

木材の有用性を生かした「ものづくり教育」の推進

(課題番号 13660165)

平成13・14年度文部科学省科学研究費補助金(基盤研究(C)(1))

研究成果報告書

平成15年3月

研究代表者 谷口 義昭
(奈良教育大学教育学部教授)

は し が き

本報告書は、表記の課題をもとに、平成13年度と平成14年度の2ヶ年にわたって行われた研究成果をとりまとめたものです。

木材には他の材料にはない素晴らしい性質を多く有しています。しかし、このことは一般の人々にはあまり広く知られていないのが現状です。木材の有用性を理解し、かつ木材利用という具体的行動を起こすためには、体験を主とするものづくり教育が最も効果的であると考えられます。

そこで、本研究では、木材が有する物理的、機械的性質、加工の有用性を理解させるための教具、およびそれを利用した教材を開発し、次代を担う子どもたちは勿論のこと、壮年層や老年層にも積極的に取り組めるものづくり教育のシステムを構築することを目的としています。

さて、国民の共通教育として重要な役割を果たす教育課程において、このたびの学習指導要領の改訂は、今後の木材教育の衰退につながる危険性を含んでいます。このことは、木材に全く興味・関心を示さない子どもたちが今後多く排出されることになり、彼らが成長して住宅等を建築するとき、はたして木材を積極的に利用するかどうか大いに懸念されます。

また、近年若者のものづくり離れが進行しています。これを憂慮する文部省（現 文部科学省）はその対策として「ものづくり基盤技術振興基本法」を制定し、小・中・高等学校でもものづくり基盤技術の学習を振興しています。この法律によってもものづくり教育を振興するには、加工が容易で、親しみがあり、製作工程が理解しやすく、さらに環境教育も扱うことができる木材による「ものづくり教育」が最も適していると言えます。

本研究は、今までの木材教育を総括し、問題点を分析して、より良く展開するための基本指針を作成することをねらいとしています。中学校「技術・家庭」でもものづくり教育の一層の充実により、木材の知識を習得する子どもたちを育てることができると考えています。また、現在小学生から高校生まで取り組んでいる「総合的な学習の時間」に木によるものづくり教育が展開できます。さらに、壮年層が住宅を建築する際木材の特性を理解することによって木造住宅への関心が高まり、老年層には生涯学習として木によるものづくり活動を通して潤いのある生活を可能とします。

このように、ものづくり教育のシステムを構築することによって、現在問題となっている木材需要拡大の推進にも大いに貢献できると思います。

平成15年3月

研究代表者 谷口義昭

I 研究組織

研究代表者

谷口義昭	奈良教育大学教育学部・教授	総括的研究，木材の物理的性質をわかりやすく教えるための教材・教具の開発
------	---------------	-------------------------------------

研究分担者

宮川秀俊	愛知教育大学教育学部・教授	教具および木製品のデータベース化
浅田茂裕 (平成 13 年度)	埼玉大学教育学部・助教授	木材の強度的性質をわかりやすく教えるための教具の開発

II 研究経費

平成 13 年度	2, 100	千円
平成 14 年度	700	千円
計	2, 800	千円

III 研究発表

- ・谷口義昭，吉田映：STS 教育と総合的な学習の時間への対応について，奈良教育大学教育研究所紀要，第 37 号，1-7(2001)。
- ・谷口義昭：小学校生活科で開講している「ものづくり学」について，日本産業技術教育学会第 44 回全国大会（刈谷市），8 月 4 日，p.32，2001。
- ・谷口義昭，森本和世：生活技術・技能に関する意識調査について—木材加工を中心として—，日本産業技術教育学会近畿支部第 18 回研究発表会（兵庫教育大学），11 月 23 日，pp.43-44，2001。
- ・Shigeru Asada, Yoshiaki Taniguchi, Nobuhiro Imayama, Hidetoshi Miyakawa: The Worth of Wood as Educational Materials in Japan, The 4th International Conference on Technology Education in the Asia-Pacific Region, Daejeon, Republic of Korea, October 30, pp.455-460, 2001.
- ・浅田茂裕，今山延洋，谷口義昭，松尾政弘，宮川秀俊：教材としてのものづくり活動について，日本教材学会会報，Vol.13, No.52, pp.13-16(2002)。
- ・植村拓哉，浅田茂裕：植物性残さを利用した板状材料の開発，日本産業技術教育学会誌，44, 4, pp.191-198(2002)。
- ・谷口義昭：木材の性質を教えるための教材・教具について(1)，第 52 回日本木材学会大会（岐阜大学），4 月 4 日，p.487，2002。
- ・谷口義昭：木材の性質を理解させる教材・教具，森林環境教育全国シンポジウム，（千葉県山武町），11 月 10 日，p.14，2002。

目 次

第1章 木材の音響的性質を利用した教材の開発	1
1 研究目的	2
2 実験方法	2
3 実験結果と考察	4
4 まとめ	10
第2章 木材の変形に関する基礎実験と変形を利用した教材の開発	11
I 木材の変形に関する基礎実験	12
1 研究目的	12
2 実験方法	12
3 実験結果と考察	14
4 実験のまとめ	18
II 木材の変形を利用した教材開発	19
1 研究目的	19
2 吸水と変形の関係	19
3 教材 1	19
4 教材 2	21
第3章 木材の組織に関する教材の開発とその利用	22
1 はじめに	23
2 拡大映像教材の開発	24
3 拡大映像教材を用いた授業実践	45
4 まとめ	56
第4章 木質系資源の有効利用方法について理解を深める教材開発	57
1 はじめに	58
2 実験方法	58
3 結果と考察	60
4 おわりに	62
第5章 木材利用に関する教育・広報活動報告	77
1 教材としてのものづくり活動について	78
2 木材の性質を理解させる教材・教具	83
3 くらしと木材	86
第6章 総括	99

第 1 章

木材の音響的性質を利用した教材の開発

谷口義昭
奈良教育大学

木材の音響的性質を利用した教材の開発

奈良教育大学 谷口義昭

1 研究目的

楽器の材料は、金属と木材に大別される。後者にはクラリネット、フォークギター、シロフォン（木琴）に代表される、管、弦、打楽器など、楽器用材として木材が使われていることから、木材が振動エネルギーを音として効率的に放散する能力があることは広く周知されている。一方、この音の性質が、住宅内においては木質フローリングの騒音問題を引き起こす原因となり、木材と音は私たちの生活に深く関係している。

本研究では、シロフォンから木魚に至るまで幅広く用いられている木材を打撃することによって発音する音響的性質を検討し、この木材の性質を利用した発音体を中学校等での製作教材にする方法を開発することを目的とする。

2 実験方法

2.1 実験材料

実験に用いた木材は 10 種類であり、これらの性状を表 1 に示す。試験材の寸法は幅 40mm、長さ 180mm、厚さ 12mm で、打撃面(40 × 180mm)をまさ目面に統一した。

表 1 実験に用いた木材

樹 種 名	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	樹 種 名	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)
針葉樹材			広葉樹材		
スギ	0.42	11.5	バルサ	0.18	10.8
ヒノキ	0.47	10.3	ファルカタ	0.32	10.5
ベイマツ	0.52	11.0	レッドラワン	0.51	10.2
			ヤチダモ	0.59	9.2
			メープル	0.68	9.7
			ミズナラ	0.61	10.8
			リグナムバイト	1.26	12.1

2.2 打撃音の測定

実験装置の概要を図 1 に示す。35cm の高さから木球（ブナ材：直径 21mm）を落下させ、木材を打撃したとき発する音を 20cm 離れた普通騒音計で拾い、コンピュータに内蔵の F F T アナライザーを介して、プリンタで記録した。なお、騒音計は打撃単発音を記録するように設定した。木材が物体との接触による振動の影響を避けるため、図 2 のようにひもを介して浮かせた。

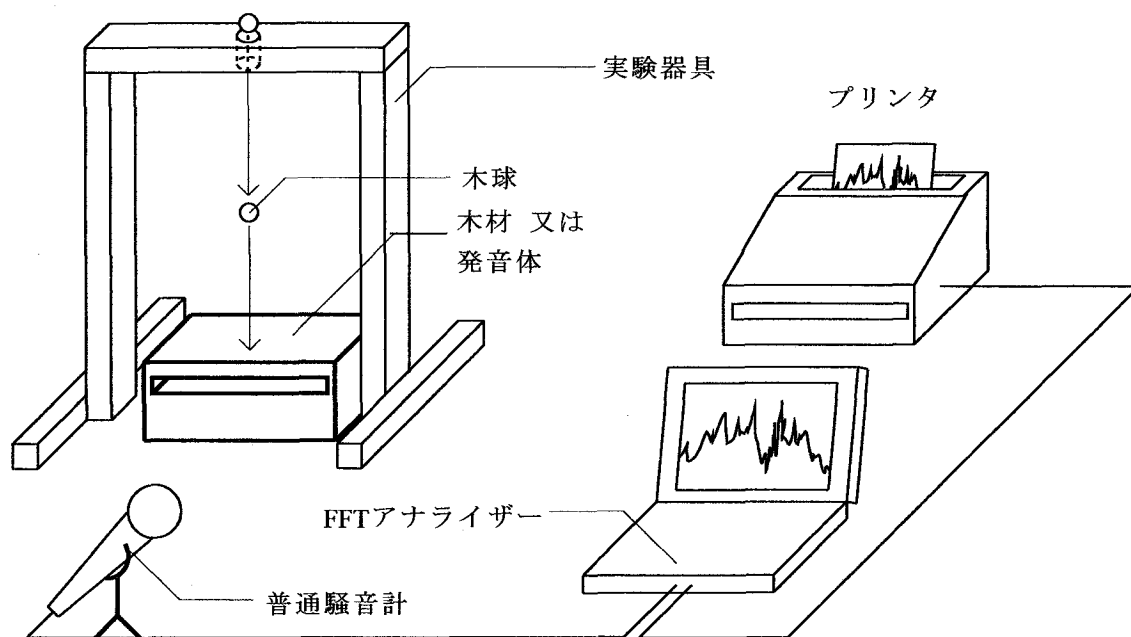


図1 実験の概要

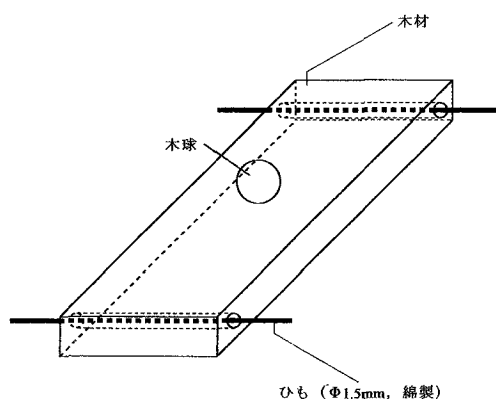


図2 発音実験用木材試験材

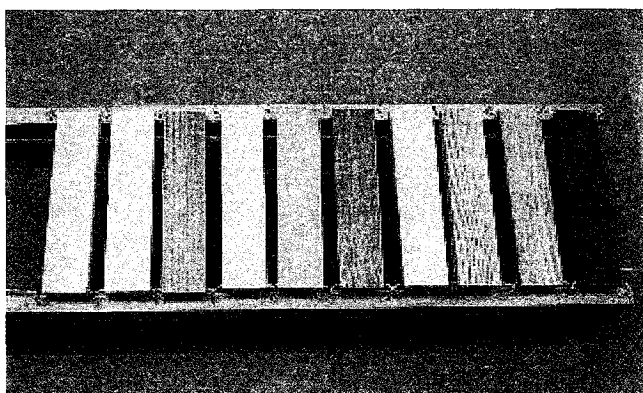


図3 音の評価実験

2.3 打撃音の評価

木材を打撃したとき発する音の官能試験を奈良教育大学の学生 50 名を対象に行った。図3に示すように、試験材を木琴のように横に並べてマレット（木琴用打撃具）で順に打撃して、その評価を質問形式で行った。

2.4 発音体の製作（その1）

木材から発する音の分析と学生による音の評価を基にして、学校や生涯学習で利用可能な教材を製作することを目的に、発音体（楽器）を開発した。製作の方法を図4に示す。発音体の寸法の違いによって音色が著しく異なることが予想されたため、奥行き 70mm と

高さ 60mm を一定とし、幅の寸法をそれぞれ 80mm, 120mm, 160mm, 200mm, 240mm とする 5 種類の発音体を製作した。

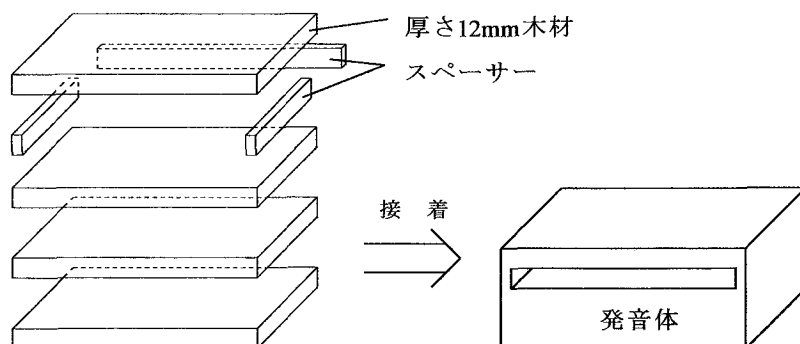


図4 発音体の製作方法

2.5 発音体の製作（その2）

小学生でも簡単に工作できる発音体を提案した。

3 実験結果と考察

3.1 樹種別の発音性

10 種類の木材を打撃したとき木材から発する音圧の結果を図5に示す。同図は音圧レベルを計測しているため、音の大小を示す指標である。ヒノキが最も大きく、リグナムバイタが最も小さかったことから、木材の密度と発音の間に一定の関係は見られなかった。また、針葉樹材と広葉樹材の間にも一定の関係は見られなかった。

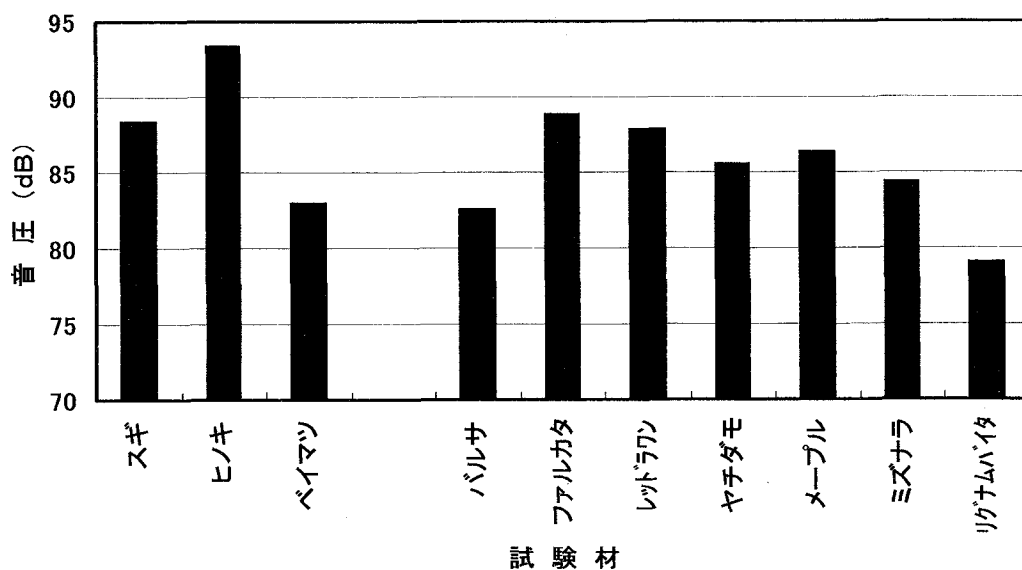


図5 木材別の打撃音の音圧測定結果

音には大きい小さいという性質に違いがあるほかに、高い低いという性質の違いもある。後者は周波数に強く依存し、周波数の高い成分を多く含むほど高い音として聞こえる。そこで、木材から発する音の高低の関係を明らかにするため打撃音の周波数分析を行った。そのスペクトル解析の結果を図 6-1 から図 6-10 に示す。横軸が周波数（対数目盛）、縦軸が音圧レベルを示す。

周波数分析の結果、バルサやベイマツ材のように明確なピーク値を示さないものや、スギ、ヒノキ、レッドラワン材などのように鋭いピーク値を示すものなどがある。実験を行った各木材の周波数分析におけるピーク値の結果を表 2 に示す。多くの木材で周波数が 2,000Hz 付近にピーク値を有することがわかる。

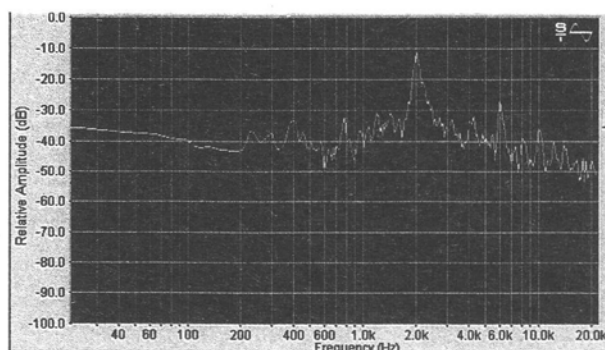


図 6-1 スギ材

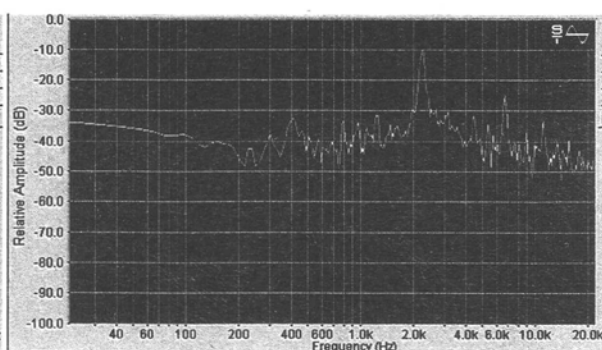


図 6-2 ヒノキ材

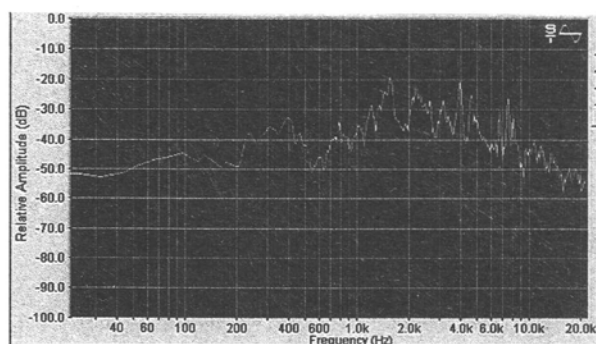


図 6-3 ベイマツ材

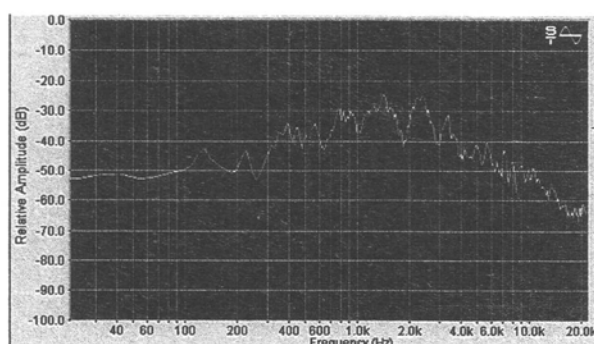


図 6-4 バルサ材

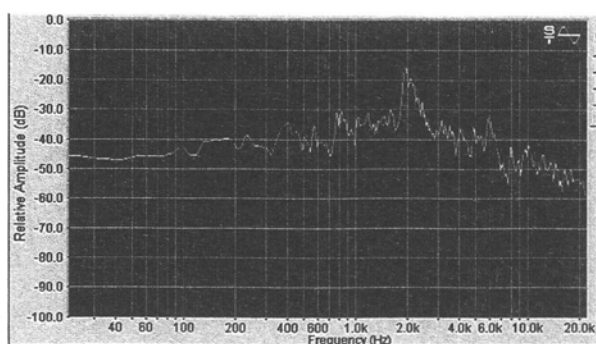


図 6-5 ファルカタ材

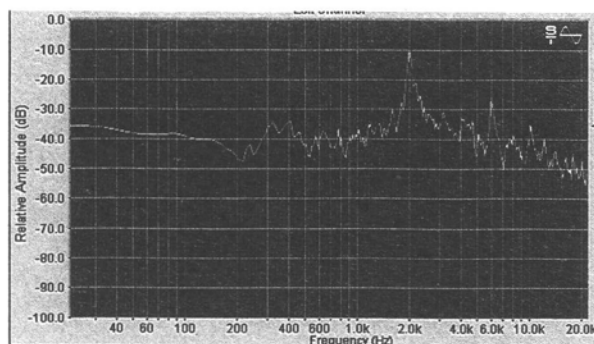


図 6-6 レッドラワン材

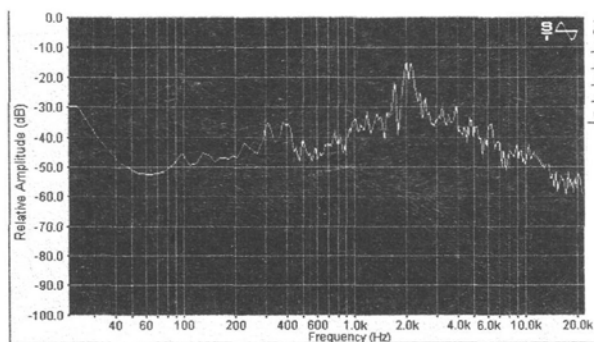


図 6-7 ヤチダモ材

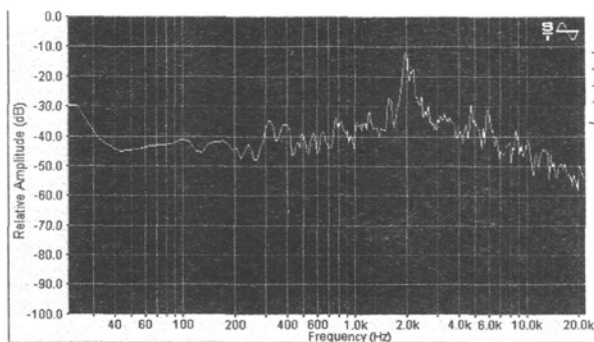


図 6-8 メープル材

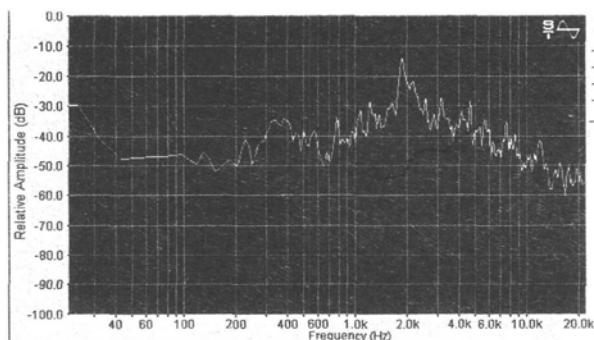


図 6-9 ミズナラ材

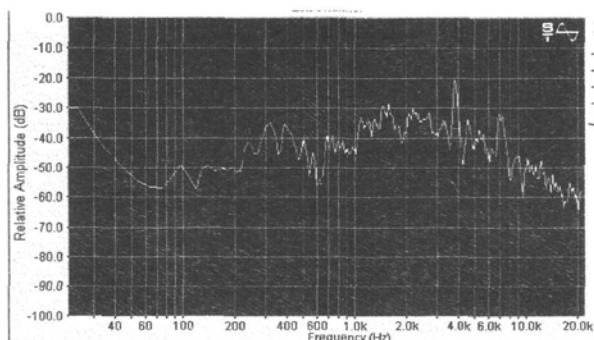


図 6-10 リグナムバイタ材

表 2 実験材のピーク値周波数

樹種名	周波数 (Hz)	樹種名	周波数 (Hz)	樹種名	周波数 (Hz)
針葉樹材		広葉樹材			
スギ	2,000	バルサ	1,500 2,500	メープル	2,000
ヒノキ	2,200	ファルカタ	1,900	ミズナラ	1,800
ベイマツ	1,600, 4,000	レッドラワン	2,000	リグナムバイタ	3,800
---	---	ヤチダモ	2,000 2,100	---	---

3.2 打撃音の官能試験

3.1 項では、打撃音を騒音計で測定した物理量について検討した。本項では、打撃音が聴覚に及ぼす影響について検討する。

1) 発音の大小

木材の打撃音に対して聞いた感覚による音の大小を被験者に質問した。その結果を図 7 に示す。バイマツ、レッドラワン、ミズナラ材で大きな音と感じている者が多い。一般に、音の大小は音圧に比例するとされている。そこで、騒音計で測定した各木材の音圧を横軸に、大きな音と回答した率を縦軸にとり、両者の関係を求めた。その結果を図 8 に示す。図 8 から、騒音計による物理量と感覚量には明確な相関性は見られなかった（相関係数 $r = -0.12$ ）。

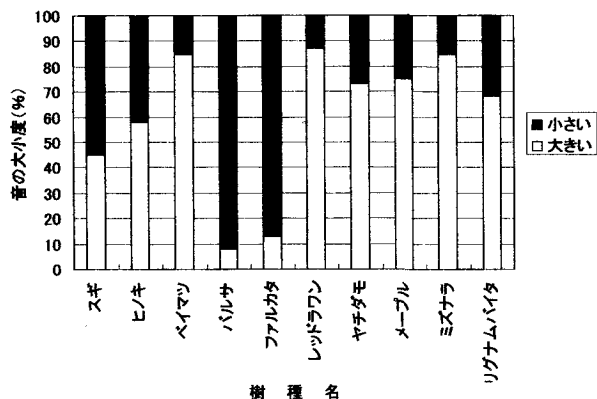


図7 木材の種類と音の大小度の関係

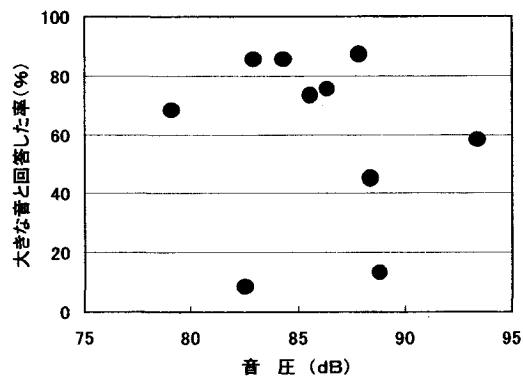


図8 音圧量と感覚量の関係

2) 音の響き度

抽象的な質問ではあるが、「音に響きがあるか」を質問した。その結果を図9に示す。スギ、バルサ、およびファルカタ材においては響きが悪いようであった。これらに共通する因子は、密度が低い木材である。例外的にヤチダモにおいて響きが悪いと回答していた。これは周波数分析の結果において、ピーク値が明確でなかったことに原因していると考ええる。一方、リグナムバイタは音圧は低いが、響き度は高いと多くの被験者は回答していた。これから、音の響き度は周波数スペクトルのピーク値の鋭さに影響すると考えられる。

3) 音の好嫌度

全体的な評価である発音された音の好き嫌いを質問した結果を図10に示す。バルサ、ファルカタ、およびヤチダモ材で嫌いとの回答が多かった。スギ、ヒノキ材は図9でわかるように響きが悪いとの回答が多かったが、好嫌度では半数以上の被験者に「好き」と支持されていた。

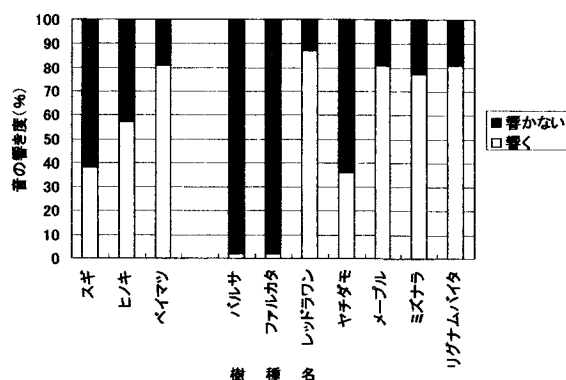


図9 木材の種類と響き度の関係

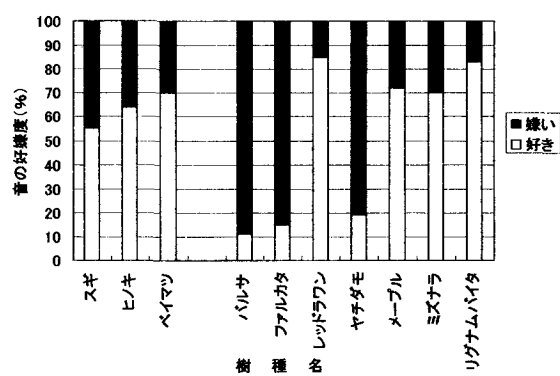


図10 木材の種類と好嫌度の関係

以上の発音に対する被験者の官能試験の結果、総合的に判断してレッドラワン材が最も評価が高く、次にメープル、ミズナラ材の順であった。

3.3 発音体の製作と性能評価

本項では、打撃することによって大きな音を発するもの、および身の回りにあって心が和むことを目的に製作し、その性能を周波数分析した。

1) 発音体 1

音の物理量と官能試験で良好な評価を得たラワン材とメープル材を用いて図 4 に示す要領で発音体を製作した。製作過程では、厚さ 12mm の木材とのこぎり、かんな、クランプ、接着剤、サンドペーパー等を必要とした。

製作物を図 11 に示す。厚さ 12mm の上面の板をマレットで打撃すると、その下の空間で音が共鳴し、増幅されて空気中に放散される機構である。空間の容積によって発音される音に著しい相違が観察されたので、FFT アナライザーで周波数分析を行った。大きさの異なる 5 つの発音体（メープル材）の測定結果を図 12-1 から図 12-5 に示す。図から求めたピーク値周波数と空間容積の関係を整理して表 3 にまとめて示す。同表から、ピーク値の周波数が発音体の寸法によって明らかに差があることがわかる。寸法の異なる発音体を用いることによって、打楽器の演奏として使用できる可能性があることがわかる。

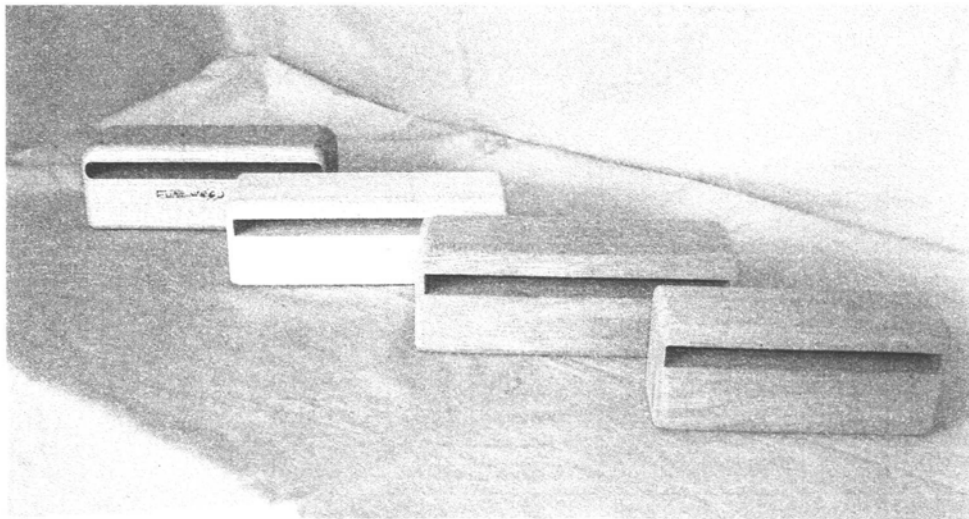


図 11 発音体 1

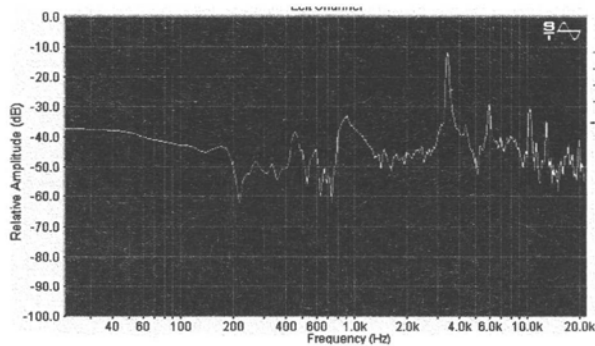


図 12-1 発音体①(70 × 60 × 80mm)

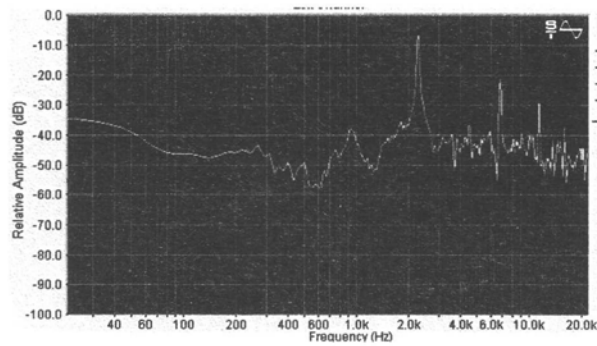


図 12-2 発音体②(70 × 60 × 120mm)

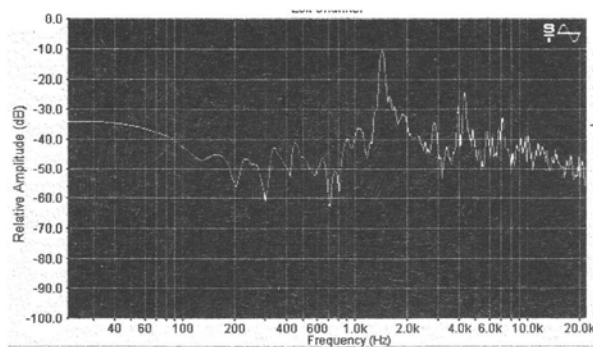


図 12-3 発音体③(70 × 60 × 160mm)

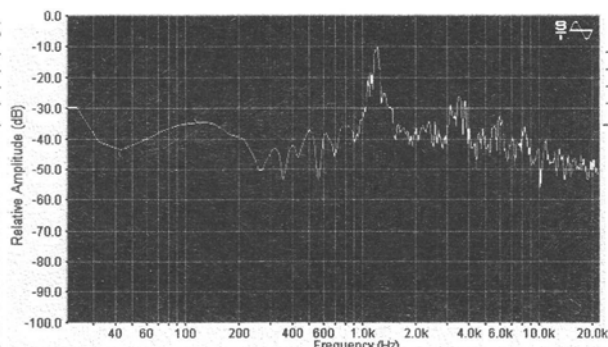


図 12-4 発音体④(70 × 60 × 200mm)

