

資 料 の 部

(研究資料)

インターナルファン型乾燥室における 試験結果

寺 澤 眞⁽¹⁾

Research materials

Shin TERAZAWA: On the Experiments in the Dry Kiln of a Internal Fan Type.

I 緒 言

さきに林業試験場研究報告第 60 号をもつて発表した標記型式の乾燥室は、送風機を天井部に取り付け、加熱装置を地下部に設置したもので、インターナルファン型としては多少変形したものであつた。これは送風機が使用できないとき（停電時）、あるいは夜間などに自然対流の状態で使用しうるために本来の特徴を多少犠牲にした感もあつた。しかるに、今回青森営林局古川営林署花山製作所において、送風機および加熱装置を乾燥室の上部に設置した、いわば本型式における代表的型状をもつた乾燥室が建設され（高砂熱学工業株式会社施工）、その性能調査および操作指導のため現地におもむく機会をえて、2 回の乾燥試験をおこなつたので、前回の報告に付加する意味でここに結果のみを発表して参考に供したいと思う。

なお、本実験に際しては現地における行動の便宜を青森営林局水野作業課長、星川、江藤技官、ならびに古川営林署金子署長、鎌田事業部長、相馬栄蔵の諸氏に、また、実験の計画指導は林野庁研究普及課杉下技官に、測定にあたつては高砂熱学工業株式会社佐久間氏、玉川大学学生岡氏らに、また、本乾燥室設計の基礎研究については齋藤木材部長、小倉、黒田科長ならびに乾燥研究室の諸氏に援助をたまわつたことをここに報告するとともに、これらの諸氏に深く謝意を表するしだいである。

II 乾燥室の構造

前述したごとく、光山製材所乾燥室においては、送風機と放熱管を Fig. 1 のように天井部に取り付け、奥行 30 尺、巾 11 尺（レール巾 6 尺）、高さ 13.5 尺で、木造モルタル仕上げ 2 室である（Phot. 1）。熱源としては送風機をはさんで左右に径 1 in、長さ 26 尺のパイプ 10 本を 6 組のヘツダーとして各 3 組ずつ設置し、吸気、排気筒の開孔は天井より 3 尺さがつた左右の壁際に設け、また、ステーミング用パイプは両壁に各 3 段ずつ配置され、送風用扇風機は乾燥室天井部に 24 in のボデザプロペラファンを 5 尺間隔に 6 コおき、おのおのに密閉型 1 HP モーターを直結させ、室外よりダクトで空気を導きモーターを冷却してある（Phot. 2）。付属ボイラーは最大円径 1,090 mm、全長 2,450 mm、伝熱面積 22.8 m² の横置多管式汽缶で、制限圧力は 7 kg/cm² である。

