と幅そりの発生量の間には関係が認められなかった。いずれ通常 of 収縮率と異なった結果を示した。

(6) 製材歩止り及び無欠点裁面採材率

各樹種の勢材歩止り及び幅ぎめした板の乾燥前後における良材面(片面)のJASに準じた無欠点裁面採材率を表-5に示した。既報¹⁾のブナ、ミズナラ、ウダイカンバは、不良材面について示したが、本報では各樹種を

表-4 乾燥による割れ

樹種	木口割れ		表面割れ		無欠点率 %
	本数本	長さ mm	本数本	長さ mm	
ブナ	0.2	7	0.1	3	80
ミズナラ	0.8	55	1.3	94	25
ウダイカンバ	0	0	0.3	16	90
ホオノキ	0.6	84	0.2	16	50
イタヤカエデ	0.2	5	0.3	57	65
カツラ	0.3	11	0.2	41	70
センノキ	0.4	61	0.5	35	60
キハダ	0.3	32	0.4	75	70
アサダ	0.8	96	0.1	6	45
ダケカンバ	0.5	51	1.5	23	30
トチノキ	0	0	0.6	75	50
シナノキ	0.4	4	0	0	70
オニグルミ	0.3	83	0.1	12	65
ヤチダモ	0.5	116	0.4	110	50

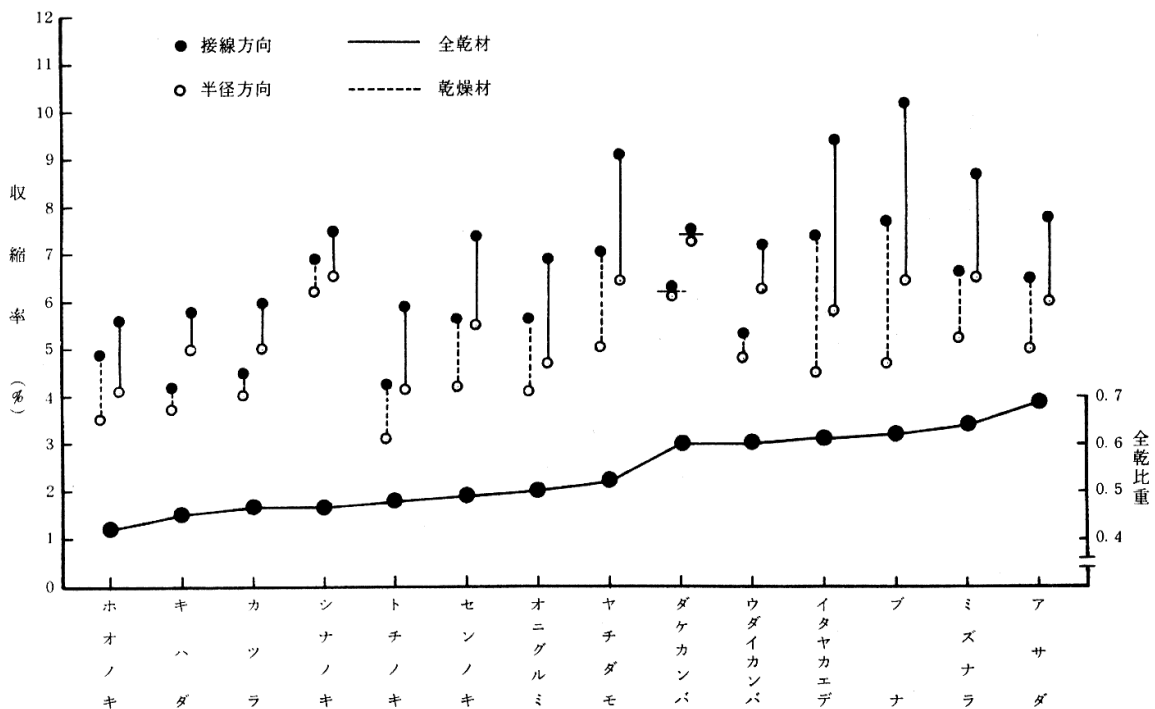


図-5 収縮率と全乾比重

比較するうえから良材面の採材率に改めて表わした。

製材歩止りは、樹種間で55～69%を示し、素材の形状、径級に相違があったにもかかわらず比較的歩止りが良かった。

製材品の無欠点裁面採材率は、素材の材積に対して樹種間で35～62%とかなりばらつきがみられた。採材率は、シナノキが最も高く、ミズナラが小さい。また、各樹種を製材歩止りからみて、ミズナラが21%、以下、ダケカンバ、ブナ、ヤチダモ、オニグルミが15～20%で、大半が節数、入皮及び心割れが多く出現し採材率を低下させていた。他の樹種は製材歩止りからでは11%以下の低下であった。

乾燥材については、節、入皮等の木材構造上の欠点よりも乾燥による節周辺の落ち込みと板幅の収縮の影響で採材率が低下し、樹種間で29～48%の無欠点裁面採材率を示し、製材歩止りからみて大半の樹種が20%以上の低下であった。

