

# 乾燥方法の違いで木材の収縮，膨張は異なるのか？

安久津 久

## はじめに

木材の乾燥方法には、天然乾燥と人工乾燥があります。前者は太陽エネルギーと風のエネルギーだけで乾燥する方法で、乾燥に要するエネルギーコストはかかりませんが、日数がかかり、木材の含水率もせいぜい15%前後にしかなりません。内装材や家具材に木材を用いる場合、それ以下の含水率にしなければならないため、後者の人工乾燥を用いています。

人工乾燥と一口にいっても熱風乾燥，減圧乾燥などさまざまな方法があります。その中で最もポピュラーな方法は熱風乾燥です。この方法は，加熱した水蒸気を乾燥室内に入れ，室内の温湿度を適正に保ちながら木材を乾燥させる方法で，I・F式といわれている方法がこれに該当します。次

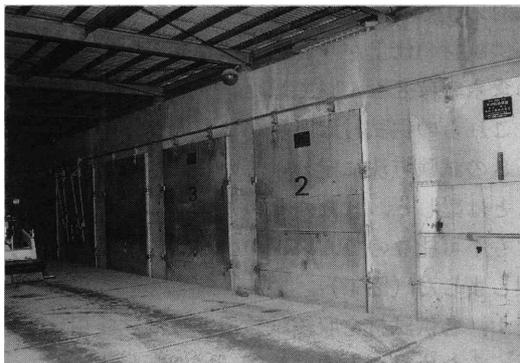


写真2 熱風乾燥装置

いで多く用いられる乾燥方法は除湿乾燥です。この方法は，熱風乾燥より低い温度で除湿しながら木材を乾燥させる方法です。除湿乾燥装置と熱風乾燥装置を写真1，2に示します。

今回，これら2つの方法で乾燥させたマカバのフローリング材を入手し，これらをさらに乾燥させたり，あるいは吸湿させたりした時，それに伴う収縮，膨張に差が生じるかどうか調べました。なお，このフローリング材は，協和フローリング(株)の御厚意によりいただいたものです。



写真1 除湿乾燥装置

## 二つの乾燥条件はどう違うのか？

今回の試験片の熱風乾燥方式は，I・F式乾燥で，その条件は，乾燥初期は乾球温度50，湿球温度46，乾湿球温度差4からスタートします。最終的には，乾球温度70，湿球温度45，乾湿球温度差25とし，約1週間で含水率60~70%から8%にします。

除湿乾燥のやり方は，室内温度を42に保ち，

コンプレッサーで除湿しながら約4週間で含水率8%にします。したがって除湿乾燥の方が、熱風乾燥よりマイルドな乾燥条件といえます。

### 試験片をどのようにして作ったか？

大きさ約2×9×120cmに製材した4枚の板を長さ方向（繊維方向）に2等分し、一方を除湿乾燥、他方を熱風乾燥しました。

除湿乾燥した材はA～Dの記号を付けました。また、熱風乾燥した材には、上のA～Dにそれぞれ対応するようにA'～D'の記号をつけました。各供試材の仕上がり含水率は8%で、試験開始時の含水率は8±1%でした。

これらの供試材は厚さが2cmしかないため、JISの試験方法に定められている試験片を作製することは難しく、また、そのままの形で試験することも不可能なので、以下のようにして試験片を作製しました（図1）。

1. 各供試材を収縮試験用と吸湿試験用に分けるため長さ方向に約60cmに切断しました。
2. 1の供試材を厚さ1.7cmにかな削りした後、幅方向に3cmにひき割り、さらに長さ方向6cmに切断し、試験片としました。
3. できあがった試験片の大きさは幅方向、長さ方向、厚さ方向でそれぞれ3cm、6cm、1.7cmです。試験片の数は、収縮試験用が14～20個、吸湿試験用が各10個です。

図2に示すように、ほぼ二方柱の材はBとCだけで、その他の材はほとんど追桁でした。また、AとA'およびDとD'は、厚さ方向が接線方向に近く、その他の材は幅方向が接線方向でした。試験片はCとC'を除き、すべて心材でした。CとC'材のすべての試験片には、辺材部が多少含まれていました。

木材には、収縮異方性があります。すなわち、木材の3方向である接線方向、半径方向、繊維方向（以下これらの方向をT方向、R方向、L方向と呼びます）で収縮率が異なります。これは、吸湿に伴う膨張率にもあてはまりますが、T方向で最も大きく、R方向、L方向の順に小さくなります。