(1) 木材部木材加工科乾燥研究室長

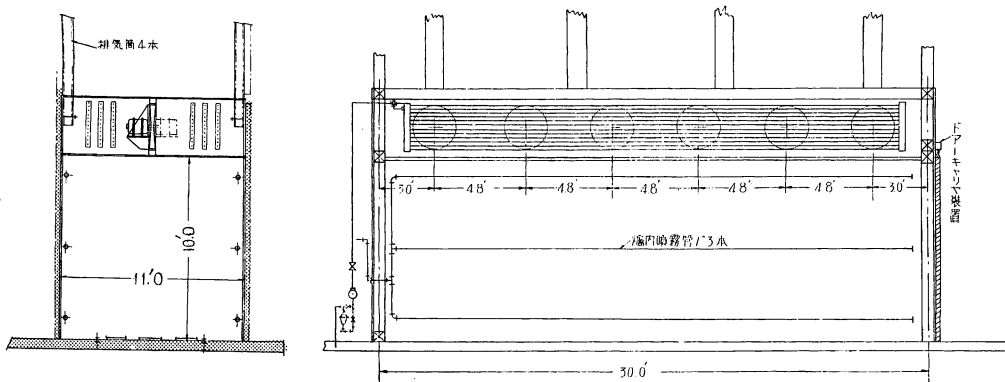
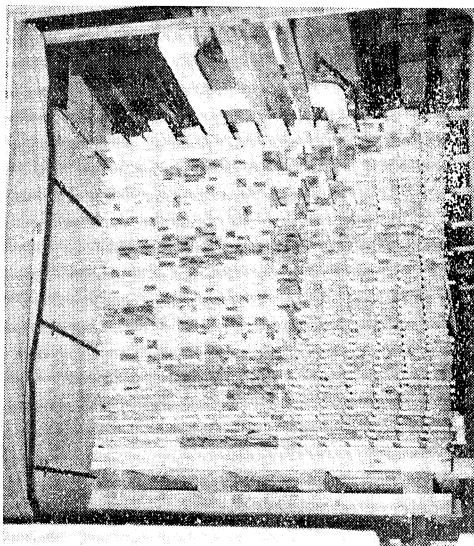
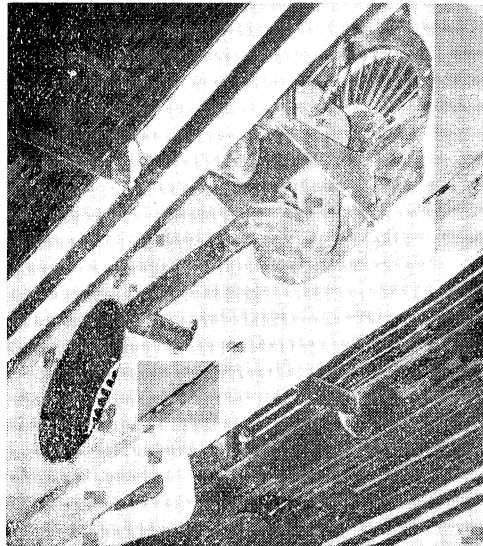


Fig. 1 乾燥室の構造



Phot. 1 乾燥室正面より見た写真



Phot. 2 天上部の構造

Ⅲ 試験方法の概要

乾燥試験には厚さ 7.5 分、板巾 3.7 寸のブナ生材および天乾材を使用し、棧積方法は板の横方向の間隔をあけずに密着積とし、1 段 棧木を使用した。棧積の高さは約 9 尺で 46 段、巾は約 6.5 尺で 18 枚としたので、壁との間隔は約 2.4 尺となつた。風速は熱線風速計を用い、板間隔の中央風速を測定し、温湿度測定は各台車の中央両側に乾湿球温度計をつるし、6 時間おきに測定した。棧積内部の温度は、その場所の乾燥速度に関係が深いので、生材にかざり中央台車に Fig. 2 のように熱電対（・印）を配置して 1～6 時間おきに測定した。試験材（－印）も生材については特に中央だけは棧積を横断して 10 枚入れ、Fig. 3 のように乾燥経過中において取り出せるようにした。乾燥経過中の重量は 12 時間おきに測定し、風向切換えは 12 時間とした。

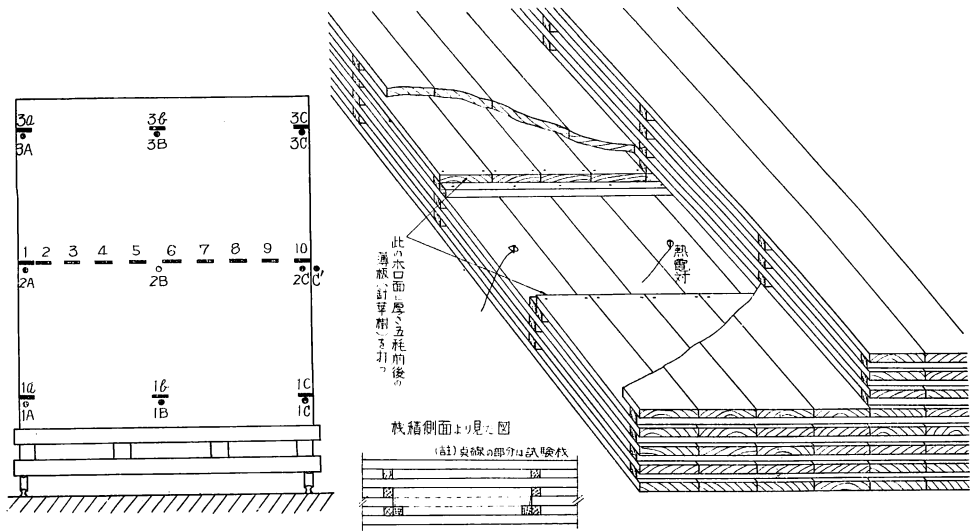


Fig. 2 熱電対および試験材の位置

Fig. 3 棧積内試験材の置き方

Ⅳ 予 備 試 験

乾燥試験をおこなうまえに風速分布を測定した。各台車について一応調べたが室内前後のむらは発見されず、送風機との相対的位置による差があるようなので特に中央台車のみについてこまかく測定してみた。測定はすべて常温時におこなった。Fig. 4 に示すように 1, 2, 3 の 3 箇所について風向を変化させた。

