

乾燥による木材の反りと割れの実験教具

Experimental Teaching Tools for Cup Due to Drying of Wood

今山延洋

Nobuhiro IMAYAMA

(昭和61年10月11日受理)

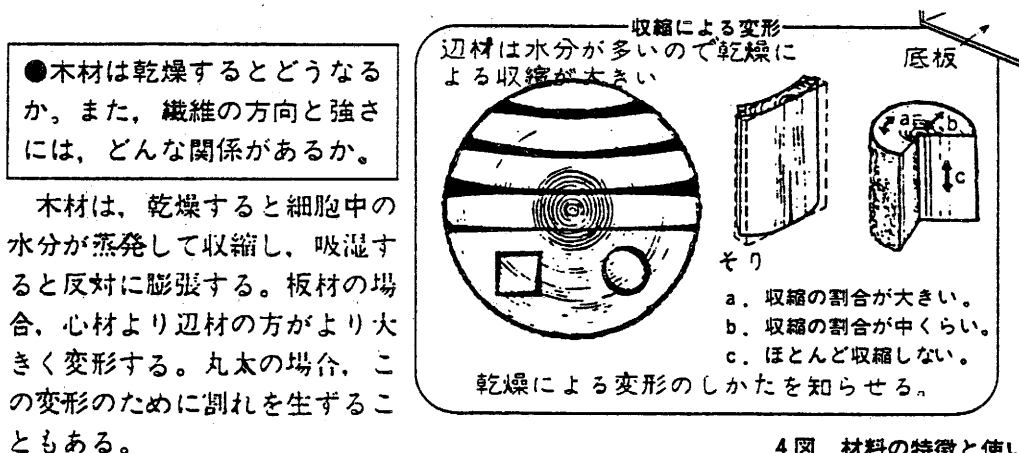
1. はじめに

技術科木材加工領域では、乾燥による木材の反りの現象を生徒に教えることになっている。教育熱心な教師は反った板を直すにはどうするか、この反りが何故起るのか、なども授業でとりあげている。ところが、図1に示す教師用指導書¹⁾や図2に示すような参考書²⁾⁻⁵⁾など、あるいは静岡県内で見られる反りの授業をみると、板が反る理由は次のように誤って説明されている。

- (1) 木表側の細胞の縮みが大きくて、木裏側の細胞の縮みが小さいから木材は反る。あるいは、
- (2) 樹木として生きているときは、辺材（白太）の部分には多く水が含まれ、心材（赤身）の部分には水が少ないので、木が伐採されて乾燥が始まると、心材（赤身）よりも辺材（白太）の部分の方がより多く水を蒸発し放出するので、辺材（白太）の方がたくさん収縮し、その結果反る。

しかし、(1)の説明では、丸太の樹皮近くから幹の中心（髓）まで、板を連続して取ったとき、細胞の縮み具合は、幹の中心（髓）近くでは非常に小さく、丸太の樹皮近くでは非常に大きいことになる。

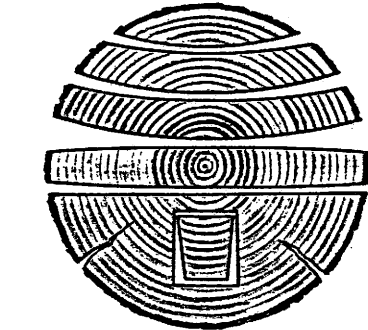
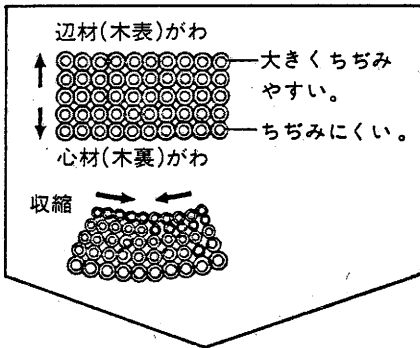
また、(2)の説明では、辺材（白太）のみの板、あるいは心材（赤身）のみの板の場合には反りが起らなくなる。等の不合理が生じる。



4 図 材料の特徴と使い方

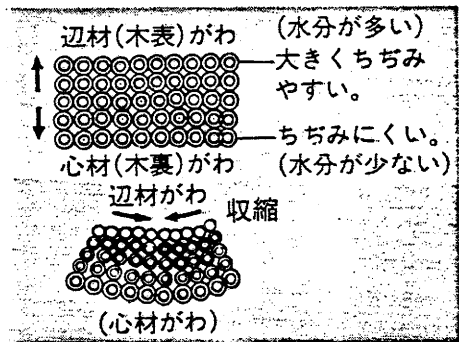
この報告では、これら指導書や参考書に記述されている木材の反りに対する誤った記述を指摘し、木材の反りの科学的解説をし、教師および生徒が乾燥による木材の反りを正しく理解出来る実験教具を提示する。また、反りの円周方向の収縮に関連して、半径方向の割れについての実験教具も提示する。更に、反りの授業の前後の流れに関連して、木材の基本組織である細胞の観察方法についても取りあげた。

最後に、ここで示した反りと割れ、および細胞観察と同じ内容を去る昭和61年8月18日に静岡県焼津市立豊田中学校において静岡県中部教育事務所主催の静岡県中部技術・家庭科実技研修会（技術領域）で紹介させていただいた。その際のアンケート（感想文）の内容を分析して、これらの反りなどの実験教具の有効性を全体として検証した。

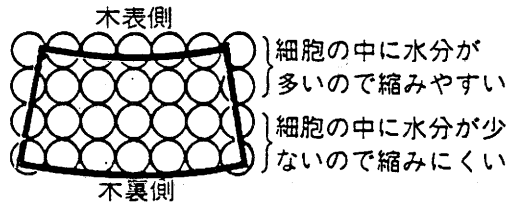


木材各部の収縮によるちがひ
(a) 技・家ハンドブック (開隆堂) 2)

●木材の各部の収縮の形



(b) 最新技術科資料 (明治図書) 3)



(c) 新技術科資料集 (正進社) 4)



(d) 総合技術科資料集 (精華堂) 5)

2. 実験方法

反りの実験に用いる試験片は図3～5に示すような3種類であり、割れの実験に用いる試験片は図6, 7に示す2種類である。上述の実技研修会ではスギ材を用いた。

試験片を乾燥させるには、主に一般家庭で用いられている食パン用のオーブントースターが簡便である。また、乾燥前後の試験片の重量変化を測定する為に、理科室等にある上皿天秤を用いる。

3. 授業で出来る実験

実験 1 板状ブロックを乾燥しよう。

(図3) ☆板の反りが観察出来たか。

厚さ——約5mm～10mm

乾燥器に入れよう。

乾燥器——オーブントースター

(電子レンジ)

温度が高過ぎると思う時はスライダック
を用いて調整する。

時間——約5分～10分。

事前にスイッチを入れて加熱しておくといよい。時間が長過ぎたり温度が高過ぎたりして試験片を著しくこがさないように注意しよう。オーブントースターを多数同時に用いる時は、ヒューズが飛ばないように気をつけよう。温度が高過ぎると思う時はスライダックを用いて調整する。本当は、50℃位でゆっくり乾燥したほうが変化が良くでる。

実験手順

- (1) 名前を記入する。
- (2) 鉛筆やボールペンで試料の周囲をなぞって白紙に試料の形を写す。
● 試料上に直線や板の断面の形を書き入れる。
- (3) 上皿天秤で重さを測り記録する。
- (4) 乾燥器に入れて乾燥する。
試料を取り出す時は割り箸などを用い、乾燥器に手が触れないようにする。
- (5) 上皿天秤で重さを測り記録し、乾燥前の重さと比較する。
- (6) (1)の図形の上に重ねて、赤ボールペンなどで試料の周囲をなぞって乾燥後の試料の形を写す。
- (7) 乾燥の前後の形を比較する。
(ア) 半径方向の縮みはどうか?
(イ) 円周方向の縮みはどうか?
(ウ) 試料上の直線や板の断面の形はどのように変形したか?

