

天然乾燥促進試験（第一報）

— 高山市における送風および加熱の効果について —

野 原 正 人

I まえがき

木材の天然乾燥は、乾燥経費の節減および乾燥歩止りの向上を目的として一般に実施されている。しかし、全く自然のまま放置すれば、目的とする含水率まで乾燥するのに相当長期間を必要とするため、何んらかの人為的な手段によって天然乾燥を促進しようとする試みが、すでにいくつか実施されている。

棧積側面に設置された移動式ファンによって棧積全体に送風する方法¹⁾、棧積自体を振動させて材間の通風を増加させる振子式乾燥法¹⁾、および太陽熱を有効に利用するために透明プラスチックで室を設け、室内空気を強制的に循環させる方法³⁾⁴⁾⁵⁾、またこのような室内に補助加熱管を設置して、夜間または低温時に加熱する人工乾燥室との折衷方法²⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾、などである。

しかし、これらの方法はいずれも設備に多額の経費を必要とし、大量の材を天然乾燥する場合には実施が困難である。

そのため、本試験においてはなるべく簡易で設備費も安く、現場的に実施可能な点に重点をおいて、固定された送風機による棧積への強制送風効果⁹⁾、および電熱線による簡易加熱効果について検討を加えた。

本試験は、我国としては山国気候区で寒冷地に属する高山市において実施し、引続いて内陸的気候区に属する美濃市においても実施しているが、ここでは高山市における試験結果についてのみ報告する。

なお、本試験を実施するにあたり、快く供試材を提供された飛騨産業株式会社の関係者の方々に心から感謝の意を表する。

II 送風試験

2.1 試験方法

2.1.1 供試材と棧積方法

供試材は飛騨地方産のブナ材を用い、長さ210cm、巾7~10cm、厚さは30mmと40mmの2種類に製材した。

棧積は、厚さ2.5cmの棧木を用い、巾190cm、高さ200cmの大きさ2本とし、1本は自然のまま、他の1本には送風機により送風した。

送風には、径60cmの6枚羽、プロペラファンを用い、1HPのモーターに直結した。

棧積およびファンの配置は図-1に示すとおりである。

2.1.2 測定方法と試験回数

含水率の減少経過を測定する試験材は、巾10cm、長さ60cmとし、棧積の地上高120cmと180cmの2ヶ所を横断して、辺材、心材を交互に設置した。（試験材の横方向の間隔は1.5cm）

試験材の乾燥経過は原則として週1回重量を測定し、試験終了後に試験材の中央部より巾2cmにと

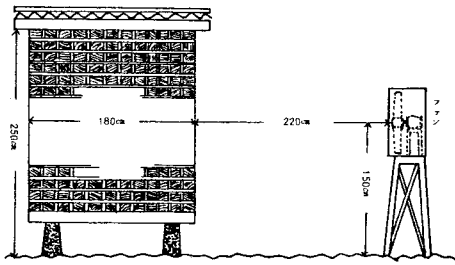


図-1. 棧積およびファンの配置

表-1. 試験回数と試験期間

樹種	板の厚さ	開始年月日	終了年月日
ブナ	30 mm	42. 5. 11	42. 7. 10
"	"	42. 7. 20	42. 11. 24
"	"	42. 12. 4	42. 4. 25
"	"	43. 1. 13	43. 5. 9
"	"	43. 4. 25	43. 8. 29
"	40 mm	43. 7. 8	43. 12. 16
"	"	43. 1. 13	43. 5. 9

った試験片から絶乾法で含水率を求め、各測定時の含水率を算出した。

また、含水率を測定する試験材の中央部1カ所について、厚さ、巾を測定し、気乾および絶乾収縮率を求めた。

試験の回数および期間は表-1に示すとおりである。

なお、ファンによる送風は、午前9時より午後5時までとし、日曜、休日および雨天の場合は送風を中止した。

2.2 試験結果および考察

2.2.1 送風による材間風速の変化

自然状態の棧積と送風した棧積の材間風速分布を図-2に示す。

比較的風の弱い日に測定したものであるが、自然状態の材間風速は平均 50cm/sec であり、棧積の位置による風速のむらはほとんど認められなかった。

それに比較して、送風している棧積は強い所で 250cm/sec 、弱い所で 30cm/sec と、棧積の位置によって非常に大きな風速のむらが認められるが、平均すれば 1m/sec 以上となり、自然状態の材間風速に比較して2倍以上の値を示している。

ファンの位置が、地上高120cmであり、棧積の高さの割に若干高すぎたため、棧積下段の風速が少なくなっている。

天然乾燥の場合、棧積上部より下部の乾燥がおくれることから、ファンの位置はなるべく低くして、下部の風速を強くすることがより送風の効果を増すことになると考えられる。

材間風速は、自然の風速に影響されるため、送風による材間風速が常に自然の2倍以上になるとは考えられないが、試験期間中を平均すれば、送風した場合の材間風速は相当大きくなるものと思われる。

