

床素材の寸度安定化技術の検討(第2報)

- 熱板乾燥材(ミズナラ)の吸・放湿特性 -

中 厚
菅谷 恵美子*

伊藤 洋一

The Dimensional Stability of Floor Boards ()

- Moisture Absorption and Desorption of Hot-Pressed Mizunara Lumber -

Atsushi NAKAJIMA
Emiko SUGAYA*

Youichi ITO

Test pieces were Mizunara, *Quercus Crispula*, boards and their size was 2.7 × 9 × 50cm. Some boards were immediately dried in kiln-dry : the others were dried first in air-dry and then in hot-press. Subsequently all the boards were exposed to a moisture-absorbing environment whose temperature and relative humidity were 20 and 85% respectively as well as to a moisture-desorbing environment whose temperature and relative humidity were 60 and 9% respectively. Then to know the dimensional stability of the boards, tests were performed on them with their moisture content varied between 4% and 15%.

From the tests it was known that the boards hot-pressed after being air-dried had a slightly smaller rate of moisture change in absorption and desorption, and a 10% smaller rate of dimensional change in width direction, than the boards kiln-dried immediately. These results show that as far as dimensional stability is concerned, the hot-press dry after air-dry is not particularly effective in practical usage. This is because the hot-press has only a small effect of heat treatment when the lumber has a low moisture content.

Keywords : dimensional stability, moisture absorption and desorption, dried lumber,
hot-press

寸法安定性, 吸放湿, 乾燥材, 熱板

ミズナラ材(厚さ×幅×長さ=2.7×9×50cm)を熱気乾燥したものと天然乾燥後に熱板乾燥したのものについて, 吸湿(温度20 , 相対湿度85%)と放湿(温度60 , 相対湿度9%)環境において, 含水率を4~15%の間で変化させ, 寸法安定性に関する比較試験を行った。

その結果, 天然乾燥後に熱板乾燥を行った材は熱気乾燥材に比較すると, 吸・放湿速度はわずかに低い程度で, また, 寸法変化率は幅方向で約10%減少する範囲の効果は得られたが, 実用的には寸法安定性に対し特に有効な方法とは認められなかった。これは, 熱処理効果が低水分状態の材に対しては十分に与えられないためと思われる。

1. はじめに

前回、床素材を想定したマカンバ板材を熱板で乾燥し、乾燥後の吸・放湿特性について熱気乾燥法との比較により報告したが¹⁾、今回はミズナラ材を用いて、同様の試験を実施したので報告する。

2. 実験方法

2.1 供試材

供試材は、末口径30cm上、長さ2.6mのミズナラ原木から木取った厚さ2.7cm、幅9cmの製材で、1枚の製材から熱気乾燥用に2体（A・B）、熱板乾燥用に2体（C・D）の計4体を長さ50cmで採材した。これらは、5枚の製材から同様に切断し、熱気乾燥用10体、熱板乾燥用10体の計20体を試験材とした。

なお、4体の試験材を採材する時、各試験材の両側から長さ約3cmの試験片を取り、全乾法によって各試験材の含水率を推定した。

2.2 乾燥条件

熱気乾燥用試験材（A・B）10体は採材後、標準的な乾燥スケジュールによって、熱気乾燥を実施した。すなわち、厚さ2.5cmの板材用の一般的な温湿度条件（乾球温度：45～80、乾湿球温度差：3～28、コンディショニング1日）を用いて、仕上がり含水率8%を目標に乾燥を行った。

また、熱板乾燥用試験材（C・D）については、樹種特性によって生材からの熱板処理は内部割れを生じさせること²⁾が明らかとなっているため、採材後、天然乾燥を実施し、繊維飽和点以下をめぐりに水分をある程度下げてから熱板乾燥することとした。天然乾燥期間は、3月22日から4月15日の24日間である。天乾後は、実験用小型ホットプレスをを用い熱板温度160、圧縮圧力6kgf/cm²の熱圧条件で熱板乾燥を行った。仕上がり含水率の目標値は、C材を8%、D材を2%に設定し、各々熱板乾燥を実施した。

2.3 吸・放湿試験の方法

乾燥終了後、熱気乾燥材については屋内に6日間放置し、その後、四材面を1～3mm程度プレーナがけし、直ちに試験材Aを放湿条件下に、試験材Bを吸湿条件

下に置いた。熱板乾燥材については、急速乾燥を考慮して熱気乾燥材の養生期間に対し2倍の12日間屋内に放置した後、同じく四材面プレーナがけをして、試験材C、Dとも吸湿条件下に置いた。

