

単板を硬くして性能に優れた合板を造る（その2）

- 複合合板の性能について -

高 谷 典 良

キーワード：単板，樹脂含浸，硬さ，耐摩耗性

はじめに

「単板を硬くして性能に優れた合板を造る(その1)」¹⁾では単板の樹脂含浸方法と圧密化条件について説明しました。今回は樹脂含浸圧密化により硬くした単板を，合板の表面に接着した複合合板を製造し，ブリネル硬さをはじめとしたいくつかの性能を測定したので説明します。

最後に説明する学童用機の天板を除き，使用した単板は厚さ3mm（むき出し厚さ，単板厚さはすべて同じ）のカラマツとダケカバで，含浸した樹脂はフェノール樹脂です。含浸条件は24時間浸せき，圧密化条件は温度150℃，時間は6分ですが，圧力は必要な圧密比により異なります。圧密化した単板の比重は圧密比により多少異なりますが，圧密比20%のカラマツ単板は0.75，圧密比15%のダケカバ単板は1.00でした。

単板を接着する台板合板には厚さ12mmのカラマツ，トドマツ，ラワン合板を使用しましたが，台板合板が影響しない性能では特に明記はしていません。

また，今回の目的の一つは，アピトン材と同等の性能の複合合板を製造することにあつたので，比較のためアピトン素材（比重：0.72）とアピトン合板（比重：0.78）の性能も測定しました。さらに，アピトン材の他にダケカバ合板（比重：0.71），カラマツ合板（比重：0.56），トドマツ合板（比重：0.47），ラワン合板（比重：0.48）など，いわゆる無処理材の性能もできる限り測定しました。

ブリネル硬さについて

硬さには様々な種類があることは，前回説明したとおりですが，ここではブリネル硬さを測定しました。直径10mmの鋼球を0.32mmの深さまで押し込んだときの荷重です。

図1に複合合板と無処理材のブリネル硬さの値を示します。この図で“カラマツ複合合板（20%）”とは，

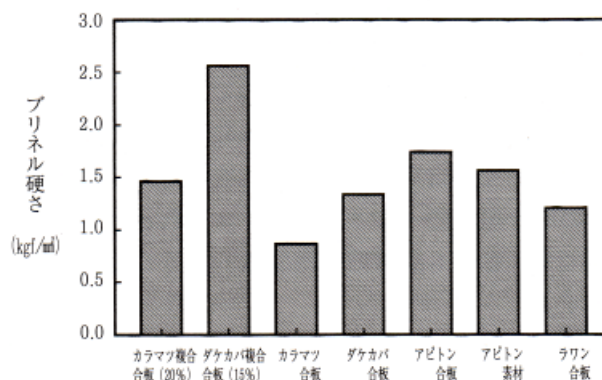


図1 複合合板と無処理材のブリネル硬さの比較

表面に接着した樹脂含浸圧密化単板の樹種が“カラマツ”で，その圧密比が“20%”ということです。同様に“ダケカバ複合合板（15%）”とは，樹脂含浸圧密化単板の樹種が“ダケカバ”で，圧密比が“15%”ということです。今後の図すべて同様です。

図1を見ると無処理合板と比べ，カラマツ複合合板では約1.8倍，ダケカバ複合合板では約2倍にブリネル硬さが向上していることが分かります。フェノール樹脂を含浸した圧密比30%のスギ製材（厚さ20mm）では2倍になったという報告²⁾もあり，また，我々が試験したトドマツ，シナノキ，ハンノキなどの単板でも2倍以上の向上が認められています。したがって，樹脂含浸圧密化によりブリネル硬さはおおよそ2倍程度に向上することが期待できます。アピトン素材，アピトン合板と比べるとダケカバ複合合板では上回り，カラマツ複合合板では近い値を示しました。

図2は表面に接着した単板の圧密比とブリネル硬さの関係です。ダケカバでは圧密比が高くなるにつれブリネル硬さも大きくなる傾向が認められますが，カラマツでは顕著な影響は認められません。スギ製材を用いた試験では，圧密比が高くなると（10～60%）ブリネル硬さも大きくなるという報告もありますが，30%

