

## 〈資 料〉

### ヒノキ柱材の高温乾燥特性

成瀬達哉・小野広治・久保 健

ヒノキ柱材（12.5cm角、3m、背割りなし）24本の高温乾燥試験を乾燥時間別（27時間、33時間、39時間）に8本ずつの3グループに分けて行い、乾燥後含水率と割れの発生について検討した。また、高温乾燥試験の約3ヶ月後から1年間、試験材（材長を短く調製したもの）を実験室内に放置して含水率と断面寸法の経時変化を見た。得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 乾燥27時間、33時間、39時間の乾燥後含水率はそれぞれ平均18.3%、16.1%、16.1%となり、含水率20%程度に乾燥する場合は27時間で十分であることがわかった。
- (2) 高温乾燥試験終了時、表面割れは乾燥27時間の試験材8本中4本に発生したが、33時間と39時間の試験材には発生しなかった。内部割れは乾燥27時間の試験材には発生しなかったが、乾燥33時間では4本に、乾燥39時間では1本に発生した。
- (3) 高温乾燥試験後に1年間実験室内に放置した結果、全乾法による含水率は最初の3ヶ月間に平均14.2%から11.8%まで減少して、その後はほとんど変化しなかった。断面寸法についても当初は平均119.9mm、3ヶ月後に119.5mm、1年経過後は119.7mmとほとんど変化は見られなかった。

#### 1. はじめに

スギ等の心持ちの無背割り柱材を、表面割れが少なく、短時間で乾燥することができる高温低湿乾燥（以下、高温乾燥という）の研究が各地の研究機関で行われ<sup>1-3)</sup>、乾燥現場でも心持ちのスギ無背割り材の高温乾燥が盛んに行われている。高温乾燥は蒸煮により木材を軟化させ、軟化した状態で一気に高温低湿処理（乾球温度120℃で乾湿球温度差30℃）して、材表面に大きな引張セットを形成することにより、表面割れが少なく、短時間で乾燥できることが明らかにされている<sup>4, 5)</sup>。

県内の製材工場では、人工乾燥は主にヒノキの優良材を対象として行われており、材色を重視するために中温域の乾燥が行われているが、今後ヒノキ一般材を対象にする場合には高温乾燥は有効な乾燥法であると考えられる。したがって、当センターにおいても目標とする含水率まで乾燥するのに必要な時間や高温乾燥が材質に与える影響について知っておく必要があるが、今のところヒノキ柱材の高温乾燥に関する報告は少ない。

そこで、本試験では3つの乾燥時間を設定し、乾燥時間別の乾燥後含水率と割れの発生について検討した。また、乾燥後1年間試験材を実験室内に放置し、含水率と寸法の経時変化を測定した。

#### 2. 材料および方法

##### 2.1 高温乾燥試験

ヒノキ柱材（12.5cm角、3m、背割りなし）26本を試験材とし、うち24本を生材重量が等しくなるように8本ずつ3つのグループに区分し、それぞれ乾燥時間を27時間、33時間、39時間として高温乾燥試験を行った。残りの2本は乾燥過程の含水率変化をみるため、図1のとおり材長中央部で長さ1mのサンプル材を採取し、その両木口をエポキシ樹脂（コニシ株式会社製ボンドクイックセット30）でシールした。これらのサンプル材の重量測定は乾燥開始時と乾燥時間11時間、27時間、33時間、39時間の時点で行った。

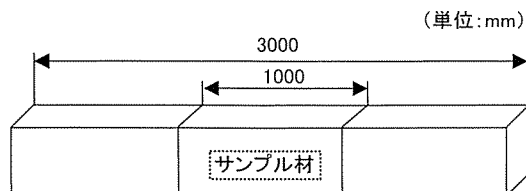


図1 サンプル材の採取方法

乾燥スケジュールは、乾球温度95℃までの昇温を2時間、乾球温度95℃の蒸煮を6時間行った後、乾球温度120℃、乾湿球温度差30℃で24時間、乾球温度110℃、乾湿球温度差30℃で終了時まで行った。途中から乾球温度を10℃下げたのは、あまり長時間乾球温度120℃という

