

家具用材の変色と接着性 (I)

光照射および加熱処理の影響

作野友康^{*}・高島幸司^{*}・古川郁夫^{*}

岸本 潤^{*}

Color Changes and Gluability of Woods Used for Furniture (I) Effect of Light and Heat Treatment

Tomoyasu SAKUNO,^{*} Koji TAKABATAKE,^{*} Ikuo FURUKAWA^{*}

and Jun KISHIMOTO^{*}

Summary

This paper describes the effects of light and heat on the wood color and gluability of the following five woods; Rosewood (*Dalbergia sp.*), Balau (*Hopea sp.*), Kapur (*Dryobalanops sp.*), Buna (*Fagus crenata* BLUME) and Kiri (*Paulownia tomentosa* STEUD).

The results obtained can be summarized as follows;

(1) A high degree of correlation between the values measured with the photoelectric reflection meter and the color-difference meter was recognized.

(2) The color of Rosewood and Kiri changed to yellowish and the other woods became somewhat orange when these woods were exposed under a carbon-arc light. On the other hand, the lightness and the saturation of color of all the woods decreased under the heat-treatment. However, the amount of color change under the heat-treatment was less than under the carbon-arc light irradiation.

(3) The wettability of wood exposed under the carbon-arc light was increased, but that of the heat-treated wood was decreased.

(4) The bonding-strength of wood exposed under the carbon-arc light was nearly equal to that of non-exposed wood, but it was greatly decreased by the heat-treatment. The bonding-strength increased with the increase of wettability.

※鳥取大学農学部木材工学及び林産化学研究室; Laboratory of Wood Technology and Forest Products
Chemistry of Tottori Univ.

I 緒 言

家具製品においては、表面材料の変化あるいは接着接合部の接着不良によるはく離などが問題となることが多い。材の変色はいわゆる「色あせ」といわれる退色化と色がはっきりせずくすんだようになる濃色化があり、また本来の材色から異なった色相に変化することもある。例えば、最近では外国産のキリが多く使用されるようになってきたが、これらの材を箱物家具の内部に使用した場合などにも変色することが多く問題になっている。そのため、家具用材として用いられる材については光照射や加熱などによる変色状態を検討しておくことが必要である。また材の変色状態が接着性に及ぼす影響についても検討しておかなければならない。

本報では南洋材3樹種と国産のブナおよびキリの材色と接着性に及ぼす光照射および加熱処理の影響について検討した。材色の測定には反射率計と測色色差計(カラーコンピューター)を用い、両方の測定値の相関々係を検討した。また材色の表示方法として x_yY 表色系および $L^*a^*b^*$ 表色系を用いて変色状態を比較検討した。さらに、変色状態がぬれおよび接着力に及ぼす影響についても検討した。

II 実験材料

1. 供試材

供試材は、第1表に示すような家具材料として使用される南洋材3樹種・本邦産材2樹種を用いた。これらの材より変色および接着力測定用試片として5(t)×50(r)×150(1)mmのまさ目板を、またぬ

第1表 供試材

樹種名	学名	気乾比重	全乾比重
ローズウッド	<i>Dalbergia sp.</i>	0.71	0.66
バラウ	<i>Hopea sp.</i>	0.72	0.63
カプール	<i>Dryobalanops sp.</i>	0.64	0.59
ブナ	<i>Fagus creanata</i> BLUME.	0.65	0.61
キリ	<i>Paulownia tomentosa</i> STEUD.	0.26	0.25

れ測定用試片として3(t)×20(r)×150(1)mmのまさ目板をそれぞれ採取し、実験に用いた。

2. 光照射および加熱処理

光照射と加熱が材色および接着性におよぼす影響をみるために、次の方法で供試材を処理した。

(1) 光照射

各供試材について紫外線カーボンアークを光源とするウェザーメーター(三洋製作所製SWM-1100TH型)を用いて25時間光照射した。照射条件は、ブラックパネル温度 $63 \pm 3^\circ\text{C}$ 、放電々圧125~145V、放電々流15~17A、器内温度48~50 $^\circ\text{C}$ 、器内湿度50%以下とした。