2.2.2 含水率の減少経過

7月20日に乾燥を開始した30 mm板心材の乾燥経過を図-3に示す。

含水率30%以上の高含水率域における乾燥経過は、送風した場合自然の状態に比較して非常に早くになっている。

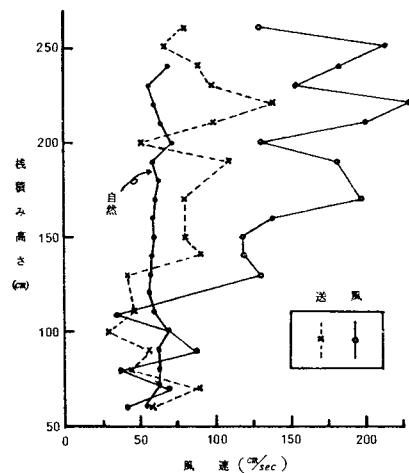


図-2. 送風による材間風速分布

また、含水率が25%程度になると、乾燥はほとんど進まず、平衡状態となるが、この時の含水率は自然状態に比較して送風した方が5~7%低くなっている。

棧積における上段、下段の差は、初期含水率が異なるため明確ではないが、風速の大きい上段の方が送風効果は大きいようである。

図-4は、5月11日に乾燥を開始した30mm板の辺材および心材の乾燥経過であるが、これは棧積の上下段に設置した14枚の試験材を平均して示したものである。

5月の場合には、自然のままでも非常に速く乾燥するため、送風の効果はあまり目立たないが、辺材、心材とも含水率40%までの乾燥速度は、送風した場合相当大きくなっている。

また、辺材と心材を比較した場合、送風の効果は辺材の方が大きく、その効果も心材より低い含水率まで認めることができる。

平衡状態に達する含水率も7月の場合と同じく送風した方が若干低くなっている。

次に、天然乾燥の条件としては最も悪い1月に乾燥を開始した30mm板および40mm板、心材の乾燥経過を図-5に示す。前図と同じく棧積上下段の試験材14枚を平均して示したものであるが、気温が低いため高含水率域の乾燥もおそく、ほとんど直線的に含水率が減少している。

送風の効果は、30mm板、40mm板ともに夏季に送風した場合ほど顕著ではないが、高含水率域の送風効果が低含水率域まで継続されるため、仕上り時の含水率はやはり自然条件に比較して5%ほど低くなっている。

2.2.3 乾燥むら

5月11日および4月25日に乾燥を開始した30mm板心材の棧積内部における含水率分布の変化を図-6に示す。

自然の場合は、初期含水率のむらがそのまま

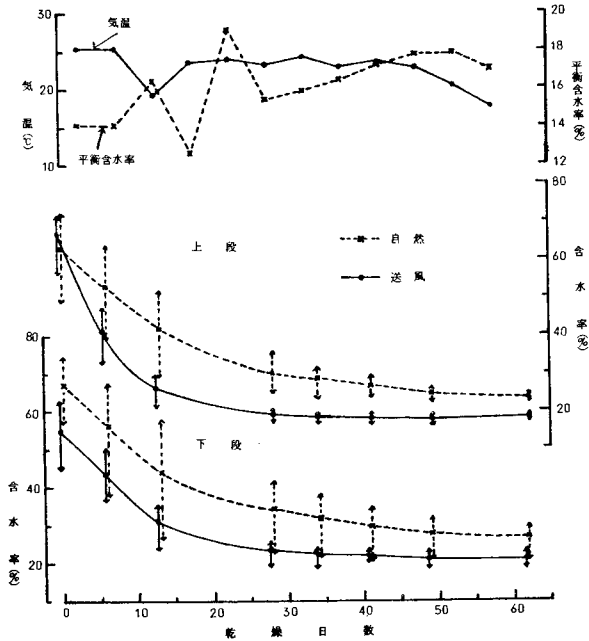


図-3. プナ30mm板心材の乾燥経過 (7月20日乾燥開始)

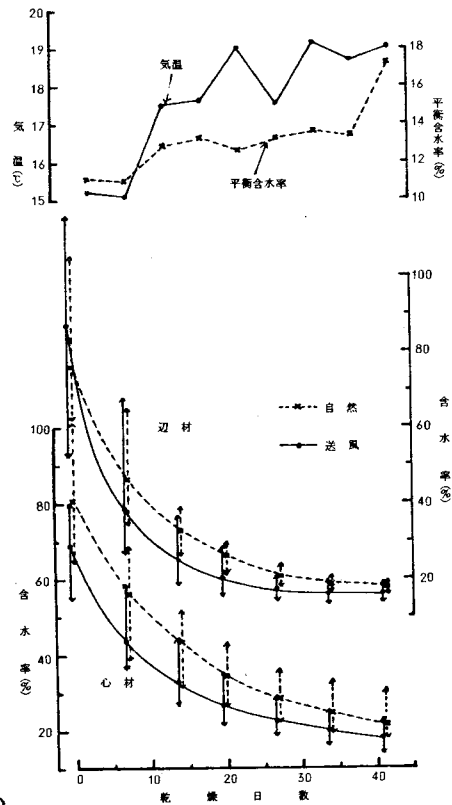


図-4. プナ30mm板、辺、心材の乾燥経過 (5月11日乾燥開始)

