

単板乾燥法に関する研究 (Ⅲ)

仕 上 り 含 水 率 の 均 一 化 に つ い て

筒 本 卓 造⁽¹⁾
佐 藤 庄 一⁽²⁾

ま え が き

合板を製造するときドライヤーで乾燥した単板の含水率は、接着の工程、製品の品質の点からできるだけ均一であることがのぞましい。しかし実際の乾燥工程では、乾燥機内の温度・風速などを完全に均一にすることはできないし、同時に乾燥する単板の初期含水率、乾燥の速さなどが異なるため、乾燥した単板はかなり含水率のバラツキをもっているのが普通である。そしてこのようなバラツキをすこしでも少なくすることが乾燥技術の重要な課題になっている。

乾燥機の構造による位置的な乾燥むらについては、わが国の代表的な型式の乾燥機について試験を行ない、すでにその結果を発表した¹⁾²⁾ ので、この報告では単板自体によつて生ずる乾燥むらに関連した問題をとりあげている。すなわち、

(1) 現在の作業工程において、仕上り含水率のバラツキに最も密接な関係があるとされている初期含水率、平均仕上り含水率の影響を検討した。

(2) 含水率のバラツキを少なくするための手段として、比較的容易に実行できそうに思われる原木の前処理・単板の予備乾燥などが、どの程度有効であるかを検討した。

この試験は昭和 33～35 年度「貴化木材に関する研究」の一環として行なつたもので、終始ご配慮を賜わつた小倉木材部長、中村加工科長、寺沢乾燥研究室長に心から謝意を表するとともに、含水率の測定について多くの助言を与えられた上村材料科長、実験にあたつてご援助をいただいた江草技官に深く感謝する。

なお、林業試験場研究報告 No. 106, 107 に報告した単板乾燥に関する試験 (Ⅰ), (Ⅱ) をそれぞれこの表題の 1, 2 報とする。

1. 初期含水率の影響

初期含水率の異なつた単板を同一時間で乾燥すれば、仕上り含水率は当然異なつてくる。したがつて、仕上り含水率をそろえるためには、初期含水率によつてできるだけ類別し、それぞれに適応した条件で乾燥することが望ましい。その基礎資料をうるために、合板用原木として多く使われる数樹種について初期含水率の分布状態を調査するとともに、1本の原木からとつた単板を連続的に乾燥して、原木時の位置による初期含水率の差と仕上り含水率との関係を検討した。

1.1 各種原木の初期含水率分布

1.1.1 試験方法

(1) (2) 木材部加工科乾燥研究室員

Table 1. 供試原木の樹種, 寸法
Characteristics of tested bolt

樹 種 Species	短 径 Min. diameter		長 径 Max. diameter		辺 材 幅 Thickness of sapwood		荒むき後 の 径 Dia. after pre- peeling	単板厚さ Thick- ness of veneer	含水率分布図 番 Fig. number of moisture content distribution
	末 口 Top	元 口 Butt	末 口 Top	元 口 Butt	末 口 Top	元 口 Butt			
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	mm	
カ バ Birch	61.0	66.5	71.5	77.5	6.0~7.0	6.0~9.0	66.0	1.2	3
シ ナ Bass wood	57.5	66.0	65.0	74.0	9.5~14.0	12.0 ~16.0	58.0	2.0	4
タンギール (1) Tanguile (1)	62.5	66.0	71.0	71.5	4.0~5.0	3.5~4.5	61.5	1.2	5
タンギール (2) Tanguile (2)	74.0	79.0	81.0	84.0	3.5~4.5	3.0~6.5	74.0	3.2	6
アルモン Almon	60.0	65.0	65.0	67.0	3.0~6.5	3.0~3.5	59.5	2.0	7
マヤピス (1) Mayapis (1)	56.0	56.0	59.0	60.0	6.0~7.0	6.0~9.0	54.0	1.2	8
マヤピス (2) Mayapis (2)	56.5	57.0	60.5	61.5	6.0~8.0	5.5~9.5	57.5	1.2	9

Note: 原木長さ Length of bolt 2.1 m.

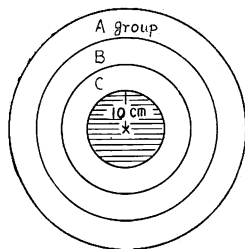
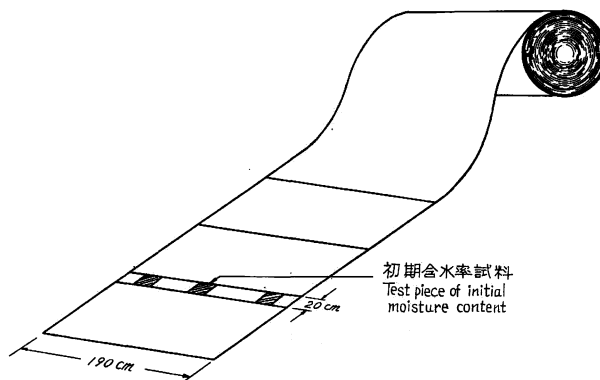
供試した材はカバ, シナ, タンギール, アルモン, マヤピスの5種で, 直径・辺材幅などを Table 1 に一括して示している。これらの材は入手後約1カ月間水中貯木し, 切削前に1日煮沸した。

切削した単板を裁断するとき, Fig. 1 のように原木時の位置によって A・B・C の3つのグループにわけ, それぞれのグループごとに 20×20 cm の試料を数 10 枚ずつとった。試料のとり方は Fig. 2 に示すとおりで, これらは全乾法により初期含水率を求めた。

1.1.2 試験結果と考察

原木時の位置別に度数分布図を求めた結果を Fig. 3~9 に示す。これらのうちカバ材についてみると, 外周部に近いAグループの平均値は 74.4%, 標準偏差 13.7% であるのに対し, B・Cグループの平均値は 60~67% でかなりひくく, 標準偏差も 5~7% でバラツキが非常に小さい。ラワン類のタンギール, アルモンも類似の傾向である。一方シナ材は樹心部に近いCグループをのぞいて初期含水率が 100% をこし, 原木時のどの位置の単板もバラツキが非常に大きい。そして同様な傾向がマヤピスについてもみられる。

このように供試した原木について
は, 外周部単板の含水率がとくにたか

Fig. 1 原木の区分
Departing of BoltFig. 2 初期含水率測定用試料のとり方
Sampling of test piece for initial moisture content

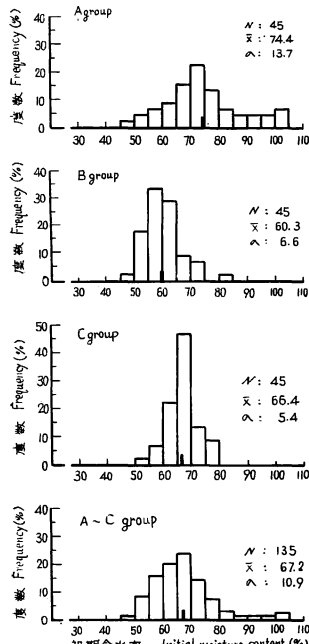


Fig. 3 初期含水率分布 カバ
Distribution of initial moisture content (Birch)

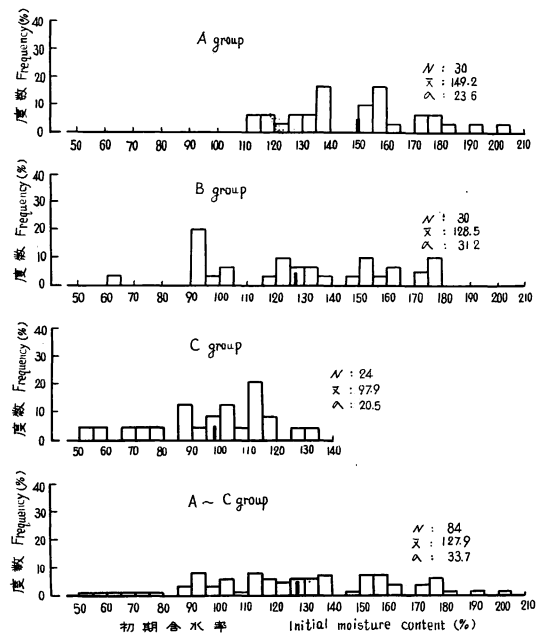


Fig. 4 初期含水率分布 シナ
Distribution of initial moisture content (Bass wood)

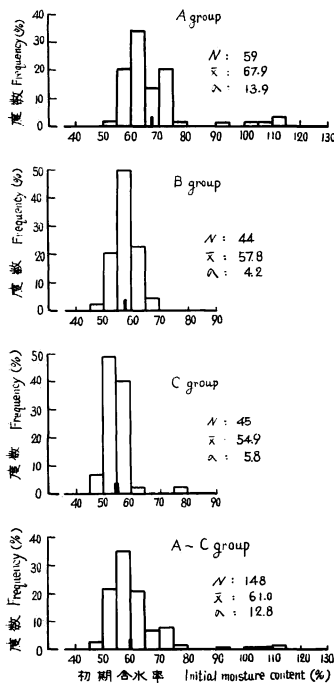


Fig. 5 初期含水率分布
タンギール (1)
Distribution of initial moisture content (Tanguile 1)