(2) 加熱処理

各供試材を105 $^\circ\text{C}$ の恒温乾燥器内に72時間放置して加熱処理した。

Ⅲ 材色の変化

1. 材色の測定

材色の測定は、光電反射率計(日立ERF-2型)(以下、反射率計と略す)および測色色差計(スガ試験機SM-2型)(以下、色差計と略す)を用いて処理の前後に行なった。試片の同一箇所を反射率計と色差計で測定し、各試片について測定箇所は2箇所とした。

(1) 反射率計による測定

波長が700m μ 、546.1m μ 、435.8m μ である赤(Red)、緑(Green)、青(Blue)の3種のフィルター光による反射率を測定した。反射率は、それぞれのフィルター光での酸化マグネシウム(MgO)を燻着させた標準白板の反射率を100%として求めた。赤、緑、青のフィルター光による反射率測定値をそれぞれR、G、Bとすると、次の略算式より三刺激値X、Y、Zが求められる。

$$X = 0.8R + 0.18B$$

$$Y = 1.0G$$

$$Z = 1.18B$$

(2) 色差計による測定

三刺激値X、Y、ZおよびL^{*}a^{*}b^{*}表色系のL^{*}、a^{*}、b^{*}値、色差 $\Delta E^*(L^*a^*b^*)$ を求めた。 ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* および $\Delta E^*(L^*a^*b^*)$ は処理前の値を基準とした変化量を示し、 ΔE^* はハンターの色差式

$$\Delta E^*(L^*a^*b^*) = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

より求められる。

2. 結果及び考察

(1) 反射率計および色差計の測定値の相関関係

色を測定する方法は、一般的には分光測色方法と刺激値直読方法の2種類がある。分光測色方法は、分光光度計を用いて可視領域の全波長に渡ってそれぞれの波長に対する試料の分光反射率を測定して、次式によって近似的に三刺激値X、Y、Zを求める方法である。

$$X = k \sum_{380}^{780} P_{\lambda} \cdot \bar{x}_{\lambda} \cdot \rho_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$

$$Y = k \sum_{380}^{780} P_{\lambda} \cdot \bar{y}_{\lambda} \cdot \rho_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$

$$Z = k \sum_{380}^{780} P_{\lambda} \cdot \bar{z}_{\lambda} \cdot \rho_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$

P_{λ} : 照明に用いられた標準光のスペクトル分布の値

ρ_{λ} : 物体の反射率と標準白板面との比反射率

$\Delta\lambda$: 測定波長間隔

\bar{x}_{λ} \bar{y}_{λ} \bar{z}_{λ} : 各波長におけるスペクトル三刺激値

k: 1/1,000,000

普通波長間隔は、10mμであるが、この間隔が短かければ短いほど精度が高くなる^{10,17,20)}。

分光測色方法の中で反射率計による方法は、700mμ(赤)、546.1mμ(緑)、435.8mμ(青)の三原色の波長における反射率のみによって三刺激値を求める方法であり、分光光度計によって測定した値から求める方法に比べて極めて簡略的な方法である。

一方、刺激値直読方法は、コンピューターを内蔵もしくは組み合わせた色差計を用いて、自動的に表示された三刺激値X、Y、Zまたは他の表色系の測定値を直読する方法である¹⁷⁾。

分光測色方法および刺激値直読方法によって求められた値、すなわち、反射率計および色差計の測定値について、容易に計算され、しかも色表示の基本となっているxyY表色系に従った色表示を試みた。反射率計および色差計より求めた三刺激値X、Y、Zから3色係数x、y、zをそれぞれ次式より求めた。