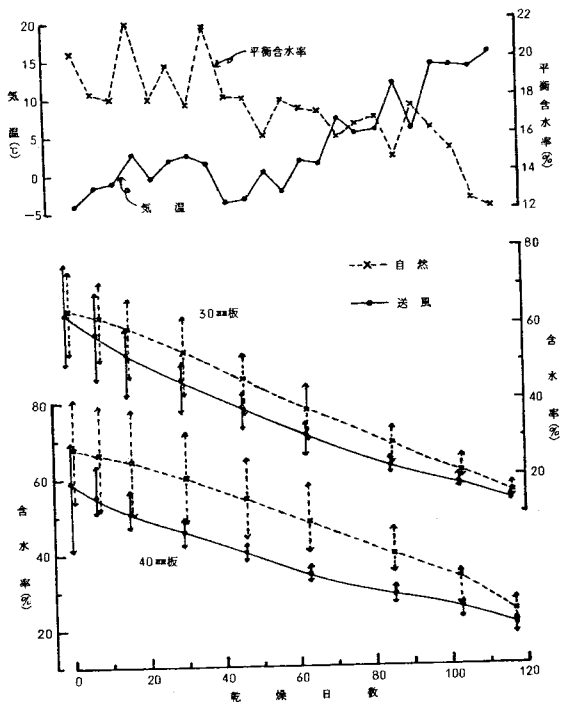


図-5. プナ30mm板, および40mm板の乾燥経過 (心材, 1月13日乾燥開始)

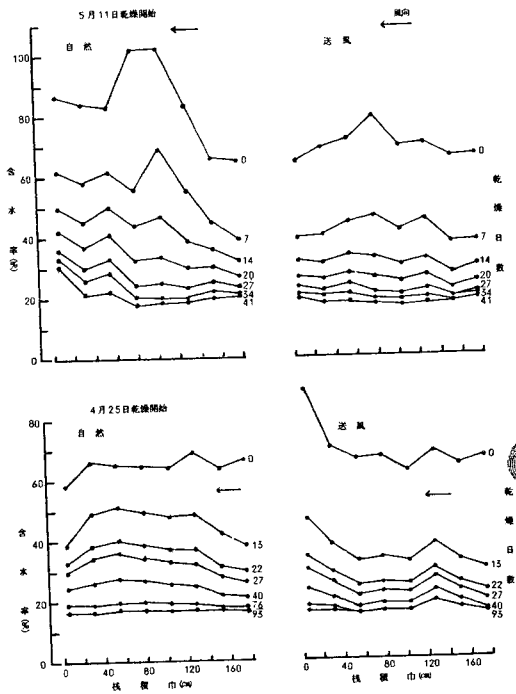


図-6. 積層内部の含水率減少経過 (プナ, 30mm板, 心材, 積層上段)

長く継続される(5月開始の場合)とともに、積層中央部の乾燥おくれが大きい(4月開始の場合)ため、積層全体の乾燥むらが大きく、含水率の均一化をまつ時間も相当見込まなければならない。

しかし、送風した場合は初期含水率のむらも早い時期に解消されるとともに、中央部の乾燥おくれも少ないため、積層全体の含水率が比較的むらなく低下する。

2.2.4 乾燥速度

先に示した平均含水率減少曲線から、1日あたりの含水率減少量、すなわち乾燥速度を求めて、図-7に示す。

同図における一枚板の乾燥速度は、本試験とは別に、積層をしない一枚板の状態 で月別の乾燥経過を測定(試験材の寸法、巾10cm、長さ60cm、厚さ20および40mm、両木口は銀ニスによりコーティング)したものであり、実施年度は本試験と異なるが、乾燥開始が時期的に近いものをひろって、送風した場合の乾燥速度と比較するために示したものである。

5月開始の場合は、高含水率域において送風と、自然の差が大きく、1.5~2倍近い乾燥速度を示している。

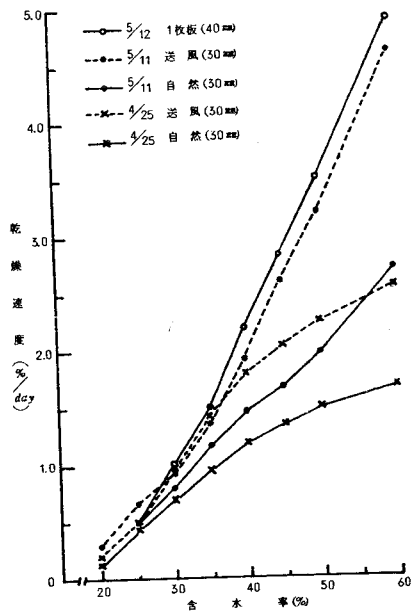


図-7. 乾燥速度の比較

4月に開始した場合は、5月ほどの差はないが、送風した方が自然の約1.5倍の乾燥速度を示しており、低含水率まで同じような比率で送風効果が認められる。

一枚板の乾燥速度と比較してみると、5月の場合ほとんど同じであり、4月の場合も気温の低い高含水率域では一枚板より乾燥速度は小さいが、含水率40%以下においてほとんど同じ速さを示している。

