

# スギ心持ち平角中空材における乾燥応力（Ⅰ）<sup>†</sup> —木口面の収縮異方性に基づく乾燥応力—

山田範彦 奥村正悟\*

Norihiko YAMADA, Shogo OKUMURA\*

Drying stress in rectangular hollowed Sugi lumbers (Ⅰ)  
—Drying stress due to transverse shrinkage anisotropy—

**要旨：**山田範彦・奥村正悟：スギ心持ち平角中空材における乾燥応力（Ⅰ） —木口面の収縮異方性に基づく乾燥応力— 兵庫農林水産技総セ研報（森林林業）55号：1～4, 2008 梁を想定した大断面のスギ心持ち平角材を中空材とし、収縮異方性に基づく乾燥応力に貫通孔の存在がどのように影響するか検討した。その結果、この応力がもたらすV字割れはすべて長辺中央部分に発生し、その割れを防止するためには、幅と同じ長さ辺長の正角材よりも大きな径の貫通孔が必要と推測された。さらに、髓が木口面の中心からずれている場合、髓が寄っている側の長辺中心部分に割れが発生し、髓の位置が割れの発生に影響していることが示唆された。また、このような場合は、貫通孔の中心を髓とすれば割れの発生を少なくすることができることが分かった。

**キーワード：**スギ、心持ち材、中空材、乾燥

## Ⅰ はじめに

ヒノキ・アカマツ材と比較して、スギ材は曲げヤング係数が小さいため、梁として利用する際は梁せいを高くする必要がある。しかし、スギ材は心材の含水率が高く(1)、木口面における半径方向と接線方向の収縮率の差(収縮異方性)が大きい(2)ため、心持ち平角材の梁せいを高くすると木口断面が大きくなり、その結果乾燥速度が遅くなってかつ割れの発生も大幅に増加する。一方、乾燥割れの発生を防止するため、心持ち材の木口面の中心に長さ方向に貫通する孔を設けて(中空材)乾燥させる方法がある。このような貫通孔を設けることによって材内部からも乾燥することができ、また半径方向に大きく収縮することができるので収縮異方性が小さくなって乾燥割れの発生を防ぐことができる。これまで、貫通孔の存在による乾燥割れ防止効果を心持ち正角材で検討し、100mm正角材に40mm以上の径を持つ貫通孔を設けると収縮異方性によって発生する引張の乾燥応力をほぼ0にすることができること(3)、また外周面よりも孔壁面からの乾燥を促進させることによりその効果をさらに高められること(4)等の知見を得た。そこで、梁を用途としたスギ心持ち平角材を中空材とし、貫通孔の存在による乾燥応力への影響を測定して割れの発生が少ない乾燥方法について検討した。

## Ⅱ 材料と方法

予備試験の結果、貫通孔の無いスギ心持ち平角材では収縮異方性に伴う乾燥応力によって発生する側面のV字割れは、すべて長辺中央部の側面(図1の①)の一方に発生した。この割れの発生を少なくするためには、貫通孔によって①の部分の収縮量を増大させてやるのが有効である。そこで、この部分の乾燥中の収縮量と孔径との関係について検討した。

