

シベリア産針葉樹材によるドレストランバー製造試験 (第4報)

敷居, 鴨居材における除湿式乾燥法の適用性

島崎鶴雄*¹, 武田和正*¹, 吉田直隆*¹

Manufacture of Dressed Lumber from Siberian Softwood IV. Application of dehumidification drying for manufacturing of door sill and door head.

SHIMAZAKI, Tsuruo*¹, TAKEDA, Kazumasa*¹ and YOSHIDA, Naotaka*¹

In order to examine the application of dehumidification drying (D.D.) on manufacture of dressed lumber such as door sill, door head and so on, each siberian softwood dimension lumber dried by simple D.D. (average moisture content 18% after drying) and conventional kiln drying (K.D., average moisture content 15% after drying) was manufactured to door sill and door head. Then after 60-day storage, the change of moisture content and warpage of the dried lumbers were compared between D.D. and K.D.. The results were summarized as follows:

- 1) On the simultaneous planing of lumber's (cross section size 40×100mm) four faces by moulder, cup before planing affected the rate of unplanned area on the wide two faces, and there was not a significant difference between the method of drying (D.D. and K.D.).
- 2) After 60-day storage, the change of bow, crook and twist of the dimension lumbers dried by D.D. was compared with that dried by K.D. on the basis of practical criteria, there was not a significant difference between the both drying methods. But it was obvious that the application of D.D. for manufacturing of dressed lumber was not suitable for specific species such as siberian Larch which moisture content after drying was in the wide ranges, because coefficient of shrinkage at the thickness (radial direction), width (tangential direction) and width of groove became larger with the decrease of moisture content during storage.

建築造作用の各種ドレストランバー製造の中で、敷居、鴨居材における除湿式乾燥法の適用性を調べるため、簡易な除湿式（平均含水率18%仕上げ）と、通常の蒸気式（平均含水率15%仕上げ）で乾燥したシベリア産針葉樹平割材を敷居と鴨居に加工し、60日間放置後の含水率変化及び狂いの大きさから、両乾燥法を比較検討した。

結果は次のとおりである。

- 1) モルダによる平割材（40×100mm）の4面同時鉋削において、両乾燥法とも幅の広い材面の削り残し量は、加工前の幅反りの大きさが影響していて、両者に差は見られなかった。
- 2) 放置中の縦反り、曲り、ねじれの大きさを、実用的な判定を基準にして比較すると、乾燥法による差はみられなかったが、厚さ（半径方向）、幅（接線方向）、溝幅の各収縮量は放置後（60日）の含水率減少量との相関が高いので、カラマツのように乾燥後の含水率のバラツキが大きい材には不適であるなど、適用可能な樹種が制限されることが明らかとなった。

本報告の一部は第38回日本木材学会（旭川）で発表した

* 1 木材試験場

1. はじめに

木材を高次加工するにさいして乾燥は不可欠とされ、前報¹⁾では、シベリア産針葉樹(エゾマツ、アカマツ、カラマツ)の平割材を対象に、小規模工場でも導入し易いと考えられる簡易な除湿式乾燥を取り上げ、乾燥速度、乾燥特性について蒸気式と比較した。

この簡易な除湿式乾燥法は乾燥中の温度が低いため、含水率18%程度までの乾燥が限界で、さらに乾燥応力を除去するための調湿処理装置を備えていないなど、その後の加工や材の利用に際して問題となることが考えられる。そのため、本報では前報でとり上げた平割材に対して、さらに切り欠き加工した建築造作用の各種ドレスドランバーの中で、敷居、鴨居材を例にとり、切り欠きが存在する部材への除湿式乾燥法の適用性を調べるため、通常の蒸気式で乾燥した場合とを比較検討した。

本試験の実行に際して、多大なご協力をいただいた小池木材株式会社(富山市)に対して厚く謝意を表する。

2. 実験方法

2.1 供試材

供試材は、簡易な除湿式で平均含水率18% (以下「A材」とする)と、通常の蒸気式で平均含水率15% (以下「B材」とする)に人工乾燥したシベリア産針葉樹のエゾマツ、アカマツ、カラマツの平割材(製材品寸法:厚さ45mm×幅105mm×長さ1.8m)である。供試材の乾燥履歴、含水率、比重等を表-1に示す。各樹種ともA材が40本、B材が40本であり、それぞれを20本ずつに分けて敷居と鴨居に加工した。

