

カラマツ単板の乾燥

高谷 典良

はじめに

日本の合板工業は、ラワンに代表される南洋材を合板原木に使用して発展してきましたが、南洋材資源の減少に伴いその輸入量は年々減少しています。さらに、最近では地球環境の保護の観点から熱帯林保護が叫ばれ、今後、南洋材の輸入はますます困難になるものと予想されます。

南洋材の輸入が減少した場合、これに代わる国内の資源としては針葉樹材が考えられます。針葉樹合板は、アメリカでは大量に生産されていますが、日本では、一部北洋カラマツで生産されている以外、ほとんど製造されていません。

当場では、以前からカラマツ、トドマツの道産針葉樹材から合板を製造する試験を進めてきました。特に単板切削試験に積極的に組み込み、針葉樹材に適した単板切削条件の確立を図ってきました。

今回は、実大規模の熱風式ドライヤを使用してカラマツ単板の乾燥試験を行い、乾燥温度、風速、ダンバ開閉度の乾燥条件が乾燥速度、蒸気消

費量および単板品質に及ぼす影響について試験したので紹介します。

試験に使用したドライヤと風速

一般に単板の乾燥に用いられているドライヤは、熱風式ドライヤと呼ばれ、ファンで熱風を循環させて単板を乾燥します。熱風の循環方向が単

表1 ドライヤの仕様

熱風循環方式	横循環方式
送り方式、段数	上、中段ローラ送り、 下段金網送りによる3段直通方式
上、中段ローラ寸法	長さ2,400mm×径89.1mm
ローラピッチ	上段：145mm, 中段：178mm
下段金網寸法	幅 2,200mm
乾燥セクション数	5セクション
乾燥セクション寸法	1,600mm×5セクション=8,000mm
全長×全幅×全高	10,600mm×3,600mm×3,250mm

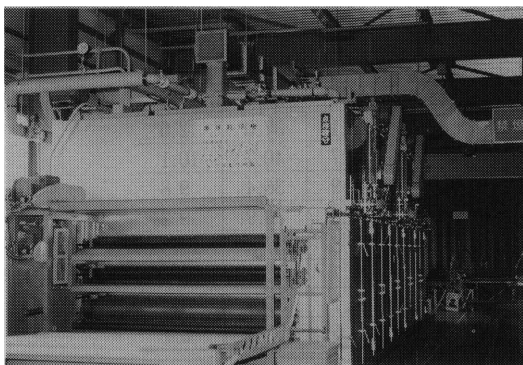


写真1 試験に使用したドライヤ

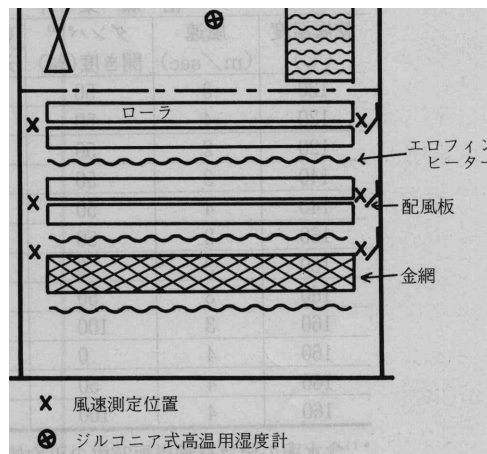


図1 ドライヤの断面と風速測定位置

板の送り方向と同じドライヤを縦循環式、送り方向と直交するドライヤを横循環式と呼び、それぞれ特徴があります。今回試験に使用したドライヤは五つのセクションを持つ横循環式ドライヤです。その全景を写真1に、その仕様を表1に示します。

このドライヤは、各セクションに1基ずつファンが設置され、インバータでファン回転数を変化させて風速を調整するようになっています。しかし、風速はドライヤ内の位置によってかなり差があります。そこで、あらかじめドライヤに単板を充填した状態で、図1に示すように、ドライヤ内の6か所の位置の風速を熱線風速計で測定しました。その結果の1例を表2に示します。他のセクションも絶対値は多少違いますが、風速は上段で大きく、中段、下段で小さい傾向がありました。今回の試験では6か所の風速の平均値を求め、この数値を実際の試験に適用しました。

