

建築用針葉樹製材品の乾燥

大山 幸夫 河原田 洋三
米田 昌世 千葉 宗昭

1. はじめに

針葉樹製材品の用途は大部分が建築用材であるが、そのほとんどが未乾燥のまま需要者に供給されている。

これらの未乾燥製材品は、使用中における自然乾燥によって収縮、狂い、割れなどが発生し、材料としての木材の価値を不当に低下させている場合が少なくない。針葉樹製材品の中でも、とりわけ正角材を主体とする厚物類は、不十分な天然乾燥のみで使用されており、環境にマッチした含水率域まで乾燥し、形状の安定した状態で使用されていない。その理由としては設備、乾燥コストの面および人工乾燥による損傷発生の可能性から来るみかけの品質低下の危険などが考えられる。しかしながら、建築用材が他の工業材料と競合し、需要を拡大して行くためには、含水率の面からみて即使用可能な材料のコンスタントな供給が必要になって来る。一方、今後進展を予想される建築用材の部材化に伴う加工精度の高度化要求に対処するためには、天然乾燥のみに依存することは出来なくなって来ている。以上の観点から、前回行なった試験結果^{1), 2)}を基にして、道産エゾマツ、トドマツ正角材を主体にした乾燥試験を行ない、仕上り含水率を異にした場合の乾燥特性、品質および乾燥過程に機械的な圧縮操作を加味した場合の乾燥によるねじれ、曲りの抑制効果について検討した。

2. 試験方法

2.1 供試原木および供試材

供試原木は宗谷支庁雄武林務署管内産の直径28~62 cmのエゾマツ、トドマツの2, 3等原木をそれぞれ使用した。供試材の木取り方法は、10.5cm正角を主材とする木取り基準を決め、各々原木の木口面にあら

第1表 供試材内訳

樹種	材種 (寸法) cm	長さ m	本数 本
エゾマツ	心持材 (10.5×10.5)	3.65	18
	二方正角 (〃 〃)	〃	50
	四方正角 (〃 〃)	〃	52
	平割 (4.5×10.5)	〃	126
トドマツ	心持角 (10.5×10.5)	3.65	40
	二方正角 (〃 〃)	〃	48
	四方正角 (〃 〃)	〃	24
	平割 (4.5×10.5)	〃	114

かじめ木取り図をしるしたのち、第1表に示すような材種を採取した。このようにして供試材を木取りしたのち、エゾマツ、トドマツとも全供試材を2グループに分け、各試験条件に供した。

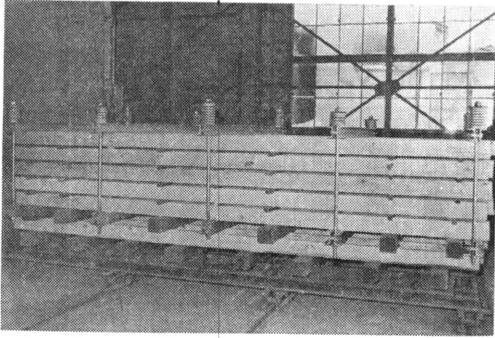
2.2 試験条件および乾燥条件

設定した試験条件は第2表に示すように、目標の仕上り含水率を12%および16%の2通りとし、各仕上り

第2表 試験条件

樹種	仕上り含水率	乾燥方法	材種
エゾマツ	12%	普通乾燥	正角, 平割
		圧縮乾燥	正角
トドマツ	16%	普通乾燥	正角, 平割
		圧縮乾燥	正角

含水率の供試材のうち正角材の2分の1を圧縮して乾燥を行ない、他はすべて普通の乾燥を行なった。圧縮には写真に示すような溝型鋼を用いた圧縮治具を作って行なった。圧縮は上下方向について長さ方向に5箇所行ない、桟木位置の圧縮圧力は10kg/cm²とした。圧縮圧力の調節にはトルクレンチを用い、供試材の乾燥収縮による圧縮圧の減少を少なくするために、圧縮部分にコイルスプリングを用いた。乾燥中に圧



圧縮治具と圧縮方法

締圧力の減少を数回調製した。乾燥条件は、第3表に示すように比較的高温高湿条件にて行い、乾燥時間は1日12時間の間けつ運転とした。乾燥室は蒸気式I-F型乾燥室を使用した。

