

スギ小径材製材品の乾燥試験

専門技術員 宗 形 芳 明

主任研究員 中 島 剛

まえがき

戦後、全国的に人工造林された木が間伐時期に入り、昭和56～60年の間伐実施計画によると、計画面積で年平均26万ha、素材概算で340万㎡と相当量の間伐材が予想されており、その利用について当面林政の大きな課題となっている。

当場では昭和46年度より「スギ低質材の材質改善試験」として、スギ間伐小径木の利用を促進するため各種試験を実施してきた。その中で今回は製品化する以前の乾燥の問題について種々検討を加えたので報告する。

従来、建築材として用いられるスギについては乾燥の必要性があまり認められないことから、ほとんど未乾燥材のまま利用されているのが現状である。また試験研究の分野においても、スギは広葉樹に比較して乾燥も早く、乾燥による損傷も少ないため、このことに関する研究報告はほとんど見当たらない。しかしながら最近の建築様式や冷暖房を中心とした生活様式の変化、それに木材需要の激しい情勢下では良質の乾燥材への要求は非常に強くなっており、スギの乾燥性に関する基礎的資料を得ることは重要なことと思われる。

なお本試験を実施するに当り、協力いただいた元当場林産部橋本敏雄氏、長沼竹男氏に深く感謝する。

天然乾燥の促進効果

I 目 的

天然乾燥期間を短縮することを目的として、簡易な乾燥促進施設を設けその効果について検討した。

II 試験内容

1. 供試材

県内産スギを次の材種に製材した。

6 cm × 6 cm × 長さ 3 m 正割

4 cm × 4 cm × " "

2.5 cm × 10 cm × " 板材

この中から長さ約60cmに鋸断し、両木口を銀ニスでエンドコーティングした乾燥経過測定試験材を各材種4本づつ設定した。

2. 簡易乾燥促進施設

図-1のような農業用ビニールハウスを作り、ハウス内に

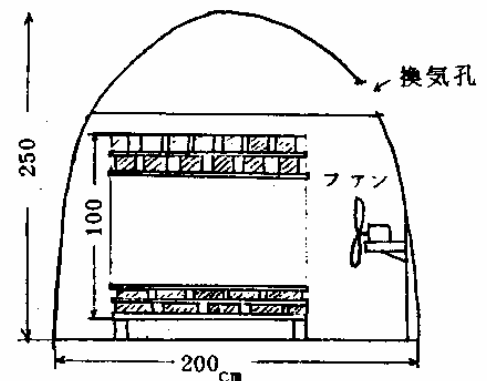


図-1 天然乾燥促進装置

は空気の循環を促すため棧積側面に径30cm、3枚羽のファンを設け、昼間（8時～17時）のみ送風を行った。なおハウス上部側面のビニールを少し開け、自然に排気するようにした。

3. 乾燥方法

促進試験のハウス内には、棧積み最下段に板材、中間に4cm正割、最上段に6cm正割を積み全体で巾、高さが約1m、長さ3mの大きさとした。そしてそれぞれの材種ごとに乾燥経過測定試験材を4か所(上下左右)に設置した。

また対照区としてハウス外に促進試験と同様の方法で棧積みし、天然乾燥を行った。

4. 測定方法

(1) 含水率……各材種の試験材について2～3日間隔で重量を測定し、試験終了後絶乾法により各測定時の含水率を算出した。

(2) 狂い……正割についてだけ曲りとねじれの発生を測定し比較を行った。曲りは材の両端に糸を張りその最大矢高を曲り量とした。ねじれについては乾燥前両木口にあらかじめ基準線を記入し、乾燥後に分度器を用いてねじれた角度を測定しそれをねじれ量とした。

Ⅲ 結果及び考察

1. 乾燥促進効果

天然乾燥は夏期の7月19日から8月31日までの42日間行った。ハウス内の温度は太陽光線がさす場合には50～55℃、曇天、雨天あるいは夜間には25℃程度であった。

図-2には各材種ごとの自然乾燥(ハウス外)、促進乾燥における含水率の経過を示した。その中で初期含水率のはほぼ同じ板材について、含水率20%までに要する乾燥時間を比較してみると、ハウス内試験材は、自然乾燥の約3分の2に短縮され、その効果は大きい。しかしながら割材については板材ほど促進効果は大きくないようである。

