

カラマツ間伐材の乾燥に関する研究 (第2報)

- 板, 正角の狂い防止 -

大山 幸夫* 河原田 洋三**
 米田 昌世* 橋本 博和*
 千葉 宗昭*

1. まえがき

第1報¹⁾において, 狂いのないカラマツ心持正割の乾燥材をうるため, 丸太のまま人工乾燥してから挽材する方法について検討した結果, 平均ねじれ角は製材後乾燥の13~17度に対し1~2度とねじれの少ない乾燥材を得ることができた。しかし, 乾燥丸太の表面割れが心持正割にも多数到達し, また丸太乾燥は背板, 鋸屑になる部分も人工乾燥されるので, 乾燥経費の面で不利になると考えられる。

本試験は, コア材としての板と化粧ばり造作用柱の中芯材を目的とした心持正角を用い, とくに圧縮乾燥による狂いの抑制効果に重点をおいて比較検討した。

2. 試験方法

供試木は上川郡美瑛町有林における樹令13~17年の造林地において, 昭和46年5月中旬に間伐した丸太の番玉から末口径7~17cm, 材長3cmの比較的通直なものを選別した。丸太は剥皮してから第1表, 第2表に示す最大矢高と繊維傾斜を測定後, 両木口から厚さ2~3cmの円盤を採り径級, 年輪数, 心材率, 偏心率, 比重を測定した。第3表に示す各試験条件別に

片耳付心持板, 心去板あるいは10.5cmの心持正角を製材した。供試材は寸法, ねじれ角, 弓そり, 幅そり, まがり, 割れを測定した後各条件ごとに積積みして, ただちに人工乾燥したが, 心去板の一部は3日間

第1表 供試木

測定項目	板木取用		正角木取用	
	平均	範囲	平均	範囲
樹令(年)	14.8	13~17	15.7	14~17
末口径(cm)	11.1	9~14	14.6	13~17
元口径(cm)	13.8	10~19	21.2	18~25
最大矢高(cm)	56	35~90	71	48~95
心材率(%)	39	21~64	37	36~64
偏心率(%)	139	100~261	152	104~200
繊維傾斜度(%)	4.5	0~11.2	4.8	1.0~14.2
供試木本数	140		27	

第2表 供試木の比重

比重	辺材		心材	
	平均	範囲	平均	範囲
気乾比重	0.47	0.37~0.53	0.52	0.40~0.62
全乾比重	0.41	0.32~0.47	0.46	0.35~0.52

乾燥室内(20~30℃)に放置してから人工乾燥をおこなった。試験材は両木口に銀ニスを塗付して積材間に設定し, 含水率経過, 収縮率, 水分傾斜, 歪量の測定をおこなった。

人工乾燥は蒸気式IF型乾燥室により, 第4表に示

第3表 乾燥条件と供試材枚数

材種	初期含水率(%)	圧縮 (kg/cm ²)	乾燥操作	圧解日	縮除数	調湿後乙炭固(度)	供試木本数	供試材枚数		仕上り含水率(%)	記号		
								心持	心去				
板	69	0.1	A	7	7	6.0	20	20	45	10	HCA		
			B						46			HCB	
	25	0.1	A	7	7	6.0	20	20	43	11	LCA		
			B						43			LCB	
		10.0	A	7	7	6.0	20	20	44	11	LPA		
			B						44			LPB	
C	7	7	6.0	20	20	20	45	11	LPC				
心持正角	36	0.1	B	7	7	—	7	7	—	13	HCB		
			B						10			13	HPB
			B						10				
	7.9		7	2.4	10	10	—						

(HPB): 生材の矯正圧縮乾燥

第4表 乾燥操作

含水率 (%)	スケジュール A		スケジュール B		スケジュール C	
	温度 (°C)	温度差 (°C)	温度 (°C)	温度差 (°C)	温度 (°C)	温度差 (°C)
生~40	60	5	80	5	110	10
40~30	60	10	80	10	110	10
30~25	70	15	90	15	110	10
25~20	70	20	90	20	110	10
20~15	80	25~30	100	25~30	110	10
15~10	80	30	100	30	110	10
調湿	80	5	80~90	5	—	—

