

# カラマツ間伐材の乾燥に関する研究 (3)

- とくに圧縮乾燥の適正条件について (2) -

大山幸夫 奈良直哉  
米田昌世 橋本博和  
千葉宗昭

前報<sup>4)</sup>には、基礎試験および実大材の旋回・曲げ圧縮乾燥試験による含水率経過、収縮率、水分傾斜、歪量などの各乾燥特性について報告した。本号では、材種別の割れ、狂いの損傷、圧縮乾燥の適正条件ならびに乾燥材の矯正処理などについて報告する。

## 2.2.4 乾燥による狂い

乾燥による狂いを一括して第3表に示した。また、平面圧縮乾燥の狂いをもとに決定した旋回・曲げ圧縮の条件を第4表に示した。

(1) ねじれ

第3表 乾燥による狂い

材種	玉番	圧縮条件	本数 (枚)	ねじれ (度)		まがり (mm)			
				平均 <sup>1)</sup>	範囲 <sup>2)</sup>	1面		2面	
						平均 <sup>1)</sup>	範囲 <sup>2)</sup>	平均 <sup>1)</sup>	範囲 <sup>2)</sup>
正角	I	重 錘	20	7.5	2.2~13.6	9.0	-13.5~18.5	12.8	-17.0~38.0
	I	平 面	20	2.5	0.4~5.8	6.9	-6.5~13.5	5.4	-13.0~8.5
	I	旋回・曲げ A	20	1.8	-0.3~4.5	4.7	-13.5~13.0	9.2	-7.5~20.5
	I	" B	20	2.0	-0.2~5.6	10.7	-24.0~5.0	10.2	-7.5~20.0
平割	I	重 錘	20	12.9	6.3~22.2	9.1	-18.0~23.0	14.4	-25.0~26.0
	I	平 面	20	4.2	1.7~7.0	8.7	-16.5~8.5	9.8	-16.5~9.5
	I	旋回・曲げ A	20	1.5	-2.1~4.5	15.3	-36.5~2.5	9.1	-16.5~14.5
正割	I	重 錘	20	17.2	5.6~25.3	14.5	-18.0~58.5	22.6	-17.0~60.0
	I	"	19	23.7	8.3~35.3	9.0	-20.0~15.0	13.7	16.0~37.0
	I	平 面	20	9.0	5.2~15.0	11.6	-10.0~27.0	7.8	-7.5~16.5
	I	旋回・曲げ A	20	3.3	-0.4~8.4	6.4	-16.5~7.5	9.9	-25.0~12.5
	I	" B	20	2.3	-5.1~3.2	16.3	-31.5~6.0	13.6	-25.0~22.5
板	I	重 錘	28	9.2	5.1~16.7	16.3	-18.0~57.5	13.4	-18.0~58.5
	I	"	28	12.3	-0.4~24.4	23.4	-27.5~45.0	16.4	-28.5~37.5
	I	" 3)	65	9.4	1.1~18.5	15.3	-36.0~53.0	9.5	-40.0~18.0
	I	平 面	32	5.5	-1.1~10.7	18.2	-24.0~55.0	8.1	-17.0~28.5
	I	旋回・曲げ A	35	3.7	-5.1~12.9	13.6	-18.0~57.5	8.3	-23.5~16.0
	I	" B	30	3.5	-5.7~9.1	17.1	-29.5~48.0	16.3	-27.0~29.0

注：測定長3.5m。1) 絶対値の和の平均、2) 負号(-)はZ旋回または測定材面が凹、3) 高温低湿スケジュール。

第4表 生材の旋回・曲げ圧縮条件

材種	条件	Z旋回 (度)	曲げ(1面) (mm)	幅ぞり (mm)
正角	A	2.5	10(凹)	—
	B	3.5	19(〃)	—
平割	A	4.0	12(〃)	—
	B	6.0	24(〃)	—
正割	A	9.0	16(〃)	—
	B	13.0	32(〃)	—
板	A	5.5	24(〃)	1.0(木表凸)
	B	5.5	18(〃)	1.5(〃)