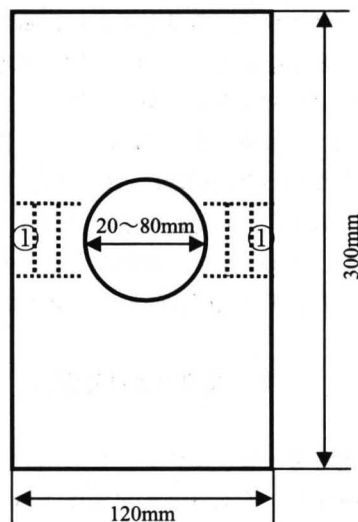


図1 試験体の形状と寸法

\*京都大学大学院農学研究科

<sup>†</sup>本研究の概要は第54回日本木材学会大会 札幌 2004 で発表した

### 1. 試験体

髄が中心にある、幅120mm、高さ（梁せい）300mm、厚さ（繊維方向）20mmの板をスギ生材丸太から連続して採取した。高さを300mmとしたのは、E70（製材の日本農林規格で定めた機械等級区分構造用製材の曲げ性能を示す等級）（5）に相当する幅120mmのスギ材をスパン4mの1階部分の梁材に用いた場合、国土交通省設計基準（6）の許容たわみ以下にするためには梁せいを300mm以上とする必要があるためである。板内の含水率むらをなくすため、長期間水に浸漬した後、木口面の中心部分に20～80mm径（10mm毎、各径5体）の貫通孔を設けて図1に示す試験体を作製した。また、その際任意に2体、全乾法により含水率を求め、その平均値を乾燥開始時の含水率とした。乾燥中に試験体の半径および接線方向に水分傾斜が生じないように、乾燥前の試験体の側面および孔壁面にはシリコンゴムを塗布した上にアルミ箔を貼付するシール処理を施した。さらに、割れが発生した場合は隣接する部分から正角材とした同様の試験体を、また髄が木口面の中心から少しずれている（以下、偏心と呼ぶ）場合は、その髄を貫通孔の中心とした同様の試験体を作成した。

### 2. 乾燥条件

試験体の乾燥には小型恒温恒湿器を用いた。乾燥条件は急速に乾燥させることを目的とし、また貫通孔を設けた効果をより明確にするため、一般に使用されているIF型蒸気式中温乾燥機で最も厳しい乾燥条件と考えられる80℃、40%RHを用い、含水率10%以下になったと推定されるまで（72～96h）乾燥した。なお乾燥中の含水率は、終了時に全乾法により求めた含水率を基にロードセルによって測定した重量から算出した。

### 3. 寸法変化率量と解放ひずみの測定

乾燥中、恒温恒湿器の外に据え付けたロードセルに試験体をつり下げて試験体の重量を測定し乾燥開始時の含水率から含水率変化を算出した。また図1①の側面部分（長辺中央部分）にひずみゲージを貼り付けてこの部分の収縮・膨張量（%、寸法変化率量）を測定した。乾燥終了後、割れが発生しなかった試験体については、貫通孔の両側の各3箇所（図1①の点線に囲まれた部分）にひずみゲージを貼付し、点線に沿って割断したときの各部分に生じる長辺方向のひずみ（解放ひずみ）を測定した。

## III 結果および考察

### 1. 寸法変化率量と解放ひずみ

孔径が60mm以下の場合、全ての試験体において乾燥終期に長辺中央部分の片方に大きなV字割れが発生した。割れの発生が全くなかったのは80mmの貫通孔の場合のみで

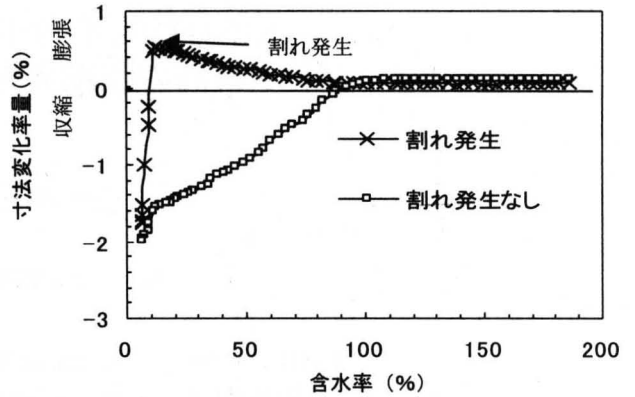


図2 側面の寸法変化  
(孔径 50mm 割れ発生)