実験 2 半円形円盤を乾燥しよう。(図4)

☆半径方向の縮みはどうなる。

★円周方向の縮みはどうなる。



図3 反りの試験片(板状ブロック)

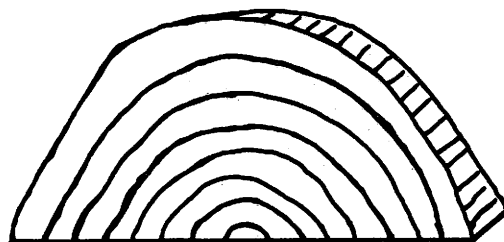


図4 反りの試験片(半円形円盤)

厚さ—約 5 mm~10mm

以下、実験手順は実験 1 と同じ。

実験 3 ドーム形試料を乾燥しよう。(図 5)

★板材のように反るか？

☆つまり、ドームの脚がひろがるか。

★円周方向の縮みはどうなる。

厚さ—約 5 mm~10mm

時間—約 5 分~10分

(ア) 反りは出たか？形は変わったか？

(イ) 円周方向の縮みはどうか？

以下、実験手順は実験 1 と同じ。

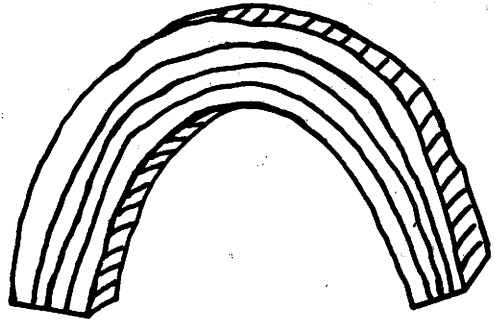


図 5 反りの試験片(ドーム形試料)

実験 4 乾燥によってできる割れを観察しよう。(図 6)

試料の厚みが薄過ぎると、厚さ方向に反り返るので、厚さは約 1 cm 程度が望ましい。
乾燥も出来るだけ低温でゆっくりと進めるのがよい。

割れは半径方向にできる。

乾くと割れるし、たくさん湿けると見えなくなる。

☆半径方向の収縮の割合が円周方向の収縮の割合よりも小さい。

(半径方向：円周方向 \approx 1 : 2)

☆だから、より内側の方が抵抗する。

以下、実験手順は実験 1 と同じ。

実験 5 ドーナツ形円盤 (図 7)

半径方向の割れは発生しない。何故だろう？

以下、実験手順は実験 1 と同じ。

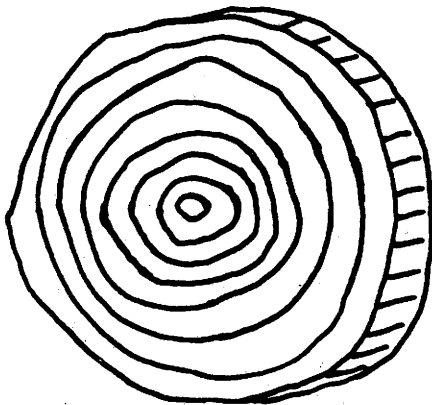


図 6 割れの試験片(円盤)

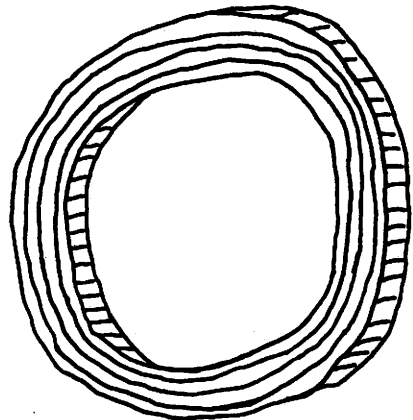


図 7 割れの試験片(ドーナツ形円盤)

4. 実験結果の説明

(1) 板状ブロック (実験1)

図8に実験1で得られる乾燥後の反りの変形を示す。変形前を点線で、変形後を実線で示した。一般に知られているように、木表側に反る。反りの現象をよく知らない生徒にはこの実験は役に立つ。上皿天秤によって重量変化を測定しておく、水分の減少が明瞭になる。同時に、オーブントースターなどによって加熱した為に、反りが熱によって生じたと主張する生徒に対して説得になる。

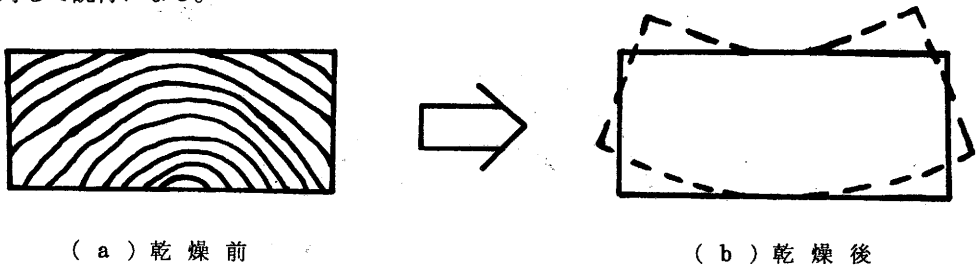


図8 板状ブロックの反り

(2) 半円形円盤 (実験2)

図9に実験2で得られる乾燥後の反りの変形を示す。変形前を点線で、変形後を実線で示した。

乾燥前後の図を重ねる時に、どちらか1つの半径線を重ねて赤ボールペンなどで書くとよい。図9(b)の場合は左の半径線を重ねて示した。重ね書きする時は、半径方向の変化(ア)や円周方向の変化(イ)が明瞭になるように気をつける。半径方向と円周方向の収縮の程度がよくわかる。出来れば、円盤上に図9(a)のように定規で直線を書きいれておくと、同図(b)の実線のように直線が反るのが良くわかる。

(3) ドーム形試料 (実験3)

図10に実験3で得られる乾燥後の反りの変形を示す。変形前を点線で、変形後を実線で示した。

乾燥前後の図を重ねる時に、左端か右端のどちらか一方を重ねて赤ボールペンなどで書くとよい。また、ドーム形試料の内側も重ねるようにするとよい。図10(b)のように、円周方向に