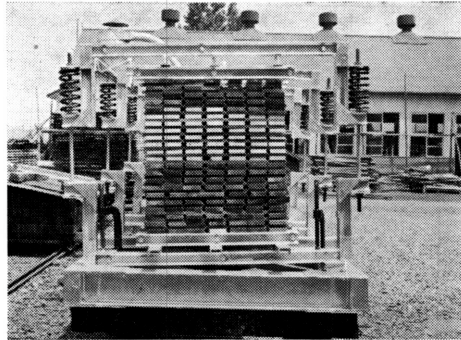


写真1 矯正圧縮治具

す乾燥操作を目標として連続運転をおこなった。

乾燥による狂いを抑制するため、従来の平面圧縮乾燥と写真1に示す治具を用いて狂いの矯正処理をおこなった。後者は乾燥積材に発生した狂い方向に対し逆方向の変位を与えながら乾燥材の調湿処理をおこない、圧縮を解くことによりはねもどって平面位置に安定させる方法である。今回の矯正量は、各条件の乾燥後の板積材を水平位置から6度Z旋回すると同時に弓そり方向と逆方向に10mmまげながらふたたび調湿処理(80, 5差)を4時間おこなった。なお心持正角は生材を2.4度Z旋回しながら圧縮乾燥した。

乾燥後の各供試材の吸、脱湿過程における狂いの変動をみるため、(20, 65%RH)に30日間放置後、(20, 85%RH)に30日間放置し、再びの環境に30日間放置して各過程における含水率および狂いを測定した。

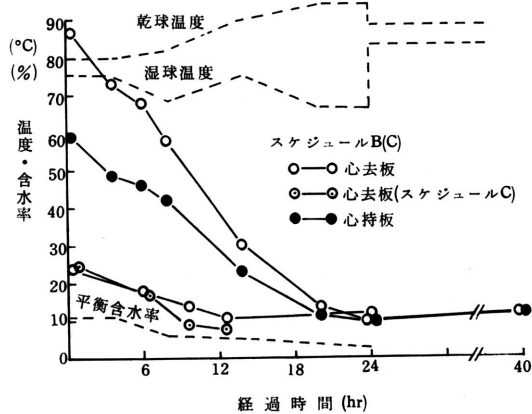
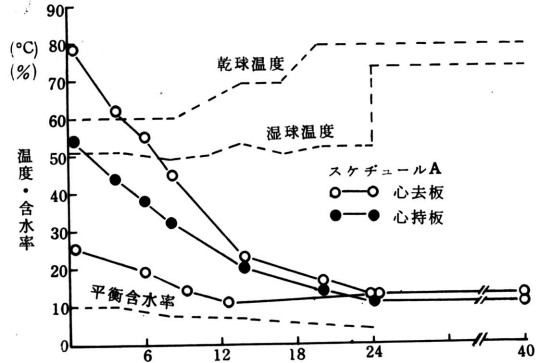
なお、心去板の約1/2は平均分子量1000のポリエチレングリコール(以下、PEGと略す)10%水溶液に約1分間浸漬処理した(平均付着量166g/m²)。