送風の効果は、前述のように棧積中央部の乾燥おくれを解消するとともに、風速の増加により水分拡散が良好となり、乾燥速度自体も向上するため、棧積全体の乾燥速度が一枚板の乾燥速度に近づくものと考えられる。

2.2.5 乾燥時間

各試験において初期含水率が異なるため、心材の平均含水率減少曲線を80%まで延長し、含水率30%および25%に達するまでの日数を求めて、含水率80%からそれぞれの含水率までに要する心材の乾燥日数として表-2に示した。

送風の効果が最も大きいのは30mm板を7月に開始した場合であり、含水率80%から30%までの乾燥日数は、自然状態の約40%まで短縮されることになり、25%まで乾燥するとすれば、約3分の1の期間に短縮することができる。

乾燥条件の良い5月に開始したものは、前述のように送風した場合乾燥速度は自然に比較して1.5~2.0倍なるが、自然状態の乾燥速度も大きいため、短縮率としては、あまり大きくない。

また、乾燥条件の悪い1月に開始した場合は、30mm板および40mm板ともに送風による短縮率は約3割程度であるが、乾燥時間が長いために、短縮される日数では40~50日と非常に大きくなっている。

2.2.6 収縮率および狂い

各試験における巾方向と厚さ方向の全乾収縮率を表-3に示す。

試験材の木取りが一定でないため、

板目方向、柾目方向の収縮率として示すことはできないが、巾方向、厚さ方向とも、自然状態と送風したものと間に差を認めることはできなかった。また、天然乾燥終了後の狂いなどの材の損傷においても、両者の差は全く認めることができなかった。

送風による天然乾燥の促進では、収縮率や材の仕上り状態に影響する程の問題はないようである。

2.2.7 乾燥経費

乾燥時間の項で述べたように、送風により乾燥時間は20~70%短縮されるが、乾燥経費は人為的手段を加えるだけ、自然の場合より高くなる。

ブナ30mm板心材の自然状態と送風の場合について表-4に直接乾燥経費の比較を示す。

製材製品の価格は、高山市における家具用ブナ材の平均価格に棧積作業費および天然乾燥中の防虫を目的とした薬剤処理費を加算したものである。

表-2. 自然と送風の乾燥日数の比較
ブナ心材(生材80%に換算)

板厚	開始 月日	棧積 種類	30%まで		25%まで	
			日数	比率	日数	比率
30mm	4/25	自然	36	100.0	46	100.0
		送風	22	61.1	28	60.9
	5/11	自然	24	100.0	32	100.0
		送風	19	79.2	24	75.0
	7/20	自然	42	100.0	68	100.0
		送風	17	40.5	22	32.4
1/13	自然	117	100.0	130	100.0	
	送風	80	68.4	91	70.0	
40mm	7/8	自然	45	100.0	58	100.0
		送風	29	64.4	37	63.8
	1/13	自然	149	100.0	156	100.0
		送風	98	65.8	125	80.1

表-3. 全乾収縮率の比較

(%)

区 分	厚 さ 方 向				巾 方 向				
	心 材		辺 材		心 材		辺 材		
	自 然	送 風	自 然	送 風	自 然	送 風	自 然	送 風	
30mm板	4月	9.1	9.8	7.1	6.9	9.3	7.4	8.0	8.0
	5月	10.6	11.4	7.4	6.2	7.2	6.2	8.7	9.8
	7月	6.6	7.5	8.1	6.4	10.0	8.9	7.2	7.5
	12月	7.3	6.6	9.9	7.2	8.3	9.4	7.1	7.5
	1月	10.8	10.1	8.6	10.0	7.0	5.7	6.9	5.3
40mm板	7月	12.0	11.3	9.1	8.8	6.4	6.8	5.8	4.0

表-4. 乾燥経費の比較

(厚さ30mmブナ心材, 1m³を80%から25%まで乾燥する場合)

開始月日	棧積種類	乾燥日数	乾燥材の利息	維持管理費	電力費	設備償却費	合 計
4/25	自 然	46	184 (円)	92 (円)	- (円)	- (円)	276 (円)
	送 風	28	112	56	196	84	448
5/11	自 然	32	128	64	-	-	192
	送 風	24	96	48	168	72	384
7/20	自 然	68	272	136	-	-	408
	送 風	22	88	44	154	66	352
1/13	自 然	130	520	260	-	-	780
	送 風	91	364	182	637	273	1456

- 註 (1) 製材製品の価格は、棧積費、防腐処理費を加えたもの 24,000円/m³
 年利6分5厘として 1日約4円/m³
- (2) 屋根、土台、棧木など1年 700円/m³ 1日約2円/m³
- (3) 0.75KW×8時間 1KWを4.5円とすると 1日約7円/m³
- (4) ファン20,000円を5年で償却 1日約3円/m³

