

(2) エコ・マテリアルの開発研究(故紙利用による木質複合材料の開発)

材料開発部 中原 恵

要 旨

森林破壊や木材資源の枯渇問題に対応するために、間伐材や山地残材等の低質材や残廃材、木質産業廃棄物である故紙の有効利用を目指して、エコ・マテリアルとしての木質ボードの開発を行なった。その結果、木材小片に故紙パルプを混入することにより、接着剤を添加しないで成型、固化できるリサイクル可能な木質ボードの製造技術を開発し、そのボード性能を把握した。

1. はじめに

近年、木材資源は、熱帯の森林資源の乱伐に始まり、割り箸論争に至る大きな問題を抱え、代替材の開発が活発化してきた。日本では、これまで合板のシェアが75%と圧倒的に大きく、東南アジアなどにおける木材資源の乱伐の一因ともなっていたが、ヨーロッパでは早くから資源問題を懸念し、木材資源の有効利用を目指したパーティクルボード(削片板)やファイバーボード(繊維板)等の木質ボードが開発、製造されている(図1)。

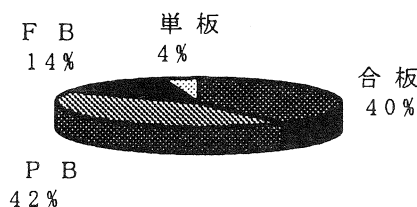


図1 世界の木質ボード生産割合(1989年)

これらの木質ボードは、間伐材や山地残材、建築解体材の有効利用のために技術開発されたもので、家具の心材や床下地材として用いられており、木材資源の枯渇が問題視されてきている今日、生産量は急速に伸びてきている。しかし、接着剤を添加して成形、固化した材料であるため、ホルマリンが発生したり、廃ボードの再利用が困難であるなどの問題も抱えている。

一方、木材資源からは、その繊維を利用して我々の生活に欠かせない紙が製造されてきた。使用された紙は、年間1千万トン以上の故紙として回収され再生利用されており、これは立木2億本に相当するといわれる。現在、故紙の回収利用率は50数%で、段ボールや新聞紙の再生利用率はひじょうに高いが、コンピュータ用紙やコピー用紙等のオフィス故紙とよばれる上質故紙は利用価値が

高いと考えられる反面、再生利用率はきわめて低いのが現状である(図2)。今後、故紙の再生利用を促進するためには、上質故紙の有効利用とその回収システムを考えていくことが必要である。

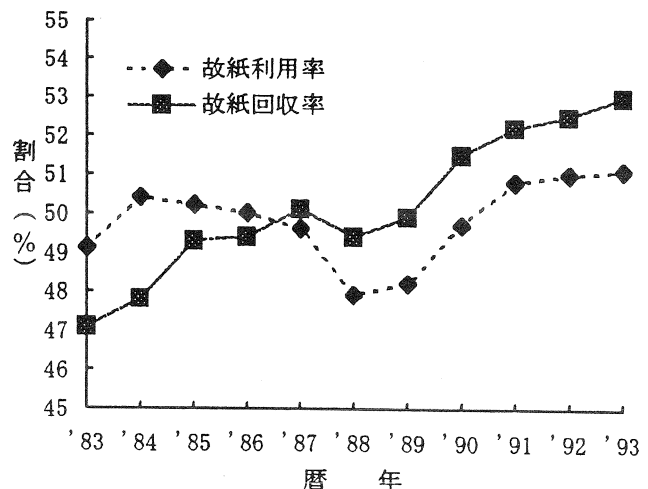


図2 故紙の回収率、及び利用率の推移⁶⁾
(資料：紙・パルプ統計月報)

そこで、本研究では、木質資源を有効利用するとともに、環境にやさしい材料や技術の開発を目的として、木材小片に故紙パルプを混入することにより、接着剤を添加しない木質ボードの開発に取り組み、その製造技術やボード性能について検討した。