それ以上の効果としていずれの材種においても平衡状態に達する含水率が自然乾燥に比較して、3～4%低い15%前後となっている。

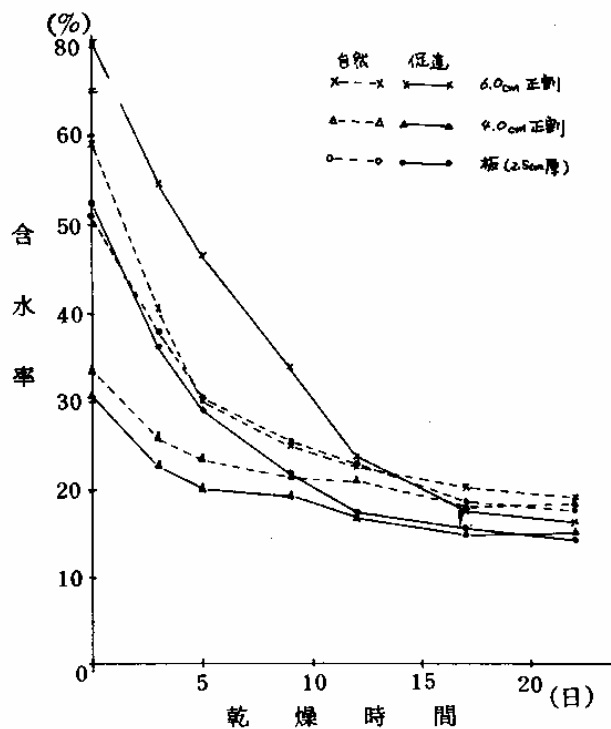


図-2 自然乾燥と促進乾燥経過

表-1 乾燥後の狂い発生量

材種	乾燥方法	試験本数	天然乾燥後			人工乾燥後		
			含水率	曲り	ねじれ	含水率	曲り	ねじれ
6.0cm 正割	自然	25本	18.6%	9.2 ^{mm}	3.2°	10.6%	18.5 ^{mm}	6.1°
	促進	25	14.0	14.0	4.2	10.2	16.2	6.4
4.0cm 正割	自然	10	17.0	13.0		9.9	31.7	
	促進	14	14.1	24.4		10.2	34.6	

天然乾燥においては自然乾燥、促進乾燥に含水率の相違があるので、全ての材について天然乾燥後、最終含水率10%を目標に人工乾燥を行った。人工乾燥

スケジュールは初期温度60℃、温度差3℃、末期温度80℃、温度差20℃とし、8時から17時までの間けつ運転で、乾燥時間は総計30時間を要した。

表-1には天然乾燥後と人工乾燥後の狂いの発生量について示した。

天然乾燥終了時では促進試験の場合、含水率が3~4%自然乾燥より低くなるため、曲り、ねじれとも大きくなっている。そこで最終含水率である人工乾燥後における狂い量を比較すると、両者間にはほとんど差は見られなかった。

— 人工乾燥における木取り別及び予備乾燥の有無による乾燥試験 —

I 目 的

スギ小径材の人工乾燥における狂いの発生を木取り別(心持ち、心去り材)及び予備乾燥(天然乾燥)の有無による違いを比較検討した。

II 試験内容

1. 供試材

県内産スギ(末口径8~12cm、長さ3m)を図-3に示すように、巾6~12cm厚さ25mmの板材に木取った。

心持ち材(樹心を含む板) = a

心去り材(樹心を含まない板) = b

(樹表面に近い材) = c

なお小径材のためcの部分が採材できない丸太が相当あり、試験材としてa(心持ち材)22枚、bが40枚、cが8枚でそれぞれ半数ずつに分けて乾燥方法別試験(予備乾燥の有無)に供試した。