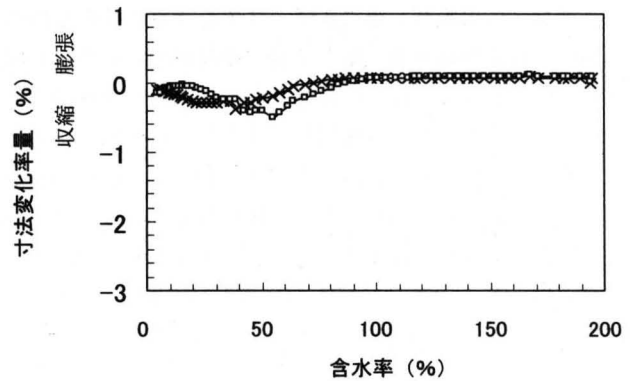


図3 側面の寸法変化  
(孔径 70mm 割れ発生なし)

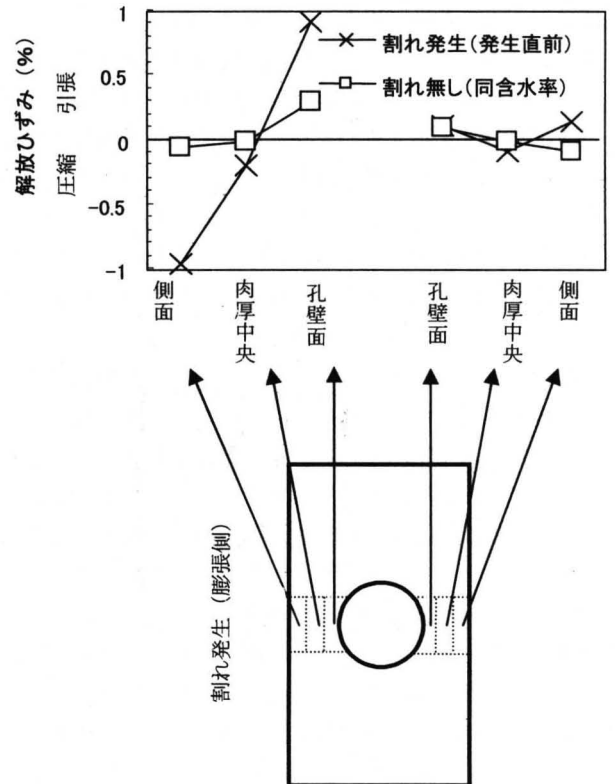


図4 解放ひずみの分布  
(孔径 50mm 割れ発生直前)

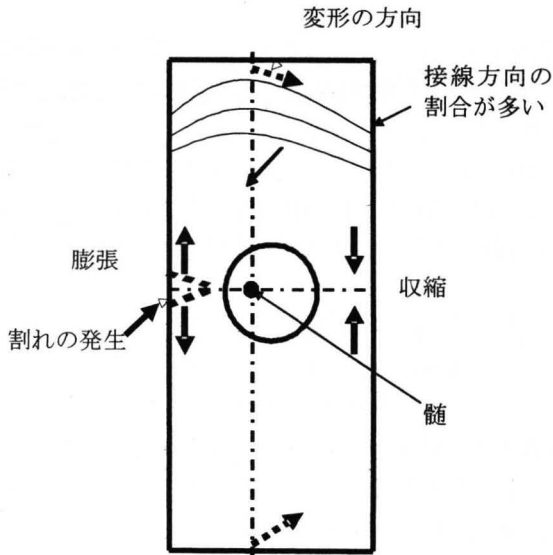


図5 中空平角材における乾燥時の変形 (推定)

あり、正角材の場合(3)と比較して大きな径の貫通孔が必要と考えられた。割れが発生した際(孔径50mm)の長辺中央部分の寸法変化率量の一例を図2に示す。試験体全体の含水率が100%を下回ると、長辺中央部分が寸法変化しはじめ、一方は収縮するがもう一方は膨張し、この膨張した側面で割れが発生した。割れが発生しなかった試験体(孔径70mm)の寸法変化率量を図3に示す。割れが発生した試験体と同様に、試験体全体の含水率が100%を下回ると寸法変化しはじめたが、この場合は両側とも収縮し、試験体全体の含水率が30~50%で収縮量が極小となった。割れが発生しなかった試験体と割れが発生する条件の試験体における割れ発生直前の長辺中央部分における解放ひずみを図4に示す。膨張した側すなわち割れが発生した側には、割れが発生する直前に大きな圧縮の