1枚の板から利用される無欠点裁面について、乾燥後の等級を表-6に示した。

1等以上を占める割合は、樹種間で26～77%とかなりばらつきを示した。シナノキが最も高く、以下、ホオノキ、アサダ、センノキ、カツラ、キハダ、オニグルミ、ウダイカンバでいずれも50%をこえていた。これに対し、ブナ、イタヤカエデ、ミズナラ、ブナに多く20%台の比率を占めていた。これら等外品について、イタヤカエデは、節数、節周辺の落ち込み及び入皮等、ブナは節数、心割れ等、ミズナラは心材率の低下、節数、心割れ等の欠点に、更にそれぞれ収縮による無欠点裁面採材率の減少が加わって品等が低下していた。

表-5 製材歩止り及び無欠点裁面採材率

樹 種	素材の総材積 m^3	幅ぎめ材の 総 材 積 m^3	製材歩止り $\%$	無 欠 点 裁 面 の 材 積	
				乾燥前の歩止り $\%$	乾燥後の歩止り $\%$
ブ ナ	1.240	0.7447	60.0	43.2	30.4
ミ ズ ナ ラ	0.930	0.5249	56.4	35.0	29.4
ウ ダイ カン バ	1.122	0.6145	54.8	45.5	36.3
ホ オ ノ キ	1.136	0.6575	57.8	51.3	42.7
イ タ ヤ カ エ デ	1.266	0.6976	55.1	37.6	30.9
カ ツ ラ	1.138	0.6383	56.1	45.2	38.2
セ ン ノ キ	1.012	0.6027	59.6	50.0	38.8
キ ハ ダ	1.322	0.7483	56.6	46.4	37.1
ア サ ダ	1.302	0.8164	62.7	53.4	41.6
ダ ケ カン バ	1.008	0.6252	62.0	44.0	34.7
ト チ ノ キ	1.132	0.6923	61.2	51.2	38.6
シ ナ ノ キ	1.108	0.7560	68.2	61.7	47.5
オ ニ グ ル ミ	1.148	0.7076	61.6	45.5	34.1
ヤ チ ダ モ	1.153	0.7928	68.8	53.0	39.9

4 総 括

広葉樹大径材の減少のおりから小径材の高度利用を図るため14樹種について乾燥試験を行ってきた。

各樹種の乾燥性は良いが、素材の形状と湾曲方向を考慮してダラ挽きした場合でも、乾燥過程で生ずる各種損傷は樹種によってばらついている。ウダイカンバ、ホオノキ、トチノキ、カツラ、センノキ、シナノキ等は乾燥による損傷が少なかった。他の樹種については、圧縮を増すことで損傷の軽減が可能と考えられる。

各樹種の製材歩止りは、樹種間で55～69%で本試験に用いた素材は製材用として歩止りが高かった。

利用面については、節、入皮、心割れ等の欠点で用材に適さない部分を除去した乾燥材の無欠点裁面採材率は、板幅の収縮の影響で製材歩止りからみて大半の樹種が20%以上の低下であったが、小径材であることを考慮しても本試験に供した程度の素材は実用上、十分に利用できるものと考えられる。

5 文 献

- 1) 岩手県林業試験場成果報告 第14号
P 31～39, (1981), 中野正志・東野正：広葉樹小径材の人工乾燥（第1報）
—ブナ、ミズナラ、ウダイカンバ—
- 2) 岩手県林業試験場成果報告 第15号
P 79～86, (1982), 中野正志・東野正：広葉樹小径材の人工乾燥（第2報）
—イタヤカエデ、カツラ、ホオノキ—
- 3) 岩手県林業試験場成果報告 第16号
P 21～28, (1983), 中野正志・

表-6 乾燥材の無欠点裁面の等級

樹 種	供試材数 (枚)	無欠点裁面の等級				
		特等	1等	2等	3等	等外
ブ ナ	76	16 [※]	4	39	0	17
		21	5	51	0	23
ミズナラ	63	16	4	27	0	16
		25	6	43	0	25
ウダイカンバ	66	30	5	27	0	4
		45	8	41	0	6
ホオノキ	67	25	22	16	2	2
		37	33	24	3	3
イタヤカエデ	71	12	9	32	0	18
		17	13	45	0	25
カツラ	68	25	14	22	0	7
		37	21	32	0	10
センノキ	61	24	13	21	0	3
		39	21	35	0	5
キハダ	69	24	16	28	0	1
		35	23	41	0	1
アサダ	78	42	9	23	1	3
		54	11	30	1	4
ダケカンバ	70	17	11	32	1	9
		24	16	46	1	13
トチノキ	69	26	5	35	0	3
		38	7	51	0	4
シナノキ	75	42	16	17	0	0
		56	21	23	0	0
オニグルミ	70	19	21	19	0	11
		27	30	27	0	16
ヤチダモ	76	27	7	35	0	7
		36	9	46	0	9

※ 上段は枚数、下段は比率

東野正：広葉樹小径材の人工乾燥（第3報）

—センノキ、サハダ、アサダ、ダケカンバー

- 4) 木材工業 20巻 218号, P 2～7, (1965). 寺沢真：木材乾燥スケジュールの簡易決定法
- 5) 木材の人工乾燥, P 90～115, 日本木材加工技術協会, (1976). 寺沢真・筒本卓造
- 6) 木材と技術 50, P 7～12, (1982). 武田和正・天野良一・吉田直隆：国産広葉樹小径材の人工乾燥
- 7) 林産試験場研究報告 第71号, P 1～67, (1982). 米田昌也・千葉宗昭・奈良直哉・大山幸夫：適正人工乾燥スケジュールに関する研究—道産広葉樹材について—