3. 試験結果

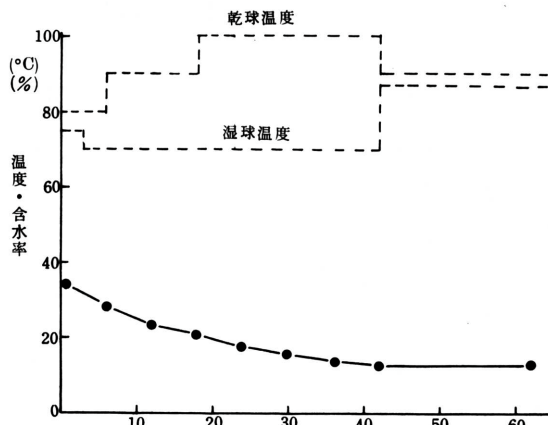
3.1 含水率経過

第1図は各スケジュールによる板の含水率経過、第2図は心持正角の含水率経過を示した。生材では心去

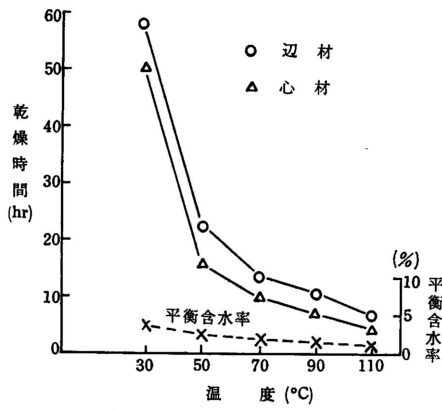
板は高含水率の辺材を多く含むため初期含水率が高く、辺材の少ない心持板は低い、仕上り含水率10%附近に達すると、同じ経過時間における含水率の差が少なくなる。板材の乾燥速度に対する温度の影響が明瞭に認められなかったため、小型乾燥機を用いて追試験をおこない第3図に示す結果を得た。乾燥温度50~60に変曲点が認められる。この追試験における乾



第1図 板材の含水率経過



第2図 心持正角の含水率経過



第3図 板材の温度と乾燥時間

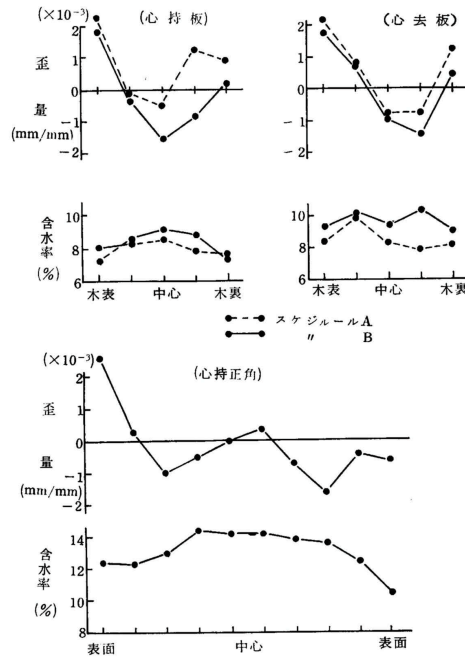
乾燥時間は本試験の約1/2で仕上り、割れなどの損傷が認められなかった。これは低湿(70, 20~28差, 90, 27~50差)の影響が大きいと思われるので、さらに低湿スケジュールについて検討する必要がある。一方、心持正角は心材が多いので初期含水率が34%と低く、仕上り含水率13%までに要した時間は42時間である。これは初期含水率の高いエゾマツ、トドマツ正角の乾燥速度²⁾よりもかなり速いようである。

3.2 収縮率

板、心持正角の側端と中央部の収縮率を第5表に示した。辺材部の収縮率は心材部よりも大きいので心持板の端(辺材部)の厚さ収縮率と辺材の多い心去板の幅収縮率は大きい。心持正角は中央部よりも端の方がやや大きな値を示している。

3.3 水分傾斜と歪量

第4図に板材と心持正角の水分傾斜と歪量を示した。板の水分傾斜は心持正角よりも少ないが、歪量は両材種とも比較的大きく、調湿処理を10~20時間おこ



第4図 水分傾斜と歪量

なってもなお $1\sim 2 \times 10^{-3}$ mm/mmの残留歪量を示している。この残留歪量が加工時に与える影響をみるため、乾燥後の板材を幅24mmに挽き割ってまがりを測定した結果、5~60mm/材長2.9mに達するので、さらに調湿処理条件を検討する必要がある。