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

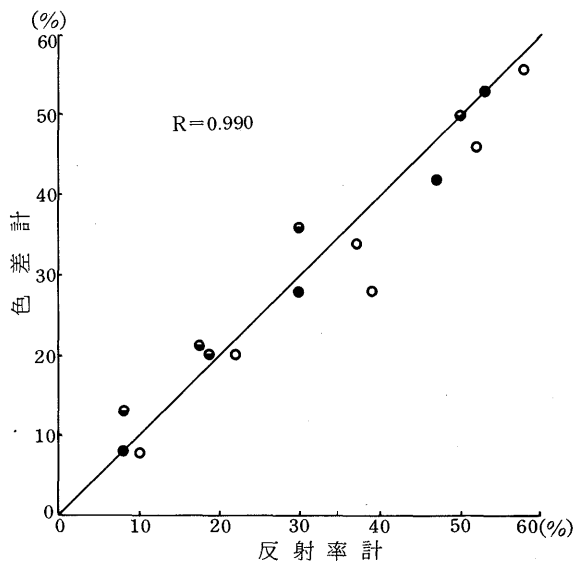
$$x + y + z = 1$$

3色係数x・yからxy色度図により純度および主波長を求め、またY値を明度指数とした。反射率計および色差計の測定値よりxyY表色系に従って求められた色の3属性、明度・純度・主波長について両者の相関々係を検討した。

明度・純度・主波長の各々について反射率計と色差計との関係は、図1～3に示すとおりである。

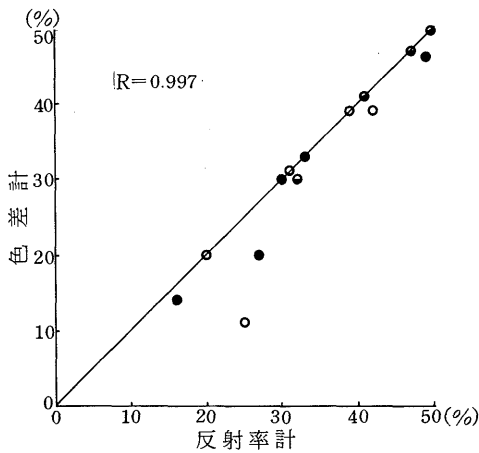
横軸に反射率計より求めた値(x)、縦軸に色差計より求めた値(y)をとったが、反射率計と色差計との値が完全に一致するならばy = xになるはずである。そこで、両者の値の一致する程度をみる為にy = xに対する重相関係数(R)を求めた。

純度および主波長で多少ばらつきがみられるものの明度・純度・主波長のいづれにも重相関係数R = 0.99以上で、色の3属性すべてにわたって反射率計と色差計は非常に高い相関々係を示した。このことより、反射率計によって簡便に求められる測定値も所定の計算をすれば、コンピューターを内蔵した色差計と同様に高精度な色表示ができることがわかった。



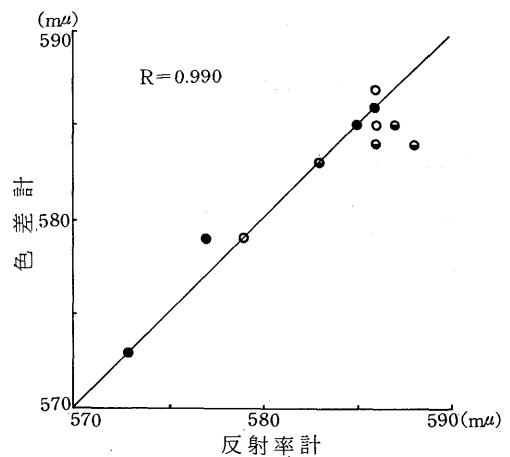
第1図 反射率計と色差計との相関々係(明度)

○無処理, ●光照射, ●加熱処理



第2図 反射率計と色差計との相関々係(純度)

○無処理, ◐光照射, ●加熱処理



第3図 反射率計と色差計との相関々係(主波長)