2. 実験方法

2.1 供試材料

木材小片は、リングフレイカーで削った三層パーティクルボードの心層用小片(MC 8.2%)をOVER#8、#8~12、#12~24、UNDER#24の4フラクションに篩分けして用意した。故紙パルプは、上質故紙をパルパで離解

し、熟成タンクを経て填料やサイズ剤、異物等のスラッジを除去したトイレットペーパー用100%再生パルプ(M.C. 399.3%)を用いた。また、パルプの種類によるボード性能を比較するために、サイズ剤添加済みのハードボード用パルプ(M.C. 237.0%)とインシュレーションボード用パルプ(M.C. 121.2%)も準備した。

表1 篩分けした木材小片のサイズ

Particle size	Ave. Length (mm)	Ave. Thickness (mm)
over 8	22.84	1.51
8 to 12	16.87	1.07
12 to 24	11.23	0.72
under 24	4.28	0.55

2.2 ボードの製造方法

木材小片と故紙パルプを混合して成型、固化させる技術について検討を行い、その一方法として、ファイバーボードの製造において用いられる湿式成型による熱圧法を開発した(図3)。

まず、パルプを攪拌器で水に均一に分散させ、その液中に木材小片を混入して数分間攪拌した後、ウェットフォーミング用の抄造器(円筒形、直径22cm、スクリーン#20)に流し込み、軽度の脱水を行ってパーティクル・マットを形成させた。次に、ホットプレスを用いて、10mm厚のディスタンス・ピースを熱板間に置いて160℃で20分間熱圧し、厚さ10mmのボードを製造した。その際、ボード製造条件として、パルプ混入率や木材小片サイズ、ボードの比重、パルプの種類を変えたほか、熱圧時にマット内部に発生する水蒸気圧を除去するために従来の湿式法にしたがって金網をマット下面に敷いた片面平滑ボードと、三段階圧縮条件による金網を敷かない両面平滑ボードを製造した。

2.3 ボードの性能評価方法

a. 曲げ試験

製造したボードから厚さ10mm×幅50mm×長さ200mmの試験片を作製し、JIS A 1408に準拠して、スパン150mmで曲げ試験を行なった。

b. はく離試験

ボードの内部結合力を調べるために、50mm×50mmの試験片により、JIS A 5908に準拠して、荷重速度2mm/min.ではく離試験を行なった。

c. 吸湿試験

接着剤等の樹脂を添加していないため、吸湿問題が危惧されることから、50mm×50mmの試験片を温度40℃、関係湿度90%の恒温恒湿器内に置いて、ボード厚さの変化を経時的に計測し、吸湿による厚さ膨潤率を求めた。

d. SEM観察

ボード内のパルプと木材小片の結合状態や分布等を調べるために、走査型電子顕微鏡で観察を行なった。

3. 結果と考察

3.1 片面平滑ボードの性能評価

先ず、片面平滑ボードについて、故紙パルプ混入率と木材小片サイズを因子とした曲げ強さ(MOR: kgf/cm²)と曲げ弾性率(MOE: kgf/cm²)を図4に示す。

木材小片間を結合、充填している故紙パルプの混入率が大きくなるにしたがい、曲げ性能が比例的に向上することが明らかである。また、木材小片サイズには、小片の表面積とパルプ量の関係で適正サイズが存在することが判明した。