材種別にねじれの大きいものからなると正割、平割、板、正角の順になる。正割、板の普通乾燥(重錘)のねじれは原木 番玉の方が 番玉よりも大きい傾向にある。すべての材種とも平面圧縮により普通乾燥の1/2~1/3に減少した。これは既報<sup>3)</sup>とほぼ同様の傾向である。さらに旋回・曲げ圧縮では全材種とも1.5~3.7度の範囲にあり、その効果が顕著に認められる。

(2) まがり (弓ぞりとまがり)

1面 (原木時のまがりが凹の面) のまがり (平割, 板については弓ぞり) は板が大きく次いで正割, 平割, 正角の順である。2面 (元口よりみて1面の右隣接面) は材種による差は明らかではない。玉番別にみると, 板は心持と心去が含まれているので明らかではないが, 心持正割では1面, 2面ともに 番玉の方が 番玉よりも大きい。これはねじれの場合とまったく逆の傾向である。

(3) 幅ぞり

心去板の幅ぞりを第5表に示した。普通乾燥 (重錘) では1.82mmとかなり大きい, 圧縮乾燥によって0.35mmまで減少した。このことは板の加工歩止りの向上に大きく関与するものと思われる。

第5表 板の幅ぞり (mm)

玉番	圧縮条件	枚数	平均 <sup>1)</sup>	範囲 <sup>2)</sup>
I	重錘	23	1.67	0.99~3.02
I	"	17	1.82	0.63~2.39
I	" <sup>3)</sup>	65	1.63	0.54~2.70
I	平面	16	1.25	0.41~1.95
I	旋・曲A	10	0.75	-0.63~1.20
I	" B	10	0.35	-0.94~0.75

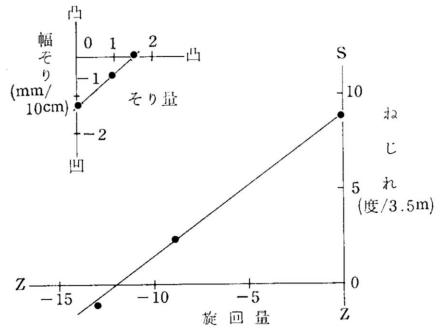
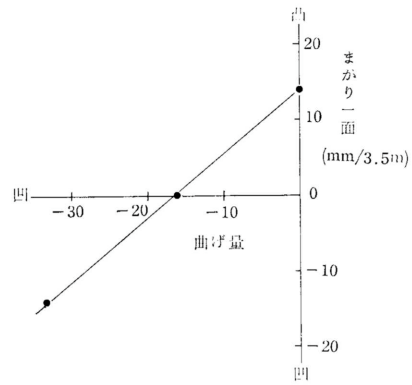
注: 板幅10cmあたりの最大矢高。

- 1) 絶対値の和の平均。
- 2) 負号(-)は木表が凸。
- 3) 高温低湿スケジュール

2.2.5 適正旋回・曲げ量の決定

旋回・曲げ量と狂いとの関係を示した。横軸は矯正量を, 縦軸は圧縮解除後の狂い (代数和の平均) を表わす。この図から, 正割については材長3.5mあたりZ旋回約13度, 1面の曲げ約17mmが適正条件と思われる。同様にして, 板の幅ぞりを抑制するには振幅10cmあたり矢高1.5mmが適当と考えられる。

他の材種について求めた結果を第6表に示した。適正旋回量と平面圧縮乾燥のねじれ (第3表参照) との比をとると, 正角については $5/2.5=2.0$ , 平割は $5/4.2=1.2$ , 正割, 板はそれぞれ1.4, 1.6となった。したがって実用的には, 平面圧縮乾燥のねじれの約1.5倍の量をあらかじめ逆方向に旋回 (Z旋回) することによってねじれの少ない乾燥材を得ることができる。



第8図 旋回・曲げ量と狂い—正割と板—

第6表 生材の適正旋回・曲げ量

材種	Z旋回 (度)	曲げ(1面) (mm)	幅ぞり (mm)
正角	5	7	—
平割	5	6	—
正割	13	17	—
板	9	23	1.5

なお, 2面のまがりは2.2.4, (2)の項で述べたようにその方向が一定していないので適正条件を求めることは困難である。

2.2.6 乾燥による割れ

乾燥による割れを第7表に示した。材種別に材面割れをみると, 板は89~100%が無欠点材であるのに対し, 正割と平割は20~75%に減り, 正角は0%となりすべての供試材に割れが生じた。普通乾燥 (重錘) の場合を例にとると, 材1本あたり平均して木口には長さ259mm, 最大幅2.3mmの割れが1.4本発生し, 材面には長さ208mm, 最大幅1.4mmの割れが14.1本入っている。

