

木材のクセの正体を知る

Know the Cause of Wood Habits.

●堀江秀夫／富山大学芸術文化学系

HORIE Hideo / Faculty of Art and Design, University of Toyama

はじめに

退職を直前に控え、大学教員としての教育歴を振り返ると、今はない国立高岡短期大学の産業造形学科に2002年4月1日付けで赴任したことから始まり、続いて富山県内国立3大学統合でできた新「富山大学」の芸術文化学部芸術文化学科の教員となって通算19年となります。それまでの25年間は北海道の地方公務員として、木材の研究機関である北海道立林産試験場というところで、木材を建築材料等として利用するための加工技術や強度性能評価や再生利用技術の研究に携わってきました。

地方公務員から芸術系学科の教員になって驚いたのは、卒業研究とは卒業作品を「制作」をすることであり、その評価は「講評会」で行うことでした。卒業研究の実験結果を取りまとめた論文についての卒業論文発表会しか知らなかった私には、学生の作品をどのように講評してよいものか戸惑うばかりで、今でもそうです。各授業にも、学生のプレゼンテーションに対して教師やゲストの質疑・討論が行われる「講評会」があり、芸術系の学生はこうやって鍛えられてゆくのかと納得した次第です。

さて教育については、「木材をいかに使いこなし、適材適所にどのように用いるべきかを若者たちに教えた」という願望を持って教壇に立ち、講義をしてきました。しかし、授業を始めて、よい教科書がないことに気づきました。私の出身である農学部林産学科の学生向けのりっぱな教科書はあるのですが、工芸やデザインを目指す学生向けのものがなく、仕方なく自前の講義資料を作って講義をするようになりました。芸術文化学部になってからは、大規模木造建築物の設計ができる学生を育てたいという願望も加わり、木質建築材料の講義資料を作るようになりました。

特に力を入れたのは、学生が「木材のクセの正体は異方性にある。そのために狂いや割れがどのように発生するのか」を理解し、建物や家具の設計に活かすことです。このことは、私の退職後も芸術文化学部生に受け継がれ

て欲しいと思い、ここに木材を利用する上で最も大切な「異方性の知識」を紹介する次第です。

1 天然生物材料としての木材

木材は、生物である樹木を伐採し、樹幹（丸太）部分をノコギリで四角く裁断した（製材した）だけの材料（製材品）です。つまり木材は、樹幹そのものの性質を持った天然生物材料です。

最初の生命は海水中で生まれたとされるため、その子孫である樹木も人体も、深い水との関係＝親水性を持っています。人がお風呂に長く入っていると肌は吸湿して膨らみ、また風呂上りの後長く風にあたっていると放湿して肌が突っ張ってきます。木材も同じで、製材直後の木材は、生きていた樹幹と同じ水分状態（生材状態）ですが、周りの空気に触れて木材内部の水分が蒸発して乾燥すると縮み（収縮）、逆に乾燥した木材が水に濡れると伸びます（膨潤）。『木材は放湿・吸湿により収縮・膨潤する』と言われます。言い換えると、環境の湿度変化により収縮・膨潤を繰り返して形状が変化することから、『木は生きている』とも言われます。

ここで、樹木の生活を考えてみましょう。

根から吸上げられた水は、樹皮の近くの細胞を通して枝先の葉へ輸送され、葉ではその水と外気中の二酸化炭素を吸収すると共に光の助けにより光合成を行い食料（デンプン）を作ります。作られた食料の水溶液は樹皮のすぐ裏側の細胞を通して下降し、全組織に輸送・分配されて樹木が成長するためのエネルギー源となります。つまり、樹木の細胞は水の輸送路です。その形は、スギやヒノキといった針葉樹の仮道管の場合、長さ1～6mm直径0.03mm程度¹⁾の上下に連なる細長いパイプ状になっています。そのパイプが重なるところにはドア（有縁壁孔）がいくつもあって、生きているときはドアが開放状態で根からの水や葉からの水がスムーズに流れる組織となっています。このように細胞どうしは、繊維のように連なって水の輸送路となっていることから、『木材（樹幹）は木材繊維の束で構成されている』と言います。

また、樹木の上下方向である樹軸方向を“繊維方向”と呼びます。

一方、春から夏にかけて作られた食料や、生命活動の結果生じる老廃物を樹幹内部に貯蔵するため、樹幹の水平方向には輸送路かつ貯蔵庫の働きをする木材繊維が放射状に走っており、これを“放射組織”と呼びます。