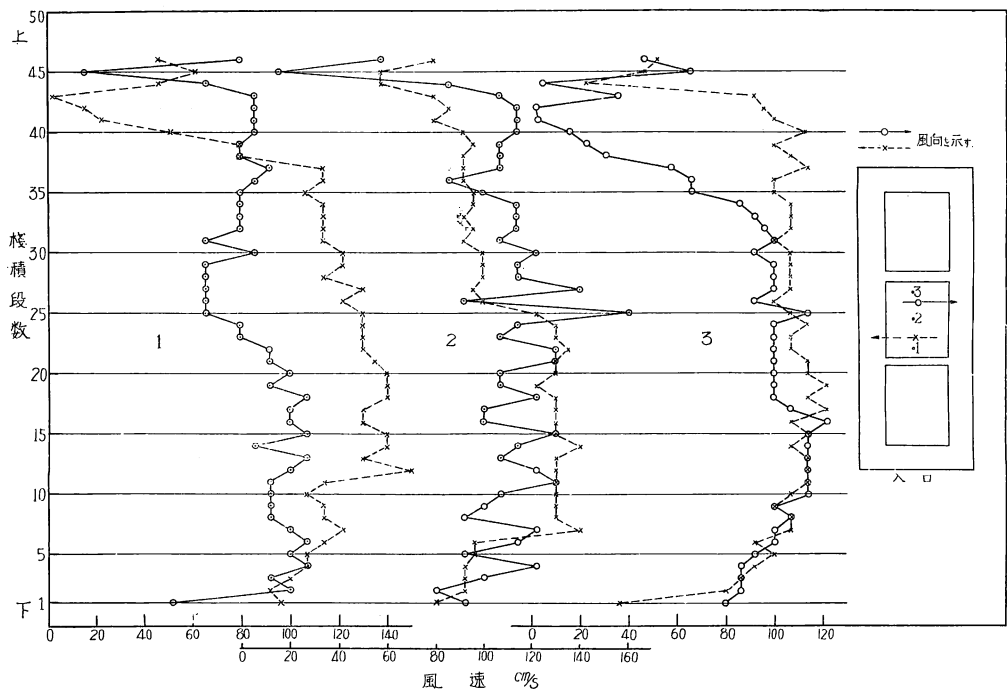


Fig. 4 棧積内風速分布図

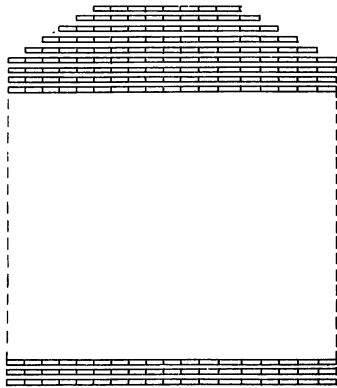


Fig. 5 棧積上部の積み方を変化して風速分布を調べたもの

て測定してみた。1, 2, 3 について多少の差異が認められることは送風機の位置により影響されるものと思われ（送風機は1, 3の真上にあり）、風向きの変化による差異は送風機付近にあるモーターおよびモーター冷却用ダクトのためと思われる。平均して1m/s 前後の風速があるが、上部数段に共通した不良箇所が認められる。これはこの場所で送風機からきた風が下方に吹き込むので渦流が生ずるためと思われる。当场でおこなった基礎実験の場合にも同様のことが認められた。この対策として上部5段だけ Fig. 5 のごとく板の枚数を順次減らして測定してみたが、この部分の風速増加は認められなかった。

