

乾燥による木材の変形 —収縮異方性と水分傾斜—

技術部 生産技術グループ 土橋 英亮

■はじめに

伐採したばかりの丸太から得られる木材には多くの水分が含まれていて、置かれた環境になじむまで水分を放出、つまり乾燥します。そして、木材中の水分がある程度減少すると木材は収縮を始め、水分を放出するほど収縮の割合が大きくなります。このとき、収縮した木材はただ小さくなるのではなく、反り・曲がり・割れ・ねじれが生じたり、縦・横・高さの比率が変わるなどの変形が起こります。変形した木材はかんな盤などを使って修正加工を行い所定の寸法に成形しますが、その後に水分放出、あるいは吸収が起こると再び形状が変化します。これには、木材の収縮の性質や樹木の生育環境、乾燥方法や乾燥後の含水率、修正加工の時期などが複雑に影響しているのですが、ここでは木材の横断面の変形に焦点を当て、乾燥による木材の変形について説明します。

■収縮異方性

前項で述べたように、木材は乾燥すると収縮しますが、その割合は木材の方向（図1）や樹種により異なります。

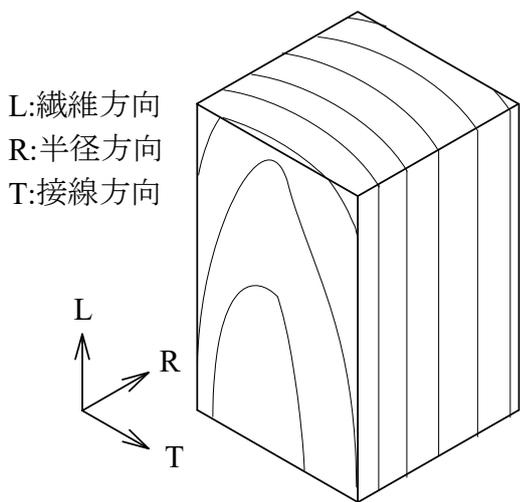


図1 木材の3方向

収縮の割合のことを収縮率、方向によって収縮率が異なることを収縮異方性といいます。木材の繊維方向、半径方向、接線方向の収縮率の比をとると、一般的に0.5～1：5：10といわれています。このように、半径方向と接線方向の収縮率は繊維方向の収縮

率に比べ大きく、かつ両者に2倍程度の差があるため、両者の収縮異方性は乾燥による木材の横断面の変形の主因となります。図2¹⁾は乾燥による木材の変形を示した模式図で、丸太から木材を採取する位置により木材がどのように変形するかを示しています。

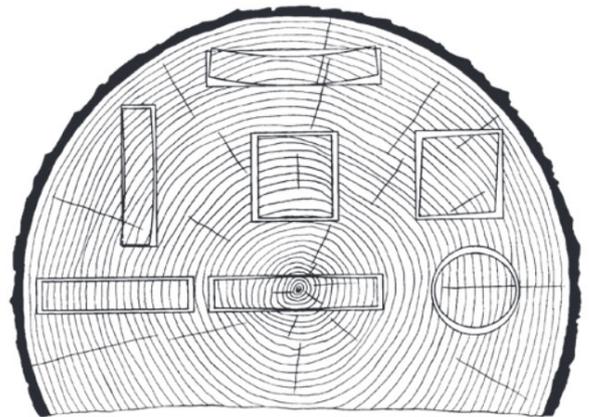


図2 乾燥による木材の変形

ここで、板目板の反りについて詳しく説明します。図3²⁾の①は板目板を3分割した断面の単純化モデルです。接線方向は半径方向の2倍収縮しますから、②のAとCはひし形、Bは縦長の長方形になります（③）。変形したA～Cをつなげて④元に戻すと⑤のように反った状態になるというわけです。一方、柾目板の場合は3分割した全ての箇所が②のBと同様になるため、（収縮しますが）反りはほとんど生じません。

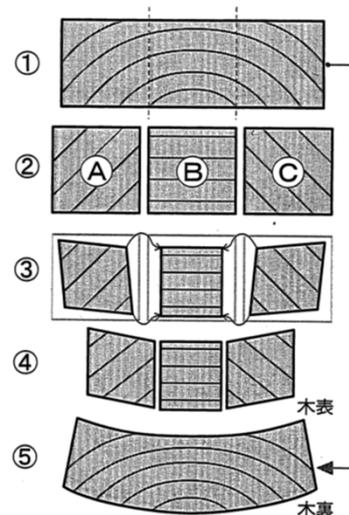


図3 板目板の反り

■水分傾斜

前項では主に板類の変形について、収縮異方性の観点から説明しましたが、柱材や梁桁材など断面積の大きい木材の変形を考えると、収縮異方性に加え、水分傾斜の影響を考える必要があります。水分傾斜とは、木材の表層部と内部との含水率の差のことで、一般的には断面の大きな木材を乾燥したときに大きくなり、薄い板類を乾燥したときにはほとんど発生しません。また、木材を急速に乾燥するほど、仕上がり含水率が高いほど水分傾斜が大きくなる傾向があります。水分傾斜を調べるには、例えば図4の線囲いの部分のように9個の小片を採取してそれぞれの含水率を測定する方法があります。