維持管理費は、棧積の屋根につかう亜鉛引鉄板、棧木および土台などの損耗を補充するためのもので、高山市内における工場の平均的な金額である。

送風する場合は、電力費が大きいため、1日1m³あたりの乾燥経費は、自然の約2.7倍になり、7月に開始した場合のように乾燥期間が1/3程度まで短縮されると、送風した方が乾燥経費は少なくなるが、それ以外はやはり送風により乾燥経費は高くなる。

しかし、天然乾燥場の面積が狭くてもすむ、材料の回転が速くなるなど、直接経費以外の利点を考えれば、その差はもっと小さくなるものと思われる。

III 加熱試験

3.1 試験方法

3.3.1 供試材と試験回数

供試材には、飛騨地方産のブナ材を用い(気乾比重 0.53~0.64)、製材方法は長さ210cm、巾7~15cmとし、厚さは30mmと36mmの2通りとした。

厚さ30mm板は、昭和44年10月21日から昭和45年2月19日まで、厚さ36mm板は昭和45年2月2日から昭和45年5月18日まで、各1回試験を実施した。

3.1.2 棧積および測定の方法

棧積の大きさは、長さ210cm、巾190cm、高さ200cmのもの2本とし、1本は自然のまま、他の1本には電熱線を設置した。なお、使用した棧木は厚さ2.5cmである。電熱線および試験材の設置方法は図-8に示すが、加熱に用いた電熱線は、農業の温床に用いるものであり、容量500W、長さ20m、太さ約10mmのゴム被覆線2本である。

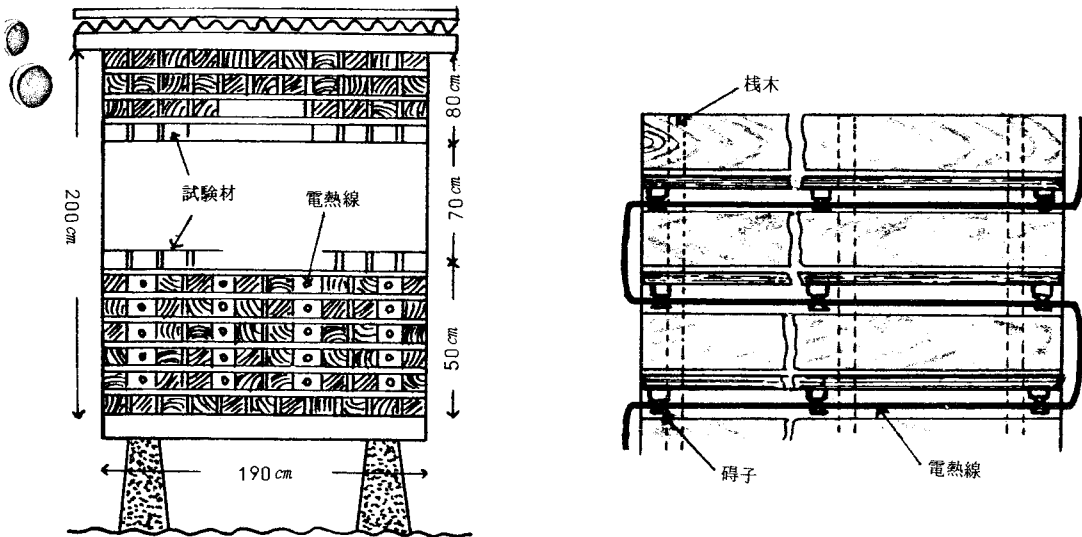


図-8. 電熱線および試験材の設置方法

電熱線の設置場所は棧積の下端1/3であり、板と板の間に碇子で固定した。

含水率減少経過および収縮率を測定する試験材は長さ60cm、巾10cmとし、(横方向の間隔1.5cm) 棧積の上下段2個所に辺材、心材を交互に設置した。

電熱線による加熱は、全乾燥期間を通じて連続的におこない、含水率の減少経過は原則として週1回試験材の重量を測定し、試験終了後、絶乾法により含水率を算出した。

また、収縮率は、含水率を測定した試験材の中央1個所について巾方向および厚さ方向の気乾収縮率および絶乾収縮率を測定した。

3.1.3 棧積内部の温度測定

加熱による棧積内部の温度変化を測定するため、図-9に示す位置に測温抵抗体を設置し、記録計により温度を記録した。

3.2 試験結果および考察

3.2.1 加熱による棧積内の温度変化

含水率60~50%のときの棧積内の温度を図-10に示す。

これは試験材を設置した場所における温度から一日の平均

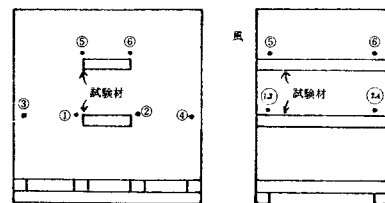


図-9. 棧積内の温度測定位置

値を求めて示したものであるが、
 棧積の上下により相当の温度差
 が認められる。

電熱線の設置してある下段の
 試験材位置は気温より10℃程高
 い値を示しているのに比較して、
 上段の試験材位置では気温と同
 じか、あるいは若干高くなって
 いるにすぎない。