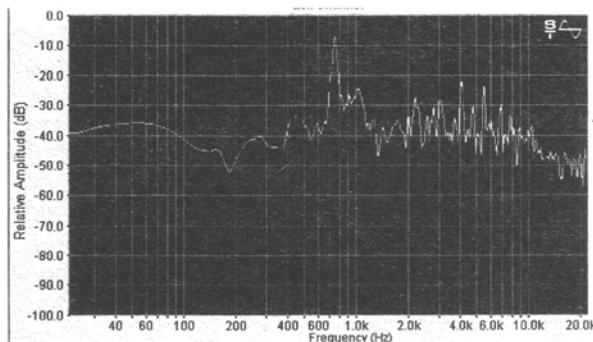


図 12-5 発音体⑤(70 × 60 × 240mm)

表 3 発音体のピーク値周波数

発音体	空間容積 (mm ³)	周波数 (Hz)
発音体①	72,800	3,500
発音体②	109,200	2,300
発音体③	145,600	1,500
発音体④	182,000	1,200
発音体⑤	218,400	750

2) 発音体 2

製作した発音体 2 を図 13 に示す。製作は大学の授業の一つである生活科専門科目「ものづくり学」で 8 名の学生を対象に行った。準備物を表 4 に示す。所要時間は 90 分授業を 2 回、計 180 分であった。

表 4 発音体 2 の製作準備物

部材名	寸法(mm)	数量	部材名	寸法(mm)	数量	道具類
底板用木材 厚さ 25mm	200 × 200	2	側板用木材 厚さ 4mm	80 × 1,300	2	両刃のこぎり 指金(裏目付き) 接着剤(水性 2 液 分別塗布型) サントペーパー:#60, 180
	150 × 150	2		55 × 1,150	2	
	100 × 100	2		30 × 1,000	2	
	70 × 70	2		25 × 800	2	

作業工程を以下に示す。

- ① 正方形の底板を指金の裏目を利用して八角形にけがく。
- ② 両刃のこぎりで4隅をのこびきして、八角形にする。
- ③ のこぎりびき痕をサンドペーパーで研磨し、平滑にする。
- ④ 両刃のこぎりで側板を所定の長さに切断する(長さが異なる8部品)。
- ⑤ 2液分別塗布型(速硬化性)接着剤をそれぞれ底板と側板に塗布する。
- ⑥ 八角形の1辺と側板を2分間圧縮する。
- ⑦ ⑥の作業を8辺について行う。
- ⑧ 接着物をサンドペーパーで研磨する。
- ⑨ 完成

学生が完成させた発音体2(写真 13-1, 写真 13-2)を奈良教育大学附属幼稚園に寄贈した結果、音の大きさ、音色の美しさ等で園児から高い評価を得ることができた。

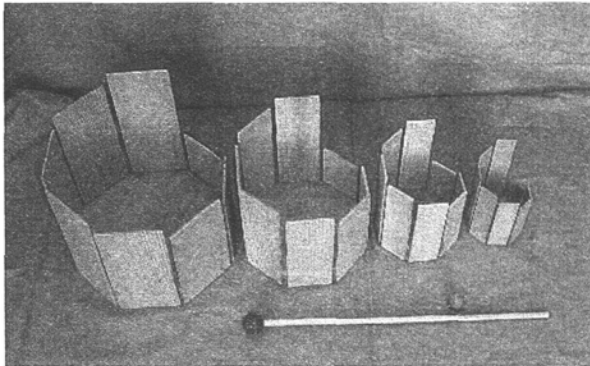


図 13-1 発音体2の上面からの様子

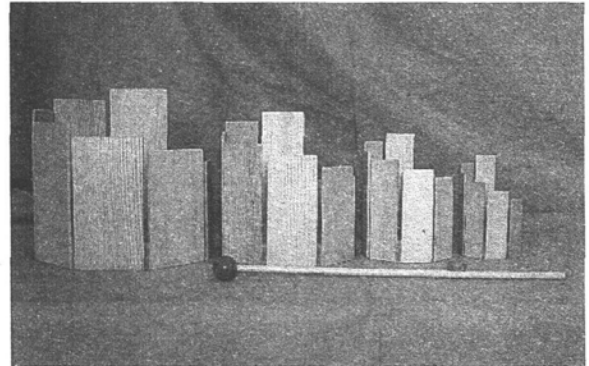


図 13-2 発音体2の正面からの様子

4 まとめ

木材の性質を広く知らせるには感性に訴えるものが効果的であると考え。本研究は感性のうちの一つである聴覚を刺激する木材の音響的な性質を検討し、その性質を利用した教材を2つ提案した。

いずれの教材も小学校あるいは中学校の工作技術を有すれば簡単に製作できるものであり、今後広く普及させたいと考えている。

謝辞

本研究の一部は、平成 14 年度の卒業論文で行われたものである。研究を行った周藤亮学生に感謝いたします。

第2章

木材の変形の基礎実験と変形を利用した教材の開発

谷口義昭
奈良教育大学

木材の変形の基礎実験と変形を利用した教材の開発

奈良教育大学 谷口義昭

I 木材の変形に関する基礎実験

1 研究目的

熱膨張の異なる金属を複合させて、熱変化を変形（そり）に変換し、それをスイッチ等に利用したものにバイメタルがある。木材は水分の吸収・放出によって変形し、しかも収縮・膨張率に大きな異方性を有している。本研究は、この収縮・膨張率の異方性を利用して、木材が含有する水分を変形に変換する方法を開発することを目的とする。具体的には、接線方向の木材と半径方向の木材を接着し、両者が水分を吸収したときの変形量の違いで生じるそりに注目する。この関係を模式的に表すと図1のようになる。本研究は、水分の吸収と放出によるそりを利用して、関係湿度の計測用湿度センサーへの可能性、および水分と木材の関係を説明する教材化を検討するための基礎資料を得ることを目的とする。本研究で検討する木材が水分変化によってそりが生じるもので、ここでは以降バイウッドと呼ぶこととする。

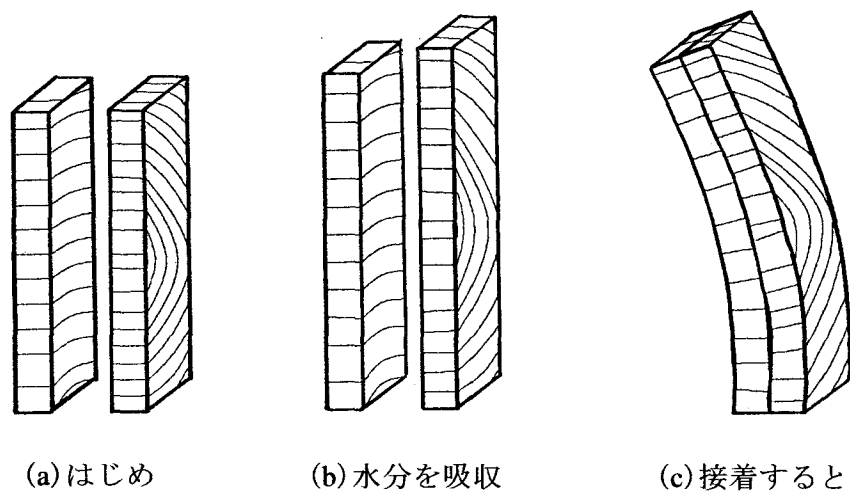


図1 水分による変形の模式図

2 実験方法

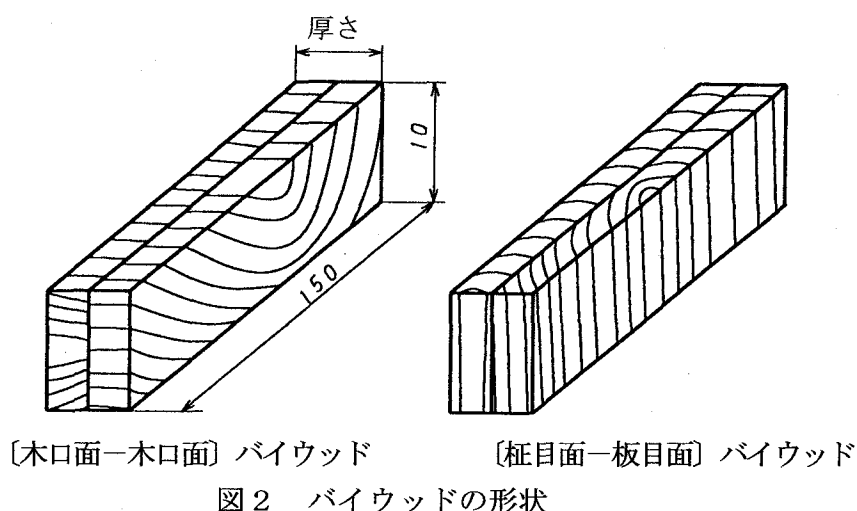
2.1 試験片

柾目材と板目材から表1に示す5種類の厚さの木材切片を切り出し、同じ厚さの木材切片を接着して試験片を製作した。接着面は図2に示すように、木口面（半径方向）一木口面（折線方向）と柾目面一板目面の2つであった。供試した木材のうち柾目材はスギ材（*Cryptomeria japonica* D. Don、気乾比重:0.30 含水率1%あたりの収縮率0.05%）、板目材はブナ材（*Fagus crenata* Blume、気乾比重:0.64 含水率1%あたりの収縮率0.43%）であった。接

着には、水性高分子ーイソシアネート系木材接着剤（大鹿振興（株）製ピーアイボンド 120）を用いた。

表1 バイウツの厚さ

バイウツ	厚さ（スギ柁目材＋ブナ板目材）
1	8mm（4mm＋4mm）
2	6mm（3mm＋3mm）
3	5mm（2.5mm＋2.5mm）
4	4mm（2mm＋2mm）
5	3mm（1.5mm＋1.5mm）



2.2 環境試験条件

縦 260mm、380mm、高さ 230mm の密閉可能な容器内に湿潤状態と乾燥状態を作り、その中で試験片を一定期間放置して環境試験を行った。湿潤状態は容器の底部に水を入れて高湿度状態を作った。乾燥状態は容器内に市販の乾燥剤（薬品：塩化カルシウム）を入れ、乾燥状態を作った。温度と湿度の計測には、佐藤計量器（株）製デジタルサーモ・ハイグロメータ（温度精度：0.1℃、湿度精度：0.1%）を用いた。湿潤状態の実験は平均温度 25℃、相対湿度 99%、乾燥状態の実験は平均温度 25℃、相対湿度 61～25%であった。

2.3 変形量の測定

木材の水分吸収と放出にともなうバイウツの変形量の測定方法を図3に示す。2つの方法で測定した。一つはバイウツの1端を固定したときの他端のそり量dを測定し、もう一つはバイウツの両端を平板に接した時の中央部のそり量h（本論文ではそり矢高とする）を測定した。測定には鋼尺を用い、0.5mmまで読み取った。変形と併せて木材の重量変化も測定し、含水率を求めた。重量計は日本シイベルヘグナー（株）製メトラー BB240（精度：0.001g）であった。測定は各条件について3個行い、その結果を平均値で示す。なお、試験の精度・再現性を検討する実験では、10個のバイウツを用いた。

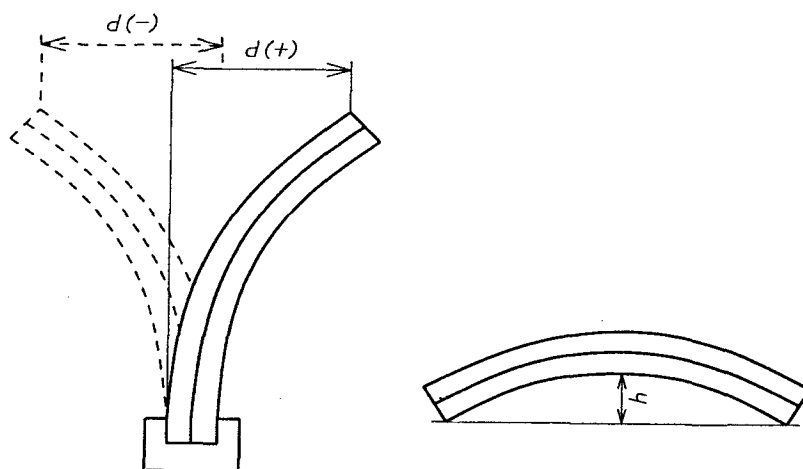


図3 変形量の測定方法

3 実験結果と考察

3.1 バイウットの形状と変形量の関係

木材は繊維に直角方向の木口面と繊維に平行方向の柃目面・板目面では吸湿量に差があるため、バイウットの表面が変形に大きく影響を及ぼすことが考えられる。そこで、図2に示す2つのバイウットの形状で実験を行った。実験条件は初日から6日までを湿潤状態、それ以降を乾燥状態とし、9日間行った。バイウットの厚みは5mmとし、2.5mm厚の木材が接着してある。実験結果を図4に示す。実験開始後1日目に、木口面－木口面のバイウットは約30mmのそりを示し、柃目面－板目面のバイウットは16mmであり、木口面－木口面バイウットのそりが大きいことがわかる。一方、時間の経過とともに柃目面－板目面のバイウットもそりが増加し、6日目にはに近似のそり量となった。実験結果から、木口面－木口面のバイウットのそりは環境変化にともない短時間に現れることがわかる。これ以降の実験ではバイウットの形状を木口面－木口面の接着試験片とする。

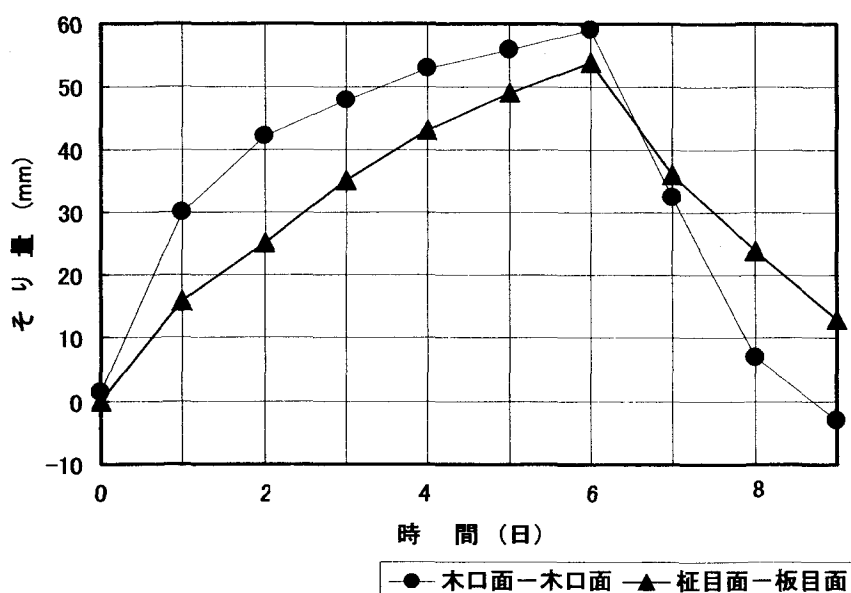


図4 バイウットの形状とそりの関係

ところで、木材の変形、特に曲げによるそりは、はりの高さと深い関係があるため、実験に先立ち、図2の試験片で曲げ試験を行い、力と変形の関係を求めなければならないが、これについては今後の課題とする。本論文ではそりの機構およびそり量を木材の膨潤・収縮による変形現象のみに着目することとした。

3.2 バイウツの厚さとそり量の関係

バイウツの厚さは変形に大きく影響を及ぼすため、厚さとそりの関係を検討する。試験は湿潤状態6日間、乾燥状態6日間を1サイクルとして、これを4サイクル繰り返した。

図5は最初の1サイクルにおける変形の経過を示す。環境の変化に対して厚さ3mm材が最も大きく変形し、厚さの増加とともにそり量は少なくなり、6mm材と8mm材では著しく小さく、またその量も近似していることがわかる。したがって、環境変化に対して変化量を大きくアピールするような用途、例えば教育用の教材では厚さの小さい材料が適することがわかる。なお、実験の精度・再現性の項で述べるように、厚さが3mmではデータにばらつきが大きいことが観察され、欠点となっている。

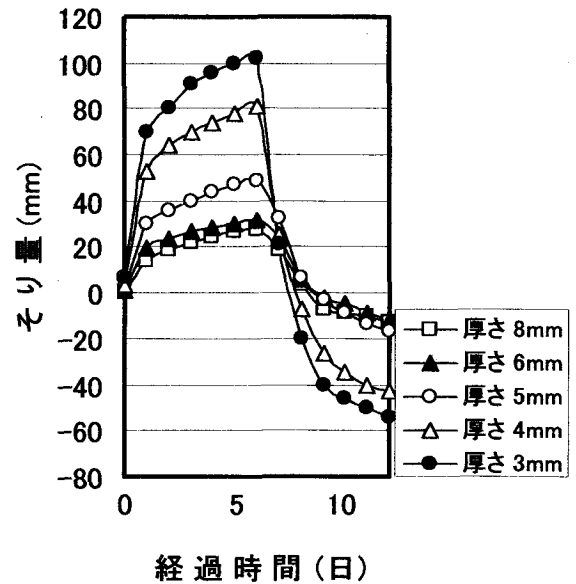


図5 バイウツの厚さと変形量の関係

次に、湿潤－乾燥条件を4サイクル繰り返したときのそり量の変化を図6に示す。厚さ5、6、8mm材は1サイクル目の湿潤状態のとき幾分小さい変形を示したものの、2サイクル以降はいずれの厚さとも各サイクルで類似の経過をたどり、乾湿繰り返しの環境変化に対してそりの挙動に同一性が見られた。

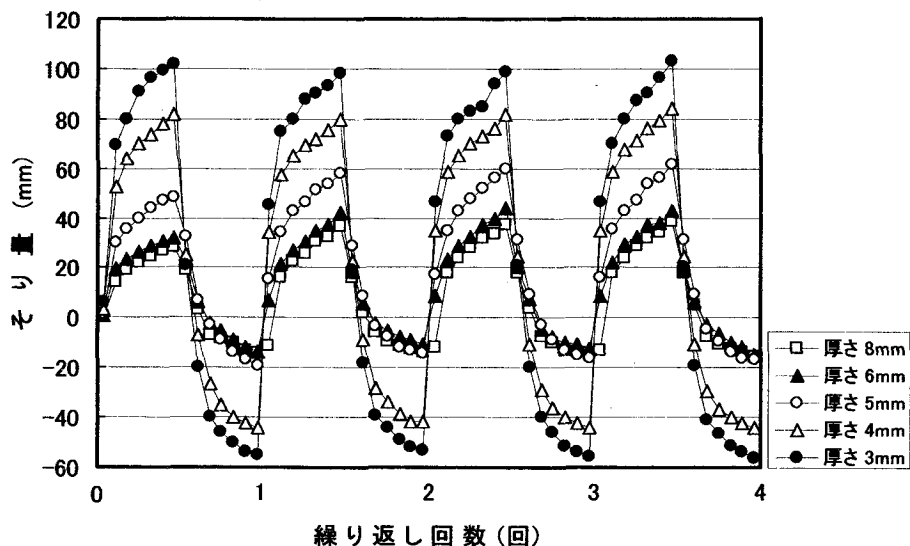


図6 バイウツの厚さとそり量の関係

3.2 含水率の変化

バイウツドの厚さ別の実験と同時にを行った重量測定から含水率を求めた。その結果を図7に示す。この結果から、バイウツドは含水率が7%から25%まで変化し、湿潤状態における含水率の上昇、乾燥状態における含水率の低下が観測され、水分の吸収と放出の両作用が明らかである。なお、いずれの厚さのバイウツドでも含水率変化に顕著な差はないことがわかった。したがって、バイウツドの厚さによるそり量の差は、吸湿過程で膨潤圧による内力がバイウツドの厚さ、すなわち曲げ試験におけるはりの高さに影響し、生じたものと推察する。

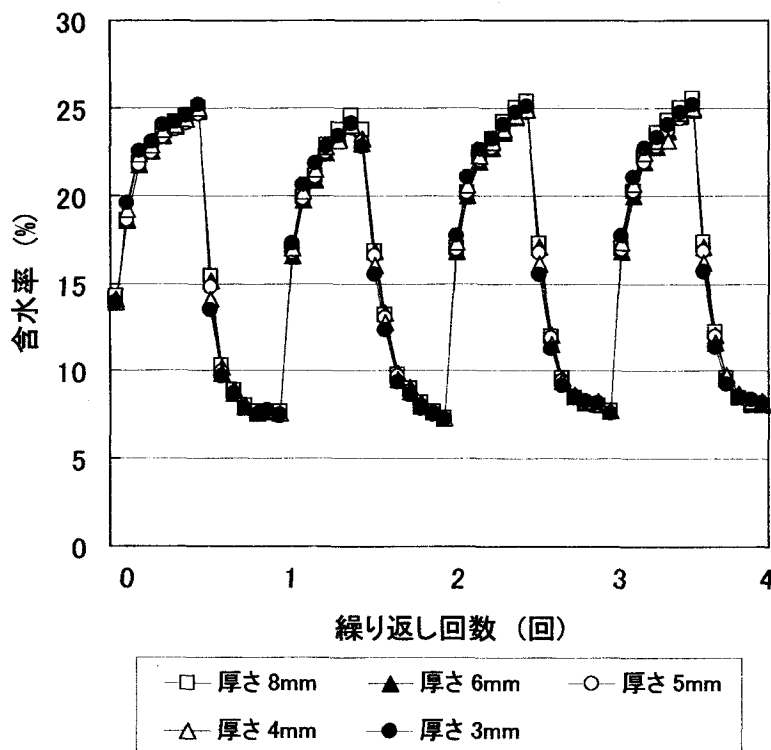


図7 含水率の経過曲線

3.4 バイウツドの精度と再現性

バイウツドを湿度センサーとして用いる場合、その精度が問題になる。これを確かめるために、環境変化に対する再現性試験を行った。環境条件を湿潤状態24時間、乾燥状態24時間を1サイクルとし、合計7サイクル繰り返した。この試験では5mm厚さと3mm厚さのバイウツドを10個ずつ準備し、同じ環境下で実験し、そり矢高量を測定した。

5mm厚さの試験結果を図7に示す。湿潤、乾燥の繰り返しで、環境に応じてそり量は変化している。同図には10個のバイウツドのそりの経過を示しているが、バイウツド個体間の最大値と最小値の差は4~5mmであり、大きなばらつきは見られなかった。試験の途中に実験条件を変えた場合にそりの挙動に変化が生じるかどうかを見るために、5サイクル目に乾燥剤を追加した。そり矢高量の振幅は大きくなったものの、個々のバイウツドのばらつきに変化は見られなかった。これらのことから、環境変化にともなうバイウツドの変形挙動は、良好な精度と再現性があることが確認できた。

次に、3mm厚のバイウツドの再現性試験の結果を図8に示す。バイウツド個体間の最

大値と最小値の差が約 12mm あり、3mm 厚材に比べて変形が安定していないことがわかる。この原因として、厚さ 1.5mm の木口面同士を接着する過程で接着面から繊維方向にバイウツドの表面まで達する接着剤の透過が見られ、これがバイウツドの吸湿、放湿性に影響を及ぼしたのではないかと考えられる。したがって、5mm 厚のバイウツドのそりは 3mm 厚よりも再現性は良好であるといえる。

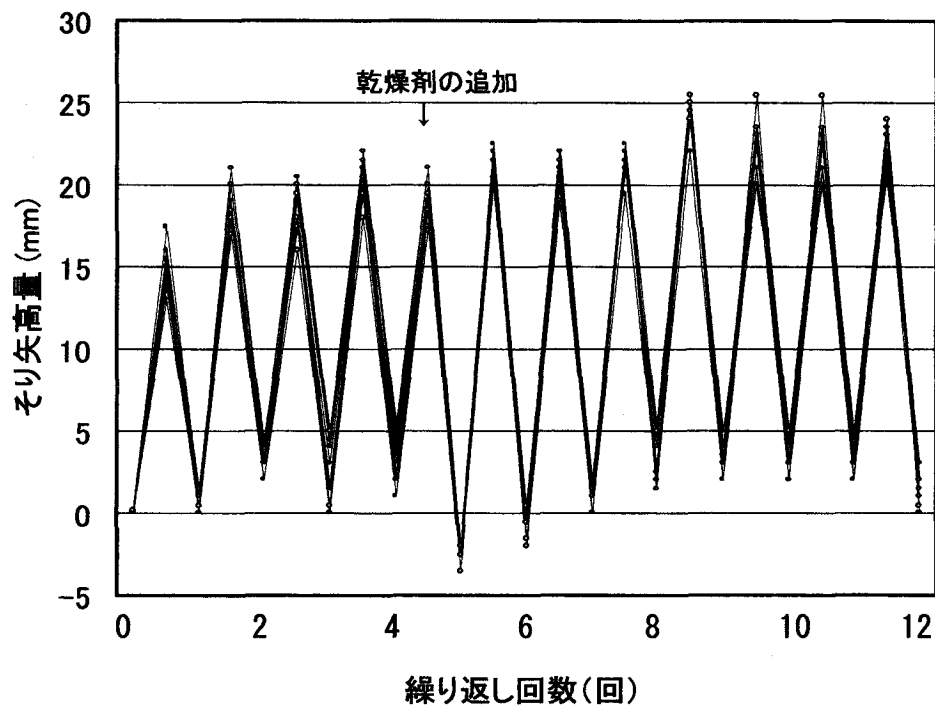


図 7 そりの再現性試験 (5mm 厚バイウツド)

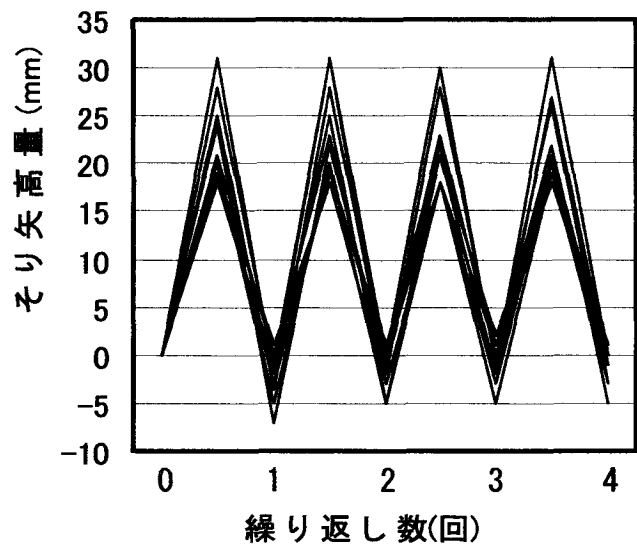


図 8 そりの再現性試験 (3mm 厚バイウツド)

以上の結果から、収縮・膨張率の異なる木材を接着することによって、木材が水分を吸収および放出する性質をそり量に変換でき、この性質を用いて湿度センサーとして利用できる可能性が示唆された。

4 実験のまとめ

収縮・膨張率の著しく異なる木材同士を接着すると、水分を吸収する過程と放出する過程で変形にアンバランスが生じ、その結果そりを誘発する。本研究では、この性質に注目し、環境条件とそりの関係を検討した。この異収縮率同士の木材接着物をバイウッドと呼ぶこととした。接着面が木口面（半径方向）－木口面（折線方向）の方が柁目面－板目面のバイウッドよりも環境変化に短時間で応答することが明らかとなった。

バイウッドの厚さ別のそり量は、厚さの違いによってそり量に明確な差が見られ、薄いほど大きなそり量を示した。

同じ厚さのバイウッド 10 個で乾湿繰り返し試験を行った結果、厚さ 5mm 材では変形量に個体間のばらつきは小さく、その精度と再現性は良好であることが確認できた。

以上の結果から、バイウッドは湿度センサーとして利用できる可能性が示唆された。

Ⅱ 木材の変形を利用した教材開発

1 研究目的

I 節において、収縮率が著しく異なる木材同士を接着したバイウッドは、水分の吸収・放出過程で大きく変形（そり）することを検討した。本節では、この性質を学校教育や木材啓蒙用の講習会等で、木材の性質を説明する際使用する教材に利用することを目的に開発研究を行った。

2 吸水と変形の関係

木材が高湿度の雰囲気置かれた場合、3.2 項で検討したように含水率 14 % の木材が 6 日間で含水率約 25 % まで変化した。含水率変化に伴って変形も漸次増加したが、1 つの授業あるいは講習会でバイウッドを用いる場合、変化に時間がかかり過ぎるため、教材としては不適當である。そこで、変化が短時間に現れるように、バイウッドを水中に入れて木材が水分を吸収する過程の変形量について検討した。実験結果を図 9 に示す。バイウッドを水中に入れてから 5 分後に 9mm の変形が生じ、10 分で 13mm、20 分で 16mm となった。20 分以降は変形量に変化が見られず、ほぼ一定で推移していた。なお、水中に浸漬するため、接着剤は高度耐水性である必要があったが、本実験で使用した水性高分子ーイソシアネート樹脂接着は耐水性が良好なため、接着した木材を浸漬しても剥離することはない。

さて中学校では、現在 1 時限の授業に 50 分単位時間を採用している学校が多くある。実験から 20 分で変形の現象が完了することが確かめられたことから、木材の性質を解説した後バイウッド教材を生徒に演示できることがわかる。

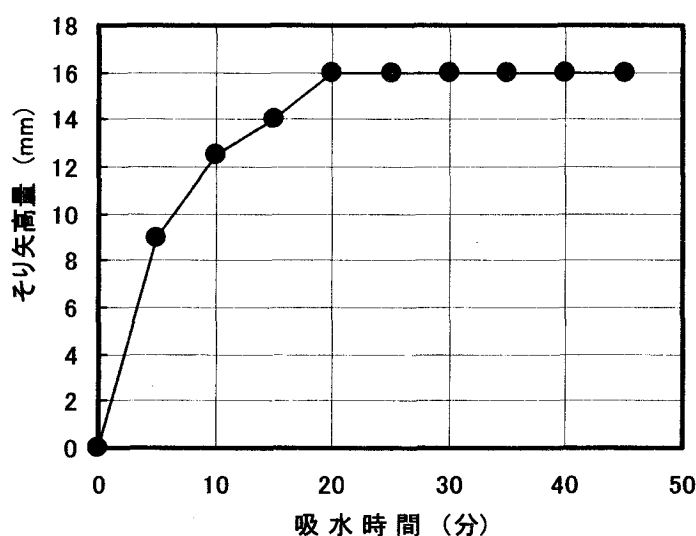


図 9 水中にバイウッドを入れたときの吸水時間と変形の関係

3 教材 1

関係湿度の変化によって木材片が変形する性質を利用した例を図 10 に示す。研究室の

扉に顔を模して、その眉毛と口にバイウッドを配置した。天気が良くて関係湿度が低い日には大きく変形し、湿度が高い雨天時には変形が少なく、天気の変化によって顔の表情が日々変化する機構となっている。

次に、水中に顔模型を浸漬して、表情が変化する教材を図 11 に示す。演示している間に変化が見られたため、教材として高く評価された実績がある。

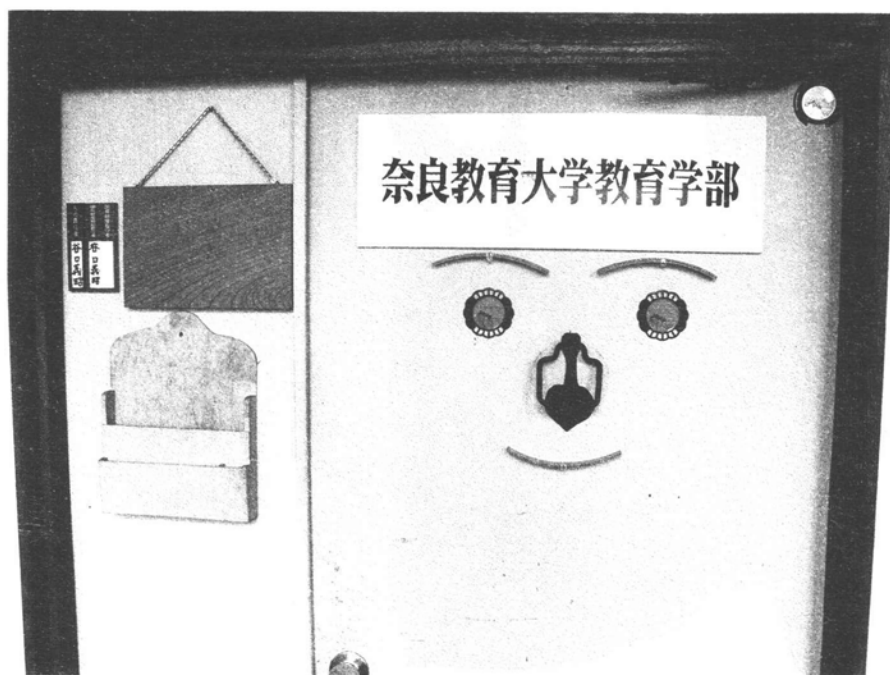
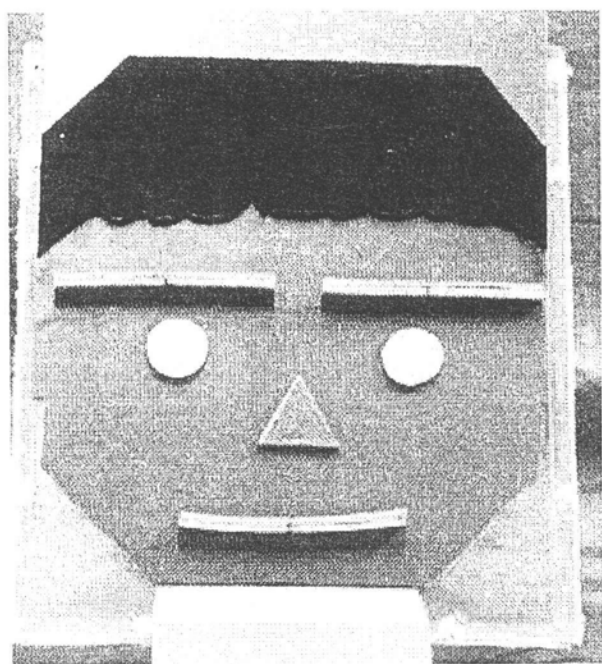
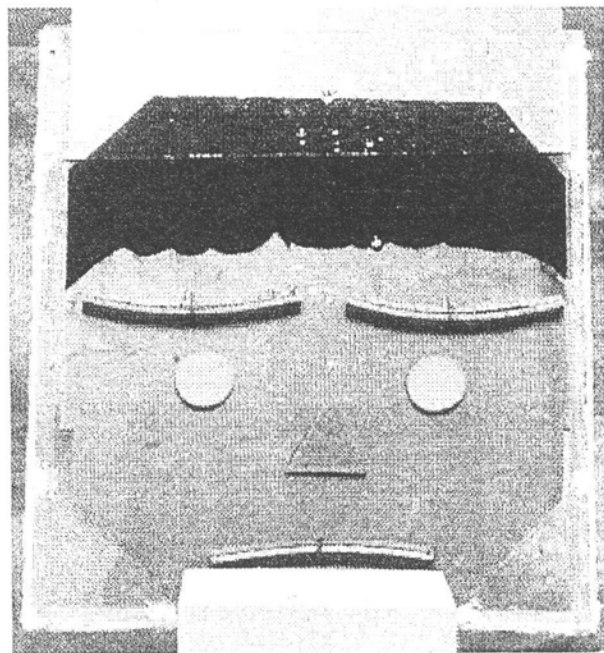