樹軸方向（繊維方向）の木材繊維の束は、水路であるとともに、世界最大の生物である樹木の自重・雪荷重・台風の風荷重を支えています。また、その束がはじけないように放射組織によるタガがはまっています。このような木材繊維（軽い中空パイプの集合）のおかげで、『木材は軽い割には強い』と言われます。

しかし、いま説明したように木材繊維の束の方向（繊維方向）の力に対しては強いのですが、繊維方向と直角の方向からの力（横圧縮や割裂の力）には弱いので、方向によって性質が異なることから『木材には強さの異方性がある』と言われます。生物は、環境に適応して進化する過程で、強化された部分（繊維方向の強さ）と省力さ

れた部分（繊維方向と直角な方向の強さ）を持った異方性体となりました。

つまり天然生物材料は皆、金属やプラスチックのような均質な等方性材料とは異なり、不均質な異方性材料なのです。

2 木材の収縮・膨潤の異方性

木材は古くから利用されてきた材料のため、その性質を表す固有の名称が数多く付けられています。図1は樹幹の横断面に現れる組織と名称、図2は製材品（木材）に現れる組織・方向と名称です。これらの用語は、木材の性質を的確に表した命名で、日本の木の文化の一部と言えます。

図2左上は、木材の直交3軸（繊維方向、接線方向、放射方向の各軸）と3断面（木口面、柃目面、板目面）を表しており、これらの方向・断面により性質が異なることから『木材は直交異方性体である』と言います。