一方、ボードの比重による曲げ性能の差異を調べ、比重増加に伴う曲げ性能の向上も確認した。

以上の研究結果から、片面平滑ボードは湿式法による

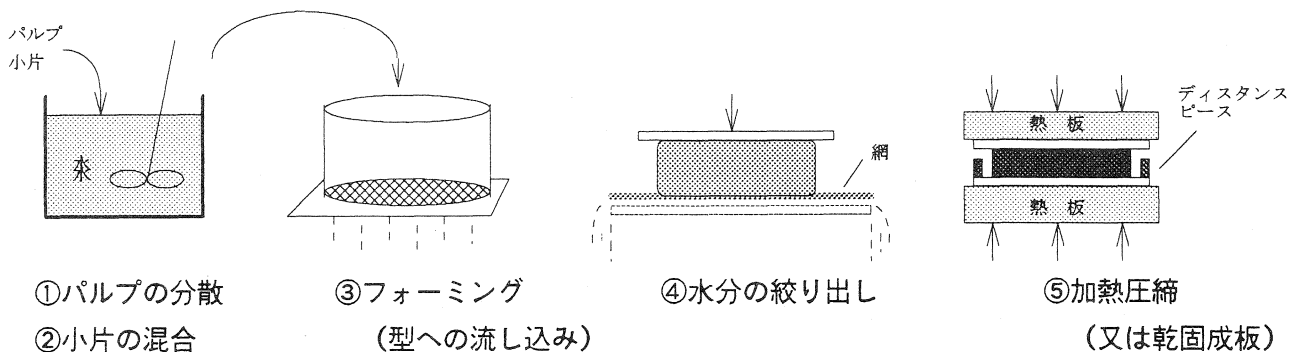


図3 パルプ混入木質ボードの製造工程

金網側の表面で木材小片とパルプが十分に圧縮されていないために十分な曲げ性能を得ることができないことが明らかになった。

3.2 両面平滑ボードの性能評価

加熱圧縮工程で圧力調整（息抜き）を行なうことにより水蒸気を抜き、金網を要しない両面平滑ボードを製造する方法を検討した。両面平滑ボードの製造は、水分除去がむづかしいため、水分の絞り出しを十分に行なうとともに、温度160℃で①初期圧縮力40kgf/cm²で5分間、②水蒸気圧除去のために10kgf/cm²で2分間、③40kgf/cm²で20分間、の三段階熱圧法を用いた。

両面平滑ボードの曲げ性能について、図5に示す。パルプ混入率20%、木材小片サイズ#12~24、比重0.75のボードでは、片面平滑ボードに比して曲げ強さで13%、曲げ弾性率で9%の増加がみられた。また、木材小

片サイズの影響については、片面平滑ボードと同様の傾向が認められたが、パルプ混入率については、混入率30%で曲げ性能に低下傾向がみられた。

このことから、曲げ強さと曲げ弾性については、適当な木材小片サイズと混入率が存在することを確認した。

次に、パルプによって結合・固化されたボードの内部結合力を調べるために行なったはく離試験結果を図6に示す。はく離強さ（TS：kgf/cm²）は、パルプ混入率の増加、あるいは木材小片サイズの増大に伴って高くなる傾向がうかがえる。この数値は、決して高い値ではないが、熱圧時のパルプと木材小片の絡み具合や結合、厚さ方向中央部の緻密化に大きく依存していると考えられる。