図 10 関係湿度によって模型の顔表情が変化する教材



(a) はじめ



(b) 5 分後

図 11 水中に浸漬して模型の顔表情が変化する教材

4 教材 2

バイウッドにガーゼを巻きつけ（図 12）、この一端を水中に浸漬させると、毛細管現象で水分上昇し、バイウッドの濡れにともなって変形する機構である。バイウッドの他端に鳥の模型をつけることによって、時間の経過とともに2羽の鳥が仲良く水を飲む教材を図 13 に示す。

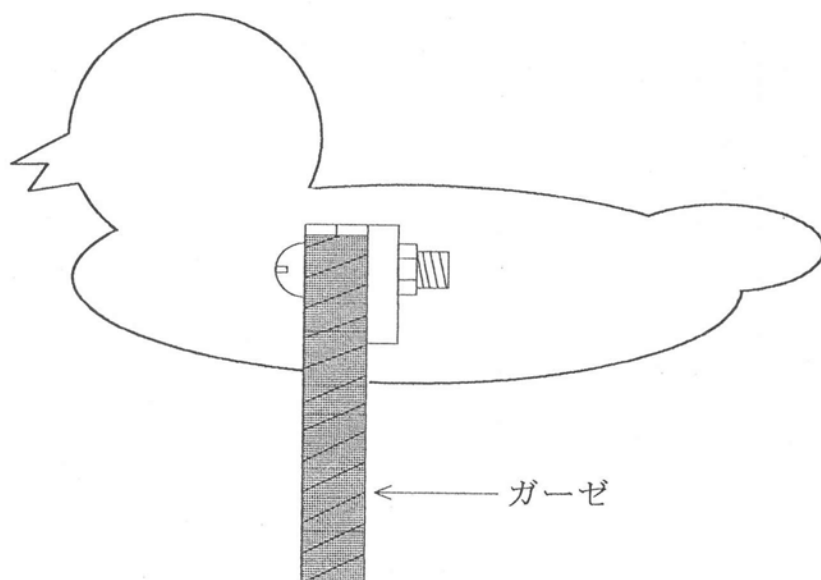


図 12 ガーゼによってバイウッドを濡らす機構

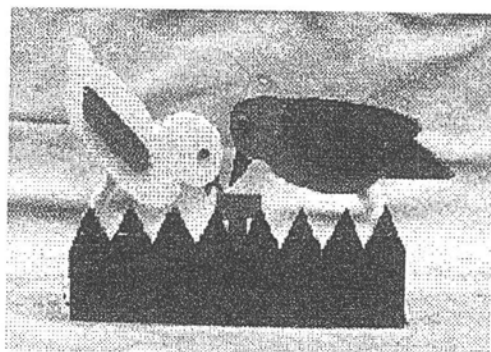
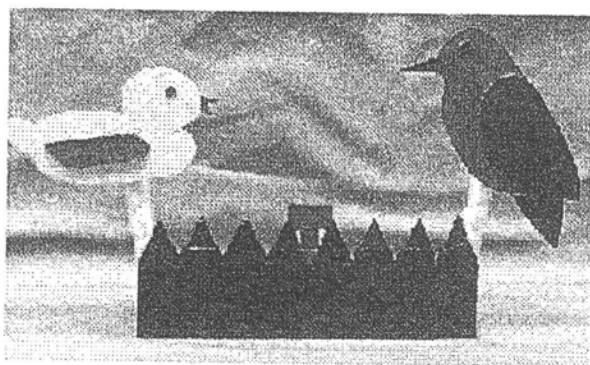


図 13 水飲み鳥

この他にも、水分を吸収することによって変化する教材は多く考えられる。植木鉢にバイウッド挿すことによってそり量が土の水分状態を示す指標となるのもその一例であるが、ここでは記述を省略する。

第3章

木材の組織に関する教材の開発とその利用

岩本隆幸
愛知教育大学学部生

林 晃伸
大阪府美原中学校

宮川秀俊
愛知教育大学

木材の組織に関する教材の開発とその利用

岩本隆幸
愛知教育大学学部生

林 晃伸
大阪府美原中学校

宮川秀俊
愛知教育大学

1. はじめに

平成10年12月14日に文部省(現在の文部科学省)より新学習指導要領が告示され、新たな教育課程が平成14年度から実施されている。技術・家庭科においても大幅な改訂が行われたが、特に技術に関わる内容では「木材加工」、「金属加工」、「電気」、「機械」、「栽培」、「情報基礎」の6領域が「技術とものづくり」と「情報とコンピュータ」の2つの内容で構成されることになった。これまでの「木材加工」と「金属加工」領域で重複している内容を統合して、木材や金属等を材料とする製品の設計・製作を行うことや、内容が行き過ぎになりがちとされていた「電気」領域の「電気機器の仕組み」と「機械」領域の「整備の目的に応じた分解と組み立て」について、製品の製作と関わらせた取り扱いとすること等が含まれた。

一方、21世紀における国際社会・情報社会の進展、科学技術の発展、エネルギー・資源や環境問題等の課題が取り沙汰される中で、平成8年7月の中央教育審議会第1次答申では、これからの学校教育の在り方として、[ゆとり]の中で自ら学び自ら考える力の[生きる力]の育成を基本として、学習内容の厳選と基礎・基本の徹底を図ることや一人ひとりの個性を生かすための教育を推進することなどが提言され、それらは新学習指導要領の改訂に反映され、基準の大綱化や弾力化が図られたり、学校や教師の創意工夫を加えた学習指導が展開できるようになった。

このような背景の基で、教師は新学習指導要領に準拠して、各学校や地域の特色、そして生徒の実態に即した指導計画や学習過程を編成していく必要があり、しかも縮減された一定の時間の中で学習内容を円滑に教授し、生徒が興味・関心を持って取り組む授業を展開していかなければならない。したがって、これまで以上に技術科の授業を効果的かつ効率的に遂行するために、種々の教材を開発する必要がある、またそれらを新学習指導要領における技術科の授業に有効に使用していかなければならない。

従来より、技術科の授業では、教科書や資料集を始めとして、自作プリント、掛け図、TPシート、スライド、ビデオテープ、標本、模型、実物、ソフトウェア等が使用されてきた。これらは授業において、生徒の興味・関心を喚起し、そして創意工夫を行い、技能ならびに知識・理解を高めていくために用いられている。しかし、これまで一般に教材は直接の目視によるものが多く、微少な構造や仕組みを呈示した映像に関わる教材は少ない。本研究では、技術・家庭科技術分野「技術とものづくり」において、材料の基本となる木材に関わる組織の拡大映像教材を作成することを試みた。そして、それらの集積物をコンピュータを用いてデータベース化し、それを必要な時に、必要な場所に提供できるように考えた。さらに、これらを技術科の授業で実際に使用する方法を提案すると共に、授業実践を通して、その学習効果についての検討を

行った。

次に、具体的に本研究の概要を述べる。まず始めに、技術・家庭科技術分野の3年間の指導計画を作成して、拡大映像教材の必要性のある学習内容を検討した。それより拡大映像教材を作成してデータベース化すると共に、それらを用いる学習過程の例を作成した。続いて、開発した拡大映像教材を用いた授業実践の段階になるが、ここでは平成14年度から新学習指導要領が実施されるため、前学習指導要領の基で行われた授業実践の結果を紹介して、教材としての可能性を評価することにする。そこでは、技術科の特定の授業の授業前・授業後に実施したアンケート調査と全授業終了後に実施したアンケートの調査の結果を用いて検討することにする。

2. 拡大映像教材の開発

2.1 指導計画の作成

平成14年度から実施されている新学習指導要領に準拠した指導計画を作成すると共に、そこで用いることができる拡大映像教材の検討を行った。第1学年の指導計画を表1に、第2学年の指導計画を表2に、第3学年の指導計画を表3に示す。なお、第1学年と第2学年では「A技術とものづくり」と「B情報とコンピュータ」を融合した指導計画であり、第3学年では「B情報とコンピュータ」のみからなる指導計画である。ここでは、これらの指導計画を概説する。

なお、指導計画の作成においては、東京書籍（株）出版の『新しい技術・家庭，教師用指導書，技術分野指導計画編』に掲載されている指導計画例を参考にした。

2.1.1 第1学年の指導計画と拡大映像教材

第1学年では、初めに「B情報とコンピュータ」（10時間）を行い、その後「A技術とものづくり」（25時間）を行う。

まず、「B情報とコンピュータ」では、コンピュータの基礎・基本の学習を行うが、「1. コンピュータを構成するものを調べよう」では、各装置、周辺機器の中からディスプレイ、CPU、プリンタ等のハードウェアの拡大映像教材を作成した。例えば、何色にも見えるディスプレイは、拡大して見ると3色で構成されていることが分かる。レーザー光を用いて印刷するレーザープリンタと、ノズルからインクを噴射して印刷するインクジェットプリンタの印刷面の拡大映像を見ることにより、そのメカニズムを知ることができる。

次に、「A技術とものづくり」では、木材を主に使用した製品の設計・製作を行う。「3. 製品に適した材料を選ぼう」では、木材加工を行う上で基本となる樹種やその組織の名称を学習する。ここでは実物標本を呈示して各部の名称を示していただくだけでなく、針葉樹材と広葉樹材のこぐち面、まさ目面、板目面の拡大映像を呈示する。普通には見ることができない組織を拡大して観察することにより、生徒に興味を持たせ学習させることができる。「6. 製図」では、鉛筆で描いた紙の表面や紙の繊維の拡大映像を観察することにより、製図に関心を持たせることができる。「第2章 製品の製作」では、両刃のこぎりを用いて「3. 材料を切断しよう」を製作の中心としており、両刃のこぎりの刃の構造や切削面の拡大映像を用いて授業を進めていく。刃の違いによる切削状況の違いを知ることにより、材料に対して適切な加工法を理解させること

ができる。また、ナイフの切削面の拡大映像を観察することにより、横びき用のこぎりの刃と合わせて相乗的かつ効果的な指導ができる。

2.1.2 第2学年の指導計画と拡大映像教材

第2学年では、初めに「A技術とものづくり」(24時間)を行い、その後「B情報とコンピュータ」(11時間)を行う。

まず、「A技術とものづくり」では、金属加工、電気、機械の学習が中心となる。「1. 電気を使う機器のしくみを調べよう」の「電気回路の構成」においては、教科書の挿し絵を併用して、抵抗器、トランジスタ、発光ダイオード等の小さい電子部品の拡大映像教材を使用することができる。電気回路を構成している小さく、数多い電子部品を拡大して観察することにより、システムとしての回路を把握しやすくなる。「1. 電気エネルギーの変換とその利用を知ろう」では、発熱作用により光エネルギーに変換する電球のフィラメントの拡大映像を使用することができる。そして、「エネルギーの変換を利用した製品をつくろう」では、これまでに呈示した電子部品の拡大映像、弓のこの刃先や鉄工やすり等の道具の拡大映像を使用することができる。ここで使用する材料や部品、道具は、危険なものも含まれており、拡大映像教材によって詳しく学習することにより、安全な作業方法を身に付けることができる。

次に、「B情報とコンピュータ」では、インターネットを利用した授業を中心に進めていく。Web ページを閲覧して、様々な情報を集めて情報通信ネットワークを活用すると共に、情報モラルや知的所有権、著作権について考えていくが、ここでは、現段階では拡大映像教材は示していない。

2.1.3 第3学年の指導計画と拡大映像教材

第3学年では、全18時間を使って「B情報とコンピュータ」を行う。図形処理ソフトウェア等の種々のソフトウェアを使用するが、その集大成として卒業記念CD-ROMの作成を行う。「3. 図形をかいてみよう」では、ドロー系とペイント系の図形処理ソフトウェアを使用し、各々の画像を拡大したものを教材として用いる。画像データの違いによる使用目的の違い等を理解することができる。ここではさらに、第1学年時に使用したディスプレイやプリンタの出力装置、CD-ROM等の記憶媒体を使用して復習させていくことができる。

表1 第1学年の指導計画と拡大映像教材

時間	指導項目	学習活動・内容	関連	拡大映像教材
1 ～ 2	情報とわたしたちの生活	・身近なインターネットの活用例 ・家電製品とコンピュータの関わり		
3 ～ 6	第1章 コンピュータのしくみと基本操作	導入 ・身の回りにあるコンピュータの種類 1 コンピュータを構成するものを調べよう ・コンピュータを構成する各装置の働き ・ハードウェアとソフトウェアの役割 2 コンピュータを起動しマウスを使ってみよう ・コンピュータの起動・終了 ・図形処理ソフトウェアの起動、マウスの使用 3 キーボードを操作してみよう ・テキストエディタを起動して文字の入力、挿入、削除 4 文書を作成し、保存してみよう ・カット、コピー、ペーストなどの機能を利用した文書の作成 ・作成した文書の保存		ディスプレイ CPU インクジェットプリンタの印刷面 レーザープリンタの印刷面 CD-ROMの表面
7 ～ 10	第2章 コンピュータの利用	導入 ・コンピュータでできること、やってみよう 1 ソフトウェアについて調べてみよう ・基本ソフトウェアと応用ソフトウェアの働き、違い ・いろいろな応用ソフトウェア 2 文書を作ってみよう ・文書処理ソフトウェアで自己紹介 ・文書処理ソフトウェアの機能のまとめ		針葉樹材の組織 スギ材 ヒノキ材
11	技術とわたしたちの生活	・技術の発達とわたしたちの生活の変化		広葉樹材の組織 カツラ材 センノキ材 バルサ材 ラワン材 リグナムバイタ材
12 ～ 20	第1章 製品の設計	導入 ・設計の観点、必要性 1 つくりたい製品を決めよう ・製品のアイデアスケッチ 2 じょうぶで、使いやすい製品を考えよう ・製品の機能をまとめる ・じょうぶで便利な構造をまとめる 3 製品に適した材料を選ぼう ・木材、金属、プラスチックの特徴 ・製品に適した材料の選択 4 接合や仕上げの方法を調べよう ・製品に適した接合法 ・製品に適した仕上げ方法 5 製品の構想をまとめ、図に表そう ・最終的な構想の検討 ・製作に必要な図の作成 6 製図 ・製図用具の使い方 ・立体図、構想図のかき方 ・寸法の記入方法		鉛筆書きした紙 紙の繊維 両刃のこぎり刃と のこぎりによる切削面、切りくず ナイフによる切削面
21 ～ 33	第2章 製品の製作	導入 ・製作順序を考える 1 製作の準備をしよう ・構想図をもとに部品表の作成 ・部品表から必要な材料の準備 ・製作工程表の作成 2 図面どおりにけがこう ・切りしろやけずりしろを見込んで、仕上がり寸法線と切断線をけがく 3 材料を切断しよう ・材料ごとの正確な切断方法 ・材料を切断線に従って切断する 4 部品を加工しよう ・材料ごとの部品加工法を調べる ・図面どおりに加工 ・部品の検査、修正 5 組み立てよう ・接合部の位置決めのためにけがき ・組み立て ・組み立て後の検査、修正 6 製品を仕上げよう ・製品にあった仕上げ方法 ・製品の評価、作品展覧会		かんなの刃 かんなけずり ならい目けずり さか目けずり (裏金あり・なし) やすりによる加工面 木工やすり(鬼目) サンドペーパー 塗装の前・後の板材 表面が焼けた状態
34 ～ 35	第6章 技術とものづくりの未来	・木材の有効利用 ・新しい木材 ・森林資源		

— : アンダーラインは、本研究で提示するもの。

表2 第2学年の指導計画と拡大映像教材

時間	指導項目	学習活動・内容	関連	拡大映像教材
1 ～ 6	第3章 機器のしくみと保守点検	導入 ・卓上ボール盤を観察し、動力発生部、動力伝達部、仕事部に分けてみる 1 電気を使う機器のしくみを調べよう ・電気回路の構成 ・卓上ボール盤の電源、モータ、スイッチの結線状態の作図 2 動力伝達のしくみを調べよう ・卓上ボール盤を観察し、速度伝達比を計算する ・回転運動を伝達するしくみ 3 機器に使われている部品を調べよう ・卓上ボール盤や糸のこ盤に使われている共通部品 4 機器の保守点検の仕方を調べよう ・卓上ボール盤を例に、日常の保守と点検 ・電気による事故防止 ・回路計による電気の測定 ・自然界のエネルギー資源とわたしたちの生活		抵抗器 発光ダイオード ボールベアリング ビニルコードの心線 回路計の目盛り 電球のフィラメント コンデンサ トランジスタ ソケット 基板 弓のこの刃 鉄工やすり（単目・複目） はんだ吸い取り線 ノギス インクジェットプリンタの印刷面
7 ～ 22	第4章 エネルギーの変換と利用	導入 ・電気エネルギーを利用する機器 ・電気エネルギーの変換 1 電気エネルギーの変換とその利用を知ろう ・電気エネルギーを利用する機器 ・電気エネルギーの変換 2 動きを伝えるしくみを考えよう ・リンク装置、カム装置 3 エネルギーの変換を利用した製品をつくろう ・製作順序 ・構想図 ・部品加工 ・仕上げ ・評価、作品展覧会		
23 ～ 24	第6章 技術とものづくりの未来	・地球環境の保全と技術 ・省エネとリサイクルと技術のかかわり		
25 ～ 33	第3章 情報通信ネットワークの利用	導入 ・情報通信ネットワークの構成や利用例 1 インターネットの情報を見てみよう ・Webページの構造や特徴 ・「通信白書」のWebページを閲覧 2 インターネットで情報を集めよう ・集めたい情報についての項目や観点の整理 3 電子メールで情報を交換しよう ・電子メールの利点やアドレスのしくみ 4 情報伝達の方法を調べよう ・様々な情報伝達の手段の特徴や利点 5 情報伝達の安全性とマナーを考えよう ・情報モラル ・知的所有権 ・著作権		
34 ～ 35	第6章 情報社会とわたしたちの責任	・生活や産業の中で情報が果たす役割 ・情報社会とわたしたちの責任 ・情報のデジタル化と著作権		

表3 第3学年の指導計画と拡大映像教材

時間		指導項目	学習活動・内容	関連	拡大映像教材
1 ～ 6	第2章 コンピュータの利用	3 図形をかいてみよう	・ドロー系の図形処理ソフトウェアの使用 ・ペイント系の図形処理ソフトウェアの使用		図形処理ソフトウェア (ドロー系)
		4 表計算をしてみよう	・家庭内の消費電力を調べ、表の作成 ・表からグラフを作成し、電力料金の比較		図形処理ソフトウェア (ペイント系)
		6 情報を活用するための手順を整理しよう	・情報活用の手順		インクジェットプリンタの印刷面
7 ～ 18	第4章 マルチメディアの活用	導入	・今までの学習をふまえ、自分なりのマルチメディア作品の構想を考えてまとめる		レーザープリンタの印刷面
		1 マルチメディアを活用する手順を考えよう	・卒業記念CD-ROMの企画や作成手順の検討		CD-ROMの表面
		2 情報の表し方を検討しよう	・リンク構造の種類と特徴を調べ、作品の構造を検討		
		3 画像や音を入力、編集しよう	・画像、音などの情報を入力		ディスプレイ
		4 マルチメディアを完成させよう	・作成したページにリンクを設定し、Webページを完成 ・みんなの作品を評価 ・評価をもとに修正		

2.2 拡大映像教材の作成とデータベース化

各々の拡大映像教材を効果的かつ効率的に利用するために、全体をまとめるデータベースを作成した。ここでは、データベースを作成した環境と素材の収集、ならびにそれらを集積したデータベースのツリー構造について示す。

2.2.1 作成した環境

拡大映像教材を作成した際に用いた環境を、以下に示す。

1) ハードウェア

- ・SONY VAIO PCG - FX55G/BP

2) オペレーティングシステム

- ・Microsoft Windows Me

3) ソフトウェア

- ・Microsoft Excel
- ・Internet Explorer
- ・Adobe Photoshop Elements
- ・QX3 Microscope

4)画面設定

- ・解像度：1024×768，カラーパレット：True Color (24bit)

5)撮影機材等

- ・スキャナー：EPSON GT - 9800F
- ・マイクロスコープ：Intel Play QX3

2.2.2 素材の収集

拡大映像教材の素材は，東京書籍（株）出版の教科書「新しい技術・家庭 技術分野」と，開隆堂（株）出版の教科書「技術・家庭 技術分野」を参考にして選んだ。映像は，マイクロスコープを用いて撮影したものと，本研究室において作成したスライド（林 晃伸(当時院生)作成）を使用した。ここでは，木材組織に関する拡大映像教材のみを示す。

本研究で収集した素材，すなわち拡大映像教材とその写真画像を，以下に示す。

1)針葉樹材

- ・スギ材 こぐち面————— (写真 1.1)
- ・スギ材 まさめ面————— (写真 1.2)
- ・スギ材 板目面————— (写真 1.3)
- ・ヒノキ材 こぐち面————— (写真 2.1)
- ・ヒノキ材 まさめ面————— (写真 2.2)
- ・ヒノキ材 板目面————— (写真 2.3)

2)広葉樹材

- ・カツラ材 こぐち面————— (写真 3.1)
- ・カツラ材 まさめ面————— (写真 3.2)
- ・カツラ材 板目面————— (写真 3.3)
- ・センノキ材 こぐち面————— (写真 4.1)
- ・センノキ材 まさめ面————— (写真 4.2)
- ・センノキ材 板目面————— (写真 4.3)
- ・バルサ材 こぐち面————— (写真 5.1)
- ・バルサ材 まさめ面————— (写真 5.2)
- ・バルサ材 板目面————— (写真 5.3)
- ・ラワン材 こぐち面————— (写真 6.1)
- ・ラワン材 まさめ面————— (写真 6.2)
- ・ラワン材 板目面————— (写真 6.3)
- ・リグナムバイタ材 こぐち面— (写真 7.1)
- ・リグナムバイタ材 まさめ面— (写真 7.2)
- ・リグナムバイタ材 板目面— (写真 7.3)

3)のこぎりによる切削面————— (写真 8.1-8.2)

4)ナイフによる切削面————— (写真 9.1)

5)やすりによる加工面————— (写真 10.1-10.2)

6)表面が焼けた状態————— (写真 11.1-11.3)