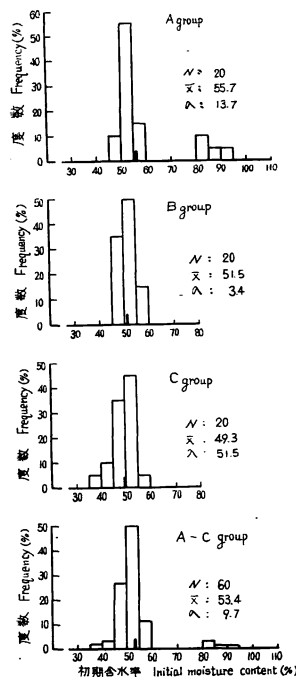


Fig. 6 初期含水率分布
タンギール (2)
Distribution of initial moisture content (Tanguile 2)

Note:

$\bar{X}$: 平均 Mean

σ : 標準偏差

Standard deviation

N : 試料数

Number of sample

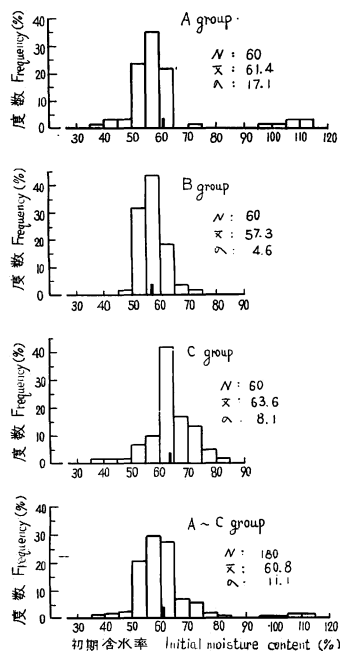


Fig. 7 初期含水率分布
アルモン

Distribution of initial moisture content (Almon)

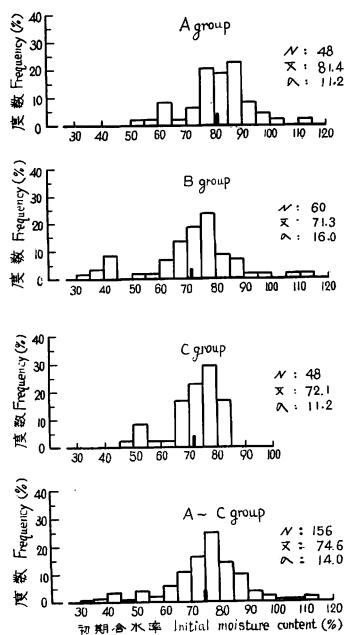


Fig. 8 初期含水率分布
マヤビス (1)

Distribution of initial moisture content (Mayapis 1)

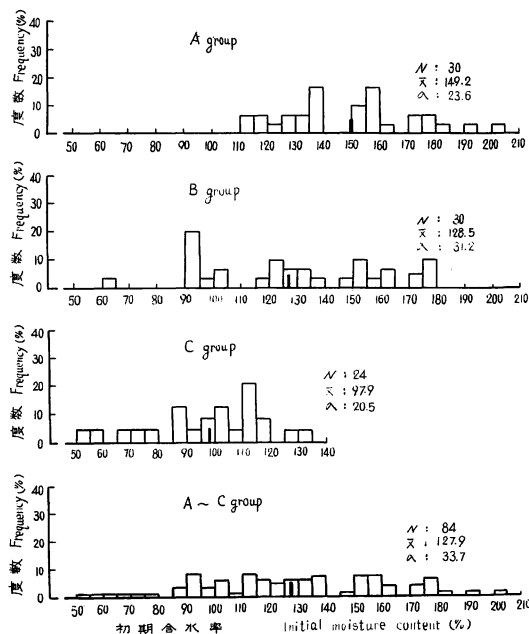


Fig. 9 初期含水率分布 マヤビス (2)

Distribution of initial moisture content (Mayapis 2)

く、バラツキも大きいものと、原木全体のバラツキが大きいものと2つの型にわけられ、肉眼的には心辺部の境界が明りょうなものが前者に属するように思われた。

以上のような初期含水率分布は原木の運搬、貯木の仕方などによつてかなり異なるものであろうが、普通の生産工程においても供試した原木のように水中貯木される場合が多く、これらの材については上述の測定結果と類似した分布がみられるものと思われる。

1.2 仕上り含水率の連続測定

1.2.1 試験方法

供試した原木はアルモン、長さ 1.95 m、長径 73 cm、短径 71 cm の材で、切削前 90~100°C の温度で 1 日煮沸し、直径 70 cm まで荒むきした。単板厚さは 1 mm、大きさは 100×190 cm で Fig. 1 の A・B の位置から

Table 2. 供試単板と乾燥条件 (T₁)
 Characteristics of tested veneer and drying condition (T₁)

試験番号 Number of tests	供試単板 Characteristic of veneer		乾燥条件 Drying condition	
	種類 Sort	寸法 Size cm	温度 Temperature °C	時間 Drying time min
T ₁₋₁	アルモン (A group) Almon	0.1 × 100 × 190	125 ~ 135	5.0
T ₁₋₂	アルモン (B group) Almon	0.1 × 100 × 190	126 ~ 138	4.0

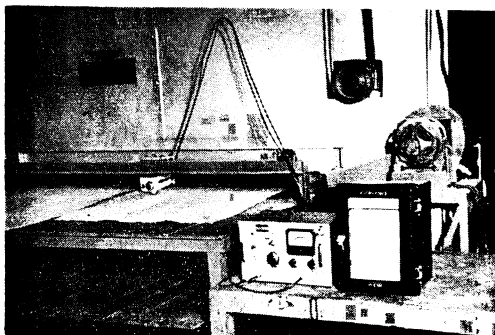
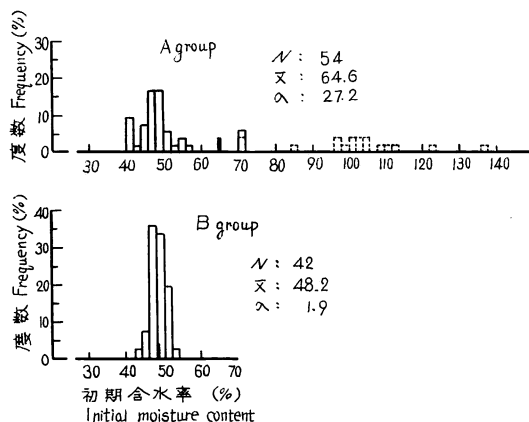

 Fig. 10
 使用した含水率計および測定部のとりつけ位置
 Moisture meter used in this test, setting
 position of electrode

 Fig. 11 含水率計の測定部
 Electrode of moisture meter

とつた単板を2組にわけ、その1組をつかい、これらは前述の方法で、初期含水率を求めたのち、外周部単板から順次乾燥した。

乾燥装置は当场林産2号館に設備している横循環式ドライヤーを使用し、その主要寸法は加熱部長さ6.1 m (4 Section), 有効幅2.1 m, ローラー送り, 金網送り各1段である¹⁾。このうちローラー送りの段にだけ単板を2枚ならべて送った。乾燥条件は Table 2 のとおりで、表中の試験番号 T₁₋₁, T₁₋₂ は試験条件ごとに一連の番号をつけている。

仕上り含水率の測定は木材工業 Vol. 14, No. 18 に紹介されている連続式含水率計 (高周波容量式, Kett 科学研究所製) を用い、電子管式自記記録計に接続して指示値を連続記録した (Fig. 10)³⁾。測定部分は Fig. 11 のように卵形の電極と同調部分からなり、単板の進行方向と直角方向に往復して、電極が単板上をジグザグコースをとって走査する。電極移動幅 70 cm, 往復所要時間は 30 秒である。なお、記録計には別途実験室的に恒正した含水率目盛をつけている。