2.2 敷居、鴨居加工

敷居、鴨居加工は、生産工場の機械を借りて行った。まず、多軸鉋盤(通称「モルダゲ」、T社製B42-A型、加工幅175mm、加工高90mm、送り速度8~26m/min)で、4材面を一度に鉋削して平滑にした後、軸傾斜丸鋸盤(I社製STJ-400型、カッター径130mm、加工深さ15mm、送り速度6~11m/min)で、溝を切削した。

モルダゲ加工の仕上げ寸法は、A材は厚さ40.4mm、幅98.7mm、B材は厚さ39.5mm、幅96.2mmに設定した。生産工場での加工という制約のため、乾燥区分別に

だけ分けて設定した。

仕上げ寸法の決め方は、加工前の幅反り(矢高)の最大値が1.48mmであったので、厚さ方向では幅反りを取り除くために両面3mm(1.48mm×2≒3mm)、幅方向ではそれより小さく両面2.5mmを削り代とし、各樹種の厚さ、幅の最小値の平均からそれぞれの削り代を引いて寸法を設定した。

溝の部分の寸法を図-1に示す。溝深さは、敷居3mm、鴨居15mm、溝幅は、敷居20.5mm、鴨居21mm、中ひばた(図-1)は、敷居、鴨居とも12mmとした。試験材の木取りについては、幅方向は接線方向、厚さ方向は半径方向であり、溝加工はすべて木表面に行った。

2.3 測定方法

今回の実験の特性値は、含水率、収縮率(厚さ、幅、溝幅)、削り残し率、狂い(縦反り、曲り、ねじれ、幅反り)とした。

含水率は、全乾法により求めることとし、実験が全部終了した時点で、個々の材から含水率試片を切り取って材全体の含水率を推定した。

収縮率については、材端から10cmの位置と中央部の2箇所、厚さ、幅、溝幅をそれぞれ2点ずつ精度1/20mmのノギスで測定した。

削り残し率は、加工歩留まりの目安として測定したものであり、敷居や鴨居に仕上げてから4材面を観察し、図-1に示した幅の広い2材面(以下「AC面」とする)と幅の狭い2材面(以下「BD面」とする)とに分けて、削り残し部分の面積をそれぞれの材面積に対する比率で求めた。

狂いの測定方法は、前報¹⁾と同様である。狂いの中

表-1 供試材の概要

供試材	乾燥方法	樹種	本数 (本)	含水率 (%)	全乾 比重
A材	除湿式 温度23~36℃ 調湿なし	エゾマツ	40	19.1	0.41
		アカマツ	40	17.3	0.40
		カラマツ	40	17.6	0.61
B材	蒸気式 温度55~70℃ 調湿あり	エゾマツ	40	15.4	0.44
		アカマツ	40	16.4	0.40
		カラマツ	40	13.3	0.59

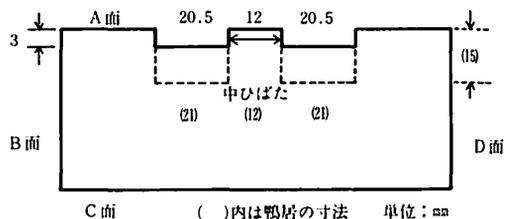


図-1 敷居、鴨居の設定寸法

で、ねじれは特に施工の段階で重要視される要素であるが、JASには具体的な数値が掲載されていない²⁾ので、表-2に示すように予め3区分(小、中、大)した基準を設けた。この評価基準は、ほぼ実用的な基準と考えられる。

敷居、鴨居加工を終えた試験材は、恒温恒湿室内(温度20℃、相対湿度65%に設定)に積み重ねて置き、加工直後、7日、14日、30日、60日後に、それぞれ重量、寸法、狂いを測定した。