3.3 パルプの種類による性能の差異

故紙パルプの代わりに、ハードボード用パルプとイン

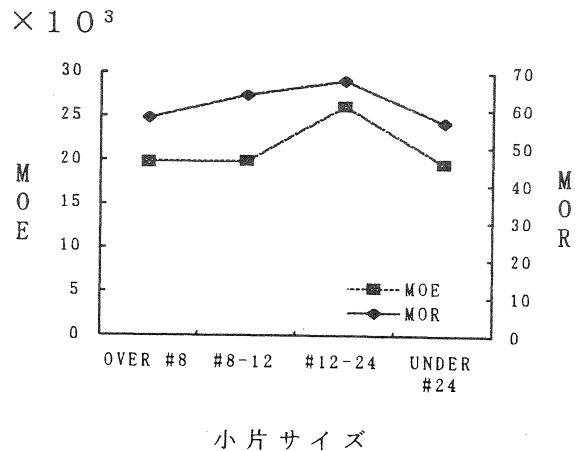
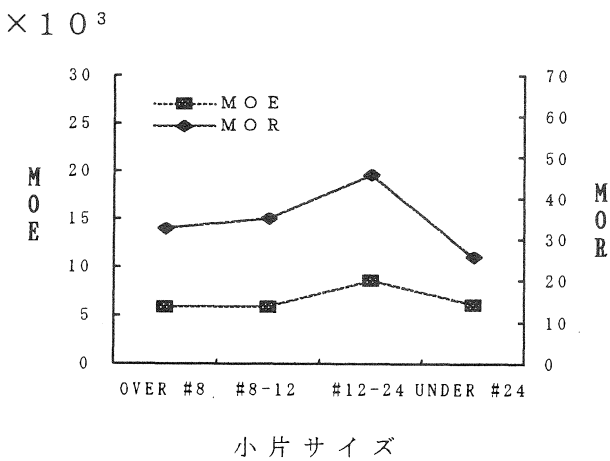
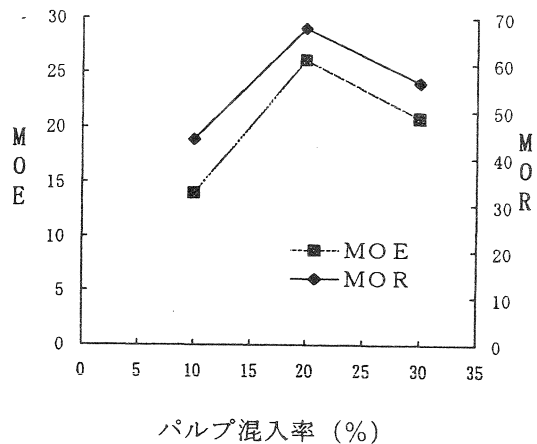
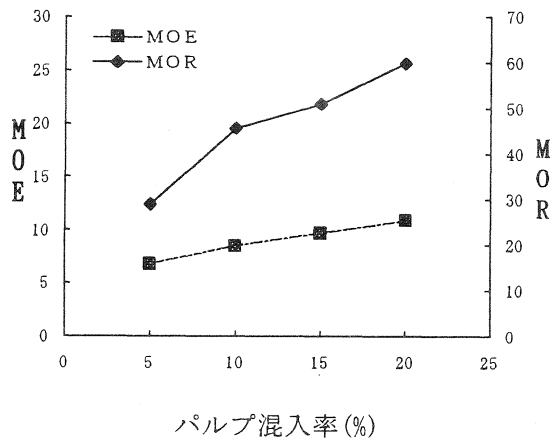