第3表 乾燥条件

含水率(%)	~50	~40	~35	~30	~25	~20	~15	~12	調湿
温度(°C)	70	70	75	75	80	85	85	85	90
温度差(°C)	3	3	3	5	7	7	10	15	3

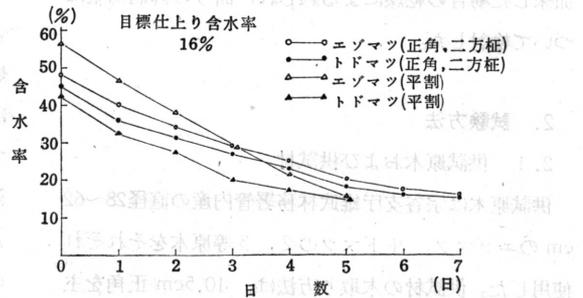
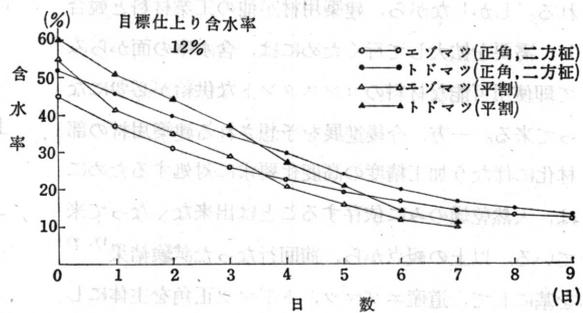
2.3 乾燥特性の測定方法

乾燥経過および収縮率の測定には材長1m(木口部に耐熱塗料を塗布した)の試建材を各材種とも4本用いた。含水率は乾燥終了後全乾にし、逆算して求め、収縮率は試験材の側端部と中央部につき乾燥過程において数回測定した。水分傾斜の測定は、乾燥終了後試験材と供試材4本について各材種とも材の中央位置から厚さ3cmの試験片をとり、正角では表層、中間層、中心層の3層に分け、平割では厚さ方向に5等分して含水率を求めた。ねじれ、曲りの測定は、ねじれは供資材を台上に任意の傾斜をつけて固定し、元口、末口の材面における傾斜角を角度計によって乾燥前後にそれぞれ測定し、元口に対する末口の傾斜角の差からねじれ角を求めた。曲りは材長方向にて最大矢高を測定して求めた。割れについては、供試材面にあらわれている割れを乾燥前後において本数、長さを測定した。

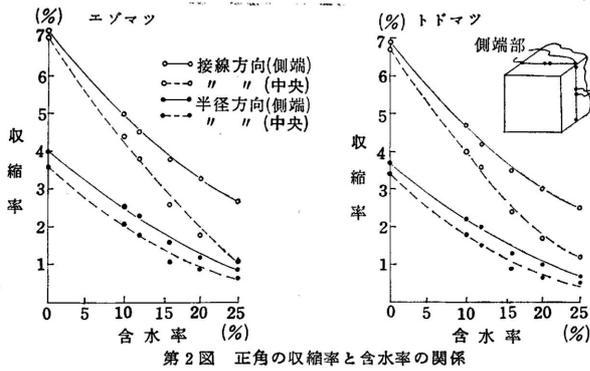
3. 試験結果および考察

3.1 乾燥時間

同じ乾燥条件で目標の仕上り含水率別に行なった乾燥試験の乾燥経過を第1図に示す。初期含水率に多少の差はみられたが、乾燥時間1日12時間の間けつ運転で仕上り含水率12%までの乾燥では、エゾマツ、トドマツ正角材の平均初期含水率48%から12%まで乾燥するのに要した日数は9日(実働乾燥時間108時間)、仕上り含水率16%までの乾燥では平均初期含水率45%から16%まで乾燥するのに要した日数は7日(実働乾燥時間84時間)であった。乾燥日数において樹種間、材樹間の差は認められなかった。同条件での2回の乾燥試験から乾燥過程を区切ってみると、初期含水率から20%までは5日、20%から16%、16%から12%までは約2日それぞれ要している。1日12時間の間けつ運転を24時間運転した場合に換算すると、16%まで乾燥するのには約5日、12%まで乾燥するのには約6.5日が経時的に期待出来る。平割材では目標の12%までは