単板を硬くして性能に優れた合板を造る（その2）

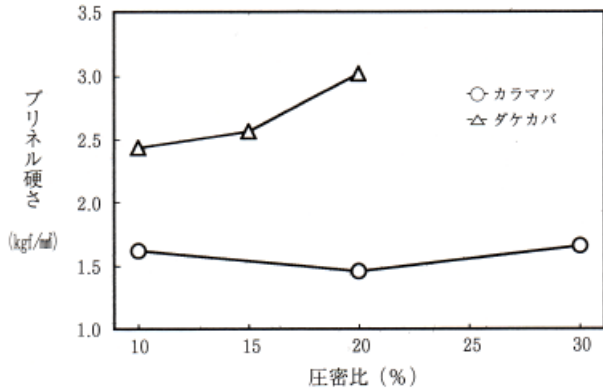


図2 圧密比とブリネル硬さ

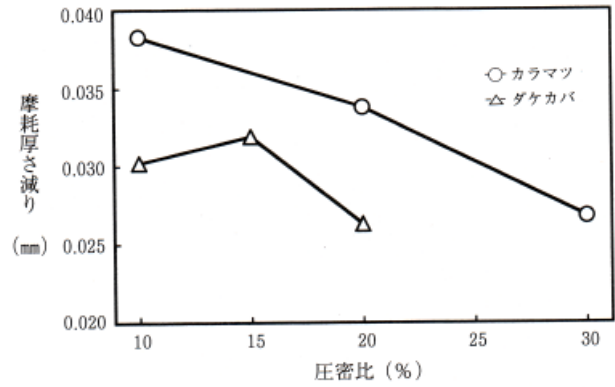


図4 圧密比と摩耗厚さ減り



写真1 テーパ式摩耗試験機

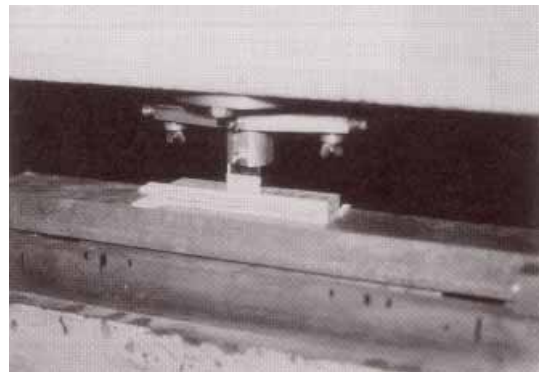


写真2 部分圧縮強さ試験方法

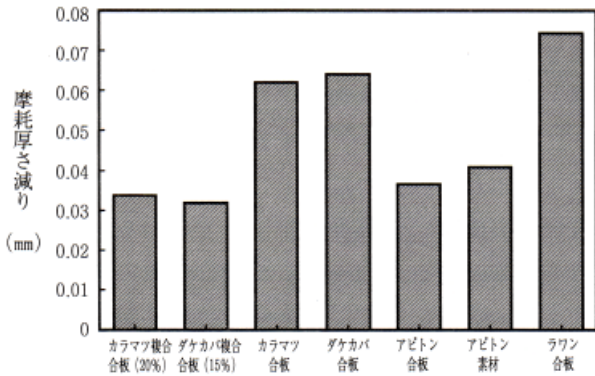


図3 複合合板と無処理材の摩耗厚さ減りの比較

までは増加は小さく、40%以上になると大きく向上するようです³⁾。

耐摩耗性について

耐摩耗性はバス、トラックなどの車両用床材に使用されるときには強く要求される性能です。写真1に示すテーパ式摩耗試験機で測定しました。研磨紙を巻いたゴム製円盤2個を試験材の上に置き（円盤を含め1個に500gの荷重が加わっている）、試験材を500回