図4 片面平滑ボードの曲げ性能

上：パルプ混入率の影響

下：木材小片サイズの影響

図5 両面平滑ボードの曲げ性能

上：パルプ混入率の影響

下：木材小片サイズの影響

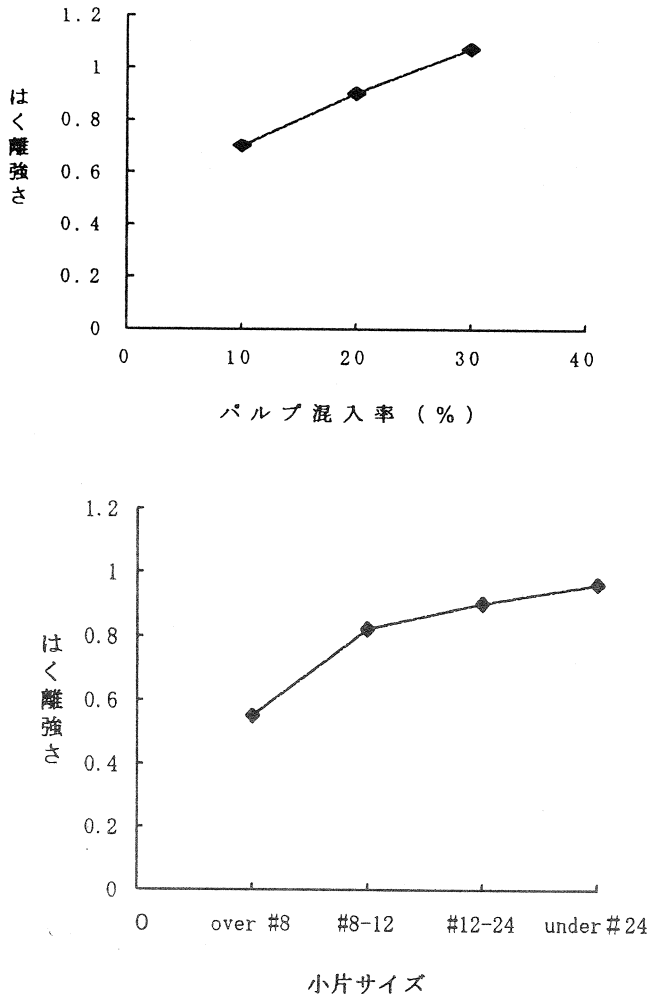


図6 故紙混入ボードのはく離強さ
上：パルプ混入率の影響
下：木材小片サイズの影響

シュレーションボード用パルプ（いずれもサイズ剤添加済み）を用い、木材小片に故紙パルプ混入と同様の方法で混入して成型・固化させたボードを製造した。このボードについても、曲げ試験とはく離試験、吸湿試験、SEM観察を行い、故紙パルプ混入ボードとの比較検討を行った。

曲げ強さについては、故紙パルプがファイバーボード用パルプよりも若干上回っており、はく離強さにおいては同傾向で2倍以上の差が認められた（図7）。

SEM観察によると、パルプサイズの違いが明らかで、故紙パルプが繊維であるのに対し、ファイバーボード用パルプは繊維束で、それが結合の強弱に関係して前述の強度結果に結びついているものと推測できる。

一方、ボード性能評価に不可欠な吸湿試験については、本研究によって製造したボードが耐水性、耐湿性に問題があることは予測されたので、吸湿による厚さ膨潤につ

いて測定した。その結果、故紙パルプ混入ボードが4%以内の厚さ膨潤で安定しているのに対し、ファイバーボード用パルプは4%以上に膨潤し、さらに増大傾向を示していることから、パルプの種類が膨潤に影響していることがわかる（図8、9）。

