

熱帯産材の粘弾性 (第1報)

加熱乾燥による収縮について^{※1}

藤田 晋 輔^{※2}・高橋 徹^{※2}

Shinsuke FUJITA, Akira TAKAHASHI^{※2}

Rheological Properties of Tropical Wood (I)
Shrinkage of Tropical Wood in Kiln Drying^{※1}

1. 緒 言

木材工業の発達にともなって、国内産木材資源が急激に減少している今日、建築用材、家具用材などの木材工業資源として、東南アジアを中心とした数多くの熱帯産木材の重要性はいまさら言うまでもない。

これら熱帯産材は、組織構造および化学的組成が樹種によって複雑とされ、また、合板製造の際の単板乾燥における目まわり、波うち、家具類として利用する板材の表面割れ、内部割れ、おち込みなどの欠点があらわれやすいために、その乾燥は非常に困難とされている。

今日まで木材は、一般に、水分が移動しつつある状態において、著しい可塑性を示すことが認められて来ているので、本報は、熱帯産材の引張荷重下の乾燥過程における粘弾性的性質について検討する一連の実験のうち、加熱乾燥による収縮について、検討した。

2. 実験材料および測定方法

2.1 供試材料

供試材料は熱帯産材3樹種の0.3mm厚さの柾目スライド単板である。

- スピナール (*Anisoptera thurifer*)
($r_0=0.61\sim0.82$)
- マンガシノロ (*Shorea philippinensis*)
($r_0=0.49\sim0.59$)
- マコーレ (*Minusops hecklii*)
($r_0=0.60\sim0.75$)

※1 本報告の一部は第4回レオロジー懇話会(1966-11)にて話題提供した。

※2 木材加工学研究室, Laboratory of Wood Science and Engineering

2.2 試料の寸法, 形状

寸法, 形状はJIS規格試験体様のそれと同様な形状に切り込みを入れ, 柾目板の横引張試験体を作成し, これに変形量測定のための標点(約30mm)をしるした。試料の寸法, 形状は Fig. 1 に示した。試料の作成にあたっては, ほゞ類似の生長輪または繊維走向をとる試験片のみを使用するように注意を払った。

2.3 測定方法

前述した熱帯産材 3種, 0.3mm厚さの柾目板スライド単板から作りあげた試料は, 実験温度と同一温度の温水中に浸漬し, 完全に飽水状態になっているものである。供試試料の初期含水率はいずれの樹種においても, 大体同一状態にあるものを使用することにした。

実験温度は40, 60, 80°Cである。測定方法, 実験装置は既報⁽⁸⁾と同一である。

3. 実験結果と考察

3.1 試料としての合理性

実験条件を規制するため, すなわち, 巨視的水分傾斜

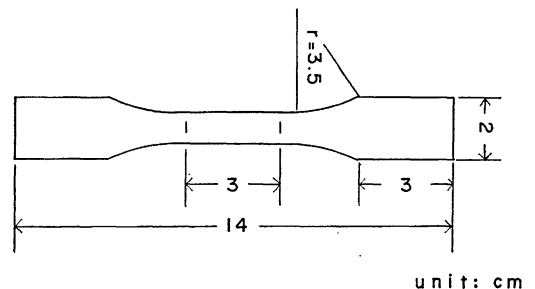


Fig. 1 Shape and dimension of test specimen.

を除くために、薄い試験片を利用したが、試験片の厚さが0.3mm (300 μ) であるので、これらが実験条件として、組織的に十分なる試料であるかどうかを検討しておく必要がある。

その結果、それぞれの試料の顕微鏡的構成要素は Table.1 の通りである。これらの値は、構成要素の最大の値を示すものであるので、試験片の厚さが0.3mmであっても、試験片の引張クリープを測定する試料として、組織的に有効なるものと考えられた。

Table. 1 Dimension of vessel, and wide and height of ray tissue of test specimen

Species	Diameter of Vessel ()		Ray Tissue	
	Radial Direction	Tangential Direction	Wide of Cell	Height of Cell
Spinarl	100~300	100~250	1~8	9~45
Manggasinoro	110~350	70~280	1~4	8~45
Makore	160~250	110~190	2~3	5~15

次に、スライド単板作成時および試験片作成時にそれぞれ「うらわれ、および「きず、を生ずると、この部分が応力の集中個所となって実験中に破壊して実験の有効性はなくなる。それ故、前者について、あらかじめ、それぞれの供試片の厚さ断面の顕微鏡的観察を行なった。(Photo. 1)