転させて摩耗した厚さを測定しました。

図3に結果を示します。図の値は100回転当たり換算した摩耗厚さ減りです。現在車両用床材に多く使用されているアビトン素材、アビトン合板は他の無処理材と比べると摩耗厚さ減りはかなり小さく、耐摩耗性に優れていることが分かります。しかし、2種類の複合合板も無処理材よりは摩耗厚さ減りは大きく減少し、アビトン素材、アビトン合板と比べてもほぼ同等か、やや小さい値を示しました。

図4に圧密比と摩耗厚さ減りの関係を示します。カラマツ複合合板では圧密比が大きくなるにつれて摩耗厚さ減りは小さくなる傾向がありました。同様の結果はスギ製材を用いた試験でも報告されています²⁾。しかし、ダケカバ複合合板では圧密比と摩耗厚さ減りとの間に相関は認められませんでした。

部分圧縮強さについて

部分圧縮強さとは、25 × 25mmの鋼製のジグで試験材の表面を1mmの深さまで加圧したときの荷重です（写真2参照）。押し込むジグは異なりますが、ブリネル硬さと類似した試験です。

単板を硬くして性能に優れた合板を造る（その2）

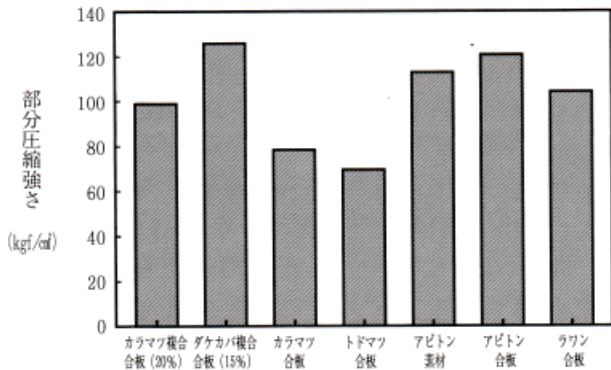


図5 複合合板と無処理材の部分圧縮強さの比較

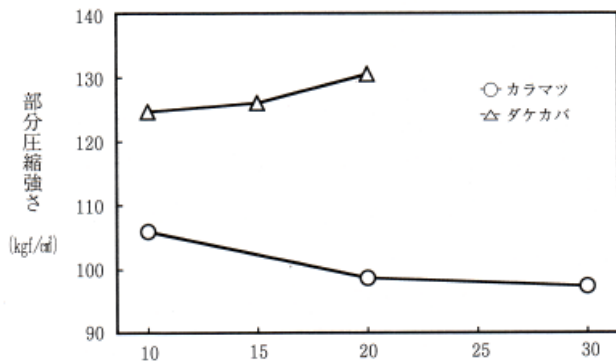


図6 圧密比と部分圧縮強さ

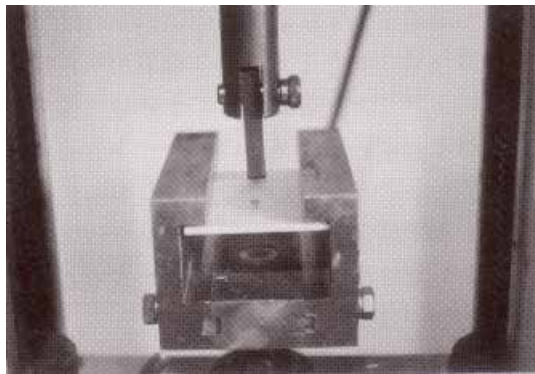


写真3 木ねじ保持力試験方法

図5に結果を示します。複合合板では無処理材と比べると部分圧縮強さは向上しているものの、プリネル硬さほどの向上は認められません。プリネル硬さは加圧面積が小さく、押し込む深さも浅いため荷重が小さく、表面材の性能がそのまま現れますが、部分圧縮強さは広い面積で加圧されるため荷重は大きく、多少は台板の影響があるのかもしれませんが、なお、複合合板の台板はカラマツ合板です。