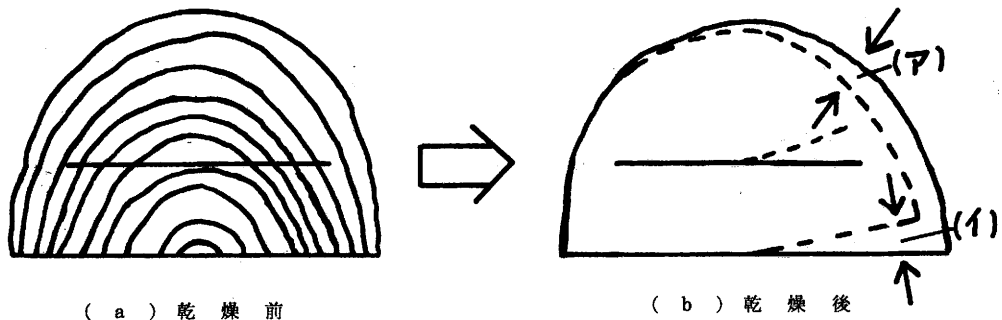


図9 半円形円盤の変形

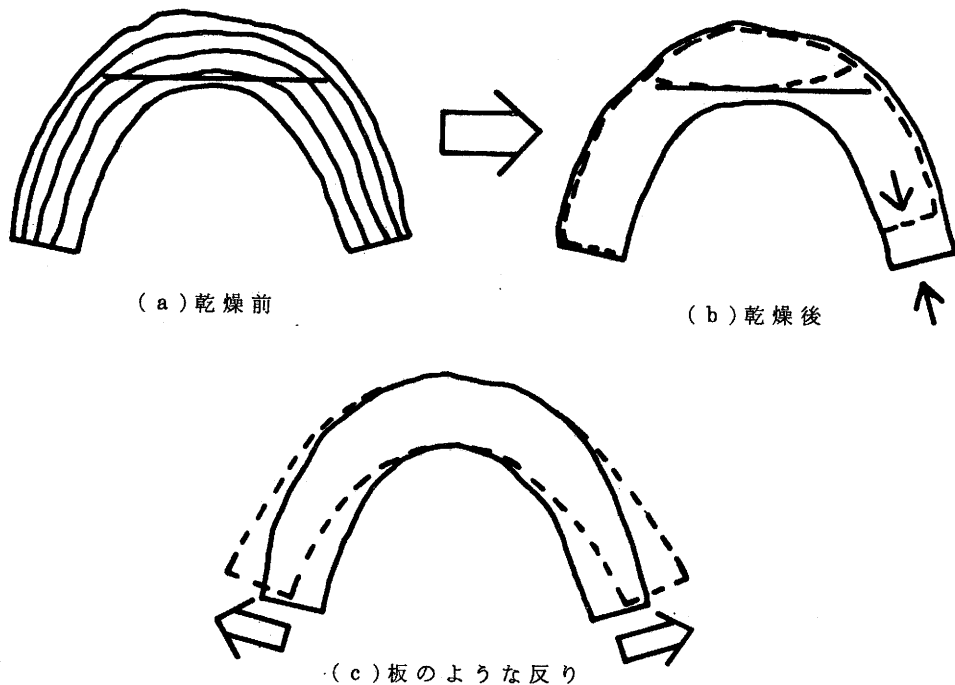


図10 ドーム形試料の変形

収縮しているのがよくわかる。このドーム形試料の両足は、図10(c)のように反って両側に開いたりとは決してしない。出来れば、円盤上に図10(a)のように定規で直線を書きいれておくと、同図(b)の実線のように直線が反るのが良くわかる。

(4) 円盤試料 (実験4)

図11に実験4で得られる乾燥後の反りの変形を示す。変形前を点線で、変形後を実線で示した。

乾燥前後の図を重ねる時に、円盤の外側の一部を重ねて赤ボールペンなどで書くとよい。割れは半径方向にできる。乾くと割れるし、逆にたくさん湿けると見えなくなる。

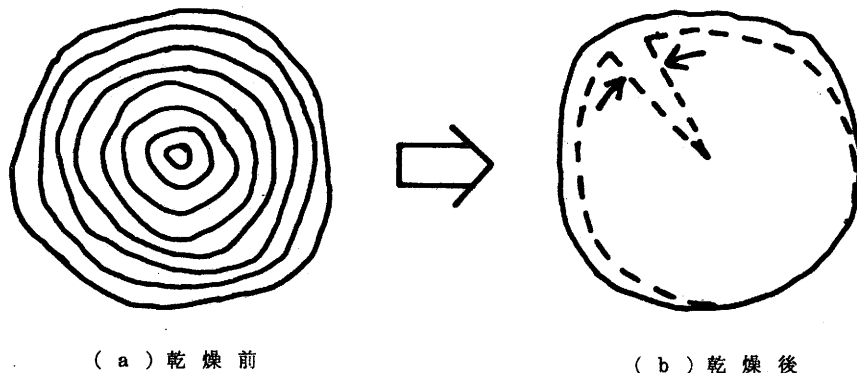


図11 円盤の変形と割れ

(5) ドーナツ形円盤 (実験5)

図12に実験5で得られる乾燥後の反りの変形を示す。変形前を点線で、変形後を実線で示した。

乾燥前後の図を重ねる時に、ドーナツ形円盤の外側の一部を重ねて赤ボールペンなどで書くとよい。ドーナツ形円盤は乾燥によって割れない (図12b)。半径方向の割れは発生しない。

何故だろう。半径方向の収縮の割合が円周方向の収縮の割合よりも小さい (半径方向：円周方向 $\approx 1 : 2$)。だから、より内側の方が抵抗する。ドーナツの内側に抵抗するものがなくなったら、ドーナツ形円盤の収縮は自由になり、割れは起らない。

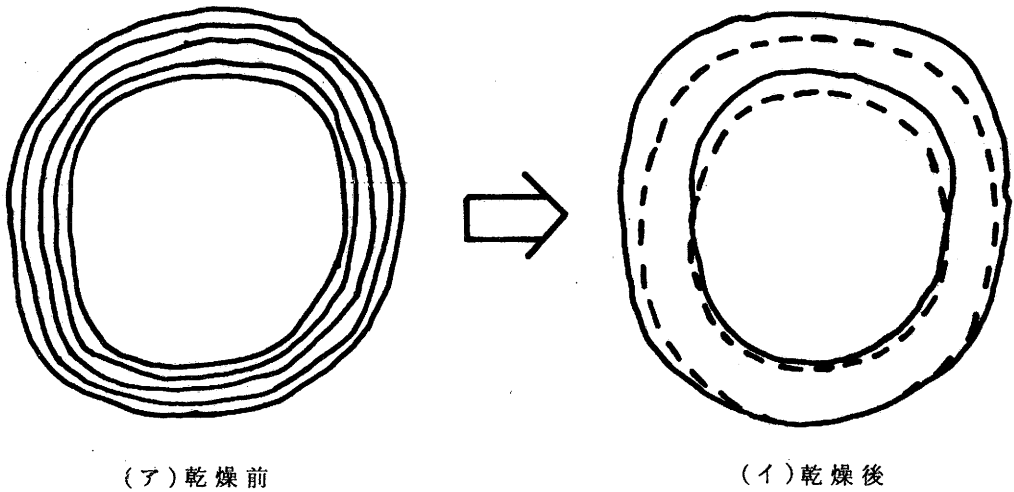


図12 ドーナツ形円盤の変形

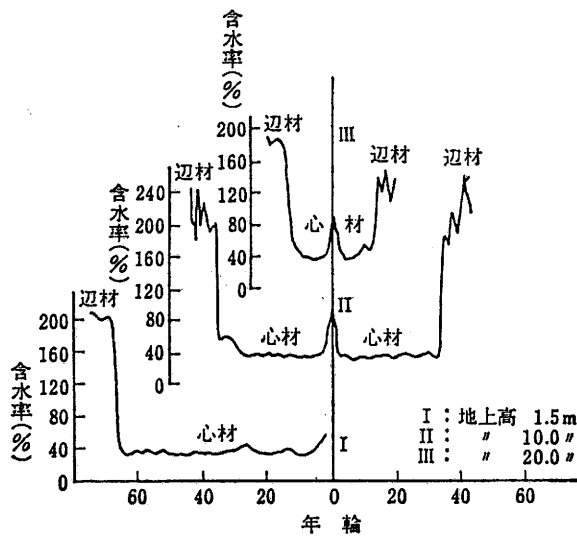


図13 樹幹横断面における含水率分布⁸⁾

表1 針葉樹と広葉樹の生材含水率⁹⁾

針 葉 樹			広 葉 樹		
樹 種	辺 材	心 材	樹 種	辺 材	心 材
スギ	159.2	55.0	ドロノキ	79.0	205.0
ヒノキ	153.3	33.5	コナラ	74.6	67.2
トドマツ	211.9	76.1	トチノキ	123.2	166.1
エゾマツ	169.1	40.6	ミズナラ	78.9	71.5
アカマツ	145.0	37.4	マカンパ	76.9	65.2
モミ	162.6	89.4	シナノキ	91.9	108.3