 Fig. 12 初期含水率分布 (アルモン) T₁
 Distribution of initial moisture content (Almon) T₁

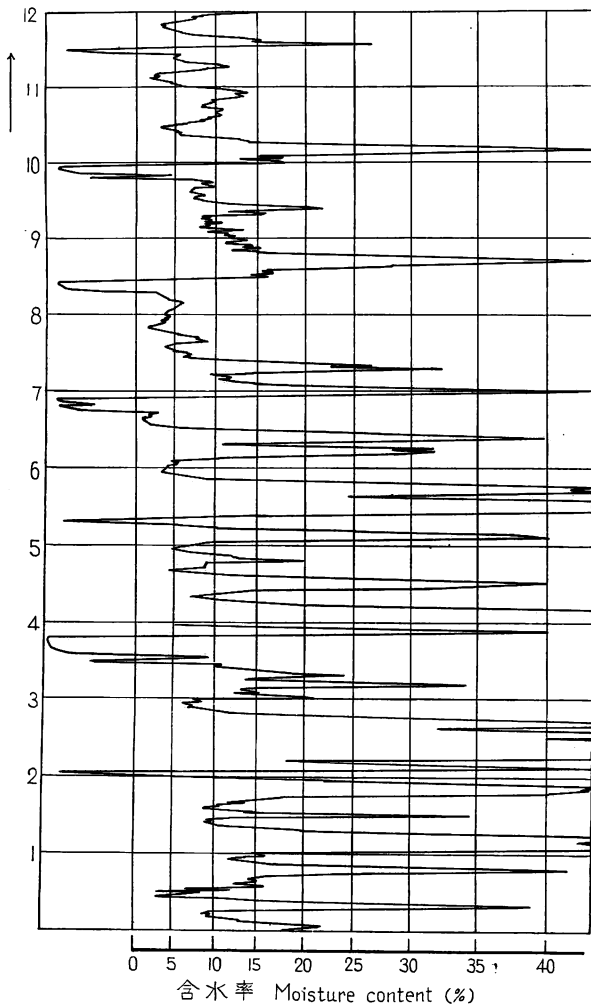


Fig. 13 原木時の位置による仕上り含水率の変化
Change of final moisture content in veneer from different
positions of single bolt (Veneer containing sapwood.
A₁ group)

ると、最外層の A₁ グループの単板は含水率が極端にたかく、含水率計の測定範囲をこすものが少なくなかつた。心材部単板にうつつてくるとしだいに含水率がひくくなり、A グループの後半と B グループではほとんどが 5% 前後になっている。この経過を Fig. 14 のヒストグラムについてみると、A₁ グループは平均含水率 29.1%、標準偏差 16.9% であるのに対し、A₂ グループはそれぞれ 7.7%、3.6%、A₃ グループは 4.8%、1.2% で A₁ グループの仕上り含水率のバラツキが A グループ全体としてのバラツキを大きくする原因になっている。また、B グループは平均含水率 4.6%、標準偏差 1.7% であつて、A グループに比べて平均含水率が著しくひくく、バラツキも小さい。

これら 2 つのグループを同じ平均含水率まで乾燥した場合のバラツキの比較については、次の平均含水率の項でのべるが、現実の問題として初期含水率の異なつた単板を一諸に乾燥すれば上述のように初期含水率がたかく、バラツキの大きいものほど仕上り含水率がたかく、バラツキも大きい結果となる。したが

1.2.2 試験結果と考察

供試単板の初期含水率分布は Fig. 12 に示すとおりで、前項で測定したアルモン材と類似した分布であり、A グループは平均 64.6%、含水率範囲は 40~120% で、とくに図中点線で示した辺材部単板のバラツキが大きい。また、B グループは A グループより平均含水率が約 15% ひくく、バラツキも小さい。

これらの単板を A グループ 5 分、B グループ 4 分で乾燥し、仕上り含水率を連続測定した記録紙の最初の部分 (A₁ グループ) を Fig. 13 に示す。記録紙の送りは 2 目盛 1 分で、一定間隔ごとに含水率 0% 以下にさがっている部分は単板の切れ目である。次に記録紙から各単板の含水率を 5 秒おきに読みとり、含水率の度数分布図を作つたのが Fig. 14 である。ここでは A グループをさらに 3 分し、外層から A₁、A₂、A₃ としてそれぞれの分布を示している。なお、A₁ グループの単板のほとんどが部分的に辺材を含んでおり、A₂ グループでは辺材はみられない。

記録された仕上り含水率の経過をみ

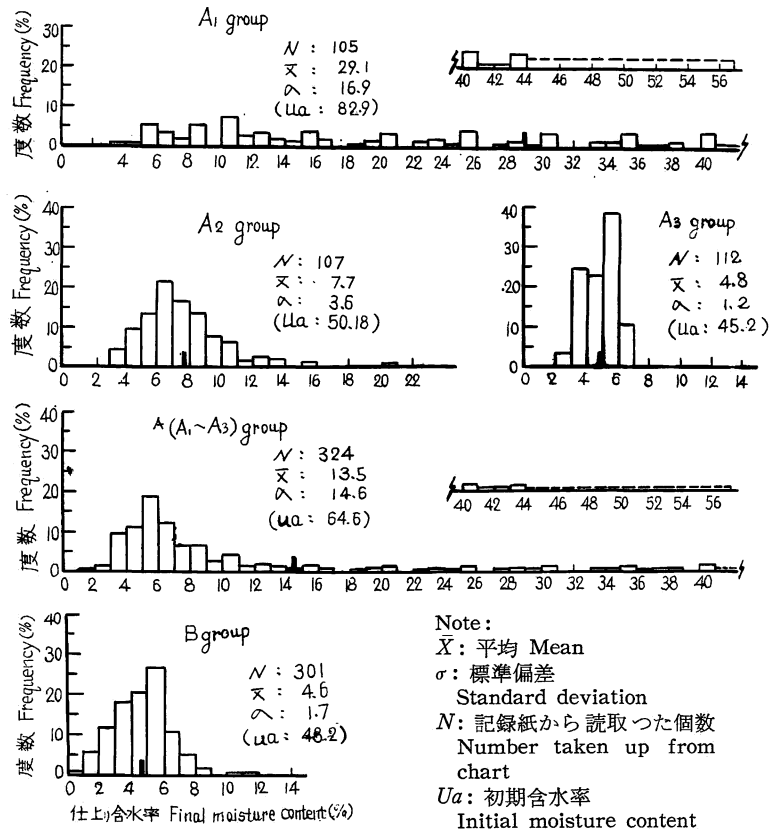


Fig. 14 原木時の位置別仕上り含水率分布 (T_1)
 Distribution of final moisture content of veneer from different positions of single bolt (T_1)

つて仕上り含水率を均一にするためには、初期含水率による類別がどうしても必要であり、簡易な初期含水率の測定法、類別する場合の工程上の問題などについて今後検討していかなくてはならない。

一方ここで供試したアルモン材については A_1 グループをわけること、すなわち辺材部を含んだ単板のみを肉眼的に区別することによって仕上り含水率のバラツキをかなり少なくできるものと考えられ、前述の各種原木の初期含水率分布を求めた結果から、カバ、タンギールなどで心辺材の境界の明りような材についても同様なことがいえるものと思われる。

2. 平均仕上り含水率の影響

乾燥が不十分で含水率のバラツキが非常に大きい単板をさらに低含水率まで乾燥すれば、しだいに均一な含水率になる。このように平均含水率をさげることは、仕上り含水率をそろえるための最も確実な方法といえる。しかし、過度の乾燥は乾燥量を減少させるだけでなく、歩止りを低下させるので、実際の工程においては乾燥程度とバラツキとの関係を十分知り、これに基づいて仕上り含水率を管理していくことがのぞましい。ここでは3種類の単板について平均含水率をかえたときの含水率分布を比較し、平均含水率とバラツキとの関係を定量的に検討しようとした。

2.1 試験方法

供試した単板はアルモンおよびレッドラワンで、原木時の位置、単板厚さ、大きさは Table 3 に示す。単板枚数は各組とも 20~25 枚である。このうちアルモン単板は前述の試験 (T₁) と同じ原木からとつたもので、原木寸法、前処理条件などはすでにのべた。またレッドラワン単板は長さ 2.1 m、長径 78 cm、短径 67 cm の材を 2 日間煮沸 (温度 90~100°C) したのち切削したもので、初期含水率の分布は Fig. 15 に示すとおりである。乾燥条件は温度 130~140°C の範囲とし、送り時間を 3 段階にかえた (Table 3)。なお、仕上り含水率の測定方法は前項の試験方法でのべたのと全く同様である。

Table 3. 供試単板と乾燥条件 (T₂)
Characteristics of tested veneer and drying condition (T₂)

試験番号 Number of tests	供試単板 Characteristic of veneer		乾燥条件 Drying condition	
	種類 Sort	寸法 Size cm	温度 Temperature °C	時間 Drying time min
T _{2-1-1~3}	アルモン Almon, Heart wood (B group)	0.1×100×190	131~140	3.0, 3.5, 4.0
T _{2-2-1~3}	アルモン Almon (A ₁ group)	0.1×100×190	130~140	5.0, 6.5, 8.0
T _{2-3-1~3}	レッドラワン Red lauan, Heart wood (B group)	0.1×100×100	130~138	3.0, 4.0, 5.0