3. 結果と考案

3.1 加工精度

モルダグによる鉋削加工で4材面とも削り残しがない材は、240本のうち172本であった。削り残しがない材の本数及び加工前後の寸法を表-3に示す。

加工後の寸法の平均値をみると、A材の厚さ、幅、B材の厚さ、幅ともに、どれも0.1mmの範囲内であり、

表-3 モルダグ切削後削り残しがない材の本数および加工前後の寸法

供試材 樹種	本数 (本)	厚さ(mm)			幅(mm)		
		加工前	加工後	差	加工前	加工後	差
A材	エゾ 35	43.7 (0.16) ¹⁾	40.4 (0.09)	3.3	102.6 (0.60)	98.7 (0.10)	3.9
	アカ 38	43.7 (0.15)	40.3 (0.19)	3.4	102.2 (0.50)	98.6 (0.11)	3.6
	カラ 27	43.8 (0.51)	40.4 (0.13)	3.4	102.8 (1.18)	98.7 (0.20)	4.1
B材	エゾ 22	43.4 (0.20)	39.6 (0.09)	3.8	99.9 (0.63)	96.3 (0.08)	3.6
	アカ 34	42.9 (0.15)	39.5 (0.09)	3.4	101.8 (0.38)	96.2 (0.09)	5.6
	カラ 16	42.7 (0.38)	39.5 (0.12)	3.2	99.2 (0.85)	96.2 (0.13)	3.0

1) ()内は標準偏差

表-2 ねじれの評価基準

区分	最大矢高/材幅(%)
小	0~2
中	2~5
大	5~

また、樹種毎の標準偏差も0.2mm以内と小さい。このことからモルダグ切削において乾燥区分別、樹種別による精度の差は認められないと考えられる。

つぎに、削り残しがない材を得るための延寸について検討した。加工前に測定した4点の中の最小寸法と加工後の平均寸法との差は、被削材の最小延寸に相当すると考えられ、削り残しがない材について表-4の値を得た。これより、厚さ、幅方向とも最も小さい値は2mmであった。したがって、削り残しがない材にするには、厚さ、幅の設定寸法にそれぞれ2mm以上の延寸が必要となる。

3.2 削り残し材と加工前の狂いとの関係

鉋削後に削り残しがあった材は、AC面が51本、BD面が37本であった。加工前の寸法と加工後の寸法との差が、前項で述べた最小延寸(厚さ、幅共に2mm)より小さな材は、寸法の歩切れによって削り残しが生じたものと考え、削り残し材の中からこれらを省くと、AC面は51本、BD面は27本になる。

これらの削り残し材について、削り残した部分の

表-4 削り残しがない材の最小延寸

供試材 樹種	本数 (本)	厚さ(mm)		幅(mm)	
		最小延寸 ¹⁾	最小延寸	最小延寸	最小延寸
A材	エゾ 35	2.7~3.6	2.8~4.9		
	アカ 38	2.8~4.2	2.4~4.4		
	カラ 27	2.0~4.1	2.0~5.9		
B材	エゾ 22	3.0~4.0	2.1~4.8		
	アカ 34	2.7~3.7	4.2~6.3		
	カラ 16	2.0~3.8	2.0~4.5		