す。それらの比はおおむね10：5：1～0.5といわれています。T方向とR方向の比（T/R）を異方度といい、一般に広葉樹は針葉樹よりも異方度は小さくなります。木材の収縮、吸湿試験を行

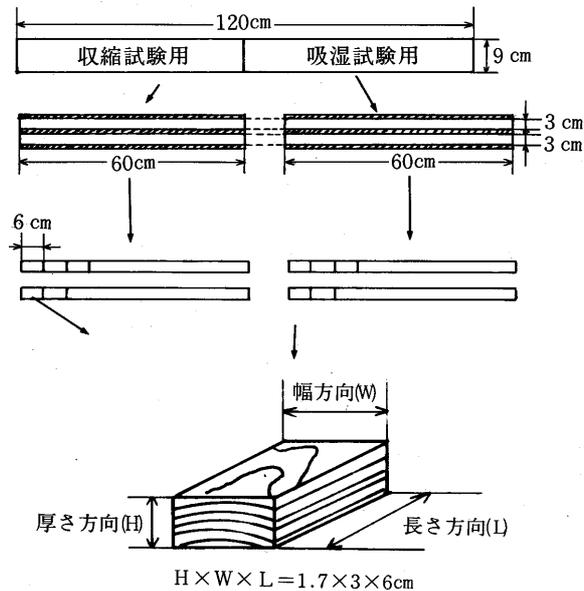


図1 試験片の作製方法

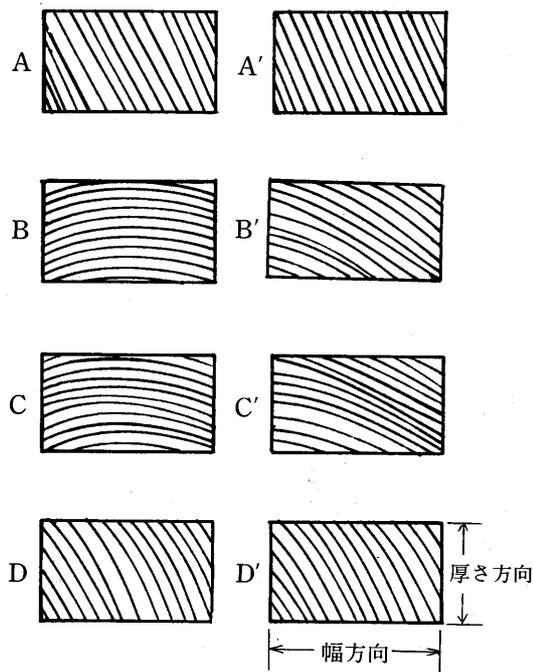


図2 各試験片の木口面

う際には、このことを考慮して二方柱の試験片を作製することになっています。しかしながら、今回得られた二方柱の試験片はごくわずかでした。そこで、実用的な材の使用方法を考慮し、主に幅方向、厚さ方札 長さ方向の3方向（以下3方向と呼びます。）について除湿乾燥あるいは熱風乾燥された材の収縮、膨張の差を検討してみました。

### どのようにして試験するのか？

#### 収縮率試験

はじめに、各試験片の重量および3方向の長さを測定します。その後、熱風乾燥装置で105℃で全乾（含水率0%）にします。全乾になった試験片の重量および3方向の長さを測定します。測定値から含水率1%に対する平均収縮率を試験片ごとに以下のように算出しました。なお、各試験片の初期含水率は6.6~9.6%で、全試験片の平均含水率は8.5%でした。

含水率1%に対する平均収縮率（%）

$$= \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times \frac{W_0}{W_1 - W_0}$$

$L_1$  : 試験開始時の試験片の長さ (mm)

$L_0$  : 全乾時の試験片の長さ (mm)

$W_1$  : 試験開始時の試験片の重量 (g)

$W_0$  : 全乾重量 (g)

#### 膨張率試験

各試験片を温度40℃、相対湿度75%（塩化ナトリウムの結晶と共存する飽和水溶液を入れた気密容器内）でほぼ平衡含水率になるまで2か月間ほど吸湿させ、試験片の重量および3方向の長さを測定しました。

その後、試験片をただちに温度40℃、相対湿度90%（酒石酸ナトリウムの結晶と共有する飽和水溶液を入れた気密容器内）で吸湿させました。なお、この試験は全面吸湿で行い、試験片の重量および3方向の長さは、24時間、72時間、240時間後に測定しました。含水率1%に対する膨張率は240時間後の試験片の重量と長さの値から以下の式にしたがって算出しました。