第1図 乾燥経過

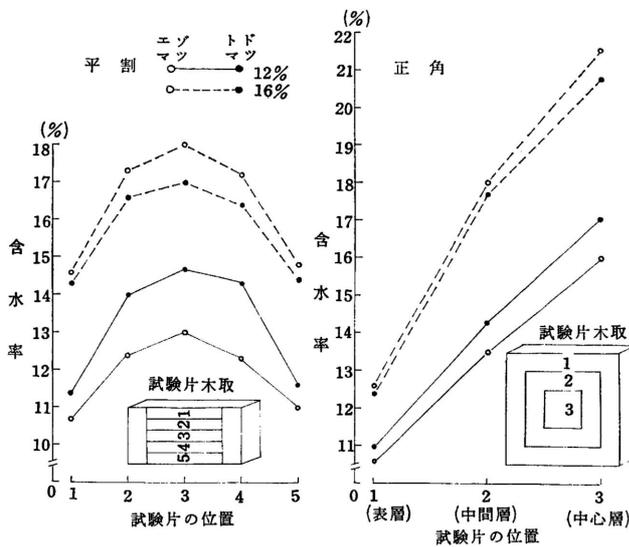


第2図 正角の収縮率と含水率の関係

7日、16%までは5日を要した。

3.2 収縮率

第2図にエゾマツ、トドマツの正角の収縮率と含水率の関係を示す。エゾマツにおいて含水率16%の時点における収縮率は接線方向で3.8%、半径方向で1.7%、含水率12%の時点では接線方向で4.5%、半径方向で2.3%であった。接線方向、半径方向とも側端部分と中央部分とでは収縮率に差が生じ、側端部分の収縮率が中央部分のそれより大きくなっている。すなわち、含水率16%の時点でその差は接線方向にて1.2%、半径方向にて0.5%、12%の時点では接線方向にて0.7%、半径方向にて0.4%になっている。含水率が低下するに従ってその差は小さくなっていることから、



第3図 水分傾斜

これは水分傾斜によって生ずる収縮の差が原因になっているものと思われる。トドマツはエゾマツに比較して、各仕上り含水率において同じか、わずかながら低い値を示した。平割の収縮は、ほぼ正角材と同様な経過をたどり、その収縮も同程度であった。

3.3 水分傾斜

第3図に各々目標の仕上り含水率別の乾燥終了時点における水分傾斜を示す。正角においてエゾマツ、トドマツとも初期含水率の差

により、終了時の含水率がわずかに低い方が多少小さい値を示したが、樹種間ではほぼ同じとみてよく、エゾマツで仕上り含水率16%の時点では表層が約12.5%、中心層が約21.5%で約9%、仕上り含水率12%の時点では表層が10.5%、中心層が16%で約5.5%の水分傾斜を示した。トドマツでも表層と中心層の差がそれぞれ8.5%、6%を示しており、これらの値から正角において含水率16%の時点では約9%、含水率12%の時点では約6%の含水率差があることが認められた。

平割においては正角と同様、終了時の含水率により、多少差が生じたが、樹種間の差は認められず、仕上り含水率16%の時点で3~4%、12%の時点では2.5~3%の値を示し、正角ほど仕上り含水率別によ