○無処理, ◐光照射, ●加熱処理

(2) 材の変色について

反射率計と色差計によって求めた値が、ほぼ一致することが明らかになったので、以下色差計の値で材色を表示する。また、材の変色について前述した x_yY 表色系と $L^*a^*b^*$ 表色系を用いて検討した。

x_yY 表色系は x_y 色度図と x_y 軸に垂直な方向に明るさを示す Y 軸からなる立体的な表色系である。一方、 $L^*a^*b^*$ 表色系は横軸 a^* 、縦軸 b^* の直交座標による色度図とこれに垂直な方向に明度を表わす L^* 軸からなる立体的な色空間から成っている¹⁸⁾。

x_yY 表色系に基づいて光照射および加熱処理による材の変色状態を第2表に示す。

光照射するといづれの材も明度が低下して暗色化を呈したが、ローズウッドは明度が増して明色化を呈した。純度は増大して、その変化量は明度より大きく、材は鮮やかな色に変色したことがわかる。光照射しても主波長の変化は、ごくわずかであった。

加熱処理するとローズウッドを除いて一様に明度・純度が低下し、灰黒色を帯びたことがわかる。しかし、その変化量は光照射の場合ほど大きくなかった。また主波長は、光照射の場合と同様にほとんど変化しなかった。

主波長の値は579~590 $m\mu$ にあり、この範囲は可視領域のスペクトル分布で黄色を表示することに

第2表 光照射および加熱処理による材の変色結果(x_yY 表色系)

樹種名	無 処 理			光 照 射			加 熱 処 理		
	明度 (%)	純度 (%)	主波長 (mμ)	明度 (%)	純度 (%)	主波長 (mμ)	明度 (%)	純度 (%)	主波長 (mμ)
ローズウッド	8	11	587	13	30	584	8	14	590
バラウ	34	39	585	20	46	585	28	33	585
カプール	28	39	585	21	47	584	20	33	586
ブナ	46	31	579	36	50	583	42	30	573
キリ	56	20	579	50	41	579	53	20	579

なっている。したがって、主波長によって色相を判断しようとするならどの材も処理前・後を通じて黄色を基調とした色を呈するはずである。しかし、実際にはどの材もそれぞれ異なる個有の色調を示しており、すべての材色が黄色を基調としているようには思われない。このように主波長が示す色相と実際に視覚で認める色相とは、かなりくい違ってくるようである¹⁹⁾。

$L^*a^*b^*$ 表色系に基づいた光照射および加熱処理による材の変色結果を第3表に示す。ここに、 ΔL^* は処理前後の明度変化を示し、材色が明るくなれば “+” に、暗くなれば “-” に表示される。したがって “+” の変化は明色化を、“-” の変化は暗色化を意味する。また、 $\Delta E^*(L^*a^*b^*)$ は処理前後の変色度、つまり色の変化量を示す。

光照射によりいずれの材もかなり変色したが、カプールは他の材に比べて変色が少なかった。いずれの材も暗色化したが、ローズウッドのみ明色化した。この原因は、主にアセトン抽出物に起因すると峯村らが報告している⁹⁾。

加熱による変色は、光照射の場合より著しく少なくなった。特にローズウッドとキリでは、肉眼で判断できない程度の変色であった。しかし、カプールでは、加熱処理すると材表面のところどころに抽出成分が滲出して、その部

分が濃くなり光照射の場合よりも大きな変色度を示した。明度変化をみると、どの材も一様に暗色化を示し、変色が大きい材ほど暗色化の程度が大きくなった。

第3表 光照射および加熱処理による材の変色結果($L^*a^*b^*$ 表色系)

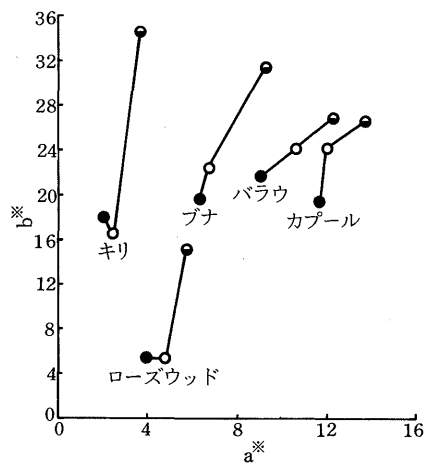
樹種名	光 照 射		加 熱 処 理	
	$\Delta E^*(L^*a^*b^*)$	ΔL^*	$\Delta E^*(L^*a^*b^*)$	ΔL^*
ローズウッド	12.6	7.8	1.4	-0.7
バラウ	13.9	-13.5	6.0	-4.8
カプール	8.5	-7.5	10.4	-8.8
ブナ	13.1	-7.4	3.4	-2.8
キリ	18.2	-3.7	2.3	-1.7