吸湿条件は、恒温恒湿室を用い温度20、相対湿度85%、平衡含水率約18%を適用した。一方、放湿条件は温度60、相対湿度9%、平衡含水率約2%の恒温恒湿槽を使用した。

吸湿過程の終了は、乾燥条件別に供試材5体の平均含水率（推定値）が15%となった時点、および放湿過程ではその値が4%となった時点とし、引き続き放湿・吸湿の環境に試験材を置いた。吸・放湿の繰り返し回数は、試験材Aについては放湿 吸湿 放湿 吸湿 放湿の2.5サイクルとし、試験材B、C、Dは吸湿 放湿 吸湿 放湿の2サイクルとした。

2.4 寸法安定性評価のための測定項目

寸法変化については、試験材の中央部において厚さと幅寸法を、リニアゲージで1/1000mmまで測定した。

また、材の狂いについてはねじれ、縦ぞり、曲がり、幅ぞりの測定を行った。ねじれは、一定の材面について水平器を置き、ねじれ角度として1/100°まで測定した。縦ぞり・曲がりは、一定の材面についてそれぞれ厚さ・幅の寸法測定位置のそり量（矢高）を、長さ方向スパン48cmのダイヤルゲージを用い1/100mmまで測定した。幅ぞりは表裏二材面について厚さ寸法測定位置のそり量（矢高）を、幅方向スパン76mmで1/100mmまで測定した。

吸・放湿試験終了後は、寸法測定位置を中心とした試験片を5cm長さで木取り、全乾状態にして含水率、および収縮率を求めた。また、等間隔で試験片を計4片切断し、全乾法にて含水率を求め試験材の推定含水率を補正した。

なお、以下に示す測定値はすべて乾燥条件別の試験材5体の平均値である。

3. 結果および考察

3.1 乾燥状況について

試験材の初期含水率は、熱気乾燥用試験材A、Bが

それぞれ38.5%，42.7%で，熱板乾燥用試験材C，Dは，それぞれ39.3%，36.6%であった。熱気乾燥日数は約10日間で，仕上がり含水率は試験材Aが9.0%，試験材Bが9.4%であった。一方，試験材C，Dは天然乾燥によって，それぞれ25.5%，24.5%となり，その後の熱板乾燥によって試験材Cが6.2%，試験材Dが2.7%に仕上がった。熱板乾燥時間は仕上がり含水率8%を目標とした試験材Cが60分，仕上がり含水率2%を目標とした試験材Dが90分である。したがって，実際の仕上がり含水率は目標値と比較すると試験材Cが1.8%低く，試験材Dが0.7%高い値となるが，ほぼ目標とする水分に仕上がった。

乾燥による厚さ方向の寸法変化は，試験材Aが27.57mm（含水率38.5%）から25.82mm（含水率9.0%）で1.75mm収縮し，乾燥開始時の寸法を基準として収縮率を求めると6.4%になる。同様に試験材Bは，2.06mm収縮し7.5%の収縮率となった。試験材Cは天然乾燥により，27.40mm（含水率39.3%）から27.04mm（含水率25.5%）に0.36mm収縮し，試験材Dは0.32mm収縮した。さらに，熱板乾燥によって試験材Cは2.33mm，試験材Dは2.55mm収縮し，結果的に収縮率はそれぞれ9.8%，10.5%となった。得られた収縮率を単純に含水率の変化量で除して含水率1%あたりに換算すると，試験材A，B，C，Dはそれぞれ0.22，0.23，0.30，0.31%となり，熱気乾燥材に比較して熱板乾燥材は厚さ方向で約1.35倍多く収縮したことになる。この値

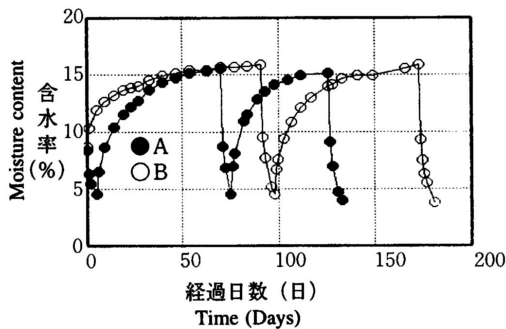
は，以前報告したマカンバ材の約2.2倍に比べると¹⁾小さく，この理由としては，天然乾燥を実施し熱板乾燥前の含水率がマカンバ材に比べ低く繊維飽和点以下であったことによるものと考えられる。