板は割れが少ないこともあって玉番による差はほとんどない。

第7表 乾燥による割れ

材種	玉番	圧縮条件	本数(枚)	木口割れ				材面割れ				無欠点材	
				本数	長さ(mm)	幅(mm)	発材生面	本数	長さ(mm)	幅(mm)	発材生面	木口(%)	材面(%)
正角	I	重錘	14	1.4	259	2.3	1.2	14.1	208	1.4	2.6	7	0
	I	平面	14	1.7	119	1.4	1.6	15.6	148	0.9	2.9	7	0
	I	旋A	14	2.5	144	1.3	1.8	17.5	144	0.8	2.9	14	0
	I	旋B	14	1.7	99	0.6	1.5	16.6	117	0.6	3.1	7	0
平割	I	重錘	14	1.5	48	0.6	1.3	4.3	79	0.3	1.5	43	21
	I	平面	14	1.5	36	0.2	1.5	2.3	79	0.7	1.0	72	50
	I	旋A	14	1.0	33	0.2	1.0	3.5	122	0.7	1.5	71	43
	I	旋B	14	1.7	29	0.4	1.7	5.0	105	0.5	1.3	79	71
正割	I	重錘	20	1.4	32	0.4	1.4	2.8	107	0.8	1.4	75	75
	I	旋A	19	1.5	36	0.5	1.4	6.2	66	0.4	1.2	16	21
	I	平面	17	1.3	38	0.3	1.3	3.1	130	0.5	1.6	35	47
	I	旋A	20	1.2	29	0.4	1.2	3.8	82	0.7	1.7	45	25
	I	旋B	20	1.2	23	0.4	1.3	5.6	102	0.8	1.8	35	20
板	I	重錘	28	1.5	21	0.4	1.3	3.0	66	0.4	1.0	86	96
	I	旋A	28	1.3	25	0.2	1.3	1.7	38	0.3	1.0	82	89
	I	旋B	65	2.6	29	0.4	1.6	2.0	44	0.2	1.0	91	98
	I	平面	32	1.8	22	0.4	1.7	2.0	34	0.4	1.0	59	97
	I	旋A	35	1.8	31	0.2	1.5	1.0	39	0.2	1.0	88	91
	I	旋B	30	1.0	36	0.4	1.0	0	0	0	0	83	100

注：割れ本数は材1本あたり，長さ・幅は割れ1本あたりの平均値。  
1) 高温低湿スケジュール。

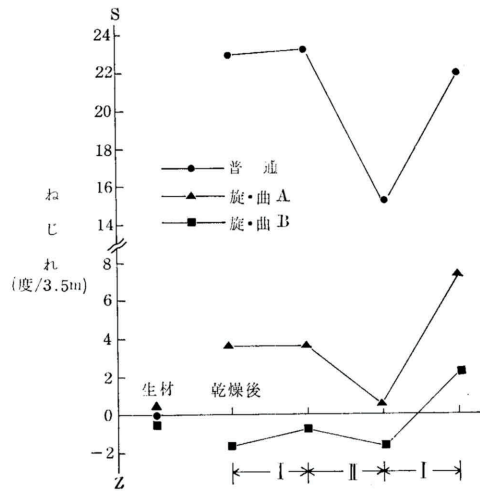
第8表 PEG処理材の割れ

材種	濃度(%)	付着量(g/材1本)	本数	木口割れ				材面割れ				無欠点材	
				本数	長さ(mm)	幅(mm)	発材生面	本数	長さ(mm)	幅(mm)	発材生面	木口(%)	材面(%)
正角	30	350	12	1.8	145	1.3	1.6	12.2	155	0.9	2.6	33	0
	100	450	12	1.9	93	0.8	1.1	5.1	108	0.5	2.6	42	33
平割	30	300	12	1.3	24	0.3	1.0	1.8	62	0.4	1.0	50	67
	100	400	12	1.8	38	0.5	1.6	1.7	76	0.4	1.0	58	67
正割	30	—	3	1.0	18	0.2	1.0	1.0	60	1.0	1.0	33	66