下段の温度と気温との差は、
 気温の変化にほとんど関係なく、
 常に同じ程度の差を示している
 が、風による影響が大きく現わ

れている。気温が高くても風の強い時は温度差が小さく、また気温が低くても風の弱い時は加熱部の
 気温は高くなっており、電熱線の熱が風により棧積外部に持ち去られていることを示している。

表一五に各測定位置の温度分布を示す
 が、風の影響はここにもよく認めること
 ができる。12月2日は気温の高い割に加
 熱部との差が少なく、これは2 m/sec の
 風が影響しているためであり、12月5日
 は気温は低いが加熱部の温度は高く、風
 が弱いために熱が逃げないことを示して
 いる。

また、棧積内部における温度の変化す
 る巾は、気温のそれより2~3℃ほど小
 さくなっており、最高、最低を示す時間
 は気温より2時間ほどおくらせて現われる
 ことが認められた。

3.2.2 乾燥経過

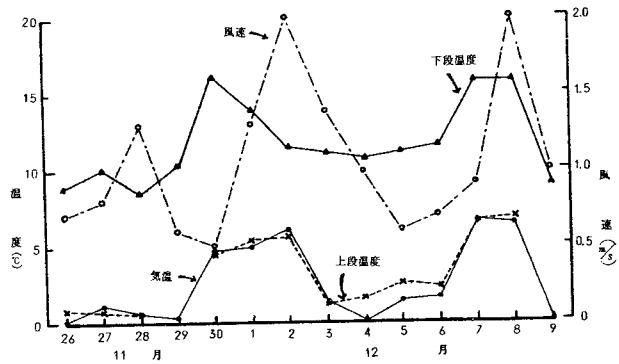
図一十一にブナ30mm板を10月21日から開
 始した場合の心材の乾燥経過を示す。

加熱の効果は非常に大きく、ことに下
 段の場合は乾燥速度および、平衡状態に
 達する含水率にも大きな差が認められる。

自然の場合は、上下段とも含水率40%
 くらいから平衡状態となるが、加熱した
 場合は上段でも約30%、下段では約20%
 までスムーズに含水率は減少している。

下段の場合、生材(80%)から35%まで
 の乾燥時間をみると、加熱により約1/2に
 短縮されている。また上段の場合でも約
 1/4に短縮されている。

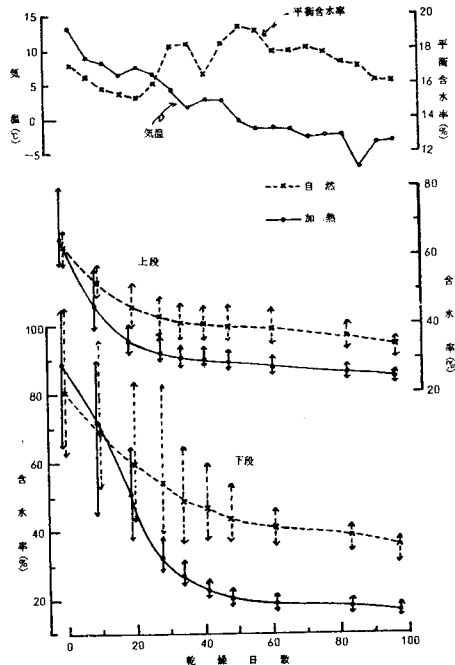
図一十二はブナ36mm板を2月に乾燥開始
 した場合の含水率減少経過であるが、乾



図一10. 加熱したときの棧積温度変化
 (一日の平均温度)

表一五. 棧積内の温度分布

位置 日時	温度 (°C)					
	1	2	3	4	5	6
11月28日17時	10	9	8	9	1	1
11月30日13時	16	16	14	9	1	1
12月2日15時	13	13	13	14	10	9
12月5日15時	14	12	10	12	3	2
12月8日15時	14	11	11	11	7	7



図一11. 加熱と自然の乾燥経過の比較
 (ブナ, 30mm板, 心材, 10月21日乾燥開始)

燥初期の高含水率時の気温が低いため、加熱の効果がより顕著に現われている。

しかし、乾燥後期において気温が上昇し、自然の場合でも乾燥速度が大きくなるため、生材から35%までの乾燥時間短縮率は10月に開始した場合より小さくなり、約 $\frac{1}{3.5}$ ほどとなっている。

3.2.3 乾燥むら

次に棧積内部の乾燥むらであるが、図-13に30mm板心材の棧積下段における各測定時の含水率分布を示す。

自然の場合は、棧積中央部、ことに風下側の乾燥がおくれ、乾燥開始後34日目では外側と中央部の差は28%、60日目でも12%の差が認められる。加熱した場合は、棧積中央部の方が速く乾燥し、外気に接している側面の方がおくられている。しかし34日目以降の差は、5~6%となり、自然の場合の乾燥むらより少なくなっている。