第4図は、光照射および加

熱処理による材の変色状態を色度図で示している。横軸 a^* は赤の領域、縦軸 b^* は黄の領域を示しており、座標のそれぞれの方向 (b^*/a^*) が色相を示す。また原点から測定点までの距離 ($\sqrt{(a^*)^2+(b^*)^2}$) は彩度を示し、原点に近づくほど無彩色になる。

光照射によりローズウッドおよびキリは、著しく b^* が増し黄色化を呈した。この変色状態はリグニンモデルの変色と酷似している⁹⁾。また、キリの変色は ΔL^* に比べ Δb^* の変化が大きく関与しているものと考えられる。一般に、光照射して材が大きく変色する場合、明度が最も影響していることが考えられる。バラウ・ブナ・カプールは a^* が増加し、橙色に変色する傾向を示した。

加熱処理するとバラウ・ブナ・カプールは $a^* \cdot b^*$ ともに減



第4図 光照射および加熱処理による材の変色状態

○無処理, ◐光照射, ●加熱処理

少し、特にカプールの b^{**} の値が著しく減少した。ローズウッドとキリはごくわずかしき変化しなかった。

xyY 表色系と $L^{**}a^{**}b^{**}$ 表色系によって材の変色を検討してみると、純度(彩度)を表示するには明確に百分率で数値化して示す xyY 表色系が有効であり、変色度や色相の変化を表示するには $L^{**}a^{**}b^{**}$ 表色系が有効であった。

木材の主成分は多糖類のセルロース・ヘミセルロース、フェノール性高分子のリグニンより成り、全乾木材の90%以上を占めている。このうち材色に直接関与するのはリグニンである。しかし、リグニンのみでは淡黄色を呈するにすぎず、木材の個々の色調はその材個有の抽出成分によってもたらされると考えられている^{6,7)}。また、光照射の照射時間に伴って樹種により6つの濃退色パターンの材が存在すると峯村らによって報告されている⁹⁾。

本実験で光照射により一様に b^{**} が増す傾向は、抽出成分に比べリグニンが主体的に変色に関与したためと思われる。一方、加熱処理では光照射と全く違った傾向を示し、一様に暗色化し、しかも純度が低下するのは、光照射に比べて抽出成分の影響が大きいからではないかと思われる。また、キリ材について昨今問題となっている高温高湿下での赤味が著しく増す変色⁸⁾と光照射・加熱処理による変色とは、全く別のものであろう。

これらのことより、材の変色は、材が置かれたそれぞれの環境条件下で、各々違ったパターンの変色機構によって起るものと思われる。

IV 接着性試験

1. 実験方法

(1) ぬれの測定

ぬれ測定用試片を前述の条件で暴露処理した後、垂直浸せき法によって各試験片の水との接触角を測定した。この測定方法は、水を盛るように注入したガラス容器の中央に試片を垂直に20mm浸せきし、一定時間(本実験では30秒)後に試片のシルエットを写真撮影する。そのネガフィルムを万能投影器で拡大して接触角を測定する。1樹種、1条件について各8個の試片を用いて、その暴露面の接触角を測定した。

(2) 接着力の測定

変色試験に用いた試片を材色の測定が終了した後被着材として用いた。試片の暴露面同士を繊維方向を平行にして接着した。接着剤はユリア樹脂(大鹿レジン105)100部に酢酸ビニルエマルジョン(シンコーボンド26H)30部および小麦粉30部を添加し、硬化剤として塩化アンモニウム20%溶液5部添加の配合とした。塗布量 280 g/m^2 、圧縮圧 10 kg/cm^2 (キリは 8 kg/cm^2)とし常温で24時間圧縮の条件で接着した。各条件毎に3個の接着したブロックからDIN53254に準拠した引張せん断試片を採取した。これらの試片について常態および温冷水浸せき(60℃の温水中に3時間浸せきした後室温水