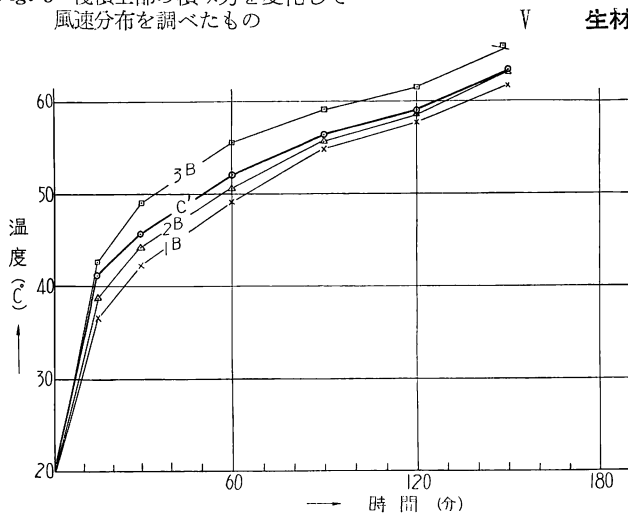


Fig. 6 スターミング中の棧積内温度上昇経過

V 生材の乾燥試験

乾燥試験は7月14日午前8時より開始し、2時間半スターミングをおこない、7月19日午前8時まで5日間おこなった。

1. スターミングによる温度上昇経過

ボイラー容量、蒸着管の配置、棧積法の良否などについて試験するため、生材の乾燥にさきだち初期スターミング中の室内温度上昇および中央台車棧積内の温度を測定した。この期間中は送風をおこ

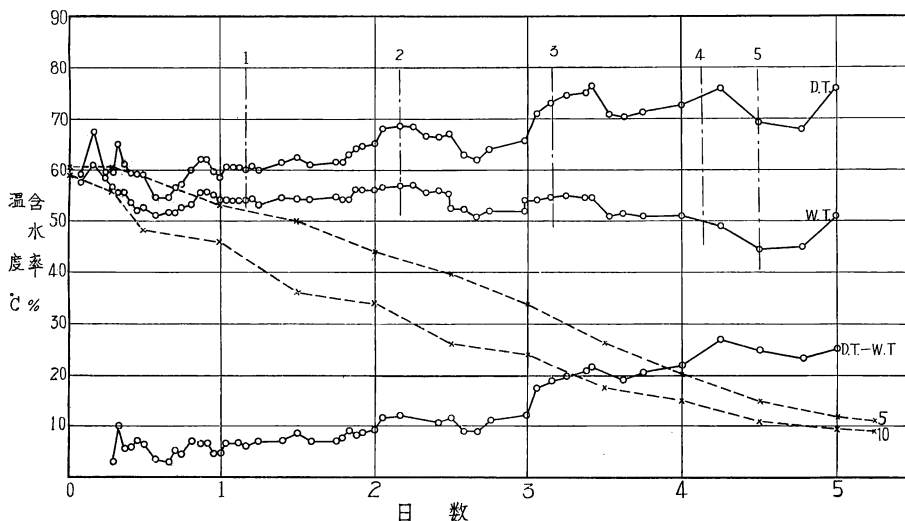


Fig. 7 乾燥経過（温度は吹込み側のもの）

なわなかつた。温度分布は Fig. 6 に示すように上部が高く、下部は低かつたが、その差は 5°C 前後であり、同一高さでは棧積外部と内部との温度差はじつに僅少であつた。この結果から板の横間隔がない場合でも充分に内部まで温度の上昇がおこなわれることが認められた。

2. 乾燥経過

Fig. 7 に示すごときスケジュールで操作した。この間における試験材 1, 2, ……10 の含水率減少状態を Fig. 8 に示す。

3. 試験材部の風速

試験材部の風速は試験材上下で多少異なり、また、風向によつても異なつている (Table 1)。

4. 温度分布

(a) 奥行方向

一般に室内前後の温度差は配管、排気、吸気孔の配置および扉の不良などにより生ずるものである。各台車の中央両側における温度分布を

Table 2 に示す。() は湿球温度。

Table 2 でわかるように室内前後の温度差は $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ できわめて良好といえる。吹込み、吹出し側での温度差は乾燥初期、末期に少なく、中期に最大となつている。この温度差は熱風が棧積通過中、木材中の水分蒸発により熱量を奪われ温度降下を生ずるもので、この種型式の乾燥室において乾燥ムラを論ずる場合最も問題となる。