5. 反りの説明

一般に、木材は立ち木の状態では、図13に示すように辺材の方が心材よりも含水率が高い。そのため、この辺材・心材の含水率の関係を、一枚の板材においても、そのまま木表・木裏の関係におきかえて、中学校技術科の授業では、板材のそりの理由を図14に示すように木表と木裏の含水率の違いによって説明されることが多い。すなわち木表側は含水率が高いので収縮大、木裏側は含水率が低いので収縮小であり、木表側に反るということである。しかし、樹種によっては辺材よりも心材の方が含水率が高い場合もあり(表1参照)、必ずしもすべての木材にあてはまるわけではない。

それでは、図15の太線でかこった部分の板材はどう変形するであろうか。図14の木表側は収縮大で木裏側は収縮小であるという考え方からすれば、図15の板材は変形して、はじめの状態にくらべて木裏側への湾曲が解消されて、真直ぐに近い板材になると予想される。

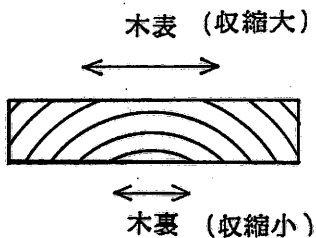


図14 板材の反り

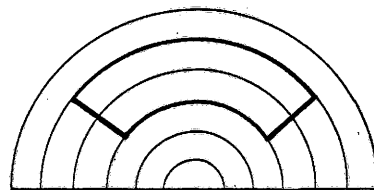


図15 半丸太の木口面

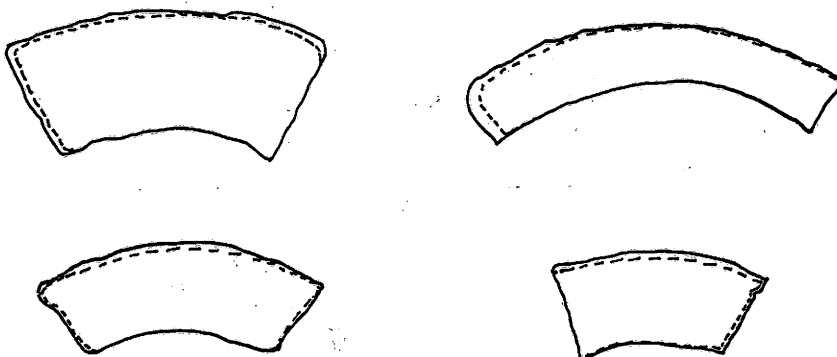


図16 ドーム形の収縮

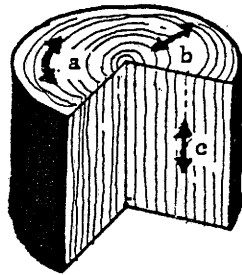


図17 繊維の方向

実際にはどうなるであろうか。これを検証するために実験3を実験した。半丸太を厚さ5mmに丸のこで切り、図15の太線のように糸のこで切る。それを乾燥機に約40℃で40分入れておいた。厚さを5mmにしたのは乾燥を早めるためである。試験片4つについて実験を行い、その結果が図

16である。実線が乾燥前、破線が乾燥後である。図16の結果から、乾燥させても大きさは変わるが形は変わっていないことがわかる。このことは図14の様な説明が誤りであることを示している。先程、立ち木の状態で一般に辺材の含水率が高く、心材の含水率が低いと示されたが、実は木を切り倒してしばらくねかせておけば、含水率は心材も辺材もほぼ一様になってしまうものである。このことから、上の様な説明が誤りであることがわかる。

それでは、なぜ板材は反るのであるか。

木材は図17に示されているa, b, cの収縮率が異なる。ここでaを円周方向, bを半径方向, cを繊維方向とすると, a : b : cの収縮率はおよそ20 : 10 : 1の割合である。

板材の反りはaの方向, すなわち円周方向の収縮に関係している。

では、なぜ板材は反るのか、円周方向の収縮がどんな影響を及ぼすのかを、木材を細胞レベルで観察しながら理解していくことにする。

図18に針葉樹の顕微鏡写真がある。イが柀目面, ロが板目面, ハが木口面を示している。

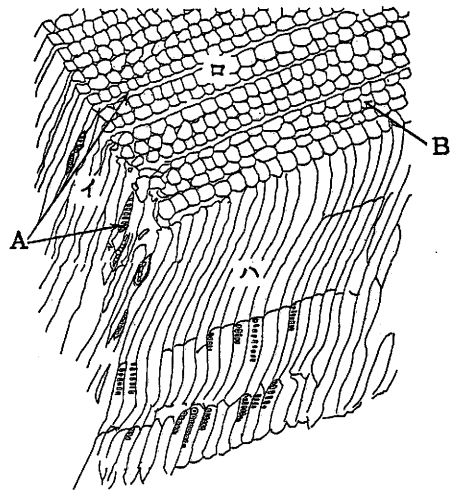


図18 針葉樹の組織



図19 仮導管の集り

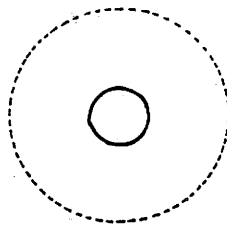


図20 有縁壁孔(ボード・ピット)