幅方向の寸法変化は，同様に含水率1%当たりの収縮率を求めると，試験材A，B，C，Dはそれぞれ0.17，0.16，0.07，0.07%となり，厚さ方向とは逆に熱板乾燥材の方が約6割少ない値となった。いずれも，生材から処理したマカンバ材に比べ，両条件での寸法変化量の差が小さい結果となった。

3.2 吸・放湿試験における含水率変動

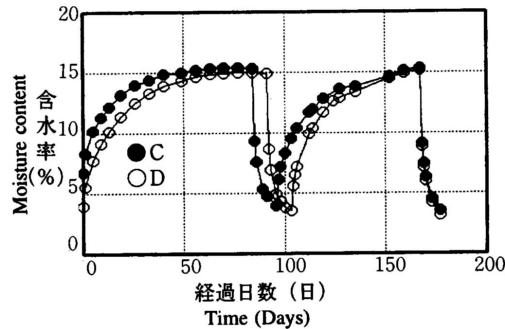
乾燥材の吸・放湿過程における含水率の経過を第1図，第2図に示す。かなながけ直後の含水率は，試験材Aが8.4%，Bが8.7%，Cが6.7%，Dが3.9%であった。試験材A，Bは乾燥後6日間の養生により含水率が0.6%減少し，試験材C，Dは12日間養生により，それぞれ0.5，1.2%増加した。

吸湿による含水率の増加割合，および放湿による減少割合は第1表に示すとおり，熱板乾燥材の方が低い傾向で，2回目の吸・放湿過程において，熱気乾燥を行った試験材Bと熱板乾燥を行った試験材C，Dの含水率変化速度を比較すると，吸湿過程ではそれぞれ7，-2%，放湿過程で15，6%の抗吸・放湿能（熱気乾燥材に対する熱板乾燥材の含水率変化速度の減少比）が得られる。しかし，マカンバ材に比較するとこれらはいずれも低い値で，吸・放湿速度の減少に関する効



第1図 吸・放湿過程における含水率経過
(熱気乾燥材)

Fig.1. Moisture content in process of absorption and desorption(kiln-dried lumber).



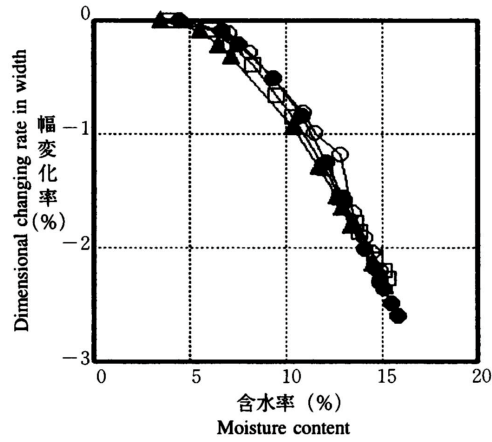
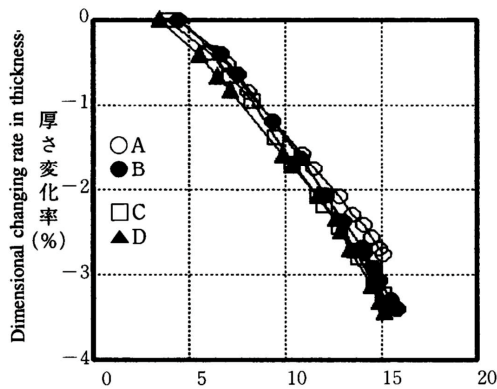
第2図 吸・放湿過程における含水率経過
(熱板乾燥材)

Fig.2. Moisture content in process of absorption and desorption(Hot-pressed lumber).

第1表 熱気乾燥材と熱板乾燥材の吸・放湿速度
Table 1. Absorption and desorption rate of kiln-dried and hot-pressed lumber.