含水率1%に対する平均膨張率（%）

$$= \frac{L_2 - L_1}{L_1} \times \frac{W_0}{W_{90} - W_{75}}$$

$L_1$  : 40℃、相対湿度75%で平衡に達したときの長さ (mm)

$L_2$  : 40℃、相対湿度90%で平衡に達したときの長さ (mm)

$W_0$  : 全乾重量 (g)

$W_{75}$ ,  $W_{90}$  : 40℃、相対湿度75%および90%の条件における重量 (g)

### 乾燥方法の違いによってその後の伸び縮みに差がでるのか？

#### 乾燥による収縮

含水率1%に対する平均収縮率を表1に示します。供試材ごとに含水率1%に対する平均収縮率を比較すると、幅方向ではCとC'は同じ値ですが、他はいずれも除湿乾燥の方が熱風乾燥に比べ収縮率は大きくなっています。その差は0.01~0.02%です。また、厚さ方向ではいずれも除湿乾燥の方が熱風乾燥に比べ収縮率は大きくなっています。その差は0.01~0.04%でした。長さ方向についても、幅および厚さ方向の結果と同様に、除湿乾燥は熱風乾燥に比べ、若干収縮率が大きくなりました。一方、表2に示すように、各供試材の比重が異なるため、供試材間では、除湿乾燥、熱風乾燥とも収縮率に幅方向で約0.1%、厚さ方向で0.06~0.08%程度の差があります。

この値は乾燥方法の違いにより生じた差より大きくなっています。こうしたことから、どちらの乾燥方法を用いてもその後の収縮については実用上差がないものと思われれます。

#### 吸湿による膨張

含水率約8%の試験片が温度40℃、相対湿度75%の装置内で平衡含水率に達するには、個々の試験片が大きく、数も多かったため、2か月以上の期間を要しました。平衡含水率といっても、樹種、個体間で異なるといわれています。今回の試験片の平衡含水率は13.5±1%でした。

吸湿の結果、240時間後にはほぼ平衡含水率に

表1 含水率1%に対する平均収縮率

乾燥方法	供試材	幅方向 (%)	厚さ方向 (%)	長さ方向 (%)
除湿乾燥	A	0.20 (0.18 ~ 0.22)	0.23 (0.18 ~ 0.25)	0.035 (0.030 ~ 0.039)
	B	0.29 (0.27 ~ 0.31)	0.29 (0.24 ~ 0.31)	0.023 (0.015 ~ 0.039)
	C	0.24 (0.20 ~ 0.27)	0.23 (0.21 ~ 0.27)	0.027 (0.012 ~ 0.039)
	D	0.30 (0.27 ~ 0.32)	0.31 (0.27 ~ 0.33)	0.021 (0.013 ~ 0.030)
熱風乾燥	A'	0.19 (0.17 ~ 0.20)	0.22 (0.18 ~ 0.24)	0.028 (0.019 ~ 0.032)
	B'	0.27 (0.22 ~ 0.30)	0.25 (0.21 ~ 0.28)	0.019 (0.009 ~ 0.035)
	C'	0.24 (0.19 ~ 0.26)	0.22 (0.19 ~ 0.24)	0.019 (0.010 ~ 0.023)
	D'	0.28 (0.24 ~ 0.30)	0.28 (0.22 ~ 0.31)	0.022 (0.014 ~ 0.030)

注) 上段は平均値, カッコ内は範囲を示しています。

表2 試験片の比重(ただし, 全乾比重)

乾燥方法	供試材	収縮試験片	試験片数	供試材	吸湿試験片	試験片数
除湿乾燥	A	0.65 (0.60 ~ 0.69)	16	A	0.61 (0.57 ~ 0.64)	10
	B	0.71 (0.69 ~ 0.75)	15	B	0.70 (0.69 ~ 0.72)	10
	C	0.68 (0.61 ~ 0.75)	14	C	0.68 (0.64 ~ 0.74)	10
	D	0.81 (0.77 ~ 0.86)	15	D	0.82 (0.77 ~ 0.87)	10
熱風乾燥	A'	0.63 (0.57 ~ 0.67)	18	A'	0.61 (0.57 ~ 0.67)	10
	B'	0.73 (0.67 ~ 0.75)	16	B'	0.70 (0.67 ~ 0.72)	10
	C'	0.67 (0.61 ~ 0.73)	17	C'	0.70 (0.68 ~ 0.72)	10
	D'	0.81 (0.73 ~ 0.87)	20	D'	0.82 (0.76 ~ 0.89)	10