図21 水の移動

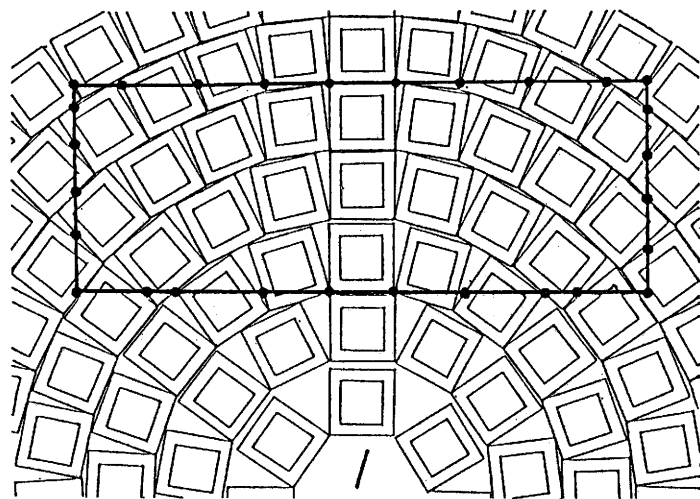
図23 細胞の収縮による板の反りの過程



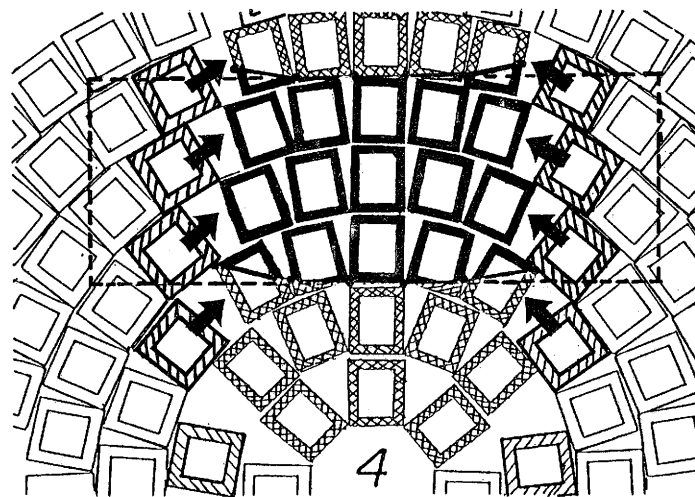
乾燥前

乾燥後

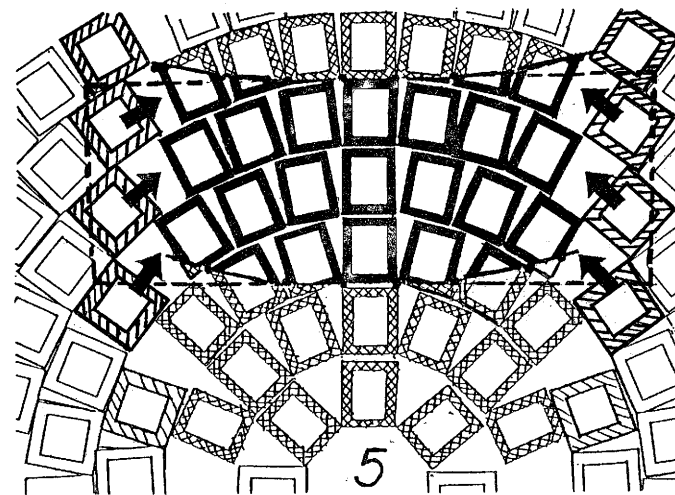
(円円方向のみ収縮)



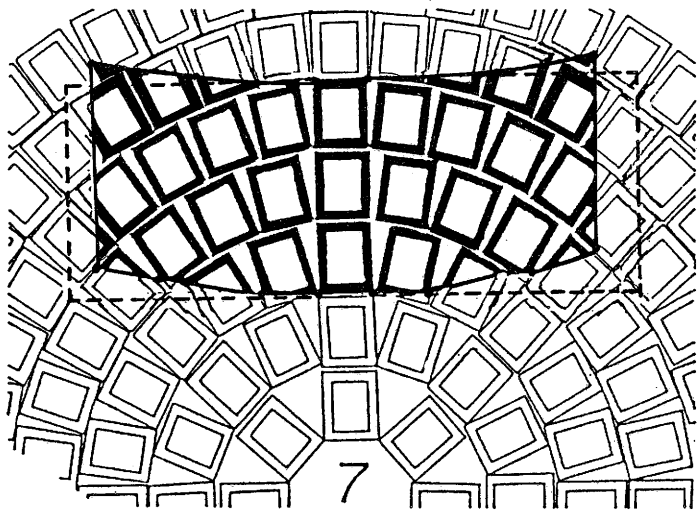
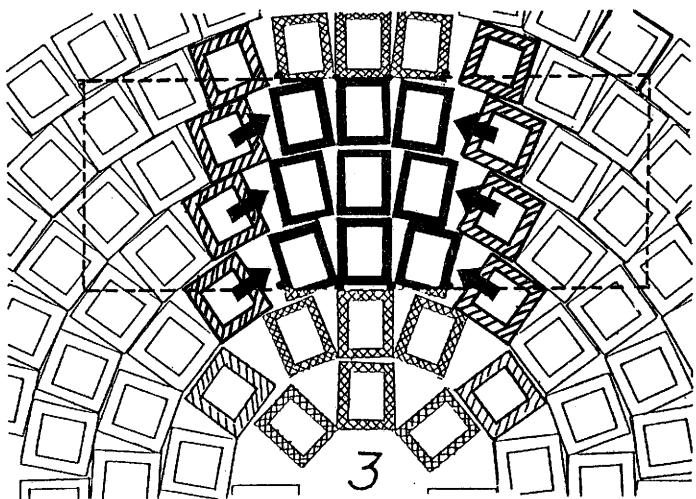
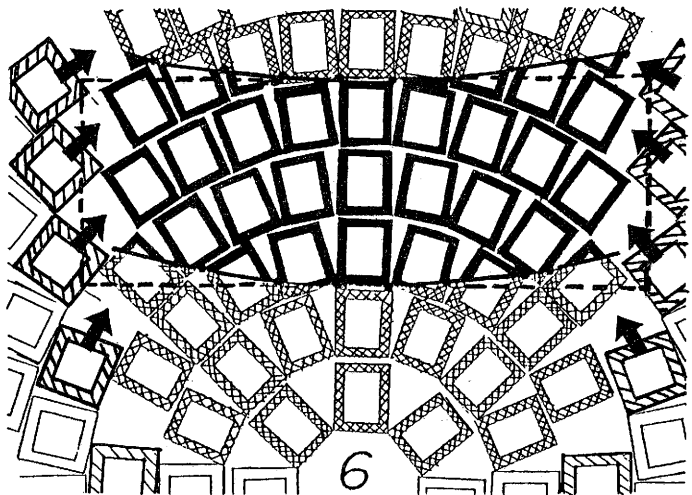
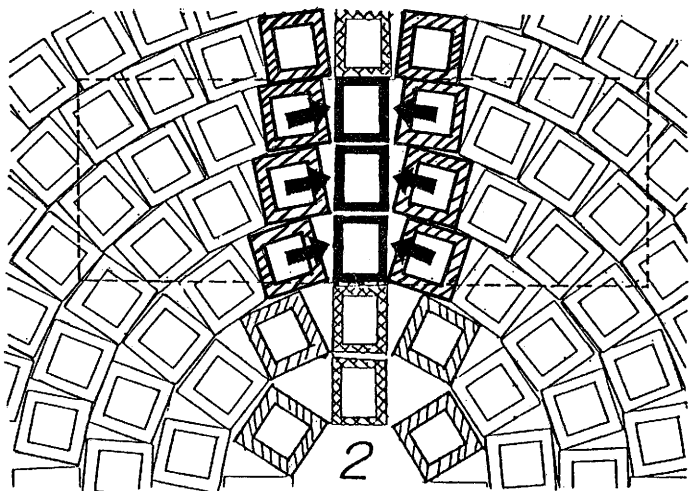
1



4



5



Aは放射組織と呼ばれるもので髄から樹皮に向かって伸びており、主に養分を貯蔵する役目をしている。Bは1つ1つの細胞であり、針葉樹では仮道管という。仮道管は、水分を下から上へと吸い上げている。