3.2.4 収縮率

含水率を測定した試験材の中央部で収縮率を測定したが、試験材の木取り方法が一定でないため、表-6は全乾時の面積収縮率で示した。

心材、辺材ともに加熱した方が自然より若干収縮率は少なくなっている。

これは、乾燥終了時の含水率が自然の方が相当高いまま、加熱と同時に100℃により全乾にしたため、自然の場合の収縮率が増加したものと思われる。

いずれにしても、両者の収縮率には大きな差はないものと考えられる。

3.2.5 電熱加熱の熱効率

天然乾燥における加熱の効果は、前述したように乾燥期間の短縮、乾燥むらの減少、および仕上り含水率の低下など種々の点で認めることができるが、電熱線を設置した下

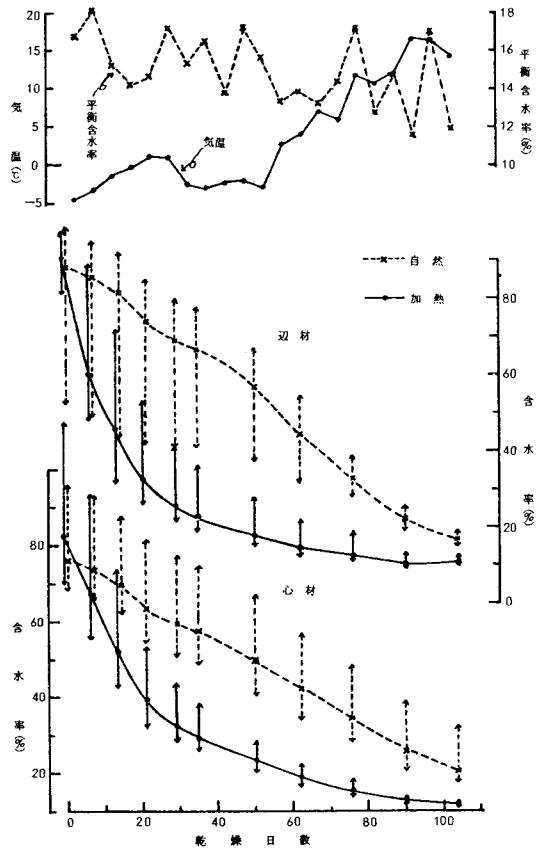


図-12. 加熱と自然の乾燥経過の比較
(ブナ36mm板、棧積下段)
(2月2日乾燥開始)

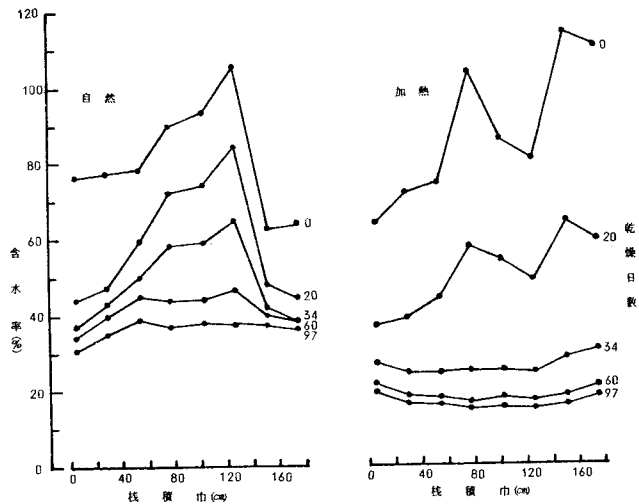


図-13. 棧積内部の含水率減少経過
(ブナ30mm板、心材、棧積下段)

段に比較して棧積上段はこれらの効果も少なくなっている。

棧積全体に均一な加熱効果を期待するためには、この大きさの棧積(3 m³)の場合に2 kWの電熱線を配置することが必要であると思われる。

次に加熱した場合の熱効率であるが、前述の考えから1 kWの電熱線で1.5 m³の材を加熱するものと

し、同一期間の間に減少した水分量の自然状態と加熱した場合の差をもって熱効率を算出した。

図-14に30mm板および36mm板の熱効率を示すが、含水率の高い乾燥初期には熱効率も比較的高く、30~45%であるが、含水率が減少するにしたがって熱効率も低下し、50日目には15%となっている。

また、36mm板の場合は自然の乾燥速度が小さいため、30mm板に比較して熱効率が大きくなっている。

このように、加熱の効果は板の厚さより、乾燥する時期に、より大きく影響され、気温が低く、風の少ない時期で、しかも熱効率の大きい乾燥開始後1ヵ月程度に最も加熱効果が大きく現われるようである。

3.2.6 加熱による乾燥経費

電熱線により加熱した場合の乾燥経費は、当然自然のままに比較して高くなる。

表-7に、生材から含水率35%まで乾燥するに要する木材1 m³あたりの乾燥経費を示すが、10月に乾燥を開始した30mm板では自然の2倍、2月に開始した36mm板では約4倍となる。