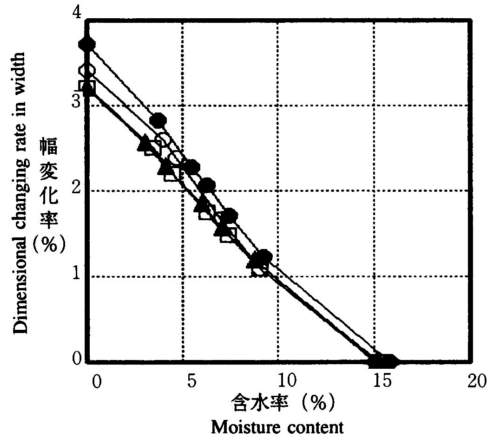
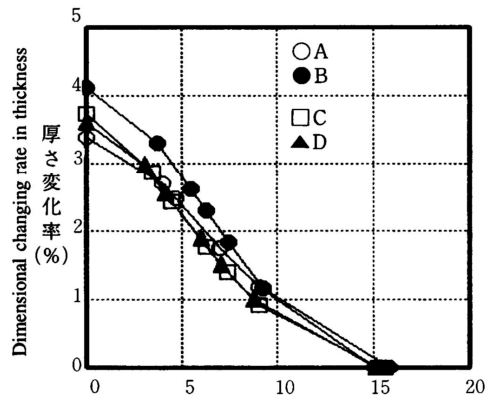
| | 熱気乾燥 Kiln-dry | | 熱板乾燥 Hot-press | | B材に対する抗吸・放湿能 Moisture excluding efficiency for lumber B | |
|--|------------------|-------|-------------------|-------|--|----|
| | A材 | B材 | C材 | D材 | C材 | D材 |
| 1回目吸湿速度 First stage of absorption rate | 0.009 | 0.006 | 0.007 | 0.007 | | |
| 1回目放湿速度 First stage of desorption rate | 0.091 | 0.067 | 0.049 | 0.053 | 27 | 21 |
| 2回目吸湿速度 Second stage of absorption rate | 0.012 | 0.009 | 0.008 | 0.009 | 7 | -2 |
| 2回目放湿速度 Second stage of desorption rate | 0.073 | 0.073 | 0.062 | 0.068 | 15 | 6 |

注：含水率：4～15%
Note: M. C. ; 4～15%



第3図 吸湿過程における含水率と寸法変化率の関係

Fig.3. Relationships between moisture content and dimensional changing rate in absorption process.



第4図 放湿過程における含水率と寸法変化率の関係

Fig.4. Relationships between moisture content and dimensional changing rate in desorption process.

第2表 熱気乾燥材と熱板乾燥材の寸法変化率
Table 2. Dimensional changing rate of kiln-dried and hot-pressed lumber.

(%)

| | | 熱気乾燥 (A材) Kiln-dry(A) | | 熱気乾燥 (B材) Kiln-dry(B) | | 熱板乾燥 (C材) Hot-press(C) | | 熱板乾燥 (D材) Hot-press(D) | |
|--|------------------------------------|--------------------------|-------|--------------------------|-------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|
| | | 厚さ | 幅 | 厚さ | 幅 | 厚さ | 幅 | 厚さ | 幅 |
| | | Thickness | Width | Thickness | Width | Thickness | Width | Thickness | Width |
| 1回目吸湿 First stage of absorption | 含水率 Moisture content | 4.5→15.5 | | 8.7→15.8 | | 6.7→15.4 | | 3.9→15.0 | |
| | 寸法変化率 Dimensional changing rate | 0.290 | 0.247 | 0.359 | 0.245 | 0.423 | 0.141 | 0.398 | 0.177 |
| 1回目放湿 First stage of desorption | 含水率 Moisture content | 15.5→4.5 | | 15.8→4.5 | | 15.4→3.9 | | 15.0→3.5 | |
| | 寸法変化率 Dimensional changing rate | 0.243 | 0.235 | 0.274 | 0.240 | 0.266 | 0.225 | 0.245 | 0.231 |
| 2回目吸湿 Second stage of absorption | 含水率 Moisture content | 4.5→15.1 | | 4.5→15.8 | | 3.9→15.3 | | 3.5→15.2 | |
| | 寸法変化率 Dimensional changing rate | 0.261 | 0.223 | 0.302 | 0.230 | 0.294 | 0.200 | 0.295 | 0.200 |
| 2回目放湿 Second stage of desorption | 含水率 Moisture content | 15.1→4.0 | | 15.8→3.8 | | 15.3→3.5 | | 15.2→3.1 | |
| | 寸法変化率 Dimensional changing rate | 0.243 | 0.234 | 0.274 | 0.235 | 0.243 | 0.211 | 0.245 | 0.211 |
| 平均収縮率 Shrinkage per 1% of M.C. | | 0.224 | 0.226 | 0.261 | 0.236 | 0.244 | 0.209 | 0.237 | 0.210 |