供試単板

試験に用いた単板は、道産の造林カラマツ（径：

22～26cm）から外周駆動型のロータリーレースで切削した厚さ4mm、幅53cm、長さ46.5cmの単板です。なお、カラマツは辺材と心材で初期含水率にかなり差があり、同一条件では乾燥できません。そこで、クリッパの後で単板の材色を目安にして、辺材と心材に分類してそれぞれ別々に試験しました。

乾燥条件と単板の含水率

表3に今回の試験で設定した乾燥条件と、単板の初期含水率および乾燥後の含水率を示します。乾燥後の含水率（仕上がり含水率）はいずれの乾燥条件でも10%を目標としたのですが、実際は表3に示したように若干のバラツキがありました。

乾燥条件と乾燥速度

図2～4に乾燥温度、風速およびダンパ開き度が乾燥速度に及ぼす影響を示します。

乾燥速度は初期含水率から乾燥後の含水率までの1分間当たりの含水率低下の値で下記の式で計算しました。

$$\text{乾燥速度 (\%/min)} = \frac{\text{初期含水率} - \text{乾燥後含水率 (\%)}}{\text{乾燥時間 (min)}}$$

ダンパ開き度とは、排気ダクトに付いているダンパの開閉の度合いのことです。試験に使用した

表2 ドライヤ内の風速 (m/sec)

	第1セクション		第2セクション	
	ファン側	ファン反対側	ファン側	ファン反対側
上段	5.6	3.6	6.2	3.6
中段	2.8	2.5	3.6	3.3
下段	3.2	2.7	3.5	3.0

表3 乾燥条件と単板の初期含水率および乾燥後の含水率

乾燥温度 (°C)	風速 (m/sec)	ダンパ ^{*2)} 開き度 (%)	乾燥時間 (min)		含水率 ^{*1)} (%)			
			辺材	心材	辺材		心材	
			初期	乾燥後	初期	乾燥後	初期	乾燥後
120	3	50	66.7	20.0	140.3	4.5	37.9	8.7
120	4	50	42.1	17.8	132.0	7.9	37.8	9.0
120	2	50	44.4	13.3	132.0	14.0	39.6	13.0
140	3	50	36.4	12.3	134.7	11.8	38.7	11.3
140	4	50	34.8	10.0	133.2	8.1	37.0	12.0
160	2	50	34.8	12.3	129.4	12.7	40.7	10.1
160	3	0	32.0	9.5	157.7	13.9	36.4	9.8
160	3	50	32.0	9.5	123.3	5.3	36.9	9.2
160	3	100	26.7	9.5	130.2	17.3	37.8	10.5
160	4	0	25.0	10.0	99.4	4.7	41.2	8.8
160	4	50	22.9	10.0	100.2	6.1	37.4	6.9
160	4	100	22.9	9.5	121.1	12.5	35.8	8.1

* 1) 含水率の値は試験単板36枚の平均値

* 2) 開き度0%：全閉，開き度50%：1/2開き，開き度100%：全開

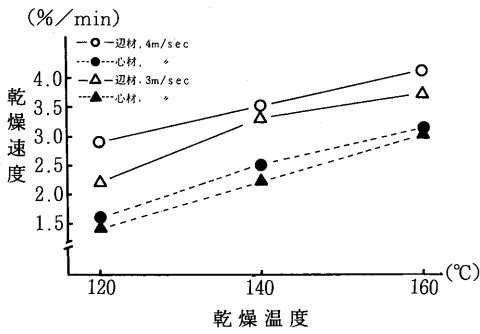


図2 乾燥温度と乾燥速度(ダンパ開き度50%)

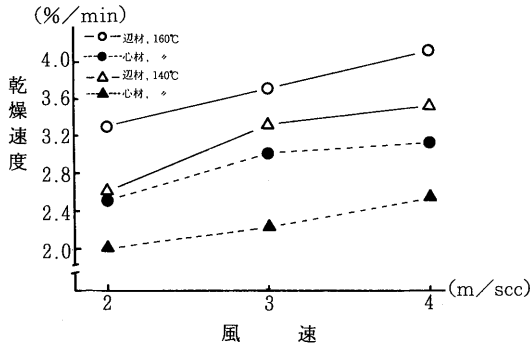


図3 風速と乾燥速度(ダンパ開き度50%)