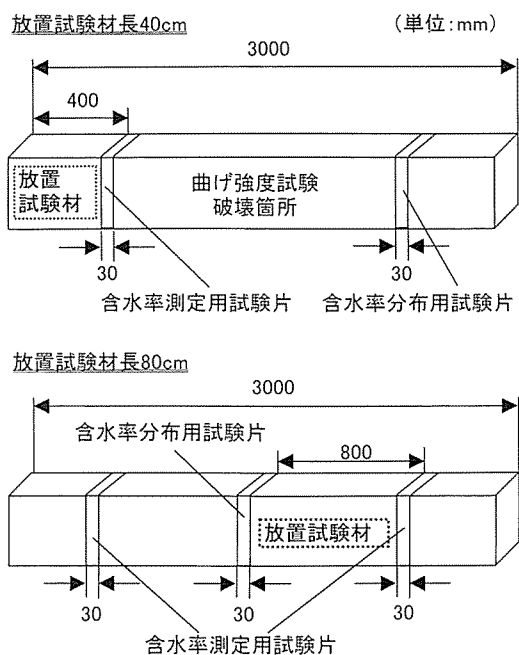


図2 試験材の調整方法

高温で乾燥を続けると内部割れが発生しやすいためである。

測定項目は乾燥前後における各試験材の重量、寸法（材長中央部の断面寸法、材長）、高周波式含水率計（株式会社ケット科学研究所製MOCO-2）で測定した含水率（以下、含水率計含水率という）である。また、乾燥後は表面割れと材色について目視により観察した。

今回報告していないが、高温乾燥試験が終了して約2ヶ月後に試験材24本のうち12本について曲げ強度試験を行い、その後で図2に示すように放置試験材24本を調製した。

曲げ強度試験を行った12本は、含水率測定用試験片（125×125×30mm）を破壊箇所両端で1個ずつ採取し、全乾法により含水率を求め（以下、全乾法含水率という）、試験片2個のうち1個は25分割して含水率分布も求めるとともに、長さ40cmの放置試験材を1個ずつ採取した。残りの12本は、含水率測定用試験片（125×125×30mm）を材中央部で1個と両木口からそれぞれ約60cm内側で1個ずつ採取し、全乾法含水率を求め、材中央部の試験片は25分割して含水率分布も求めるとともに、長さ80cmの放置試験材を1個ずつ採取した。

採取した放置試験材はすべて両木口をエポキシ樹脂（コニシ株式会社製ボンドクイックセット30）でシールした。

試験材調製時にその切断面を目視して内部割れの有無を観察した。

## 2.2 高温乾燥後の寸法等の経時変化

高温乾燥試験の約3ヶ月後から、実験室内に前述の放置試験材24本を1年間放置し、3ヶ月おきに重量、寸法（材長中央部分の断面寸法、材長）、含水率計含水率について測定した。含水率計含水率は材長の中央部分の4面で測定した。

1年経過後、材長80cmの放置試験材は両木口からそれぞれ約25cm内側で含水率測定用試験片（125×125×30mm）を採取して全乾法含水率を測定し、これらの試験片2個のうち1個は25分割して含水率分布も求めた。材長40cmの放置試験材は材中央部で含水率測定用試験片（125×125×30mm）を1個採取し、全乾法含水率を測定した。含水率測定用試験片を採取した時に切断面を目視して内部割れの有無を観察した。また、含水率測定後、含水率測定用試験片から全乾密度を測定した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 高温乾燥試験

昇温および蒸煮の8時間は含水率がほとんど低下しないと仮定すると、サンプル材（初期含水率約40%）の乾燥経過は図3のように考えられる。含水率が低下するほど乾燥速度が徐々に遅くなっているが、乾燥32時間目以降については乾燥条件を乾球温度110℃、乾湿球温度差30℃にしたことも原因の一つと考えられる。

以下にサンプル材以外の24本の試験材の結果を示す。

図4に各乾燥時間別の初期含水率と乾燥後含水率の関係を示す。各乾燥時間に供試した材料の初期含水率は、27時間では34.5±2.8%、33時間では35.0±2.9%、39時間では36.7±4.3%であった。乾燥後は27時間では18.3±1.2%、33時間では16.1±1.7%、39時間では16.1±1.7%となった。このことから、日本農林規格に示される基準含水率20%程度に乾燥する場合は27時間で十分であると