中にさめるまで浸せき)後にぬれたままで、引張速度5mm/分で引張せん断試験を行い接着力を測定した。

2. 結果及び考察

(1) ぬれ

ぬれは木材の接着性を左右する一つの重要な因子となることが知られている。そのためにぬれの良否を判定することが接着性を検討する上で必要なことである。ぬれを判定する方法としては液体の接触角を測定する方法がよく用いられ、それには2~3の方法がある。

本実験に用いた接触角の測定方法「垂直浸せき法」は傾板法²⁾に類似した方法であり、試片を垂直に水中に浸せきするだけで任意の時間に接触角を測定することができる。材の両面の接触角を同時に測定することができ、液滴法²⁾がごく特定の一部だけの接触角を測定するのに対して、材表面の平均的な接触角が測定できるなどの利点がある。しかし、傾板法のように接触角を直読することはできず、ネガフィルムを拡大して接触角を測定しなければならず値を求めるのに時間がかかる。

傾板法はぬれのよい、接触角の小さい材の測定が困難であるが、本方法ではぬれの悪い材すなわち材と液体との接触部分が水面下に凹状態になっているような場合は接触角を測定することができない。しかしながら、傾板法に比べて材表面の平均的な接触角を客観的に測定する方法としては有効であると考えられる。

垂直浸せき法で測定したぬれ(接触角)の値を第4表に示す。無処理材ではキリが最も高い値でバラウがこれに次いでぬれがよく、ローズウッドは他の材に比べてぬれが悪かった。この値は作野¹¹⁾らの傾板法および液滴法で測定した値より低くぬれが悪い。

ウェザーメーターで処理した場合はカプル以外の材ではすべて無処理材より高い値となりぬれがよくなったことを示し、中でもローズウッドは顕著であった。

前述の光変色の結果との関係を見るとローズウッドは明度(ΔL^*)が上昇して明色化を示しぬれがよくなった。これに対してぬれが悪くなったカプルは変色度(ΔE^*)が他の材に比べて小さく変色が少なかった。このように材の光変色状態がぬれに影響することが明らかになった。

加熱処理した場合にはすべての材で著しくぬれが悪くなり、カプルとバラウが特に顕著であった。材の変色状態との関係を見ると、特にぬれの悪くなったカプルおよびバラウはそれぞれ明度が他の材より明らかに低くなり暗色化している。また変色度も明らかに大きい値を示していることから、やはり材の変色状態と密接に関係していることが明らかになった。屋代ら²¹⁾の報告においても熱処理することによってブナのぬれが悪くなることが明らかにされている。

第4表 ぬれ(接触角のcos.)の測定結果

樹種名	無処理	光照射	加熱処理
ローズウッド	0.477	0.753	0.258
バラウ	0.682	0.752	0.275
カプル	0.624	0.562	0.208
ブナ	0.628	0.724	0.422
キリ	0.735	0.737	0.431

一般に材面を大気中に暴露した場合には、時間が経過するにつれてぬれが悪くなることが報告されている^{3,4,5,13,16}。しかし、クリ、シノキなどのタンニンを多く含む材では放置しておくともぬれがよくなることも報告されている¹⁴。本実験の場合、光照射では材温は50℃程度で温度の影響はほとんどなく紫外線の影響がぬれをよくしたものと考えられる。また加熱処理では材温が100℃以上になって、抽出成分が材表面に滲出したためぬれが悪くなったものと考えられるが、いずれもそのメカニズムは明らかにされなかった。

(2) 接着力

各材の接着力試験結果を第5表に示す。常態試験の結果無処理材では接着力が比重の低いキリを除いて、カプールが幾分低い値を示した他はほとんど差がなかった。光照射した材ではローズウッドおよびキリは無処理材より接着力が向上し、他の樹種では若干低下した。加熱処理材ではすべての材で接着力が低下し、バラウおよびカプールは特に顕著であった。