る差はみられなかった。

3.4 割れ

第4表に材面に発生した割れを示す。

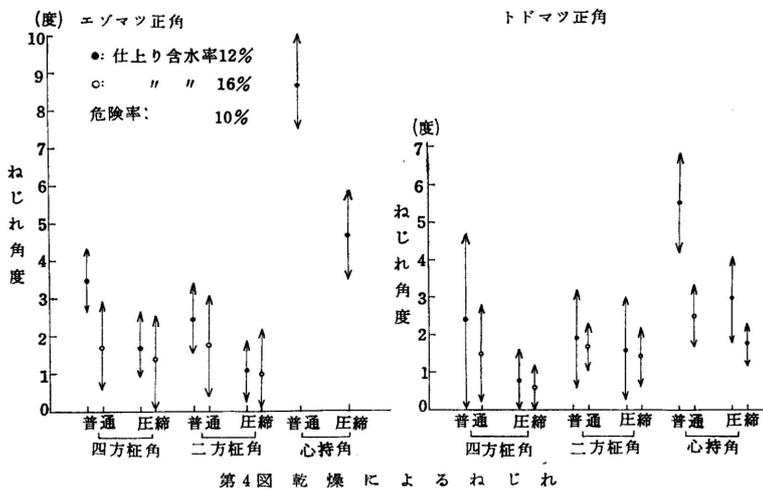
木口部分からの割れは、そのほとんどが長さも短かく、品等上その他で問題になることは少ないと思われるので、表中の割れは材表面に発生した割れを示した。正角において樹種間では、トドマツはエゾマツよりわずかに多い傾向を示し、材種間では心持角が他の材種よりもかなり多く発生した。仕上り含水率別では16%の方が、わずかながら少ない傾向を示した。乾燥前の材面にもすでに心持角で4~5本、他の材種で1~2本の割れが存在しており、それが乾燥後では心持角で

第4表 材面に発生した割れ

樹種	材種	仕上り含水率 (%)	普通乾燥						圧縮乾燥					
			供試本数 (本)	乾燥前		乾燥後		供試本数 (本)	乾燥前		乾燥後			
				本数 材・1本 (本)	長さ 割れ・1本 (cm)	本数 材・1本 (本)	長さ 割れ・1本 (cm)		本数 材・1本 (本)	長さ 割れ・1本 (cm)	本数 材・1本 (本)	長さ 割れ・1本 (cm)		
エゾマツ	心持角	12	7	4	21	16(12)	25	8	5	13	15(10)	25		
	二方桁角	12	12	2	20	5(3)	20	12	1	19	4(3)	17		
		16	12	0	0	2(2)	15	12	0	0	2(2)	19		
	四方桁角	12	13	1	20	4(3)	22	13	1	15	3(2)	18		
		16	13	0	0	1(1)	19	13	0	0	2(2)	17		
平割	12	60	2	22	4(2)	22								
16	60	1	18	3(2)	20									
トドマツ	心持角	12	10	4	20	18(14)	32	10	2	20	16(14)	30		
	二方桁角	16	10	3	19	13(10)	25	10	1	7	12(11)	28		
		12	10	1	23	6(5)	25	10	1	18	5(4)	18		
	16	17	1	19	4(3)	19	10	0	0	4(4)	20			
	四方桁角	12	6	1	17	4(3)	16	6	1	21	5(4)	15		
16		6	1	32	3(2)	23	6	0	0	3(3)	16			
平割	12	54	2	15	3(1)	21								
16	53	2	21	4(2)	18									

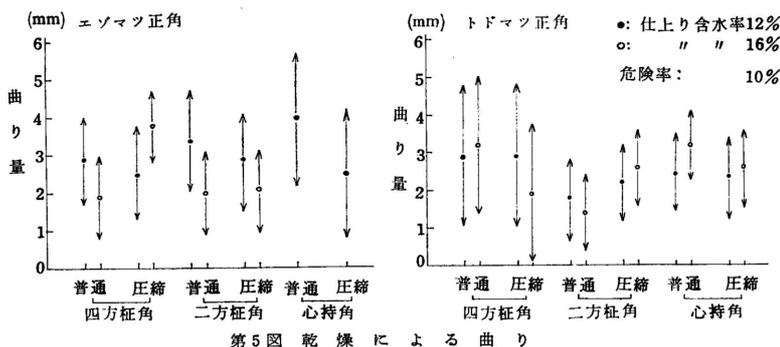
() 内の数字は乾燥により新たに発生した割れ。

15~16本,他の材種で3~5本に増加している。心持角の割れ易さは,この試験でも確認されたが,この割れの減少には仕上り含水率,乾燥条件などの検討が今後必要である。普通の乾燥と圧縮した乾燥の間では,割れ発生について差はみられなかった。平割では正角の心去り角と同じ傾向を示した。



第4図 乾燥によるねじれ

3.5 ねじれおよび曲り
第4図,第5図に乾燥によるねじれ,曲りを示す。木材を乾燥する場合,狂いとしてねじれ,曲りが発生するが,それらの狂いは発生程度により被乾燥材の見かけ上の品等低下をもたらす,商取引上および使用上の障害になる場合があ