3.4 割れ

両材種の木口割れと表面割れの本数、長さ、幅を第6表に示した。板材の割れは全条件とも少なく、とくに表面割れに関しては大部分が無欠点材である。板材の条件別の比較では、心持板に多く発生し、PEG処理による効果が認められる。心持正角は各条件とも表面割れの発生が非常に多いので、今後、乾燥スケジュール、圧縮方法、薬剤処理などについて追求する必要がある。

3.5 ねじれ

各試験条件による両材種のねじれ角を第7表に示した。乾燥前の板の平均ねじれ角は1度以下と小さく、旋回方向は一定しないが、人工乾燥によってほとんどS旋回して3~10度のねじれ角を示し、ばらつきが大きくなる。心持板のねじれ角は心去板よりも大きく、

第5表 収縮率

材種	乾燥操作	初期含水率(%)	仕上り含水率(%)	木取り	厚さ収縮率(%)		幅収縮率(%)
					端	中央	
板	A	77.6	10.2	T	—	2.2	4.0
		54.0	9.6	R	4.6	2.9	3.0
	B	85.8	10.3	T	—	2.5	4.7
		57.9	10.2	R	6.0	2.8	3.2
正角	A	25.4	11.6	T	—	2.1	5.0
		—	—	R	4.8	3.3	2.6
	B	23.9	11.0	T	—	2.0	4.8
		—	—	R	4.3	3.4	3.0
B	33.5	13.0	R	1.8	1.4	—	

注：T 心去材, R 心持板(角)

第6表 割れ

材種	乾燥条件	木取り	木口割れ			表面割れ			無欠点材 枚数比率 (%)
			本数	長さ (mm)	幅 (mm)	本数	長さ (mm)	幅 (mm)	
板	HCA	R	1.4	35	0.38	0.5	24	0.42	80
		T	0.8	15	0.24	0.3	17	0.30	90
		(T)	0.2	6	0.28	0.0	3	0.50	96
	HCB	R	1.4	32	0.34	0.4	20	0.33	85
		T	0.9	21	0.22	0.1	15	0.70	90
		(T)	0.3	7	0.20	0.2	10	0.20	92
	LCA	R	3.4	76	0.28	1.2	73	0.29	65
		T	1.4	30	0.24	0.2	12	0.35	86
		(T)	3.7	91	0.85	0	0	0	100
	LCB	R	2.3	53	0.29	0.4	26	0.40	76
		T	2.0	44	0.20	0.1	4	0.50	90
		(T)	1.0	29	0.35	0	0	0	100
	LPA	R	4.0	94	0.41	0.6	36	0.30	63
		T	3.8	104	0.48	0.4	35	0.41	88
		(T)	2.0	55	0.56	0.1	5	0.20	100
	LPB	R	3.0	63	0.40	0.8	46	0.32	76
		T	3.2	64	0.31	0.4	18	0.26	79
		(T)	3.0	78	0.40	0.1	3	0.20	86
LPC	R	3.6	79	0.29	0.4	32	0.31	78	
	T	2.6	53	0.30	0.7	51	0.23	60	
	(T)	2.5	45	0.21	0.6	69	0.17	58	
正角	HCB	R	2.3	243	1.02	6.4	1426	1.40	0
	HPB	R	4.3	212	0.61	8.8	1509	0.91	0
	(HPB)	R	3.8	237	0.86	8.8	1115	0.80	0

注：本数：材種1本(枚)当り、長さ：割れ1本当り、幅：0.4mm以下は0.2mmとした。R：心持板(角)、T：心去板、(T)：心去板のPEG処理、記号：第3表参照

