



木材加工教育の実践に関する研究(第19報):
段ボール・ラワン単板複合材の製造とその利用につ
いて

| | |
|-------|--|
| メタデータ | 言語: Japanese 出版者: 公開日: 2008-05-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 金田, 弘, 成田, 武史 メールアドレス: 所属: |
| URL | https://doi.org/10.32150/00005015 |

木材加工教育の実践に関する研究（第19報）

段ボール・ラワン単板複合材の製造とその利用について

金田 弘・成田 武史

北海道教育大学函館校技術教室

Studies on the Practice of Woodworking Education (19) Manufacture and utilization of composite materials composed of waste corrugated paper and lauan veneer

Hiromu KANEDA and Takeshi NARITA

Technological Laboratory, Hakodate Campus, Hokkaido University of Education
Hakodate 040-8567

Summary

Recently the utilization of waste paper has increased yearly and is receiving wider appreciation as a form of recycling. As to the utilization of waste corrugated paper, it is valued highly in manufacturing board material as the paper has considerable thickness.

This report deals with the possibility of manufacturing composite materials composed of waste corrugated paper and lauan veneer and examinations of the quality of composite materials.

The results are summarized as follows:

- (1) It was possible to manufacture composite materials composed of waste corrugated paper and lauan veneer. To manufacture high quality composite materials, it was necessary for corrugated papers to be well penetrated by adhesive to inside the corrugated paper.
- (2) As a result of examinations of the quality of composite materials, it was recognized that the quality of these materials was nearly equal to that of medium density particle board. But the internal bonding strength of corrugated paper was pretty small and consequently it was impossible to be used as material subjected to shear stress.
- (3) Composite materials can not be used as structural material and these materials were used to produce small boxes and desk lamps. Two kinds of wood craft were completed being beautiful and practical. It was considered that these materials could be used as materials in the wood processing field.

1 はじめに

リサイクルという言葉が使われるようになって久しい。昨今では、我々の生活にリサイクルという概念が定着したように見える。事実、衣食住に関して、リサイクルの動きはいろいろと見られ、限りある資源を有効に利用するためには、リサイクルの実施が各方面で一層強く求められるようになるのは必至である。

木材加工の領域でも、リサイクルは建築や工場の古材、廃材の再利用、古紙の再利用等で実施され、特に古紙の再利用については、その実施率は高く、現状ではかなりの効果を上げている。

しかし、古紙のなかでも段ボール古紙は深刻な在庫過剰の状況が続き、取り引き価格は下落を続け、このため段ボール古紙の回収が、最近では地域によっては一部有料化されるに至った。

段ボールの有料回収に伴い、数量的にまとまらない場合には、貴重な資源であるはずの段ボール古紙が一般のごみとして処分されるケースも出てきている。

このような背景から段ボール古紙の再利用を模索した中で、段ボールの厚さに着目し、ラワン単板と組合せて板材料として再利用することを考えついた。ラワン単板と段ボール古紙を接着し、厚さのある複合板ができれば、段ボール古紙の使用量増加に繋がる。

本報では、ラワン単板と段ボール古紙による複合材の製造、出来上がった複合材の材質試験の結果、さらに複合材を利用した作品等について紹介する。

2 古紙のリサイクルについて^{1)~4), 7)}

国土の狭い我が国では、ごみは燃やして埋め立てることを基本に処分を行っている。これは、ごみは焼却することによって重量比で15%、容積比で5%程度に減量することが出来るからである。しかも焼却処理は、細菌や害虫を殺したり悪臭を消したり出来る衛生的な方法である。ところが近年、ごみの発生量の増加のため、焼却処理されずに、そのまま埋立地に捨てられるケースが出てきている。埋立地は無限にあるわけではないので、出来る限りごみの発生を減少させなくてはならない。可燃ごみの4割以上を紙ごみが占めているため、資源ごみの分別を徹底し、古紙の再利用を行えば、ごみ処理問題の解決にも繋がる。

古紙の再利用を考える上で、環境問題から目をそらすことは出来ない。もともと紙の原料は木材であり、その木材は森林資源によって支えられているからである。現在、製紙に利用されている木材は、利用価値の少ない製材の残材、間伐材、低質材などであるため、森林資源を無駄使いしているわけではないが、古紙を優先的に使えば、その分だけ木材の消費を減らし、森林資源を守ることが出来る。

古紙を再利用した再生紙といえは、まず新聞やトイレットペーパーが思い浮かぶ。今や新聞紙には古紙パルプが40%使用されているし、トイレットペーパーには100%古紙パルプ使用のものもある。我が国の製紙会社は激しい国際競争のなかで、原料として安い古紙パルプの配合量を増やすことを目標とし、古紙パルプの品質改善に努力を重ねてきた。その結果、我が国は世界で一番の古紙利用率となり、品質的にも我が国の脱墨パルプの残留インキが一番少ないという評価に繋がっている。現在、我が国で使用されている紙の原料の半分は、古紙で賄われている。