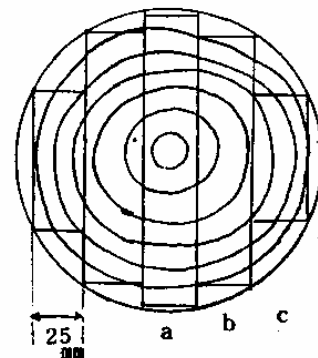


図-3 製材木取り

2. 乾燥方法

(1) 予備乾燥(天然乾燥)から人工乾燥 — A法

この方法は12月14日から1月16日までの13日間、生材を屋外に棧積天然乾燥を行った後、直ちに人工乾燥を行った。人工乾燥スケジュールは初期温度60℃、温度差10℃、末期温度80℃、温度差30℃とした。

(2) 人工乾燥のみ — B法

生材からすぐに人工乾燥を行った。スケジュールは初期温度60℃、温度差5℃、末期温度80℃、温度差30℃とし、連続運転で行った。

なお両方法とも仕上り含水率は10%を目標に行った。

3. 測定方法

(1) 含水率……各木取り別(a、b、c)に長さ60cmで両木口にエンドコーティングした試験材をそれぞれ2本ずつ作製し、天然乾燥時には約3日間隔で重量を測定し含水率を把握した。

(2) 収縮率……厚さ、巾とも材の中央と両材端から30cmの3か所を精度 $\frac{1}{100}$ mmのノギスで測定した。

(3) 狂い……ねじれ、曲り、長さ方向の反り、巾方向の反りの4点について測定したが、その方法は図-4に示すとおりである。まずねじれについては材面に対する垂直線のズレの角度とし、曲りと長さ

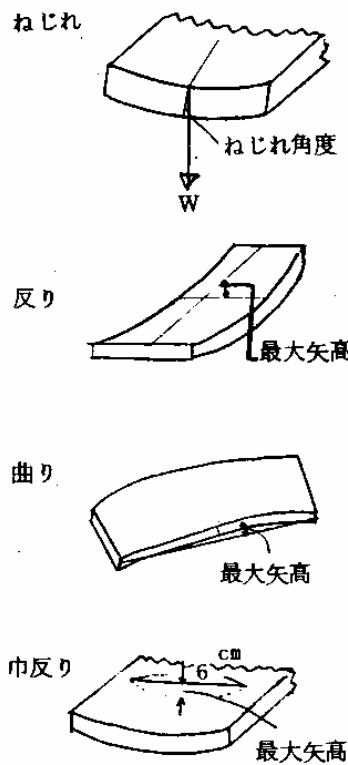


図-4 狂いの測定要領

方向の反りは材長3mにおける最大矢高とし、巾反りについては材中央部分の矢高で、長さ6cmに対する矢高量であらわした。

Ⅲ 結果及び考察

1. 乾燥経過

A法の乾燥経過については図-5、B法の経過は図-6に示した。

乾燥時間についてはA法の場合には天然乾燥に30日(720時間)。その後の人工乾燥に25時間を要した。これに対しB法の場合には約76時間で単純比較ではA法の約10分の1という結果であった。