平面圧縮乾燥材は、乾燥終了後に圧縮を解くと、普通乾燥のねじれ角附近まではねもどるが、この乾燥板材に前述の矯正圧縮処理をおこなうと著しい矯正効果が認められる。しかし、心去板のS旋回枚数比率が21~25%であることはZ旋回した板材が75~79%生じており、今回の矯正量のZ旋回6度はやや大き過ぎたので、さらに最適矯正量について追求する予定である。一方、心持正角の乾燥による平均ねじれ角は7度で心持板と同程度を示すが、平面圧縮乾燥はその約1/3のねじれ角に抑制し、板よりもはねもどりが少ない。矯正乾燥はほとんどねじれを抑制し、S旋回本数比率が50%であったことから、実験条件は最適矯正条件に近いものであったと考えられる。

3.6 弓そり

第8表に板の各試験条件による弓そり量を示した。乾燥前の弓そり方向は木表が凹になり、乾燥後は凸の形に変動する傾向がある。乾燥前に平均4~9mmの弓そりを生じ、乾燥後は逆方向に平均11~18mmの弓そり量を示す。高含水率材を高温で乾燥すると弓そり量が增大する。今回の矯正圧縮処理による弓そりの矯正効果は認められるが、まだ木表凸枚数比率が50%よりも多いので、さらに矯正量の10mmを増加してゆき最適矯正量を追求する予定である。

3.7 まがり

第9表、第10表に板と心持正角のまがり量を示し

第7表 ねじれ角(度)

材種	乾燥条件	木取り	乾燥前		乾燥後		乾燥後矯正	
			平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲
板	HCA	R	0.6	0.0~1.5	7.3	0.2~12.5	1.3	0.1~5.5
		T	0.5	0.1~1.3	6.3	1.0~12.3	1.4	0.1~3.2
		(T)	0.8	0.0~1.7	4.6	0.4~11.2	1.2	0.3~4.8
	HCB	R	0.6	0.1~1.6	8.7	3.6~17.0	1.4	0.1~3.4
		T	0.6	0.0~1.3	6.0	1.2~12.3	2.0	0.5~4.3
		(T)	0.6	0.1~1.3	5.7	0.4~18.2	2.0	0.1~4.0
	LCA	R	0.8	0.0~1.8	8.5	2.1~12.8	1.7	0.1~4.8
		T	0.9	0.0~2.2	4.2	0.2~9.4	2.3	0.6~5.4
		(T)	0.9	0.1~2.4	3.0	0.6~6.6	3.0	1.6~4.7
	LCB	R	0.8	0.1~3.4	7.1	2.5~14.7	2.1	0.3~7.4
		T	0.8	0.0~2.0	4.2	1.0~9.5	2.0	0.2~5.0
		(T)	1.1	0.1~2.9	4.7	1.0~8.4	2.0	0.3~4.5
	LPA	R	0.6	0.1~1.8	10.4	6.3~14.2	2.0	0.0~6.6
		T	0.7	0.0~2.3	5.5	0.0~10.5	1.5	0.3~4.2
		(T)	0.8	0.1~2.0	4.5	1.4~10.4	1.9	0.2~4.8
	LPB	R	0.7	0.1~2.0	4.7	1.7~9.7	1.5	0.2~4.0
		T	0.7	0.1~2.8	2.5	0.3~4.6	2.0	0.2~5.0
		(T)	1.0	0.1~2.7	3.2	0.8~9.4	1.8	0.3~4.0
LPC	R	0.7	0.0~2.0	7.6	4.5~12.5	1.3	0.1~5.6	
	T	0.8	0.1~2.3	4.0	0.8~9.8	2.4	0.6~4.1	
	(T)	1.0	0.1~4.5	4.8	1.2~8.7	1.5	0.3~3.4	
S旋回 枚数比率 (%)	R	50		99		53		
	T	37		96		25		
	(T)	40		98		21		
心持 正角	HCB	R	0.4	0.1~0.5	7.0	4.4~9.8	—	—
	HPB	R	0.3	0.0~0.4	2.4	0.9~4.1	—	—
	(HPB)	R	0.3	0.0~0.5	0.9	0.2~2.0	—	—
S旋回本数比率 (%)		11		100 (矯正50)		—		