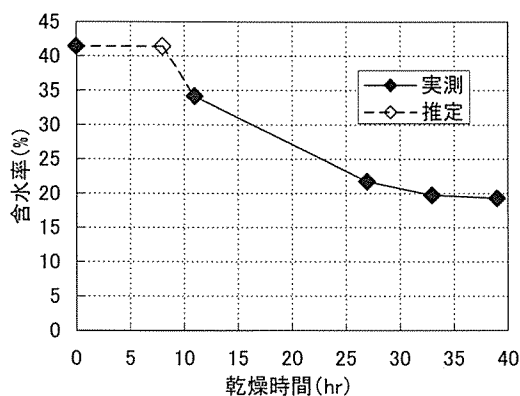


図3 サンプル材の乾燥経過

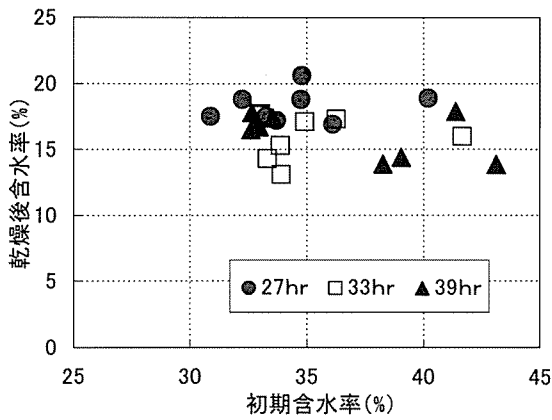


図4 初期含水率と乾燥後含水率の関係

図5に平均的な乾燥後含水率であった試験材の含水率分布を示す。各乾燥時間の初期含水率と乾燥後含水率は、27時間では34.8%と18.8%、33時間では36.3%と17.3%、39時間では41.4%と17.9%であったが、いずれも表層25mm部分と中心部の含水率が低く、表層から25~50mm部分が高い含水率分布を示し、乾燥時間の長短による分布の違いは見られなかった。

図6に各乾燥時間における断面の収縮率を示す。27時間が $1.92 \pm 0.4\%$ 、33時間が $1.93 \pm 0.15\%$ 、39時間が $2.1 \pm 0.46\%$ であった。

材色は、高温乾燥によって本来のヒノキらしさが失われ、全体的に黄色化した。

27hr乾燥後					33hr乾燥後					39hr乾燥後				
11.2	16.6	18.0	17.4	11.6	9.0	13.4	16.9	15.8	10.3	11.2	11.9	14.9	15.1	10.4
17.0	24.6	26.3	25.5	15.7	11.6	23.8	22.1	24.0	14.9	13.0	20.5	19.8	23.8	15.1
18.0	21.7	18.0	25.9	15.6	15.5	23.4	17.4	24.3	17.8	15.9	24.4	20.3	24.5	16.3
15.5	24.3	25.0	23.9	13.8	16.6	24.0	24.0	23.9	16.1	15.9	25.0	25.7	25.4	15.9
10.5	14.2	15.3	14.3	10.2	12.0	17.8	18.1	16.3	11.2	11.8	17.2	18.2	16.7	11.4

図5 乾燥時間別の含水率分布の一例

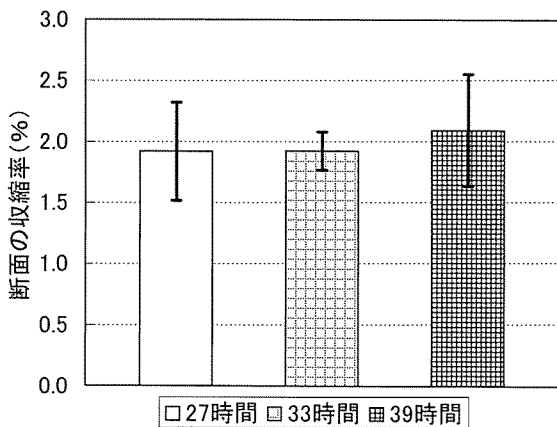


図6 乾燥時間別の断面の収縮率 (バーは標準偏差)

割れについては、表面割れは乾燥27時間の試験材8本のうち4本に発生したが、33時間と39時間の試験材には発生しなかった。また、いずれも割れの幅は狭かった。内部割れは高温乾燥試験から約2ヵ月後の試験材調製時に観察したところ、乾燥27時間の試験材には見られなかったが、33時間では4本に、39時間では1本に見られた。

### 3.2 高温乾燥後の寸法等の経時変化

#### 3.2.1 含水率の変化

図7に全乾法含水率と含水率計含水率の1年間の変化を示す。全乾法含水率は、観察開始時は平均14.2%であったが、最初の3ヶ月間で11.8%まで減少し、その後はほとんど変化せず1年経過後は11.9%であった。一方、含水率計含水率は、観察開始時は平均17.2%であったが、最初の3ヶ月間で15.5%まで減少し、それ以降はやや増加傾向を示し、1年経過後は16.5%となった。

放置試験期間を通して、含水率計含水率の方が全乾法含水率より3~4%程度高い値を示した。これは、本試験では含水率計の密度設定をヒノキの標準値(0.37g/cm<sup>3</sup>)に調整していたが、実際の全乾密度は標準値より高い0.44~0.56g/cm<sup>3</sup>であったためである。ここで、図8に含