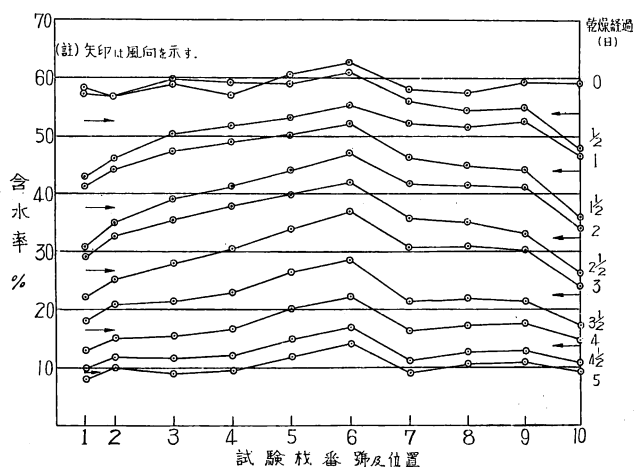


Fig. 8 棧積中央断面における水平方向の含水率減少経過

Table 1.

棧積の位置		風 速 cm/s			
		風 向 $\rightarrow$		風 向 $\leftarrow$	
		試験材の上下	平均	試験材の上下	平均
上	段	$\frac{52}{66}$	59	$\frac{80}{100}$	90
中	段	$\frac{100}{100}$	100	$\frac{100}{100}$	100
下	段	$\frac{86}{92}$	89	$\frac{80}{80}$	80

Table 2.

乾燥開始よりの時間	吹込, 吹出側の別			台 車 位 置		
				入 口 台 車	中 央 台 車	奥 台 車
1/2日	{	吹	込	57.5 (51.2)	59.0 (52.5)	58.0 (52.9)
		吹	出	53.0 (51.0)	53.0 (52.8)	53.0 (51.8)
1 1/2日	{	吹	込	62.0 (53.0)	62.5 (54.2)	62.0 (54.8)
		吹	出	56.2 (52.0)	56.0 (53.5)	56.0 (53.0)
2 1/2日	{	吹	込	66.3 (56.2)	67.0 (55.2)	65.8 (55.2)
		吹	出	59.0 (55.8)	58.7 (55.3)	58.5 (54.5)
3 1/2日	{	吹	込	70.0 (49.0)	71.0 (51.5)	71.0 (52.0)
		吹	出	67.0 (49.0)	66.0 (51.5)	64.0 (51.0)
4 1/2日	{	吹	込	62.0 (40.9)	64.4 (43.0)	64.0 (44.3)
		吹	出	62.5 (40.8)	64.4 (42.4)	64.0 (43.5)