注：記号は第3表、第6表参照、材長2.9m

第8表 板材の弓そり(mm)

乾燥条件	木取り	乾燥前		乾燥後		乾燥後矯正	
		平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲
HCA	R	6.2	1.0~15.5	11.3	1.0~19.0	5.3	1.5~10.5
	T	4.0	0.0~10.0	10.8	0.0~33.0	4.8	1.0~11.0
	(T)	5.9	0.0~23.5	11.2	1.0~26.0	6.4	1.0~19.5
HCB	R	4.8	0.0~19.0	17.9	6.0~34.5	9.2	1.5~19.0
	T	5.5	1.5~16.0	15.8	3.5~36.0	7.3	1.5~18.5
	(T)	4.9	1.0~15.5	15.1	5.0~24.0	7.0	1.5~14.5
LCA	R	3.6	0.0~16.0	8.8	2.0~17.5	8.8	3.5~15.5
	T	5.2	1.0~13.0	10.1	4.0~17.5	8.2	3.0~15.0
	(T)	8.6	0.0~19.0	9.5	5.5~14.0	8.0	1.0~12.0
LCB	R	4.4	0.0~11.5	10.7	2.0~16.0	8.3	3.0~16.0
	T	5.9	0.0~13.5	9.8	2.0~19.0	6.6	1.0~11.5
	(T)	5.7	0.0~13.0	9.0	1.0~17.0	4.0	2.0~8.0
LPA	R	2.8	0.0~10.5	8.0	0.5~14.5	6.2	1.5~15.5
	T	7.0	0.5~13.0	6.7	1.5~16.0	6.1	1.0~12.5
	(T)	4.8	0.5~12.5	9.5	3.5~17.0	6.8	1.0~16.5
LPB	R	3.7	0.0~10.0	7.1	0.0~24.0	4.9	1.0~11.5
	T	5.6	0.5~17.0	8.7	0.0~16.0	7.0	1.0~13.5
	(T)	4.8	0.0~12.0	7.6	0.0~20.2	9.0	1.5~16.5
LPC	R	7.4	0.0~17.0	9.3	0.0~20.0	6.3	1.5~16.0
	T	9.3	1.0~17.0	5.1	1.0~9.5	4.8	1.5~8.0
	(T)	7.3	0.0~16.5	8.3	2.0~24.0	7.9	1.5~20.5
木表凸 枚数比率 (%)	R	24		75		65	
	T	19		90		82	
	(T)	13		87		90	

注：記号は第3表，第6表参照，材長2.9m

た。普通乾燥による板材のまがり
はばらつきが大きいので，木取り
または乾燥スケジュール間に有意
差は認められないが，PEG処理に
よって抑制される傾向がある。両
材種のまがりは平面圧縮乾燥によ
って著しく減少するが，正角の矯
正(ねじれ)圧縮乾燥によるまが
りは平面圧縮乾燥よりも大きい傾
向を示すので，ねじれと同時にま
がりを矯正することが望ましい。

3.8 幅そり

第11表に板幅10cm当りの幅そ
り(カップ)を示した。心去板は
心持板よりも大きく、ほとんど木
表が凹形になる。乾燥のスケジ
ュールによる影響，平面圧縮乾燥，
PEG処理による抑制効果は少な
い。

第9表 板材のまがり(mm)