3 廃棄された段ボールを再利用する試み

3・1 段ボール・ラワン単板複合材の製造

段ボール・ラワン単板複合材の製造にあたって問題になるのは、段ボールの構成である。一般に段ボールは、表裏のライナーと波状の中芯原紙の3枚の紙によって構成されている。

普通の紙や板であれば、表裏に接着剤を塗布し、積層、圧縮すれば、強度はともかくとして板状の平面材料ができる。しかし、段ボールはただ表裏に接着剤を塗布するだけでは、中芯原紙にまで接着剤を浸透させることは出来ない。複合材の各層の接着が完全に行われるためには、段ボールの中芯にまで接着剤を浸透させる必要がある。

そのために、段ボールの表裏両面にカッターナイフで直交して溝をつけて、接着剤を中芯まで浸透させる方法を採用した。溝と溝の間隔は出来るだけ狭い方が接着剤を一様に浸透させるためには都合がよいが、あまり狭くすると、段ボール自体がぼろぼろになって弱くなるため、10mm間隔で溝をつけた。写真1は溝つけのための治具である。

ラワン単板とラワン単板およびラワン単板と段ボール間の接着には、酢酸ビニル樹脂接着剤（エマルジョンタイプ）を用いた。ラワン単板同士の接着には、接着剤原液のまま、ラワン単板と段ボール間の接着および段ボール内部への浸透には、水で50%希釈した接着剤を使用した。

段ボール内部へ接着剤を十分に浸透させるためには、刷毛で何回もくり返し塗る必要がある。接着剤を1回だけ塗布した場合と数回繰り返して塗布した場合とでは、表1に示すように接着剤の浸透量に大きな差が生じ、その結果、複合材の強度に影響を及ぼす。因みに50%希釈した場合の接着強度をラワン挽き板を被着材にして実験した結果は、原液の場合のほぼ60%の接着強度を示すことが認められた。

複合材の製造方法は次の通りである（写真2～7）。

3・1・1 材 料

(1) 段ボール古紙：家庭から廃棄された厚さ2～4mmの段ボールを使用した。ライナーが極端に厚いものや薄いもの、複両面（両面段ボールが2枚接着されたもの）、複々両面（両面段ボールが3枚接着されたもの）段ボールは使用を避け、出来るだけ均質な段ボールを選んで使用した。

(2) ラワン単板：複合材の強度を考えれば厚い単板を使う方が有利ではあるが、段ボールの再利用という観点から見れば、出来るだけ段ボールの割合を増やしたいところである。そのため単板は1.6mm厚さを使用した。

(3) 接着剤：使い易さの点から酢酸ビニル樹脂エマルジョンタイプを選択し、段ボール内部への浸透量を大きくするために、段ボールへの塗布は水で50%希釈したものを用了。

3・1・2 積層数および製品寸法、厚さ

積層数は12層であり、単板2層～段ボール3層～単板2層～段ボール3層～単板2層の構成である。単板は繊維方向が直交するように接着し、段ボールの接着はランダムである。製品寸法はプレスの熱板の関係で30cm×30cm、厚さは14～15mmである。

3・1・3 圧縮力および時間

圧縮力は10kgf/cm²、時間は常温で24時間とした。除圧後は内部の水分を除去するため、風通しのよい所で4～7日間放置して複合材の含水率を気乾状態にまで下げた。

表 1 接着剤の段ボールへの浸透

| 回数 | 含有率 | 接着剤の占める割合 (%) [#] |
|------|-----|----------------------------|
| 1回塗布 | | 14.1 ~ 29.1 ~ 49.3 |
| 数回塗布 | | 46.8 ~ 48.5 ~ 53.8 |

※12cm×12cmの段ボール片面に塗布した。

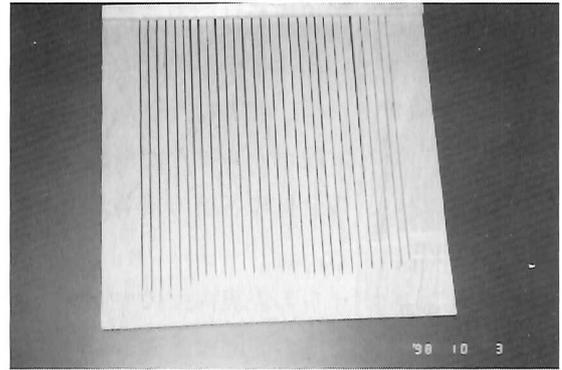


写真 1 段ボールに溝をつけるための治具



写真 2 段ボールの切断 (30cm×30cm)

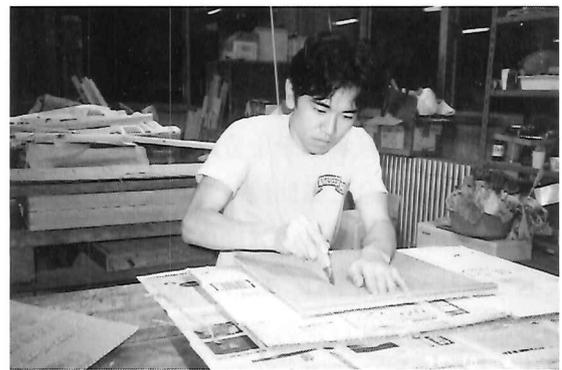


写真 3 段ボールへの溝つけ (10mm間隔, 表裏面)



