

樹木内部の応力による製材の変形

技術部 生産技術グループ 土橋 英亮

■はじめに

木材は、材中に含まれる水分の減少に伴い収縮し、収縮の異方性や、表層と内部の乾き方の違いなどの影響により、反りや曲がり、割れなどの変形が生じることがあります。また、これらの変形は、木材中の水分量や水分分布の変化によって増減します。このように、木材の変形には木材中の水分が大きく影響しています。その一方で、木材の変形には水分が影響しない変形もあります。例えば、鋸で挽いたばかりの製材に反りや曲がり、割れが認められることがあります。これらの変形は、樹木に作用していた応力が影響しています。この応力は、樹木の成長応力と呼ばれるもので、樹種や樹齢、生育環境などによって程度の差はありますが、あらゆる樹木に存在するものです。本稿では、成長応力の概要と製材の変形、変形への対応方法について説明します。

■軸方向の成長応力

樹木は肥大成長に伴い、外周部に軸方向の引張応力が発生しますが、外周部から樹心までの樹木全体で見ると図1のような応力分布になっています¹⁾。

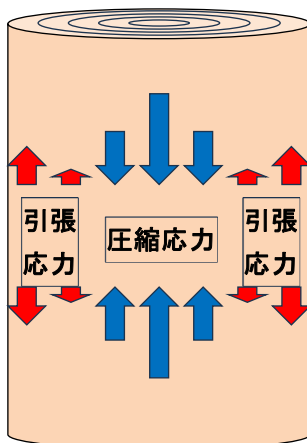


図1 樹木内部の成長応力の模式図（軸方向）

外周部に軸方向の引張応力が作用している状態は、樹木が風などの外力に対抗して自らを支持するのに有益な状態です。例えば、風が吹いて樹木がしなる様子はよく見かけられますが、この時、樹木の風上側の外周部には軸方向の引張応力が、風下側の外周

部には軸方向の圧縮応力が発生（図2）するのですが、軸方向（繊維方向）の圧縮強度は引張強度の1/3～1/2です²⁾。風による外力で発生する応力だけを見ると、風下側の圧縮応力により樹木が破壊される危険性が高くなります。

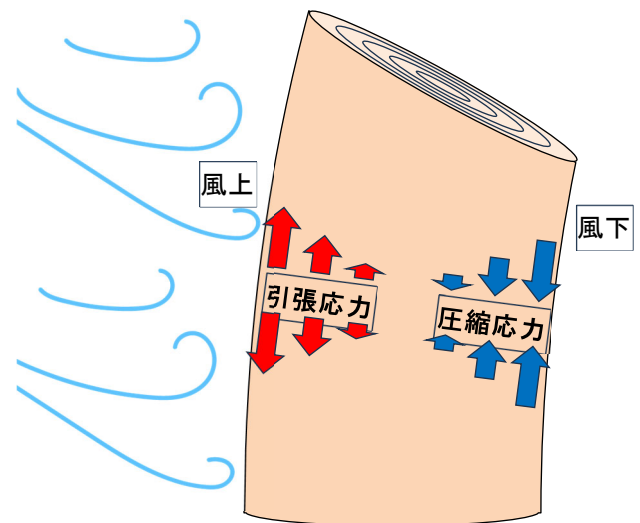


図2 樹木内部の成長応力の模式図（軸方向）

ところが、実際に樹木に作用する応力は図1の成長応力と図2の応力を合わせたものになり、風下側の圧縮応力が軽減されます（図3）。このようにして、樹木は外力による圧縮破壊の危険を軽減しているのです。

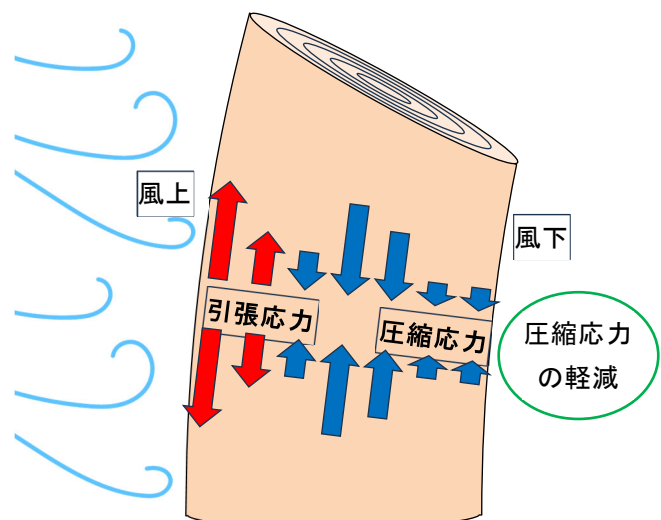


図3 成長応力と風による応力の模式図（軸方向）

■製材工程での成長応力の影響と対応方法

樹木が伐採されて丸太になっても成長応力は残留していて、製材工程に影響を及ぼします。丸太の端から鋸で切断すると、図1に示した応力（製材の厚さにより、外周側の強い引張応力と樹心側の弱い引張応力、外周側の引張応力と樹心側の圧縮応力など）が解放され、図4のように変形します。

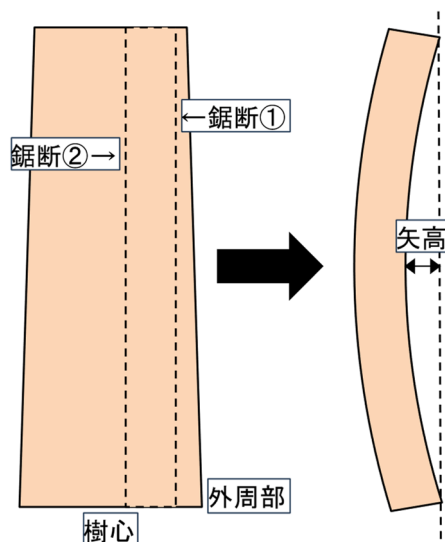


図4 成長応力の解放による製材の変形の模式図

スギの丸太から樹心を挟んで2本の平角材を、丸太の外周部から順に鋸入れして製材した例³⁾（図5）では、先に製材した平角材①の縦反り矢高（平角材の場合、図4の変形は縦反りと呼びます）の平均値が11.7mm、後から製材した平角材②の縦反り矢高が5.7mmと報告されています。