乾燥条件	木取り	乾燥後	
		平均	範囲
HCA	R	12.0	0.0~37.0
	T	11.9	1.0~69.0
	(T)	7.9	0.0~41.0
HCB	R	13.3	0.0~38.0
	T	15.4	0.3~46.0
	(T)	5.3	0.0~18.0
LCA	R	8.5	1.0~21.0
	T	7.3	1.0~22.0
	(T)	4.5	0.0~8.5
LCB	R	8.7	0.0~41.5
	T	10.4	0.0~37.5
	(T)	7.6	1.5~55.0
LPA	R	2.5	0.0~5.5
	T	2.2	0.0~7.0
	(T)	2.6	0.0~9.5
LPB	R	5.0	0.0~25.0
	T	1.7	0.0~5.0
	(T)	3.7	0.0~8.5
LPC	R	4.6	0.0~11.0
	T	3.2	0.0~6.0
	(T)	4.0	0.0~15.5
幅挽面 凸枚数 比率(%)	R	80	
	T	69	
	(T)	74	

注：記号は第3表，第6表参照，材長2.9m

第11表 幅そり(mm)

乾燥条件	木取り	平均板幅	幅そり	
			平均	範囲
HCA	R	97	1.26	0.45~2.78
	T	94	1.58	0.41~3.27
	(T)	87	2.33	0.92~4.30
HCB	R	95	1.32	0.19~2.69
	T	88	2.05	0.61~5.54
	(T)	79	2.45	0.91~4.20
LCA	R	80	1.41	0.34~2.50
	T	75	2.21	0.62~3.91
	(T)	61	2.89	1.56~5.62
LCB	R	83	1.44	0.36~3.37
	T	77	2.17	0.94~3.51
	(T)	67	2.82	1.06~3.75
LPA	R	88	1.13	0.34~4.32
	T	74	1.69	0.70~3.09
	(T)	78	1.66	0.37~3.75
LPB	R	84	1.04	0.0~2.78
	T	71	2.22	0.76~3.70
	(T)	78	1.81	0.75~3.60
LPC	R	81	1.54	0.26~3.23
	T	67	2.46	0.32~3.80
	(T)	75	2.09	0.38~4.77

注：幅そり，(最大矢高/(板幅)²)×10⁴

第10表 心持正角のまがり(mm)

乾燥条件	乾燥前		乾燥後	
	平均	範囲	平均	範囲
HCB	1.4	0.0~2.5	13.9	7.0~26.0
HPB	1.2	0.0~2.5	4.5	1.0~10.0
(HPB)	1.6	0.5~3.0	8.6	1.0~15.5

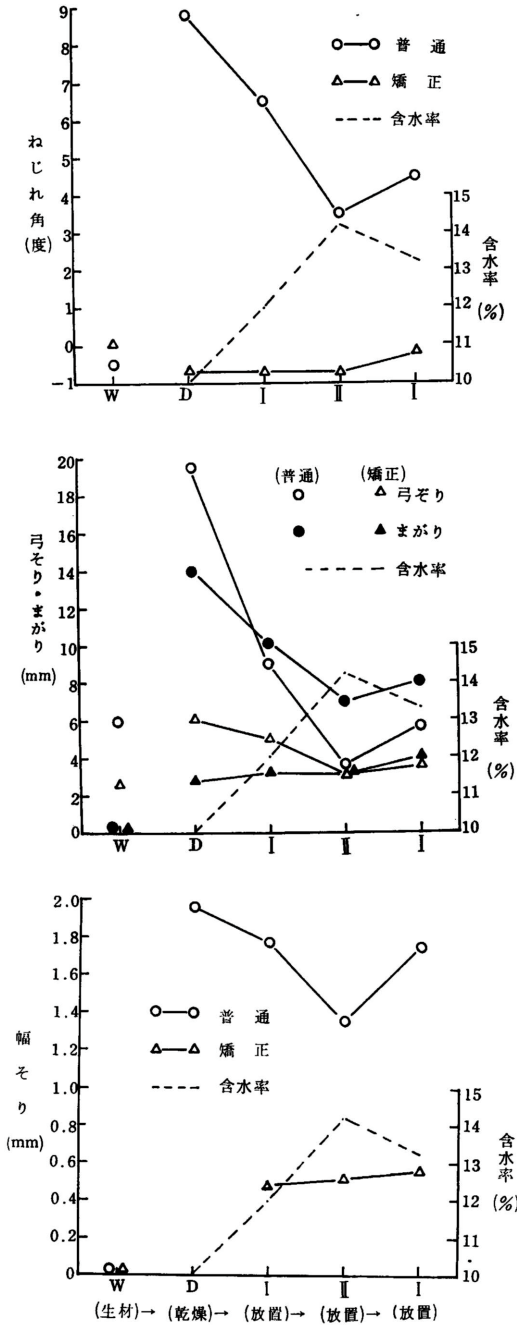
乾燥前と同方向まがり本数比率(%)