第5図 乾燥による曲り

る。狂いの発生程度は、被乾燥材の良否に関する因子が大きく影響するものと考えられ、その意味において狂いの減少には、乾燥スケジュールの検討にもある程度の限界があると思われる。これらの狂いの発生を減少させるためには、機械的に圧縮することが有効と認められるので、簡単な圧縮治具を作製し、写真に示すように圧縮して乾燥を行ない、普通の乾燥と比較した。ねじれは正角においてエゾマツはトドマツより大きい値を示し、また仕上り含水率別では16%の方が少ない値を示した。材種別にみるとねじれは心持角がもっとも大きく（普通の乾燥の場合エゾマツ9°、トドマツ6°）、次に四方桁（エゾマツ3.5°、トドマツ2.5°）、二方桁（エゾマツ2°、トドマツ2°）の順になっている。

圧縮して乾燥することによるねじれ抑制効果は、仕上り含水率12%において、エゾマツでは心持角、四方桁角、二方桁角とも有意であり、特に心持角においては高度な有意差が認められた。しかし、仕上り含水率16%では、心持角については圧縮による乾燥をおこなわなかったので比較できないが、他の材種では圧縮効果が認められなかった。トドマツはエゾマツよりねじれが小さく、仕上り含水率12%の心持角に有意差が認められたが、それ以外は圧縮効果が認められなかった。曲りは最大矢高で6mmであったが、その発生量は全般に比較的小さく、仕上り含水率間、各材種間とも一定の傾向が認めがたく、また、圧縮して乾燥することによる抑制効果も認められなかった。

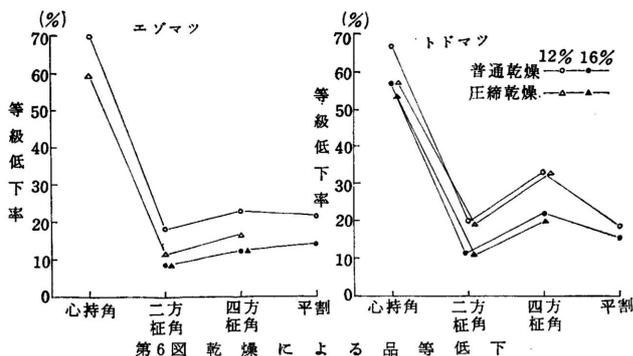
3.6 乾燥材の品等

正角に限らず、一般に乾燥された製材品は、乾燥前の品等に比較して乾燥に基因する欠点によりみかけ上

第5表 乾燥により品等低下をもたらす欠点（比率）

樹種	材種	乾燥方法	欠点		
			割れ (%)	反り・曲り (%)	ねじれ (%)
エゾマツ	心持角	普通	70		30
		圧縮	80		20
	二方桁角	普通	40	20	40
		圧縮	40	30	30
	四方桁角	普通	30	30	40
		圧縮	40	30	30
	平割	普通	10	50	40
		圧縮			
トドマツ	心持角	普通	70		30
		圧縮	90		10
	二方桁角	普通	40	30	30
		圧縮	40	30	30
	四方桁角	普通	40	30	30
		圧縮	40	30	30
	平割	普通	20	50	30
		圧縮			

の品等が低下するので、以上述べた乾燥特性を基にして、JASによる正角材の乾燥後の品等低下を示したのが第6図である。JASによる品等格付けを行なうにあたって、乾燥後の品等格付けを乾燥前とはほぼ同一条件で行なうことは、今後検討すべき課題ではあるが、この試験では、乾燥後の品等格付けを割れ、曲りについてはJASに準じ、ねじれについてはJASに数値的な値が示されていないので、ここでは0~3%、4~6%、7%以上をそれぞれ、等と決めて行なった^{3),4)}。



品等低下率は、乾燥前の品等が、乾燥後上位品等から下位品等に低下したものの本数の総本数に対する比率をとったものである。品等低下率において、樹種間における差は少なかった。材種別では心持角、四方桁角、二方桁角の順に小さくなっており、特に心持角では60~70%と大きな値を示した。仕上り含水率別では、エゾマツ、トドマツとも仕上り含水率16%では12%に比較して材種により、3~10%減少しており、普通の乾燥にお