× 10³

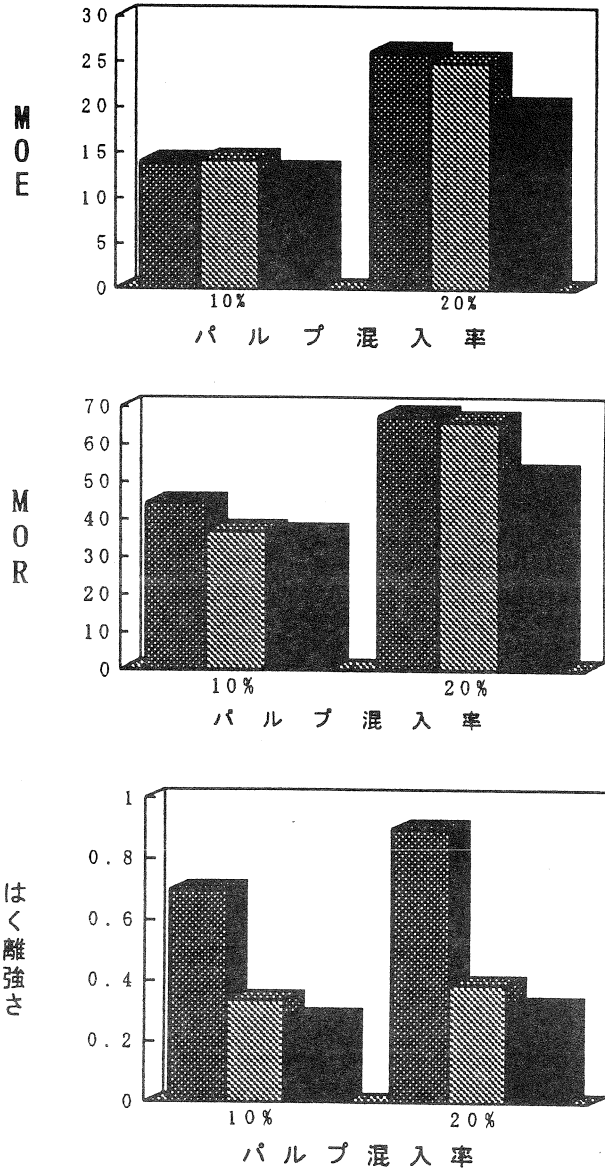


図7 パルプの種類による性能の差異

- 故紙パルプ
- ハードボード用パルプ
- インシュレーションボード用パルプ

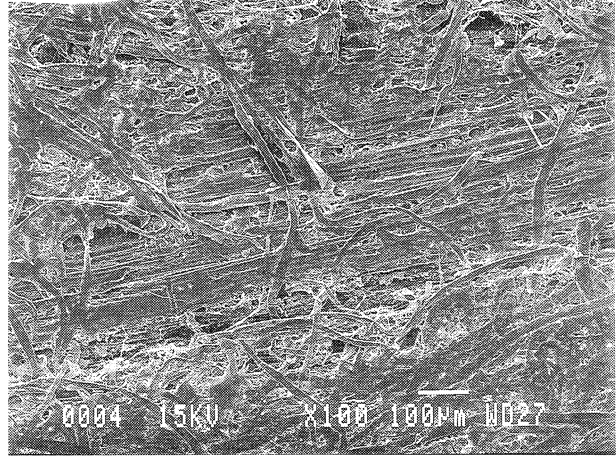
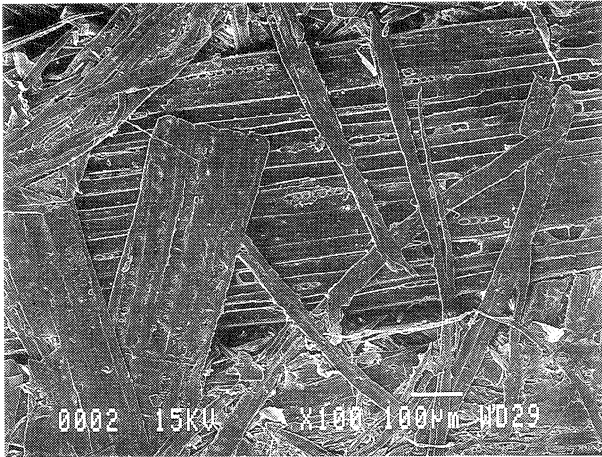