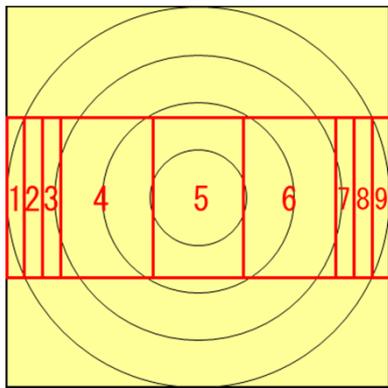


図4 水分傾斜測定用試験体の例

図5は横断面全体の平均含水率（水分傾斜測定用試験体の隣接部から採取した試験体で測定）が18.3%のときの、小片ごとの含水率をグラフで示したものです。

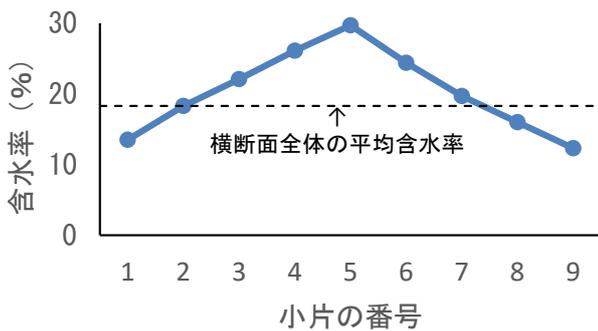


図5 水分傾斜の例

このように、横断面全体の含水率がある程度下がっていても、内部の含水率はかなり高い状態であることが分かります。それでは、このように水分傾斜がある木材は、どのように変形するのでしょうか。

ここでは、横断面内に樹心部を含む柱材（心持ち柱材）を割れないように乾燥した場合を例にして考えます。図6は心持ち柱材の収縮率の特徴を示したも

のですが、このような特徴を持つ心持ち柱材が乾燥すると、表層部は表層部の含水率と収縮方向（接線方向）に見合った分だけ収縮します。ただし厳密には、内部の含水率が高いことと、収縮の方向が材の内部では半径方向になることの影響を受けるので、自由に収縮する場合に比べると収縮がやや抑制されます。

一方、材の中央部（図6の細い矢印の方向）は、収縮率の小さい半径方向であることに加え、内部に含水率の高い部分があるため、あまり収縮しません。このため、横断面全体では図7のように、中央部が凸の状態になります。これは、図2で樹心を含む板材が凸レンズ状の変形をするのと同じ傾向です。

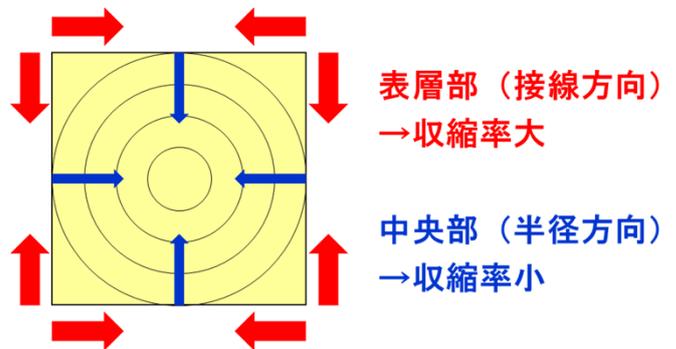


図6 心持ち柱材の収縮率の特徴

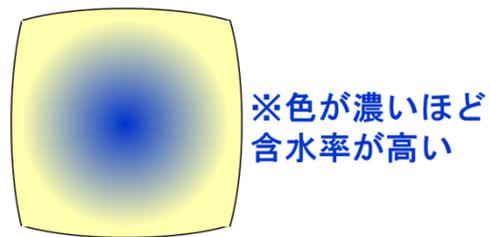


図7 心持ち柱材の乾燥後の変形と含水率

次に、変形した柱材の横断面を正方形に修正加工した後の変形を考えます。乾燥により生じた変形を修正する工程は、多くの場合水分傾斜が解消されなまま行われます。これは、水分傾斜が解消されて横断面内の含水率が均一になるには相当な時間が必要なためです。したがって、修正加工後の変形については、水分傾斜の影響を考慮する必要があります。

まず、修正加工後の表層部は、最も含水率の低い表面を失ったのでやや含水率が上がりますが、内部に比べれば含水率が低いため、周辺環境になじむまでの含水率の変化はあまり大きくなく、寸法の変化はわずかです。一方、材中央部の収縮方向は、収縮率の小さい半径方向ですが、含水率の高い部分が含

まれているため、長期間が経過して水分傾斜が解消されたときの含水率の変化が大きく、修正加工後の寸法変化は表層部よりも大きくなります。したがって、修正加工後の心持ち柱材は、**図8**の右側のように、中央部が凹になる傾向があります。なお、**図7**と**図8**は変形を理解してもらいやすくするため、変形を強調して描いています。

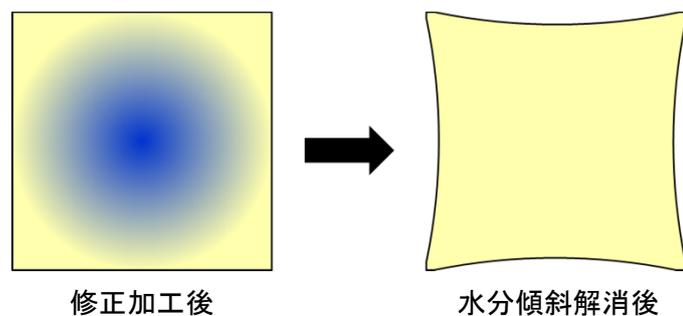


図8 心持ち柱材の修正加工後の変形

■おわりに

今回、乾燥による木材の変形を考える上での基本となる収縮異方性に加えて、水分傾斜の有無が木材の変形に影響し、断面寸法や修正加工の時期によっては、収縮異方性の影響による変形とは変形の傾向が異なる場合があることを紹介しました。身近にある木材の変形を考えるときの参考になれば幸いです。

■参考文献

- 1) U.S. Dept. Agr. For. Prod. Lab. : Wood Handbook, p.4-7 (2021).
- 2) 井上雅文ら : 木力検定①木を学ぶ100問, 海青社, p.26 (2012).