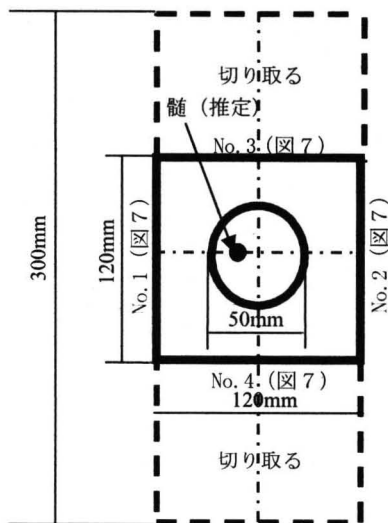


図6 正角試験体の木取り

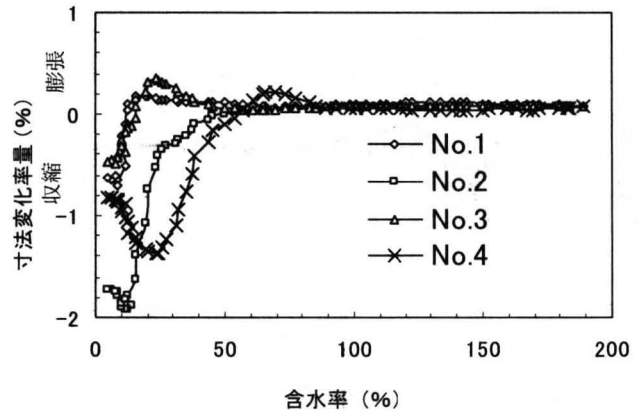


図7 側面の寸法変化 (図6の試験体)

解放ひずみ(引張応力)が発生し、反対側の側面には、その値は小さいが、引張の解放ひずみ(圧縮応力)が発生していた(図4の×)。割れが発生が無く、両側が収縮した試験体の長辺中央部分では両側ともわずかな圧縮ひずみ(引張応力)であった(図4の口)。すなわち、収縮異方性による長辺中央部分のV字割れを防止するためには、この部分を大きく収縮させて引張応力を小さくする必要があるが、図4に示すとおり膨張によって大きな引張応力が生じ、その結果割れが発生したものと考えられる。なお、膨張する場合が生じるのは以下の理由によると考えられる。試験体を作製する際、髓が試験体の中心に一致するようにしたが、実際は中心から少しずれていたと考えられる。そのため、髓が寄っていない側は反対側よりも長辺部分における接線方向の割合が多くなり、その結果収縮量が大きくなる(図5)。したがって、図5に示す点線の矢印の変形が発生し、髓が寄った側の