複合合板とアピトン素材、アピトン合板と比べると

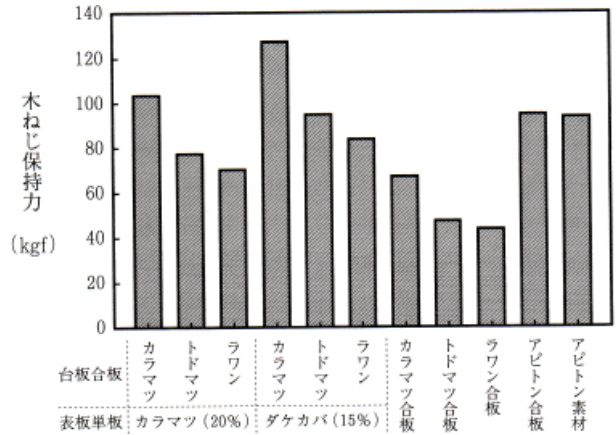


図7 複合合板と無処理材の木ねじ保持力の比較

カラマツではやや劣り、ダケカバではやや上回る性能が得られました。

図6に圧密比と部分圧縮強さの関係を示します。圧密比は部分圧縮強さにはほとんど影響しませんでした。

木ねじ保持力について

木ねじ保持力とは、直径2.7mm、長さ16mmの木ねじを試験材の表面からねじ部（約11mm）をねじ込み、この木ねじを垂直に引き抜いたときの最大荷重です（写真3参照）。カラマツ、ダケカバの樹脂含浸圧密化単板をカラマツ、トドマツ、ラワンの3種類の台板合板に接着した複合合板の木ねじ保持力を測定しました。

図7に結果を示します。いずれも無処理の台板合板と比べると木ねじ保持力は向上していますが、その値は台板合板の樹種に影響されます。すなわち、木ねじ保持力の大きい台板を使用すると複合合板の値も大きくなります。約11mmのねじ部を複合合板にねじ込みますが、単板厚さは約2.5mmですから、約8.5mmは台板合板にねじ込まれるため台板合板の影響が大きいわけです。

複合合板をアピトン素材、アピトン合板と比べると、台板合板がカラマツではいずれも上回ったものの、ラワンではいずれも下回りました。したがって、同等の性能を得るには台板合板の樹種を選択する必要があります。

図8には圧密比と木ねじ保持力の関係を示します。単板の圧密比は、台板合板がどの樹種でも木ねじ保持力にほとんど影響しません。図はダケカバ複合合板の結果ですが、カラマツ複合合板もまったく同様の結果