1) 加工前の最小寸法から加工後の平均寸法を引いたもの

.. 1%有意

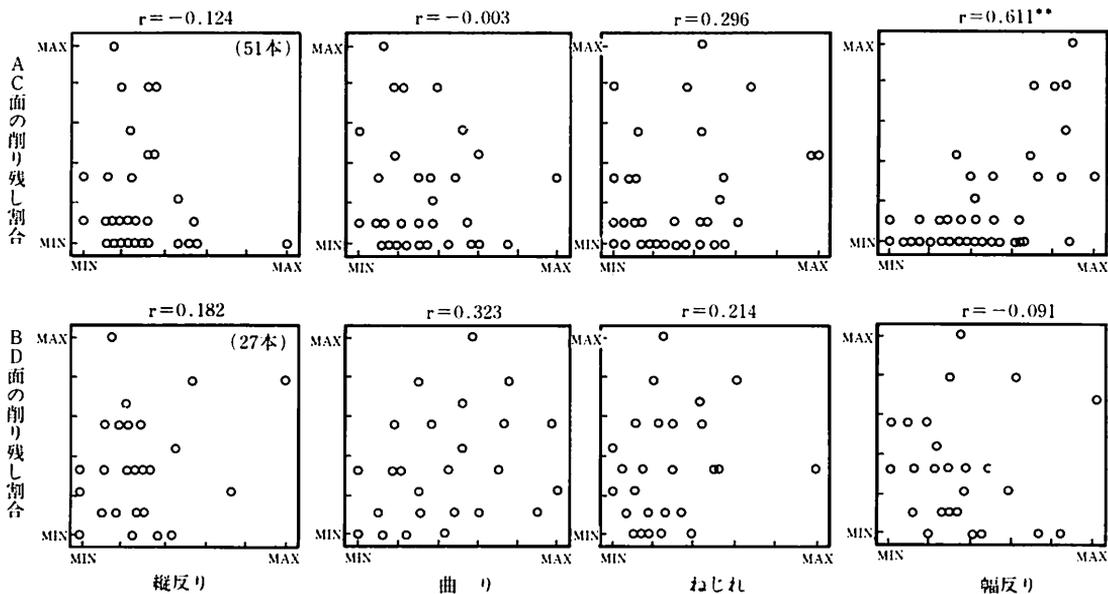


図-2 削り残しの大きさと加工前の狂いとの関係

X軸：加工前の狂い **1%有意
Y軸：加工後の狂い

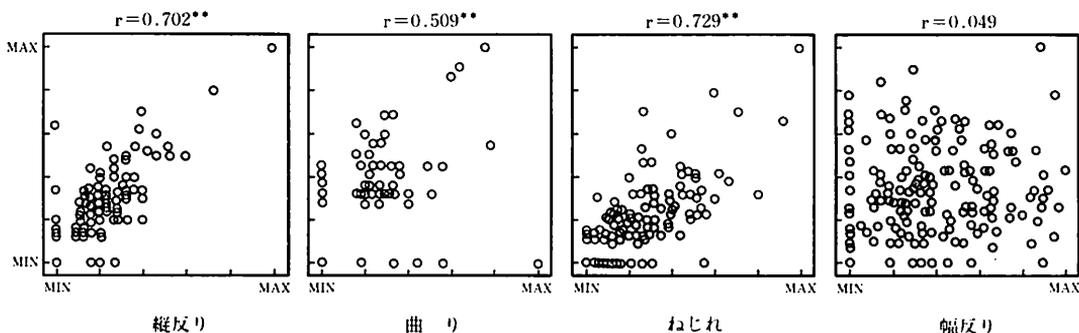


図-3 加工前の狂いと加工後の狂いとの関係

割合と、加工前の狂いの大きさとの関係を調べた結果を図-2に示す。AC面の削り残しは、幅反りとの間に1%有意で相関が認められた。なお、BD面の削り残しは材の狂いとの間に相関が認められなかった。この結果から、平割材のモルダ加工では、幅の広いAC面は幅反りの大きさが削り残しの発生に影響すると思われる。

つぎに、削り残しが少ない材(127本)について、個々の材の加工前と加工直後の狂いの大きさの関係を図-3に示す。縦反り、曲り、ねじれが高い相関関係を示し、幅反りは無相関である。これはモルダ

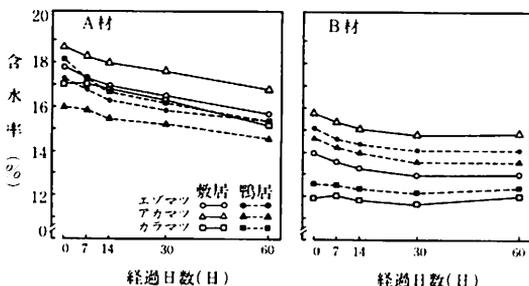


図-4 室内放置中の含水率経過

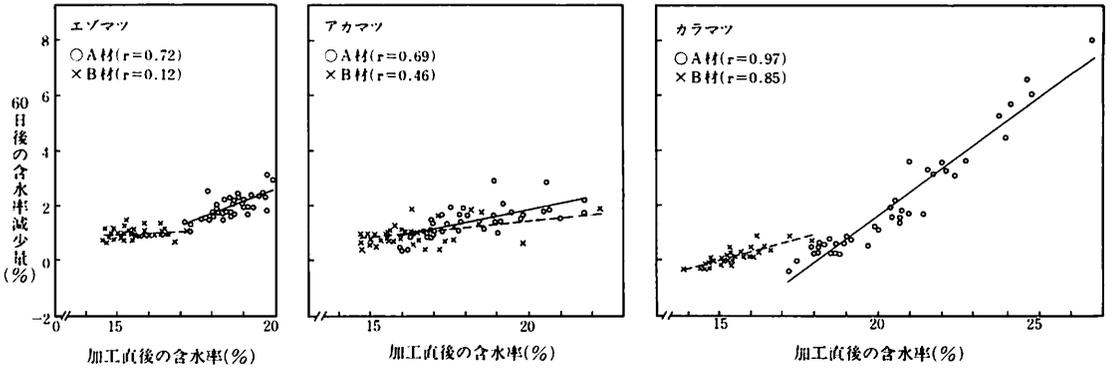


図-5 加工直後の含水率と60日後の含水率減少量との関係

加工前に縦反り、曲り、ねじれが大きな材は加工後もその傾向が残っているが、幅反りだけは加工によって取り除かれたことを示している。これは、モルダー加工の特徴とも考えられ、今後の検討課題と言える。