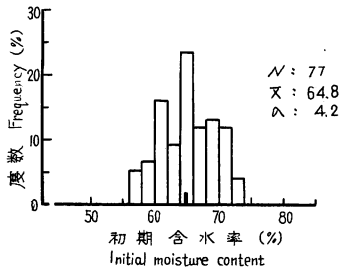


Fig. 15 初期含水率分布
(レッドラワン) T₂₋₃

Distribution of initial moisture content (Red lauan) T₂₋₃

2.2 試験結果と考察

3種類の単板の乾燥時間別仕上り含水率分布をFig. 16 ~18 に示す。Fig. 19 はこれらの結果から平均仕上り含水率と標準偏差との関係をプロットしたものである。なお、ここには後述する T₄ でコントロールとして行なつた組の値も記入している。

仕上り含水率分布のうち Fig. 16 についてみれば、平均含水率約 13% のとき含水率範囲は 5~22% で、15% をこすものが全体の約 30% をしめているが、平均含水率が 8.4% のとき含水率範囲が 3~15% となり、平均

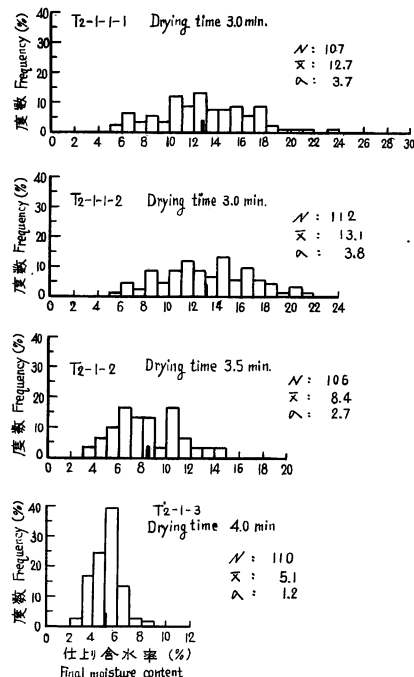


Fig. 16
乾燥時間別の仕上り含水率分布 (T₂₋₃)
Distribution of final moisture content
in different times of drying (T₂₋₃)

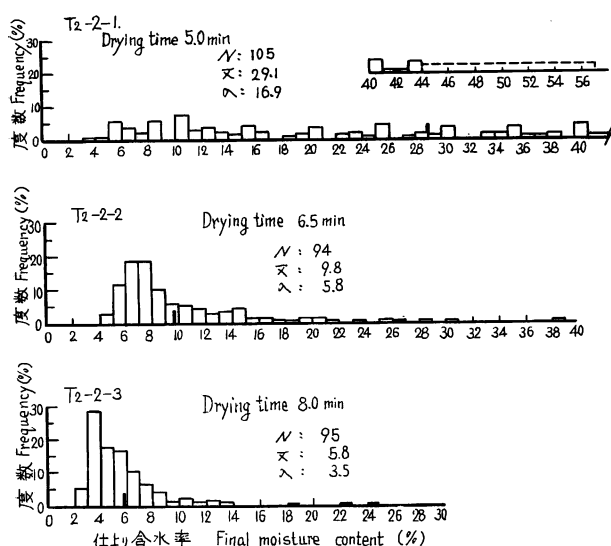


Fig. 17 乾燥時間別の仕上り含水率分布 (T₂-2)
Distribution of final moisture content in different times
of drying (T₂-2)

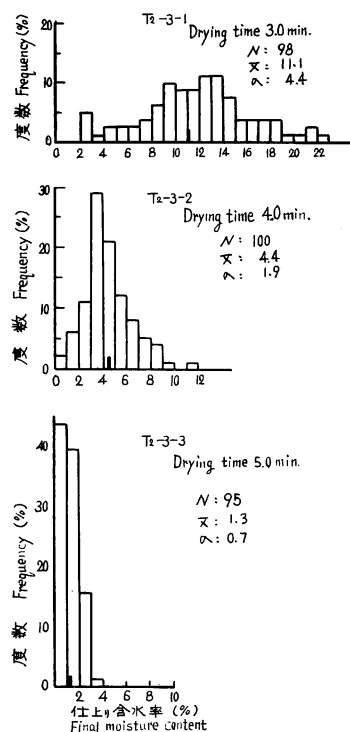


Fig. 18
乾燥時間別の仕上り含水率分布 (T₂-3)
Distribution of final moisture
content in different times of
drying (T₂-3)

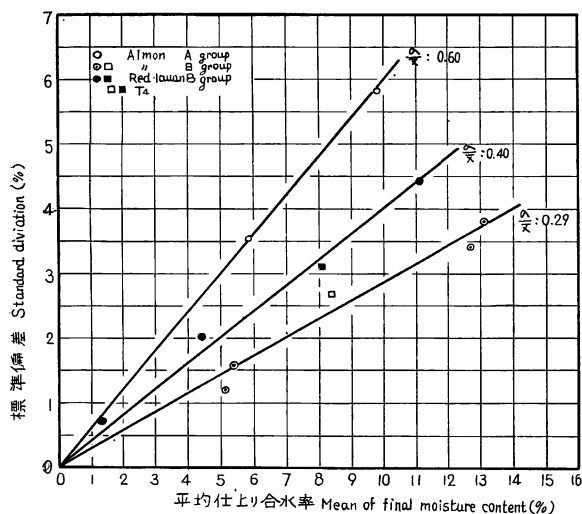


Fig. 19 平均仕上り含水率と標準偏差との関係
Relation between mean of final moisture content and
standard deviation

は辺材部をふくむグループが心材部単板のグループの約2倍となり、また、レッドラワン心材単板の方がアルモン心材単板より大きい値をえた。

このような傾向は Fig. 12, Fig. 15 の初期含水率の状態からも予測され、初期含水率が高く、バラツキの大きかつたものは、同一含水率まで乾燥したときもバラツキが大きいこと、したがってこのような単板を同一含水率範囲におさえるためには、より低含水率まで乾燥しなくてはならないことを示している。

含水率が5%のときはバラツキが非常にすくない。このような傾向は他の2組についても同様であつて、平均仕上り含水率がさがるほどバラツキは少なくなる。そして平均含水率と標準偏差との関係は Fig. 19 に示すように、同一種類の単板についてはほぼ直線の関係にあるように思われる。直線の傾斜で示される平均含水率($\bar{x}$)と標準偏差(σ)との比(変異係数)は図に記入してあるとおりで、アルモン材について

変異係数の値は初期含水率のほか、単板の乾燥性、乾燥条件によつてもある程度異なるものであろうが、この試験のように特定の単板を乾燥する場合には、この値を求めることにより平均含水率が異なつた単板のパラツキを比較することができ、また、パラツキを特定の範囲におさえようとするときの平均含水率が推定できるように思われる。ただ仕上り含水率の分布は測定結果が示すように、正確には正規分布でなく、低含水率側にかたよつた釣鐘型となるため、正規分布としての取り扱いには問題があるが、平均値より高い含水率に対しては一応 3σ の範囲にあるものが、大部分としてよいものと考えられる。したがつて、上述のレッドラワン心材単板の場合であれば、平均含水率 10% のときの含水率の範囲は 0~22% となり、もし 15% をこすものがほとんどないようにするには、平均含水率 6.8% まで乾燥しなくてはならないことが計算によつて求められる。そして実際の乾燥工程においても、1つのグループとして乾燥する単板がきまつている場合、同様な方法によつて、適切な平均含水率の値を選ぶことができるものと考えられる。

3. 乾燥後の放置時間の影響

いままでの試験では乾燥直後の含水率のパラツキについて考えてきたが、実際の生産工程では乾燥後ある時間経過した単板が接着され、厳密には接着剤を塗付するときの含水率の状態が問題になる。したがつて、この期間中において含水率がすこしでも均一になるならば、それを考慮して乾燥直後の含水率を管理すればよいし、また、この放置時間を積極的に調整することも考えられるので、ここでは放置時間と仕上り含水率との関係を検討した。

3.1 試験方法

前述の T_{2-3} で 3 段階の平均含水率まで乾燥した単板をつかい、1 日および 1 週間放置したときの含水率分布を乾燥直後と比較した。放置の期間は 9 月 15 日から 22 日までで、その間の気温および湿度は、Table 4 のとおりである。放置するときの単板の状態は上下に同種の単板をおいて測定する単板を積み重ね、普通の工場における工程中の状態と類似させた。また、放置後の含水率の測定は常温で送風しない状態のドライヤーに乾燥したときと同一の順序、速度で単板を送つて連続記録した。

Table 4. 放置期間中の気温、関係湿度
Air temperature and relative humidity during disposing of dried veneer

月 Date	日	温 度 Temperature		関係湿度 Relative humidity at 9 o'clock
		最 高 max.	最 低 min.	
		°C	°C	%
September	15	31.3	22.3	64
	16	29.8	22.4	79
	17	27.5	22.3	81
	18	28.8	22.4	91
	19	21.9	23.1	70
	20	27.2	25.0	61
	21	28.2	18.7	64
	22	27.8	16.8	60