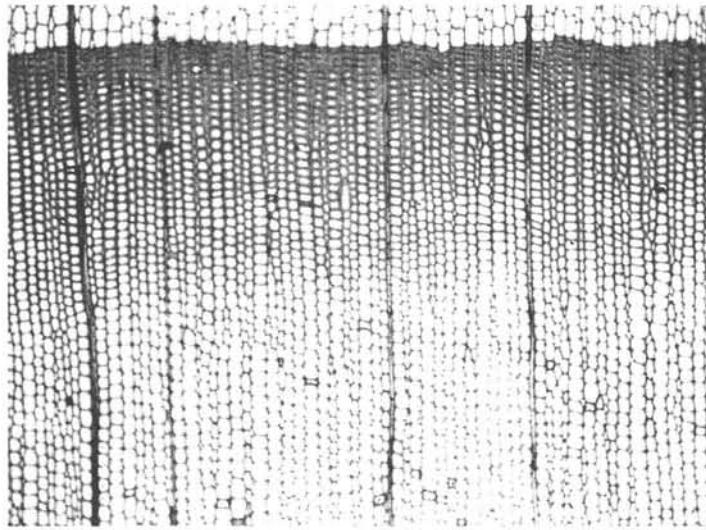


写真 1.1 スギ こぐち面

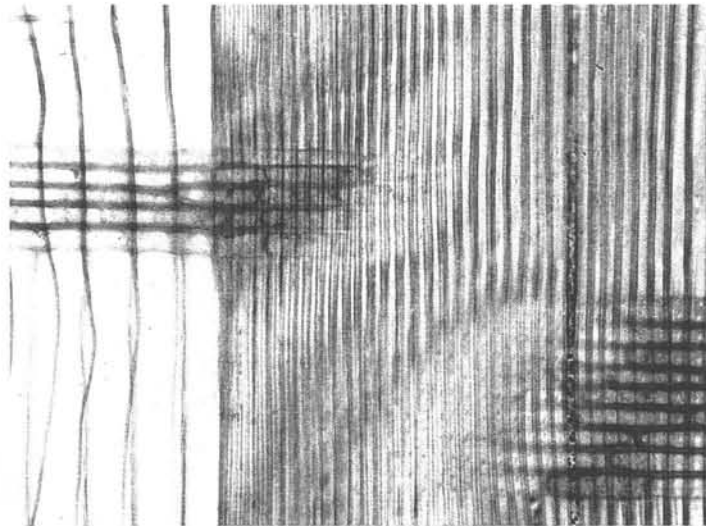


写真 1.2 スギ まさ目面

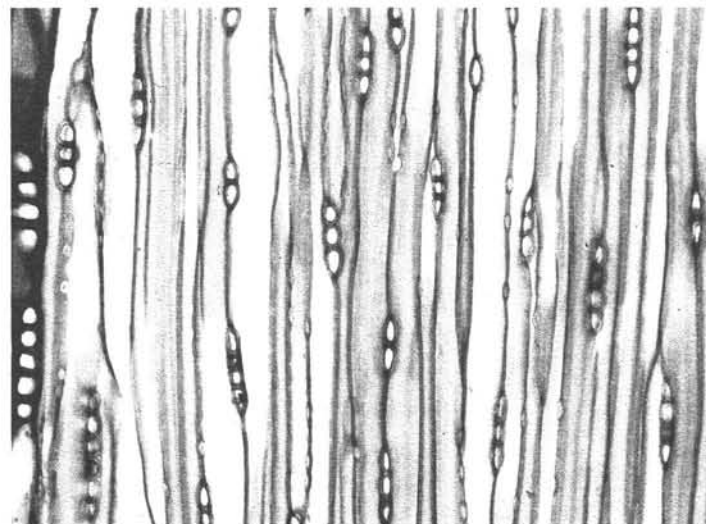


写真 1.3 スギ 板目面

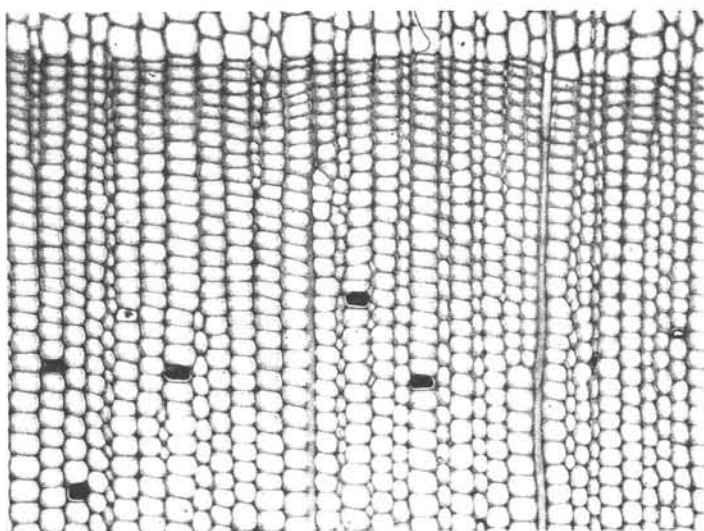


写真 2.1 ヒノキ こぐち面

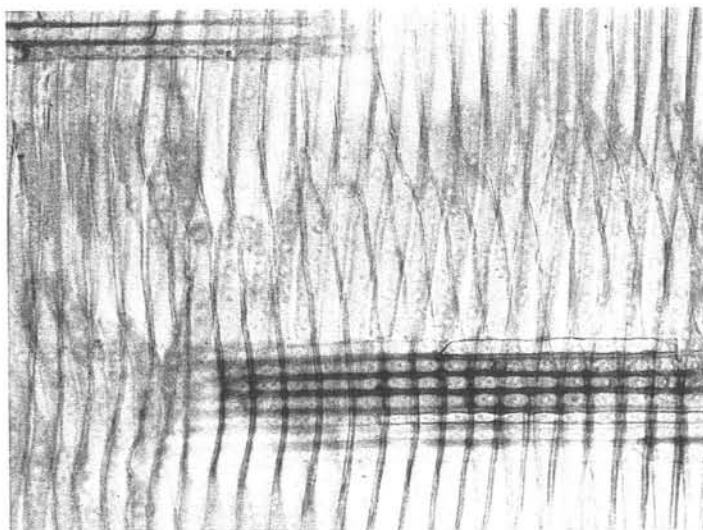


写真 2.2 ヒノキ まさ目面

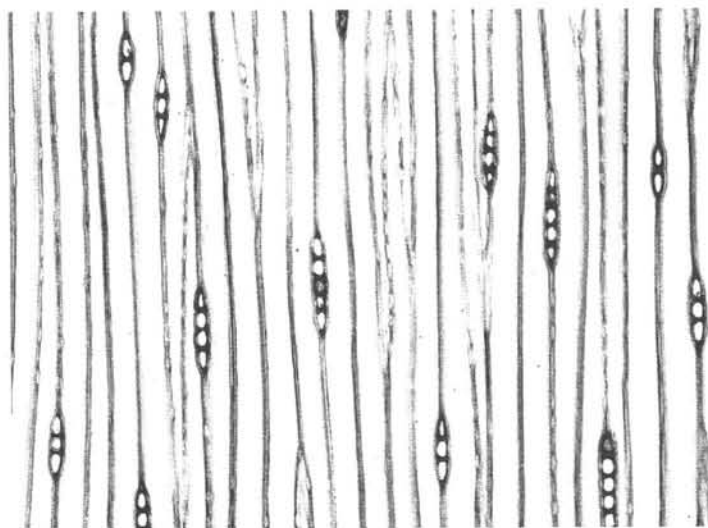


写真 2.3 ヒノキ 板目面

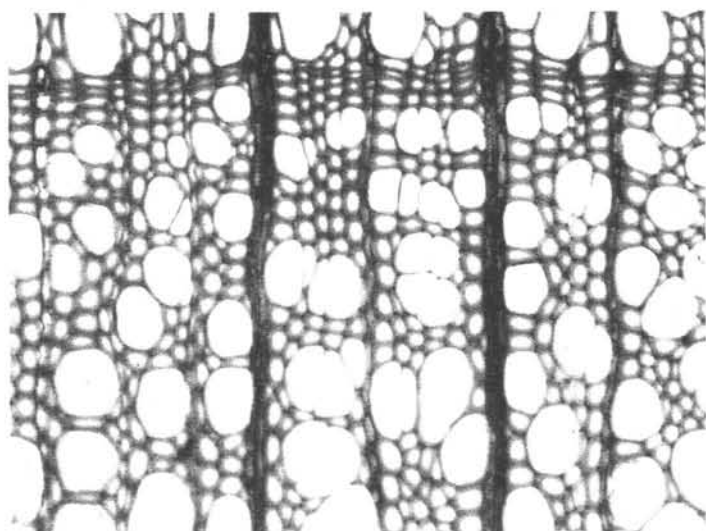


写真 3.1 カツラ こぐち面

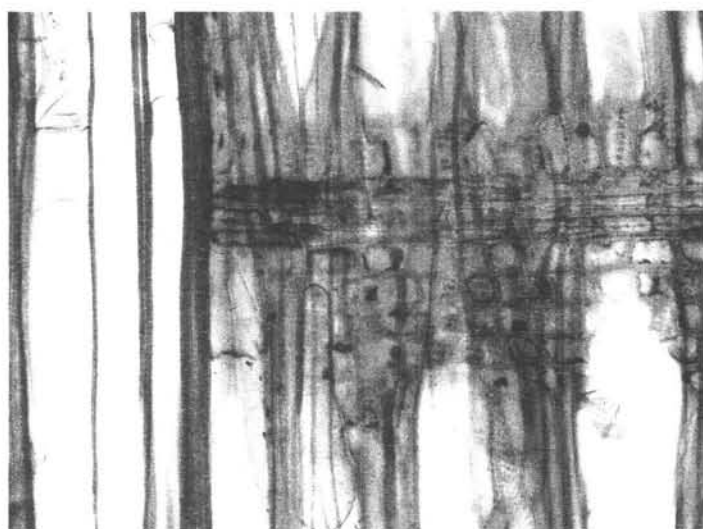


写真 3.2 カツラ まさ目面

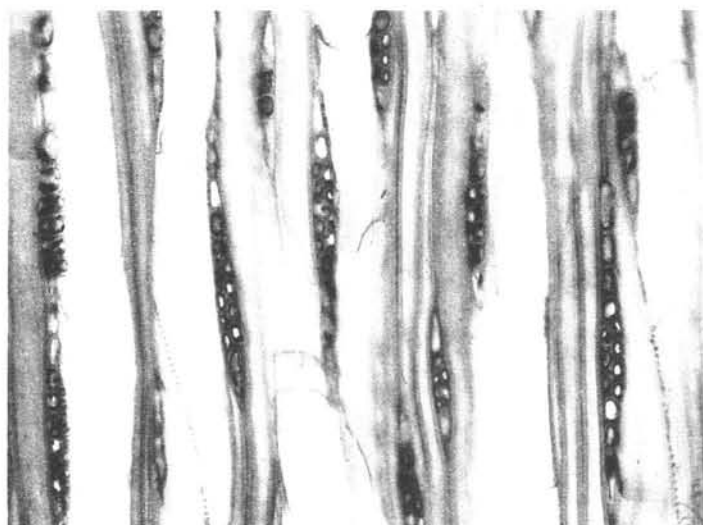


写真 3.3 カツラ 板目面

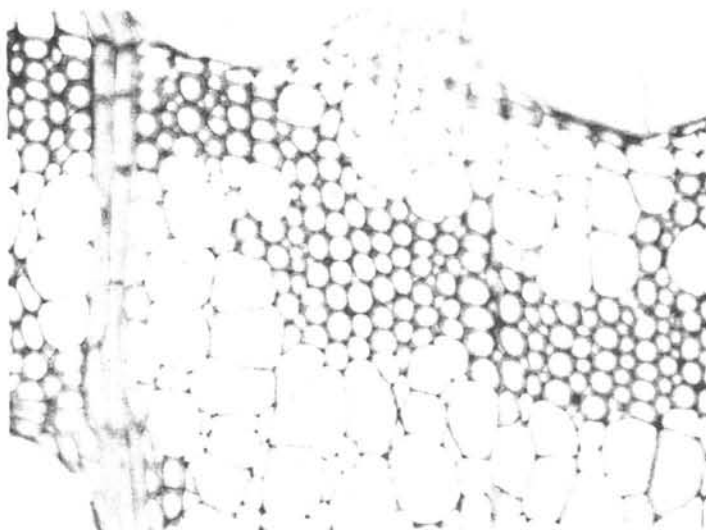


写真 4.1 センノキ こぐち面

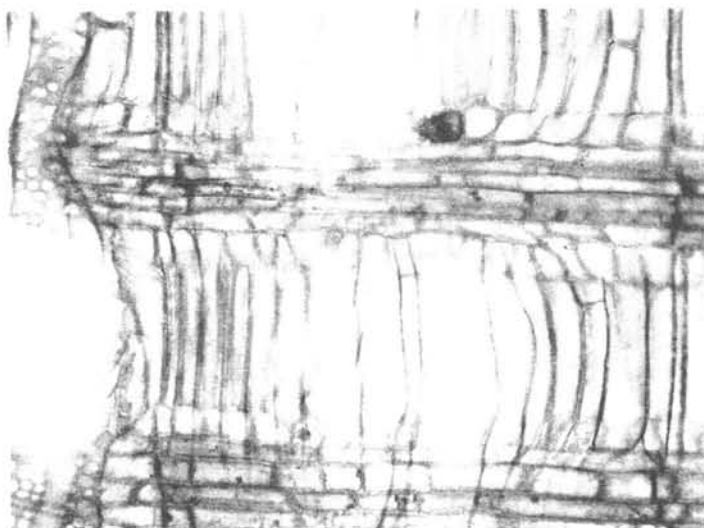


写真 4.2 センノキ まさ目面

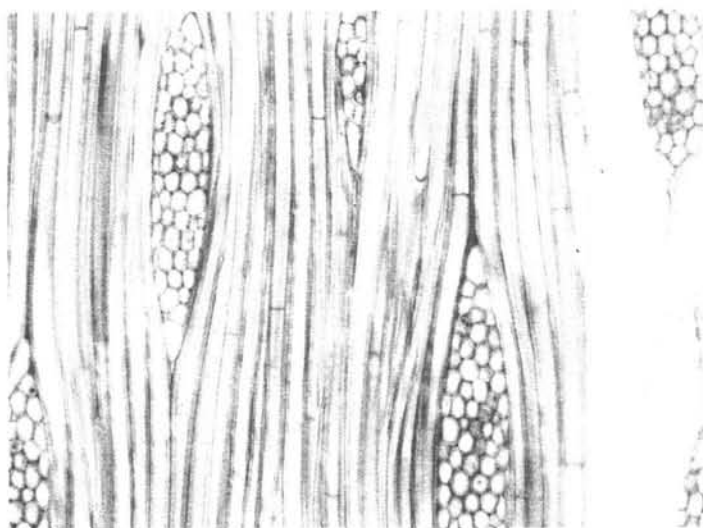


写真 4.3 センノキ 板目面

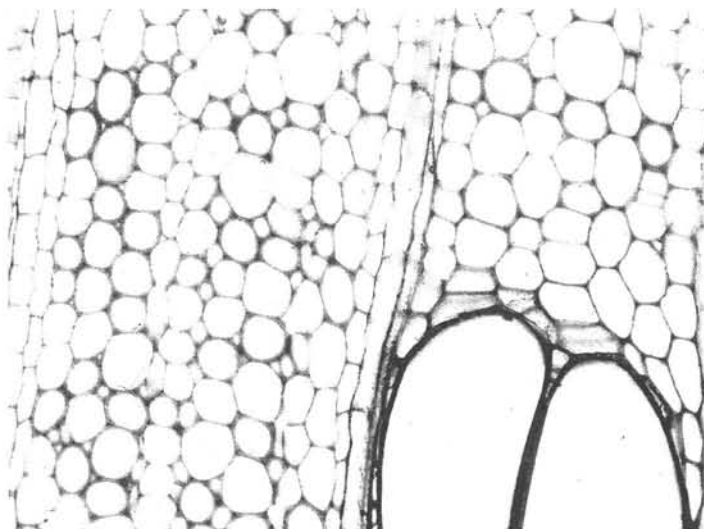


写真 5.1 バルサ こぐち面

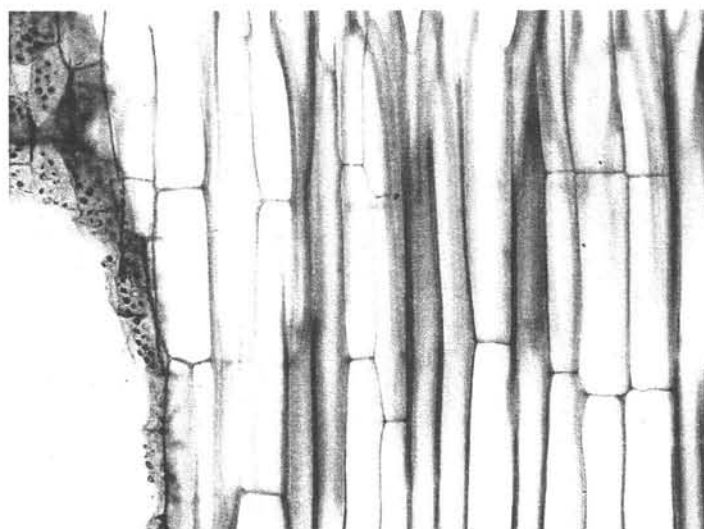


写真 5.2 バルサ まさ目面



写真 5.3 バルサ 板目面

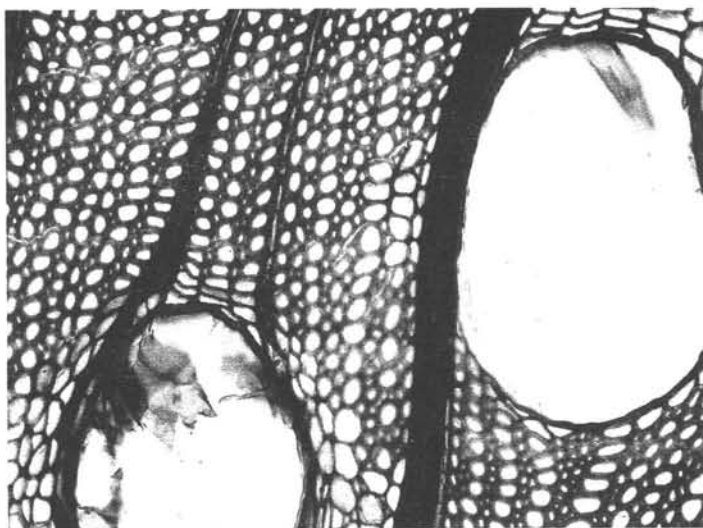


写真 6.1 ラワン こぐち面



写真 6.2 ラワン まさ目面

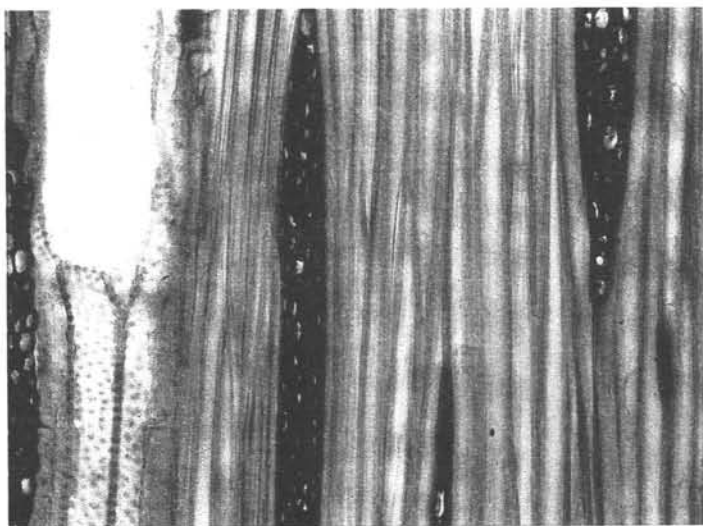


写真 6.3 ラワン 板目面

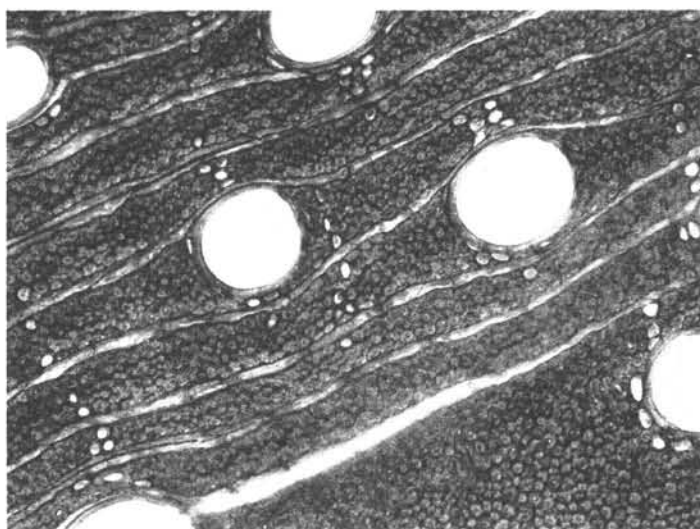


写真 7.1 リグナムバイタ こぐち面

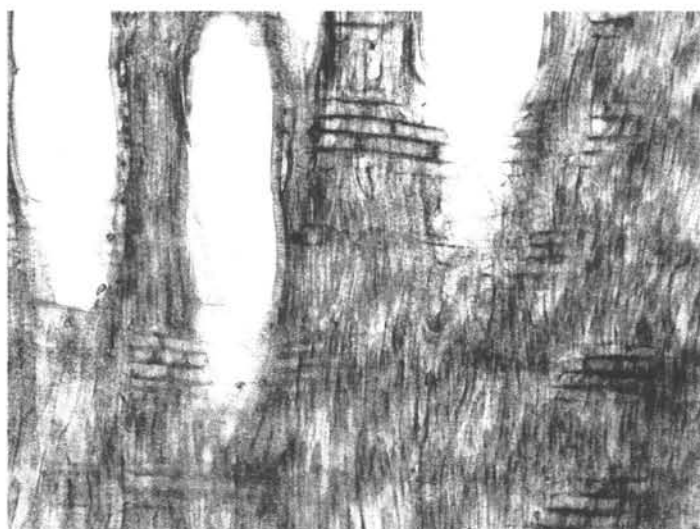


写真 7.2 リグナムバイタ まさ目面

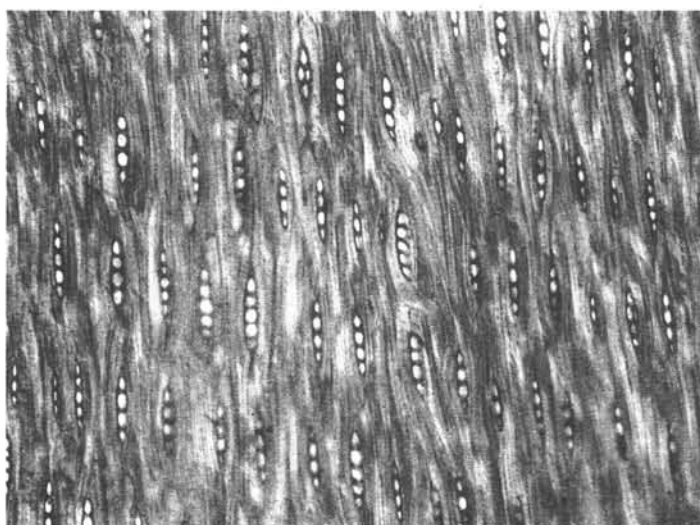


写真 7.3 リグナムバイタ 板目面

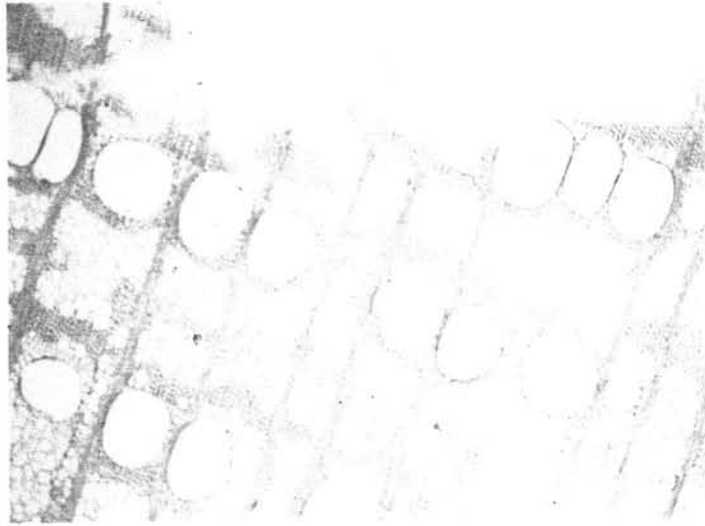


写真 8.1 のこぎりによる切削面

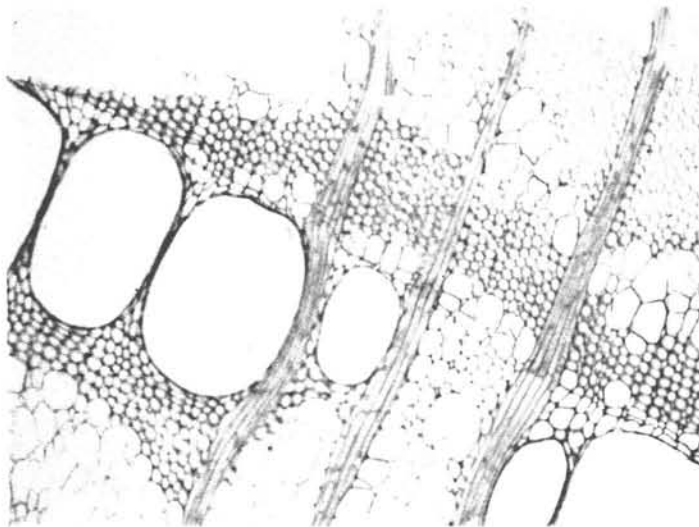


写真 8.2 のこぎりによる切削面

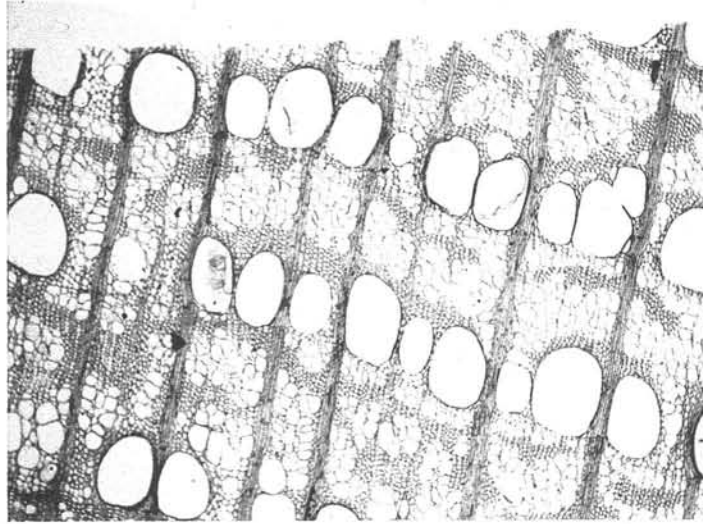


写真 9.1 ナイフによる切削面

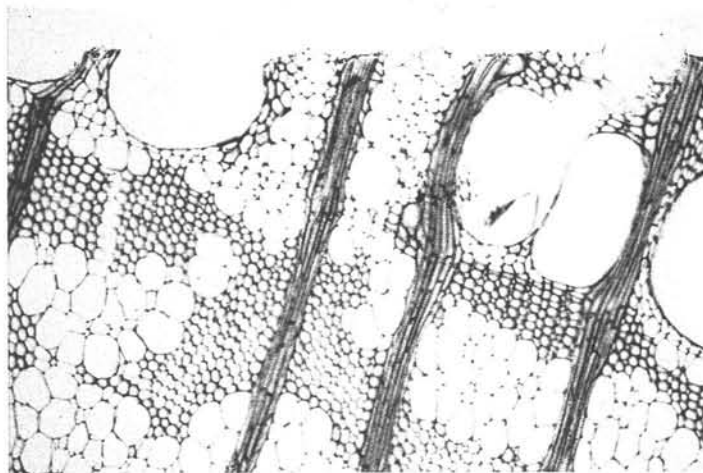


写真 10.1 やすりによる加工面

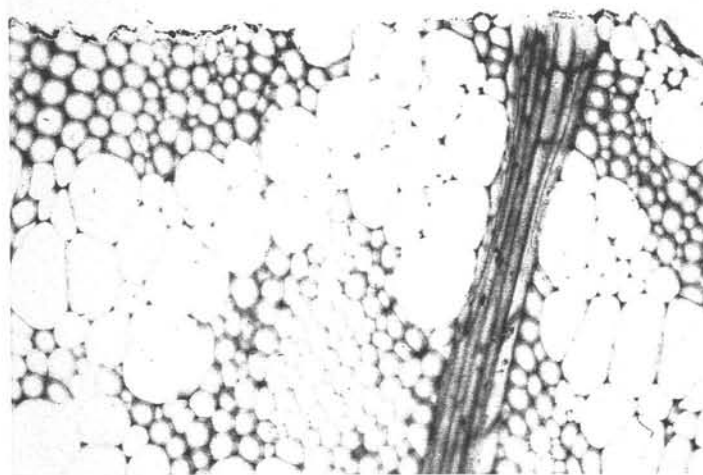


写真 10.2 やすりによる加工面

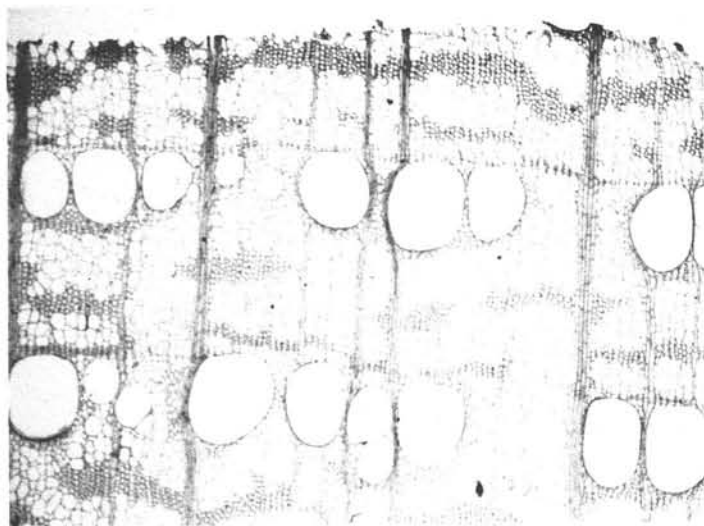


写真 11.1 表面が焼けた状態

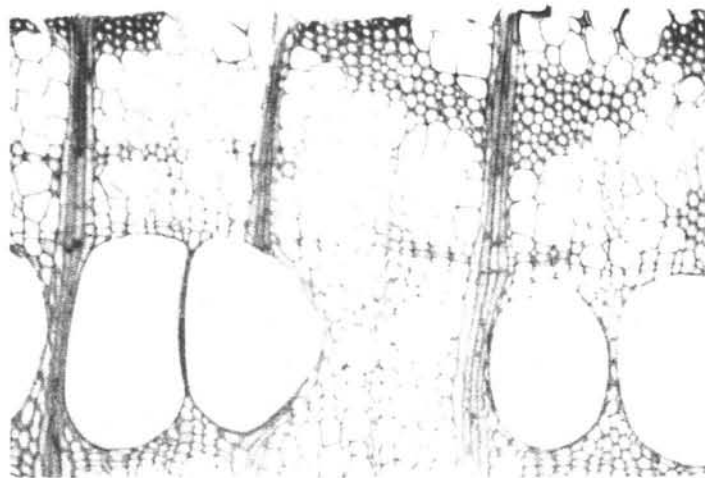


写真 11.2 表面が焼けた状態

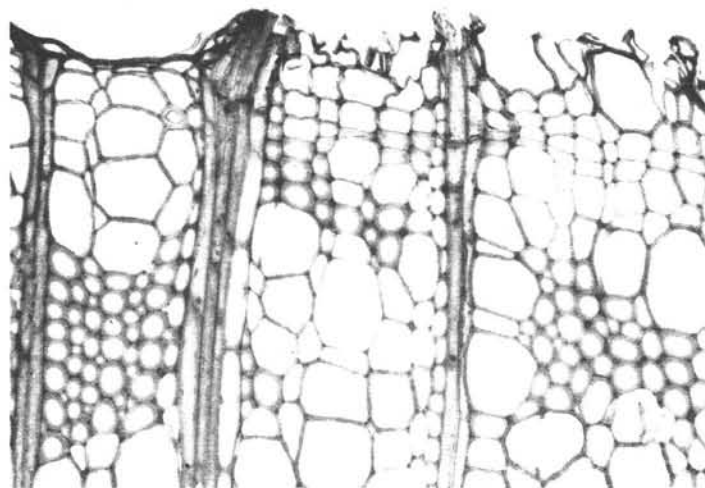


写真 11.3 表面が焼けた状態

2.2.3 データベースのツリー構造

本研究で作成したデータベースのツリー構造を、上記の拡大映像教材と関連づけて、図1に示す。

メインメニューは『ミクロの世界』で、これより技術分野の「技術とものづくり」、「情報とコンピュータ」の2つに分岐する。ここで〈技術とものづくり〉を選択すると、《材料・部品》と《道具・加工》となり、そこからそれぞれ[木材加工]、[金属加工]、[電気]、[機械]、[栽培]に分かれて、目的の教材に進むようになっている。

コンピュータ上の表示画面では、文字による選択だけではなく画像の選択によっても次の段階に進めるようにした。また、ページにはフレームを使用し、画面の左上にはカテゴリー別のメニュー画面を、左下にはその詳細メニューを用意し、拡大した画像の画面では1つ進んだり逆に戻ったりできること、そして詳細メニューを使用することによって容易に見たい画面に進める構造とした。

2.2.4 学習過程の例

上記の拡大映像教材を用いる学習過程の例を作成した。すなわち、第1学年の指導計画において、木材を主な材料とした製品の設計・製作の場面から『製品に適した材料を選ぼう』(14・15/35時間)と『材料を切断しよう』(24・25/35時間)の2つの学習過程を示すことにする。前者を表4に、後者を表5に示す。

1) “製品に適した材料を選ぼう”の学習過程

木材の分類や針葉樹材と広葉樹材の違いについて学習するため、これに適した拡大映像教材を呈示する。ここでは、スギ材やヒノキ材の針葉樹材の組織、カツラ材やセンノキ材、ラワン材の広葉樹材の組織などを取り上げた。また、リグナムバイタ材とバルサ材を対比させることで、重い木と軽い木の違いを実感させることを意図した。

2) “材料を切断しよう”の学習過程

両刃のこぎりを使っての木材の切断が学習内容となるため、両刃のこぎりの刃(縦びき刃と横びき刃)の構造、切削面の拡大映像教材を呈示する。縦びき刃と横びき刃の構造とその機能の違いを知ること、これらを使い分ける必要性を理解し、正しく安全な切断作業ができるようになることを意図した。具体的には、両刃のこぎりの各部の名称を紹介し、そして刃の構造の違いやあさりの意義等を拡大映像教材と教科書を併用して指導する。この目的は、この後の製作実習で適切な道具の使用ができ、また安全な切断作業ができるようにするためである。

2.3 まとめ

拡大映像教材を開発した環境はCPU 1.2GHz、メインメモリ 256MBで、使用する環境も同程度で考えている、したがって、現在一般的であるパーソナルコンピュータの性能で十分対応できるものと考えられる。また、ここで紹介した木材組織の映像は、スライド写真をスキャナーで読み込んで、データベース上に配置したものであるが、画質は印画紙上で見たものとほぼ同じであった。

今後は、実際に中学校で教材として利用し、その利用上の操作性や内容の効果を検証していく必要がある。

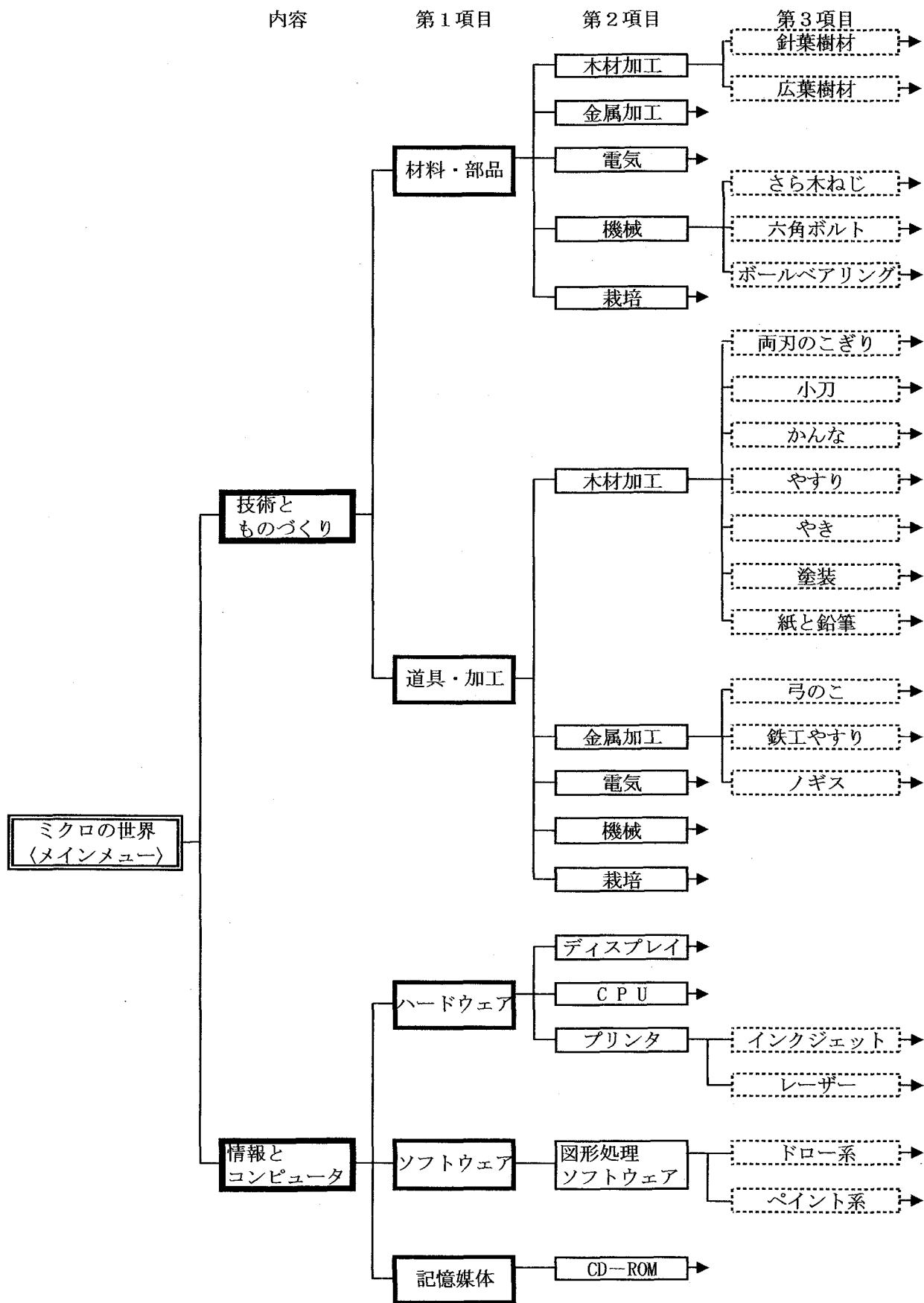


図1 拡大映像教材の構成内容を表したツリー構造

表4 “製品に適した材料を選ぼう”の学習過程と拡大映像教材

<p>1章 製品の設計</p> <p>3 製品に適した材料を選ぼう (14・15/35時間)</p> <p>・本時のねらい</p> <p>○針葉樹と広葉樹の違いを理解し、まとめることができる。</p> <p>○木材の分類について説明できる。</p> <p>○木材組織の各部の名称と特徴が説明できる。</p> <p>・本時の展開</p>			
指導項目	指導内容	指導上の留意点	拡大映像教材
本時のねらい	本時のねらいを知らせる。	ワークシートを配布する。 今回の製作で主に使用する木材について学習することを説明する。	
針葉樹と広葉樹の特徴	針葉樹材と広葉樹材の見本や拡大映像教材を観察させ、教科書をもとに特徴や用途をまとめさせる。	針葉樹材と広葉樹材の見本を呈示することで、手ざわりなどからより具体的に特徴が理解できるようにする。 拡大映像教材を見せることで各々の細かい特徴も理解できるようにする。	針葉樹材の組織 スギ材 ヒノキ材 広葉樹材の組織 カツラ材, センノキ材, ラワン材
木材の組織	丸太材やまさ目材, 板目材の見本と拡大映像教材を観察させ、教科書をもとに年輪・早材・晩材・心材・辺材・まさ目材・板目材などのことばの意味を理解させる。	丸太材やまさ目材, 板目材の見本を呈示し、興味を持たせる。 早材と晩材, 心材と辺材, などを対比しながら各部の特徴を理解させる。	針葉樹材の組織 広葉樹材の組織
仮道管と道管	ヒノキ材の仮道管や, カツラ材の道管などの形態的な特徴を知らせる。 (仮道管, 道管のはたらき)	拡大映像教材を呈示して説明する。 (ヒノキ材, カツラ材)	
重い木と軽い木の違い	木材組織が木材の性質に深く関わっていることを知らせる。 重い木と軽い木を対比させることで組織の特徴をより理解させる。	拡大映像教材を呈示して説明する。 (リグナムバイタ材, バルサ材)	リグナムバイタ材 バルサ材
本時のまとめ	本時のまとめをさせる。	本時の学習をまとめる。	
次時の予告	次時の予告をする。		

表5 “材料を切断しよう”の学習過程と拡大映像教材

2章 製品の製作			
3 材料を切断しよう (24・25/35 時間)			
・本時のねらい			
○両刃のこぎりを使って、木材を正確に切断することができる。			
○材料と切断工具の関係を理解する。			
○両刃のこぎりによる切断作業を安全に注意しながら積極的に進めることができる。			
・本時の展開			
指導項目	指導内容	指導上の留意点	拡大映像教材
本時のねらい	本時のねらいを知らせる。	本時から材料の切断に入ること を説明する。 ワークシートの配布。	
両刃のこぎり の特徴	両刃のこぎりや教科書の拡大映像 教材をもとに両刃のこぎりの各部の 名称を理解させる。	黒板に図をかき、生徒の発表に合 わせて名称を記入していく。	両刃のこぎり刃の 構造 両刃のこぎりの 切りくず
のこぎりびき のしかた	のこぎりびきの見本を見せ、教科 書の図を参考にしながら理解させ る。 材料の固定、姿勢、刃の角度など、 のこぎりびきの注意点を考えさせて 発表させる。	生徒を数回に分けて集め、のこぎ りびきを実演し特徴をつかみやす くする。	石けんの引きみぞ ナイフによる切削 面
のこぎりびき に挑戦	端材、余った木材を用いて縦びき と横びき用に直線をけがかせ、のこ ぎりびきを体験させる。 けがき線にそって切断できたか検 査させる。 拡大映像教材と教科書で振り返 り、のこぎりびきの特徴を理解させ る。 成功・失敗の原因を考えさせる。	両刃のこぎり、木材の配布・確認。 安全指導。 机間指導。 けがき線が残るように線の外側 を切断できたか確認し、成功・失敗 の原因を教科書をもとに復習させ る。	両刃のこぎり刃と のこぎりによる切 削面 両刃のこぎりの 切りくず 石けんの引きみぞ
のこぎりびき	各自の作品作りに入らせる。	机間指導。	
かたづけ	小さい端材はごみ箱へ、大きい端 材はリサイクル箱に入れさせる。 自分の材料の確認をさせる。	作業の終了を告げ、かたづけを始 めさせる。	
本時のまとめ	本時のまとめをさせる。	本時の授業内容を振り返らせる。	
次時の予告	次時の予告をする。	次時は各自、作品作りの続きをや ることを伝える。	

3. 拡大映像教材を用いた授業実践

3.1 はじめに

拡大映像教材を利用した授業における生徒の学習効果を検討するために、実際に中学校の技術科での授業実践を行い検討することとした。しかし、新教育課程は平成14年度から実施されているため、本年度作成した拡大映像教材は平成15年度以降しか使用できない。したがって、ここでは前教育課程の基で実施した同様の授業実践について紹介する。両者の相違は若干考えられるが、全体的な指導計画と学習過程は概ね等しいため、同様な結果が得られるものと思われる。

3.2 授業実践

授業実践は、大阪府南河内郡美原町立美原中学校の1年生2, 4, 6組の男子55名、女子52名の合計107名を対象とし、13週間の全25時間の中で実施した。

3.3 結果

3.3.1 各授業前後におけるアンケート調査の結果

各授業前後において全生徒にアンケート調査を実施した。アンケート方法は、すべて自由記述式により行った。ここでは、関連する学習過程である“製品に適した材料を選ぼう”、“製作実習”、“木材の有効利用”におけるアンケート調査の結果を示す。

1) “製品に適した材料を選ぼう”の結果

“製品に適した材料を選ぼう”の学習過程は、表4に示す通りである。学習上のねらいは、「針葉樹と広葉樹の違いを理解し、まとめることができる」、「木材の分類について説明できる」、「木材組織の各部の名称と特徴が説明できる」である。具体的な指導項目としては、針葉樹と広葉樹の特徴、木材の組織、仮道管と道管、重い木と軽い木の違いである。ここでは、スギ材、ヒノキ材、カツラ材、センノキ材、ラワン材のこぐち面、まさ目面、板目面の拡大映像教材を呈示して、木材組織の各部の名称と特徴を知らせた。そしてリグナムバイタ材、バルサ材のこぐち面の拡大映像教材を呈示して、重い木と軽い木の木材組織の違いを理解させることにした。授業前と授業後の学習内容に関する結果は、次の通りである。

a) 木材の組織について

「どのような木材の組織について、言葉または用語を知っていますか？」と質問した結果を、表6に示す。

回答結果より、授業前において木材の組織についての知識はほとんどなく、「放射組織」と回答したのは女子の生徒が1名であったが、授業後においては「仮道管」が38例、「道管」が34例、「木繊維」が24例、「放射組織」が17例計113例示された。これらのことから、木材組織の各部の名称について知らせる学習が、拡大映像教材などの呈示により、一層効果が現れたものと思われる。

b) 木材に対する感じ方について

授業後「今日の授業で木材について、どのような感じをもちましたか？」と質問して得られた結果を、物理的・化学的性質、組織、興味・関心、およびその他に分類し、表7に示す。

回答結果より、組織に関するものでは「針葉樹と広葉樹は組織やしくみが違う」、「たくさんの穴が空いている」、「拡大映像で見ると穴も違うし色も違う」などの回答が16

例あった。これらのことから、木材の組織を拡大映像で観察させることにより、肉眼では見ることのできない細胞の様子を知らせることが、木材の組織を分かりやすく学習させる結果につながったのではないかと思われる。

表 6 質問「どのような木材の組織について、言葉または用語を知っていますか？」の回答内容。(注：複数回答)