次に心持ち材は心去り材に比較して、天然乾燥の段階でいく分(約5日)乾燥が出来る傾向にあるが、人工乾燥ではほとんど違いはなかった。

なお今回行った冬期間の天然乾燥は生材(60%)から30%まで低下するのに約20日間を要し、前試験で行った夏期間に比べ4倍の日数を必要とした。

2. 収縮率

厚さ方向及び巾方向の収縮率について表-2に示した。

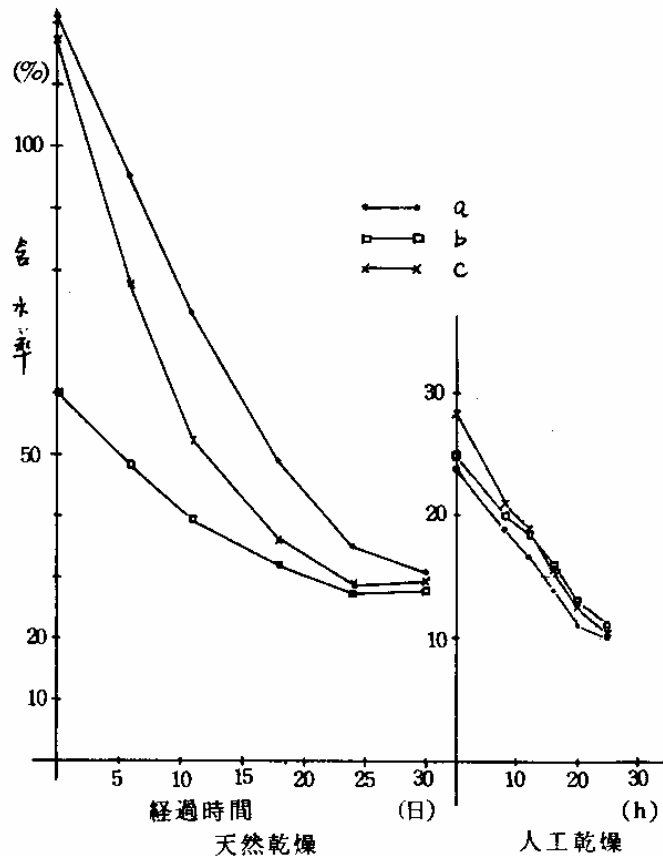


図-5 A法の乾燥経過

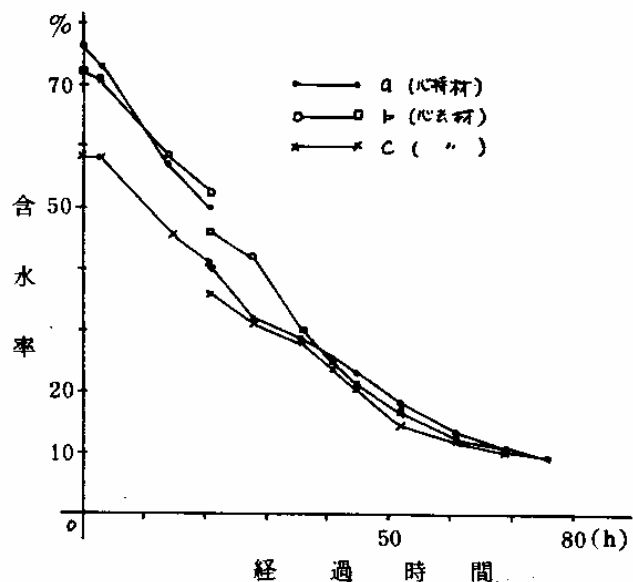


図-6 B法の乾燥経過

天然乾燥終了時(含水率25~30%)における収縮率はまだそれほど大きくはなく、最終含水率である人工乾燥終了時の収縮率の三分の一から四分の一であった。次にA法とB法の収縮率を人工乾燥後と比較してみると、巾方向の収縮率にはほとんど差は認められなかったが、厚さ方向では約20%ほどB法が大きく、t-検定においても5%で有意差が認められた。

表-2 予備乾燥の有無による収縮率の相違

乾燥方法	木取り別	天然乾燥終了時			人工乾燥終了時		
		巾方向収縮率	厚さ方向収縮率	含水率	巾方向収縮率	厚さ方向収縮率	含水率
A法	a	0.5	0.9	24.4	1.9	2.2	10.1
	b	0.9	0.7	23.9	2.9	1.2	11.0
	c	0.8	0.5	28.3	4.2	1.2	10.3
	平均	0.8	0.8		2.7	1.5	
B法	a				1.5	2.2	9.5
	b				3.0	1.5	11.5
	c				3.8	2.0	11.0
	平均				2.6	1.8	

木取り別の比較では、A法とB法のどちらでも巾方向ではa(心持ち材)からb、cと材表面に移って行くにしたがって増加しており、厚さ方向ではaがやや大きい結果となった。巾方向における木取り別の差は、aにおいては半径方向の占める割合が多いが、b、cになるにしたがって接線方向の割合が多くなり、その差が収縮率の違いになってあらわれてくるものと思われる。したがって木取りにあたっては、このことを念頭に行わねばならない。