3.2 試験結果と考察

試験結果のうち、送り時間 3 分および 4 分で乾燥した 2 組 (T_{2-3-1} , T_{2-3-2}) について、各時期における含水率の記録と度数分布を Fig. 20~23 に示し、5 分で乾燥した組 (T_{2-3-3}) の度数分布を Fig. 24 に

示す。

これらによれば、平均含水率 11.1% まで乾燥した組の乾燥直後の含水率はかなりバラツキが大きく、標準偏差が 4.4% であつたが、1 日放置後に 2.2%，1 週間放置後に 1.6% となり、放置することによって含水率は著しく均一化している。そして平均含水率はほとんど変わらず、時間の経過とともにわずかに増加するだけである。平均含水率 4.4% まで乾燥した組は乾燥直後も比較的バラツキが少ないが、放置することによつてさらに均一化し、平均含水率はしだいに高くなる。また、1.9% まで過乾燥したときは乾燥直後ほとんどバラツキがなく、放置することによつて平均含水率はたかくなり、かえつてバラツキが大きくなつている。

これらのことから、生産工程で目標としている平均含水率 5~15% に乾燥した単板は、1 日放置しても全体としての含水率変化はほとんどなく、各単板の位置による含水率のバラツキはかなり少なくなるもの

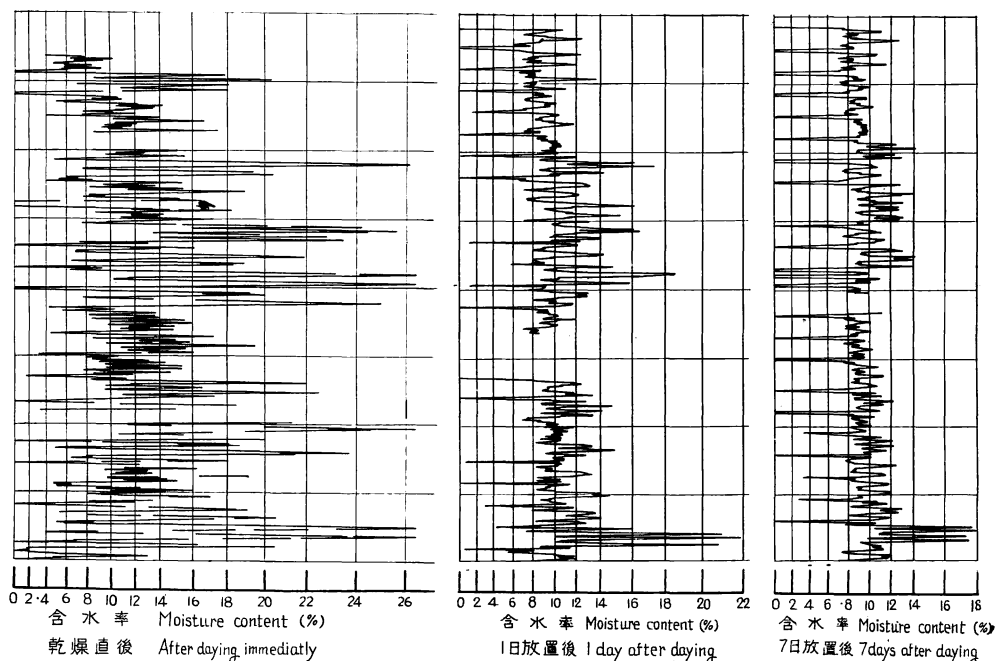


Fig. 20 乾燥単板の放置による含水率の変化 (T_{2-s-1})
Change of moisture content distribution during disposing of dried veneer (T_{2-s-1})

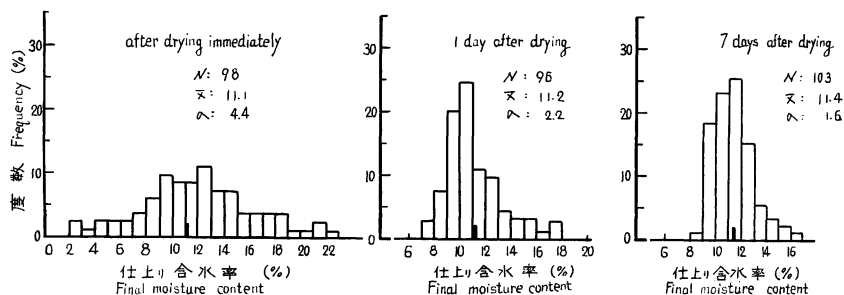


Fig. 21 放置時間別の仕上り含水率分布 (T_{2-s-1})
Distribution of final moisture content in different times of disposing (T_{2-s-1})

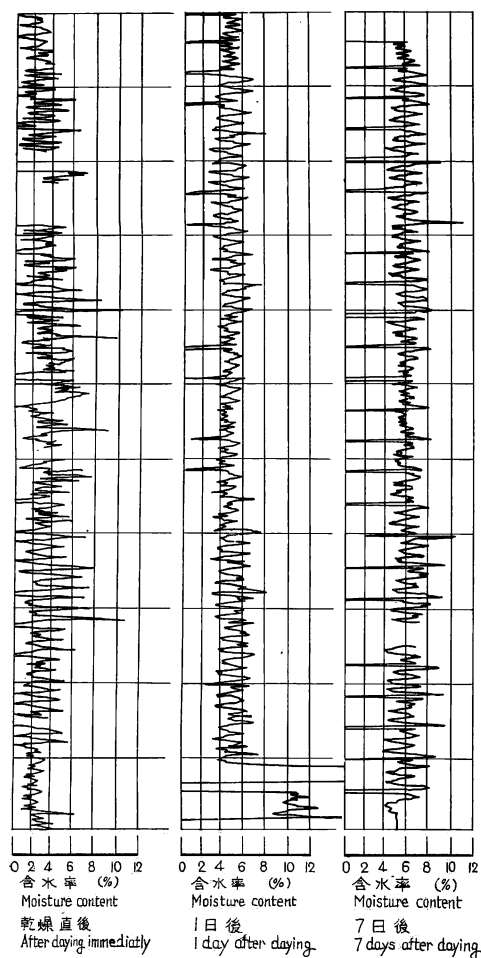
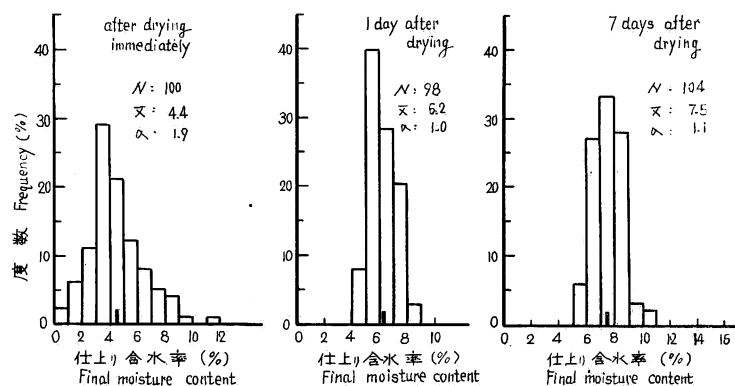


Fig. 22

乾燥単板の放置による含水率の変化 (T₂₋₃₋₂)
Change of moisture content during disposing
of dried veneer (T₂₋₃₋₂)

Fig. 23 放置時間別の仕上り含水率分布 (T₂₋₃₋₂)

Distribution of final moisture content in different times of disposing (T₂₋₃₋₂)

と思われる。したがって含水率の点からみれば、乾燥した単板は半日ないしは1日程度放置し、含水率の均一化をはかつて使用することがのぞましい。ただ低含水率まで乾燥した単板を平積しておく、周辺からのみ吸湿し、木口の波うちを増加させるので、必要以上に乾燥することをさけると同時に、波うち防止の処置が別途にこうじられなければならない⁴⁾⁵⁾。

4. 原木の煮沸および蒸煮の影響

切削の前処理として原木を煮沸あるいは蒸煮することが多く、その目的として材の軟化と同時に切削時の含水率をそろえることがあげられているが、これらの加熱処理が仕上り含水率の均一化に役だつかどうかを検討した。

4.1 試験方法

供試した原木はレッドラワン2本で、前述の平均含水率の影響の項 (T₂₋₃) で煮沸した材について試験したので、ここでは1本を生材のまま、1本は蒸煮して切削した。なお、これらの原木は次項 (T₄) の原木も含めて長材のときつながった部分から採材し、試験結果を相互に比較できるようにした。

煮沸条件はすでにのべたように、温度 90~100°C、時間 2 日としたので、蒸煮の条件もこれにそろえた。加熱槽の大きさは約 3×2×3 m で、木製二重蓋の上蓋をさらにマットでおおって保温と気密をは