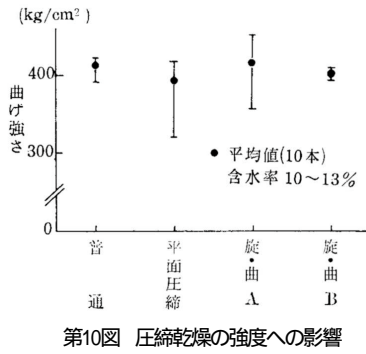
各材種とも圧縮乾燥による割れの抑制効果は少ないようである。なお、割れ防止の予備試験としてPEG処理をおこなった結果を第8表に示した。無処理(第7表)に比較して、すべての材種で材面割れの本数、長さが減少した。正角については濃度100%のPEG #1000を塗布することにより顕著な効果が認められた。

2.2.7 乾燥材の環境による狂いの変動

温度20℃，関係湿度65% (平衡含水率12%) と，温度20℃，関係湿度85% (平衡含水率18%) の室内に約1ヶ月間づつ交互に放置したときの正割のねじれの変動を第9図に示した。吸脱湿のくり返しによってかなりの動きが認められるが、圧縮乾燥材は普通乾燥のものよりやや少ない傾向にある。



第9図 環境によるねじれの変動 - 正割 -  
; 20℃, 65%RH, ; 20℃ 85%RH



乾湿球温度差3 で処理時間は正角については24時間、他の材種は8時間とした。供試材本数は1条件につき9本(板は13枚)である。

第9表 乾燥材の矯正条件

材種	条件	Z 旋回 (度)	曲 げ (mm)	
			1 面	2 面
正 角	A	2.5	7	5.5
	B	5.0	14	11
平 割	A	4.0	9	10
	B	8.0	18	20
正 割	A	9.0	12	8
	B	18.0	24	16
板	A	5.5	18	8
	B	11.0	36	16

### 2.2.8 圧縮乾燥材の強度

断面を5.0×5.0cmにプレーナーで仕上げた正割各10本づつを用いておこなった曲げ試験(スパン1m)の結果を第10図に示した。普通乾燥, 平面圧縮, 旋回・曲げ圧縮AおよびBともに曲げ強度約400kg/cm<sup>2</sup>(含水率10~13%)となり圧縮条件別の差は認められなかった。

## 3. 乾燥材の矯正処理

### 3.1 試験方法

前項2.の試験結果から, まがりを少なくするには乾燥終了後の材について, 狂い方向を揃えて矯正圧縮し, 調湿処理をおこなうのが有効と考えられる。このため普通乾燥材をA, B2つのグループにわけ第9表に示す条件で矯正処理をおこなった。乾球温度90

### 3.2 試験結果と考察

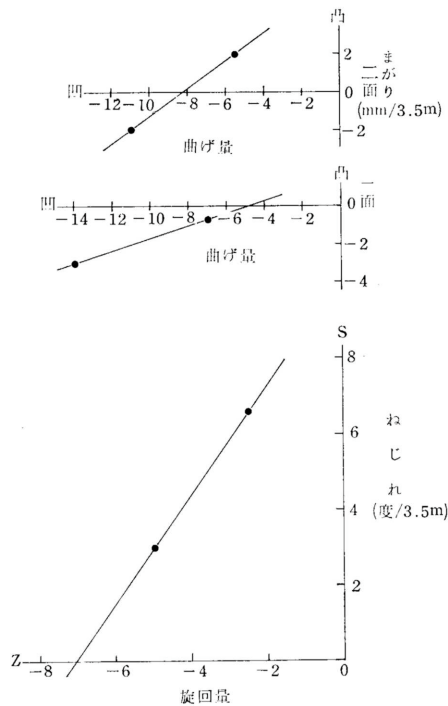
普通乾燥材の矯正処理後の狂いを第10表に示した。乾燥による狂いの方向を揃えておこなうため特にまがりについての効果は大きい, 矯正操作には生材よりも大きな力を必要とする。

矯正量と狂いとの関係を第11図に示した。横軸は矯正量を, 縦軸は圧縮解除後の狂い(代数和の平均)を表わす。最適矯正量は処理の温湿度, 時間によって変わるものと思われるが, 今回の試験条件では正角のねじれは約7度, まがりの1面は5mm, 2面は8mmと推定される。他の材種について得られた値を第11表