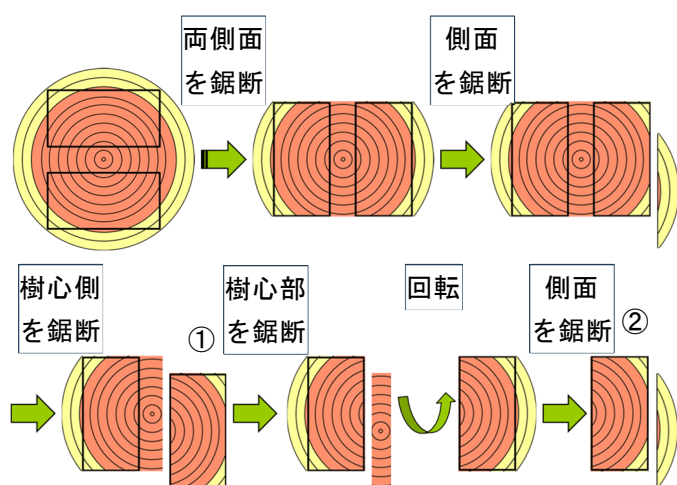


図5 平角材2本の製材（端から順に製材）

また、この例では縦反り矢高の差を考慮して、先に製材する平角材と後で製材する平角材の歩増し寸

法を変えることを提案しています。

熱処理によって丸太に残留する成長応力を低減させる方法も研究されていて、スギの間伐材を使った試験では、80℃で40時間程度、廃材を燃料とした燃焼ガスで直接加熱する方法が提案されています⁴⁾。

この他、鋸で切断する回数が増えてしまいますが、図6・図7のように、樹心の部分に鋸を入れて応力を解放してから製材を挽いていく方法もあります。

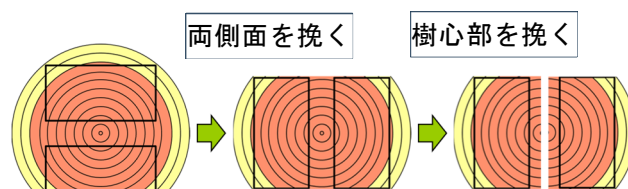


図6 変形を軽減するための製材方法①

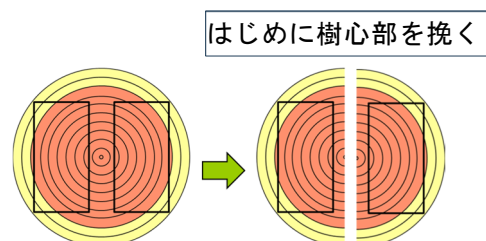


図7 変形を軽減するための製材方法②

■水平方向の成長応力と製材への影響

軸方向とは逆に、水平方向の成長応力は、外周部に圧縮応力、樹心付近に引張応力が作用しています¹⁾（図8）。

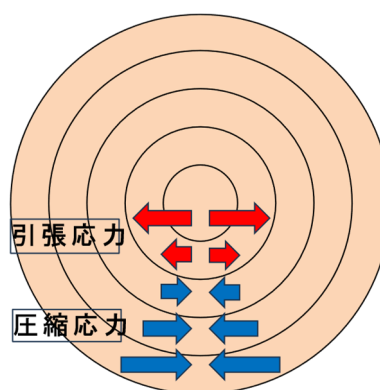


図8 樹木内部の成長応力の模式図（水平方向）

外周部の圧縮応力には、外力や放射組織の発達により樹木の表面が裂けるのを防ぐ役割があるとされています。一方、樹心近くの引張応力は割れを引き起こすことがあります。伐採直後で乾燥していない状態でも、丸太や切り株の木口面の樹心付近に割れ

(心割れと呼びます) が見えることがあるのはこのためで、大きな割れの場合は製材の表面に割れが達することになり、製材の価値を下げてしまいます。

心割れは、カラマツのように心割れからヤニが溢れ出し、非常に目立つこともあります(写真1)、丸太や乾燥前の製材では目立たず、乾燥後に気づくこともあります。良質な製材を生産するためには、心割れの大きな丸太を避けるか、割れの伸び方を考慮して鋸入れの向きを決めるなどの対応が必要になりますが、前述のとおり目立たないものもあるので、対応が難しいこともあります。



写真1 カラマツの心割れ

■おわりに

今回、製材の変形に影響を及ぼす樹木内部の応力について、応力が樹木を守る役割を担っていることや、応力による変形に対応する手段とあわせて紹介しました。良質な製材の生産方法を考えるときの参考になれば幸いです。

■参考文献

- 1) Claus Mattheckm, Hans Kubler : 材—樹木のかたちの謎, 青空計画研究所, p.86 (1999)
- 2) 寺澤眞 : 木材乾燥のすべて [改訂増補版], 海青社, p.659 (2004)
- 3) 伊神裕司, 松村ゆかり, 松田陽介, 山下香菜 : スギ大径材から心去り平角を効率良く製材, 森林総合研究所第4期中長期計画成果35, p.31-32 (2021)
- 4) 奥山 剛, 木方洋二 : 直接熱処理によるスギ間伐材の材質変化, 木材工業 43, p.359-363 (1988)