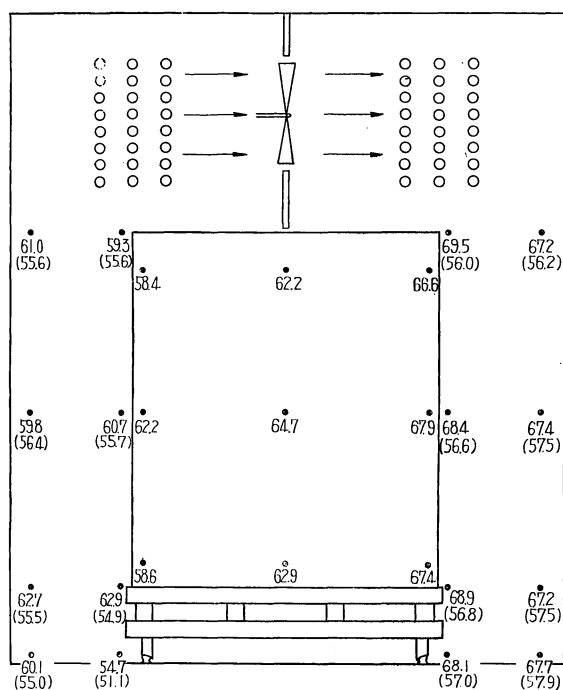


Fig. 9 乾燥室中央断面における温度分布乾燥中期

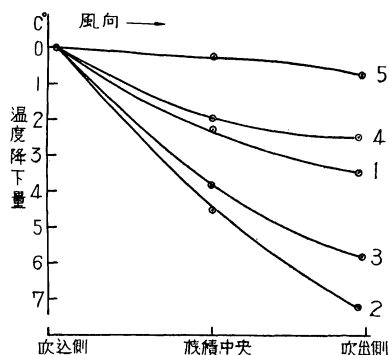


Fig. 10 乾燥経過中の棧積内における風向にそつ温度降下量

側になつて乾燥の進んだ場所を除いてはほぼ一樣になつてゐる。それゆゑに、温度降下の形状もほぼ直線的 (Fig. 10 (2, 3)) になり、この期間には乾燥ムラの量は増大しない。乾燥末期にいたれば、含水率も平衡含水率に近づき、乾燥のおくれた場所のみが蒸発するから全体の温度降下はきわめて少なくなり、この期間には乾燥ムラは減少する (Fig. 10 (4, 5) に示す)。

5. 乾燥結果

(a) 乾燥ムラ

乾燥終了後の各試験材含水率は Table 3 のとおりである。

(b) 断面方向

中央台車の中央断面における乾燥中期の温度分布を Fig. 9 に示す。上部が $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ 高くなつてゐることが認められる。前項(a)でのべた吹込み、吹出し側の温度差については棒状温度計で測定したため、多少不正確な点も考えられるので、熱電対で棧積内部温度降下量について測定した。この結果を Fig. 7 の 1, 2, 5 で示した時間におけるものを Fig. 10 に示す。この際湿球温度の変化はあまりないため、棧積内は乾球温度変化のみにより乾燥条件が決定されと考へてさしつかへなからう。

乾球温度が棧積内で風向にそつて降下する状態は、乾燥初期、中期、末期においてその度合および形状が異なり、これが含水率減少速度と直接関係するが、

Fig. 10 に示されるように初期において温度降下の少ないのはスケジュール自体の乾湿球温度差が少ないためで、風速がさらに弱くとも温度降下は吹込み側の乾湿球温度差以上になりえないといえよう。しかし、このことは吹出し側の乾燥がほとんどおこなわれていないことであり、このような時期に棧積内の含水率ムラは増加していく。乾燥中期には吹込み側の乾湿球温度差がかなりあるため、棧積通過中に熱風は木材水分の蒸発により、熱量をとられても湿球指数にまではさがらない。したがつて、棧積全体にわたつて乾燥がおこなわれるので、乾燥期間中で最大の温度降下を生ずる。この場合、棧積各部の蒸発量は前回まで吹込み

Table 3.

	左	中	右
試験材番号	3a	3b	3c
上 段	6.0 (82.1)	6.2 (83.1)	5.8 (77.8)
試験材番号	1	5	10
中 段	8.0 (58.1)	11.2 (60.5)	9.0 (59.1)
試験材番号	1a	1b	1c
下 段	7.0 (78.9)	8.8 (84.4)	7.0 (77.9)

() は初期含水率

上段, 下段は辺材桁目 中段は心材桁目

Table 4.

段	左 %	中 %	右 %
1	4.5	5.0	5.7
2	6.1	4.0	11.1
3	6.1	7.0	4.5
4*	6.0 (82.1)	6.2 (83.1)	5.8 (77.8)
5	5.0	9.1	4.2

* 上部試験材 3a, 3b, 3c

() は初期含水率

なお, 上部の風速が前述したごとく少ないため乾燥おくれをしらべる意味で, この部分について抜取り試験をおこなった結果を Table 4 に示す。

Table 4 からわかるように特に上部の乾燥が悪いとは思われない。これは上部の温度が比較的高いため風速の少ないことを補足しているためかと思われる。

(b) 乾燥による欠点

本試験ではスケジュールを比較的短時間としたため棧積周辺部に多少の割れが発生することを予想していたが, 乾燥操作の不良により発生したと思われる割れは認められなかった。しかし, 狂いはかなり認められ, 特に上部2〜3段は上からの押さえが弱いためか, 波型のそりが現われた。また, 棧積周辺部に数枚の曲り材が棧積から1〜2寸ほどはみだしていた。

Ⅵ 天 乾 材 の 乾 燥 試 験

生材と比較するため3〜4ヵ月天然乾燥したものについて試験した。実験方法などは生材の場合に準じておこなったが棧積内部の温度および内部試験材の含水率減少過程は調査しなかった。

1. 乾燥経過および結果

初期ステイミングを1時間おこない, 引きつづき Fig. 11 に示すスケジュールで乾燥を終了した。試験材の初期含水率および仕上げ含水率を Table 5 に示す。