写真 4 段ボールへの接着剤塗布



写真 5 段ボールの積層接着



写真 6 段ボールへの単板接着



写真 7 複合板のプレスへの挿入, 圧縮

表 2 段ボール・ラワン単板複合材の材質試験結果

| 測定項目及び構成 材 料 | 比 重 | 圧縮強度 (kgf/cm ²) | 曲げ強度 (kgf/cm ²) | 段ボール間の 内部結合力 (kgf/cm ²) | 構 成 |
|-----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|---|--|
| 複合材Ⅰ | 0.57~0.60~0.63 | 126~181~234 | 118~206~340 | 1.0~2.7~5.3 | 単板2層+段ボール3層+単板2層 +段ボール3層+単板2層※ ^A |
| 複合材Ⅱ | 0.58~0.60~0.61 | 109~123~153 | 96~111~122 | 0 | 単板2層+段ボール3層+単板2層 +段ボール3層+単板2層※ ^B |
| 複合材Ⅲ | 0.59~0.62~0.64 | 165~194~217 | 174~266~342 | 1.9~3.4~5.0 | 単板2層+段ボール3層+単板2層 +段ボール3層+単板2層※ ^B |
| 複合材Ⅳ | 0.59~0.61~0.62 | 126~152~180 | 175~217~319 | — | 単板6層+段ボール5層※ ^A (単板~段ボール交互に11層) |
| 段ボール板 | 0.78~0.79~0.80 | 25~37~50 | 27~54~81 | — | 段ボール14層※ ^A |
| パーティクルボード低比重 | 0.3 | | 30~50 | | |
| パーティクルボード中比重 | 0.40~0.80 | 100~200 | 100~500 | | |
| パーティクルボード高比重 | 0.80~1.05 | 200~300 | 200~530 | | |

※A…単板~単板、単板~段ボール、段ボール~段ボールの接着、段ボール内部への浸透に水で50%希釈したタイプを使用した。

※B…単板~単板の接着には原液を、単板~段ボールの接着及び段ボール内部への浸透には水で50%希釈したタイプを使用した。

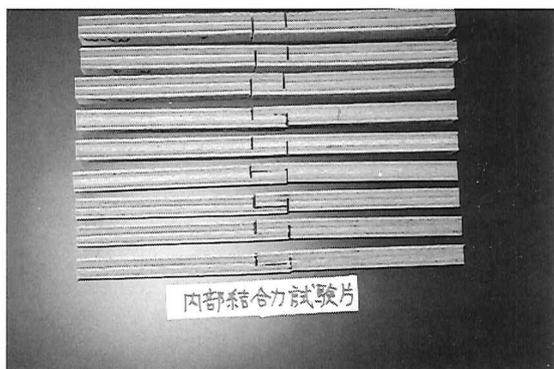


写真 8 内部結合力測定のための試験片（試験後）

3・2 段ボール・ラワン単板複合材の材質試験⁵⁾

製造した複合材の材質を調べるため、比重、圧縮強度、曲げ強度、内部結合力を測定した。試験片の寸法および測定法は素材や合板、パーティクルボード等のそれらに準じた。なお内部結合力の測定は、通常、試験片の上部と下部（厚さ方向）に金属製のアタッチメントを接着し、上下に引張力を加えて行うが、試験後の処理や設備の関係から写真8に示すように、段ボール間の接着層に引張り剪断力が作用する試験片を作製して行った。圧縮試験では、試験片の表裏層に配置するラワン単板の繊維方向と荷重方向が平行であり、曲げ試験ではスパン方向と表裏層のラワン単板の繊維方向が平行で、繊維方向に直交して荷重を作用させた。

試験結果は表2に示す通りである。参考のために段ボールのみで製造した段ボール板とパーティクルボードの値も掲載した。

複合材は4タイプ製造した。Ⅰ～Ⅲは単板～段ボールの構成が同じであるが、ⅠとⅡ、Ⅲでは接着剤の使い方に違いがある。Ⅰでは単板同士の接着にも水で50%希釈したタイプの接着剤を使用した。Ⅱ、Ⅲでは単板同士の接着には原液を、単板～段ボールの接着および段ボール内部への浸透には、水で50%希釈したタイプの接着剤を使用した。但し複合材Ⅱでは、接着剤の塗布が1回であったため段ボール内部への浸透が十分ではなく、各強度ともにⅠ、Ⅲに比べると小さく、特に内部結合力が弱く零になった。