3.3 加工材の含水率変化

乾燥区分、樹種、部材別（敷居、鴨居）に室内に放置したさいの平均含水率の変化を図-4に示す。

ここではA材は仕上がり含水率が高いため、測定期間内には平衡状態にはいならず、一方、蒸気式で末期に調湿したB材では、30日経過以降ほぼ平衡状態となった。なお、いずれも含水率変化は樹種、部材による差は認められない。

さらに個々の試験材について、加工直後の含水率と、60日後の含水率減少量との関係を、樹種別、乾燥区分別にプロットした結果を図-5に示す。

どの樹種もA材の方がB材よりも高い相関を示しているが、カラマツの場合はB材の相関も高い。すなわち、これらの材については、当然ではあるが、放置前の含水率が高い材ほど放置期間中の含水率減少量も大きいという傾向がみられる。60日後の含水率減少量がゼロの時の含水率は平衡含水率とみなすことができ、A材、B材ともに回帰直線の相関係数が高いカラマツで、乾燥区分による平衡含水率の比較をおこなうと除湿式で乾燥したA材の方が高い。ここで、放置期間中、A材の大半が含水率が減少（放湿）しているのに対して、B材は含水率減少量がゼロ以下（吸湿）になる材が多いが、ヒステリシスによる⁴⁾可能性がある。

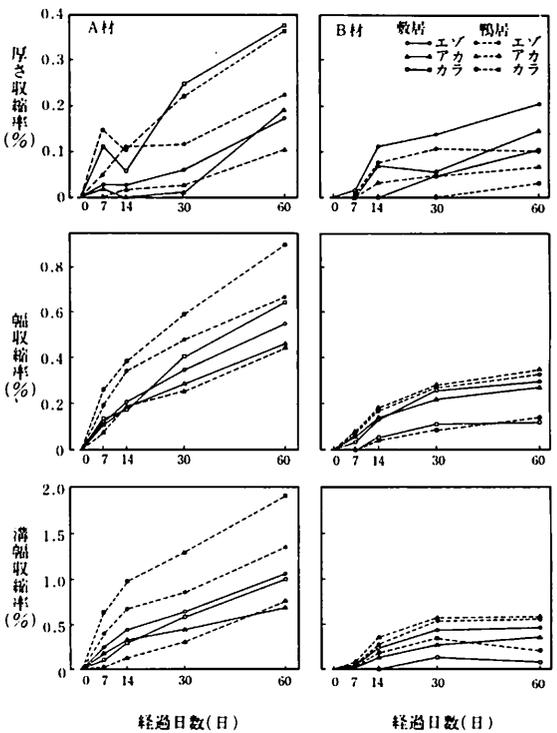


図-6 室内放置中の寸法経過

3.4 材寸法の変化

厚さ、幅、溝幅の収縮経過を図-6に示す。A材は、いずれの樹種、部材とも、各収縮率が増加しているが、B材は、A材に比べて収縮率の増加が緩やかで、樹種によっては30日以降寸法が安定しているものもある。