授業前

分類	項目	性別		計(例)	
		男子	女子		
組織	放射組織	0	1	1	
合 計 (例)		0	1	1	

授業後

分類	項目	性別	男子	女子	計(例)	
組 織	仮道管		19	19	38	113
	道管		13	21	34	
	木纖維		12	12	24	
	放射組織		8	9	17	
合 計 (例)			52	61	113	

表7 質問「今日の授業で木材について、どのような感じをもちましたか？」
 についての回答内容。(注：複数回答)

項目	内容	性別	男子	女子	計(例)
物理的・ 化学的性質	木にはすごく重いものと軽いものがある		5	10	26
	木には沈む木があった		1	4	
	バルサはすごく軽い		2	2	
	世界一重いリグナムバイタ		0	1	
	木の穴によって重さが違うこと		0	1	
組 織	針葉樹と広葉樹は組織やしくみが違う		0	2	16
	道管		0	2	
	複雑		0	2	
	たくさんの穴が空いている		0	2	
	スライドで見ると穴も違うし色も違う		0	2	
	スライドで見ると木は細かくできている		1	1	
	木材に組織があって呼吸できる		0	1	
	木にもいろいろな組織がある		1	0	
	仮道管		0	1	
	放射組織		0	1	
興味・関心	おもしろいと思った		0	2	16
	ちょっと不思議		0	1	
	その他		4	9	
そ の 他	針葉樹と広葉樹がだいたい理解できた		2	3	13
	いろいろあるのだなと思った		1	2	
	なかなか勉強になった		0	1	
	木材は難しい		1	1	
	木の種類		1	1	
合 計 (例)			19	52	71

2) “製作実習”の結果

“製作実習”の授業後、「今日のけがき作業（以下、のこぎりびき作業、かんながけ作業、組み立て作業においても同じ）は、今までに見せた拡大映像を、どれくらい考えながら行いましたか？」と質問して得られた結果を、表8に示す。

拡大映像のけがきの項目では「拡大映像で見た仮道管があるんだと思った」、木取りの項目では「横びきの刃を使うとき拡大映像の仮道管を思い出した」、部品加工の項目では「拡大映像で見た仮道管を思い出した」、組み立ての項目では「拡大映像を思い出した」、「拡大映像を思い出してくぎ打ちを行った」等が示された。

以上のことから、拡大映像を考慮して作業を行っているのは「組み立て」、「けがき」、「木取り」、「部品加工」の順となっている。しかし、作業が進行するにしたがって、教材の学習内容を考慮して作業をすることが少なくなる傾向にあることが示された。このことについては、今後製作実習時に使用する教材について検討する必要があることを示している。

表8 質問「今日のけがき作業（以下、のこぎりびき作業、かんながけ作業、組み立て作業においても同じ）は、今までに見せた拡大映像をどれくらい考えながら行いましたか？」についての回答内容のまとめ。（注：複数回答）

項目	内容	性別		計(例)
		男子	女子	
組み立て	スライドを思い出した	0	5	6
	スライドを思い出してくぎ打ちを行った	0	1	
けがき	スライドで見た仮道管があるんだと思った	0	2	5
	仮道管のことなどを思い出しながら線を引いていた	0	2	
	仮道管が赤かったこと	0	1	
木取り	横びきの刃を使うときスライドの仮道管が思いついた	0	1	4
	拡大映像教材で見たこと	0	2	
	切り口のところが前のスライドとぜんぜん違っていた	0	1	
部品加工	スライドで見た仮道管を思い出した	0	1	2
	スライドで見たこと	0	1	
合 計 (例)		0	17	17

3) “木材の有効利用”の結果

“木材の有効利用”の授業後、「木材について、どのような言葉を知っていますか？」と質問して得られた結果を、表9に示す。

回答結果より、授業前の28例に比べ本授業後に101例と示され、3倍以上増加している。樹種名についての回答が授業後に減少するが、組織については授業前の20倍以上と多くなっている。授業後、特に増加した組織の項目では「板目材」、「まさ目材」、「木目」、「年輪」、「こば」、「こぐち」があり、木材の組織の学習内容が反映された結果が示された。

以上のことから、学習を進めていく上で、木材組織の拡大映像教材を呈示することによって知識が蓄積していったと思われる。

表9 質問「木材について、どのような言葉（用語）を知っていますか？」
の回答内容。（注：複数回答）

授業前		性別	男子	女子	合計（例）
分類	項目				
樹種名	スギ		6	1	17
	ヒノキ		4	1	
	バルサ		2	0	
	サクラ		1	0	
	クズ		1	0	
	マツ		1	0	
組織	年輪		2	0	4
	木目		1	0	
	樹齢		1	0	
用途	割ばし		2	0	7
	まき		2	0	
	建築		1	0	
	造木		0	1	
	えんぴつ		0	1	
合計（例）			24	4	28

全授業後		性別	男子	女子	合計（例）
分類	項目				
組織	板目材		5	4	82
	まさ目材		5	4	
	木目		4	4	
	年輪		4	3	
	こば		3	2	
	こぐち		3	2	
	仮道管		1	3	
	道管		2	2	
	木繊維		2	2	
	放射組織		1	2	
	春材		2	1	
	夏材		2	1	
	心材		2	1	
	辺材		2	1	
	もと		1	2	
	すえ		1	2	
	木表		1	2	
	木裏		1	2	
分類	間伐材		1	3	10
	針葉樹		2	1	
	広葉樹		2	1	
用途	集成材		1	2	9
	難燃材		0	2	
	角材		1	0	
	建築材		1	0	
	断熱材		1	0	
	合板		0	1	
合計（例）			51	50	101

3.3.2 全授業終了後におけるアンケート調査の結果

木材の組織に関する教材を使用することにより、どのようなことを知らせることができたかを検討するために、全授業終了後において「各授業において使用した拡大映像教材から、どのようなことが分かりましたか？」のアンケート調査を行った。これらの結果を、以下に示す。

1) 針葉樹と広葉樹

「拡大映像で針葉樹材と広葉樹材の木材組織を観察しました。このことから、どのようなことが分かりましたか？」と質問して得られた結果を、表 10 に示す。

回答結果より、「針葉樹には仮道管がある」、「組織の違い」、「針葉樹のほうは木材組織がびっしりと詰まっている」等、組織・構造に関する回答が 31 例示された。これらのことから、木材の組織の拡大映像を通して針葉樹では仮道管、広葉樹では道管について知らせることができるものと思われる。

2) リグナムバイタ材とバルサ材

「拡大映像でリグナムバイタ材とバルサ材の木材組織を観察しました。このことから、どのようなことが分かりましたか？」と質問して得られた結果を、表 11 に示す。

回答結果より、「バルサはすきまがある」、「リグナムバイタはすきまがない」等、組織・構造に関する回答が 23 例、「世界一軽いのがバルサ」、「世界一重いのがリグナムバイタ」等、物理的性質に関する回答が 45 例示された。これらのことから、前問の「針葉樹と広葉樹」と同様に木材組織の拡大映像を通して、肉眼では見ることでできない世界一重い木、軽い木の細胞の様子を知らせて木材の細胞の空隙の違いによる比重の違いを理解させることができるものと思われる。

3) ならい目けずりとさか目けずり

ならい目けずりとさか目けずりについて行った「かなけずり」の学習過程を、表 12 に示す。学習上のねらいは、「かなの構造と各部の名称、ならびにかなけずりの様子が説明できる。」、「繊維の方向を考慮して、かなけずりができる。」である。具体的な指導項目としては、かなけずり、こばけずりの仕方と検査である。ここでは、ならい目けずり、さか目けずりを行ったそれぞれの板材とヒノキのこぐち面の拡大映像教材を呈示して、両方の切削面の違いを理解させることにした。

次に、「板材のこば面をかなけずりした後に、表面の様子を拡大映像と板材で観察しました。このことから、どのようなことが分かりましたか？」と質問して得られた結果を、表 13 に示す。

回答結果より、「ならい目けずりの方がきれい」、「木目にそってけずった方は普通であつた」などならい目に関する回答が 3 例、「さか目けずりの方ははだあれしてた」、「繊維が見事にざらざらにけずられていた」、「木目と逆の方はばさばさになっていた」等、さか目に関する回答が 3 例、「放射組織など細かいところがよく見えた」の組織に関する回答が 1 例示された。これらのことから、得られた回答数は少ないが、さか目とならい目の板材の表面の様子について知らせることができるものと思われる。

表 10 質問「拡大映像で針葉樹材と広葉樹材の木材組織を観察しました。このことか、
どのようなことが分かりましたか？」の回答内容。

項目	内容	性別		計(例)
		男子	女子	
組織・構造	針葉樹には仮道管がある	3	3	31
	組織の違い	3	3	
	木繊維	0	3	
	針葉樹のほうは木材組織がびっしりとつまっている	3	0	
	広葉樹のほうは木材組織が穴ぼこ	3	0	
	放射組織の方向	0	2	
	広葉樹には道管がある	1	1	
	道管がばらばらにつまっていた	1	0	
	仮道管が規則正しく並んでいた	1	0	
	道管がすごく大きかった	1	1	
	穴が少ない	0	1	
	穴が多い	0	1	
物理的性質	組織の違いでやわらかかったりかたかったりする	1	2	5
	針葉樹は比較的やわらかい	0	1	
	広葉樹は比較的かたい	0	1	
そ の 他		13	14	27
合 計 (例)		30	33	63

表 11 質問「拡大映像でリグナムバイタ材とバルサ材の木材組織を観察しました。
このことから、どのようなことが分かりましたか？」の回答内容。
(注：複数回答)

項目	内容	性別		計(例)
		男子	女子	
組織・構造	バルサはすきまがある	4	3	23
	リグナムバイタはすきまがない	3	3	
	リグナムバイタは穴が少なかった	2	0	
	バルサは穴が多かった	2	0	
	リグナムバイタの方が組織が細かい	1	1	
	バルサの組織は大きい	0	1	
	木材組織の違いで木の重さが変わる	0	1	
	軽い木と重い木の組織がまったく違う	0	1	
	どうして軽いのか	0	1	
物理的性質	世界一軽いのがバルサ	9	10	45
	世界一重いのがリグナムバイタ	3	5	
	軽い木と重い木がある	1	5	
	リグナムバイタは水に沈む	4	1	
	水に浮かない木がある	1	1	
	バルサは水に浮く	1	0	
	バルサの軽さに驚いた	0	1	
	木にはいろいろ重さがある	1	0	
	沈む木があるとはよく知らなかった	1	0	
	どうして水に沈むのか	0	1	
合 計 (例)		33	35	68

表 12 “かんなけずり”の学習過程

<ul style="list-style-type: none"> ・単元名 かんなけずり ・本時のねらい <ul style="list-style-type: none"> ○かんなの構造と各部の名称，ならびにかんなけずりの様子が説明できる。 ○繊維の方向を考慮して，かんなけずりができる。 ・本時の展開 			
指導項目	指導内容	指導上の留意点	拡大映像教材
本時のねらい	本時のねらいを確認する。		
かんなけずり	こばけずり後の木材表面の様子を知らせる。	拡大映像教材を呈示する。 (ヒノキ材のこぐち面)	ヒノキ材のこぐち面
	かんなの構造と各部の名称を知らせる。 なめらかにけずるには，けずる方向を考えなければならないことを知らせる。 (ならい目けずり，さか目けずり)	印刷物を配布する。 実物標本を呈示する。	ならい目けずり さか目けずり (裏金あり，なし)
	刃の出し入れと刃先の調節の仕方を知らせる。	刃の出が見えないくらいから試しけずりを行い調節していくことを知らせる。	
こばけずりの仕方	こばけずり（面とり）の仕方について知らせる。 (かんなの持ち方，引き方，姿勢) こばけずり台を使って，まっすぐけずらせる。	こばけずり台を使って行う。 繊維の方向を意識させながらこばけずり（面とり）を行わせる。	
検査	こばけずり後，さしがねを用いて検査を行わせる。		
本時のまとめ	本時のまとめをする。		

表 13 質問「板材のこば面をかんなくずりした後に，表面の様子を拡大映像と板材で見せました。このことから，どのようなことが分かりましたか？」の回答内容。
(注：複数回答)

項目	内容	性別		男子		女子		合計（例）	
				拡大映像	板 材	拡大映像	板 材	拡大映像	板 材
ならい目	ならい目けずりの方がきれい			0	0	2	1	3	3
	すべすべしている			0	1	0	0		
	木目にそってけずった方は普通であった			0	0	1	1		
さか目	さか目けずりの方ははだあれしてた			1	0	0	1	3	3
	繊維が見事にざらざらにけずられていた			0	0	1	1		
	木目と逆の方はばさばさになっていた			0	0	1	0		
	がさがさしている			0	1	0	0		
組 織	放射組織など細かいところがよく見えた			1	0	0	0	1	1
	木材の組織			0	1	0	0		
その他	さか目けずりとならい目けずりの違い			0	0	1	0	2	3
	どのようにしてけずればよいか分かった			0	1	0	0		
	木目の方向できれいになったりする			0	0	0	1		
	かどがとれた			0	0	0	1		
	かんなでけずった時はだの様子			0	0	1	0		
合 計 (例)				2	4	7	6	9	10

3.4 結論

スギ材、ヒノキ材、カツラ材、センノキ材、ラワン材の木材組織を拡大映像で観察させたことにより、仮道管、道管の名称と形状について知らせることができる。また、リグナムバイタ材とバルサ材の拡大映像教材を観察させることにより、空隙の違いで重い木と軽い木があることを理解させることができる。

各授業後、全授業終了後に行ったアンケート調査の結果より、拡大映像教材を呈示した授業やその後において、木材の組織の名称と形状等を理解していることが確認できた。しかし、製作実習時において、「かんながけ」、「組み立て」と作業の進むにしたがって、木材の組織の特徴や性質を意識することが少なくなっていることが分かった。このことに関しては、木製品を製作することに集中しているためではないかと思われる。そこで、製作実習時において、木材の組織を印象づけるための教材の開発が必要であると思われる。

なお、以上の調査においては、回答を男女に分けて記載したが、製作実習時においては差が認められたものの、全授業終了後においては差が認められなかった。

4. まとめ

本研究では、新学習指導要領の中学校技術・家庭科技術分野に準拠した指導計画を作成し、その授業で用いることができる拡大映像教材を開発して、そのデータベース化を図った。そして、これらを基にして拡大映像教材を用いる学習過程の例を提案すると共に、中学校技術科の授業にそれらを取り入れることにより、学習効果を期待することができる可能性を得ることができた。

参考文献

- ・文部科学省：中学校学習指導要領（平成10年12月）技術・家庭科編，大蔵省印刷局（1998）
- ・南 良治：必修「木材加工」に関する実証的研究，兵庫教育大学教科・領域専攻生活・健康系教育講座修士論文（1989）
- ・宮川秀俊・高部和子：技術・家庭科教育の実践的研究－学ぶ意欲を高める指導計画の作成と学習過程の探究－（1992）
- ・東京書籍：『新しい技術・家庭 技術分野』，教師用指導書－授業展開編および指導計画編（2002）
- ・開隆堂：『技術・家庭 技術分野』（2002）
- ・鈴木逸男：技術科教育における映像教材の開発に関する基礎的研究－パソコンを用いた拡大映像教材の開発について－，愛知教育大学卒業研究（1998）
- ・林 章一：木材加工教育における教材・教具の開発に関する研究－特に木材組織について－，兵庫教育大学教科・領域専攻生活・健康系教育講座修士論文（1991）

第 4 章

木質系資源の有効利用方法について理解を深める教材開発

樹皮を使った廃棄物処理技術とその教材化の試み

浅田 茂裕

埼玉大学教育学部

植村 拓哉

埼玉大学教育学部大学院生

木質系資源の有効利用方法について理解を深める教材開発

樹皮を使った廃棄物処理技術とその教材化の試み

埼玉大学教育学部

浅田 茂裕・植村 拓哉

1. はじめに

生活環境において有用な、そして再生可能な循環資源である木材において、その利用までの過程で生じる廃棄物については、より広く認知されなければならない。製材、材料加工、製品化などの過程では、かんなくず、のこくず、背板、端材等、多種多様な廃棄物が排出される。廃棄物とはいえ、これらのほとんどは再利用が可能で、現在でも、パーティクルボードなどの木質材料や製紙用のチップなどのように、高度利用に供される場合が多い。しかしながら、同じ木質系廃棄物でありながら、製材の過程で排出される樹皮については、近年まで資源として顧慮されることが少なく、利用される場合でも、コンポストやサーマルリサイクルなどの方法しかとられてこなかった。

さて、樹皮は、異物をほとんど含まない状態で大量に、比較的狭い地域に集中して集積されるという、再生資源としては非常に有望な条件を備えている。また、タンニンなど多様な有効成分の抽出が可能でもあり、その利用方法の検討は、近年、積極的に進められるようになってきた¹⁾。この樹皮のような高度再利用の可能性を持つ廃棄物を例として、その特徴、利用の意義と影響、背景などについて児童・生徒に考える機会を提供することは、バイオマスとしての木材の有用性の理解を深めるだけでなく、誤解の生じやすい木質系資源への正しい認識を育み、環境問題への積極的アプローチの一つとなりうるといえる。

そこで本稿では、炭素ストックとしての樹木、木材の資源としての有用性を理解させる教材開発の試みとして、製材過程における廃棄物としての樹皮を使った木質ボードの製造をおこない、その製造条件について検討を試みた。そして、材料としての基本的性質である曲げ強さなどの測定をおこない、教材としての利用の可能性を探った。

2. 実験方法

2. 1 供試材料

樹皮は埼玉県小川町の製材工場にて、ウォータバーカを用いてはく皮された埼玉県産スギ材のものをを用いた。ウォータバーカは水圧を用いて原木丸太より樹皮のみをはぎ取る方法であり、チェーンバーカ、リングバーカなどの刃物で樹皮を削り取る方法と違い、排出された樹皮のなかに木質部分など混入物が少ないはく皮方法である。ただし、この方法により排出された樹皮は高含水率状態にあり、今回供試するにあたっては10日間の天然乾燥をおこない、含水率を低下させた後、実験に供試した。なお、樹皮は刃物などによって適当なサイズに切断後、家庭用ミルミキサを用いて粉碎したものを使用した。樹皮に含有されているタンニン等の成分からは接着剤の調製が可能

であり、高い接着効果が確認されているが、この実験でも、この含有成分の接着効果発現に期待し、接着剤等の使用は行っていない。

また、実際に樹皮を主原料とした木質ボード（以下樹皮ボードと呼ぶ）を製造する場合、原料としてウォータバーカを用いてはく皮された樹皮のみを収集するのは現実的ではない。リングバーカ、チェーンバーカではく皮した樹皮は、前述のように、木部組織がかなりの割合で混入するものの、それらの方法で得られた樹皮は、ウォータバーカではく皮した樹皮に比べ、含水率が低い、比較的粒度が細かいなど樹皮ボードを製造するにあたり有利な条件を有している。様々な条件の原料を使用できる技術の研究そして確立は、樹皮に限らず未利用バイオマス利用の研究においては、最も肝要な事項である。そこで、様々な方法ではく皮された樹皮の利用を想定し、木部の混入が板状材料にどのような影響を与えるのかを検討するため、木材小片と主原料の樹皮を一定割合で混合した板状材料を製造し、機械的性質などへの影響について検討をおこなった。なお、木材小片はパーティクルボード製造工場で使用されている心層用木材小片をスクリーン法により 12 ～ 24mesh に粒度調整した後に供試した。樹皮および木材小片の含水率および粒度構成比、平均寸法を表 1 に示す。

2. 2 製造条件

樹皮ボードの製造条件を表 2 に示す。樹皮ボードの製造条件は目標密度 1.2g/cm^3 を標準とし、熱圧温度（120 ～ 200℃）、熱圧時間（3 ～ 13 分）、原料の含水率（5 ～ 25%）を変化させて各条件につき 3 枚ずつ製造試験をおこなった。また、前述の木材小片を混入した板状材料については、木材小片を 10、30、50%で混入し、熱圧温度 160℃、熱圧時間 7 分の条件で製造した。なお、製造は寸法 $200 \times 77 \times 5\text{mm}$ の板状材料が製造可能な方形の金型（図 1）に樹皮を供給後、プレス機にセットしゲージ圧力 20MPa で熱圧締を行った。

2. 3 材質試験

製造後の樹皮ボードより寸法 $125 \times 50 \times 5\text{mm}$ の試験体を採取し、JIS A 5908 に準拠して曲げ試験をおこなった²⁾³⁾。曲げ試験は、テンシロン万能試験機（オリエンテック社製）を用いてスパン 75mm、荷重速度 5mm/min の中央集中荷重による三点曲げ法でおこない、曲げ強さ（以下 MOR）と曲げヤング率（以下 MOE）を求めた（表 3）。各試験体は実験前にマイクロメータを用いて、厚さ 5 点、幅 3 点、長さ 3 点の寸法測定をおこなった。

なお、今回の製造試験では、ものづくり学習に供される材料としての利用を視野にしているために、通常木質ボードの基本的性質として重要となる水分特性や強度指標の一つである、はく離試験に関しては行っていない。

3. 結果と考察

3. 1 熱圧温度の変化

熱圧温度を変化させた製造試験の結果について、製造後のボード厚さとの関係を図2に、MOR と MOE との関係を図3に示す。図2, 3より、熱圧温度 160 °C の条件において製造後のボード厚さは最も目標値に近づき、MOR, MOE はパーティクルボードにおける機械的性質の最も優れた等級である JIS 規格 18 タイプ (MOR が 18MPa 以上) に近い値を示した。この値は、ものづくり用の教材としてはもちろん、接着剤なしで製造された構造用木質ボードの機械的性質としては非常に良好な数値といえる。また、160 °C で製造したものは、表面、断面等に空隙、亀裂などの損傷は見られず、比較的平滑で良好な仕上がりであった。

一方で、熱圧温度条件を変化させて製造した場合、高温域で製造された樹皮ボードは、表面が暗赤褐色に変色するとともに、表面および断面にパンク現象による亀裂、空隙が発生した(図4, 5)。このパンク現象は、パーティクルボードなどの熱圧成形による木質材料製造の際に発生する現象で、原料マット内部に高温、高圧力の水蒸気が蓄積されることがあり、そのままの状態を除圧した場合に、その内部蒸気の急激な膨張・噴出によりエレメント間の結合の一部が破壊され、ボード内部に空隙や亀裂を生じさせる現象である。この現象が発生した場合、製造された材料の機械的性質を急激に低下させる要因になるといわれている⁴⁾。この実験において、160 °C まで樹皮ボードの厚さの低下、機械的性質の向上が見られたのは、熱圧温度の増加にしたがいタンニン等の樹皮に含まれる成分による接着効果が高まり、ボードエレメントである樹皮間の結合力が高まった結果と考えられる。また、熱圧温度条件の増加にともなう機械的性質の低下は、接着成分としてのタンニン、あるいは樹皮そのものの熱劣化、そして前述のパンク現象によるものであると考えられ、160 °C という温度は樹皮を使用した板状材料の製造条件の指標の一つであると考えられる。

3. 2 熱圧時間の変化

熱圧温度 160 °C の条件で熱圧時間を変化させて樹皮ボードを製造した結果、製造後のボード厚さについては熱圧時間3分から13分の間ほぼ一定の値で推移した(図6)。また、MOR, MOE が熱圧時間 7 分程度まで増加する傾向にあったものの、それ以降はほぼ一定の値で推移した(図7)。これは、熱圧温度 160 °C の条件においては、熱圧時間の増加による樹皮の劣化が生じにくいことを示唆しており、樹皮を主原料とした熱圧成形による樹皮ボードの製造における最適温度条件がおよそその前後であることを伺わせる重要な結果といえる。

3. 3 原料含水率の変化

原料の含水率を変化させて製造した場合、気乾状態 (13.6 %) の原料において製造後のボード厚さが最も小さくなり(図 8)、MOR および MOE についても最も高い値を示すことがわかった(図 9)。原料含水率 5% で製造した樹皮ボードの MOR, MOE はと

もに気乾状態で製造したものに比べ 1/3 程度の強度性能しか有しておらず 8 タイプ (MOR が 8MPa 以上) にも満たなかった。また、25%の含水率で製造した場合、樹皮ボードの表面が暗赤褐色に変色するとともに、断面にパンク現象が見られ、強度性能が 13 タイプ (MOR が 13MPa 以上) 程度まで低下した (図 10, 11)。以上のことから、より高い接着効果を得て、機械的性能の向上を図るためには、材料設計の際に目標含水率を設定し、適切な水分管理が必要であり、それは 13% 付近のいわゆる気乾状態であると考えられる。

ウォータバーカのように水圧によるはく皮方法は、原木を必要以上に傷つけず歩留まりを上げる効果的な技術であるが、樹皮に一定以上の含水率の増加をもたらし、樹皮ボードの製造にあたっては場合によって内部にパンク現象を引き起こしたり、樹皮を劣化させるなど、機械的性能の低下を招く原因になる可能性があると考えられる。このことから、ウォータバーカを用いてはく皮した樹皮を原料として用いるためには、人工乾燥、天然乾燥などの併用により、十分な水分管理が必要であるといえる。

3. 4 木材小片の混入

木材小片を混入して製造した樹皮ボードの厚さを図 12 に示す。図より、木材小片の混入は、樹皮ボードの厚さ方向の膨張を引き起こすことがわかる。一方、木材小片の混入と MOR, MOE との関係を見た場合、木材小片の混入率の増加にしたがって MOR, MOE とともに減少し、木材小片を混入していない樹皮ボードが 18 タイプに近い機械的性質を有するのに対し、50%の混入では 8 タイプ以下にまで低下することがわかる (図 13)。以上の結果は、タンニンなど接着効果を有する成分を含まない木部組織混入の増加が、板状材料内部のエレメント間の接着力を低下させたことを示唆している。

以上のことから、より強度性能の高い樹皮ボードを製造するためには木部組織が混入していない樹皮を原料として選択することが理想であるといえる。しかしながら、ウォータバーカからはく皮された樹皮のみを利用するというのは原料収集の問題やより多くの樹皮を利用するという考えから現実的ではない。木材小片の混入率が 30% の場合でも 8 タイプ以上の強度性能を有することから、仮にリングバーカ、チェーンバーカではく皮した樹皮を原料として用いても教材用の材料としては十分な実用が可能である。さらに、リングバーカ、チェーンバーカではく皮した樹皮は木部が混入する可能性があるものの、含水率が低いことやあらかじめ粉碎された状態で排出されるなど樹皮ボードを製造するにあたりコスト的な面などで有利である。このことから、高い強度が必要な場合、ウォータバーカではく皮された樹皮のように木部混入が非常に少ない原料を使用し、それほど高い強度を必要としない場合には、リングバーカ、チェーンバーカではく皮された樹皮などが混入した原料を使用することが可能であると考えられる。

4. おわりに

本研究では、炭素ストックとしての樹木、木材の資源としての有用性を理解させる教材開発の試みとして、製材過程に排出される廃棄物としての樹皮を使った木質ボードを製造し、その製造条件について検討を試みた。

その結果、樹皮を主原料とした樹皮ボードは接着剤を使用しなかったにもかかわらず JIS 規格 18 タイプに近い機械的性能が得られ、構造用材料としての使用が可能なので非常に良好な機械的性質を有することがわかった。また、化学物質を含む接着剤を使用していないことから、安全な教材として利用可能であるだけでなく、従来廃棄物として処理されてきた樹皮というバイオマスが、非常に高い再資源化の可能性を持つ原料であることを見いだした。

今後、この樹皮ボードの教材化に向けては、切削性能や切削感、接合性能などの学習者の視点から明らかにすべき点が多い。しかし、木材加工のようなものづくりの学習では、初学者に対し、箱物と呼ばれる板材を使った製品製作をおこなわせるのが通常である。今回製造した樹皮ボードはそのような初学者の学習に提供することによって、これまでの木材よりもコンポストやサーマルリサイクルなどの廃棄物処理について、より身近に考えさせることが可能であり、材料中に二酸化炭素を保存し続ける樹皮というバイオマスの炭素ストックとしての機能について考えさせる学習教材としても有効であるといえる。さらに、樹皮の再資源化技術は、近年荒廃しつつある山林の保全、活性化と林業、林産業との関係を知らせるといった、環境問題の経済学、社会学的な側面にふれる機会を提供するかもしれない。

今後、常温で成型する方法など、特殊な機器を使用することなく、この樹皮ボードの学校での製作を視野に入れた製造技術の確立などについて研究を深めることによって、より教材としての価値を高め、学習効果などに関する実践的な研究を進める必要がある。

参考文献

- 1) 大原誠資：木材工業，Vol.56，No.5，pp.209-215 (2001)
- 2) 日本木材学会：木材科学実験書Ⅰ.物理・工学編，pp.211-213 (1990)
- 3) 坂倉省吾：JIS A 5908 パーティクルボード，財団法人日本規格協会，pp.1-11 (2000)
- 4) 日本材料学会木質材料部門委員会：木材工学事典，泰流社，p.502 (1982)
- 5) 植村拓哉，浅田茂裕：日本産業技術教育学会誌，Vol.44，No.4，pp.191-198 (2002)

表 1 供試材料の含水率および粒度構成比と平均寸法

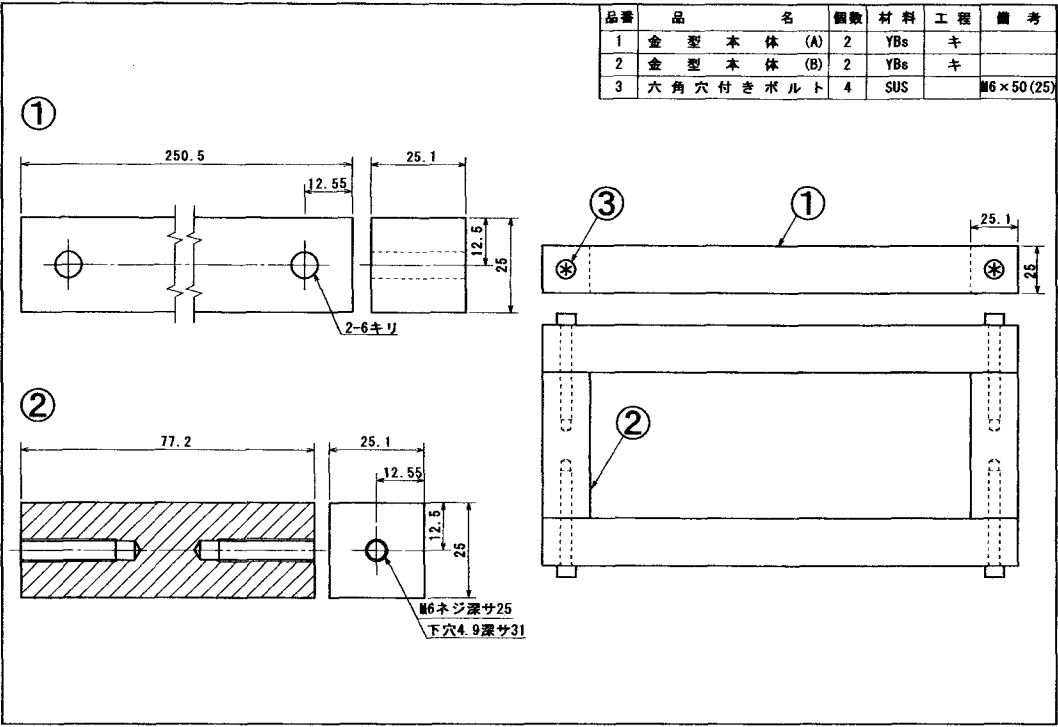
材料名	含水率 (%)	粒度 (mesh)	長さ (mm)	幅 (mm)	構成比 (%)
樹皮	13.6	on#8	1.36	15.8	26.4
		# 8 to 12	0.3	7.08	8.06
		#12 to 24	0.19	5.15	18.9
		#24 to 48	0.16	2.97	25.3
		throug#48	0.13	2.64	21.3
心層用木材小片	9.1	#12 to 24	9.74	1.18	26.02

表 2 樹皮ボードの製造条件

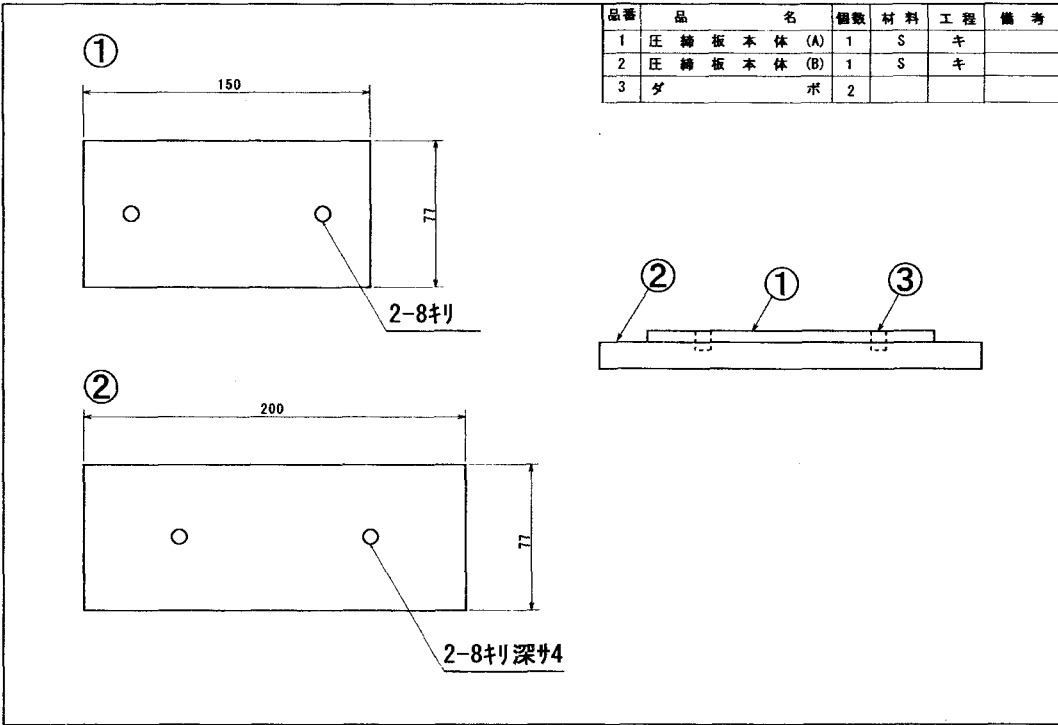
目標厚さ	(mm)	5
目標密度	(g/cm ³)	1.2
原料の含水率	(%)	5, 13.6, 25,
熱圧温度	(℃)	120, 140, 160, 180, 200
熱圧時間	(分)	3, 5, 7, 9, 11, 13
木材小片 混入率	(%)	10, 30, 50
プレス機のゲージ圧力	(MPa)	20
製造枚数	(枚)	3

表 3 曲げ試験の条件

試験体寸法	(mm)	125 × 50 × 5
荷重速度	(mm/min)	5
スパン	(mm)	75
試験方法	中央集中加重による三点曲げ法	
評価項目	曲げ強さ(MOR)	
	曲げヤング率(MOE)	
試験機	テンシロン万能試験機(オリエンテック社製)	