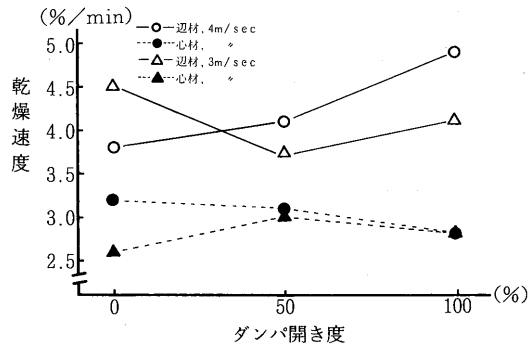


図4 ダンパ開閉度と乾燥速度(乾燥温度160)

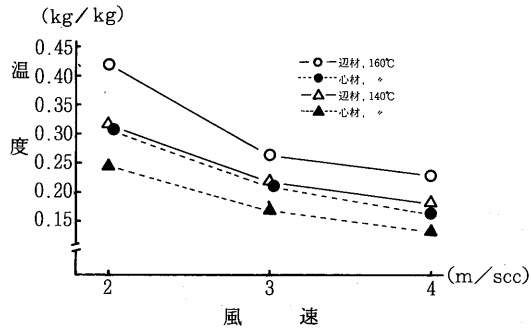


図5 風速とドライヤ内湿度

ドライヤには各セクションの上部中央に1コ、正方形断面(20cm×20cm)の排気ダクトが設置されています。

図2の乾燥温度の影響をみると、乾燥温度が高くなるにしたがって乾燥速度は大きくなっています。温度が高くなると、蒸発速度の増加、内部の水分移動が容易になるなどの理由によって、乾燥速度が大きくなることが知られています。今回試験した実大規模のドライヤではほぼ直線的に乾燥速度が大きくなる傾向を示し、乾燥温度が20 上昇すると乾燥速度は辺材では約0.6%/min、心材では約0.8%/min大きくなる結果が得られました。

・図3の風速の影響をみると、風速が大きくなるにしたがって乾燥速度も大きくなっています。その関係は乾燥温度と同様にほぼ直線的ですが、心材に比べて辺材のほうが若干その割合は大きく、風速が1m/sec大きくなると乾燥速度は、辺材では0.4~0.45%/min、心材では0.25~0.3%/

min大きくなります。これは、表3に示すように、辺材は心材に比べて初期含水率がかなり高く、したがって多量の自由水を含み、蒸気水分が多いためより強く風速の影響を受けるためだと考えられます。

図5に風速を変えた時のドライヤ内の絶対湿度(乾燥試験中の最大値)を示してありますが、風速が大きくなると湿度は減少します。また、辺材は心材に比べ、湿度はかなり高い結果を示しています。

図4のダンパ開き度の影響をみると、今回の試験では一定の傾向は認められません。一般的にはダンパを開くと、ドライヤ内の湿度が低くなるため乾燥速度が大きくなることも考えられますが、風速に比べその影響は小さいようで、今回の試験では明確な差はありませんでした。

乾燥条件と蒸気消費量

ドライヤの蒸気配管に取付けた渦流量計により試験中の蒸気使用量を測定し、単板の水分1kgを

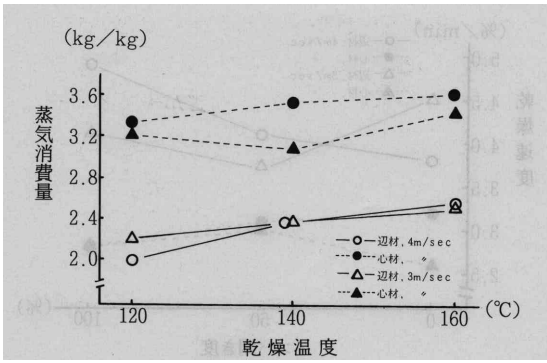


図6 乾燥温度と蒸気消費量

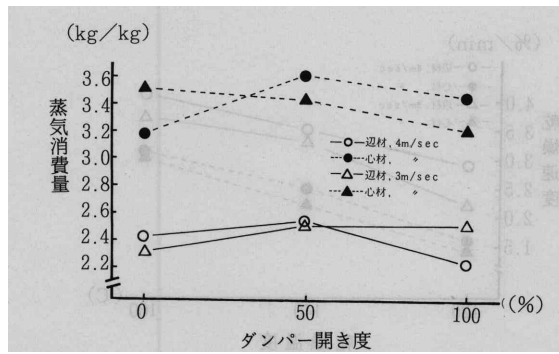


図8 ダンパー開閉度と蒸気消費量 (乾燥温度160)