3. 材の狂い

ねじれ、曲り、反り、巾反りについて、製材直後、天然乾燥終了時、人工乾燥終了時の測定値を表-3に示した。

表-3 乾燥後の狂い発生量

乾燥方法	木取り別	製材直後				天然乾燥終了時				人工乾燥終了時			
		ねじれ	曲り	反り	巾反り	ねじれ	曲り	反り	巾反り	ねじれ	曲り	反り	巾反り
A法	a	-	43	45	0.06	0.7	35	37	0.18	3.2	82	114	0.38
	b	-	33	212	0.10	0.4	41	141	0.31	1.6	62	131	0.56
	c	-	51	163	0.10	0.3	60	123	0.16	0.3	49	124	0.29
	平均	-	38	153	0.09	0.5	41	106	0.25	2.0	67	125	0.48
B法	a	-	55	48	0.12					6.5	64	157	0.64
	b	-	52	200	0.11					3.7	67	114	0.89
	c	-	40	174	0.09					0.3	83	147	0.48
	平均	-	52	149	0.11					4.2	68	131	0.76

(1) ねじれ

人工乾燥後のねじれ量を比較すると、天然乾燥しない場合には平均4.2度と天然乾燥した場合の2.0度に比べ約2倍もの量になっており、t-検定においても1%で有意差が認められた。したがって、ねじれの発生については天然乾燥(予備乾燥)の効果が非常に大きいことがわかった。

次に木取り別では、a、b、cと順次ねじれ量が減少しており、特にcではほとんど発生しなかった。

(2) 曲り

曲りについては製材による挽き曲りにより、製材直後においても相当の発生がみられた。しかし人工乾燥後においては、天然乾燥の有無や、木取りの違いによる発生量の差はほとんど認められなかった。

(3) 長さ方向の反り

長さ方向の反りについては製材直後においてすでに相当量発生しており、乾燥によってわずかながら減少してくる傾向にあった。そのため天然乾燥の有無による違いはほとんど認められなかった。ただし樹心を含むa(心持材)では製材直後にはほとんど発生がなかったが、乾燥するにしたがって増加してきた。

板材の長さ方向の反りについては加工利用上から見た場合にはほとんど支障のない欠点であり、今回の試験結果では相当大きな発生が見られたが、それほど問題視することはないであろう。

(4) 巾反り

巾反りについても天然乾燥した場合がしない場合よりも発生は少なく、t-検定においても0.1%で有意差が認められた。

圧縮乾燥試験(I)

(天然乾燥における狂いの抑制効果)

I 目的

前試験においてスギ小径木製材品は乾燥過程において、狂い特にねじれ、曲りが相当量発生し、問題となった。そこで天然乾燥中に生じる狂いの防止策として、屋内圧縮及び荷重乾燥を行い防止効果について比較検討した。

II 試験内容

1. 供試材

県内産スギ(末口径5~11cm、長さ3m)から比較的曲りの少ない原木を選び、次の4材種に製材した。

4.5cm×4.5cm×300cm	正割	15本
5.5cm×5.5cm×300cm	〃	〃
6.0cm×6.0cm×300cm	〃	〃
7.5cm×7.5cm×300cm	正角	〃

2. 乾燥方法

次の3方法により乾燥を行い、1方法につき20本(1材種5本ずつ)を供試材とした。

(1) 屋内圧縮乾燥

比較的風通しの良い室内(作業小屋)で、下段から5.5、6.0正割、7.5cm正角を、そして最上段に4.5cm正割を棧木間隔60cmとして棧積した。圧縮方法は図-7に示すようにネジクランプによる圧縮器具を使い、6か所で緊締した。圧縮圧力は棧木にかかる圧力 $3\text{Kg}/\text{cm}^2$ を目安に調整した。