A) 方形金型



B) 圧縮板

図1 方形金型および圧縮板の寸法形状

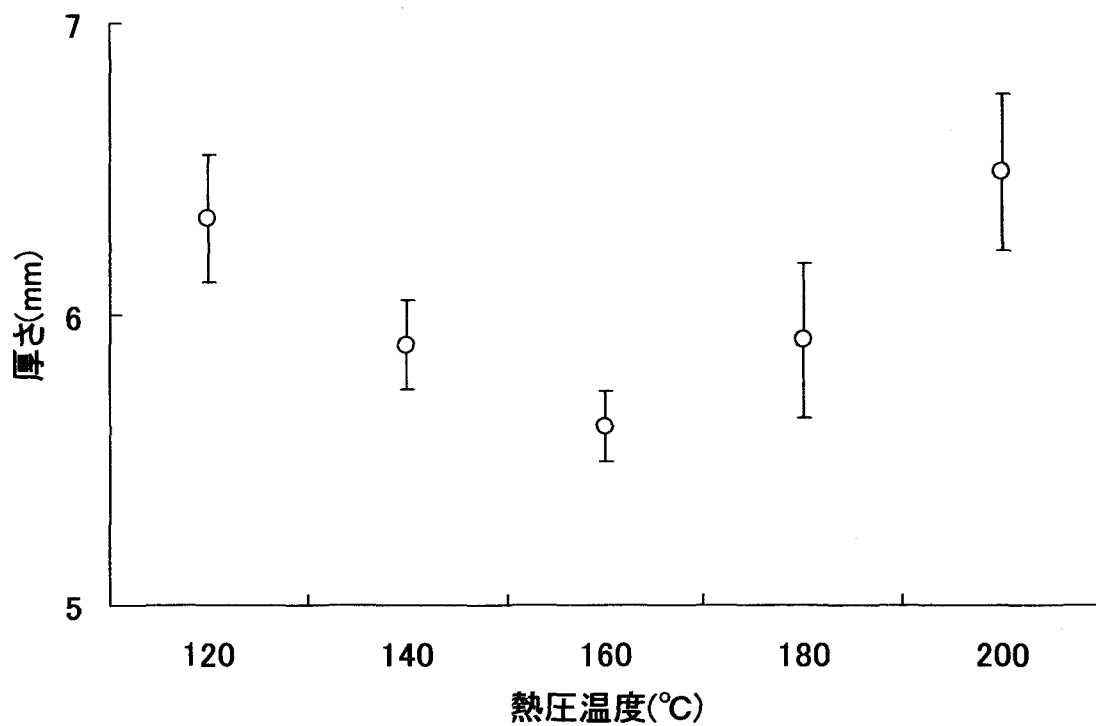
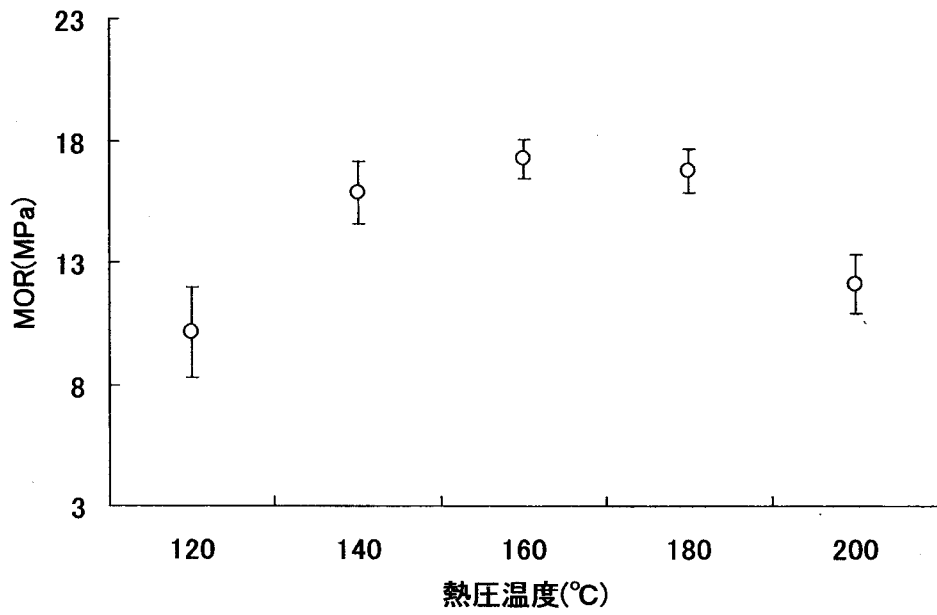


図2 熱圧温度の変化と製造後のボード厚さとの関係

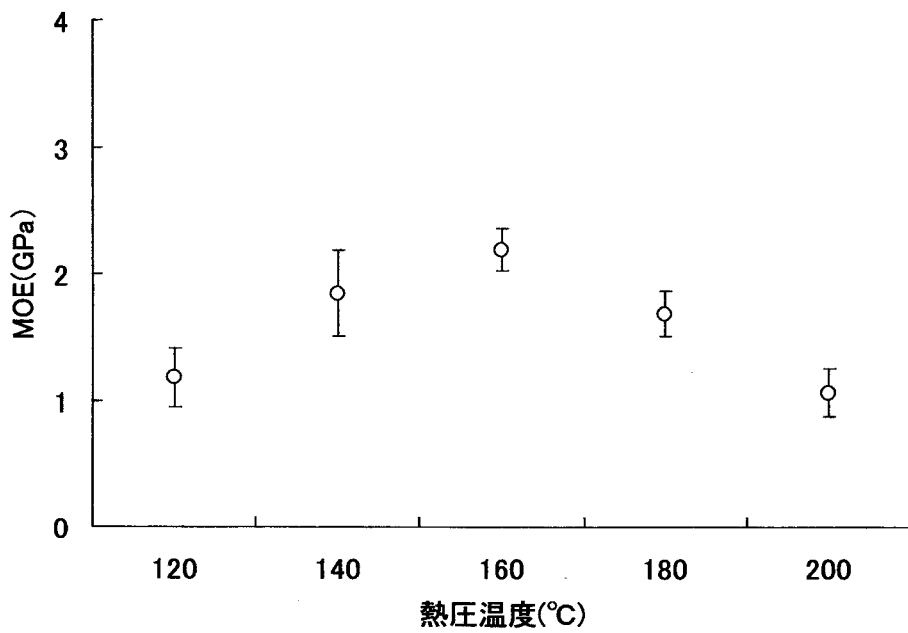
注釈：原料含水率：13.6%

目標密度：1.2g/cm³

熱圧時間：7分



A) MOR



B) MOE

図3 熱圧温度の変化と樹皮ボードのMORとMOEとの関係

注釈：原料含水率：13.6%

目標密度：1.2g/cm³

熱圧時間：7分

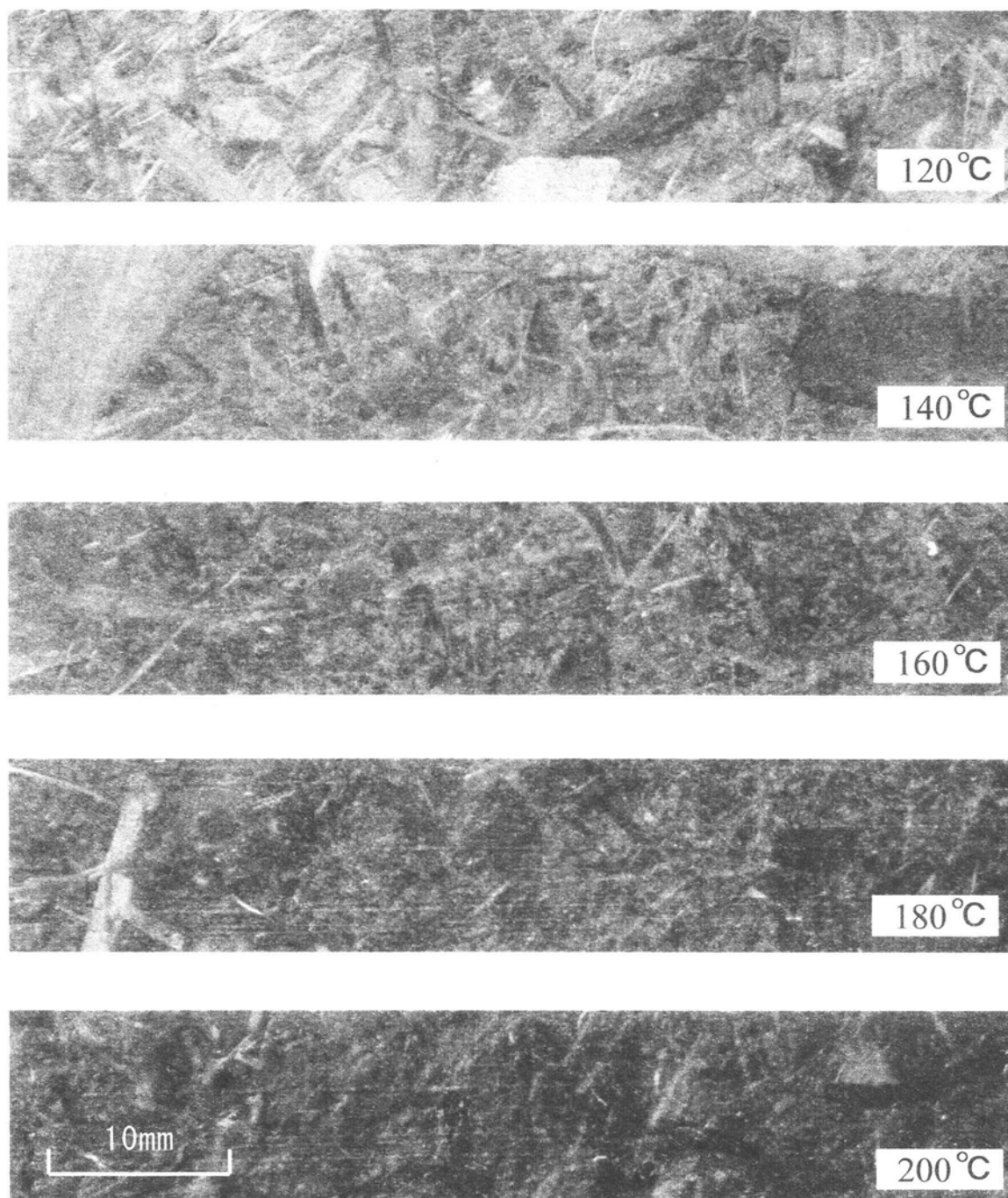
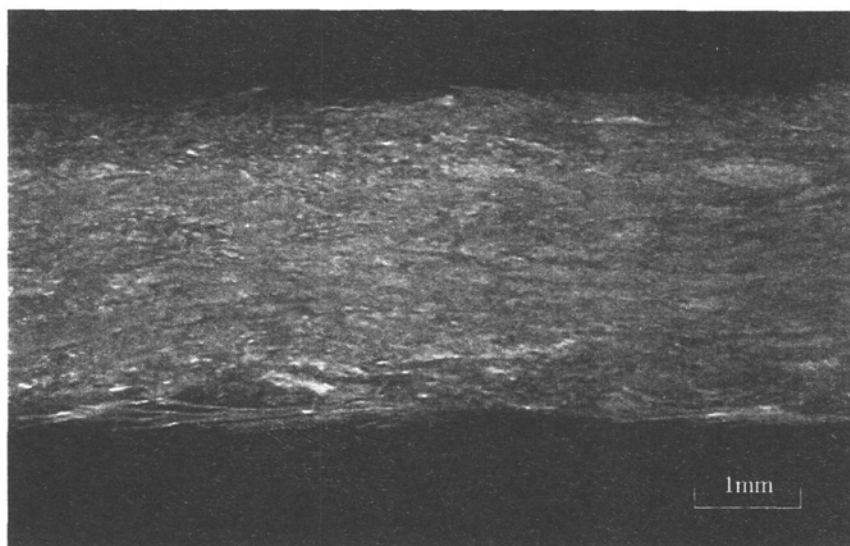


図4 熱圧温度を変化させた樹皮ボードの表面

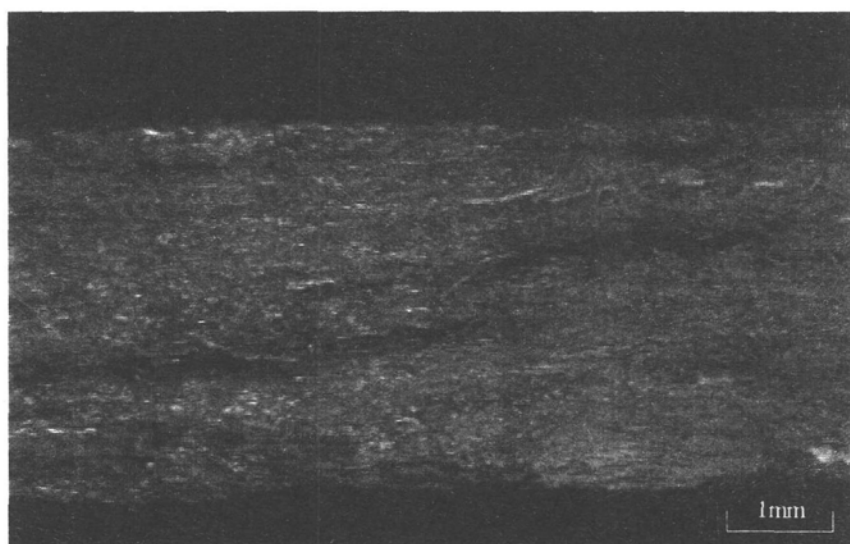
注釈：原料含水率：13.6%

目標密度：1.2g/cm³

熱圧時間：7分



A) 熱圧温度：160 °C



B) 熱圧温度：200 °C

図5 熱圧温度を変化させた樹皮ボードの断面

注釈：原料含水率：13.6%

目標密度：1.2g/cm³

熱圧時間：7分

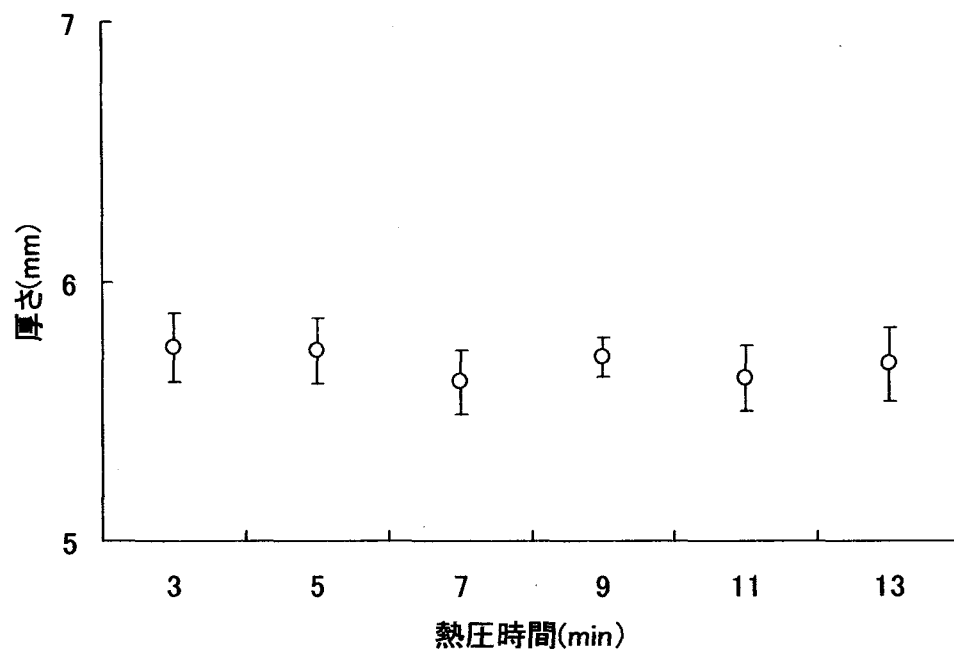
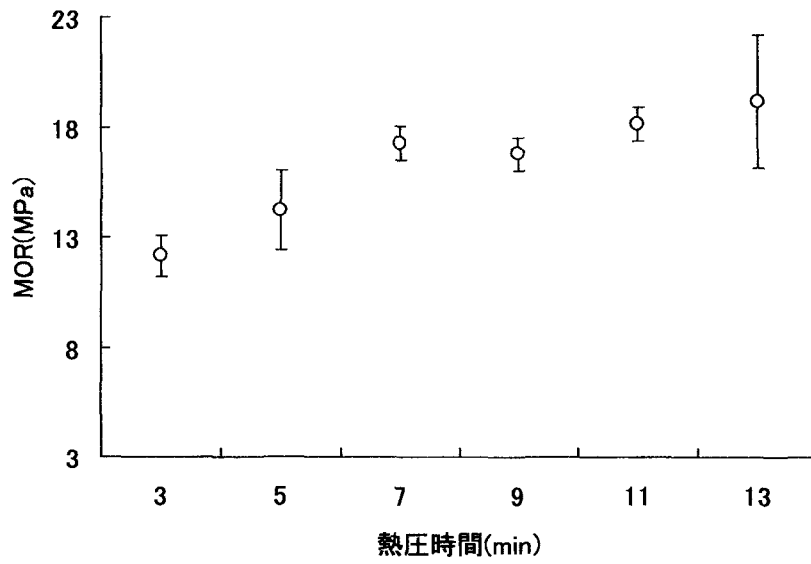


図 6 熱圧時間の変化と製造後のボード厚さとの関係

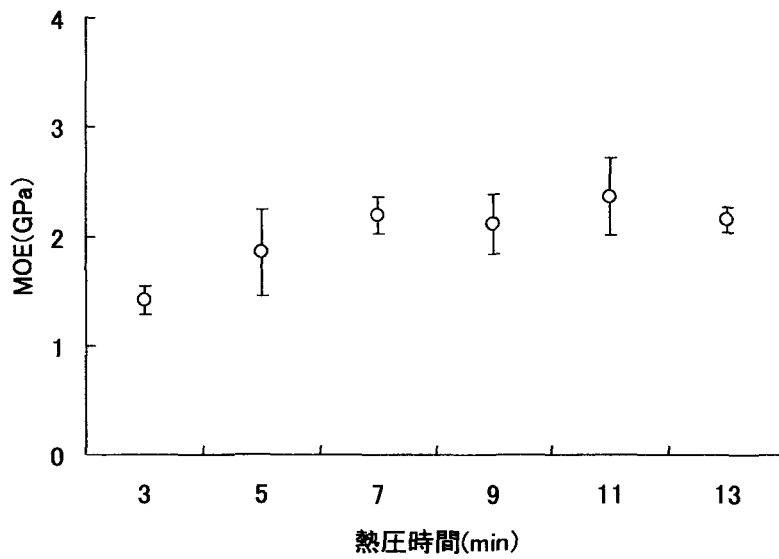
注釈：原料含水率：13.6%

目標密度：1.2g/cm³

熱圧温度：160℃



A) MOR



B) MOE

図 7 熱圧時間の変化と樹皮ボードの MOR と MOE との関係

注釈：原料含水率：13.6%

目標密度：1.2g/cm³

熱圧温度：160℃

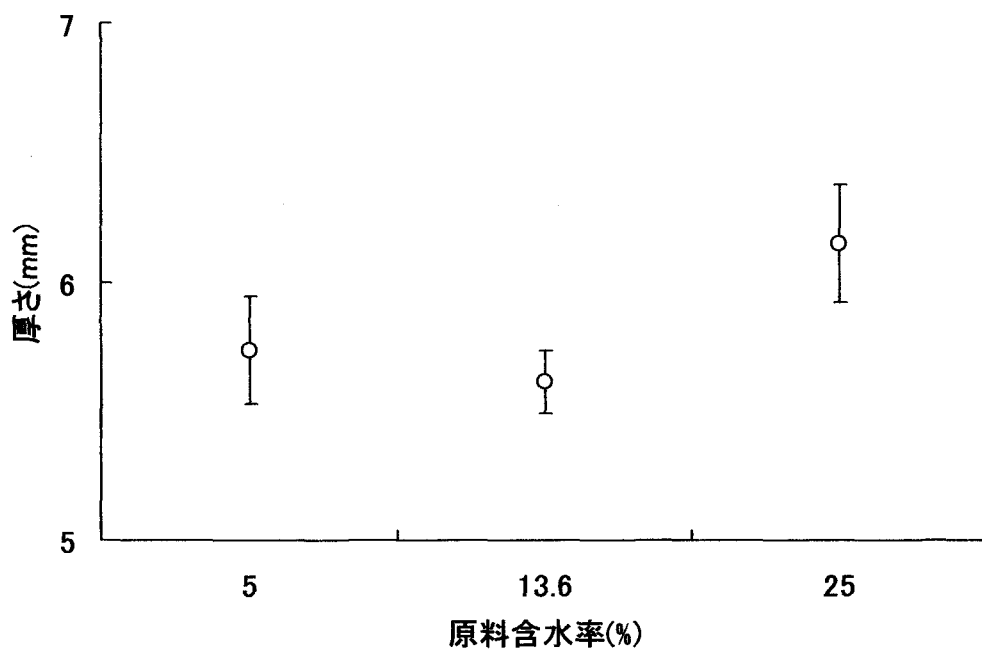
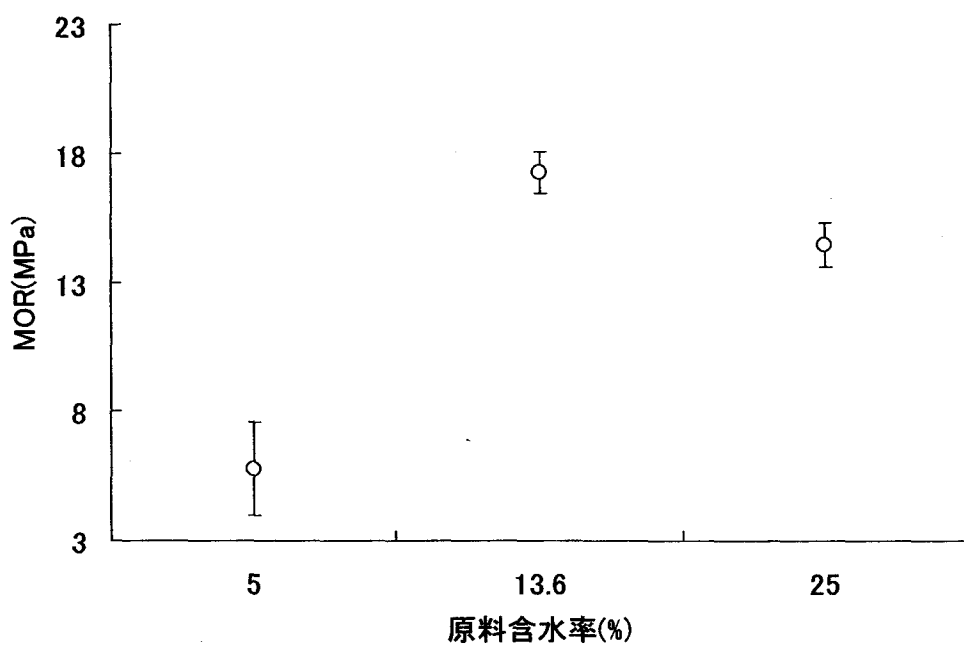


図 8 原料含水率の変化と製造後のボード厚さとの関係

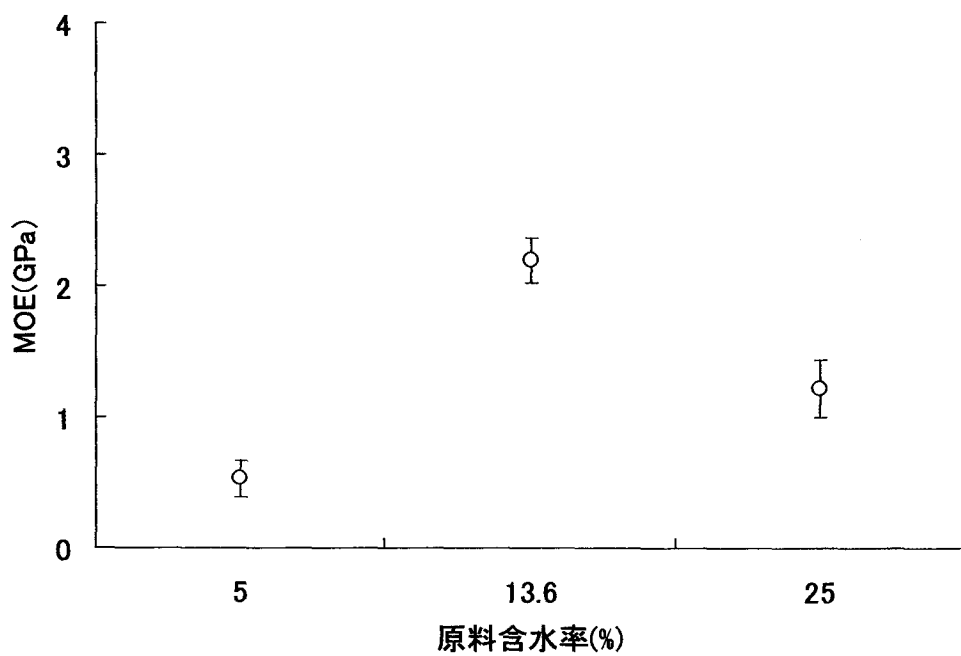
注釈：目標密度： 1.2g/cm^3

熱圧温度： 160°C

熱圧時間：7 分



A) MOR



B) MOE

図9 原料含水率の変化と樹皮ボードの MOR と MOE との関係

注釈：目標密度：1.2g/cm³

熱圧温度：160℃

熱圧時間：7分

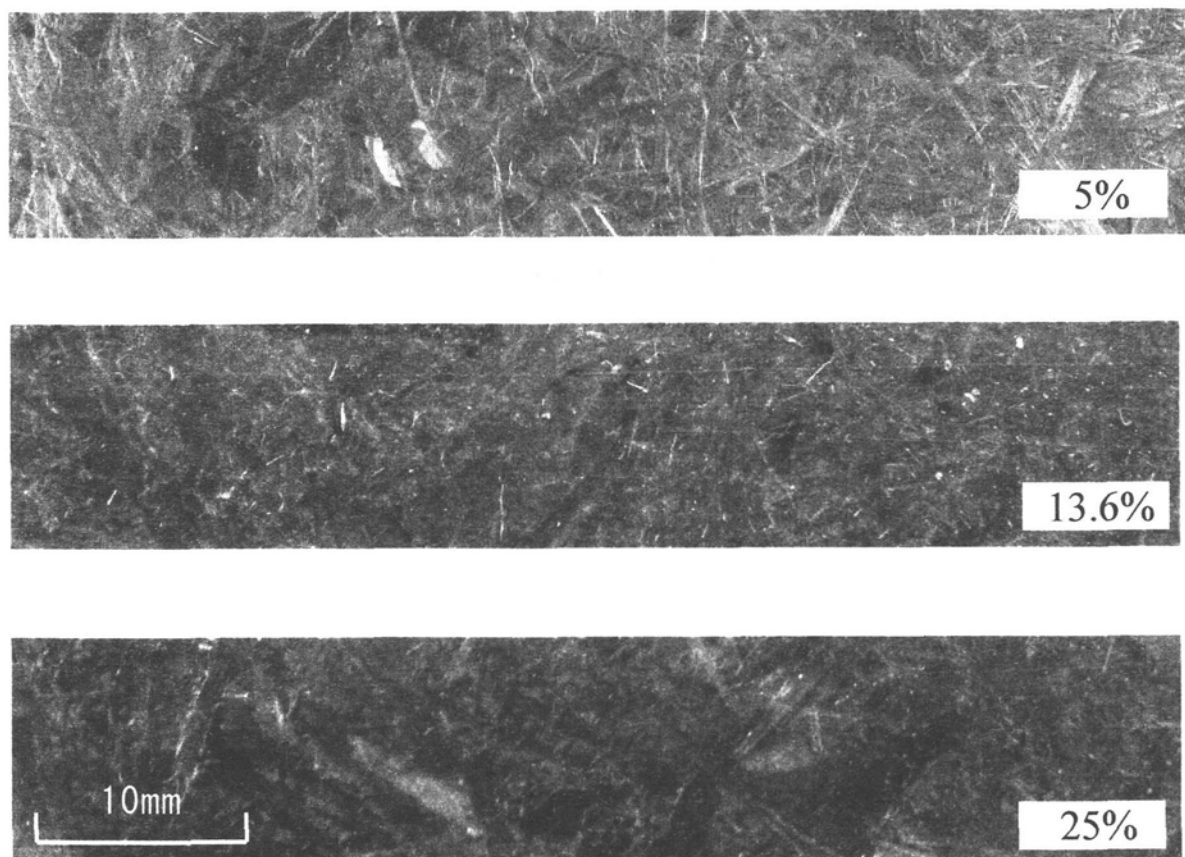
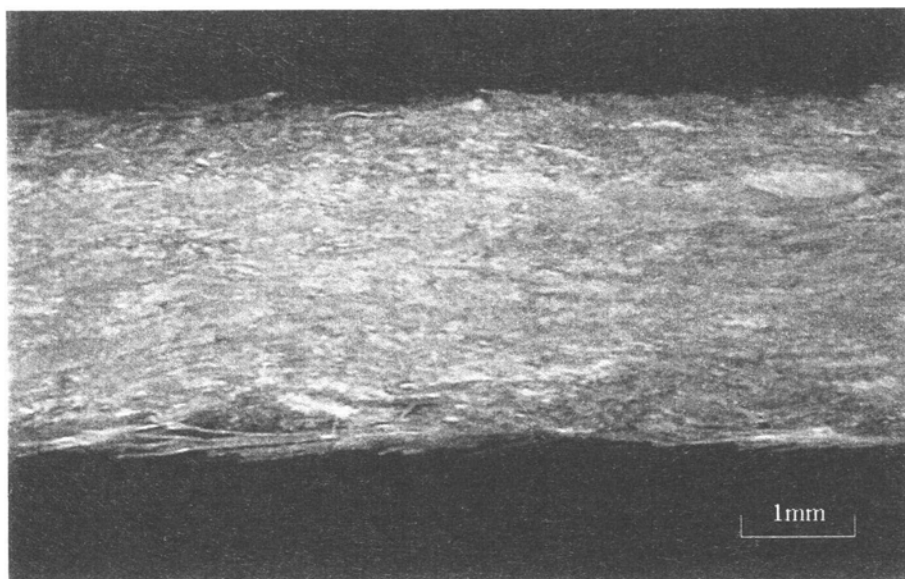


図 10 原料含水率を変化させた樹皮ボードの表面

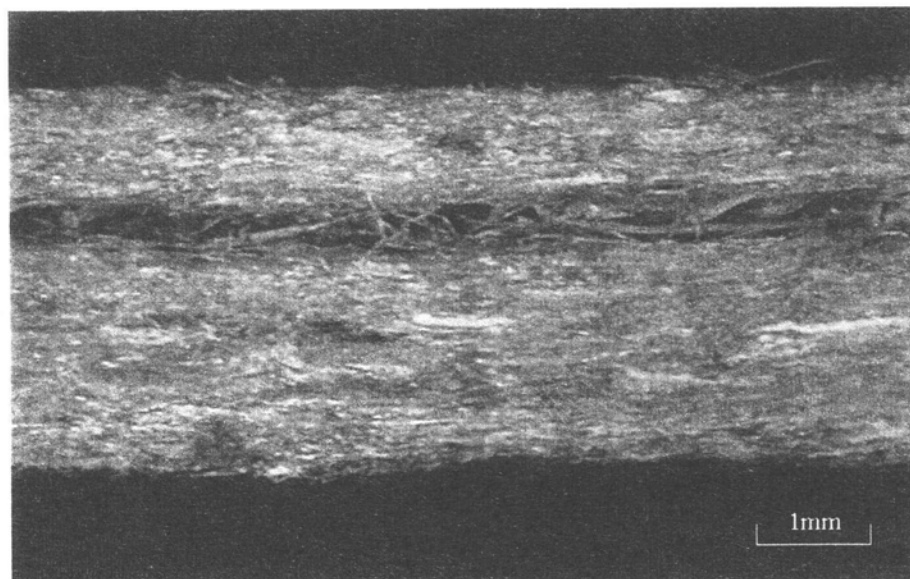
注釈：目標密度： 1.2g/cm^3

熱圧温度： 160°C

熱圧時間：7 分



A) 原料含水率：13.6%



B) 原料含水率：25%

図11 原料含水率を変化させた樹皮ボードの断面

注釈：目標密度：1.2g/cm³

熱圧温度：160℃

熱圧時間：7分

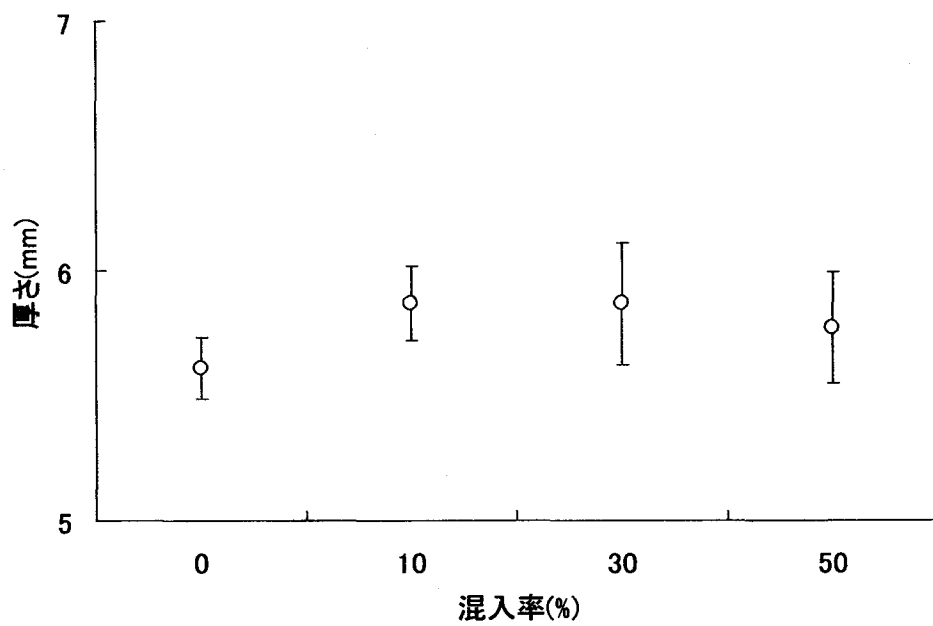
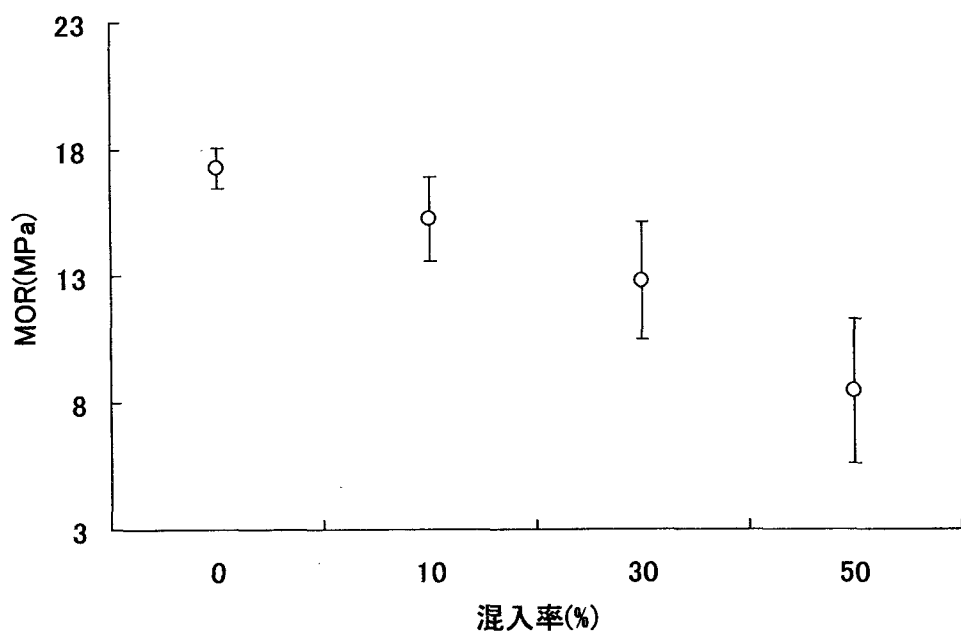