かつた。煮沸のさいは中蓋の上にコンクリートのおもりをおいて材が完全に水中にあるようにし、蒸煮するときは水をぬいて台の上に原木をおき、常時生蒸気をいれた。

単板寸法、乾燥条件は Table 5 のとおりである。供試した単板枚数は 20~30 枚で、結果の項 Table 6 に示している初期含水率は乾燥する直前に 4~5 枚おきに、そのままの大きさを秤量して求めた。仕上り含水率の測定はいままでへのべたのと同様、連続式含水率計によった。

4.2 試験結果および考察

供試単板の初期含水率、仕上り含水率などを Table 6 に示し、仕上り含水率の分布を Fig. 25, 26 に示す。

Table 6 の初期含水率についてみると、無処理材および蒸煮材の平均値はそれぞれ 65.3%, 57.5% であり、 T_{2-3} の煮沸材の平均値 57.9% に比べて前者はかなりたかく、後者はほぼ同じ値である。

次に送り時間 4 分で乾燥したときの平均仕上り含水率は 5~10% で、無処理材の方がいくぶん高い傾向を示している。仕上り含水率のパラツキは平均含水率が異なるため比較がむずかしいが、前述のように変異係数を比較してみると、無処理材の場合 1 組は Fig. 19 で T_{2-3} (煮沸材) について求めた値 0.4 より小さく、1 組は大きくてその差が明らかでない。また、蒸煮材の場合はこの値が 2 組とも小さく

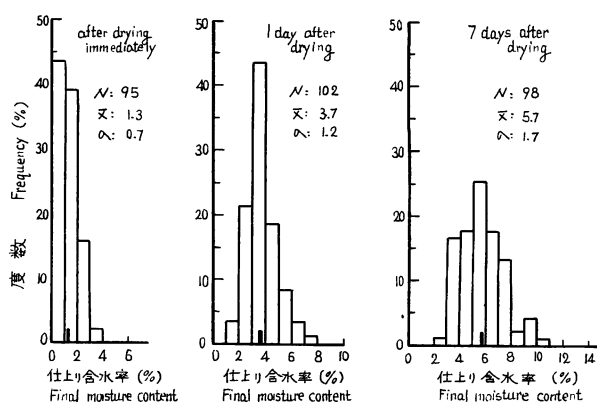


Fig. 24 放置時間別の仕上り含水率分布 (T_{2-3-3})
Distribution of final moisture content in different times of disposing (T_{2-3-3})

Table 5. 供試単板と乾燥条件 (T_3)
Characteristics of tested veneer and drying condition (T_3)

試験番号 Number of tests	原木前処理 Treatment of bolt	供試単板 Characteristic of veneer		乾燥条件 Drying condition	
		種 Sort	寸 Size	温 度 Temperature	時 間 Drying time
T_{3-1-1}	Untreated	Red lauan, heart wood	$0.1 \times 100 \times 100$ cm	129~144 °C	4.0 min
T_{3-1-2}	Untreated	"	"	129~143	4.0
T_{3-2-1}	Steaming	"	"	127~141	4.0
T_{3-2-2}	Steaming	"	"	127~142	3.5

Table 6. 初期含水率と仕上り含水率 (T_3)
Initial moisture content and final moisture content (T_3)

試験番号 Number of tests	初期含水率 Initial moisture content	仕上り含水率 Final moisture content		
		平 均 Mean	標 準 偏 差 Standard deviation	変 異 係 数 Coefficient of variation
	%	%	%	
T_{3-1-1}	65.1	7.1	2.6	0.37
T_{3-1-2}	65.4	7.2	3.2	0.44
T_{3-2-1}	58.3	6.0	1.9	0.32
T_{3-2-2}	56.6	10.8	4.2	0.39

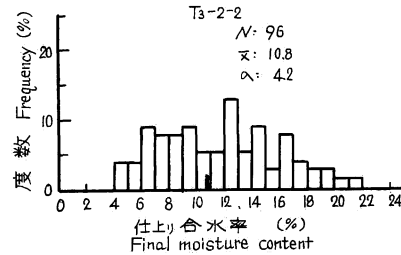
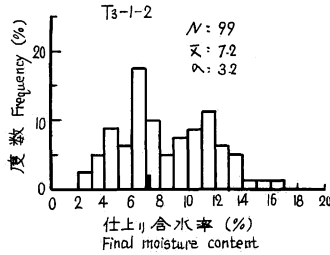
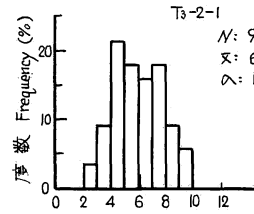
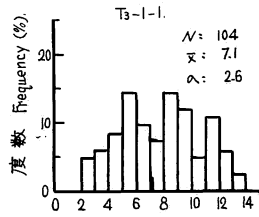


Fig. 25
 無処理材の仕上り含水率分布 (T₃₋₁)
 Distribution of final moisture content of veneer from non-pretreatment bolt (T₃₋₁)

Fig. 26 蒸煮材の仕上り含水率分布 (T₃₋₂)
 Distribution of final moisture content of veneer from steamed bolt (T₃₋₂)

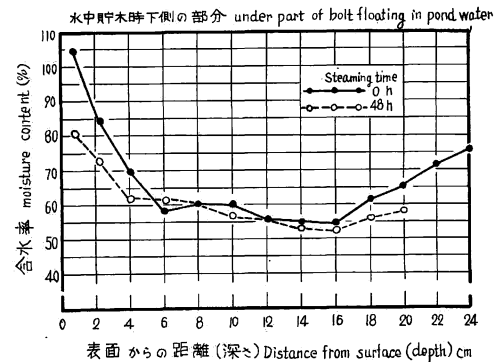
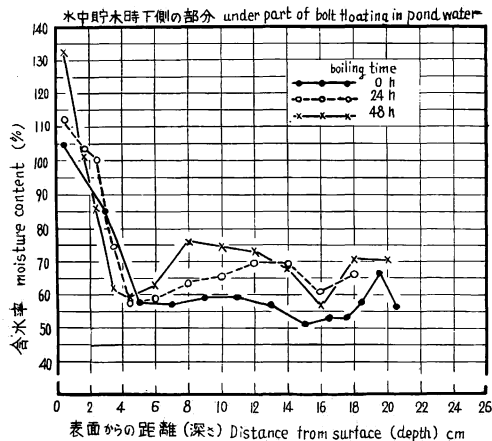
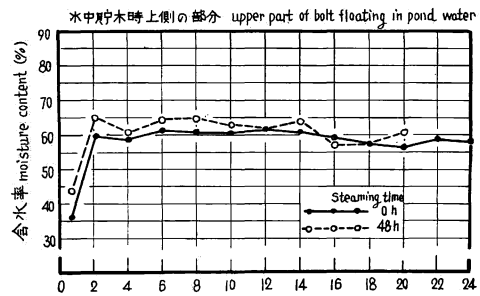
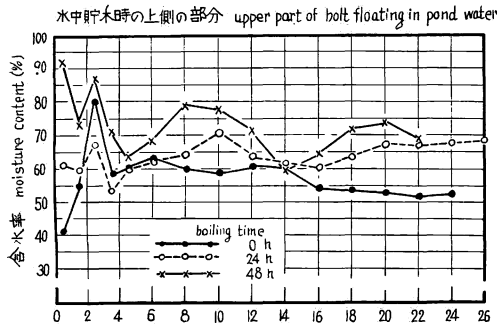


Fig. 27 煮沸による材内含水率分布の変化 (T₂₋₃)
 Change of moisture content distribution in bolt during boiling (T₂₋₃)

Fig. 28 蒸煮による材内含水率分布の変化 (T₃₋₂)
 Change of moisture content distribution in bolt during steaming (T₃₋₂)

なっている。したがってここでえられた結果からは、煮沸することによつて仕上り含水率のバラツキは必ずしも少なくならず、蒸煮はある程度効果があるように思われる。

次に補足試験として煮沸した材 (T₂₋₃) および蒸煮した材 (T₃₋₂) の中央部から、処理の前後に生長錐により深さ約 20 cm の試料をとり、初期含水率分布を測定したが、その結果を Fig. 27, 28 に示す。これによれば煮沸した場合、材中心部の含水率は増加する傾向にあり、外周部では、水中貯木るとき上側に浮き上がって乾燥していた部分は吸水し、下側の部分は外層の数 cm をのぞいてあまりかわらない。また、蒸煮の場合、中心部および貯木時上側にあつた部分は変化が少なく、下側の部分がさがって中央部の含水率に近くなっている。

このように加熱処理による含水率の変化は外周部が著しく、初期含水率をそろえる目的では、外周の乾いた部分に対しては煮沸が有効であり、高含水率の部分では蒸煮が有効であつて、逆の場合にはそれぞれ悪影響を及ぼすことになる。これらの原木から切削された単板はドライヤーに送りこまれるまでにある程度乾燥し、しかも加熱されたものの方がより多く乾燥するので、生長錐によつて求めた初期含水率と、単板について求めた Table 5 の値とは一致してないが、仕上り含水率のバラツキを少なくするためには初期含水率を少しでも低い値でそろえることがのぞましく、この意味では蒸煮の方が有利のように思われる。