段ボールへの接着剤塗布を数回繰り返し、内部へ十分に浸透させたⅢはⅠ、Ⅱに比べ、曲げ強度、内部結合力ともに大きいことが認められた。これらの値は中比重のパーティクルボードの値に近い。またⅢとⅣの比較から、単板を直交させて使用する有利性も認められる。

段ボールだけで製造した材料は、強度的に弱いだけでなく、乾燥するにしたがって板が反ってくる欠点があった。段ボールとラワン単板を組合せることで板の反りを防ぎ、実用に耐える強度をもたせることが可能となった。

構成や接着剤の使い方を変えて4種類の複合材を製造し材質を調べてみた結果、いずれも比重0.60程度の材料が出来上がった。圧縮強度、曲げ強度はラワン単板を使うことによって、或る程度の数値を求めることが可能である。問題は段ボール間の内部結合力の低さにある。段ボール内部への接着剤の浸透には配慮したが、今回の実験では、十分な結合力を得るには至らなかった。従って、段ボールの層に大きな剪断力が作用するような使い方は避けなければならない。

この点を留意すれば、実習用材料として利用することは可能であると考えられる。

4. 段ボール・ラワン単板複合材の利用について

材質試験の結果、試作した複合材は、それほど大きな強度を必要としなければ、十分に利用できることが認められた。出来上がった板の寸法が30cm×30cmであることを考慮すれば、室内で使用する工作物へ利用するのが適切かと思われた。

本棚、CDラック、マガジンラック、ギャラリーボックス、小箱、照明器具等の製作が考えられたが、今回は小箱と照明器具への利用を試みた。

これら作品の製作にあたって、12層の複合材のほか7層（ラワン単板2層～段ボール3層～ラワン単板2層）の複合材も使用した。また、複合材の表裏面に生じた接着剤滲出による染みをカバーするために、つき板（化粧単板）を貼って美観を持たせた。

4・1 小箱の製作

小箱の外側寸法（縦、横、高さ）は、121mm×173mm×86mmおよび160mm×262mm×102mmの2種類である。小さい方にはナラのつき板を、大きい方にはウォルナットのつき板を貼って美観を持たせた。本来ならば箱の蓋の部分には蝶番を取り付けるのが望ましいが、複合材は釘による接合が困難なので、溝を付けてスライド式の蓋にした。接合は釘の使用を避けて、ダボと接着剤を併用して行った。