その結果、いずれの樹種にも「うらわれ、はほとんど存在していないことが認められた。一方、試験片作成時の「きず、については、実体顕微鏡により、個々の供試片について表面観察を行ない、「きず、が存在していないことを認めた試験片のみを実験に供した。

以上、試験片について検討した結果、本実験の目的に十分かなうものであることを認めたので、以下の実験を行なった。

3. 2 測定結果の考察

飽水状態の試験が40 $^{\circ}$ 、60 $^{\circ}$ 、80 $^{\circ}$ C の温度条件で乾燥された場合の試片の含水率の時間的変化は、それぞれの条件でほとんど差がないので、平均的な値として Fig. 2 に示した。今、含水率経過をみると、はじめ約290%程度の含水率である試験片は乾燥温度80 $^{\circ}$ C の場合、約15分で約4.5%の含水率に、60 $^{\circ}$ C の場合のそれは、約20分程度で約3%に、40 $^{\circ}$ C の場合は、約80分程度で約6%になった。

次に、各乾燥温度条件別に、それぞれの樹種についての収縮経過を Fig. 3~5 に示した。Fig. 3 は40 $^{\circ}$ C の時の収縮経過、Fig. 4 は60 $^{\circ}$ C、Fig. 5 は80 $^{\circ}$ C の時のものである。これらの図によれば、収縮は40 $^{\circ}$ C の場

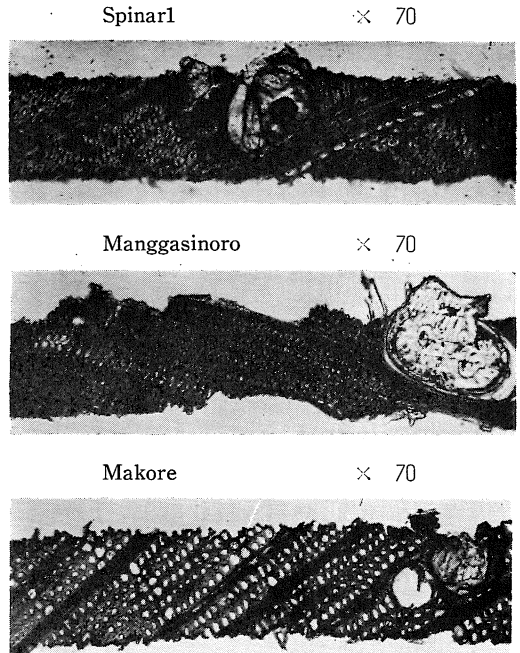


Photo. 1 Cross section of test specimen

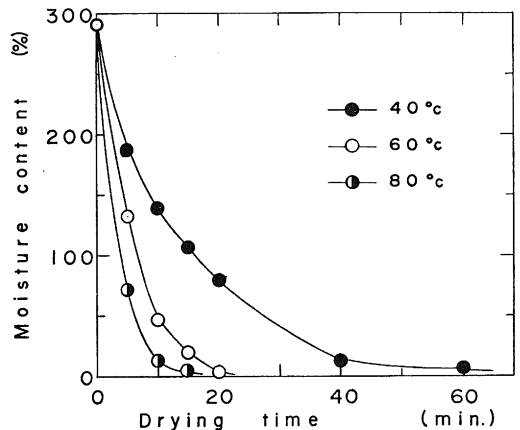


Fig. 2 Drying curves dried from green condition at 40 $^{\circ}$ 、60 $^{\circ}$ and 80 $^{\circ}$ C.

合、6分後より、60 $^{\circ}$ C、80 $^{\circ}$ C の場合は、それぞれ3分、2分前後より、樹種に関係なくはじまる。そして、60~100分経過後に収縮を完全に終る。収縮開始時間の含水率をみると、Fig. 2 より約150~180%の範囲内にある。大沼らの実験結果でも、大体同一の含水率状態から収縮していることから、一応妥当なものと思われる。ゆえに、このように高含水率から、はじまっていることは、水分こう配が存在していることを意味するものと考えられる。