果は十分には期待できない。特に吸湿過程の熱板処理した試験材Dについては熱気処理した試験材Bと含水率変化速度にほとんど差がない結果となった。これらの理由としては、天然乾燥によって材中水分が繊維飽和点以下となったため、熱板の加熱処理による透湿性・吸湿性の低下がさほど得られなかったものと思われる。

3.3 寸法変化について

2回目の吸・放湿過程における含水率と厚さ・幅寸法変化率の関係について第3図・第4図に示す。寸法変化率は、以下の式で求めた。

$$\text{寸法変化率 (\%)} = \frac{|\text{変化前の寸法} - \text{変化後の寸法}|}{\text{変化前の寸法}} \times 100$$

ここで、変化前の寸法とは、吸湿あるいは放湿環境に置いた最初の寸法を示し、変化後の寸法は、それぞれの環境に放置し、経過中に測定した値を示す。

また、これらの寸法変化の関係については、数値で第2表に示した。表中の寸法変化率は、各含水率範囲において上式で計算した値を含水率1%当たりの変化率に換算し示したものである。

含水率変化域のほぼ等しい2回目の吸・放湿過程において、厚さ方向の寸法変化率は吸・放湿過程とも両者の乾燥条件に大きな差はなく、マカンバ材のように熱板処理によって厚さ方向の寸法変化が特に大きくなるようなことはないと思われる。生材状態で熱板処理したマカンバ材の場合は、その圧縮処理によって厚さ変化率の増加が13~33%生じており、今回の結果との

違いは処理前の含水率が主に影響しているものと推測される。一方、幅方向の寸法変化率は同じく両乾燥条件下で顕著な差はみられないものの、試験材Bに対する試験材C、Dの変化率比は、吸湿過程で13%、放湿過程では10%程度少ない。また、吸・放湿過程1回目と比較すると2回目の値が若干小さくなる傾向を示した。

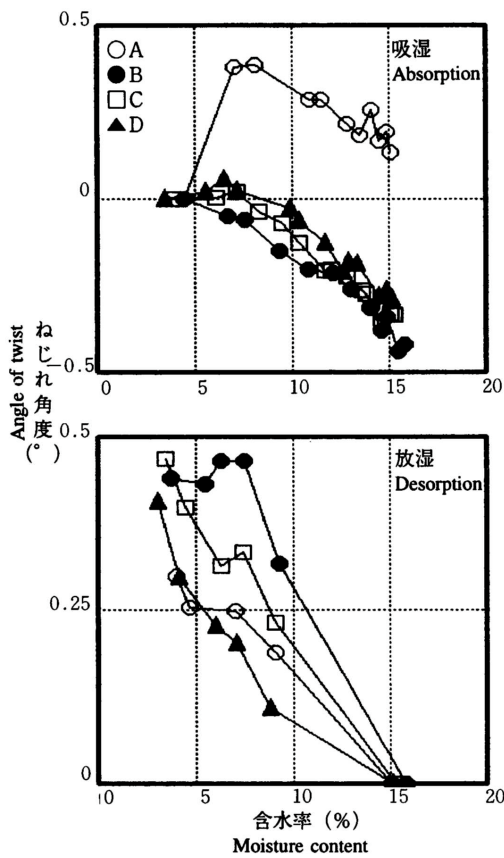
以上から、天然乾燥を実施した熱板乾燥材の厚さ方向の寸法変化は熱気乾燥材と大きな差はみられず、幅方向についても熱気乾燥材に対し10%減少するわずかな有効性が認められる程度であった。