箱の内部にはフェルトを貼り、高級感を持たせ、塗装はスプレー（透明クリヤー、アクリル樹脂）によって行った。

製作工程および完成品を写真9～25に示す。



写真9 丸鋸盤による部材どり

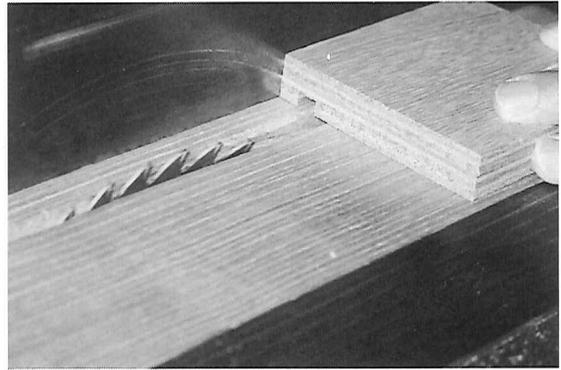


写真10 丸鋸盤による側板への溝つけ

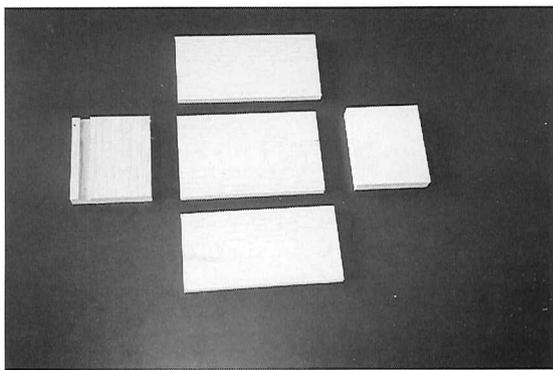


写真11 小箱製作のための部材

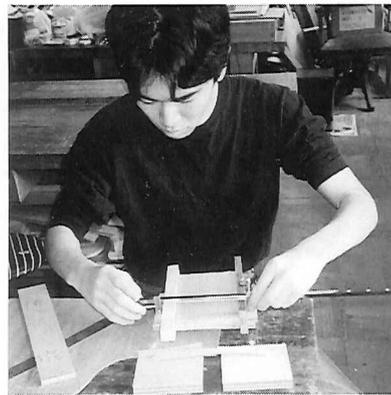


写真12 部材へのつき板の接着

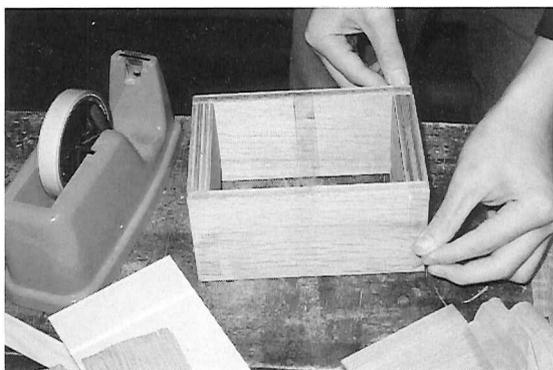


写真13 ダボ穴をあけるためのセロハンテープによる固定

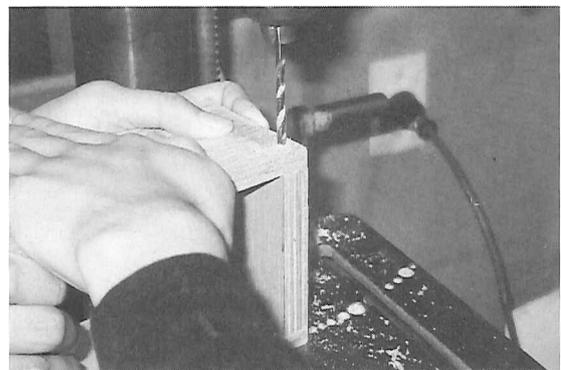


写真14 ボール盤によるダボつぎのための穴あけ

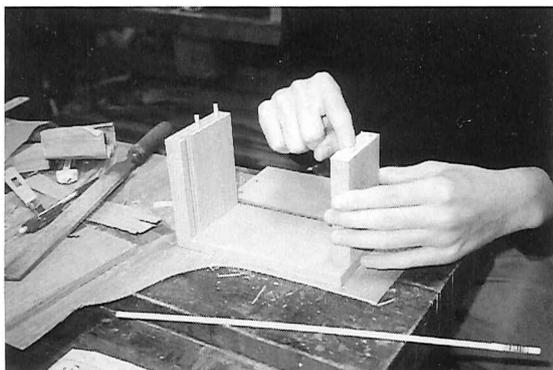


写真15 ダボによる接合（接着剤塗布）

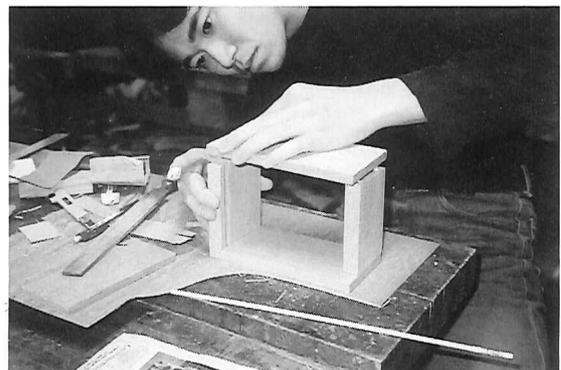


写真16 ダボによる接合（接着圧縮）

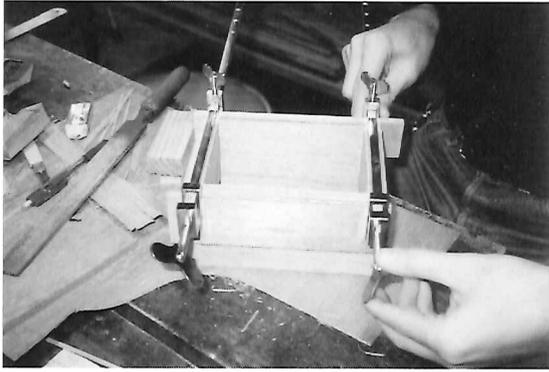


写真17 ダボによる接合（はたがねによる圧縮）

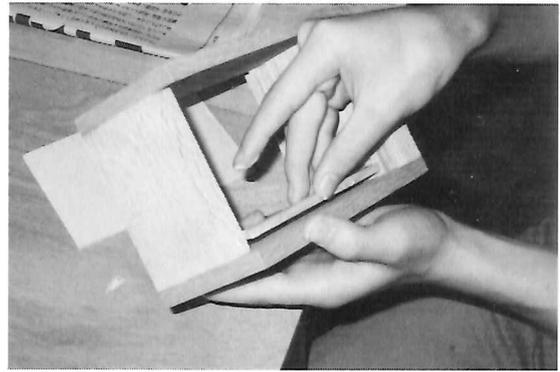


写真18 蓋が落ちないためのガイドの接着

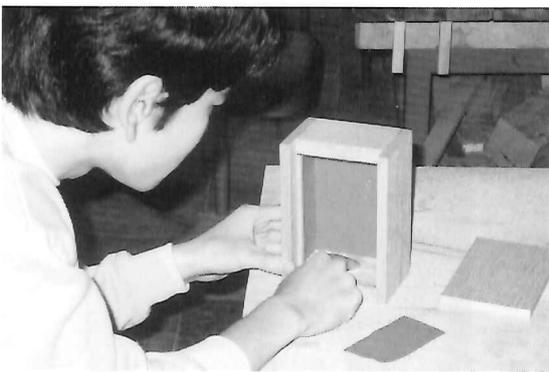


写真19 箱の内部へのフェルトの接着



写真20 蓋への取っ手の接着



写真21 スプレー塗装

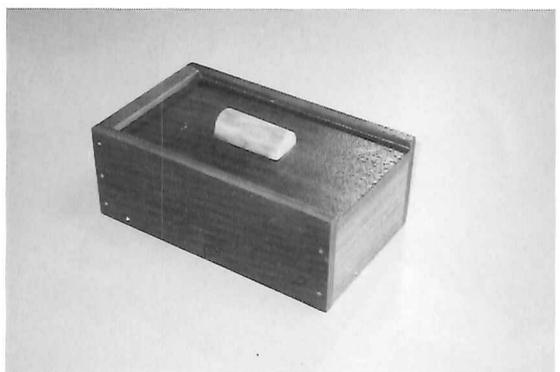


写真22 完成した小箱（大）

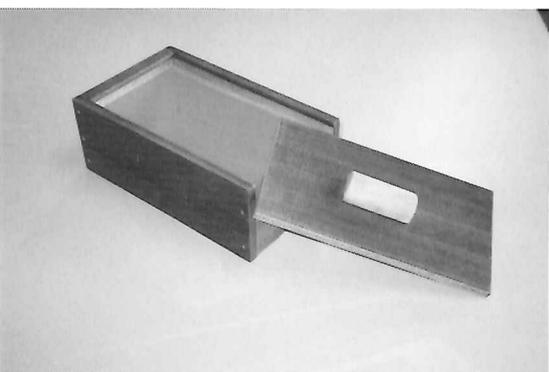


写真23 完成した小箱（大）

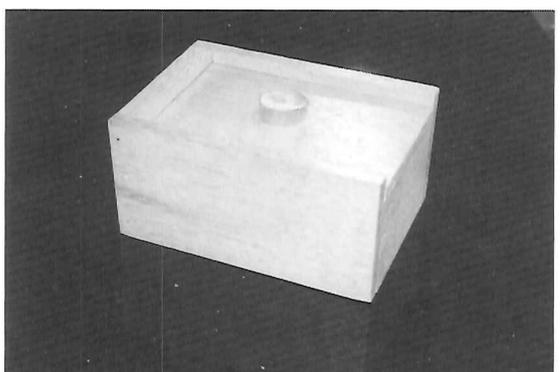