次に、それぞれの試料の収縮状態を見ると、いずれの温度にあっても、スピナール、マコーレ、マンガシノロの順となる。乾燥条件が収縮する因子として、木材中に生ずる内応力と組織構造相互により発生する内応力とがあげられる。前者はおもに水分傾斜によって発生する応力の時間的変化によって、ひずみが発生し、木材自身のもつ自由な収縮に変化をあたえる。しかし、後者の場合は細胞膜層の構造および放射組織、木柔細胞などの各種細胞の排列とそれらの量が影響するものと考えられる。W. Barkas は細胞膜層内の第二次膜は水分の吸脱湿によって、Gel 的な挙動、第一次膜は Sheath 的な役割をなし、第二次膜の易動性を抑制するとしている⁽⁶⁾。これら木材組織構成要素のうち、とくに木柔細胞の多い樹種、または木柔細胞が道管の周囲に多く分布している樹種は異常収縮を生じやすいとされている。上述したよ

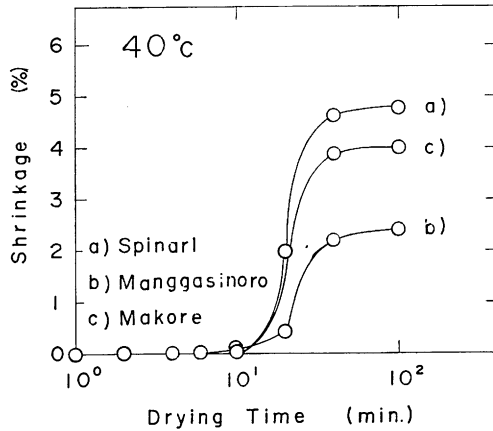


Fig. 3 Shrinkage of sliced veneer during drying at 40°C.

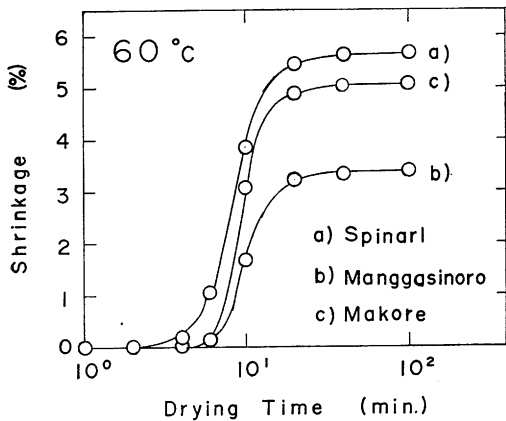


Fig. 4 Shrinkage of sliced veneer during drying at 60°C

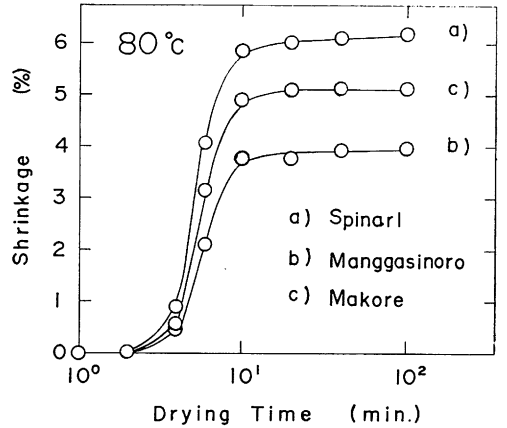


Fig. 5 Shrinkage of sliced veneer during drying at 80°C.

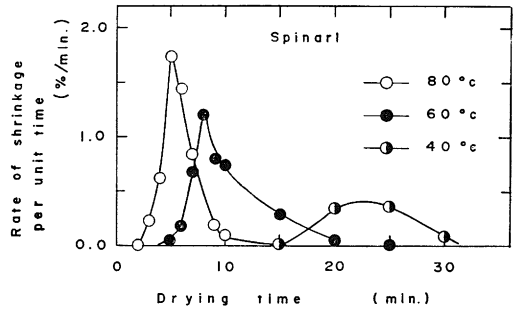


Fig. 6 Relation between rate of shrinkage per unit time and drying time from green condition at 80°, 60°, 40°C

うに、本実験結果にあっても、薄試片の収縮量に対して、木材の構成組織構造の影響があることは十分に考えられる。国内産材⁽⁵⁾広葉樹および熱帯産材の収縮量を国内産針葉樹のそれとを比較してみると、前二者は類似した収縮経過を示すのに対して、後者は、前二者ほど高い収縮を示さない。これらのことから、収縮量は木材を構成している組織構造の状態の影響を受けることがみられる。