言える。また、基準含水率15%程度まで乾燥する場合は、本試験では33時間と39時間における乾燥後含水率の差が見られなかったことから、33時間でよいと思われた。ただし、確実に基準含水率15%以下に仕上げるためには39時間でも十分とは言えない。また、いずれの乾燥時間においても初期含水率の高低に関わらず乾燥後含水率はおおむね同程度であった。

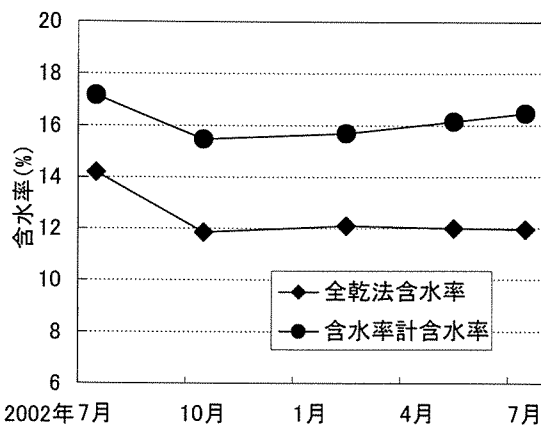
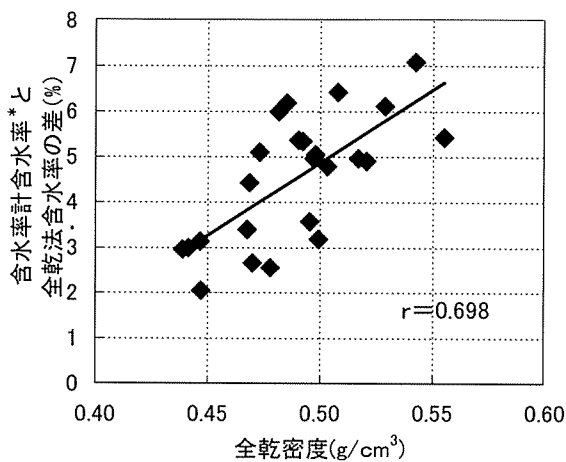


図7 放置試験中の含水率変化



\*含水率計の密度設定をヒノキの標準値(0.37g/cm<sup>3</sup>)に調整して測定した。

図8 含水率計の密度設定が測定値に与える影響

水率計の密度設定が測定値に与える影響を示す。実際の全乾密度が高いほど、含水率計含水率と全乾法含水率の差が大きいのがわかる。よって、高周波式含水率計の密度設定を適切に行うことは非常に重要である。

### 3.2.2 断面寸法の変化

断面寸法は、観察開始時は平均119.9mm、3ヶ月後に119.5mm、1年経過後は119.7mmでほとんど変化は見られなかった。

### 3.2.3 内部割れについて

3.1に記述したとおり、高温乾燥試験から約2ヵ月後の試験材調製時は、内部割れは乾燥33時間の試験材4本と39時間の1本に見られた。しかし、放置試験終了時には乾燥27時間の3本を除く21本に内部割れが見られた。このように、約13ヶ月の間に16本の試験材に新たな内部割れが発生していた。これは、放置期間中に含水率の低下に見合う断面の収縮が見られなかったことと、放置試

験後の含水率分布を見ると、表層から25~50mmの部分の含水率が大きく低下していたことから、高温乾燥により材表層部がドラインゲットされた状態で、材内部が乾燥して収縮したためと考えられる。また、放置試験用に試験材を短く切ったことにより、材内部の応力分布が変化したためとも推測される。

## 引用文献

- 1) 吉田孝久, 橋爪丈夫: カラマツ及びスギ心持ち柱材の高温乾燥特性. 長野県林業総合センター研究報告. 44, 3-18 (2000)
- 2) 片桐幸彦ほか: 性能規定化に向けた県産材の材質評価: 2) 乾燥前高温低湿処理の実用化試験. 13年度福岡県森林林業技術センター年報. 94-95 (2002)
- 3) 小田久人ほか: 重量区分別スギ柱材の高温低湿乾燥. 第52回日本木材学会大会研究発表要旨集. 136 (2002)
- 4) 吉田孝久ほか: スギ材の革新的高速乾燥システムの開発: 高温乾燥による材の割れ防止技術の開発. 平成12年度長野県林業総合センター業務報告. 66-67 (2001)
- 5) 豆田俊治ほか: スギ柱材の蒸煮・高温低湿処理による表面割れ抑制効果. 第52回日本木材学会大会研究発表要旨集. 134 (2002)

(2003年12月8日受理)