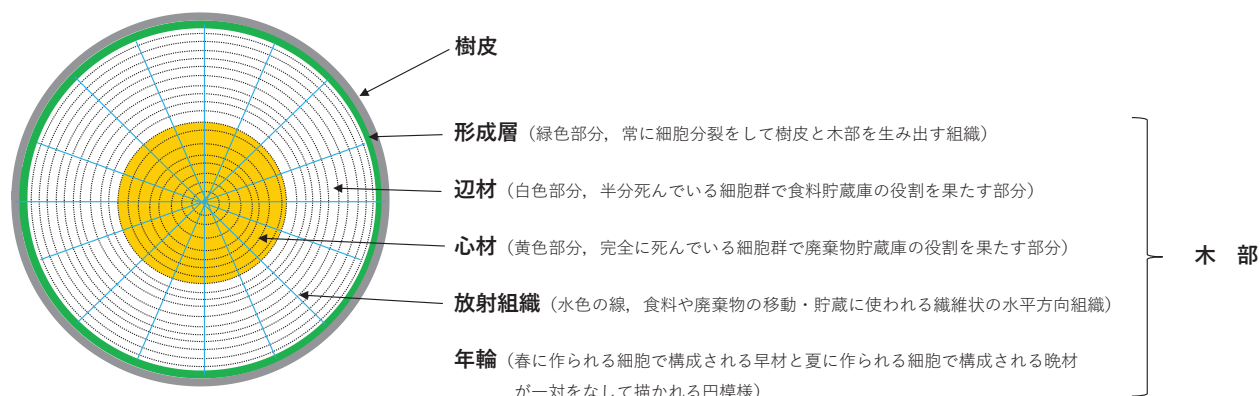


図1 樹幹の横断面に現れる木材の組織と名称

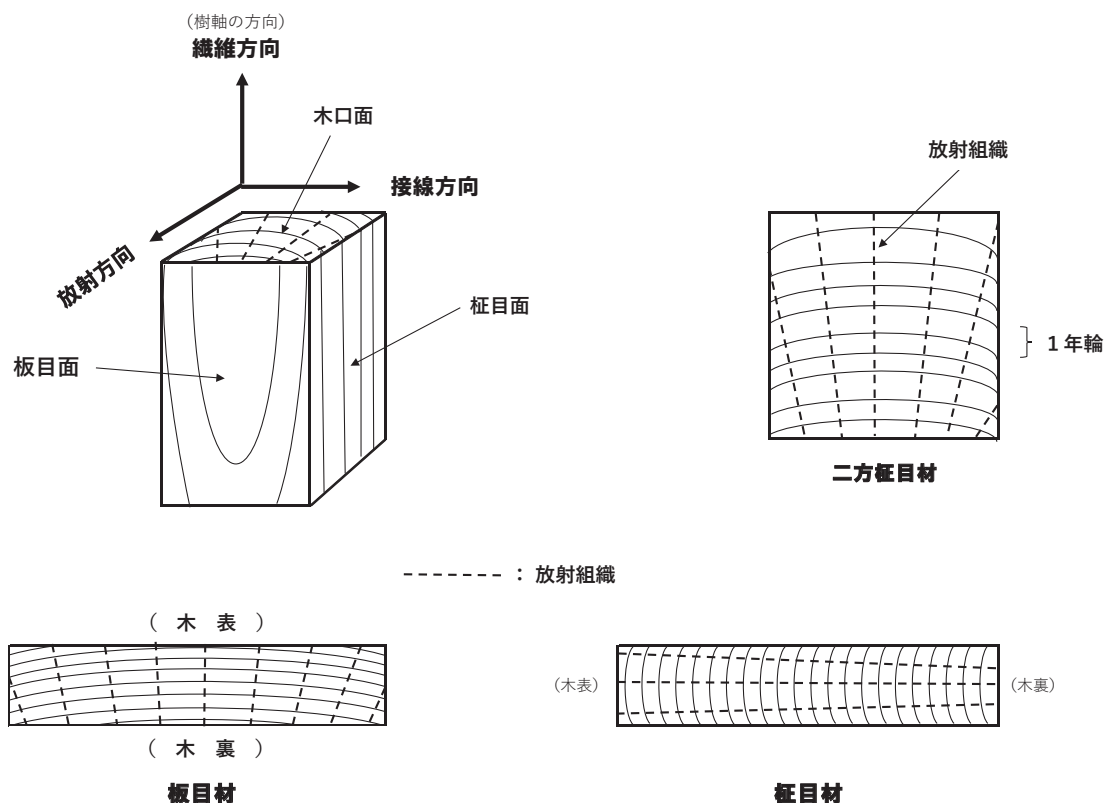


図2 製材品に現れる木材の組織・方向と名称

図3と図4は、樹幹の横断面に見える木材繊維の細胞一つが乾燥した場合、その細胞壁がどのように収縮し、その結果、横断面全体がどのように収縮・変形するかを示しています。なお樹木は、厚く丈夫な“細胞壁”を持っていることが特徴です。

四角い断面形状の細胞内に溜まっている液体の水を「自由水」と呼び、乾燥の初期には先ず自由水が抜けてゆきます。この自由水が抜けても、細胞壁はしっかり濡れて膨潤している状態なので収縮は起きません。

さらに乾燥が進むと、細胞壁の中に浸み込んでいた水分子（これを「結合水」と呼ぶ）が抜けてゆきます。結合水は細胞壁成分のセルロースと結合している水分子なので、これが抜け始めるとセルロースの分子構造が変化して壁が痩せてゆきます。このとき、細胞壁の異方的構造と細胞形態（細胞径と壁厚）が関与して、壁の厚さ方向と幅方向では収縮の割合（収縮率）が異なることから、結果として、細胞の大きさの収縮は放射方向の収縮よりも接線方向の収縮が大きくなります²⁾。この一つの細胞の収縮が集まって、横断面全体では図4右のように収縮します。乾燥ではなく吸水・吸湿の場合には、同じ理由により逆の膨潤が起こることになります。

これが『木材は放湿・吸湿により収縮・膨潤する』仕組み、“収縮・膨潤の異方性”です。この仕組みを接線方向から放射方向までの任意の方向に当てはめて考え、また国産材の含水率1%当たりの平均収縮率（接線方向