(2) 屋内荷重乾燥

(1)と同様に棧積みを行い、上部に20Kgの死荷重6個、計120Kgの荷重を行った。

(3) 屋外自然乾燥

屋外に(1)と同様に棧積みを行い、上部には荷重はなく、直射日光と雨をさけるため簡単な小屋掛けとした。

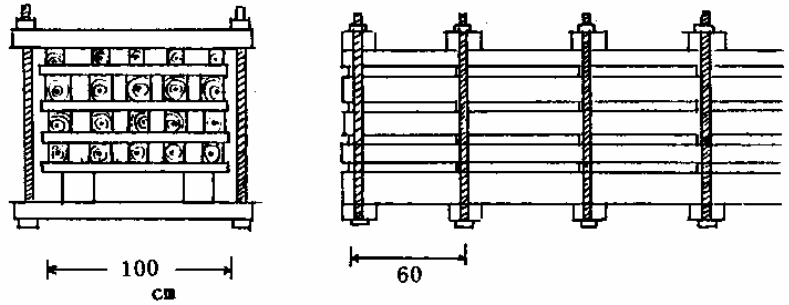


図-7 圧締乾燥装置

3. 狂いの測定方法

1週間ごとに曲りとねじれについて測定した。その際圧締及び荷重を解除して測定し、測定後再圧締を繰り返した。

曲りとねじれ量の測定は前試験と同様の方法で行った。

III 結果及び考察

1. 乾燥経過

天然乾燥実施期間は7月4日から8月23日まで行った。4.5cm正割、7.5cm正角について室内・屋外別乾燥経過を図-8に示した。

製材直後の含水率は全ての供試材で30~35%と丸太で放置しておいて期間が長かったため、比較的低含水率であった。

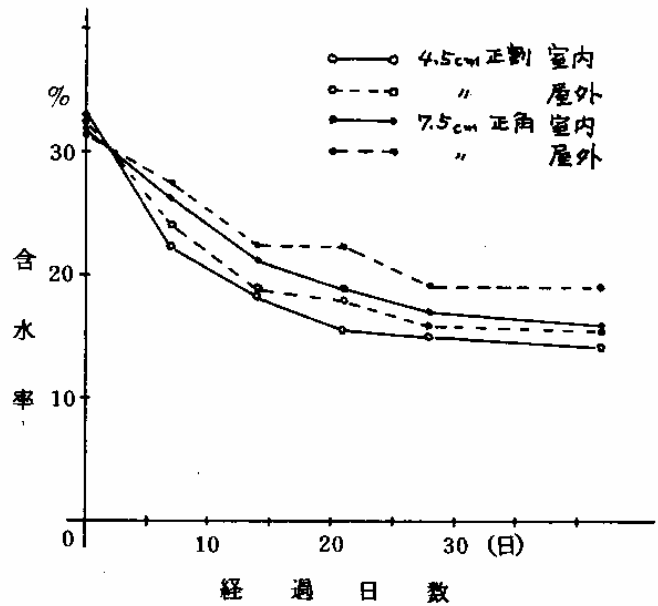


図-8 室内・屋外別乾燥経過

当然のことながら、断面寸法が大きいほど乾燥はしにくく、また室内より室外ほど乾燥がおくれ、梅雨時の影響が大きかったものと思われる。前試験において天然乾燥時の含水率低下は30~25%程度までは急激に進行するが、それ以降は徐々に低下しており、今回は初期含水率が30%と低かったことから、最初から含水率低下は緩やかで、20%まで低下するのに4.5cm正割で11日、7.5cm正角で18日(いずれも室内乾燥)を要した。そしてほぼ平衡含水率に達したのは約28日経過した時点であり、含水率も15~17%と相当低くなった。

2. 狂いの発生比較

曲りとねじれについて製材直後、製材後28日、48日における発生量を表-4に示した。

(1) 曲り

製材直後における1本当たりの平均発生量は各乾燥方法とも約11mmとほぼ同じであったが、平衡含水率と思われる天然乾燥後28日では屋内荷重、屋外乾燥において約2mm増加した。しかし屋内圧締では増加がみられず圧締の効果が認められた。

(2) ねじれ

乾燥後10日頃から発生し始め、28日後には屋内圧締平均2.2度、屋外乾燥2.9度、屋内荷重3.6度の順で多くなっており、屋内圧締の効果が認められた。しかし利用上支障あると思われる5度以上の発生