第10表 乾燥材の矯正後の狂い

材種	玉番	矯正条件	本数	ねじれ (度)		まがり (mm)			
				平均 <sup>1)</sup>	範囲 <sup>2)</sup>	1 面		2 面	
						平均 <sup>1)</sup>	範囲 <sup>2)</sup>	平均 <sup>1)</sup>	範囲 <sup>2)</sup>
正 角	I	A	9	6.6	2.0~9.7	6.0	-12.0~24.0	5.6	-10.0~16.5
		B	9	3.0	0.1~6.1	5.0	-15.0~6.0	5.1	-14.5~9.5
平 割	I	A	9	4.3	0.8~8.2	5.6	-13.0~9.0	7.9	-10.0~16.5
		B	9	1.6	-2.3~4.7	7.4	-6.5~16.5	4.8	-6.0~8.5
正 割	I	A	9	7.5	-0.3~12.0	5.6	-16.5~7.5	7.7	-15.0~17.0
		B	9	3.5	-10.6~0.8	6.5	-20.0~5.0	11.0	0~17.0
	II	A	9	7.7	4.1~13.0	5.2	-15.0~4.5	7.9	-15.5~10.5
		B	9	4.4	-9.4~3.5	4.8	-14.5~4.0	7.0	-9.5~23.0
板	I	A	13	5.3	2.1~7.6	12.7	-22.5~29.0	7.8	-24.0~14.0
		B	13	4.7	-7.4~5.6	22.5	-6.0~47.0	15.2	-50.0~22.5
	II	A	13	4.4	-3.7~11.6	14.5	-39.0~28.0	8.4	-11.5~16.0
		B	13	3.5	-1.4~7.6	22.4	-33.0~46.0	11.4	-22.0~23.0

注: 測定長3.5m。1) 絶対値の和の平均, 2) 負号(-)はZ旋回または測定材面が凹。



第11図 乾燥材の矯正量と狂い—正角—

第11表 乾燥材の最適矯正量

材種	Z 旋回 (度)	曲げ (mm)	
		1 面	2 面
正角	7	5	8
平割	9	10	21
正割	16	13	12
板	10	22	16

に示した。乾燥材を矯正するため生材の場合(第6表)に比較して明らかに大きな旋回量を必要とする。曲げ量については差が認められなかった。

### まとめ

今回の試験結果をまとめると、

- (1) 狂いは含水率20%附近まではゆるやかであるが、それ以下になると急激に進む傾向が認められた。
- (2) ねじれを抑制するための最適条件は正角、平

割、正割、板について測定長3.5mあたりそれぞれZ旋回約5度、5度、13度、9度とみなされる。

(3) まがりについては方向をあらかじめ知ることが難かしいので、乾燥終了材の狂い方向を描いて矯正圧縮し、調湿処理するのが有効である。

(4) 板の幅ぞりは板幅10cmあたり矢高1.5mmを狂いと逆方向(木表を凸)に変形させて乾燥することによってほぼ平らに仕上げることができた。

(5) 圧縮乾燥材は普通乾燥材に比べて環境の変化による狂いの動きが少ない。

(6) 曲げ試験の結果では、圧縮乾燥による強度の低下は認められなかった。

以上のように、塑性変形をおこすような変位、荷重を与えながら圧縮乾燥することによって、狂いの少ない乾燥材を得ることができた。このことから、今まで狂いが大きく用途が限られていたカラマツ小径間伐材からの製材品の有効利用が可能になったと考える。今後は割れの防止を目的とし、PEG処理など種々の条件で試験をおこなう予定である。

なお、本試験の遂行にあたり菅野新六主任はじめ乾燥科諸氏の協力を得た。

### 文献

- 1) 大山幸夫, 河原田洋三, 米田昌世, 橋本博和, 千葉宗昭  
: 北林産試月報または木材の研究と普及, 6月号(1971)
- 2) 同上, 7月号(1971)
- 3) 同上, 9月号(1972)
- 4) 大山幸夫, 奈良直哉, 米田昌世, 橋本博和, 千葉宗昭  
: 北林産試月報または木材の研究と普及, 6月号(1973)

- 木材部 乾燥科 -

(原稿受理 48.7.11)