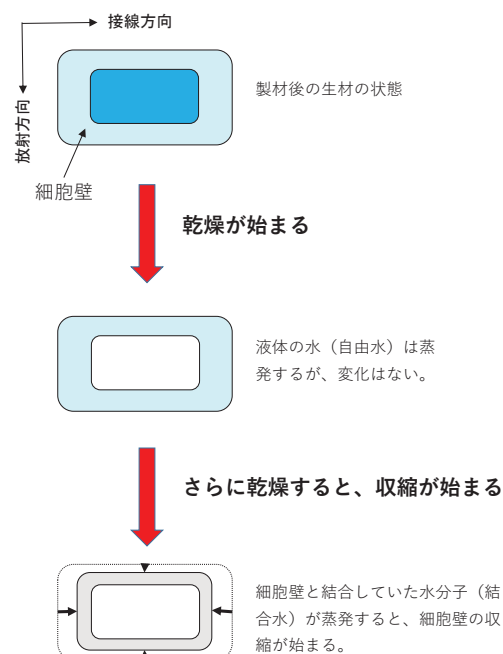


図3 木口面に見える細胞1個が乾燥したときの収縮

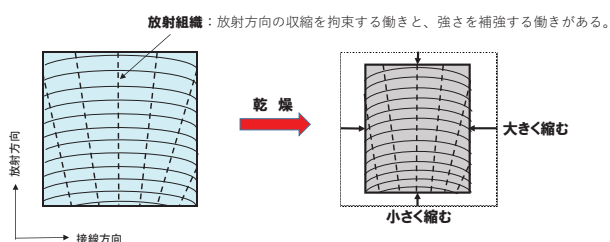


図4 木口面全体が乾燥したときの収縮

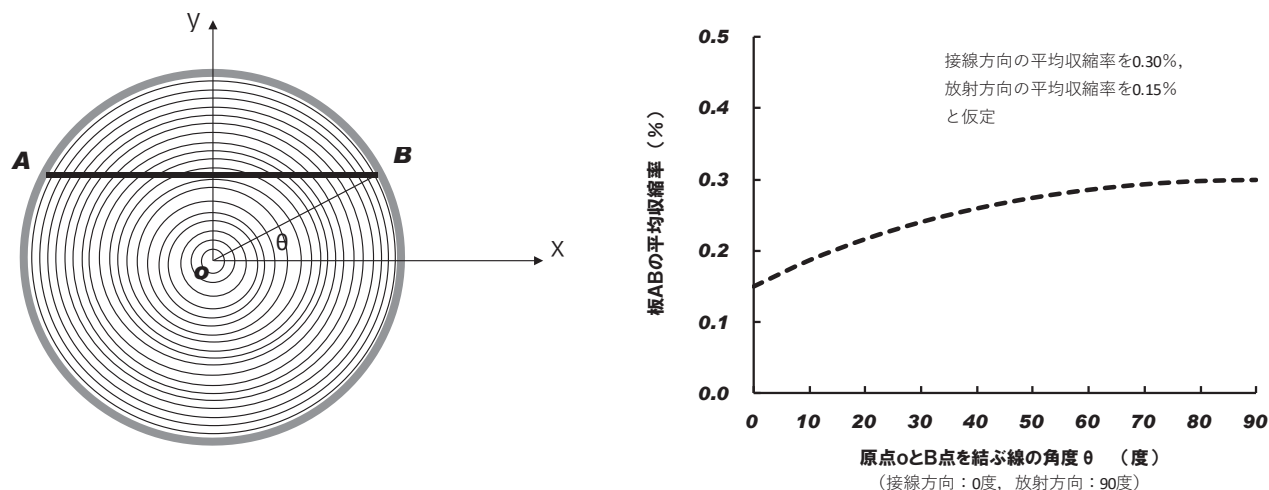


図5 任意の位置の板材の平均収縮率と角度 θ の関係

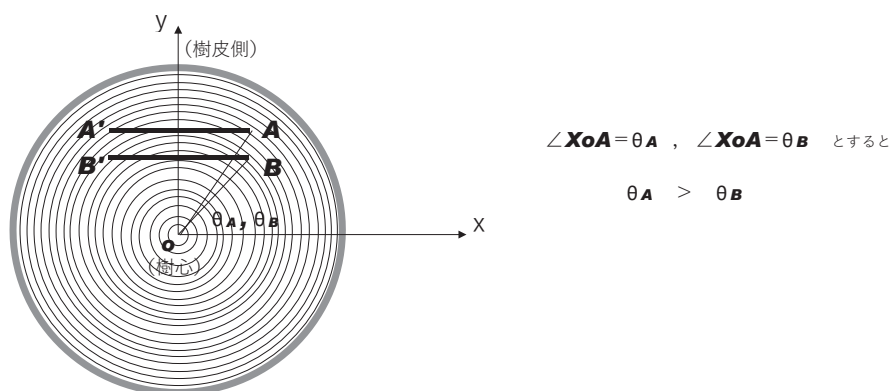


図6 2枚の板材の平均収縮率の大小関係

0.30%, 放射方向0.15%)を使い、樹幹の横断面の任意の位置から板材を製材した場合の幅方向の平均収縮率と角度 θ の関係式²⁾を図式化すると、図5のようになります。この図から、「角度 θ が大きくなると平均収縮率は大きくなる」ことが分かります。

次にこの関係を使って、同じ寸法の2枚の板材を製材した場合、樹皮側の板材(板AA')と樹心側の板材(板BB')とで、幅方向の平均収縮率の大小関係を示したのが図6です。樹皮側の板材の方が樹心側の板材よりも必ず θ の値が大きくなるため、