本数は屋内荷重が一番多く20本中9本で、屋内圧縮、屋外乾燥は4本、5本とはほぼ同じであった。

表-4 圧縮乾燥の狂い抑制効果

乾燥方法	材種	製材直後		製材後28日			製材後48日		
		曲り	ねじれ	曲り	曲り増加量	ねじれ	曲り	曲り増加量	ねじれ
屋内圧縮	4.5 cm	9.5 mm	0°	9.0	0	3.8° (2)	11.7	2.2	2.4°
	4.5	17.6	0	15.2	0	1.8	15.9	0	2.4
	6.0	8.8	0	11.1	2.3	0.4	8.8	0	2.0 (1)
	7.5	9.8	0	8.2	0	2.6 (2)	7.7	0	1.6
	平均	11.4	0	10.9	0	2.2 (4)	11.0	0	2.1 (1)
屋内荷重	4.5	13.2	0	17.9	6.7	3.6 (3)	13.5	0.3	4.6 (2)
	5.5	11.0	0	13.1	2.1	5.8 (3)	11.8	0.8	4.8 (3)
	6.0	9.2	0	11.7	2.5	1.0	15.7	6.5	1.9
	7.5	8.4	0	7.4	0	4.0 (3)	7.0	0	2.8 (1)
	平均	10.5	0	12.5	2.0	3.6 (9)	12.5	2.0	3.5 (6)
屋外乾燥	4.5	9.9	0	23.1	13.2	2.6 (1)	14.4	4.5	2.1
	5.5	14.4	0	11.1	0	2.2 (1)	11.3	0	2.7 (1)
	6.0	12.0	0	11.1	0	3.0 (1)	7.0	0	2.6
	7.5	9.0	0	7.6	0	3.6 (2)	7.4	0	4.6 (2)
	平均	11.3	0	13.2	1.9	2.9 (5)	10.0	0	3.0 (3)

()内は5°以上の発生本数

圧縮乾燥試験(Ⅱ)

(人工乾燥中における板類の狂いの抑制)

I 目的

板類を試験材として人工乾燥中の圧縮乾燥による狂いの抑制効果を明らかにした。

Ⅱ 試験内容

1. 供試材

県内産スギ(末口径8~14 cm、長さ3 m)を厚さ25mmの板材に前試験と同様にa(心持ち材)、b、c(心去り材)に木取りを行った。

2. 乾燥条件

生材(製材直後)から人工乾燥を行い、スケジュールは初期温度70℃、温度差10℃、末期温度80℃、温度差30℃で最終含水率10%を目標に行った。

3. 圧縮条件

圧縮装置は前試験と同様にネジクランプにより、60cm間隔で圧縮、計6か所で緊縮した。圧縮圧力は椈木にかかる圧力1Kg/cm²を目安に調整した。

4. 狂いの測定方法

ねじれ、曲り、長さ反り、巾反りについて、人工乾燥前後に従来の方法により測定した。

Ⅲ 結果および考察

1. 乾燥経過

圧縮乾燥と圧縮荷重をしない非圧縮乾燥の乾燥経過を図-9に示した。

初期含水率は前試験と同様に30~40%前後ときわめて低かったことから、乾燥時間も25~32時間ときわめて早く10%以下となった。なお圧縮したことにより、乾燥がおくれるようなことはなく、圧縮、非圧縮乾燥ともほぼ同様の乾燥経過を示した。

2. 狂いの発生比較

圧縮乾燥と非圧縮乾燥について木取り別の板の狂いについて表-5に示した。

圧縮乾燥を行えば人工乾燥後における狂いは相当抑制される。特にねじれと巾そり、曲りについてはt-検定の結果0.1%で有意差が認められた。しかし長さ反りについては、かえって圧縮乾燥のほうが大きくなっている。