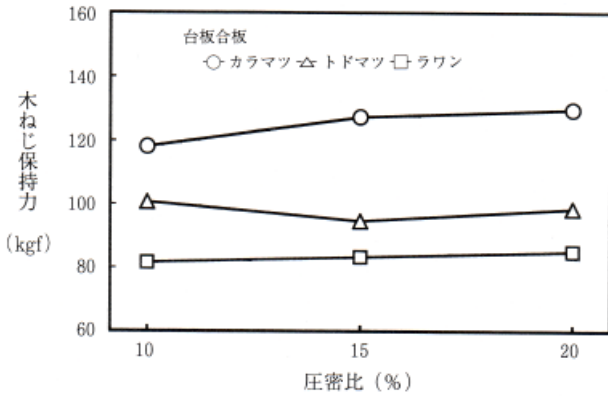


図8 圧密比と木ねじ保持力（表板：ダケカバ）

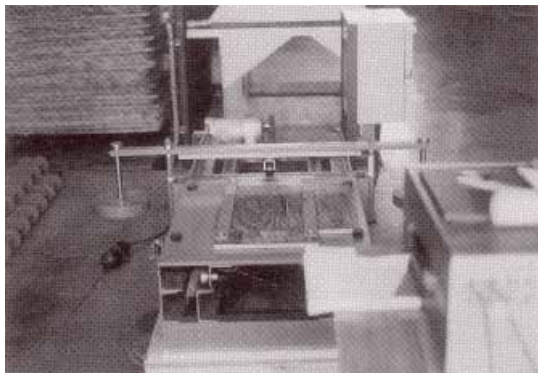


写真4 キャスター試験機

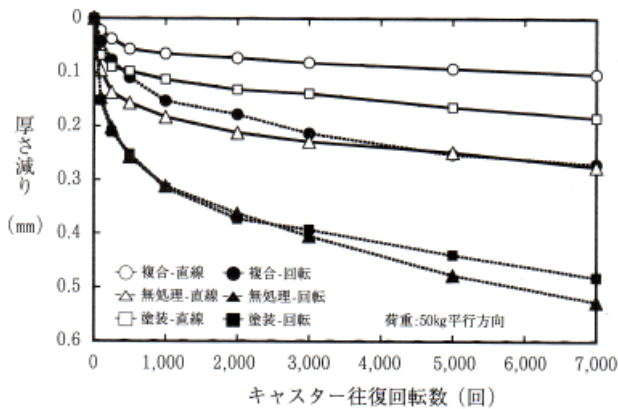


図9 キャスター試験による厚さ減り

でした。

キャスター試験

複合合板の有用な用途の一つは建物の床材です。そこで床材としての性能の一つを把握するためキャスターでの厚さ減りを測定しました。試作したキャスター試験機を写真4に示します。荷重の加わったキャスターの下に試験材を設置し、試験材が移動して往復運動を

行います。試験材が往復運動中に、キャスターはそれぞれ1回自在で回転するようになっています。厚さ減りはキャスターが直線的に移動すると仮定した部分（実際には試験材が移動）と、回転する部分の両方を測定しました。比較のため無処理合板と床用の1液性ポリウレタン塗料を塗装した合板も測定しました。使用したキャスターはガラス繊維入り強化プラスチック製です。

試験結果を図9に示します。図の結果はダケカバ複合合板（15%）です。キャスターに加えた荷重は50kg、移動方向は試験材の表板の繊維方向に平行方向です。この図を見ると直線部では無処理合板＞塗装合板＞複合合板の順序、回転部では無処理合板＞塗装合板＞複合合板の順序で厚さ減りが大きくなります。また、どの種類の合板でも回転部が直線部より厚さ減りが大きくなりました。キャスターは、強く表面を押しつけて回転するため、直線部より大きな負荷がかかったものと考えられます。

直線部では無処理合板と塗装合板で差があるのに回転部で差がないのは、直線部のように負荷が小さい場合は、塗膜にはある程度厚さ減りを防ぐ効果がありますが、回転部のように負荷が大きい場合には塗膜ではほとんど効果がないためだと考えられます。これに対して樹脂含浸圧密化単板はかなりの負荷に耐えることができるため、厚さ減りも小さくなったものと考えられます。キャスターに加えた荷重が30kgでも、厚さ減りの値は小さくなるものの、同様の傾向が得られました。しかし、荷重が80kgになると直線部でも差がなく、むしろ塗装合板が大きく、表面にかかる負荷が大きいと、塗膜では厚さ減りを防ぐ効果が無くなることを裏付けています。

学童用機の天板への使用と性能

林産試験場ではカラマツ間伐材から学童用の机、いす（写真5参照）を開発する研究に取り組みました⁴。机の天板にはカラマツ合板を使用しましたが、軟らかくて傷が付きやすいのが欠点です。そこで樹脂を含浸して圧密化した単板を表面に接着した、複合合板を使用しました。最初に述べたように、これまでの性能試験で使用した含浸樹脂は、濃褐色のフェノール樹脂ですから単板も濃褐色に着色されます。学童用機の天板はカラマツ本来の材色を生かしたいという要望がありましたので、透明樹脂であるメラミン樹脂を使用し