また, 上部数段について乾燥状態は Table 6 に

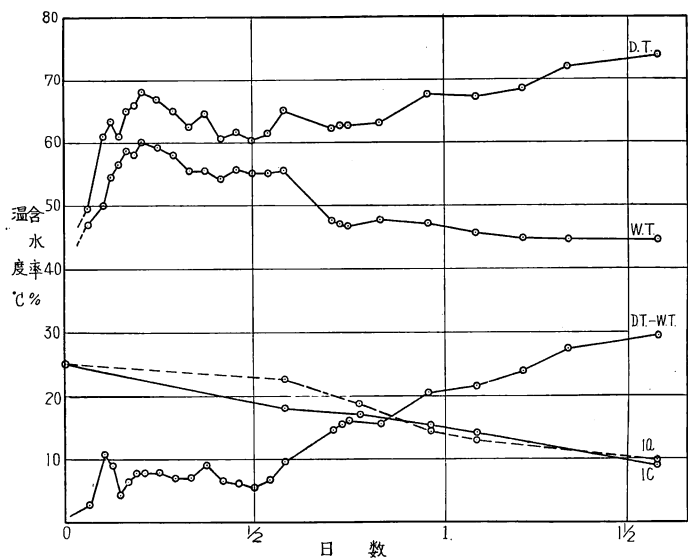


Fig. 11 天乾材のスケジュール

Table 5.

段	左	中	右
試験材番号	3 a	3 b	3 c
上 段	9.2 (27.3)	8.7 (27.4)	8.1 (28.7)
試験材番号	2 a	2 b	2 c
中 段	8.1 (26.9)	6.2 (20.3)	7.5 (21.2)
試験材番号	1 a	1 b	1 c
下 段	8.2 (25.1)	8.9 (24.5)	8.7 (25.1)

() は初期含水率

Table 6.

段	左	中	右
1	9.0	8.2	4.7
2	7.3	6.2	8.0
3	7.8	10.3	7.3
4*	9.2 (27.3)	8.7 (27.4)	8.1 (28.7)
5	9.9	10.4	6.9
6	6.3	8.7	8.1

段数は上より

* は試験材 3 a, 3 b, 3 c

() は初期含水率

示す。

乾燥仕上げ状態は天乾材であつたため生材ほど狂いはなかつたが、乾燥日数を短くするため初期に温度差をつけすぎたためか木口割れが多少生じた。

Ⅶ 考 察

本乾燥室はインターナルファン型の代表的型式をそなえたものであり、さきに林業試験場研究報告第60号で発表した自然換気式兼用型と異なっているが共通した問題も多分にあるため一応前回で結論をえた問題についてははぶくことにする。

1. 風速および風向

この乾燥室の棧積内風速は 80~100 cm/s であるが、吹出し側での温度降下は最大 8°C 前後となり乾燥過程における含水率のむらはかなり認められた。しかし、乾燥終了時におけるむらは縮小され 5% 以内となつて実用上においては充分と思える。このむらをさらに減少するためには棧積巾を狭くするか風速を増加するかであるが、むらを無くすことにより短縮できる時間の限界は 1 日弱と思われるので送風量の増加にともなう電力費および設備費の増加を考えると、一応ブナ床板材の乾燥にはこの程度の風速で満足すべきではなかろうか。

乾燥期間中風向の切換えは 12 時間おきとした。これは前回より風速を大にしたことによるもので、目標としては棧積左右の含水率差が 10% 以上つかぬように切り換えたものである。棧積両側の平均含水率減少速度は、同一空気条件で連続に片循環した場合の吹込み側含水率減少速度に比較しておそくなるが、これを補足しようとすれば多少強いスケジュールで乾燥しなければならないが、この場合には切換え時間をあまりに長くすると表面硬化をおこす危険があり、適当に短く切り換える必要がある。そのため切換え時間はスケジュールの強さにより異なり簡単に決定しかねる問題である。しかし、片循環の場合と同一スケジュールで行い、時間の延長を考慮しない場合にはあまり短時間に切り換える必要はなかろう。従来のスケジュールは自然換気式乾燥室を対象として作られたものであるため、この種の乾燥室にはこれら新たな問題を含めて全然別個の観点からスケジュールを考えなければならぬまい。