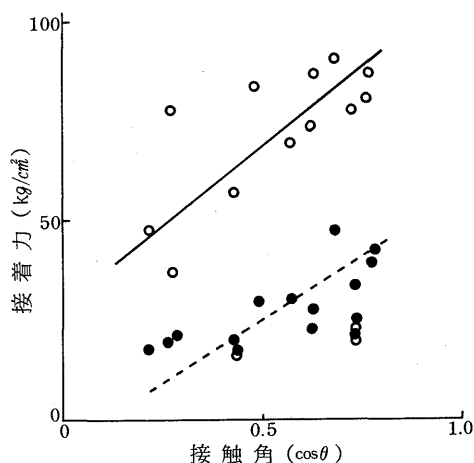
温冷水浸せき試験では無処理材の場合、接着力が非常に常態試験の場合より低下したがキリは常態より高い値を示した。光照射した材ではキリおよびバラウの他は無処理材より高い値を示したが、加熱処理材ではすべての材で非常に低い値となった。

前述のぬれと接着力との関係をみると第5図に示すようになる。常態接着力(キリを除く)と温冷水浸せき後の接着力に分けると、両者の値はそれぞれぬれのよい方が接着力が高くなっている。したがって光照射した材ではぬれがよくなったため接着力が向上し、あるいはあまり変化しなかったが熱処理材ではぬれが非常に悪くなったため接着力がかなり低下したものと考えられる。

ぬれの良否が接着力に影響することが知られており、

第5表 接着力試験結果

樹種	無処理		光照射		加熱処理	
	接着力 (kg/cm ²)	木破率 (%)	接着力 (kg/cm ²)	木破率 (%)	接着力 (kg/cm ²)	木破率 (%)
	常態		試験		試験	
ローズウッド	83.2	75	86.8	80	79.6	35
バラウ	89.8	85	79.8	70	36.5	10
カプール	72.8	70	69.0	70	47.6	5
ブナ	87.0	95	77.3	80	66.6	50
キリ	19.6	100	22.3	100	15.2	100
	温冷水浸せき		試験		試験	
ローズウッド	29.5	0	42.7	0	19.1	0
バラウ	46.2	10	38.5	0	19.7	0
カプール	21.8	0	30.0	5	18.3	0
ブナ	27.3	0	33.3	0	19.2	0
キリ	24.2	100	21.3	75	15.3	10



第5図 木材のぬれ(接触角)と接着力との関係

○ 常態接着力
● 温冷水浸せき後の接着力

特に南洋材について著者らはこれまでくわしく検討してきた^{1,12)}。また、接着力に及ぼす熱処理の影響について屋代らはブナを用いて検討している。これによればユリア樹脂接着剤で接着した場合、120℃で処理すると24時間以上の処理で接着力が著しく低下するが、60℃の処理では48時間以上経過してもわずかな接着力の低下があっただけであると報告している。これらのことから100℃以上の温度に暴露した場合には前述のように抽出成分が材表面に滲出し、ぬれを悪くして接着力の低下をもたらす大きな原因になっているものと考えられる。したがってカプールのような抽出成分が多く、加熱処理によってその成分が表面に滲出しやすい材では著しくぬれが悪く接着力が低下したものと思われる。

V 結 論

家具用材として用いられる南洋材3樹種(ローズウッド, パラウ, カプール)と国産のブナおよびキリの材色と接着性に及ぼす光照射および加熱処理の影響について検討した結果, 次の結論が得られた。

1. 光電反射率計と測色色差計で材色を測定し, その値についてxyY表色系で求められた明度, 純度および主波長の相関々係を検討したところ, 両方の測定値の間には高度な相関々係が認められた。