写真5 カラマツの学童用机・いす

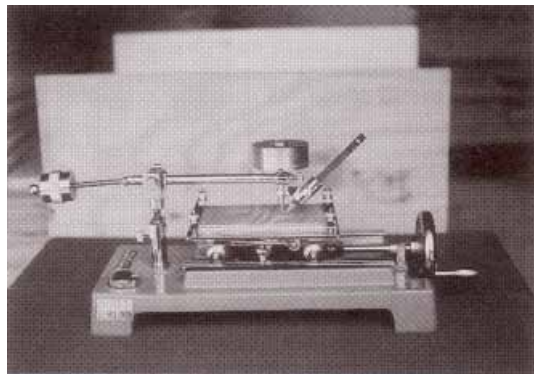


写真6 鉛筆引っかかり試験機

表1 学童用机天板の鉛筆引っかかり試験結果

試験片 NO.	天板表面単板の厚さ				市販品 天板
	1.0mm	1.2mm	1.6mm	2.0mm	
1	5H	5H	3H	8H	5H
2	6H	6H	6H	7H	5H
3	5H	7H	3H	8H	5H
4	6H	6H	2H	8H	6H
5	5H	7H	5H	8H	6H
6	5H	6H	6H	8H	6H
7	7H	4H	6H	8H	6H
8	4H	4H	6H	4H	6H
9	4H	4H	5H	4H	6H
10	6H	8H	6H	4H	6H

注：重りは500g

した。含浸条件、圧密化条件等はフェノール樹脂とほぼ同様です。天板に使用した樹脂含浸圧密化単板の厚さは1.0～1.2mmです。3mmのように厚い単板では表面粗さが大きく、平滑性を要求される天板には適さないからです。

(1) 鉛筆引っかかり試験

机の天板では鉛筆で傷付きづらいことが必要です。そこで写真6に示すように鉛筆引っかかり試験をおこな

いました。この試験は試験材の表面を種々の硬さの鉛筆（500gの荷重が加わっている）で引っかかり、傷付かない最も硬い鉛筆の硬度を求めるものです。引っかかり方向は単板の繊維方向に直交方向です。

比較のため市販されている木製の天板も測定しました。アピトン合板の表面にフェノール樹脂を含浸したカバ単板を接着したものです。

その結果を表1に示します。樹脂含浸圧密化単板の厚さを変えた4種類の天板を測定しましたが、単板厚さによる差はほとんどありませんでした。市販品と比較すると、カラマツはバラツキがありますが、総合的な評価としてはほぼ同等と見なして差し支えないのではないのでしょうか。なお、カラマツでは傷付いたのはすべて早材部でした。

また、無処理合板も測定しましたが、すべてが最も軟らかい6Bでも傷付きました。したがって、鉛筆引っかかり試験では、樹脂含浸圧密化による効果がかなり大きいことが分かります。

(2) 衝撃試験

1.0と1.2mm厚さの樹脂含浸圧密化単板を表面に接着した天板を製造し、実際に北海道内のいくつかの小中学校で使用して傷の付き具合を調べました。その結果、カラマツ集成材で製造した天板と比べると改良はされたものの、満足な結果は得られず、より硬くて傷付かない天板が欲しいとの要望が多くありました。この天板を調べたところ、傷の多くは上から物を落とした、あるいは物をぶつけたことによる凹みが多く、衝撃による傷が多いことが分かりました。また、傷付いたのは、ほとんどすべてが早材部でした。

そこで、衝撃試験をおこない耐衝撃性を測定しました。写真7に示すようにデュボン式の衝撃試験器を使用しました。試験材の表面に先端の曲率半径が1/2インチの鋼製の撃ち型を置き、この撃ち型に重りを様々な高さから落下させて衝撃エネルギーを加えます。このときに試験材表面に生じた凹みの深さ（ここでは衝撃深さと呼ぶ）を測定しました。測定した箇所はすべて単板の早材部です。

図10に結果を示します。図の1.0、1.2、1.5mmは天板の表面に接着した樹脂含浸圧密化単板の厚さです。無処理合板と比べると衝撃深さは小さくなりましたが、厚さによる効果は認められず、市販の天板と比べ衝撃深さはかなり大きいことが分かりました。そこで、より薄い単板（0.65mm）に樹脂を含浸し、これを3枚積