全供試材について、60日後の含水率減少量と60日後の厚さ、幅、溝幅の収縮率との関係を、乾燥区分別にプロットした結果を図-7に示す。どれも放置

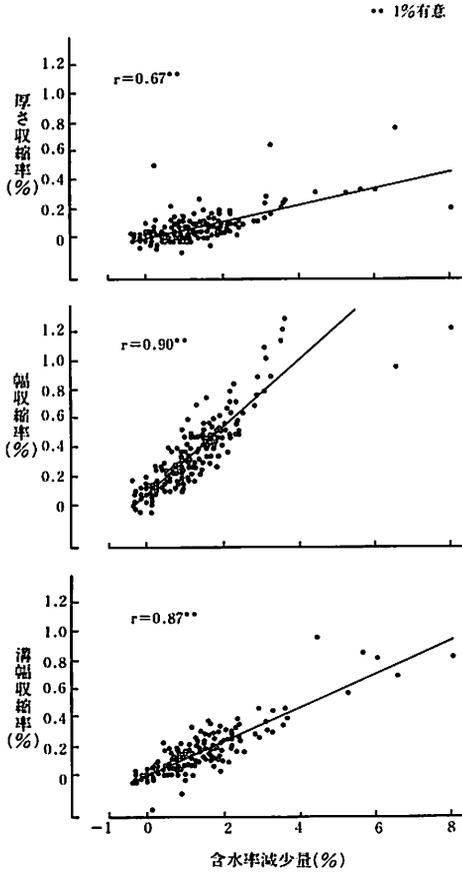


図-7 含水率減少量と収縮率との関係

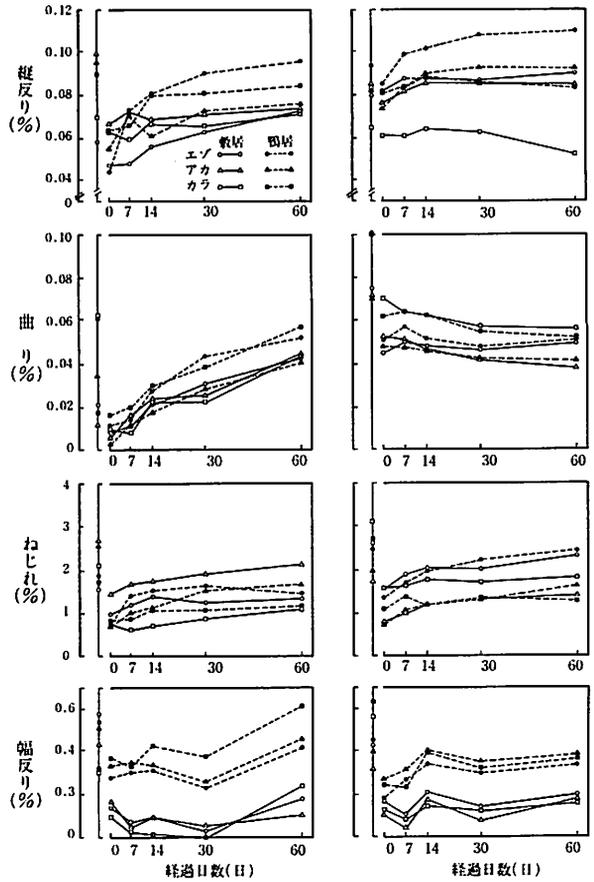


図-9 室内放置中の狂いの経過

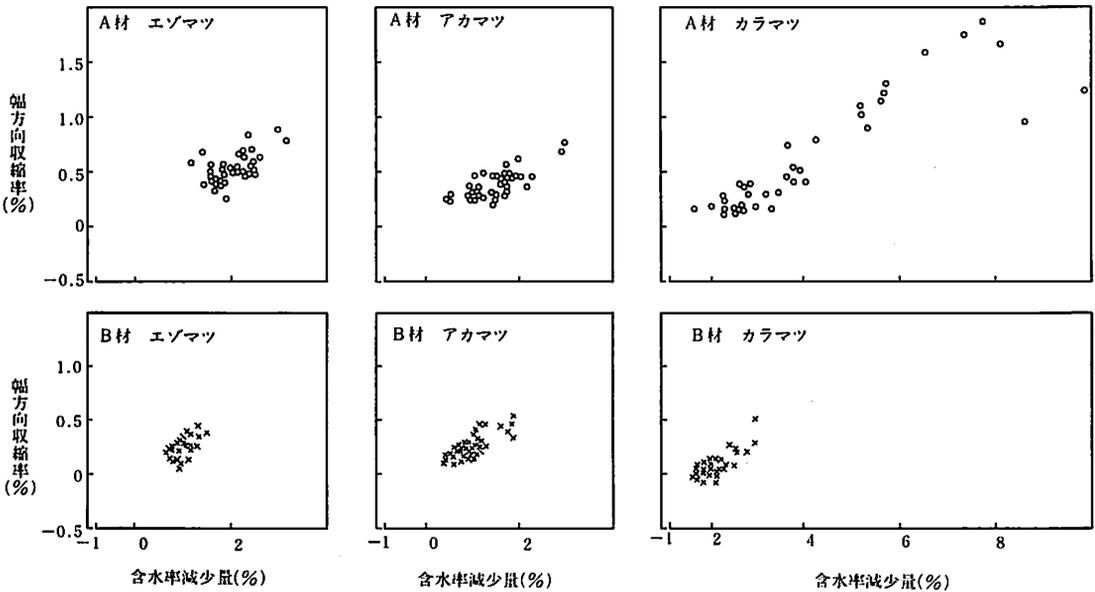


図-8 含水率減少量と幅方向収縮率の分布図

期間中の含水率減少量と収縮率の間には高い相関があり、放置期間中の含水率減少量が大きいほど収縮率が大きいという関係がみられる。

最も相関が高い幅方向（接線方向）について、樹種別、乾燥区分別に含水率減少量と収縮量の分布状況を調べた結果を図-8に示す。エゾマツとアカマツは、乾燥区分の違いによるプロットの分布に大きな差がみられない。カラマツのB材も分布範囲がエゾマツやアカマツと同程度であるが、A材はB材に比べてかなり大きい。含水率減少量は前項で述べたように、放置前の含水率との相関が高いことから、カラマツA材のように簡易な除湿式で乾燥すると、乾燥終了時の含水率にバラツキが多く、含水率の高い材が多く出現するため、使用中に含水率が大幅に減少し、収縮率が大きくなる。このため、カラマツ

は除湿式乾燥には不向きと考えられる。

3.5 狂いの変化

乾燥区分、樹種、部材別の室内放置中の狂いの変化を図-9に示す。この中で乾燥区分の違いが顕著に現れているのは曲りである。A材は加工直後の曲りはB材に比べて小さいが、時間の経過とともに増加し、60日経過時点でも平衡状態に至らない。一方B材は、加工直後の曲りはA材に比べて大きいが、放置期間中はやや漸減か横ばい状態である。

また、部材別の違いが現れているのは幅反りである。放置期間中の経過は敷居も鴨居も同様であるが、その大きさは鴨居の方が敷居よりも常に大きく、A材は2~3倍、B材は約2倍である。

加工直後と60日後との狂いの差と、含水率や寸法の60日間の差との相関をみるため、乾燥区分、部材

表-5 狂いと含水率、収縮率との関係

	A材敷居					A材鴨居				樹種別のA材鴨居			
	(BO) ¹⁾	(CR)	(TW)	(CU)		(BO)	(CR)	(TW)	(CU)	エゾ(CU)	アカ(CU)	カラ(CU)	