いて大きな値を示した。圧縮して乾燥することによる品等低下率の減少は、仕上り含水率12%において、エゾマツでは3材種とも、トドマツでは心持角がそれぞれ約10%低い値を示したが、他はほとんど同じであった。乾燥により品等低下をもたらす主要欠点は割れ、反り、曲り、ねじれであるが、品等が低下したのものについて各樹種、材種ごとに主に品等低下をもたらしたものは何であるか、その欠点比率を示したのが第5表である。これを材種別にみると、両樹種とも心持角は割れが品等低下の主要因になっていることがわかる。二方桁角、四方桁角では割れ、曲り、ねじれの占める割合がほぼ均等であった。平割では曲りによるものが50%を占めた。品等が低下したもののうちで、圧縮して乾燥した場合のねじれによる低下は、エゾマツで10~20%、トドマツの心持角で20%少なくなっている。

4. まとめ

エゾマツ、トドマツの正角材を用いて比較的高温高湿度の条件により、工場規模での人工乾燥試験を行なった結果を要約すると、初期含水率約50%から目標の仕上り含水率12%まで乾燥するのに要した日数は7日であった。樹種間における収縮差はほとんど認められず、仕上り含水率12%および16%の時点で表層と中心層との水分傾斜はそれぞれ6%、9%であった。

割れの発生は、特に心持角で他の材種より多く発生した。ねじれ、曲りはエゾマツの方が大きい傾向を示した。仕上り含水率別では、16%においてはねじれが小さく圧縮効果は認められなかったが、12%においては圧縮効果が認められ、特にねじれの大きい心持角において圧縮による高度な有意差が認められた。品等低下率を試算した結果、心持角では低下率が60~70%と大きく、樹種間、仕上り含水率による差は少なかった。割れによる品等低下は心持角で70~90%を占めた。

これまでの試験結果では、高温高湿度乾燥が低温低湿度乾燥より総合的に良好であり、その主な利点の1つは乾燥時間の短縮にある。従って、比較的損傷の少ない二方桁、四方桁の心去り角では、出来るだけ高温によるのが有利と考えられるが、割れ、ねじれ等の損傷の大きい心持角では、心去り角と同様に律するに

は無理があるといえる。

いずれにしても、経済的に適切なスケジュールの設定には、まだ多くの試験の積み重ねが必要であるが、一般材からの数量的に多い心去り角では、今回までの結果から、初期温度80、末期温度95の温度条件の採用は可能なものと思われる。仕上り含水率を2段階にして乾燥を行なったが、心持角の割れの発生を減少させるためには、含水率16%では不十分な結果になった。仕上り含水率を高くとった場合、総合的に発生する損傷は少ないが、材質的な面からその上限は20%程度と考えられる。仕上り含水率をどの程度にするかは、用途によって決定されるべきであり、一概には言えないが、正角の場合、含水率を12%以下にすることは損傷の点からみて得策でないように思われる。今回の乾燥の主目的であったねじれ抑制方法としての圧縮の効果は、心持角と低含水率に乾燥した材種の一部以外に、明確な効果が認められなかった。その圧縮効果があまりあがらなかった原因としては、圧縮圧力そのもの、あるいは被乾燥材の厚さムラから生ずる圧縮圧力の不均衡、収縮による圧縮圧力の減少、さらに高い比率で存在するねじれの方向性が、棧積全体を一定の方向にねじれさせたこと、および圧縮を解いた後のねじれのもどりなどが考えられ、これらの原因が有機的に作用し合った結果と思われる。圧縮することによるねじれの抑制は心持角で立証されているので、今後圧縮方法、圧縮圧力等を検討して、狂いの抑制についての試験をおこなって行く予定である。

なお、本試験の遂行にあたり菅野新六、橋本博和はじめ乾燥科の諸氏の協力を得た。

文 献

- 1) 河原田 洋三, 前田 市雄: 日本木材学会北海道支部講演集 第1号 (1968)
- 2) 河原田 洋三, 吉田 直隆: 第19回日本木材学会大会発表要旨 (1969)
- 3) 加納 猛ほか: 林業試験場研究報告第162号 (1965)
- 4) 加納 猛ほか: 林業試験場研究報告第182号 (1965)