板AA'の平均収縮率 > 板BB'の平均収縮率
となります。

このことから、同じ丸太から同じ寸法の板を製材して乾燥させた場合、必ず「樹皮側の板材の方が樹心側の板材よりも大きく収縮する(縮む)」ことになります。

3 木材の強度の異方性

図7は、木材が繊維方向と直角の方向から圧縮荷重を受けたときの荷重方向に対する年輪傾斜の角度と圧縮強度の関係の一例³⁾を示しています。放射組織の繊維走向と年輪走向が影響しあって50度付近が最弱で、放射組織の補強効果が最も大きく現れる0度(放射方向)のときが最大となっています。

これが「強度の異方性」の例です。

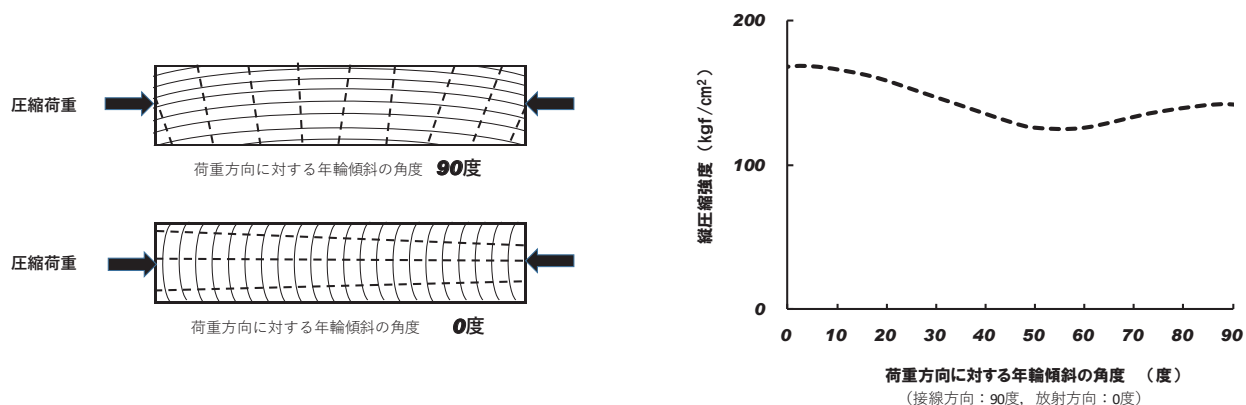


図7 荷重方向に対する年輪傾斜の角度と圧縮強度の関係

4 木材の異方性のまとめ

これまで説明してきた“収縮・膨潤の異方性”と“強度の異方性”について、スギやヒノキといった針葉樹の数値としてまとめたのが表1です⁴⁾。なお、弾性率とは荷重に抵抗する材料の硬さを表し、その値が大きいと変形しにくいことになります。この数値では覚えにくいので、実際によく使う収縮率と引張強度について、大きく丸めた数値としたのが表2です。

表1 木材の異方性の比率

	繊維方向	放射方向	接線方向
収縮・膨潤率	1	12.5	25
弾性率	24	1.8	1
引張強度	22	1.5	1

表2 木材の異方性の比率（覚えやすい概数）

	繊維方向	放射方向	接線方向
収縮率	1	10	20
引張強度	20	2	1

5 木材の狂いと割れの仕組み

これで準備ができましたので、本来の目的である『木材の狂いと割れ』の仕組みを説明します。

ここでは狂いとして「幅反り」、割れとして「表面割れ」を取り上げ、木材の乾燥とともに、どうしてそうなるのかを図8に示しました。この図を矢印に従って見てゆくと、板目の材は、木表側を凹にして幅反りが発生し、または木表側の表面に割れが発生します。

もしも、板Aと板Bが柾目の材の場合には、両材に収縮率の差がないため、狂い・割れは起こらずに一回り小さい形に収縮します。また、紹介した幅反り・表面割れ以外の狂い・割れもすべて異方性の仕業です。