3.4 各種狂いの変化

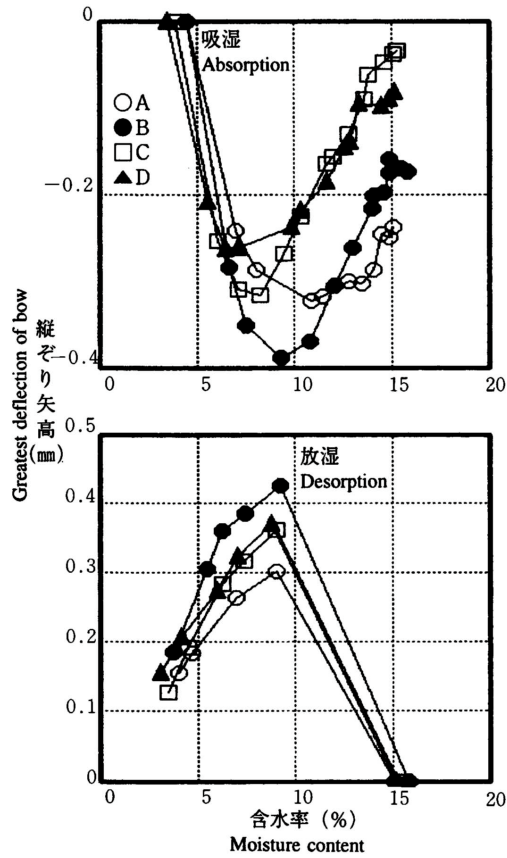
2回目の吸・放湿過程におけるねじれ角度と含水率

の関係について第5図に示す。吸湿過程におけるねじれ角度の変化は、熱気乾燥を実施した試験材Aを除いた3種類の試験材がほぼ同様の変化経過を示した。この時、試験材Aは吸湿環境に置いてプラス側（左旋回）に急激に変化しているが、これは主に材質的な影響と思われる、乾燥方法の違いによるものとは考えにくい。放湿過程においてはそれぞれの試験材で経過は異なるものの、ねじれ変化量に差はなく、熱板処理がねじれ抑制に有効な方法とは考えられない。

次に縦ぞりについて同様の関係を第6図に示す。吸湿過程での縦ぞり矢高は、いずれの試験材も初期に急激な変化を起し含水率9%付近で逆向きに転じてい



第5図 吸・放湿過程における含水率とねじれの関係
Fig.5. Relationships between moisture content and twist in absorption and desorption process.



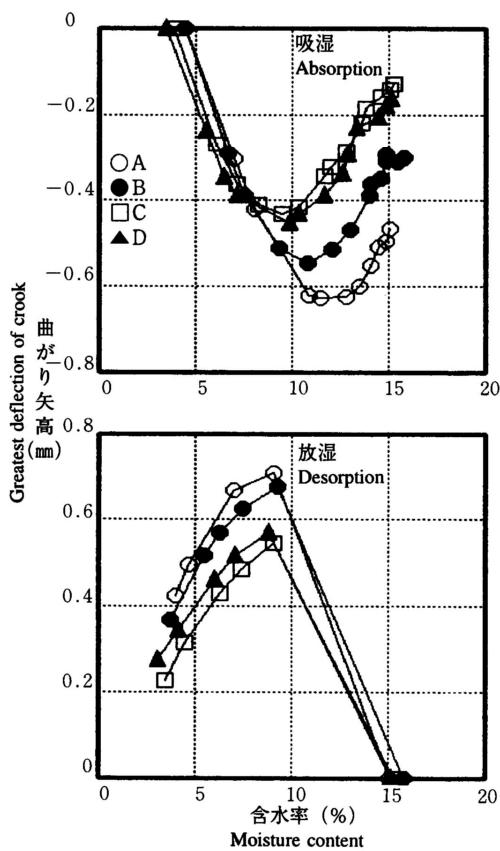
第6図 吸・放湿過程における含水率と縦ぞりの関係
Fig.6. Relationships between moisture content and bow in absorption and desorption process.

る。放湿過程においても、最初の変化の向きとは逆に縦ぞりの回復が後半でみられた。これらの理由は、平衡含水率の値が大きく異なる環境に置かれた試験材の表面が急速に水分を吸着あるいは放出し、一時的に内外層で大きな水分傾斜を形成したために膨張あるいは収縮が局部的に生じ、その結果、そり量が急速に増大したものであり、その後、水分の内部移動によって徐々に傾斜が緩やかとなり、内部応力が緩和されることにより初期の形状状態に還元していったものと思われる。特に吸湿過程における試験材C、Dでは、含水率4%と15%時の縦ぞり矢高の差がかなり縮まった。