(T) ²⁾	-0.20	0.13	-0.05	0.04	(T)	0.01	0.07	-0.01	0.65** ³⁾	(T)	-0.25	0.22	0.75**
(W)	-0.04	0.20	0.27	0.16	(W)	0.14	0.36**	0.11	0.71**	(W)	-0.13	0.47	0.78**
(MW)	0.15	0.22	0.11	0.24	(MW)	0.18	0.33	0.13	0.85**	(MW)	0.45	0.67**	0.92**
(MC)	0.05	0.22	0.20	0.17	(MC)	0.24	0.47**	0.13	0.81**	(MC)	0.26	0.66**	0.85**

	B材敷居					B材鴨居			
	(BO)	(CR)	(TW)	(CU)		(BO)	(CR)	(TW)	(CU)
(T)	0.19	0.09	0.37**	-0.07	(T)	-0.12	-0.02	0.26	0.16
(W)	0.24	0.20	0.29	0.10	(W)	0.04	0.13	0.25	0.34**
(MW)	0.34**	0.13	0.36**	0.04	(MW)	0.05	0.11	0.15	0.47**
(MC)	0.34**	0.27	0.37**	0.15	(MC)	0.22	0.27	0.29	0.17

1) (BO), (CR), (TW), (CU)は、それぞれ放置期間中の縦反り、曲り、ねじれ、幅反りの増加量を示す

2) (T), (W), (MW), (MC)は、それぞれ放置期間中の厚さ、幅、溝幅、含水率の減少量を示す

3) ** 1%有意

表-6 縦反り、曲りによる等級区分の本数の経時変化

狂い	供試材	加工前	加工後	7日後	14日後	30日後	60日後
		特-2-外 ¹⁾	特-2-外	特-2-外	特-2-外	特-2-外	特-2-外
縦反り	A材	116-4-0	118-2-0	118-2-0	118-2-0	118-2-0	118-2-0
	B材	117-3-0	118-2-0	118-2-0	118-2-0	118-2-0	118-2-0
曲り	A材	117-3-0	120-0-0	120-0-0	120-0-0	120-0-0	120-0-0
	B材	111-9-0	119-1-0	119-1-0	119-1-0	119-1-0	119-1-0