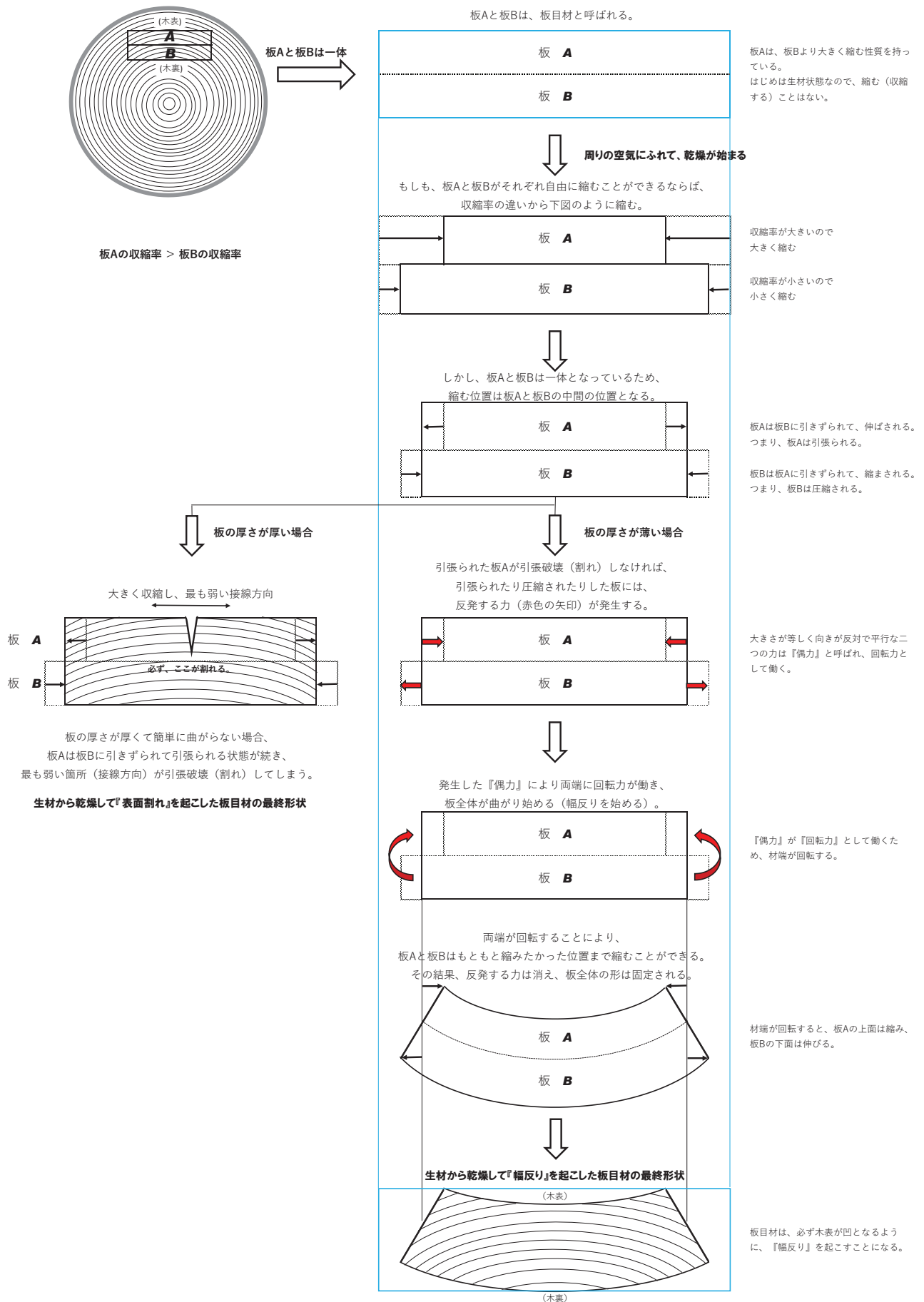


図8 板目材の幅反りと表面割れの仕組み

おわりに

板材の狂い・割れの発生は経験的に昔から知られていたため、「反る木目と書いて板目」「正しい木目と書いて柂目」と呼び慣わし、日本では板目材を避けて柂目材を好む風習が生まれました。

芸術文化学部生にはこれからも、こうした木の文化を正しく理解して欲しいと願っています。

文献

- 1) 阿部 勲, 作野友康 編: “木材科学講座 1 概論”, 海青社, 1998, pp.47-48.
- 2) 伏谷賢美, ほか8名: “木材の科学・2 木材の物理”, 文永堂出版, 1985, pp.58-76.
- 3) 古野 毅, 澤辺 攻: “木材科学講座 2 組織と材質”, 海青社, 1994, pp.134-136.
- 4) 日本木材加工技術協会関西支部 編: “木材の基礎科学”, 海青社, 1992, pp.38-57.