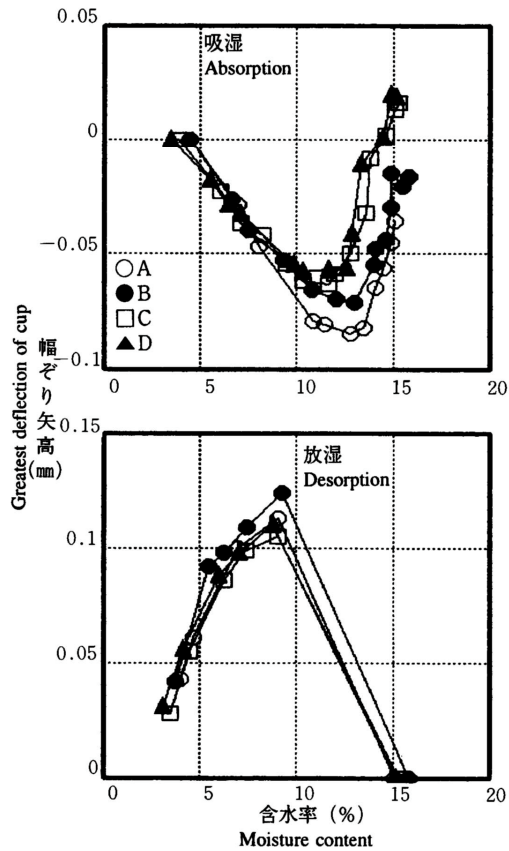
同様に、曲がりについて第7図に示す。曲がりの変

化も縦ぞりの経過とほぼ同じで、変化量は総じて曲がりの方が大きい。また、吸・放湿過程いずれも試験材C、Dすなわち熱板処理を行ったものが熱気処理材に対し低い変化量を示した。

最後に、幅ぞりと含水率の関係について第8図に示す。ここでも、縦ぞり、曲がりと同様の变化傾向が認められ、吸湿過程の試験材C、Dでは、含水率11%付近から形状の回復が認められ含水率15%となった時点では、含水率4%の吸湿開始時の幅ぞり状態まで回復、さらにそれを上回る値までに到達している。放湿過程においては、各試験材に明らかな違いは認められない。これらの材の変形は、吸・放湿試験によって急激に



第7図 吸・放湿過程における含水率と曲がりの関係
Fig.7. Relationships between moisture content and crook in absorption and desorption process.



第8図 吸・放湿過程における含水率と幅ぞりの関係
Fig.8. Relationships between moisture content and cup in absorption and desorption process.

生じさせたものであるが、その変化はいずれも僅かな量と判断され、また熱板と熱気処理材との違いが曲がりを除いて明確でないことなどから、前回報告したマカンバ材の結果と同様に、熱板乾燥が寸法安定性に関わる狂い抑制に対し特に有効な方法とは認められない。

4. まとめ

ミズナラ材を熱板乾燥する際は、内部割れを防ぐために天然乾燥などによってあらかじめ予備乾燥を行ってから実施することが有効であるとの報告がある⁴⁾。この手法に従い熱板乾燥を行い、得られた乾燥材の吸・放湿特性と寸法安定性に関する試験を行った結果は次のとおりであった。

熱板乾燥材の吸・放湿速度は熱気乾燥に比べ、わずかに低い程度であり、また幅方向の寸法変化率は約10%減少する程度の効果しか得られず、特に本法が寸法安定性に有効であるとは言い切れない。これは、熱処理効果が水分を多く含む木材に対して得られること³⁾に裏づけされるように、今回のように繊維飽和点以下

の低水分状態の木材では、十分な効果が得難いと思われる。

一方、高温による熱板乾燥が生材状態から可能な樹種（例えば、前報でのマカンバ）については、本処理法の適用が可能であり、床素材などの寸法安定性が付与されると考えられる。

文 献

- 1) 中島 厚，菅谷恵美子：林産誌場報，8（2），1-8（1994）。
- 2) 社団法人北海道林産技術普及協会：加速的技術開発支援事業成果報告書（1990）。
- 3) 則元 京：木材工業，49（12），588-592（1994）。
- 4) 宮島 寛，飯田信夫：日本木材学会北海道支部講演集，No. 10，17-21（1978）。

- 技術部 乾燥科 -

- *現 北海道林務部林産振興課 -

（原稿受理 H7. 4. 17）