次に木取り別の狂いを非圧縮乾燥で比較すると、前の木取り別乾燥試験の結果と同様に、ねじれについてa(心持ち材)の狂いが大きく、cについてはほとんど発生しなかった。

まとめ

スギ小径材製材品を対象に、天然乾燥、人工乾燥の各種試験を行い、乾燥経過、狂いの発生について検討したが、その結果を要約すると次のとおりである。

(1) 夏期(7~8月)における天然乾燥日数は、生材(含水率約60%)から含水率30%程度まで乾燥するのに、割材、板材ともほぼ5日であった。

これに比べ冬期間(12~1月)は板材で約20日間と、夏期の4倍の日数を必要とした。

(2) ビニールハウスを用いた天然乾燥促進装置では、乾燥期間を約3分の2に短縮することができ、仕上り含水率(平衡含水率)も自然状態による乾燥より、3~4%低くすることができる。

(3) 板材を人工乾燥する際、予備乾燥として天然乾燥を行った場合には、生材からすぐに人工乾燥を行った場合に比較して、巾そりとねじれの発生量が小さく、厚さ方向の収縮率も小さい傾向にある。

(4) 心持ち木取り、心去り木取板材の乾燥による狂いを比較した場合、ねじれの発生に差があり、心持ち材では大きく、心去り材で樹心から離れる材ほど小さくなっていった。

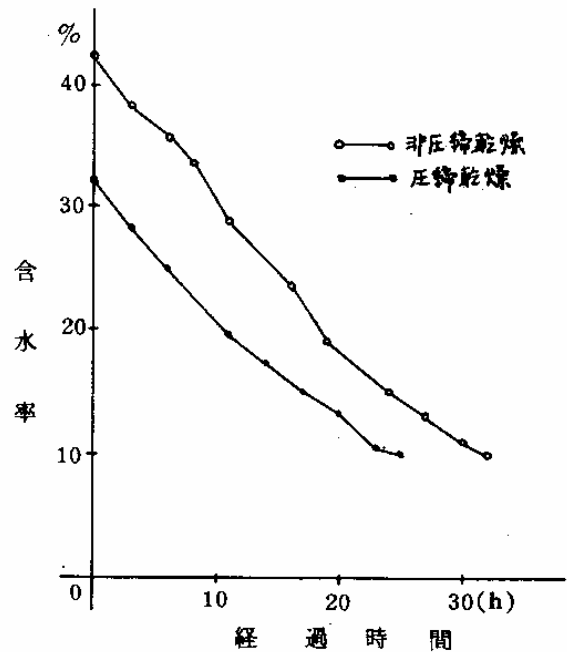


図-9 圧縮乾燥経過

表-5 圧縮、非圧縮乾燥の狂い発生

乾燥方法	木取り	人工乾燥前				人工乾燥後			
		巾そり	ねじれ	曲り	反り	巾そり	ねじれ	曲り	反り
非圧縮	a	0.08	0	7.6	7.1	0.68	5.0	11.9	16.6
	b	0.14	0	4.3	10.5	0.70	3.5	9.3	11.7
	c	0.19	0	3.3	13.4	0.66	0.6	13.2	9.2
	平均	0.14	0	4.6	10.5	0.69	3.1	10.6	11.6
圧縮	a	0.09	0	2.4	5.2	0.35	0.8	5.6	10.3
	b	0.10	0	2.6	8.4	0.36	1.2	4.4	14.5
	c	0.13	0	1.6	10.7	0.40	0.4	3.9	13.2
	平均	0.11	0	2.3	8.7	0.37	0.9	4.4	13.9

(5) 圧縮乾燥により、割材、板材とも乾燥による狂いの発生量は相当抑制される。

参 考 文 献

- (1) 野原正人：天然乾燥促進試験（第1報）、岐阜林セ研報№1、P57～67、(1972)
- (2) " : " (第2報)、" №2、P42～49、(1974)
- (3) " 他：針葉樹材の天然乾燥速度について、岐阜林セ研報№5、P31～48、(1977)
- (4) 河原田洋三他：予備乾燥としての簡易乾燥について、北林産試月報№222、P14～19、(1965)
- (5) 大山幸夫他：カラマツ間伐材の乾燥に関する研究（第1報）、北林産試月報№233、P7～10、(1971)
- (6) " : " (第2報)、" №248、P6～11、(1972)
- (7) 小林好紀：針葉樹ラミナの天然乾燥(I)、木材工業、34巻8号、P23～26
- (8) " : " (I)、34巻10号、P22～24