1) 特, 2, 外は、それぞれ特等, 2等, 等外を示す

表-7 ねじれによる特級区分の本数の経時変化

供試材	加工前	加工後 特-2-外 ¹⁾	7日後 特-2-外	14日後 特-2-外	30日後 特-2-外	60日後 特-2-外
A 材	67-43-10	103-16-1	100-19-1	90-29-1	87-31-2	80-38-2
B 材	60-48-12	98-20-2	83-33-4	75-43-2	74-42-4	75-40-5

1) 特, 2, 外は, それぞれ特等, 2等, 等外を示す

別に相関係数を求めた結果を表-5に示す。縦反り, 曲り, ねじれについては, 含水率や寸法の変化との相関関係はみられないが, A材を加工した鴨居材は, 幅反りと含水率や寸法の変化との間に高い相関がみられる。前項で述べているように, 放置期間中の含水率減少量と収縮量との間に高い相関関係があることから, 含水率が減少し, 厚さ, 幅, 溝幅の収縮が大きくなるにつれて, 60日後の幅反り量が増加する傾向がB材を加工した鴨居材にみられ, 樹種ではカラマツ, アカマツにその傾向がみられた。

つぎに, これらの材について, 実用的な基準による狂いの判定を試みてみる。JASの平割材の曲りの等級区分(特等は0.2%以下)²⁾に準じて, 縦反りと曲りでみた経過日数毎の各品等の本数を乾燥区分別に表-6に示す。縦反りでみても曲りでみても, 加工後はほぼすべての材が特等材で, その本数は放置期間中も変わらず, しかも乾燥方法による差はないと考えられる。

また, ねじれは表-2で示した区分にしたがって, 同様に経過日数毎に各級の本数を調べ, 乾燥区分別に表-7に示した。ねじれによる評価についても, 乾燥区分による差はないと考えられる。

4. ま と め

建築造作用の各種ドレストランバーの中で, 切り欠きがある敷居, 鴨居材における除湿式乾燥法の適用性を調べるため, 簡易な除湿式(平均含水率18%

仕上げ)と, 通常の蒸気式(平均含水率15%仕上げ)で乾燥したシベリア産針葉樹平割材を敷居に加工し, 60日間放置した。その結果は次のとおりである。
1) モルダールによる平割材(40×100mm)の4面同時鉋削において, 幅の広い材面の削り残し量は, 両乾燥法とも加工前の幅反りの大きさが影響していた。また, 加工前の縦反り, 曲り, ねじれはモルダール加工によって小さくなるが, 完全には除去できなかった。

2) 厚さ, 幅, 溝幅の各収縮率は, 放置後(60日)の含水率減少量との相関が高いので, 乾燥後の含水率が高い材は, 放置期間中の収縮率が大きい。

3) 簡易な除湿式乾燥法によるカラマツとアカマツの鴨居材は, 含水率が減少して厚さ, 幅, 溝幅の収縮が大きくなるほど幅反りが大きくなる傾向がみられた。

4) 実用的な判定を基準にすると, 縦反りと曲りによる判定はほぼ全数に近い本数が特等材(JASに準拠)であり, 放置中もその本数は変化しない。

また, ねじれによる判定も乾燥区分による差はないと考えられる。

5) 簡易な除湿式乾燥法(温度30~40℃, 仕上がり含水率18%程度)を敷居, 鴨居加工の工程に組み込む場合には, カラマツのように乾燥後の含水率のバラツキが大きい材には不適であるなど, 適用可能な樹種が制限されることが明らかとなった。

文 献

1) 武田和正, 島崎鶴雄, 吉田直隆: シベリア産針葉樹材によるドレストランバー製造試験(第3報), 木材と技術, No70, 8~12(1987)
2) 全国木材組合連合会: "製材等の日本農林規格並びに解説", 7~9(1981)

3) 島崎鶴雄, 吉田直隆: シベリア産針葉樹材によるドレストランバー製造試験(第1報), 木材と技術, No25, 1~5(1976)
4) 寺沢 真, 筒本卓造: "木材の人工乾燥", 日本木材加工技術協会(1986)