仮道管は実際には、図19の様に両端の閉じた縦平均約2～3mm、横約50ミクロンの袋状になっている。それでは、水が上へと伝わらないと考えられそうであるが、図20の様に仮道管と仮道管をつなぐ有縁壁孔（ピット）という穴があいている。左側が正面図、右側が側面図である。そのピットを通して図21の様に上方に向かって水は移動するのである。このピットは、そのほとんどが柾目面にあり、半径方向に収縮が小さいのは、このピットの為であり、また放射組織が半径方向に走っている為でもある。

図22に細胞1つ1つを木口面で切ったときの含水率の違いによる3つの状態を示してある。

全乾状態は、細胞内腔にも細胞壁にも水分が含まれていない状態で、乾燥器に入れたときこの状態になる。気乾状態は、細胞壁には水が含まれているが（この水のことを結合水という）細胞内腔には水が含まれていない。気乾状態は木材が普通に空気中にある状態である。飽水状態は細胞壁にも、細胞内腔にも水が含まれている（この水のことを自由水という）状態で、水中に木材をつけた時や木が生育している時がこの状態になる。

木材は、飽水状態、気乾状態、全乾状態の順に水分を失っていくわけであるが、そのとき自由水が失われても細胞の大きさは変化しないのであるが、結合水が失われると細胞の大きさは変化し、小さくなる。

逆に、全乾状態、気乾状態、飽水状態の順に水分が増えていくが、全乾状態から気乾状態へ移行する時は細胞壁に含まれる結合水が増えて、細胞の大きさが変化して大きくなる。ところが、細胞壁に含まれる結合水が一杯になって（例えば木材の周囲の空気の相対湿度が100%の状態、雨降り状態がずっと続く）結合水が一杯になる。）細胞が一番大きく膨張すると、ここでほぼ大きくなるのをやめる。これ以上水分が増えても細胞壁には水分ははいっていかないので結合水にはならない。この状態のことを繊維飽和点という。つまり細胞壁に水分が一杯のときのことである。これ以上水分が増えるときはその水分は細胞壁ではなくて細胞内腔に自由水として増してゆく。この自由水が増してもほとんど細胞は大きくならない。だから繊維飽和点は大切な点である。この繊維飽和点の含水率は約28～30%である。含水率が低下しても、繊維飽和点の含水率の約30%までは細胞は小さくならない。

一方、木が樹木として生育しているときの樹幹の含水率は、一般に針葉樹では辺材の含水率が心材に比較して著しく高く、広葉樹では心材と辺材の含水率がほぼ等しいか、心材の方が高い^{7,9)}。表1⁹⁾に心材と辺材の含水率の例を示す。

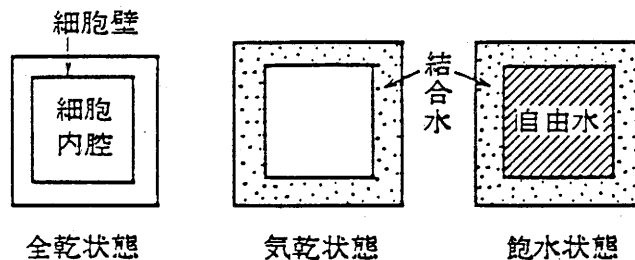


図22 細胞中の水分状態

ここで、仮に辺材の含水率が平均で約60%、心材は約100%としよう。樹木が伐採されて水分が乾燥し、心材では含水率が60%→30%、辺材では100%→30%としいに乾燥が進むが、この間は木材はほとんど縮まないわけである。

したがって丸太の内も外も、一様に乾燥が進むとすると、丸太の乾燥が進んで含水率が30%近くになるころには、心材も辺材も含水率としては水分の多さには差がなくなってしまふ。だから、辺材は水分が多いからたくさん縮み、心材は水分が少ないから少ししか縮まない、というわけにはならない。このように、細胞は繊維飽和点を過ぎて、含水率が約30%より低くなると収縮が始まるわけである。

したがって、細胞は小さくなるときに、互いに前後左右の細胞を自分の方に引きよせようとするのである。丸太全体でみたとき、図17の a, b, c の方向にそれぞれ約20:10:1の割合で各々の細胞も収縮するのである。

図17をもう1度見てみよう。繊維方向(c)の収縮は非常に小さく、板のそりにはほとんど関係ないのでここでは無視することにする。すると、半径方向(b)と円周方向(a)の収縮が残るわけであるが、半径方向に収縮してもしなくても、円周方向に収縮すれば板材の変形は起こることを図23を見ながら理解していただきたい。

図23の中の1個1個の2重の四角が細胞である。23・1図に板の木口面を実線で示している。図が複雑にならないように、細胞の収縮は円周方向のみ収縮するとして考えた。図23・2は、中央の縦の列の細胞が収縮し、その両面にわずかに隙間ができる。その隙間へ外側の細胞が中央へ移動する。移動した細胞も収縮し、外側に更に隙間を作る。このように、順次に収縮と移動が中央に向かって円周方向上で起る。その結果、図23・1～23・7でわかるように、元の板は木表側に反るのである。

6. ブリキ板—マグネットシート模型教具

前項の図23の説明を、ブリキ板とマグネットシート（磁気シート）による教具として提示することにする。ここでは、円周方向の収縮のみに視点を向けて考えていくことにする。先ず、図24に示すように板目板を取った場合について説明する。図は半丸太を示したブリキ板に、6個の細胞を示している。この時、図の点線に当る部分をチョークで書いておく。イ、オを仮に動かない細胞として考えていくことにする。イ、エ、カは、同じ円周方向にあるので、エとカはイの方向に寄っていく。アとウは同じ円周方向に寄っていくべき細胞がないのであるが、アはその髓に向かった半径方向にある細胞にくっついていて、それが円周方向に動くと同じように動いていく。すると、図24(b)の様になり、板材は反るのである。

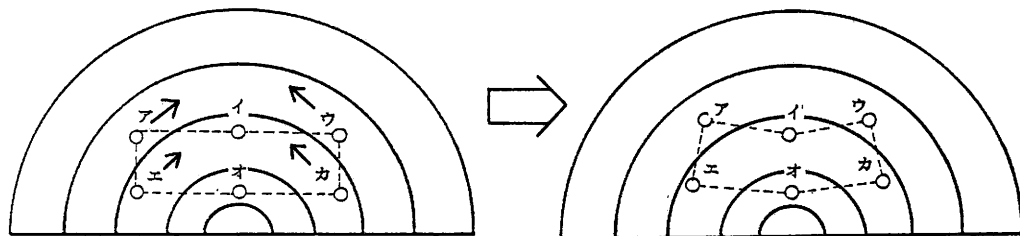


図24 ブリキ板—マグネットシート模型教具(板目板の場合)

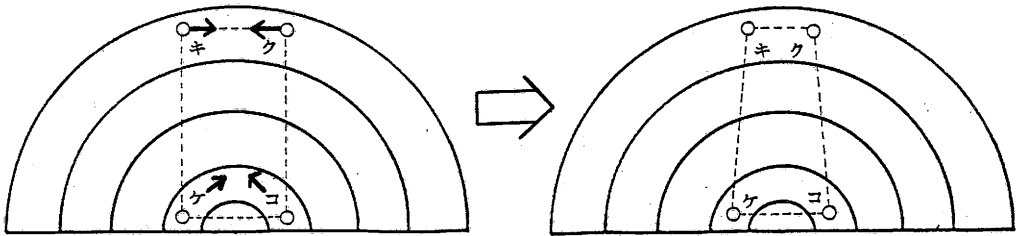


図25 プリキ板-マグネットシート模型教具(柎目板の場合)