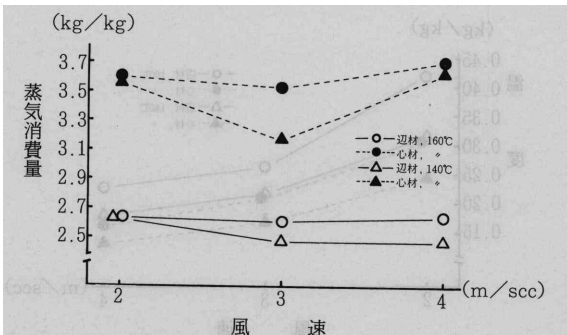


図7 風速と蒸気消費量

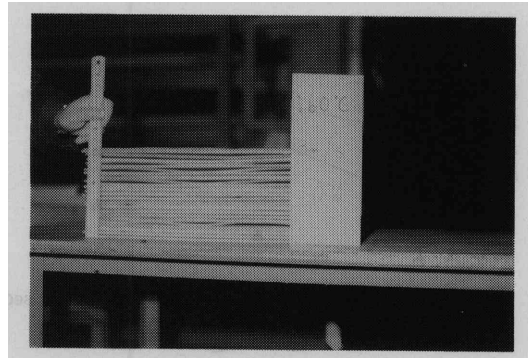


写真2 堆積高さの測定

蒸発させるのに必要な蒸気消費量を求めました。

乾燥条件と蒸気消費量の関係を図6～8に示します。

図6の乾燥温度の影響をみると、温度が高くなるにしたがって蒸気消費量は増加しています。単板ドライヤでは、実際に単板の水分蒸発に消費される熱量は、供給熱量の1/3程度です。残りは排気による損失、出入り口からの損失、ドライヤ本体を保温する熱量などとして消費されます。したがって、温度が高くなるほどこれらに起因する熱量の消費は多くなり、蒸気消費量も多くなるものと考えられます。

一般にラワン単板ではこの値は2.0～2.5kg/kg程度です。カラマツの場合、辺材ではほぼ同等の値を示していますが、心材では3.2～3.6kg/kgでかなり高い値を示します。これは、心材では初期含水率がかかなり低く、乾燥が容易な自由水の割合が低いからです。

図7、図8の風速およびダンパー開き度の影響を

みると、いずれも一定の傾向は認められません。風速を大きくすると、あるいはダンパー開き度を大きくすると、それだけ外部へ排出される熱量も多くなり、蒸気消費量も多くなると考えられていましたが、今回の試験範囲ではその影響を確認することはできませんでした。

乾燥条件と単板品質

この試験で調べた単板の品質は狂い、抜け節、割れです。狂いは、写真2に示すように、乾燥後の試験単板（同一条件で乾燥した36枚）を、その繊維方向を交互に堆積してその周囲8点の高さを測定しました。この堆積高さの値を単板の狂いを表す指標としました。