写真24 完成した小箱（小）

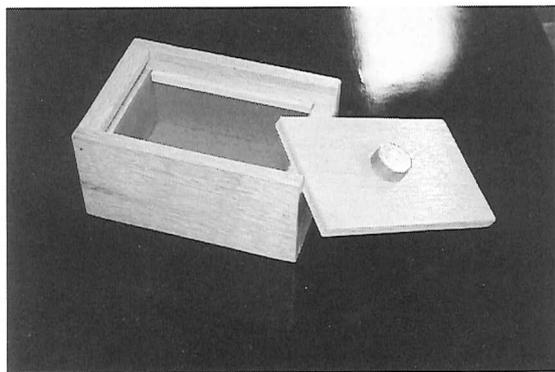


写真25 完成した小箱（小）

4. 2 照明器具の製作⁸⁾

照明器具には、和風の趣を出すためにナラのつき板を部材に貼って使用した。間接照明として使うために、明るすぎないように複合材と和紙とを組合せ、落ち着いた雰囲気のある笠を作製した。

笠の寸法は縦、横178mm×178mm、高さ193mm、台の寸法は縦、横191mm×192mm、厚さ40mm、支柱の寸法は断面45mm×45mm、高さ100mmであり、支柱には下から50mmのところを笠を支えるバー（厚さ15

mm）が付けてある。

笠の部材には表、裏から溝を付けてスリットを作り、ここから光が漏れるように工夫した。この面積が広すぎると照明器具としては暗くなるので、適当な面積にして残りの部分は和紙を貼って明るさを調節した。笠は2面ずつデザインを変えてある。

台、支柱にもナラのつき板を貼ったので、照明器具全体に落ち着きが見られ、高級感のある作品に仕上がった。土台部分の虎斑を見ると、一見ナラの一枚板と見間違えそうなきれいな出来栄である。

製作工程および完成品を写真26～33に示す。

5. 段ボール・ラワン単板複合材に関する評価

段ボール・ラワン単板複合材の製造に関して、最も面倒に感じられたのは、使用可能な段ボールの選別である。今回使用したのは家庭からの廃棄物であったが、厚いものや薄いもの、接着不良の原因を作るテープや塗料の付着、水分をかなり含んでいるもの等さまざまであり、それらの選別に苦労を重ねることになった。その結果、実際に複合材の原料として使用できたのは、ほぼ6～7割程度であった。

リサイクルを目指すには、どんな段ボールでも使用するのが建て前ではあるが、実験室での試作では限界が生じるのは止むを得ないことである。

段ボールへ接着剤をより浸透させるために行った溝つけ作業や、除圧後に室内で乾燥に数日を要すること等、合板やボードの製造に比べれば、複合材の製造はかなりの手間と時間を要するが、廃棄された段ボールの有効利用のためには克服すべき問題であろう。