63

注：まがりは二方向の最大矢高 材長2.9m

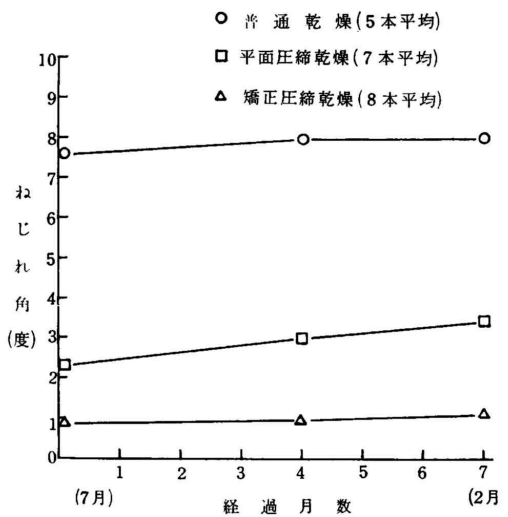
3.9 乾燥材の環境による狂いの変動

第5図は乾燥板材を前述の温湿度条件に放置したと
きの含水率と狂いの変動を示し，第6図は乾燥後の心
持正角を7カ月間室内に放置したときのねじれの変動
を示した。板材は狂いの大きい普通乾燥材の変動が大



第5図 乾燥板材の環境による狂いの変動(平均12枚)

大きく、狂いの少ない矯正圧縮乾燥材が極めて安定している。心持正角は湿度変化の少ない室内に放置した場合、各条件ともねじれの変動が小さい。



第6図 心持正角の室内放置によるねじれの変動

4. むすび

厚さ20mm程度のカラマツ板材の人工乾燥は、70以上の温度になると乾燥速度の差がちぢまり、むしろ狂いが大きくなるので、低温低湿スケジュールによるかまたは天然乾燥を併用した方が損傷、乾燥経費の面で有利であると考えられる。カラマツ心持正角の乾燥温度は80~100の1条件としたが、別途³⁾におこなった心持正割の試験結果からみて、温度による乾燥速度の影響は板材よりも大きいと思われる。

カラマツ板材の乾燥によるねじれ方向は、心持正角と同様にほとんど左旋回するので、生材の矯正圧縮乾燥でねじれを抑制することが可能である。ねじれを矯正した正角のまがりは、平面圧縮乾燥に比較して増加する傾向があるので、ねじれとまがりを同時に矯正しなければならぬが、乾燥によるまがりの方向性は一定しない。したがって、乾燥後にまがり方向を揃えて矯正圧縮処理をおこなうことになるが、積み替えの経費が高むので今後材質とまがりの方向性、ねじれとまがりの相関性、まがりの立体的矯正方法などについて追求する必要がある。

なお、本試験の遂行にあたり菅野新六技師はじめ乾燥科の諸氏の協力を得た。

文献

- 1) 大山幸夫, 河原田洋三, 米田昌世, 千葉宗昭: 北林産誌月報 または木材の研究と普及, 6月号, 7月号(1971)
- 2) 同上, 3月号(1972)
- 3) 大山幸夫, 河原田洋三, 米田昌世: 第22回日本木材学会大会 研究発表要旨(1972)

木材部 *乾燥科
**加工科
(原稿受理 47.8.12)