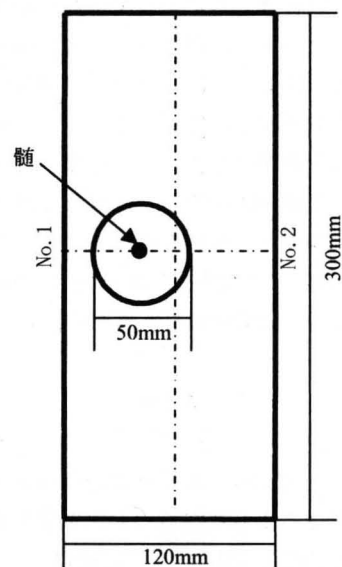


図8 偏心した髓を貫通孔の中心とした試験体

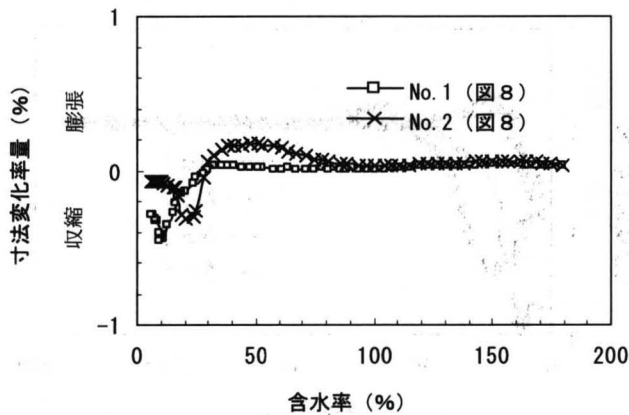


図9 側面の寸法変化(図8の試験体)

長辺中心部分には膨張が生じると考えられる。

## 2. 正角材との比較

木口面の収縮異方性によって生じる乾燥応力への偏心の影響が正角材と比較して平角材の方が大きいことを確認するために、割れが発生した試験体の隣接する部分から正角材とした試験体を作製し(図6参照)、同様の条件で乾燥したときの4側面の寸法変化率量を測定した。その結果を図7に示す。この場合、割れは発生しなかった。平角材と同様に、髓が寄っていると推測される方の側面は膨張したがその量は少なく(図2参照)、やがて収縮へと転じた。よって割れが発生しなかったと考えられる。これは、平角材と比較して髓が寄った側の側面と反対側の側面との接線方向の割合の差が小さいため、図5に示す点線矢印の変形がほとんど生じなかったことによると考えられる。

## 3. 貫通孔の位置

心持ち平角中空材で偏心があると、髓が寄っている側の長辺中央部に、収縮異方性によるV字割れが発生しやすいことが分かった。また、貫通孔の中心を偏心した髓に一致させた場合(図8)、図5に示す点線矢印の変形が少なくなることも予測される。そこで、この場合の長辺中央部の寸法変化を測定した。その結果、図9に示すとおり、髓が寄った側の膨張が小さくなって貫通孔径50mmのものでも割れが発生しないものがあった。これは、長辺中央部分が両側とも収縮し、図5における点線矢印の変形が小さくなった結果であると考えられる。

## III まとめ

梁材を想定した大断面のスギ心持ち平角材を中空材とし、貫通孔の存在による乾燥応力への影響を測定して割れの発生が少ない乾燥方法について検討した。その結果、

1. 髓が中心にある、幅120mm、高さ300mm、厚さ(繊維方向)20mmの板状試験体において、貫通孔径が60

mm以下になると木口面における半径方向と接線方向の収縮率の差による乾燥割れが長辺中央部分の片側の側面に発生した。

2. 割れが発生しなかった側面は収縮したが、割れが発生した側面は膨張し、髓が貫通孔の中心からずれていること(偏心)が割れの発生に影響している可能性が示唆された。

3. このような偏心の影響を少なくするためには、髓を中心とする貫通孔を設けることが効果的である。

以上から、スギ心持ち平角材を梁材として利用する場合は梁せいを小さくして重ね合わせる(合わせ梁)ことが、割れ発生防止と許容たわみ以下に抑える点から効果的であると考えられた。

## 引用文献

- (1) 三輪雄四郎：木材の科学と利用技術II 5. スギ，日本木材学会研究分科会報告書(1991)，pp.10-13
- (2) 北原覚一：“木材物理，実用木材加工全書別巻”，森北出版，東京，(1977)，p.40
- (3) 山田範彦，森 光正：木材工業 51 (9)，396-399 (1996)
- (4) 山田範彦，谷口義昭：材料 47 (4)，368-373 (1998)
- (5) (社)日本農林規格協会：“針葉樹の構造用製材”，(2006)，p13
- (6) 平成14年5月29日国土交通省告示第474号