2. 光照射によってローズウッド以外の材はいずれも明度が低下して暗色化した。キリおよびローズウッドは b^{**} が著しく増大して黄色化を呈し, 他の材は a^{**} , b^{**} ともに増大して橙色を呈した。加熱処理によって明度, 純度は無処理材より低下したが, その変化割合は光照射の場合より少なかった。主波長はいずれの場合にもほとんど変化しなかった。

3. 材のぬれ(接触角の \cos .)は光照射した材では無処理材より高い値を示したが, 加熱処理材では非常に低い値となった。そして変色とぬれが密接に関係していることが認められた。

4. 接着力は常態, 湿潤試験のいずれにおいても, 光照射した材の場合無処理材よりわずかに向上あるいは低下した程度であったが, 加熱処理材では著しく低下した。ぬれと接着力は密接に関係し, ぬれがよいほど接着力は高い値を示す傾向が明らかになった。

謝 辞

本研究を遂行するために種々ご協力いただき, またウエザーメーターおよび測色色差計を使用させていただいた, 鳥取県工業試験場, 木材工業科に, また有益なご助言をいただいた岸研究員に深謝いたします。

文 献

- 1) 後藤輝男ほか: 木材接着に関する研究(第1報)熱帯産木材の接着性について(1), 島根農大研報, **15A**: 53~60, (1967)
- 2) 後藤輝男・作野友康: 木材接着に関する研究(第3報)木材とアルミニウム板の接着について, 島根農大研報, **1**: 104~109, (1967)

- 3) 後藤輝男・作野友康：木材接着の最近の進歩(1)接着条件について，接着，**17**：18～23，(1973)
- 4) GREY, V.R. : *The Wettability of Wood*, For. Prod. J., **12** : 452～461, (1962)
- 5) HERCZEG, A. : *Wettability of Wood*, For. Prod. J., **15** : 499～505, (1965)
- 6) 堀池清：木材の調色技術(1)，木材工業，**32**(3)：3～8，(1977)
- 7) 甲斐勇二：木材の色について(1)，木材工業，**30**(7)：6～9，(1975)
- 8) 牧野耕三ほか：キリ材のアク抜きに関する研究(第4報)処理装置の開発と変色防止効果，広島県工試研報，**9**：17～23，(1980)
- 9) 峯村伸哉，梅原勝雄：木材の調色(第1報)光変色とその抑制，北海道林産試研報，**68**：92～141，(1979)
- 10) 三浦寛三：色彩学概論，70～76，創文社，東京，(1972)
- 11) 作野友康・後藤輝男：木材接着に関する研究(第6報)熱帯産木材のぬれについて，島根大農研報，**4**：97～102，(1970)
- 12) 作野友康・後藤輝男：木材接着に関する研究(第7報)熱帯産木材の接着性について(2)，農根大農研報，**4**：103～109，(1970)
- 13) 作野友康ほか：木材接着に関する研究(第9報)材面調製後の経過期間と接着性との関係(その1)，島根大農研報，**5**：66～70，(1971)
- 14) 作野友康ほか：木材接着に関する研究(第10報)材面調製後の経過期間と接着性との関係(その2)，島根大農研報，**6**：66～70，(1972)
- 15) 作野友康：熱帯産木材の接着性について，島根大輸入木材研報，**1**：45～56，(1972)
- 16) 作野友康ほか：木材接着に関する研究(第11報)材面調製後の経過期間と接着性との関係(その3)，島根大輸入木材研報，**2**：11～18，(1973)
- 17) スガ試験機K.K.：色彩管理方法，1～11，スガ試験機K.K.，東京，(1977)
- 18) 須賀長市，茶木清：変退色と色相・明度・彩度，染色工業，**28**(4)：35～43，(1980)
- 19) SULIVAN, J. D. : *Color Characterization of Woods, Color Parameters of Individual Species*, For. Prod. J., **17**(8)：25～29，(1979)
- 20) 矢部章生・林雅子：染色概説，44～54，光生館，東京，(1974)
- 21) 屋代真ほか：木材の熱変質に関する研究(1)熱処理が木材の被接着性に及ぼす影響，新潟大演習林報，**5**：17～26，(1969)