次に図25の様に柎目板を取った場合について説明する。キとク、ケとコは互いに円周方向にあるので引き寄せあう。年輪に沿って近づくため、キとクはほとんど水平移動に近い様に近づきあうが、ケとコは斜め方向、例えば45度の方向に動きながら近づこうとするので、木表の方は幅が小さくなり、図25(b)の様に、髓に近い方は幅が広くなり、樹皮に近いほうが幅が狭くなるわけである。

このプリキ板の寸法は、教室の後ろの方からでも見えるように、半径が約45cmである。また、細胞1個のカラーマグネットシートの大きさは3cm×3cmの正方形である。マグネットシートを配置する時は、図23でもわかるように、細胞は木の髓を中心にして同心円状に並ぶことに注意しなければならない。

7. 細胞の観察

7.1 細胞の役割

細胞が集まって木材ができています。

木材の色々な性質は、(1)細胞の性質と(2)その細胞の集まり具合、で決る。

例えば、

- ★ 強度が方向によって違うこと。——細胞がその細胞の長さ方向に沿って一緒に並ぶからである。
- ★ 順目(ならいめ)、逆目(さかめ)——細胞がその細胞の長さ方向に沿って一緒に並ぶ集まりを、どちらの方向から削るか。
- ★ のこの、たて引き刃とよこ引き刃——細胞の集まりを、細胞の長さ方向にすくうか、直角方向に切るか。
- ★ 乾燥による収縮——細胞を作っている細胞壁の中の水分の減少によって細胞が縮むこと。
- ★ 乾燥による収縮の方向による違い——主に細胞の長さ方向と横方向の収縮の違い。
- ★ 釘を打つ面による引き抜き強さの違い——細胞の集まりに、細胞の長さ方向に打ち込むか、直角方向に打ち込むか。

——等など、「木材加工」に出てくる木材に関係する色々な性質や、道具、接合などその原因のほとんどは、(1)細胞の性質と(2)その細胞の集まり具合、に由来している。

そこで、木材の細胞を人間の目で見える工夫をしてみよう。

7. 2 細胞に分離する方法

(1) その一つの方法はシュルツ氏液を用いる方法¹⁰⁾であって、木材を長さ1~2 cm位に切り、マッチ棒の太さ位に割り、試験管に入れる。濃硝酸1に対して水を1または2の割合にした硝酸液を試験管に注ぎ、この硝酸液100ccに対して、塩素酸カリの6 gを加え数日間放置しておけば液は黄色を帯びて来、木片は白色半透明となるから、一寸加熱し、試験管を振れば木片はバラバラに解砕する。

濃硝酸	100cc
水	100cc
塩素酸カリ	12 g

急ぐ時は、木片を試験管に入れ、直ぐ加熱すれば良く、また硝酸もなるべく濃いものを使えばよい。分離がよく行われなときは先端の丸い棒でつついて分離を助けてもよいし、またガラス玉を入れて振ってもよい。材料は最初水で煮沸しておいた方がよい結果が得られる。

④. マッチ棒の太さ位では木材の実感がわからない人には、拳の大きさ位のブロックがよい。この大きさでは液がブロックの中まで浸透するのに1~2ヶ月かかる。この時は真空ポンプで吸引して木材の中の空気を吸出して、かわりに液が浸透すると1~2日で細胞に分離される。

7. 3 細胞を染色しよう

組織が分離したらピーカーまたは他の適当な容器に移して、清水で洗浄する。次に時計皿などに集め、サフラニンを数十滴加えて赤く染色するが、そのときピンセットまたは金属棒で組織の結束を分離する。適当に染まったら余分の色素を洗い去り、スライドガラスの上に乗せ、カバーガラスをかぶせてプレパラートにする。

永久プレパラートにするには、乾燥またはアルコールによって脱水し、カナダバルサムで封ずる。

カナダバルサムがない時はセロテープで周囲を固定するだけでも良い。

サフラニンの代りにメチルグリーンを使用しても綺麗な青いプレパラートができる。

カバーガラスは割れ易いので、スライドガラスを替りに用いても良い。この場合は高倍の対物レンズが使用出来なくなる。

7. 4 細胞を観察しよう

(1) OHPで見よう

スライドガラスに少量に乗せ、カバーガラスをかぶせる。

OHPに乗せ、スクリーンに写してみる。できれば周囲を暗くする。

映像が小さい時は、拡大レンズを用いる。

(2) 生物顕微鏡で見よう

顕微鏡はきっと理科室にあるから借りてこよう。

スライドガラスを顕微鏡に乗せる。

一番低い倍率の対物レンズでピントを合せる。

対物レンズを変えて、色々な倍率で見してみる。

(3) 顕微鏡で木材ブロックの表面を観察しよう。

おろしたてのカミソリで表面を薄く削って仕上げるのがコツ。

光は観察したい面に斜めから当て、太陽の光やスタンドの光を用いる。
広葉樹の木口面は容易に観察出来て面白い。

8. 授業の発展

1. の項で触れたように、これまでの反りの考え方では、丸太と関連づけて生徒の関心を丸太の成り立ちへ導くのに役立っていた。

それに対して、この報告で述べられた考え方では、細胞の学習に関連づけて生徒の関心を細胞へ導くのに役立つと考えられる。細胞の概念が少しでも深まれば、7. 1の項で示したように、つぎの木材の色々な学習にも役立つ。

9. アンケートからみた評価

「1. はじめに」の項で述べたように、ここで示した反りと割れ、および細胞観察などについて、昭和61年8月18日に静岡県焼津市立豊田中学校において開かれた、静岡県中部教育事務所主催の技術・家庭科実技研修会のなかで紹介させていただいた。この研修会の最後に、(1)板の反りについて、(2)細胞を見ようについての感想を書いていただいた。参加者は静岡県中部の中学校の半数から、各校一名、計43名(内、一名は公用で欠席)であった。残り半数の学校は次年度に受講する予定である。従って、実際の受講者は42名であった。年齢別内訳は、20才台が16名、30才台が8名、40才台が6名、50才台が12名であった。

はじめに、(1)板の反りについての感想の内容を大別して次に示す。内容は、A. 教師の知識に対して、B. 授業との関連での二つに分けた。答えが二つ以上あるものは同時に記載した。答えの右側には年齢別の解答数も記入した。

表 2 「反りと割れの実験」について	年 齢 (才台)			
	合計	20	30	40 50
A. 教師の知識に対して				
(1) 常識として教えていたことの違い、	(1)-(1)() () ()			
(2) 資料が正しいと思って教えていた。	(5)-(2)(1)(1)(1)			
(3) バイメタル的な考えを改めさせられた。	(1)-(1)() () ()			
(4) 初めて実験、参考になった。	(5)-() (1)(1)(3)			
(5) 意外と反ったのに驚いた。	(1)-() () () (1)			
(6) 実験と模型を使った説明でよく理解できた。	(14)-(8)(3)() (3)			
反りの仕組みがよく解った。				
(7) 科学的な理解が得られた。	(2)-() () (1)(1)			
(8) 木が円周的に成長してゆく過程が元が解った。	(1)-() (1)() ()			
(9) 反りが細胞の収縮によることが解った。	(1)-() () () (1)			
(10) 年輪方向の収縮移動という概念でとらえることが出来た。	(2)-(1)() (1)()			
(11) 何故円周方向に縮むのか。	(1)-() (1)() ()			
B. 授業との関連で				
(12) 授業に使える教具、授業でやってみたい。	(10)-(3)(2)(1)(4)			
(13) 簡単に解り易い、オープンは短時間でよい。	(2)-(1)() () (1)			
(14) 板の方が生徒は解るのでは。	(2)-(2)() () ()			