2. 設計上の諸問題

(a) 排気筒, ダンパー: この種の乾燥室においては排気筒は送風器の回転方向により排気, または吸気の作用をするが, この室では排気筒開孔部が天井部にあり, しかも送風機からはなれていないため, 排気に作用するときは室内温度の影響もあり, きわめて良好に作用するが, 吸気側のものは, 送風機の吸引作用が弱く, 室内温度による筒内上昇気流にわざわざされ充分な吸気筒の作用を行わなかつた。今後の

設計においては排気筒の高さをできるだけ短くし、室内開孔部を送風機に近づけることが必要と思われる。この際排気筒からたれる凝結水の処理については充分に考える必要がある。ダンパーはこの種の乾燥室においては風圧を受けるため、特に摺り合わせを完全にして、空気もれを防止しなければならない。

（b） 壁体と棧積間隔： Fig. 4 の風速試験でみると下部数段の風速が弱く、その結果多少乾燥がおくれたように思われた。その後本型式乾燥室と酷似のもので試験した結果では壁体と棧積との間隔を 50cm として、風速分布および乾燥結果が良好であつた。棧積下部の温度は上部より多少低いため、上部より風速の多いことが下部の乾燥おくれを防止する意味で必要と思われる、このような風速分布をうるには壁体との間隔をあまり広くせぬほうが良いのではないかと推測される。

棧積上部の、共通した風速の弱い場所については、特にこの部に整流板を取り付けなくとも乾燥おくれは生じないようである。

（c） モーター： 室内密閉型のものを使用した、これを冷却するダクトの設置に注意しないと風の循環を乱す原因となる。また、モーター配線については絶縁不充分と思われる点があつた。

（d） 温湿度調節装置の必要： 風速の強いこの種の乾燥室を安全、かつ高性能で使用するには温湿度自動制御装置を設備する必要がある。

VIII 摘 要

インターナルファン型乾燥室として代表的型式をそなえる乾燥室について、ブナ床板生材および天乾材を試験材として乾燥試験をおこないつぎの結果をえた。

（1） ブナ生材は含水率 60% より 10% まで 5 日、天乾材は 25% より 10% まで約 1½ 日間で乾燥を終了した。この際、風向の切り換えは 12 時間おきとしたが、乾燥成績は中庸であつた。

（2） 乾燥経過中の棧積周辺部の温度分布は乾燥室の奥行方向および上下方向ともに良好であるが、棧積の吹込み、吹出し側での温度差は多少認められ、このために生ずる乾燥ムラは従来の自然換気式乾燥室と比較すれば問題とならぬほど少ないが、この種の型式乾燥室の問題点となつている。この試験においては棧積材の横方向の間隔を密着させて積んだにもかかわらず、乾燥終了時の乾燥ムラは 5% 以内にとどまつた。この程度の乾燥ムラは実用上からみれば支障ないと思われる。

（3） 初期ステイミングは送風機を止めておこなつたが、棧積材の横間隔を密着させて積んだ場合でも、棧積内部の温度上昇は良好で、蒸気が充分に棧積内部まで拡散されたものと思われた。

（4） 棧積内材間風速は、各部とも 80~100 cm/s あり、良好な分布を示していた。

参 考 文 献

- 1) 森田正美：乾燥（特に生材人工乾燥によせて）、木材工業、7、1月、(1952)
- 2) 小倉武夫、寺沢 真、筒本卓造：インターナルファン型乾燥室における試験結果、林業試験場研究報告 60、3月、(1953) P. 49~64
- 3) 寺沢 真：インターナルファン型乾燥室について、木材工業、9、2、(1954) P. 8~11
- 4) Torgson, O. W. Uniformity of air distribution in a lumber dry kiln. U. S. Dept. F. P. L. No. R. (1267)

- 5) Fessel, F.: Anlagen zur Künstlichen Holz Trocknung, Holz als Roh- und Werkstoff Heft 4.
(1951)
- 6) Sturany: Stromungs Fragen beim Trocknen von Holz, Holz als Roh- und Werkstoff Heft
5. (1952)
- 7) Keylwerth, R.: Praktische Gesichtspunkte zur Neuanschaffung von Holz trockenanlagen,
Holzzentralblatt 4. (1953)