5. 予備乾燥の影響

十分に天乾した単板をドライヤーで仕上げ乾燥するとき、仕上り含水率が非常に均一になることはよく経験するが、ここでは予備乾燥の程度と仕上り含水率との関係を検討した。

Table 7. 供試単板と乾燥条件 (T₄)
Characteristics of test veneer and drying condition (T₄)

試験番号 Number of tests	供 試 単 板 Characteristic of veneer		予 備 乾 燥 Pre-drying		仕 上 げ 乾 燥 Final drying	
	種 類 Sort	寸 法 Size	温 度 Temperature	時 間 Time	温 度 Temperature	時 間 Time
T ₄₋₁₋₁	Almon, heart wood	0.1×100×190	48~50	10	132~140	2.0
T ₄₋₁₋₂	"	"	48~50	10	131~140	2.5
T ₄₋₁₋₃ (control)	"	"	—	—	126~138	4.0
T ₄₋₂₋₁	Red lauan, heart wood	0.1×100×100	30~32	10	127~136	3.0
T ₄₋₂₋₂	"	"	30~32	20	127~137	3.0
T ₄₋₂₋₃ (control)	"	"	—	—	127~136	4.0

Table 8. 初期含水率と乾燥後の含水率 (T₄)
Initial and final moisture content (T₄)

試験番号 Number of tests	初期含水率 Initial moisture content	予備乾燥後の含水率 Moisture content after pre-drying	仕 上 り 含 水 率 Final moisture content		
			平 均 Mean	標準偏差 Standard deviation	変異係数 Coefficient of variation
T ₄₋₁₋₁	%	%	%	%	
T ₄₋₁₋₂	48.4	26.5	7.2	1.9	0.27
T ₄₋₁₋₃ (control)	47.6	26.3	9.9	2.5	0.24
	49.0	—	5.3	1.6	0.30
T ₄₋₂₋₁	57.1	42.6	9.3	3.7	0.39
T ₄₋₂₋₂	57.8	29.2	4.5	1.5	0.33
T ₄₋₂₋₃ (control)	55.9	—	8.1	3.1	0.38

5.1 試験方法

供試した単板はアルモンとレッドラウン材を 1 日煮沸して切削したもので、原木はそれぞれ T_1 , T_2 と同じ長材から玉切りした材である。単板寸法、乾燥条件は Table 7 に示す。予備乾燥には便宜的に仕上げ乾燥と同じドライヤーをつかい、機内の風速は $1.5 \sim 2 \text{ m/sec}$ である。単板枚数は各組 20~25 枚で、初期含水率および予備乾燥後の含水率は前述のように供試単板 4~5 枚おきにそのままの大きさを秤量して求めた。なお予備乾燥した単板は同種の単板の間にはさんで平積し、約 2 時間放置したのち仕上げ乾燥した。

5.2 試験結果と考察

Table 8 に初期含水率、乾燥後の含水率などの試験結果を示し、仕上り含水率の分布を Fig. 29, 30 に示す。

Table 8 によれば T_{4-1} の 2 組は予備乾燥により含水率約 26%, T_{4-2} の 2 組はそれぞれ 42.6%, 29.2% となっており、これらの単板を普通の送り時間より 1~2 分短縮して仕上げ乾燥したときの含水率はいずれも 5~10% になった。

次にそれぞれグループの変異係数をみると、 T_{4-1} の 2 組と T_{4-2-2} ではこの試験のコントロールの価および同じ種類の単板を乾燥して求めた Fig. 19 の価よりいずれも小さくなっており、 T_{4-2-1} ではほとんどわからない。これらのことは予備乾燥の程度だけでなく、予備乾燥から仕上げ乾燥までの放置時間に関係するものと考えられるが、放置時間を約 2 時間にきめたこの試験では、予備乾燥によつて含水率を 20~30% まで下げ、続いて仕上げ乾燥を行なう場合、明らかに効果があるが、予備乾燥による含水率低下が少ない場合には仕上り含水率への影響が小さいように思われる。予備乾燥後の含水率分布が測定できなかったので、十分な検討ができないが、後者の場合、仕上げ乾燥するときの含水率の状態が普通の乾燥でこの含水率に達したときのバラツキとあまりかわらないため、上述のような結果になったものと思われる。これらのことから含水率をある程度以下に下げ、そこで含水率の均一化をはかつて、ふたたび乾燥するこ

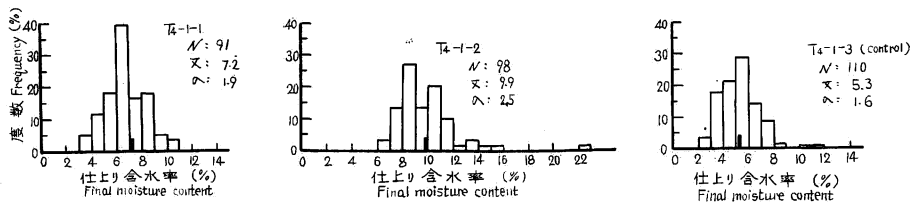


Fig. 29 予備乾燥した単板の仕上り含水率分布 (T_{4-1})
Distribution of final moisture content of pre-dried veneer (T_{4-1})

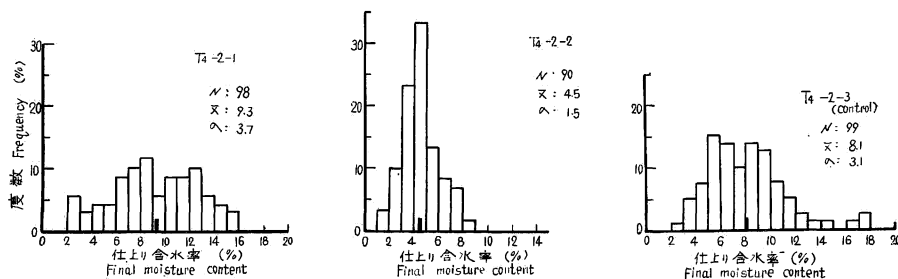


Fig. 30 予備乾燥した単板の仕上り含水率 (T_{4-2})
Distribution of final moisture content of pre-dried veneer (T_{4-2})

とに意味があるように考えられる。その場合、短時間で低含水率まで乾燥しようとすれば温度をたかくする以外に、実際の工程では、普通の乾燥温度 100～140℃ で乾燥機に一度とおし、数時間放置したのちふたたび仕上げ乾燥する方法、いわゆる 2 回通しの方法によつて同様な効果が期待できるように思われる。

6. 2 回通し乾燥の影響

予備乾燥の試験においてえられた結果にもとづき、2 回通しの方法をとくに放置時間に関連して検討した。

6.1 試験方法

供試単板は長さ 1.95 m、長径、短径ともに約 60 cm のタンギール材を 1 日煮沸し切削したもので、単板寸法、乾燥条件は Table 9 に示す。単板枚数は各組 20～25 枚で、同一条件について 2 組ずつ測定した。乾燥時間は 1 回目と 2 回目を等しくし、その和を普通の 1 回通しの場合と一致させた。また、放置時間は 4 hr、24 hr の 2 種類とした。

なお、含水率の測定方法はいままでの試験と全く同様である。

Table 9. 供試単板と乾燥条件 (T_s)
Characteristics of test veneer and drying condition (T_s)

試験番号 Number of tests	供 試 単 板 Characteristic of veneer		第 1 回乾燥 First drying		第 2 回乾燥 Second drying		放置時間 Interrupted time
	種 類 Sort	寸 法 Size	温 度 Temperature	時間 Time	温 度 Temperature	時間 Time	
T _{s-1-1~2}	Tanguile heart wood	0.1 × 100 × 190 cm	136～142 °C	2.0 min	126～131 °C	2.0 min	4 hr
T _{s-2-1~2}	〃	〃	131～136 °C	2.0 min	131～135 °C	2.0 min	24 hr
T _{s-3-1~2} (control)	〃	〃	136～141 °C	4.0 min	—	—	—

6.2 試験結果と考察

乾燥前後の含水率、標準偏差などの試験結果を Table 10 に、仕上り含水率の分布を Fig. 31 に示す。

Table 10 によれば、第 1 回の乾燥後の平均含水率は 25～30% でどの組もほぼ等しく、第 2 回の乾燥後の含水率は 5～10% で、コントロールとして 1 回通しで乾燥したものよりやや低い傾向がみられた。次に変異係数をコントロールの値と比較すると、T_{s-1-3-1} の組では 24 hr 放置したものは 1 回通しのものより小さく、4 hr 放置のものはほとんど差がない。また T_{s-1-3-2} の組では放置時間の差は明らかでないが、