段ボールの持つ厚さを考えれば、単板との組合せによって平面材料としての板材料を製造し、題材へ利用する道を拓くことが、実験室的には可能と思われた。実際に試作してみると、若干の問題はあっても、この感を深くしている。

製造した複合材は、段ボール間の内部結合力が十分ではないという欠点はあるが、段ボール間に大きな剪断力がかからないような利用に配慮をすれば、使い道はかなりあるように思われる。比重や圧縮強度、曲げ強度については、中比重のパーティクルボードと同程度の値が認められた。

実際、小箱や照明器具に利用したが、加工の方法とくに接合方法に十分な配慮をすれば、別段問題はなく使用できる。実習における簡単な工作物にならば、複合材の利用は十分可能である。表面に化粧単板を貼れば、いろいろな工作物に使用できそうである。接合はダボと接着剤を併用すれば問題はなく、小箱、マガジンラック、CDラック、本棚、ギャラリーボックス、照明器具等の製作に部材として利用することが可能であろう。これらの工作物は段ボールの層に大きな剪断力がかかるわけではないし、室内で使用するため水に

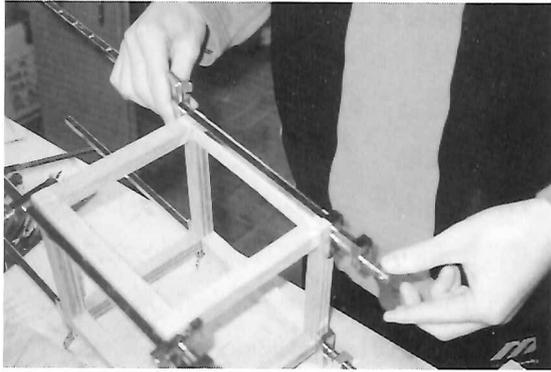


写真26 笠の骨組みの製作

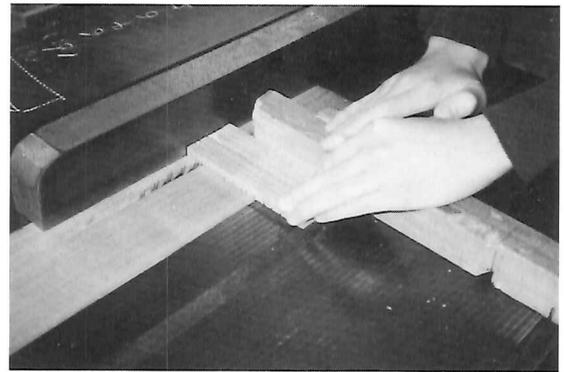


写真27 丸鋸盤による笠の部材への溝つけ
(スリットの作製)