抜け節は乾燥後の試験単板において、直径が5mm以上の死に節の数と、抜け落ちた節の数を測定し、抜け落ちた節の割合を求めました。

割れは、乾燥後の試験単板で長さが2cm以上の割れの本数を測定し、単板1枚当たりの平均割れ

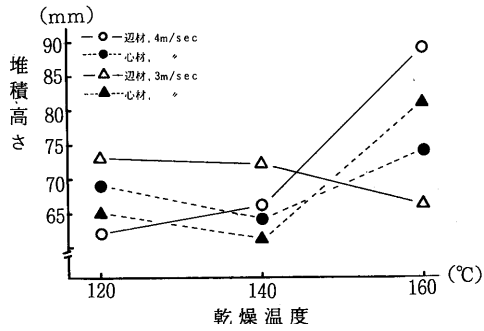


図9 乾燥温度と堆積高さ

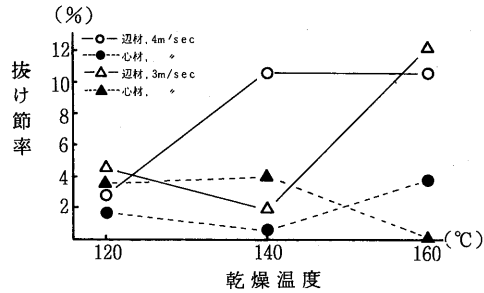


図10 乾燥温度と抜け節率

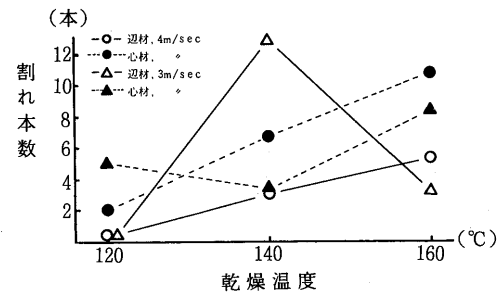


図11 乾燥温度と割れ本数

本数を求めました。

乾燥温度と堆積高さの関係を図9に示します。風速3m/secの辺材を除き、160の時に堆積高さの値が大きい、すなわち狂いが大きく、120、140ではほとんど差はありません。また、風速およびダンパ開き度と堆積高さの間には、いずれも一定の傾向は認められませんでした。

乾燥温度と抜け節率の関係を図10に示します。温度が高くなると抜け節率が大きくなる傾向は若干あるものの、顕著な影響や傾向は認められません。また、風速およびダンパ開き度と抜け節率の

間にも一定の傾向は認められませんでした。

試験中の観察によると、抜け節は乾燥単板がドライヤ出口から落下する時の影響が大きく、すなわち、上段から落下するほど衝撃が大きいため、節が抜け落ちることが多くありました。したがって、抜け節を少なくするには乾燥条件もさることながら、ドライヤ出口で単板を衝撃的に落下させない工夫も必要です。また、その後の単板の取り扱いも大切です。

乾燥温度と割れの関係を図11に示します。風速3m/secの辺材を除き、温度が高くなると割れは多くなる傾向を示しています。また、風速およびダンパ開き度と割れの間には一定の傾向は認められませんでした。

一般的には乾燥条件が厳しくなるほど、すなわち温度が高くなるほど、風速が大きくなるほど、または、ダンパを開くほど急激な乾燥となるため割れが多くなると考えられます。しかし、今回の試験では温度の影響は若干みられたものの、風速とダンパ開き度の影響はほとんどありませんでした。この傾向は割れだけではなく、狂い、抜け節率を含めた単板品質全体にみられた傾向です。これは、今回の供試単板の厚さがかなり厚く、大きさも比較的小さかったため、全体に狂い、抜け節、割れなどの欠点は少なくなり、また、乾燥条件による影響もそれほど顕著には現れなかったものと考えられます。

カラマツ単板の乾燥性

カラマツ単板の乾燥性はラワン単板に比べ特に悪くはありません。初期含水率から乾燥後の含水率までの乾燥速度の平均値は、図2をみて分かるように、乾燥温度160、風速4m/secの条件で辺材はおおよそ4/min、心材はおおよそ3%/minです。これらの値はほぼ比重に見合った値です。辺材と心材で差があるのは、辺材は乾燥が容易な自由水の割合が高いため、初期含水率が同じであれば乾燥速度にほとんど差はありません。

また、カラマツ単板は一般的に狂いが大きいと

考えられていました。ラワン単板と比べるとその傾向はあります。しかし、厚さがある程度厚いと（経験的には2mm以上あると）合板製造上で特に問題となるような狂い、割れなどはありません。むしろ、辺、心材で初期含水率に大きな差があることのほうが問題で、ドライヤの前で分ける必要があります。幸いカラマツは材色が明確に異なるため肉眼による分類は可能です。

総合的にみると、確かにラワン単板と比べ、使いにくいことは否定できません。しかし、最近盛んに新聞紙上をにぎわしている資源保護、環境保護を考えると、南洋材をいつまでも大量に使用できるわけではありません。そのための準備を始めても決して早過ぎることはないと思います。

（林産試験場 合板科）