図 12 木材小片の混入と製造後のボード厚さとの関係

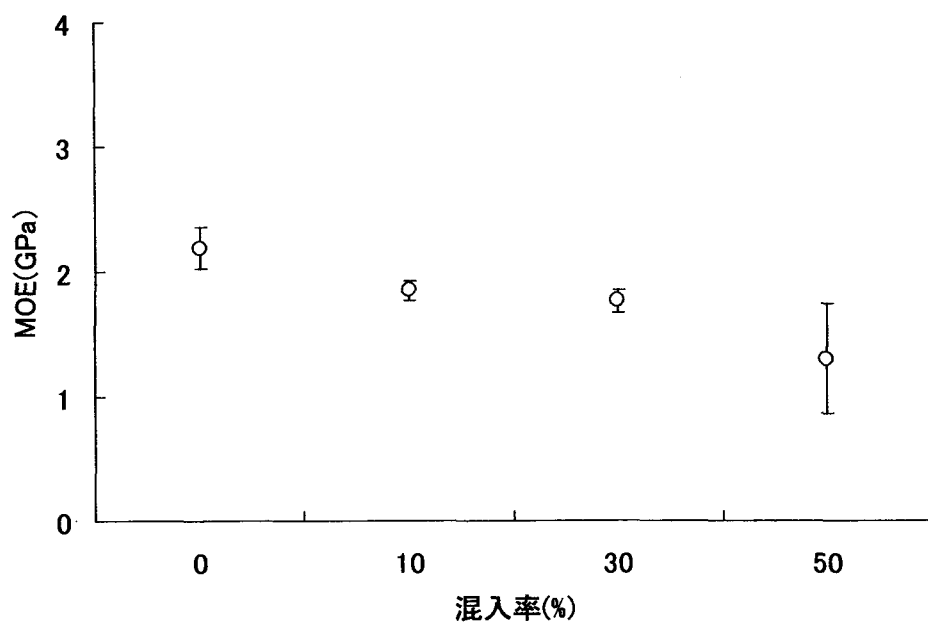
注釈：目標密度：1.2g/cm³

熱圧温度：160℃

熱圧時間：7分



A) MOR



B) MOE

図 13 木材小片の混入と樹皮ボードの MOR と MOE との関係

注釈：目標密度：1.2g/cm³

熱圧温度：160℃

熱圧時間：7分

第5章

木材利用に関する教育・広報活動報告

奈良教育大学	谷口義昭
愛知教育大学	宮川秀俊
埼玉大学	浅田茂裕

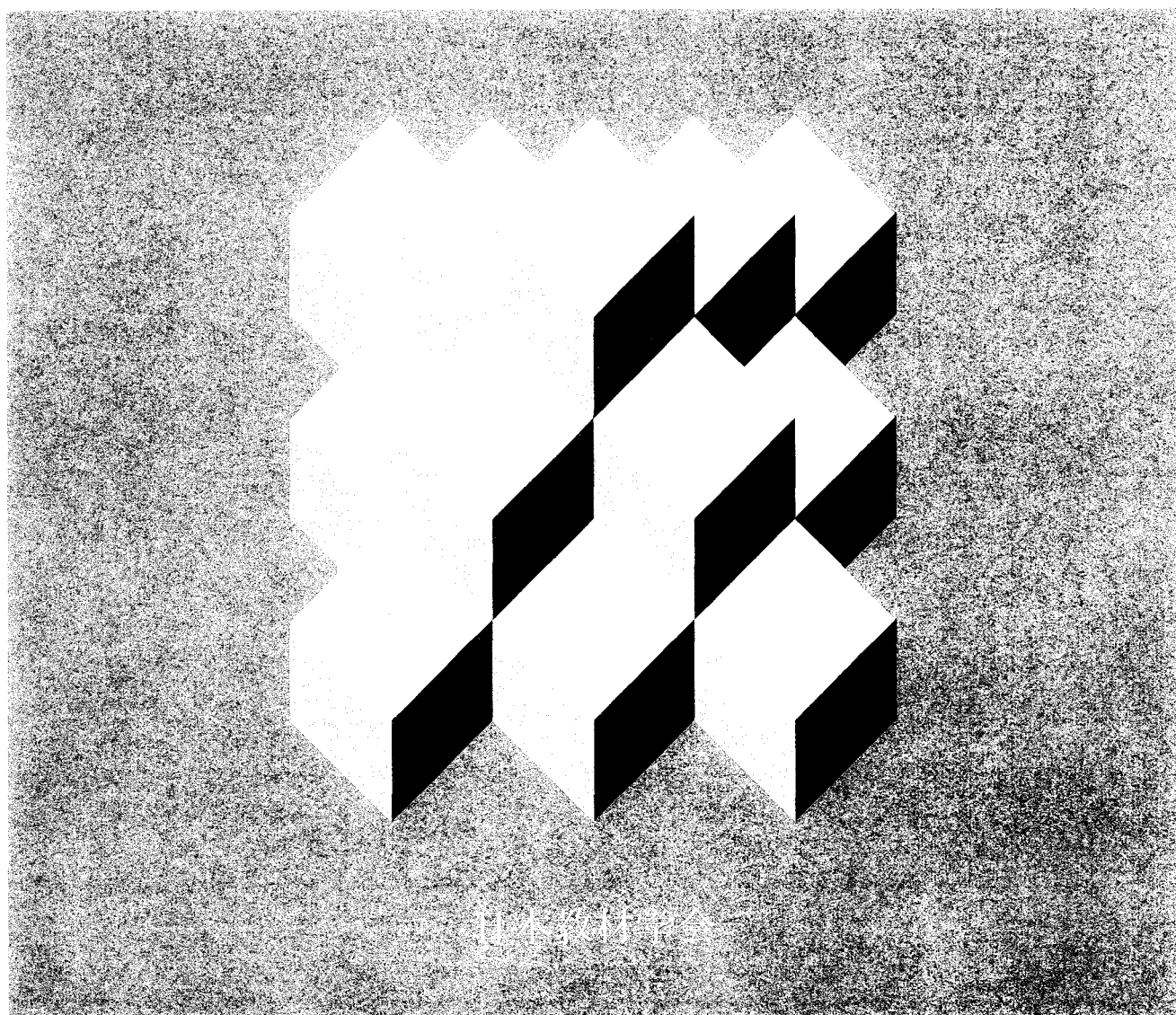
日本教材学会

Japanese Association for the Instructional Materials

会 報

No. 52

特集：技術科教育と総合的学習を連携した教材の開発と利用





教材としてのものづくり活動について

—総合的学習の時間に向けた技術教育の提案—

埼玉大学教育学部助教授 浅田 茂裕

静岡大学教育学部教授 今山 延洋 奈良教育大学教授 谷口 義昭

埼玉大学教育学部教授 松尾 政弘 愛知教育大学教授 宮川 秀俊

1. はじめに

新学習指導要領が完全実施となり、総合的な学習の時間も本格的に始まった。技術・家庭科では領域、内容の大幅な再編がなされ、「技術とものづくり」での新しい教材開発、授業実践が進められている。

「ものづくり」における製作や、栽培のような体験型の学習は、問題解決能力や創造力を育成し、子供たちの自己実現の機会を提供するなどさまざまな教育効果が期待できる。また、個人、集団いずれの学習形態でも実施可能であるために、総合的な学習の時間の教材として、小学校から高等学校まで多くの関心が寄せられている。

そこで本稿では、総合的な学習の時間に向けた技術教育の提案として、ものづくり活動の教材としての導入例、学習効果について述べる。言うまでもなく、ここに示した教材は、中学校技術・家庭科を中心とした教科学習においても十分な意義を持つものである。

2. 実践の場としてのものづくり活動

環境、情報、地域、国際理解、福祉など、さまざまなテーマで構成される総合的な学習の時間では、児童・生徒による個別目標の設定、調べ学習、体験学習、学習のまとめ、プレゼンテーションという活動内容が骨格となりつつある。すべての場合に導入できるわけではないが、環境、地域、福祉などをテーマ

とする場合、ものづくり活動は地域、学校の特色を十分に発揮し、総合的学習に柔軟性を付与する効果的教材として取り入れることができる。

たとえば、森林、環境をテーマとする学習の場合は分かりやすい。林業体験などを総合的学習の活動に組み入れた際、林地内に放置された間伐材丸太を持ち帰り、ものづくりを行うことができる。実際に森や樹木に触れ、林業を体験し、森林、資源の循環、山林の活性化などについて理解を深めるとともに、未利用バイオマスとしての間伐材丸太を使ったものづくりは、環境改善に向けた実践的行動の一例となり得る。

また、福祉の学習において、ハンディキャップを持つ人々との交流を行い、バリアフリーや身近な生活環境の問題点を探求し、多くの体験をまとめるにとどまらず、比較的加工の容易な木材を使って段差スロープや手すりなどの製作活動を行い、実際に福祉環境や学校を地域環境の改善に取り組むという場を設定することも十分に可能である。

考え、調べ、体験し、深め、そして個々の学習者のおもいをものづくり活動で実現することで学習の深化と発展が期待できる。ものづくりは、子どもたちにとって行動、表現の一形態であり、多様な学習展開が期待される総合的学習において多用されるであろうプレ

教材紹介

ゼンテーションと同等以上の意義がある。

次には、そのようなものづくり学習にふさわしい題材、教材の例について、現在検討中のものを含めて、実践例などを交えながらその方法、期待される学習効果について述べる。

3. ものづくり教材の例

3.1 間伐材による木製ベンチの製作

図1は、筆者らが大学で学生と共に製作した木製ベンチの一例である。座面は150×40cmで、接合は長尺の六角ボルト・ナットで行っている。また図2は、小・中学校での製作を前提にさらに単純化したものである。座面を250×40cmに拡げ、脚を1段にして地面との距離を近づけたほか、接合方法を木



図1 間伐材を利用したベンチの例1

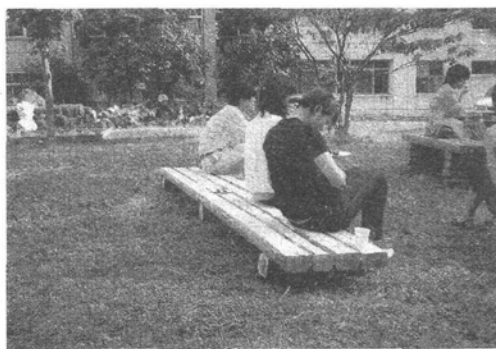


図2 間伐材を利用したベンチの例2

ねじに変更している。

ここで用いた材料は、埼玉県飯能産のヒノキおよびスギ間伐材で、末口直径が12cm程度のもを使用した。なお、この丸太は、製

材所に依頼して予め8.5cm厚さでタイコ挽きしてある。この丸太の原寸法は3mで、それぞれ1脚の製作に必要な本数は3本である。丸太は、樹皮が剥いである場合、ない場合のどちらでもよく、材料を購入する際に選択も可能である。なお、筆者らの経験では、丸太の剥皮は年齢を問わず非常に熱中する作業であり、十分な作業時間があれば行った方がよい。伐採時期によっては多少内樹皮（薄皮のようなもの）が残るが、これは水をつけてタワシなどで磨けばかなりきれいになる。

製作に必要な工具は、のこぎり、くりこぎり、面取り用ののみ、げんのう、サンドペーパーである。大学で製作した際には、林業体験を意図して一部電動チェーンソーを導入したが、小学校や中学校では少し幅と厚みのあるのこぎりでも十分代用できる。脚の段数が多いものは、脚と座面をボルトで固定するための穴をまっすぐにあけるのが予想以上に難しいが、その他は簡単である。

なお、このタイプのベンチの実践例としては、平成12年度より埼玉大学教育学部の家庭科指導法において大学構内の学習環境改善に向けた取り組みとして計11脚、また平成13年9月から11月には、愛知教育大学附属幼稚園において、保護者と共に取り組むものづくり活動として計5脚を製作した。また、同幼稚園での取り組みでは、ヒノキ丸太を使った木製遊具の製作（ジャングルジムの増設）も併せて行い、保護者参加での園内環境の整備活動の一環として実践した（図4）。

一方図5は、さいたま市内の中学校において、技術・家庭科の選択授業（35時間）で2年生によって製作されたベンチと同形のものである。材料は、埼玉県産材のヒノキ間伐材で、森林組合などを通じて山林所有者に無料で分けていただいたものである。入手方法は様々であるが、間伐材の多くが林地残廃材として放置されることが多いため、輸送コス



図3 幼稚園での保護者参加のベンチ製作



図5 間伐材による背もたれ付きベンチ

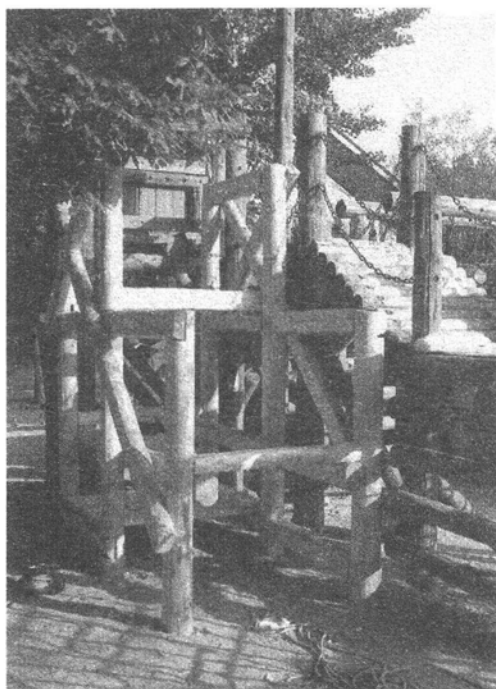


図4 増設された木製遊具

トの負担程度で入手は可能である。丸太は、特に大きく曲がっていなければ、乾燥状態や樹皮の有無などは問題ない。このベンチで使用する工具は、のこぎり、かん、のみ、げんのう、電動ドリル、電動ドライバー、サンドペーパーである。小型の角のみ盤、帯のこ盤などが使用できれば時間の短縮も可能である。

座面部分は半割り丸太（半円形）を用いており、その加工は帯のこ盤などの加工機械を使えば簡単であるが、たがねとハンマー、そ

してくさびを用いた方法も十分に可能である。むしろ、木材の繊維や強度などについて感覚的理解を深めることが期待できる。

これらのベンチの製作では、比較的長尺で重い丸太を用いた結果、協同的な作業が促されることを見出した。また、個々の学習者が作業を分担しつつ、全体の作業の進行状態に合わせた判断をする必要があるなど、集団的な問題解決活動として、多くの可能性を有している。

3.2 資源・エネルギー学習とものづくり

(1) 風力発電

図6は、埼玉大学の学生とともに、小学生ものづくり教室のために開発した市販のモーターを発電機とする風力発電教材である。主な材料は、柱や土台が針葉樹材、羽根はバルサ材、プーリーがプラスチックである。羽根1枚の大きさは20cm程度で、回転軸はボルト、軸受けにはボールベアリングを使っている。羽根1枚1枚は、ネジ留めすることによってその傾きを簡単に調整できるようにしているほか、羽根の形状をカッターで成型できるなど、発電効率に関わる性能実験を可能としている。風車側プーリーと発電用のモーター側プーリーの円周比は、およそ100:1に設定している。

この発電機では、家庭用扇風機の強風設定程度の風で、2V程度の発電ができ、自然の風であればさらに大きな出力が取り出せる。

教材紹介

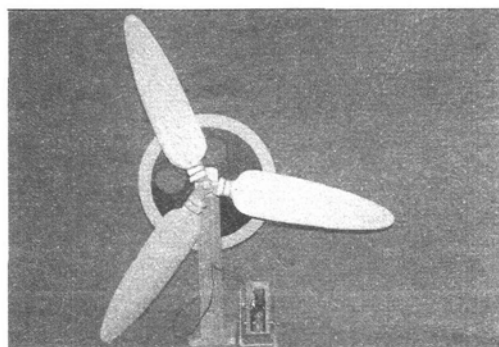


図6 風力発電教材

また、モーターを変えれば（たとえば、太陽電池用のモーター）発電効率を上げることは可能である。

今回紹介した教材の最も良い点は、実用化されている大型発電施設の風車と同じ垂直回転をすることである。水平回転させれば、風向きに関係なくエネルギーを取り出しやすい。しかし、非常に複雑で機械的損失に敏感な実際の発電技術に通じる。教科学習ではなく、総合的学習としての技術として風力発電、あるいは新エネルギー発電に触れさせるのであれば、実際の発電装置と相似形の発電システムの性能を分析させ、自然のエネルギーを取り出すことの困難さ、必要となる技術の本質に迫らせることも一つの方法である。それらの活動は、効率的な発電機を作ることによる達成感に匹敵する教育効果がもたらすものと思われる。

(2) スターリングエンジンカー

スターリングエンジンカーは、夢のエンジンと呼ばれ、将来の資源・エネルギー問題を大きく改善することが期待される低温度熱源の利用技術である。最近、この技術を非常に単純化した、試験管、ペローズピペット、スチールウール、ゴム栓の4つの部品からなるフリーピストン型エンジンが開発され注目されている。ここで紹介するのは、このエンジンを使った新しいエンジンカーである。

図7は、エンジンカーの概観である。この

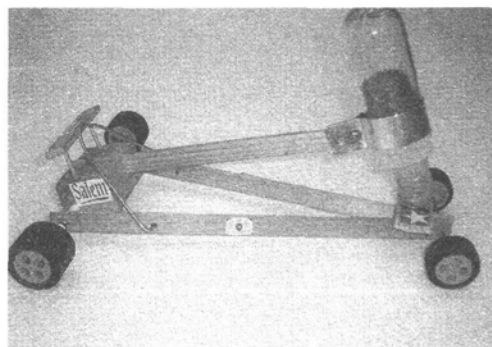


図7 スターリングエンジンカー

エンジンカーは、エンジンの上下運動（正確には円周運動）を市販の模型自動車用ワンウェイホイールで出力として取り出したもので、部品点数も少なく製作も容易である。製作方法の詳細については、本稿では省略するが、小学校5、6年生40人対象のものづくり教室で試験的に実践した結果、全員がエンジンと車を完成させ、子どもたちだけの力で約半数が作動した。

本スターリングエンジンも、教材として簡単に構成することができたとはいえ、製作そして動作のためには原理（空気の熱膨張、慣性の法則などを含む）の知識が必要になる。しかし、風力発電と同様に、新しい技術開発の難しさ、問題点などの意識づけ、さらには資源・エネルギー、環境問題の解決策としての技術開発への関心づけに向けて、このような“未完成性”を含む教材は、新たな提案として注目されるに値するであろう。

4. おわりに

ものづくり活動は、計画、立案、実行、評価という問題解決学習に重要な要素を多く含む教材である。今後、多くの研究と実践によって、広くものづくり教育が展開されることが期待される。

森林環境教育全国シンポジウム

分科会事例報告書

開催日時 平成 14 年 11 月 9 日（土）10:30 から
平成 14 年 11 月 10 日（日）13:00 まで

開催場所 千葉県山武町ふれあいセンター
千葉県山武町中央会館

主催 全国森林組合連合会

後援 林野庁,文部科学省,環境省,総務省,千葉県,
第 54 回全国植樹祭千葉県実行委員会,
千葉県教育委員会,山武町,山武町教育委員会,
千葉県森林組合連合会,日本木材学会

木材の性質を理解させる教材・教具

奈良教育大学教授
谷口 義昭

1. はじめに

私たちの身の回りには非常に多くの木材が使われています。身近にありすぎるがために、改めて「木材にはどんな性質があるのか？」と問われるとき、返答に困ることがあります。

木材を研究している学会などでは、木材に関する最新の成果が発表されますが、内容が広範囲に渡り、かつ細分化されすぎているため、木材のことを一般消費者に伝えるには困難な場合が多々あります。近年、一般消費者向けに各地で講演会や展示会などが行われていますが、多くの場合、内容が高度であると思います。

そこで、学会の研究内容を消費者に分かりやすく紹介する機関が必要ではないでしょうか。現状においては、子どもたちに木材教育を行う教師を育成している教育大学・教育学部がこの任務を果たすべきではなかろうかと考えます。すなわち学会と消費者の橋渡しの役割を担うことによって、木材教育の普及、さらには木材需要の拡大につながるものと思われます。

本シンポジウムは、〔森林・環境－木材－消費〕の一連の流れに新しく「教育」という概念を導入したことで意義深いと考えます。

私は木材の性質を広く消費者に理解してもらうことを目的として、学校教育で重要な役割を果たす教材・教具の検討を行っています。以下にそのうちの一部を紹介します。

2. 木材の重さ比べ

木材は樹種によって重さに違いがあります。スギ材とヒノキ材ではどちらが重いでしょうか、マツ材ではどうでしょうか、またケヤキ材では。私たちは比重でこれらの重さの違いを比較します。比重は本来重さと体積を測って、その比で求めますが、次の方法でも木材の比重を簡単に測定することができます。その手順は次の通りです。まず、断面積が一定の木材（長さは任意）を準備し、その長さ方向を10等分します。これを水に浮かせます。このとき木材と接する水線が比重の値を示します。図1に簡易に比重を測定する様子を示します。これと類似の方法で、断面積が一定でない木材の比重も測定できますが、ここでは省略します。

3. 木材のお肌

木材を触ったときの感じは、金属やプラスチックを触った時の感じと大きく異なります。これは、日常私たちが暗闇の中でも手探りで材料を識別できることからわかります。簡単な材料識別の教材・教具を図2に示します。箱の中に木材、金属、プラスチックを入れて、それぞれを指先で触って材料当てを行う実験です。実験の結果、大多数の人が3つの材料を識別できることがわかりました。

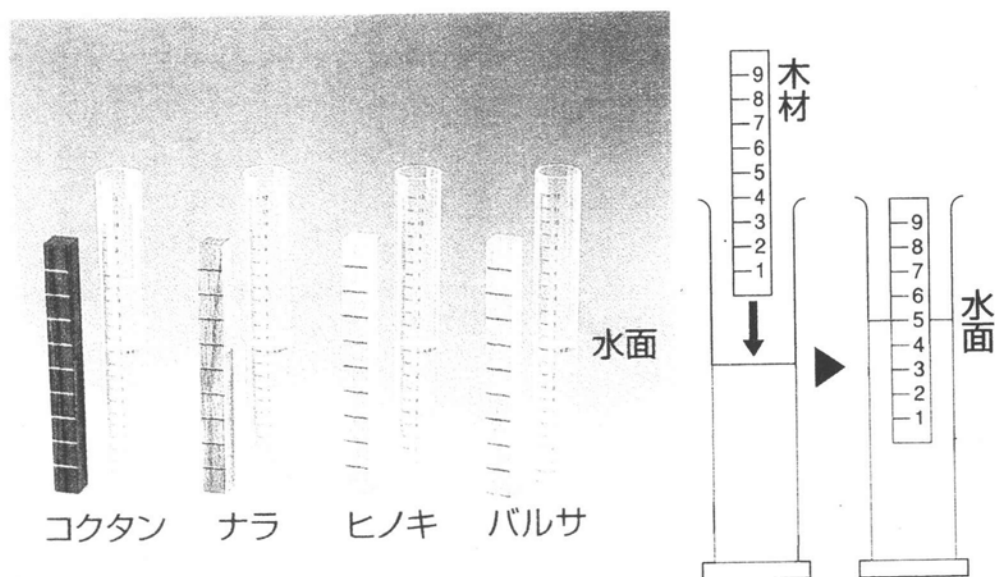


図1 木材の簡易比重測定

4. 木材と音

音は木材と深い関係にあります。楽器やスピーカボックスに多くの木材が使われているのはこの証です。オルゴールを金属の箱と木材の箱にそれぞれセットした簡単な教材・教具を図3に示します。金属箱と木製箱でその音量、音色に明らかに差のあることが確かめられています。昔からオルゴールは木の箱に限ることが立証されました。

また、小さな打撃でも音を増大する性質を利用しておもちゃ楽器の製作も試みてみました。図4に製作品を示します。側面に貼られた振動板の大きさによって発生する音色が異なり、この音が「心を癒す効果がある。」との評価も受けています。

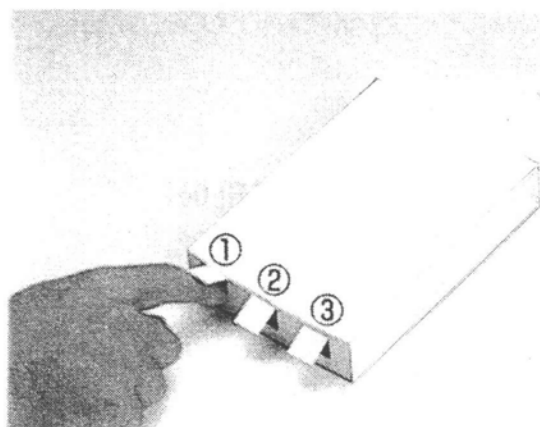


図2 触覚による材料識別テスト

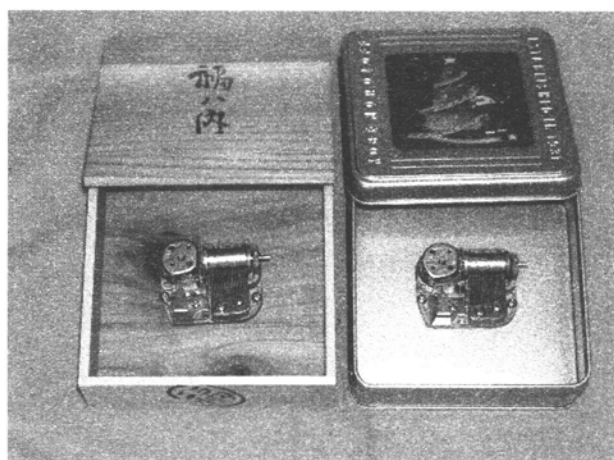


図3 木製箱と金属箱によるオルゴール

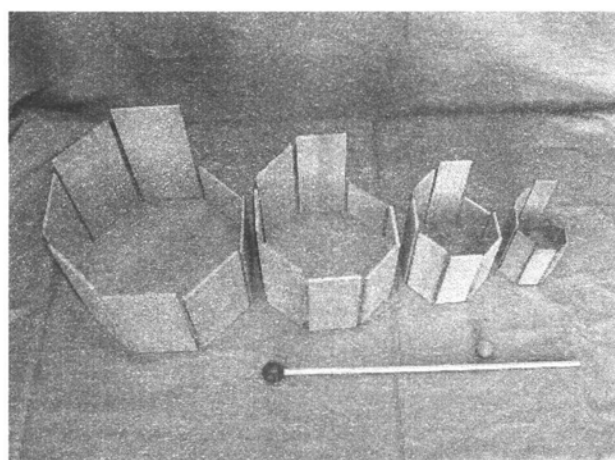


図4 木製楽器

放 送 大 学

平成14年度 第2学期

面接授業（土・日型）

「くらしと木材」（産業と技術）テキスト

日時：平成14年11月16日（土） 1～3時限

日時：平成14年11月17日（日） 1～2時限

於：奈良学習センター

奈良教育大学

谷 口 義 昭

くらしと木材

奈良教育大学 谷口義昭

1. 木材について

1.1 木と草の違い、竹は？

生物学事典（岩波書店）によると、木と草は次のように定義されています。「木は、茎や根において肥大成長により多量の木部を形成し、その細胞壁は多く木化して強固になっている植物である。地上部は多年生で、高木と低木にわかれる。」「草は、木部があまり発達しない草質又は多肉質の茎を持ち、地上部は1年で枯れる植物である。地下茎が発達して2年生、多年生のものや常緑葉のものもある。」

一方、竹は地下茎で増殖し、多年生で材質は硬いが、しなりやすい性質があり、近年隣接の森林に進入し、その増殖力の強さが問題になってます。竹の研究は少ないが、研究内容として、大きな空隙の気体の構成、圧力、タケノコの生長のメカニズムなどまだ未解決な問題が多くあり、興味深いものがあります。

1.2 生き様を内部に蓄積

木材は多くの細胞から構成されていますが、それらの細胞の多くは死んでおり、死細胞の堆積物であると言えます。図1に示すように、外周に形成層という組織があり、これが分裂して内側に木部（木材）、外側に師部（樹皮）をつくります。一つの細胞は縦と横に成長してやがて活動しなくなり、次に後続の新しい細胞に覆われます。これを繰り返して、樹木は高くなり、横へも太り、あたかもコップを積み重ねたように成長します。図2は木の中の水分と養分の移動経路を示します。根から吸収された水分は形成層の内側の道管を通して上昇し、葉で光合成によってつくら

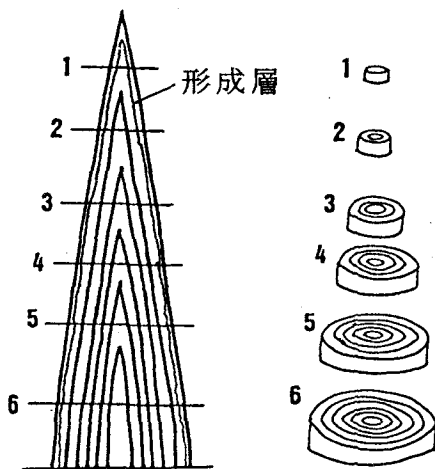


図1 樹木の形成

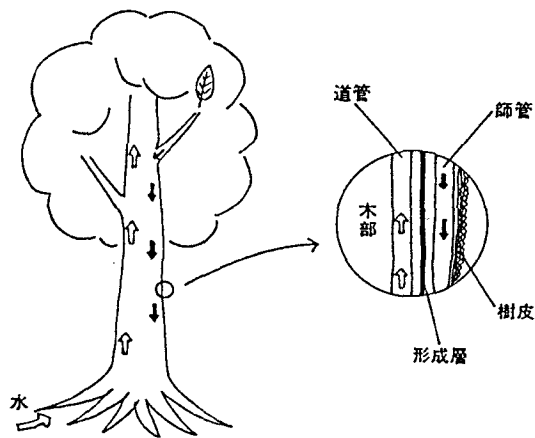


図2 水分と養分の移動経路

れた養分は形成層の外側の師管を通して下降します。したがって、木は形成層の内側を傷つけられると水分移動を阻止されるために枯れ、また樹皮が傷つけられると、傷を補修するために傷の上側からこぶが形成されます。

形成層は温暖な時期には細胞分裂が激しく、寒冷なときには分裂が不活発か全くしません。したがって、気候の温暖な春から夏にかけて多くの細胞を分裂し、秋から冬にかけては分裂が少なく、両者で細胞数や細胞形態に著しい差を生じます。図3は細胞の拡大図で、温暖な時期には

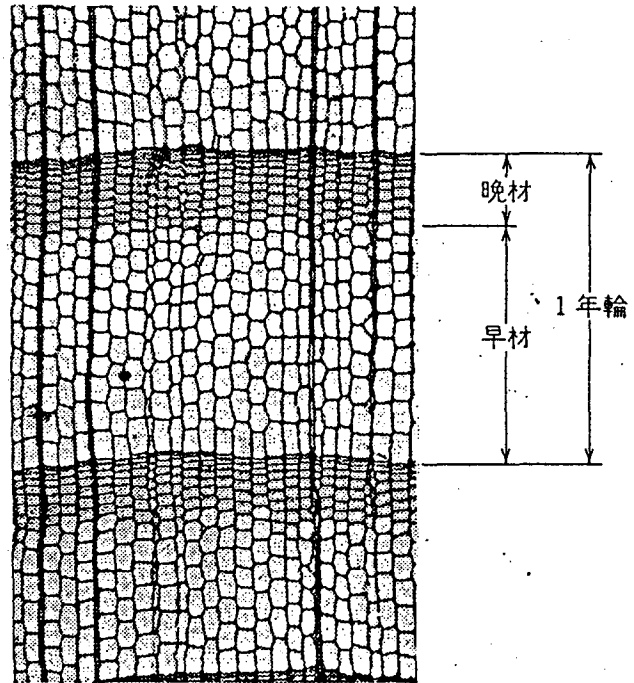


図3 木材細胞の拡大図

大型の細胞、寒冷なときには小型の細胞であり、日本では四季があるために大型細胞と小型細胞が規則正しく配列し、1年で一つの輪を形成し、これを年輪と呼んでいます。温暖な夏には成長が激しいために年輪の幅が大きく、冷夏では幅は小さくなり、年輪の幅はその年の気候条件を示します。この年輪幅を計測することによって過去の気候条件が推測でき、これは最近話題の年輪から年代を明らかにできる「年輪年代学」に応用しています。

さて、地球上で最も巨大で、長生きの生物は何でしょうか。それは木材です。寿命ではブリスコーンマツの4,600歳（米国カリフォルニア州）です。屋久島の縄文杉も相当の年齢ですが、内部が欠損しているために残念ながら未確認とされています。高さはレッドウッド（セコイヤメスギ・米国カリフォルニア州）の110.3m、太さはメキシコヌマスギ（米国カリフォルニア州）の35.8mです。

木材は大きく分けて葉っぱが針状の針葉樹と平たい広葉樹に大別されます。恐竜時代の森林は全て針葉樹かシダ類であり、これらが進化して広葉樹が生まれたと言われています。現在は広葉樹の全盛期です。では、銀杏はどうかと言いますと、進化が遅く、やっと針葉樹になろうとしている段階の木です。