次に、乾燥時間と収縮速度との関係について、あらわしたのが Fig. 6~7 である。いずれの樹種においても、温度が高ければ高いほど、最大収縮速度は短時間側に移動し、その値も高くなる。また、極大値をとる時間の含水率は80°Cの時、約50%、60°Cおよび40°Cの時それぞれ48%、50%位の値を示す。これらの事から、最大収縮速度を示す位置の含水率は、いずれの温度においても約50%前後に存在している。厚い試験片の場合、水分こう配の存在が試験片自体の収縮力に対しては、それほ

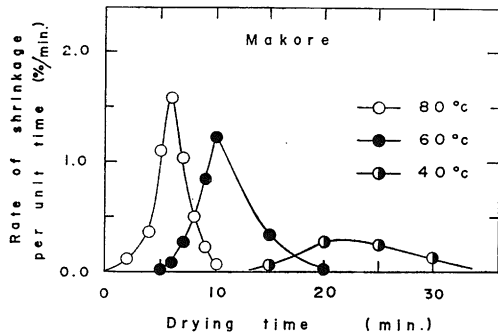


Fig. 7 Relation between rate of shrinkage per unit time and drying time from green condition at 80°, 60°, 40°C.

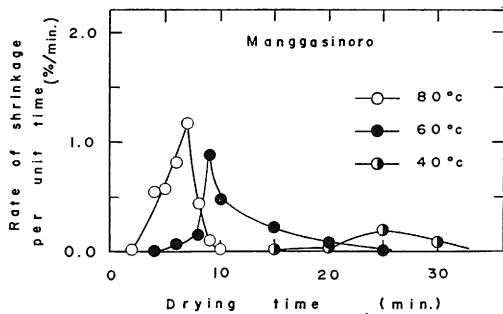


Fig. 8 Relation between rate of shrinkage per unit time and drying time from green condition at 80°, 60°, 40°C.

どの影響は考えられないが、本実験のような薄切片では、水分こう配の存在が試験片自体の収縮力に直接左右するために、このように収縮速度の最大値が早い時間にあらわれたものと考えられる。また、比較的高含水率域で木材内部に塑性変形を起すと考えると、高い収縮速度は比較的高含水率で最大値をもつことになる。以上のことから、乾燥速度も、いわゆる繊維飽点付近を境にして変化すると考えられる。これらの結果は今までの報告とよく一致している⁽⁶⁾。

以上のことから、大要次のことがわかる。

1) 薄切乾燥の場合、表面蒸発が主であるが、収縮量は木材を構成している組織構造の配列および量に依存すると考えられる。

2) 収縮速度は、乾燥温度によって、大きい影響を受けるが、最大収縮速度を示す位置の含水率は温度に関係なく、40~50%の範囲にある。

引用文献

1. Christensen, G. N., : Aust. J. Appl. Sci., 13, 242-256, 1962
2. 大草克己・林昭三：木材誌, 2, 5-7, 1956
3. 藤田晋輔・中戸莞二：木材誌, 11, 36-40, 1965
4. Gibson, E. J.・Nature, 206 (1980), 213-215, 1965
5. 藤田晋輔・高橋徹：島根大学農学部研究報告, 第1号 103-106,
6. 大沼加茂也・斎藤寿義, 林試研報, 第116号75-83, 1959

Summary

It has been thought hitherto that a remarkable creep occurred at some period of drying, and this was assumed to be due to the plastic nature of wood, derived from the non-equilibrium of moisture.

This report deals with the rheological properties of three tropical woods. In the present paper is discussed the shrinkage of tropical wood during drying. For the examination of this paper, there are used thin specimen (300 μ thickness) of radial plane of sliced veneer of three tropical woods (Spinarl : *Anisoptera thurfer*, Manggasinoro : *Shorea philippinensis*, Makore : *Mimusops hecklii*). The experimental temperatures were 40°, 60° and 80°C. The shape and dimension of the specimens are shown in Fig.1. Test specimens were dried from the initial moisture content of about 290% to 5%. (Fig.2)

Experimental results are summarized as follows :

The shrinkage during drying at 40°, 60° and 80°C are shown in Fig.3, 4 and 5, and the relation between the rate of shrinkage per unit time and drying time from

green condition at 40°, 60° and 80°C. are shown in Fig. 6, 7 and 8.

1) In the drying of sliced veneer, the shrinkage is dependent on the arrangement of structure and specific gravity of wood.

2) The maximum value for the rate of shrinkage per unit time is hardly dependence on the temperature, but the moisture content for the maximum value of rate of shrinkage per unit time exists between 40 and 50% without regard to temperature.