注) 上段は平均値, カッコ内は範囲を示しています。  
平均年輪幅は各供試材とも1.1~1.4mmでした。  
含水率8%程度での比重は0.02程度大きくなります。

達したものと判断されました。この平衡含水率は試験片により異なり19~22%でした。24時間, 72時間, 240時間後における供試材の含水率変化を図3に示します。また, これらの時間における含水率と膨張率の関係を検討した結果, ほぼ直線的に膨張していることがわかりました。そこで, 240時間後における含水率1%に対する平均膨張率で各供試材を比較しました。

各試験片の含水率1%に対する平均膨張率を表3に示します。供試材ごとに比較すると幅方向はCとC'は差がなく, その他は除湿乾燥の方が熱風乾燥より0.02~0.03%大きな値でした。厚さ方向では, AとA', DとD'は差がなく, BとB'は熱風乾燥, CとC'は除湿乾燥の方が膨張率は大きくなりました。長さ方向はいずれの材も除湿乾燥による膨張率が大きく, その差は全平均では

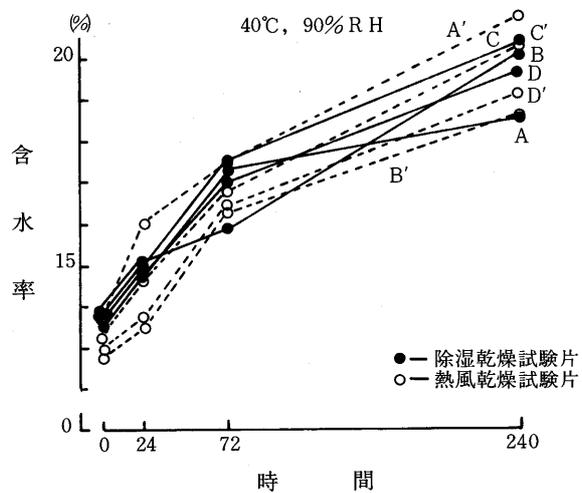


図3 吸湿による含水率の変化

表3 含水率1%に対する平均膨張率

乾燥方法	供試材	幅方向 (%)	厚さ方向 (%)	長さ方向 (%)
除湿乾燥	A	0.16 (0.11 ~ 0.22)	0.32 (0.29 ~ 0.35)	0.024 (0.011 ~ 0.036)
	B	0.25 (0.20 ~ 0.30)	0.25 (0.21 ~ 0.29)	0.012 (0.011 ~ 0.015)
	C	0.27 (0.21 ~ 0.30)	0.24 (0.21 ~ 0.27)	0.017 (0.013 ~ 0.026)
	D	0.25 (0.23 ~ 0.28)	0.32 (0.27 ~ 0.36)	0.029 (0.022 ~ 0.044)
熱風乾燥	A'	0.13 (0.12 ~ 0.17)	0.32 (0.27 ~ 0.37)	0.015 (0.005 ~ 0.023)
	B'	0.23 (0.20 ~ 0.27)	0.27 (0.21 ~ 0.32)	0.010 (0.006 ~ 0.016)
	C'	0.27 (0.26 ~ 0.29)	0.21 (0.19 ~ 0.27)	0.016 (0.013 ~ 0.019)
	D'	0.23 (0.18 ~ 0.27)	0.32 (0.26 ~ 0.38)	0.019 (0.013 ~ 0.022)

注) 上段は平均値, カッコ内は範囲を示しています。

0.006%でした。

膨張率の場合も、収縮率の場合と同様に、供試材間の差の方が大きくなりました。このため、どちらの乾燥方法を用いてもその後の膨張については実用上では差がないものと思われま

りも小さく、両乾燥方法で仕上げた材の収縮、膨張には実用上は差がないものと考えられます。

乾燥方法による材の収縮、膨張についてはまだそのメカニズムも含めて不明な点が多く、今後も検討する必要があるでしょう。

### まとめ

収縮率、膨張率とも平均値で比べた場合、除湿乾燥は熱風乾燥よりも若干大きな値でした。しかしながら乾燥方法によるこの差は供試材間の差よ

### 参考資料

葉石ほか：林業試験場研究報告第256号（1973）  
（林産試験場 材質科）