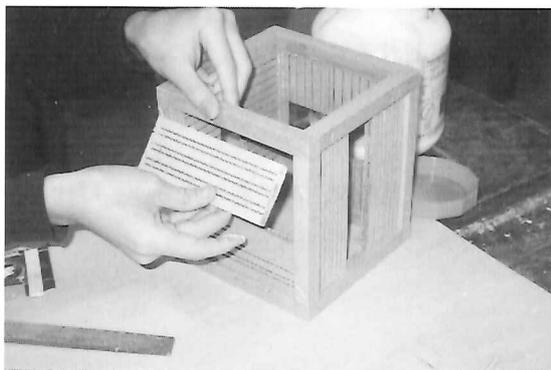


写真28 スリット板の笠への取付

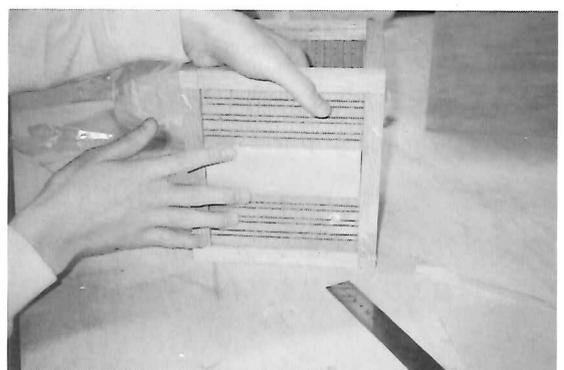


写真29 笠への和紙の接着

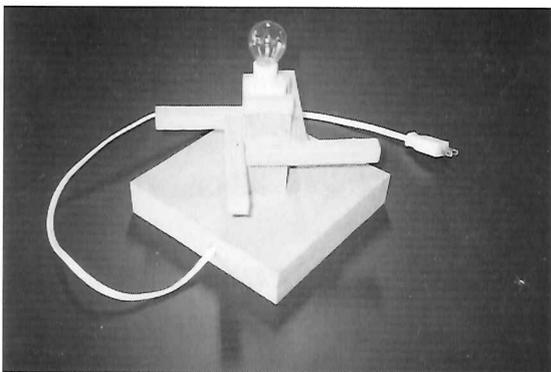


写真30 支柱と台

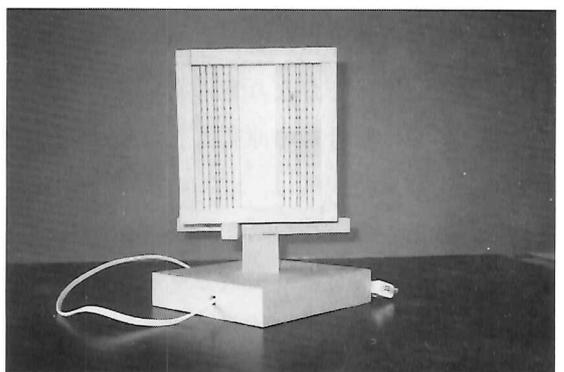


写真31 完成した照明器具 (1)

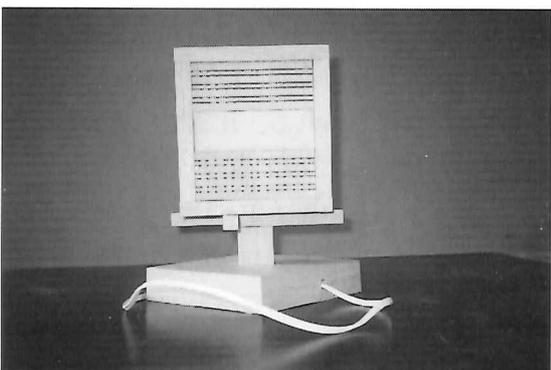


写真32 完成した照明器具 (2)

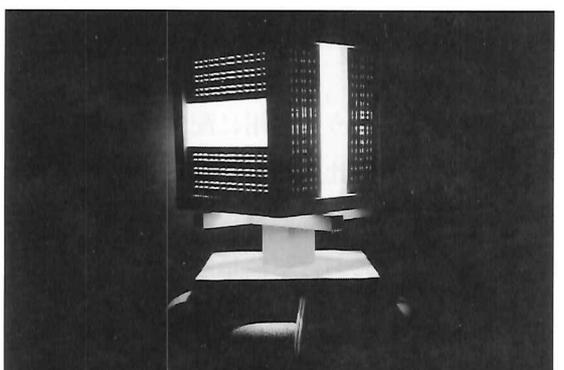


写真33 完成した照明器具 (3)

濡れることもない。従って、このような利用法が得策かと思われる。

今回は小箱と照明器具の製作に複合材を利用したが、実用に十分耐えることが認められた。試作した複合材の利用には制約もあるが、実験室で行う段ボールのリサイクルとしては、或る程度の成果を上げることが出来たのではないかと考えている。

6. おわりに

古紙のリサイクルが叫ばれるようになって久しい。古紙は街の森林資源といわれるほど、種々の紙に再生されて有効に利用されている。新聞紙、トイレットペーパーは勿論のこと書籍用、段ボール用と古紙の利用面は拡大している。「古紙1トンは20本の立木に相当する」¹⁾といわれるほど、古紙は貴重な資源なのである。

このような背景はあるものの、ある日、新聞紙上で見た「段ボールの有料回収」の記事が目にとまり、有効な利用法を模索することとなった。

段ボールの持つ厚さに注目し、段ボールをラワン単板と複合させて平面材料を製造した。複合材の製造では、段ボール内部への接着剤の浸透が問題であった。段ボール内部への接着剤の浸透が良好であれば、中比重程度のパーティクルボードと材質的にはほぼ同程度の材料が出来上がった。但し、圧縮強度、曲げ強度に比べ、段ボールの内部結合力は十分とは言い難い。

このような材質を考慮して、複合材は小箱と照明器具の部材として利用した。複合材に化粧単板を接着して美観を持たせ、接合方法に工夫を凝らして実用的な作品が誕生した。

実験室的には、廃棄された段ボールをラワン単板と組合せ複合材にすることで、実習用の材料として十分に生かされることが認められた。

引用および参考文献

- 1) 本州製紙再生紙開発チーム：紙のリサイクル100の知識，東京書籍(株)，1991.
- 2) 王子製紙株式会社：紙パルプの実際知識（第5版），東洋経済新報社，1993.
- 3) 町田誠之：紙の科学，トイレットペーパーから情報処理まで，講談社，1981.
- 4) 金田 弘：森のめぐみ木のこころ，海青社，1996.
- 5) 北原覚一：パーティクルボード，楳書店，1963.
- 6) 農林省林業試験場：木材工業ハンドブック，丸善，1982.
- 7) 北海道新聞函館支社函館新聞班：函館新聞，1998. 5. 15.
- 8) 金田 弘：木材加工教育の実践に関する研究（第13報），題材，教材の開発（8），北海道教育大学紀要（第2部B），第47巻第2号，pp.35～48，1997.