これは全乾燥期間を通じて加熱しているためであり、前述のように加熱の効果が大きい乾燥初期や、気温の低い時期のみに加熱し、低含水率になった場合あるいは風の強い時期には、加熱を中止するようにしてより少しは乾燥経費の軽減をはかることができるものと思われる。

IV まとめ

木材の天然乾燥を促進するため、棧積側面に設置した送風機により、強制的に風を送った場合、および棧積内部に温床用の電熱線を設置して加熱した場合の効果について、ブナ材を用い種々検討を加えた。

本報はそのうち高山市で実施した試験につ

表-6. 全乾収縮率の比較

(下段・面積収縮率)

樹種	厚さ (期間)	心材		辺材	
		自然	加熱	自然	加熱
ブナ	30 mm (10月~2月)	16.8%	15.6%	15.1%	14.6%
	36 mm (2月~5月)	15.8	15.4	14.5	13.6
	30 mm (1月~3月)	15.6	13.8	14.9	13.3

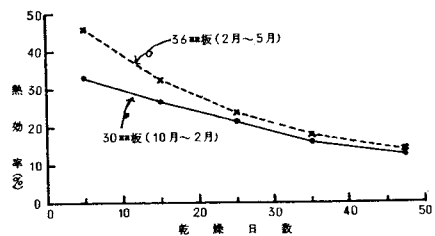


図-14. 電熱加熱における熱効率
(1 kW/1.5 m³)

表-7. 生材より含水率35%までの天然乾燥費

(1 m³当り)

厚さ	種別	所要日数	利息	維持管理費	電力費	計
30 mm (10月~2月)	自然	88日	352円	176円	—円	528円
	加熱	14	56	28	1,008	1,092
36 mm (2月~5月)	自然	71	284	142	—	426
	加熱	22	88	44	1,586	1,716

註) 利息 24,000 円/m³ 年利 6.5 分 1 日約 4 円/m³
 管理費 屋根板、土台、棧木など 1 年 700 円/m³ 1 日約 2 円/m³
 電力費 1 kW/1.5 m³ 4.5 円/kWh 1 日約 72 円/m³

いてのみ報告したものであるが、その結果を要約すると次のとおりである。

送風試験

1) 1Hのファンを用いて送風した場合、棧積内の材間風速は $250 \text{ cm/sec} \sim 30 \text{ cm/sec}$ 平均 100 cm/sec となり、位置によるむらは多いが、自然(50 cm/sec)の約2倍の材間風速を示した。

2) 送風することにより、初期含水率のむらは早く解消し、棧積中央部の乾燥おくれも少なくなり、自然状態に比較して均一に乾燥することが認められた。

3) 送風により、生材(80%)から含水率30%までの乾燥時間は、夏季約 $\frac{1}{3}$ に、冬季で約 $\frac{2}{3}$ に短縮された。

また、平衡状態となる含水率は、送風した場合自然状態より5~7%低い値を示した。

4) 送風した場合の乾燥経費は、電力費が大きな比重を示すため、自然状態より高くなるが、乾燥時間が $\frac{1}{3}$ に短縮された7月に乾燥を開始した場合は、送風した方が乾燥経費が少なくなる。

加熱試験

1) 電熱線で加熱することにより、棧積内部の温度は気温より約 10°C 高くなる。しかし風によって棧積内部の熱が外に逃がされるため、風の影響が大きく認められた。

2) 棧積内部に電熱線を設置して加熱しているため、棧積中央部が早く乾燥し、自然状態に比較して乾燥むらが少なくなった。

3) 加熱することにより、生材(80%)から含水率35%までの乾燥時間は、 $\frac{1}{3.5}$ (2月開始) $\sim \frac{1}{4}$ (10月開始)に短縮された。

4) 全乾燥期間を通じて加熱しているため、乾燥経費は当然高くなり、10月開始の場合は自然の約2倍、2月開始の場合は約4倍となった。

文 献

- 1) 満久崇磨：木材の乾燥，森北出版（1962）
- 2) 吉田直隆：予備乾燥について，指導所月報，No. 97（1960）
- 3) T. W. Rucker, W. R. Smith: Forced-air drying of lumber research and experimental, F. P. J., Vol. XI, No. 9（1961）
- 4) E. C. Peck: Drying $\frac{1}{4}$ red oak by solar heat, F. P. J., Vol. XII, No. 3（1962）
- 5) E. C. Peck, E. D. Maldorado: Drying by solar radiation in Puerto Rico, F. P. J., Vol. XII, No. 10（1962）
- 6) 寺沢 真：木材の予備乾燥装置，木工生産，Vol. 7, No. 10（1963）
- 7) 大石 尚：太陽熱利用木材予備乾燥について，木材工業，Vol. 20, No. 9（1965）
- 8) 河原田洋二，由利良重，中川 宏：予備乾燥としての簡易乾燥装置について，林産試月報，Vol. 15, No. 173（1966）
- 9) 野原正人：天然乾燥における諸問題，木工生産，Vol. 13, No. 10, 11, 12, Vol. 14, No. 1（1969）