写真7 デュポン衝撃試験器

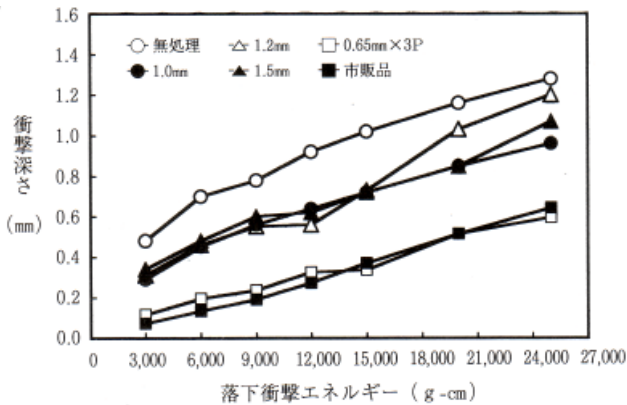


図10 天板表面単板の種類と衝撃深さ

層して圧密化した単板を天板の表面に接着しました。図の0.65mm×3Pがそれです。図を見て分かるようにこの天板は市販品と同等の性能が得られました。

この天板の机も小学校で使用し、傷の付き具合を調べました。その結果、以前の1枚の単板に比べて大きく改良されたことが分かりました。浸せきにより単板に樹脂を含浸する場合、1.0～1.2mmのような薄い単板でも樹脂は完全に内部までは含浸されず表面だけです。したがって、強い衝撃には耐えることができません。一方、0.65mmの薄い単板でも樹脂は完全に内部まで含浸されないものの、この単板を3枚積層して1枚の単板にすると内部まで含浸された状態になり、耐衝撃性は大きく向上したものと考えられます。

しかし、改良はされましたがコストはかなり高くなります。現在では、学童用机の天板には非常に硬いメラミン樹脂板が多く使用されています。したがって、

我々が試作した天板はどうしてもこのメラミン樹脂板の天板と比較されることが多く、傷付きやすいという評価になります。天板だけではなく机・いす全体に傷付きやすいという声が多くありました。パイプ式の机・いすと比べてですから当然のことです。

メラミン樹脂板あるいは金属のパイプと同じ硬さにすることは非常に困難です。木製の机・いすとはこういうものだ、すなわち大切に取り扱いしないと傷付きやすいものだ、という割り切りが必要ではないかと思えます。あるいは、どうしても傷付かない天板が必要であれば、カラマツ合板の表面にメラミン樹脂板を接着した方が現実的な対処の方法ではないでしょうか。

おわりに

樹脂を含浸後圧密化して硬い単板を製造するときの含浸条件と圧密化条件、およびこの単板を台板合板に接着した複合合板の性能について説明してきました。複合合板の性能はここで述べた性能以外にも曲げ強さ、曲げヤング係数、寸法安定性などについても測定し、それぞれ無処理の合板と比較すると向上したという結果が得られています⁵⁾。

今回は主に硬さに関わる性能について説明しました。樹脂含浸圧密化の大きな目的の一つは硬さの向上にあるからです。その点から言えば様々な性能が改良されたのは説明してきたとおりです。

スギ間伐材の床材にこの方法が実用化されている例もあります。多少コストが高くなっても軟らかい材を硬くして性能の優れた製品が欲しい、しかし、WPCほど高価で高性能は必要ない、といった用途には樹脂含浸圧密化が適しているのではないのでしょうか。

参考資料

- 1) 高谷典良：林産試だより，9月号，1-4（1999）。
- 2) 長谷川良一，富田守泰：岐阜県林業センター研究報告，第25号，55-67（1996）。
- 3) 井上雅文ほか3名：木材学会誌，第37巻3号，227-240（1991）。
- 4) 北海道水産林務部，北海道立林産試験場：間伐材利用製品開発促進事業報告書，1999年3月。
- 5) 中小企業庁：平成7年度技術開発研究費補助事業成果普及講習会用テキスト，1996年8月。

（林産試験場 合板科）