(15) 燃えに注意。 (1)-() () (1) ()

教師に対しての結果を見ると、(1)~(3)は既成知識、既成概念を修正あるいは訂正するもの。(4)、(5)は教師自身も初めての実験、年輩者に多い。(6)、(7)は実験と模型を使い科学的で反りの仕組みが良く理解出来たとするもので、16個の解答がある。(8)~(10)は反りの仕組みを具体的に表現して、理解できたことを表している。

このように、教師自身としてはほとんど全員が理解できたことが窺われる。

授業との関連で結果を見ると、授業に使える教具、簡単で分かりやすいなど、積極的に授業に取り入れる態度が多数見られる。

以上のように、ここで提案した反りと割れの実験教具は、教師自身の理解も得られ、更に、授業に取り入れられる価値が十分に認められたと考えられる。

表 3 「細胞を観察しよう」について

	年齢 (才台)			
	合計	20	30	40 50
A. 教師の知識に対して				
(1) 大変参考に、勉強になった。詳しく見る事が出来た。	(6)	(1)	()	() (5)
(2) 顕微鏡写真よりも実際に木材が細長い 繊維細胞であることがよく解った。	(2)	(1)	()	() (1)
(3) 構造を明確に理解できた。				
(4) 木材の細胞を初めてみた。印象的。	(5)	(1)	()	(2) (2)
(5) とても面白かった。	(1)	()	()	(1) ()
(6) 授業で使っている言葉「繊維細胞」を実際に 顕微鏡でみる事が出来た。	(1)	(1)	()	() ()
(7) 木材が軽くて丈夫かが解ったような気がする。	(1)	(1)	()	() ()
(8) 意外と簡単に細胞を見る事が出来た。	(1)	(1)	()	() ()
(9) 細胞の役割についてもっと知りたい。	(1)	(1)	()	() ()
(10) 一つの細胞を肉眼で観察出来るのは素晴らしい。	(1)	(1)	()	() ()
(11) 細胞が2.5mm程度ということを知った。	(1)	()	()	() (1)
(12) 微細構造を知ることで材料としての性質を理解できる と思うので参考になった。	(1)	(1)	()	() ()
B. 授業との関連で				
(13) 細胞というものが小さ過ぎて中学校の装置 では見れないと思っていた。	(1)	()	(1)	() ()
(14) 教師の口による説明よりも実験や模擬で目で解るように してやることの大切さを教えられた。	(1)	()	()	(1) ()
(15) すぐにでも授業に使えそう。	(2)	(2)	()	() ()
(16) 着色が簡単なので授業でも使えると思う。 (硝酸の扱いは注意)	(1)	(1)	()	() ()
(17) 実際に自分で見る事の大切さ。 生徒にも是非やりたい。	(1)	(1)	()	() ()
(18) 生徒達と追求していく手だてとして役立つ。	(1)	()	()	(1) ()

- (19) 科学的に技術科を考えさせたいと思っている。 (1)-() (1) () ()
- (20) 技術科では今までない内容でとてもよかった。
木の細胞をもっと生徒に見せていきたい (1)-() (1) () ()
- (21) 理科の実験のようだった。このようにやると
生徒はやる気が出そうだ。 (2)-(1) (1) () ()
- (22) 生徒にもこれからは楽しい指導が出来ると思う。 (1)-() () () (1)
- (23) 木材が本当に細胞で出来ていることが発見できたら
生徒は本当に喜ぶと思う。 (1)-() () (1) ()
- (24) 自分達の手で見る事が出来たなら一層の興味理解
につながるだろう。 (1)-(1) () () ()
- (25) 今までの知識の間違いが解った。ストローでの教具を
もっと改良しなければ。 (1)-() (1) () ()
- (26) 生徒の指導に使うのは疑問 (2)-() (1) () (1)
- (27) 授業で使うとき生徒たちに身近にさせ、含水率と強度とかの
実験と合わせてやって行かないと興味を持たないのではないか。 (1)-() () (1) ()
- (29) 技術の授業で内容が深過ぎる。 (1)-(1) () () ()
- (30) 木材加工25時間ではここまで触れられない。 (1)-(1) () () ()
- (31) 技術科の授業でどう使ったらよいか解りません。 (1)-(1) () () ()

教師自身の知識に対して結果を見ると、(1)~(11)はほとんどの人が細胞を見るのが初めてと
いった表現である。初めて、意外と簡単、面白い、素晴らしい、詳しく、といった言葉で、普
段授業で日常的に使用している木材という材料の基本単位を、ほとんどの人が初めて自分の目
で直接見たことに対して感動的に表現している。

授業との関連で結果を見ると、(13)、(14)は理科室にある生物顕微鏡で十分に観察が出来、生徒
にも有意義であることを示している。(15)、(16)は意外と簡単に授業に取り入れられそうという意
見である。(17)~(24)は授業が科学的で楽しくなりそうだという意見である。(25)は細胞の模型とし
て今まで用いてきたストローでの教具の改良について述べている。このように技術科の授業とし
て多くの方が科学的で面白く有意義であると述べている。しかし、一方(26)~(31)に見られるよ
うに、授業への取入れかたに工夫が必要であるとか、技術科には深過ぎる、木材加工25時間
ではここまで触れられないなど困難性を指摘する意見も数名見られる。

このように、「細胞を観察しよう」は非常に意欲的な意見が多くみられ、教師自身の知識に
対しても、授業への利用に対しても高い評価が得られたと思われる。

10. ま と め

木材加工領域において、乾燥による板の反りについての説明が、中学校技術科の教師用指導
書や技術科用参考書の記述において、誤りであることを指摘し、正しい説明を与える実験を提
示した。また、その実験が実験教具としても適切であることも示した。

特に、この報告で提示された実験教具が、実技講習会のアンケート(感想文)により、教師
が木材加工を理解する上で有効であり、また、授業へも積極的に取り入れようとする態度が顕
著にみられ、授業に用いられる可能性が大きいことが示された。今後は、これらに関連した良

い授業案を多く収集，作成するなどより利用し易く充実したものにしていけることが大切であると考えられる。

11. 文 献

- 1) 技術・家庭科研究会編：学習指導書実践編「技術・家庭，上」(昭和59年度使用)，p.14，開隆堂
- 2) 開隆堂：「技術・家庭科ハンドブック」，技術系列第1～3学年，p.18 (発行年不明)，開隆堂
- 3) 明治図書：「最新技術科資料集」，p.16，(発行年不明)
- 4) 正進社：「新技術科資料集」，p.17，(発行年不明)
- 5) 精華堂：「総合技術科資料」，p.15，(発行年不明)
- 6) 山田雅三他：「木材加工」，p.17，(1984)，開隆堂
- 7) 梶田茂：「木材加工学」，p.86，(1961)，養賢堂
- 8) 浅野猪久夫：「木材と住宅」，p.21，(1979)，学会出版センター
- 9) 杉原彦一他：「基礎木材工学」，p.53，(1974)，フタバ書店
- 10) 日本木材学会・物理・工学編編集委員会：「木材科学実験書Ⅰ，物理・工学編」，p.58～59 (1985)，中外産業調査会