写真1 木質ボードのSEM写真

上：故紙を混入したボード

下：ハードボード用パルプを混入したボード

いずれも、パルプ混入率 20%

木材小片 #12~24

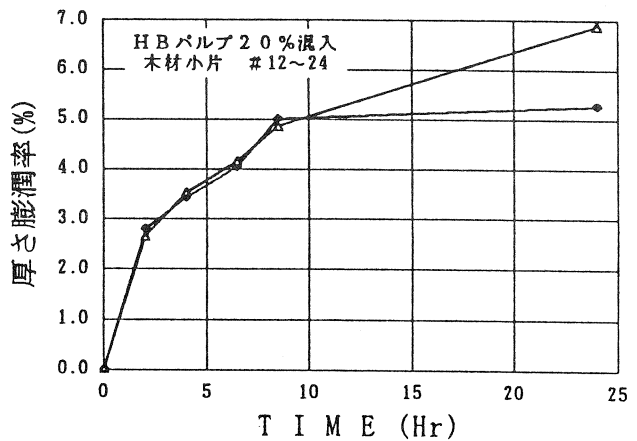
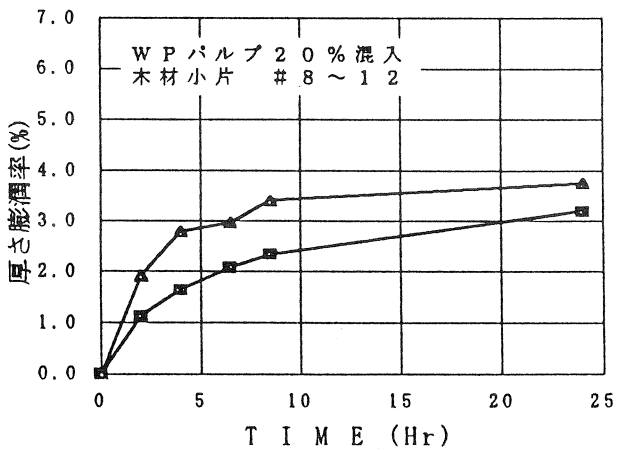
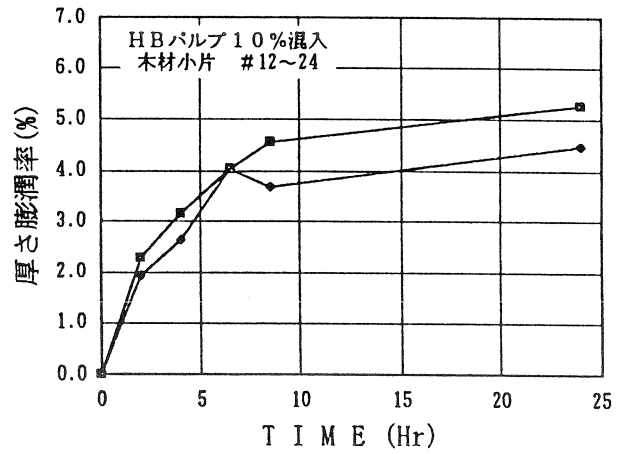
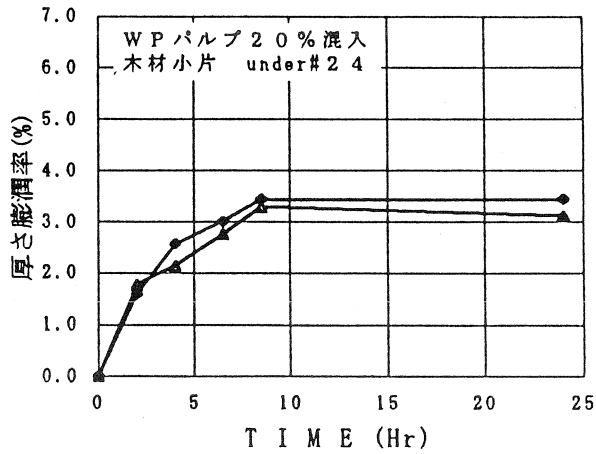


図8 故紙パルプ混入ボードの膨潤

図9 ハードボード用パルプ混入ボードの膨潤

4. 結論

本研究で、故紙パルプを接着基材として用いることにより、リサイクル可能な木質ボードの製造技術を開発し、次の結論を得た。

- ①接着剤を用いず、パルプ繊維間の水素結合や絡み合いによってボードを成型固化できる。
- ②故紙混入木質ボードの性能は、故紙パルプ混入率や木材小片サイズ、ボード比重に大きく影響される。
- ③故紙パルプを混入した木質ボードはファイバーボード用パルプによるものよりも、ボード性能がすぐれている。

近年、故紙の有効利用^{2) 3)}が活発化してきており、ボードへの利用研究も報告^{4) 5)}されているが、これらは充填材としての利用の域を出ていない。その意味で本研究の成果は大きいと考える。

今後は、故紙混入木質ボードの欠点である強度や耐水性、耐湿性等の性能向上に努めるとともに、故紙再生工程で生じるスラッジとの複合化による機能性ボードの開発にも取り組む。

5. 謝辞

本研究を行なうにあたり、ご指導ご協力を賜った九州大学の又木義博教授をはじめ木材工学講座の方々、広島工業大学の中山勝矢教授、並びに材料を提供していただいた大分製紙(株)、段谷産業(株)に心から感謝の意を表します。

参考文献

- 1) オフィス古紙リサイクルの現状と再生紙の利用について；(財)古紙再生促進センター
- 2) 古紙の製紙原料以外の用途について；紙パ技協誌，48(10)，7-17，1994
- 3) 特集／資源環境問題と古紙活用；紙パルプ技術タイムス；5月号，1994
- 4) 古紙の利用／古紙を原料とするファイバーボード；紙パ技協誌，48(10)，93-，1993
- 5) Feasibility of using recycled newspapers as a fiber source for dry process hardboards；F.P.J.，vol43，7/8，53-，1993