2. 先祖と木材との関わり

2.1 神話に見る木材

古事記に、素戔鳴尊（スサノオノミコト）が八岐大蛇（ヤマタノオロチ）を退治する場面があり、このオロチは背中にマツやカシワ、脇腹にはヒノキやスギが生え、

頭が8つにわかれていると表現されています。あたかもこれは木の国日本の山脈の姿であり、オロチを退治することは洪水を沈静化する事であり、これは山に木を植えることを意味していると考えられています。

また日本書紀には、同じくスサノオノミコトと木との関係について次のような記述があります。「韓郷の島はこれ金、銀あり。若使吾が児の御する国に浮宝（船）あらずば、よからじ」とのたまいて、乃ち鬚髯を抜き散つ、即ち杉となる。また胸の毛を抜き散つ、これ檜となる。尻の毛はこれ披となる。眉の毛はこれ樟となる。已にしてその用うべき定む。乃ち称してのたまわく「杉および樟、これ両樹は以て浮宝となすべし。檜は以て瑞宮（宮殿）を為るべき材とすべし。披は以て頭見蒼生（人々）の奥津棄戸（墓所）にもち臥さむ具（棺材）になすべし」その斲うべき八十木種、皆能く播き生しつ。

これは、昔から木の性質を心得、適材を適所に使うことを熟知していたことを意味しています。

2.2 住宅形態の流れ

(1) 日本「覆う・Covering」

日本の住宅は、室内空間と外の庭とが融合され、屋根によって覆われただけの開放的な形態です。建築様式は、①弥生時代の天地根元造にはじまり、高床式、校倉式に、②飛鳥時代の石の上に柱を置き、屋根を大きく、瓦を使い、天井を持った寺院建築、③寝殿造り（平安時代の貴族の住宅）、④書院造り（鎌倉時代で、畳、ふすま、障子、床の間、違い棚など）、⑤数寄屋造り（茶道の普及により茶室）へと発展してきました。一般の人たちは、屋根に瓦や天井を付けた家を江戸時代に入って民家町家として建築し、明治から現代にかけて和洋折衷の建築となりました。これらの材料は木が主体に使われ、木の文化として位置づけられています。

(2) ヨーロッパ「囲う・Enclosing」

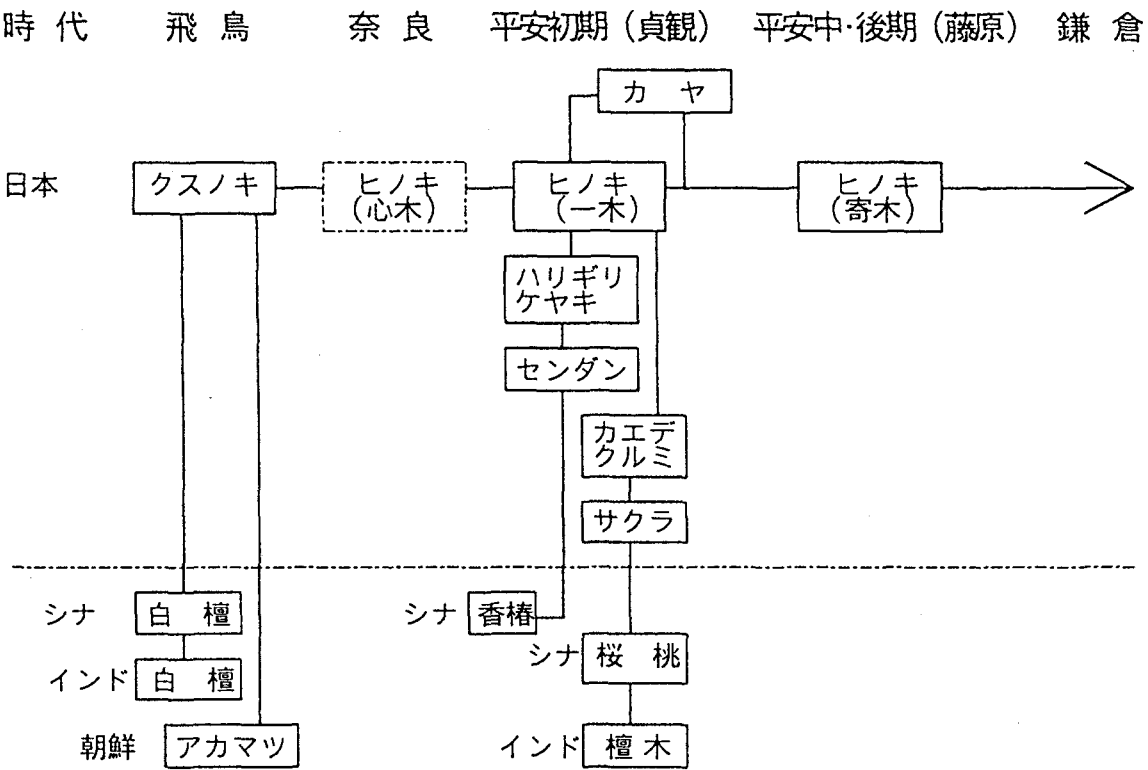
ヨーロッパの住宅は、内部空間を囲む頑丈で閉鎖的な木や石の箱としての形態です。結合には鉄が多く用いられ、石の文化、鉄の文化として位置づけられています。

2.3 寺社仏閣、仏像の流れ

先祖は斧、のみ、ちょうなを使って木を切ったり削ったりしていました。建築にのこぎりが使われたのは法隆寺が最も古く、長さを切断する横びきのこしかありませんでした。繊維方向に切断する縦びきのこの出現は室町時代であり、それまでは縦に割って加工していました。木材消費量が多くなって目の通ったスギやヒノキ材が不足し、また広葉樹材も利用しなければならなくなった事情と縦びきのこの出現は一致します。

仏教の伝来とともに大型の寺院の建築が要求され、大仏殿をはじめ最高級の建築技術が奈良の地に結集されました。寺院の建築物のレイアウトに伽藍配置がありますが、多くの寺院には塔があります。塔は本来仏教の初祖であるお釈迦様の骨（仏舎利）を納めるための建物で、インド語で「スツーパー」、中国語で「卒塔婆」、日本では「塔婆」そして「塔」へと変化してきました。塔の建築には近代の高層建築物に応用できる特殊技法があり、天地異変にもビクともしませんでした。

仏像の彫刻様式は別の講座に譲るとして、仏像に使われている木の変遷を見ると図4のようです。飛鳥時代はクスノキであり、これはインドや中国の仏像に白檀を用いられていたため、国内の香材であるクスノキが尊ばれたものと思われます。奈良時代以降仏像にはヒノキ材が主流となりました。これは、彫りやすく、粘りがあり、適度の香りがあるためではないでしょうか。



小原二郎:木の文化から引用

図4 仏像に使われた木材の変遷

3. 木材の基礎的な性質

3.1 森林の手入れ

日本の林業は建築の柱や酒などの容器などをつくることを主目的としていたため、まっすぐな材料を生産する必要がありました。この技術の発達した顕著な例として吉野林業をあげることができます。森林は人手をかけなければ利用価値の高い木材

を得ることができません。昔から図5に示すように、森林の手入れによって木材は生産し続けられてきました。

3.2 木材の顔

切り倒された丸太を切断するとき、切断の仕方によって木目の配列が違ふ、即ち顔がちが大きく3つに分けられます。木目が同心円状の木口面、平行なまさ目面、タケノコ状の板目面です(図6)。これらの3つの面ではそれぞれ異なった性質があります。木口面は硬いが水をよく吸収し、割れが出やすい。まさ目面は性質が安定しており、板目面に比べて曲がりや反りが小さく、強度も強い。野球のバットやゴルフヘッドはまさ目面が打球面となっています。

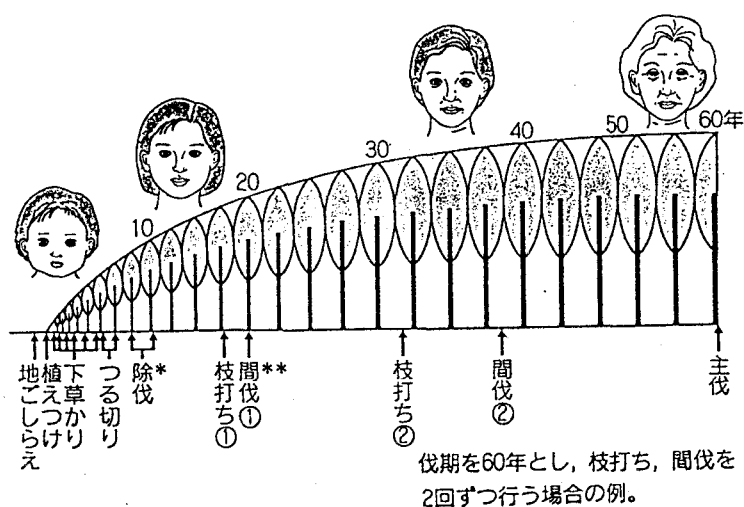


図5 森林の手入れ

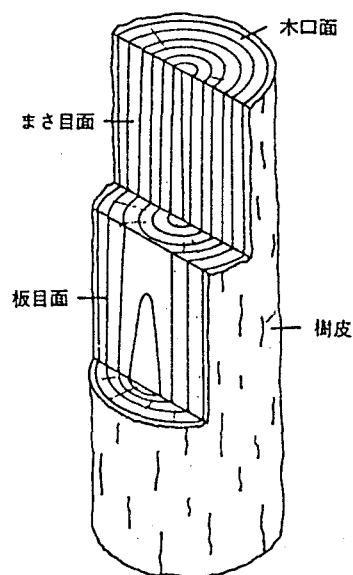


図6 木材の3断面

3.3 木材と水

伐採された丸太は必要な寸法に製材されるが、その直後は大量の水分を含んでいます。これを長期間大気中に置くと次第に乾燥しますが、その過程で寸法が減少し、曲がりやねじれが生じ、また木材表面に割れを生じて、商品価値を低下させます。製材した柱(心持ち角)が建築後に割れるとクレームとなります。これを防止するために、図7に示すように表面から木の中心まで割れ目を入れて、この部分を見えないところに配置して、きれいな面に割れを防止する処置(背割)をします。

性能の安定な木材で家を建てるには、適度に乾燥された木材を使う必要があります、工場で乾燥処理された乾燥材の使用をお勧めします。

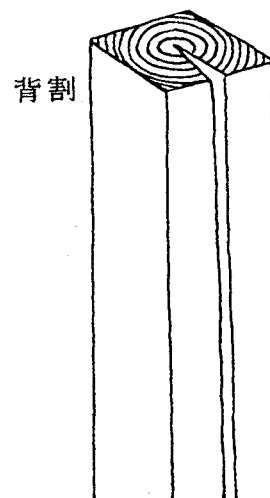


図7 背割処理

一方、私たちの環境に馴染むまで乾燥した木材は、湿度の高いときには大気中の水分を吸収し、湿度の低いときには逆に木材から水分を放出する性質があり、木造の家は1年を通して湿度変化が少ない状態が保たれていると言えます。

3.4 加工性

木材の大きな特長は、石や金属よりも柔らかく、割ったり切ったりしやすいことです。家を建てるときや物をつくるとき、のこぎりやかんな、のみなどの簡単な大工道具で加工が可能であることです。また、接着剤で木材と木材、木材と他の材料を貼り合わせることができ、好みの色に着色塗装できることです。

3.5 強度

木は立っているとき、自分の幹や枝の重さを維持し、台風や地震に耐えなければならず、木材自身が高い強度を有しなければなりません。近年高層建築物が多く建っていますが、材料は鉄とコンクリートが主体です。木材ではできないでしょうか。

もし「木と鉄ではどちらが強い？」と問われると、「木と鉄では明らかに鉄の方が強い」と答えられるでしょう。しかし、東大寺の大建築物が木でできていることから、木も相当強いと言えます。特に、支点のない大きな空間を持った建築物、例えばドームなどを鉄でつくると、鉄自らの重みで破壊することもあり、自重を計算に入れて設計しなければなりません。

鉄は重く、木は軽いため、強さを比較するときは、前述のドームのように重さを一定にして比較しなければならないことがあります。そこで、重さを一定にした強度、すなわち強度を比重で割った数値である「比強度」が必要になります。材料による比強度値の比較を図8に示します。木材は硬鋼の約

3倍の強さがあることが分かります。このたびの東大寺大仏殿の屋根の大修理で、瓦の総重量3,000トンを柱が支えていたことが立証されています。

3.6 断熱性

木材は熱を伝えにくい性質があり、一定の時間に熱が伝わる熱伝導率を見ると、

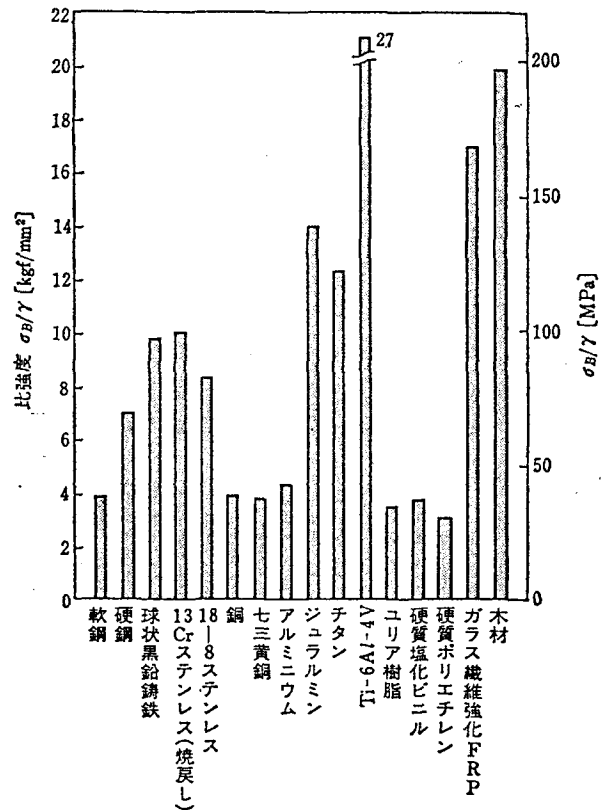


図8 各種材料の比強度

スギに比べて鉄は 500 倍、アルミニウムは 1,700 倍、コンクリートは 10 倍、プラスチックは 2 倍大きいことが分かります。このため、家の材料として木材を使うと省エネ化が実現できます。屋内と屋外で気温差の大きな冬期では、コンクリート造の住宅の押入に結露が生じて困ることがありますが、木造住宅ではこれがかなり改善されます。

私たちは床の上で長期間にわたって作業を行うことがあります。図 9 は床の材料による足の冷え方の違いを示しています。コンクリート、またはその上にビニルタイルを貼った床では足の裏の温度が次第に下がることが分かります。

3.7 木材の欠点

今までは主に木材の長所を述べてきましたが、欠点もあります。それは次の 3 つです。
①燃えやすい、②腐朽菌や害虫に侵されやすい、③湿度変化によって寸法変化する。現在これらの欠点を補うために多くの処置がなされ、また研究もされています。

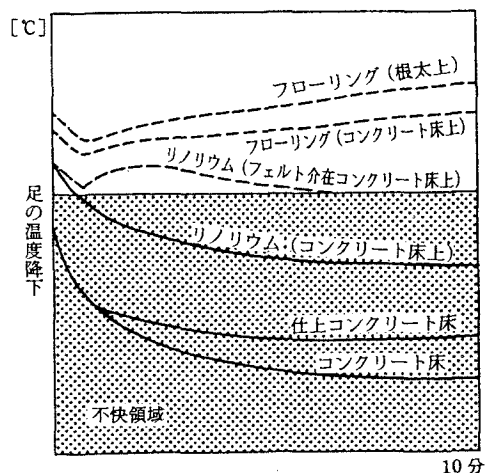


図 9 床材料による足の冷え方

4. 住まいとしての木材利用

私たちの住まいには多くの木材が使われています。木造建築の主要な工法を以下に示します。

4.1 伝統工法

古来から長い経験と工夫で発達した工法で、昭和初期まで住居として一般的に建築されていました。礎石の上に立てられた柱、束の縦部材とはり、けた、貫などの横方向部材を組み合わせで躯体をつくります。その間を土壁や漆喰壁が覆っています。この工法の住宅が今建て替えの時期に來ていますが、ここで使用されていた材料は、一般的に古材と呼ばれて、乾燥が十分できているために変形やその他の性質が安定しています。また大きな断面の木材も使用されているため、解体した後不要物としてゴミと一緒に消却処分するには資源の大きな損失であると考えられ、これを有効利用しようとする気運が各地で高まっています。

4.2 軸組工法（在来工法）

伝統工法に耐震性等を向上させるために改良を加えたものであり、現在木造住宅として最も一般的な工法です。コンクリートの布基礎の上に土台を敷き、その上に柱を立てて、布基礎－土台－柱間をボルト・ナットで連結して、垂直方向の力に抵

抗します。水平方向の力は壁と筋交いで抵抗する構造となっています。

この工法は、設計の自由度が高く、和風と洋風のどちらのデザインにも対応でき、また増改築やリフォームもしやすいという長所を持っています。

4.3 枠組壁工法（ツーバイフォー）

この工法は北米で発達したもので、木材の断面が2×4インチの部材を基本的に使うことから、この名前が付いています。2×4インチの木材で組まれた枠組みに、構造用合板を釘打ちすることによって床や壁を作り上げます。強度は合板が面材料として機能するために非常に高く、また断熱性と気密性が高いという長所があります。

4.4 木質パネル工法

プレファブ住宅として知られている工法であり、木製の枠や棧に断熱材を挿入し、合板などを両側にして接着剤で貼り付けてパネル化します。部材の生産は工場で行われ、建築現場で組み立てられます。工期が非常に短いという長所がありますが、間取りや内装の設計自由度が低いことが短所となっています。

4.5 丸太組工法（ログハウス）

丸太や長方形に製材した木材（校木）を水平に積み重ねて壁をつくる工法で、ログハウスとして広く知られています。近年自然志向の高まりとともにセカンドハウスとしての需要が増えています。

4.6 木造住宅の注意点

平成11年7月総理府によって行われた世論調査によると、私たち日本人の約9割が木造住宅に住みたいと願っていることが報告されています。しかし、木造住宅は万能ではありません。長持ちさせるためには注意が必要です。すなわち、地面の湿気を吸収して木が腐りやすいので通気口の前をふさがない、雨どいが木葉などの堆積物で雨水があふれて屋根にしみ込む、風呂タイルの割れで木材が湿る、等です。この湿った木材を大好物としているのがシロアリです。日本では2種類のシロアリが生息しています。沖縄から九州、四国、紀伊半島の太平洋側では温暖多湿を好むイエシロアリ、その他の地域ではヤマトシロアリが分布しています。前者は後者よりもどう猛であり、被害も大きい。本来シロアリは、アリでなくゴキブリの仲間になります。日光をきらうために、床下など湿っている所から食い荒らし、表面に出てきたときには木材内部がほとんど食い荒らされ、地震で家屋が転倒してはじめてシロアリの害だったことが分かります。実際、先の阪神・淡路大震災のとき、木造住宅に大きな被害が生じたのはこのシロアリの害が大きかったことが原因であると報告されています。

これらの被害を少なくするためには、防蟻処理された土台などを使う、表1に示す腐りにくい木材を使用することです。

5. 身の回りの木製品

5.1 容器

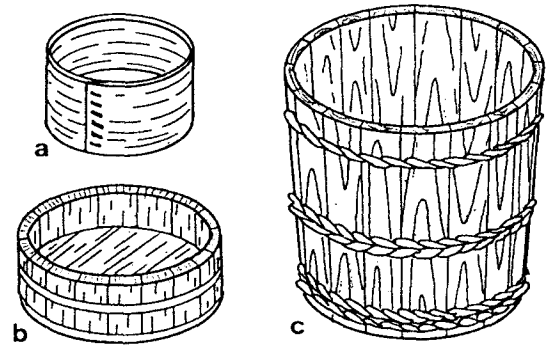
大型容器としては樽と桶があり、日本では酒樽としてスギが主体に用いられ、桶としてはヒノキ、サワラが用いられてきました。樽は常時水と接しているため、水分の移動が少なく、かつ水分吸収によって継ぎ目が塞がる木材膨張率の大きな木材が必要であり、これには板目取り材が用いられてきました。一方、桶は水に濡れたり乾いたりの繰り返しの用途に使われるために、木材膨張率が小さいことが要求され、これにはまさ目木取りが用いられてきました。図10にそれぞれの木取りの違いを示します。

洋酒で代表的なウィスキーやワインの貯蔵はオークの材で作られてきました。オークにはホワイトオークとレッドオークがあり、樽には必ずホワイトオーク材を使うことになっています。なぜならば、レッドオークは水を非常に通しやすい木材組織で構成されているために、貯蔵中に原酒が漏れるからです。近年、貯蔵の役目を終えた洋樽を有効利用する気運が高まり、家具材料として注目されています。ホワイトオークはナラ材に属するため高級家具として再デビューしています。

小型容器としては碗類があります。碗は食事のたびに手と接するものであり、食べ物の温度を伝えないように高い断熱性を必要とします。また、手に馴染み、清潔さが保たれなければなりません。これらの条件を満たすものとして木製什器があり、古来からろくろで挽いて漆仕上げを施していました。図11は現在製品化されている木取りの方法を示します。縦木取りは繊維の方向が上下に通る、製品化後の変形は少ないが、底部の繊維が短くなるために強度的に弱く、また大きな道管は水漏れの心配もあります。横木取りは繊維の方向が左右に通る、変形の確率が高いが、内面に様々な木目模様が現れます。どちらの木取りにするかは産地によって決められて

表1 木材の耐久性

	針葉樹	広葉樹
腐りやすい	エゾマツ、ツガ ハリモミ、クロマツ トウヒ、アカマツ トドマツ、ベイツガ	ハンノキ、ブナ シイノキ、アベマキ クスノキ、ヤチダモ バルサ
ふつう	シラベ、スギ カラマツ、ヒメコマツ シベリヤカラマツ ベイマツ	クヌギ、キハダ シラカシ、ミズナラ ホオノキ、アラカシ マホガニー、赤ラワン
腐りにくい	ネズコ、ヒノキ、ヒバ サワラ タイワンヒノキ レッドウッド ベイスギ	ヤマグワ、ヤマザクラ ニセアカシヤ、ケヤキ クリ、チーク



桶と樽の側板は用途によって木取りが違う
(a. 曲げ物桶、b. 結桶、c. 和樽)

図10 樽と桶の木取りの違い

います。

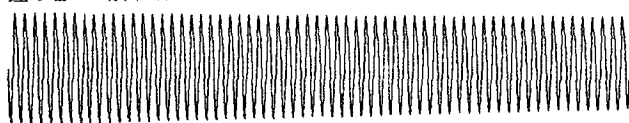
5.2 楽器

お寺の横を通ると、鐘をつく音や木魚を叩く音をしばしば耳にします。それぞれ聞いていて感覚的に異なった印象を受けます。金属でできている鐘は音が長い間響きますが、木材でできた木魚は短時間に音が減衰します。この違いは図 12 に示すように、金属は振動エネルギーが長く蓄えられるが、木材は細胞によって吸収されるという材料の振動の特性によるものです。

一方、木材は弦の振動で発生した音を共鳴させて大きく放射させる性質があり、弦鳴楽器として利用されています。このうちピアノやバイオリンの響板には針葉樹のスプルース材が用いられます。琴にはキリ材、三味線の胴木にシタン、カリン、タガヤサンなどの唐木が用いられています。



鐘の響き（弾性体の振動）



木魚の響き（粘弾性体の振動）

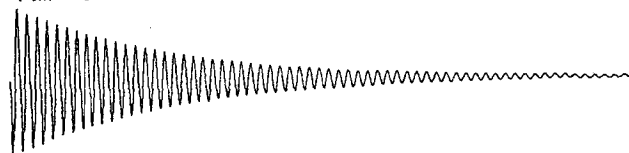


図 12 鐘と木魚の振動エネルギーの違い

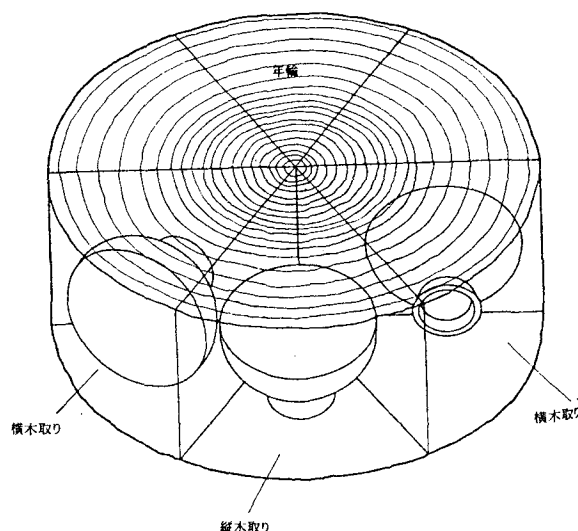


図 11 お椀の木取り

木材などの素材を直接叩いて発音する体鳴楽器としては木琴が代表的ですが、これには重硬で減衰が少ないローズウッド、カリン、オノオレカンバなどが用いられています。

その他、和太鼓の胴には一般的にケヤキ材が用いられてきました。

5.3 スポーツ用具

スポーツ用具に用いる木材を表 2 に示します。近年新素材の開発によって、軽くて強い材料が出現してきたため、従来木材でできていた用具も次第に少なくなりつつあります。

5.4 形を変えた木材

木材の原形を保たないもので、私たちの暮らしに貢献しているものを図 13 に示します。

6. 住宅を脅かすシックハウス症候群

木造住宅の高性能、高気密、高断熱性を得るために、新しい木質材料が開発されてきましたが、これらには接着剤が用いられてきました。接着耐久性の高い接着剤の中には化学物質であるホルムアルデヒドが含有され、これが製品化後に室内に放散して目や粘膜を刺激し、体調不良の原因となっています。放散するホルムアルデヒドの基準値を設けて規制していますが、被害対象者が増加して社会問題化したことから、その基準値をより一層厳しくする傾向にあります。対策としては室内換気が最も効果的です。

シックハウスはホルムアルデヒドの他にもトルエン、キシレン、パラジクロロベンゼンなど塗料やインク、防虫剤に含まれる有害化学物質の指定を受けています。最近ではシックハウス症候群の他に、学校の教師や子どもが罹るシックスクール症候群、会社員が罹るシックビル症候群も報告されています。

表2 スポーツ用具に用いる木材

スポーツ用具の例		広葉樹	針葉樹
ゴルフクラブ(ヘッド)	カキ・バーシモン・イタヤ(合板)		
スキー板(心材)	イタヤカエデ・ブナ・サワグルミ・マトア		トウヒ
テニスラケット	トネリコ・アッシュ・ブナ・ミズキ イタヤカエデ・ホンクルミ・サワグルミ		
バット	トネリコ・アオダモ・ヤチタモ・アッシュ		
アイスホッケースティック	アッシュ		スプルース
卓球台(天板)	ラワン(合板)・カツラ(合板)		
平均台ビーム	ラワン(合板)		
跳び箱	ラワン(合板)		
跳馬・あん馬(馬体)	ラワン(合板)		
// (ボメル)	ヤチタモ(合板)・ミズナラ(合板)		
平行棒バー	カシ(合板)・スチールシャフト芯入り		
跳躍台	ブナ(合板)・ミズナラ(合板)		
新体操器具(こん棒)	ブナ・カツラ		

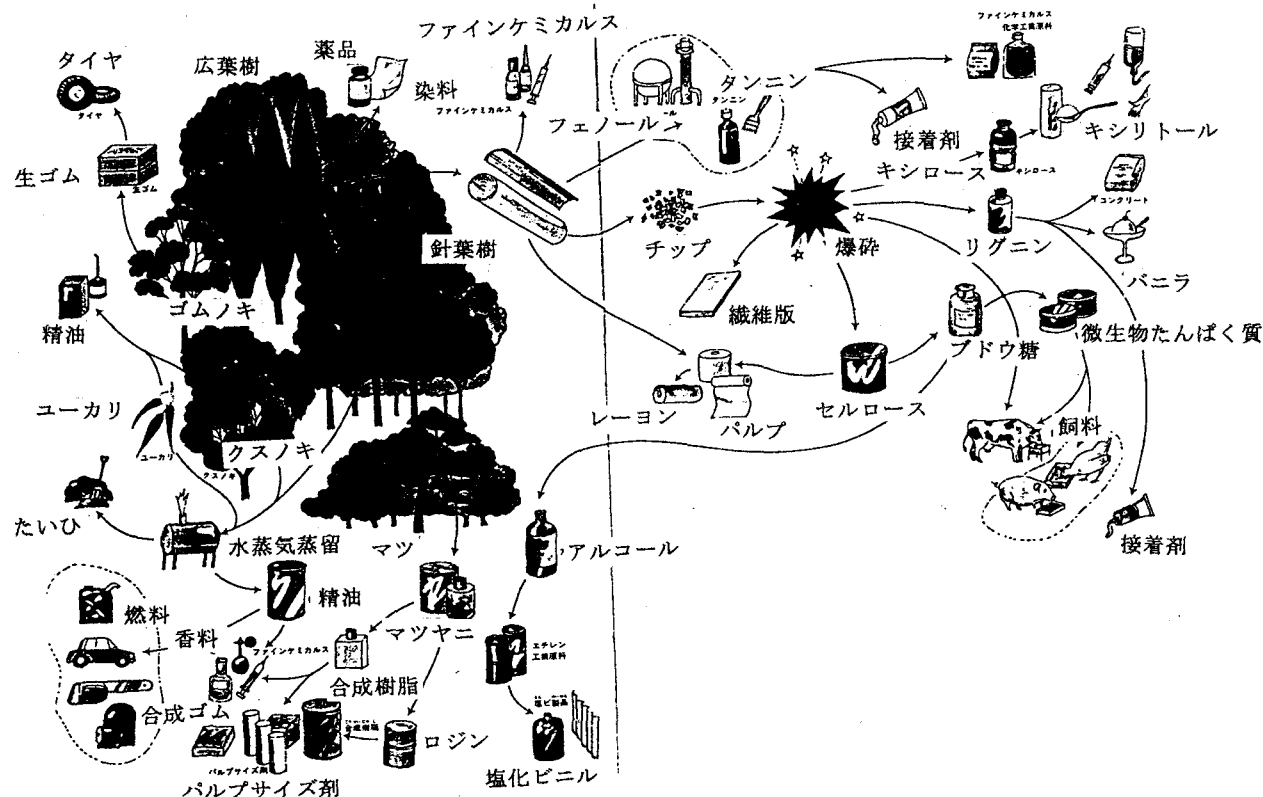


図13 姿を変えた木材

参考文献

- 1) 日本木材学会編：木と日本人のくらし,講談社(1985).
- 2) 佐道健：木のメカニズム,養賢堂(1995).
- 3) 川田雄一,町田輝史：材料強さ学の学び方,オーム社(1981).
- 4) 上村武：木とくらし,PHP研究所(1979).
- 5) 京都大学木質科学研究所：木のひみつ,東京書籍(1994).
- 6) 京都大学木質科学研究所：木材なんでも小事典,講談社ブルーバックス(2001).
- 7) 岡野健：木材のおはなし,日本規格協会(1988).
- 8) 小原二郎：木の文化,鹿島出版会(1972).
- 9) 日本木材学会編：すばらしい木の世界,海青社(1995).
- 10) 谷口義昭：木材加工の学習意欲を高める教材・教具,技術科教育実践講座,ニチブン(2002).

第6章

総括

教育課程において、ものづくりは、まず作るものの構想・設計(plan)から始まり、材料、道具を用いて加工し(Do)、最後にうまくできたか評価し(See)、次回に向けてフィードバックする一連の流れ、すなわち Plan - Do - See の過程を学習できるように、企画力や直感力、創造性などの育成につながり、教育的効果が高いと言われています。このものづくり教育に木材を利用することは、材料の性質を知識として習得でき、簡単な道具で加工実践ができ、加えて多くの場合作品は日常使うものであるため評価がしやすい、という長所があるため、教育現場では従来から木材を中心にした加工教育が採用されてきました。

近年、ものづくり学習の流れ Plan - Do - See に、さらに価値を認めて行動することの大切さ(Value + Action)が言われだし、Plan - Do - See - Valuation なる学習の流れも提案されています。やりっ放しの学習ではなく、学習したことによって何らかの提案・行動を起こすことを意味し、この学習に木材加工を強く位置づけたいと考えています。

本研究は、次図に示すように、新しい木材によるものづくりの教育システムを構築するための基盤づくりを目標として検討してきました。大学等による基礎研究の内容を、次代を担う子どもたちや一般消費者にわかりやすく教授する方法の開発を行いました。これには教材が果たす役割が大きいため、教材の開発に力点を置いて検討してきました。具体的には、①木材の音響的性質を利用した教材の開発、②木材の変形を利用した教材の開発、③木材の組織に関する教材の開発、④木質系資源の有効利用方法について理解を深める教材の開発です。

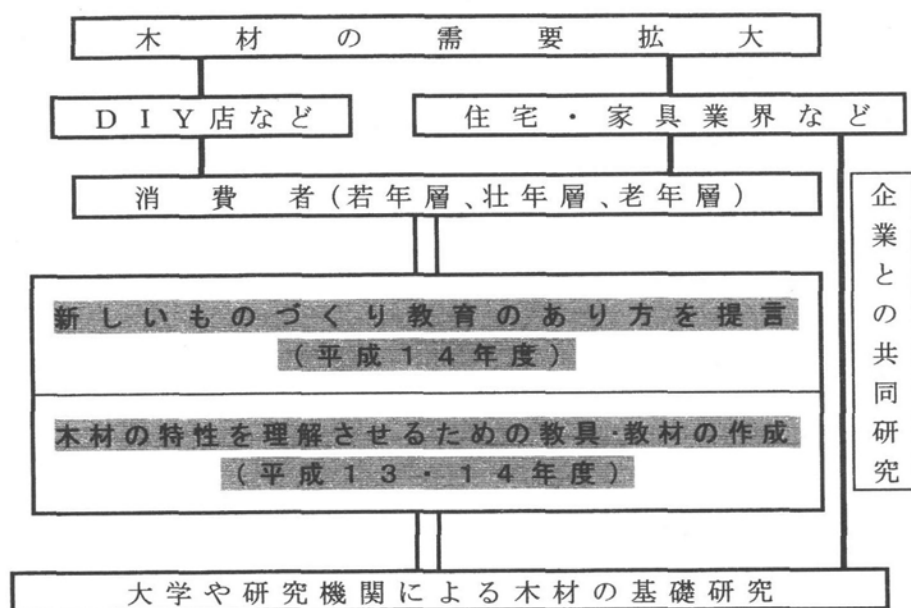


図 新しい木によるものづくりの教育システム

木材に関する情報は広く一般には届いていないため、如何に広く普及させるか、その広報手段を検討することが重要と考えられます。この広報・普及活動に関しては、今まで行ってきた3つの事例を紹介しました。

未解決な課題が山積しているため、まだ新しいものづくり教育のあり方の提言には至っていませんが、本報告書が木材教育の推進に少しでも役立てば幸いです。