Table 10. 初期含水率と乾燥後の含水率 (T_s)
Initial moisture content and moisture content after drying (T_s)

試験番号 Number of test	初期含水率 Initial moisture content	1 回乾燥後の 含水率 Moisture content after first drying	2 回乾燥後の含水率 Moisture content after second drying		
			平 均 Mean	標準偏差 Standard deviation	変異係数 Coefficient of variation
T _{s-1-1}	%	%	%	%	
T _{s-2-1}	61.1	27.1	9.7	2.3	0.23
T _{s-3-1}	63.2	27.6	8.9	1.8	0.20
(control)	63.3	—	11.5	2.8	0.24
T _{s-1-2}	59.7	28.4	7.8	1.4	0.19
T _{s-2-2}	61.4	26.1	5.8	1.2	0.20
T _{s-3-2} (control)	60.7	—	9.7	3.3	0.34

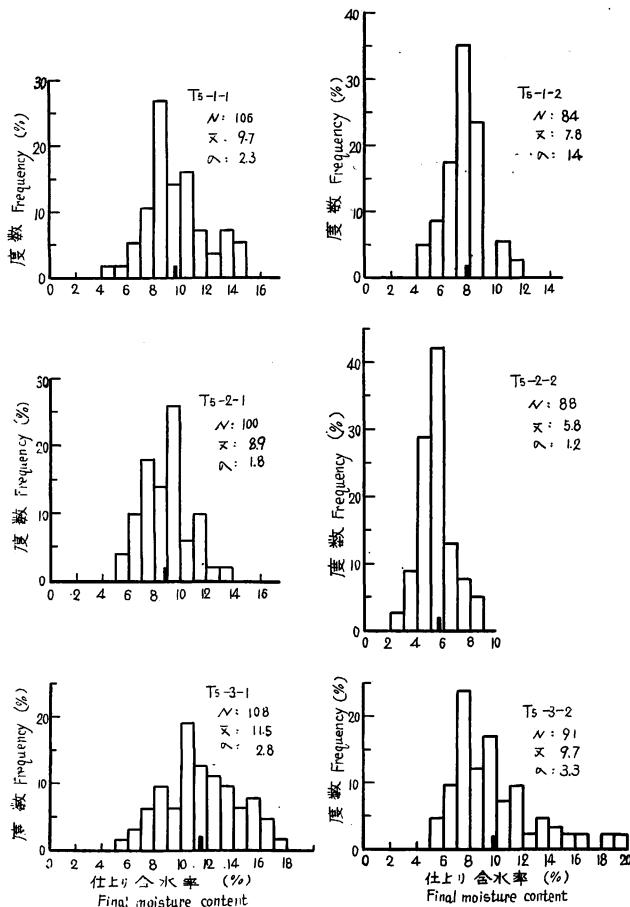


Fig. 31 2回通した単板の仕上り含水率分布 (T_s)
Distribution of initial moisture content of repeating twice
dried veneer (T_s)

場での試験結果にまちたいが、新たにドライヤーを設備する場合、現在より短いドライヤーを2台縦方向におき、中間に単板置場をつくって1方向に流すことが考えられる。

あ と が き

この試験においては、単板の初期含水率および乾燥の程度が仕上り含水率のバラツキに及ぼす影響をしらべ、これらのバラツキを少なくするために、原木の煮沸、蒸煮、単板の予備乾燥などの方法が有効であるかどうかを検討した。

測定した単板の数が少なく、また、それぞれの試験において乾燥後の含水率が異なつたため、十分な検討ができなかつたが、えられた結果を要約すると次のとおりである。

(1) 合板用原木のなかには、外周部の含水率が中央部に比べて著しくたかい材が多く、この部分からとつた単板は全体としての仕上り含水率のバラツキを大きくする原因となる。

(2) 平均仕上り含水率を低くするほどバラツキは少なくなり、同一種類の単板では平均含水率と標準偏差とはほぼ直線の関係にある。したがつてこの傾斜の値を求めることにより、バラツキを特定の範囲に

いづれも1回通しのものより小さくなつている。このように2組の試験で傾向がことなるが、2回通しをすることにより仕上り含水率はかなり均一にできるように考えられる。放置時間については4 hr程度でも効果があるようであるが、どの程度までこの時間を短縮しうるかについては、1回目と2回目の乾燥時間の組み合わせ方の問題とともに、今後さらに検討していきたい。

なお、単板木口の波うちは乾燥の途中で木口に給水するか、浸漬することによつてある程度防止できることが報告されているが⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾、この試験において第1回の乾燥が終わつたとき木口に水うちし、放置期間中にこの部分の含水率をたかくして仕上げ乾燥したところ、波うちがかなり減少するという結果をえた。

このような方法を実施するときの工程上の問題については生産工

おさえようとするときの平均含水率を推定することができるように思われる。

(3) 乾燥直後の含水率のバラツキは、単板を平積したまま放置することによつてかなり均一化する。

(4) 原木を蒸煮することにより、仕上り含水率のバラツキを減小させることができたが、煮沸の影響は明らかでなかつた。

(5) 予備乾燥はこれによる含水率低下が少ないときには効果が明らかでなく、20～30% まで予備乾燥すれば、明らかに仕上り含水率が均一化する。

(6) 普通の乾燥温度で一度乾燥し、数時間放置してのち仕上げ乾燥する方法、いわゆる2回通し乾燥によつて仕上り含水率のバラツキを少なくすることができる。

以上の結果から初期含水率による類別、単板の2回通しの乾燥、乾燥単板の放置などの方法を組み合わせて実行することにより、仕上り含水率はかなり均一化できるように思われる。実際の工場でこれらを実行するためには工程上いろいろな問題が生じてくるであろうが、現在のところ仕上り含水率をそろえるためには、これらの方法を可能なところから少しずつでもとりあげていく以外にないように思われる。

さらに仕上り含水率の状態を常時正確に知り、適正な含水率を保つために、この試験で使用した含水率計のような管理計器の利用がのぞまれる。

文 献

- 1) 筒本卓造・佐藤庄一：単板乾燥に関する試験 (I)，林試研報，106，(1958) p. 201～215
- 2) 筒本卓造・佐藤庄一：単板乾燥に関する試験 (II)，林試研報，107，(1958) p. 33～46
- 3) 山本 孝・上村 武・筒本卓造：連続水分測定法による単板仕上り含水率の管理，木材工業，14，8，(1959)
- 4) Lutz, J.F.: Causes and Control of End Waviness During Drying of Veneer. Forest Products Journal, 5, 2, (1955)
- 5) 筒本卓造：単板乾燥における木口割れ及び波うちについて，木材学会誌，3，1，(1957)
- 6) 中川 宏・吉田直隆・遠藤 諒：単板乾燥における単板の“おどり”について，指導所月報，99，(1960)

Veneer Drying (III)
On the control of final moisture content
Takuzô TSUTSUMOTO and Shôichi SATÔ

(Résumé)

The purpose of this experiment is to survey the influence of the initial moisture content and the degree of drying on the distribution of the final moisture content, and to examine the effect of different treatments such as boiling and steaming of bolt, predrying of veneer etc, on uniformization of final moisture content.

Outline of the results obtained are as follows:

1) There are 2 types of moisture content distribution on green bolts of several species: one type, moisture content of outer part is distinctly high and ununiform compared with that of center part (Fig. 3, 5, 6, 7).

The other, moisture content of whole part is high and ununiform (Fig. 4, 8, 9).

In the case of the veneer sheet from the former type, the final moisture content of the outer part veneer containing sapwood is exceedingly high and ununiform and this causes an increase of distribution in the whole (Fig. 14).

2) As the decrease of mean moisture content, the degree of uniformity goes up (Fig. 16, 17, 18).

With the same materials, the mean moisture content shows a ratio almost straight to the standard deviation (Fig. 19). From this fact, it is possible to compare each degree of uniformity of moisture content even if their means of moisture content are different, and also possible to estimate mean moisture content which enables to control the moisture content of each sheet within a certain limited range.

3) The veneer with content dried up to about 10% in pile for one day long retains that as final moisture content very uniformly without raising of mean of moisture content.

In the case of the veneer dried up to less moisture content, the same tendency of uniformity is recognized (Fig. 20~24).

4) Boiling the bolt for 2 days long at temperature 90~100°C, the effect on distribution of final moisture content is indistinct, but steaming it in the same condition, results indicate some effects (Table 5, 6, Fig. 25, 26).

5) Predrying the veneer in a low temperature (30~50°C) till its moisture content becomes about 20%, the effect on uniformization is apparently recognized, but in the case of predrying up to only 40% the effect is indistinct (Table 7, 8, Fig. 29, 30).

6) Drying veneer in such a way, dry it once in normal temperature (100~140°C) and place it in pile for 4, 24 hrs, then dry twice in the same way, the distribution of final moisture content becomes exceedingly uniform (Table 9, 10, Fig. 31).