

木材内部の染色に関する「吸引染色法」の確立

Establishment of “Absorption Dyeing Method” for Dyeing the Inside of Wood

安森 弘昌 芸術工学部プロダクト・インテリアデザイン学科 准教授

ばんば まさえ 芸術工学部ファッションデザイン学科 教授

野口 僚 芸術工学部プロダクト・インテリアデザイン学科 実習助手

Hiromasa YASUMORI Department of Puroduct and Interior Design, School of Arts and Design, Associate Professor

Masae BANBA Department of Fashion and Textile Design, School of Arts and Design, Professor

Ryo NOGUCHI Department of Puroduct and Interior Design, School of Arts and Design, Assistant

要旨

本研究の目的は、木材内部の染色に関する「吸引染色法」の確立である。「吸引染色法」とは、減圧負荷によって木材内部に染料を吸引し、着色を施す独自の染色法である。木材内部の染色に関する研究事例には、減圧加圧注入法や立木染色法があるが、染色に長時間を要することや大型設備が必要であること、色むら発生などの要因から、広範囲な実用化には至っていない。本研究では、「吸引染色法」によって、木材内部を短時間でむらなく一様に染色し、そのサイズが家具や建築部材に利用できる範囲に達することを目標とする。表面部分のみを着色した木材に比べ、内部まで染色した木材は、木材本来の質感を失わず、品があり、唐木のような美しい色合いの希少木材と同等の価値があると考えられる。銘木や化粧用優良大径木が世界的に枯渇している今日、建築やインテリア、プロダクト分野において、生活空間に彩りを添える素材として、染色木材の利用価値は高いと思われる。

Summary

The purpose of this study is to establish an “absorption dyeing method” to dye the inside of wood. The “absorption dyeing method” is unique in that it dyes wood by absorbing dye into it under reduced pressure. While there are examples of studies about dyeing the inside of wood, e.g. methods of decompression/pressurization injection and standing tree dyeing, such methods have not been widely adopted because they require lots of time and large facilities and produce color irregularities. This study aims to enable the inside of wood to be dyed evenly in a short period of time using an “absorption dyeing method” suitable for the sizes of furniture and building components. We believe that wood dyed on the inside retains its original texture and has the same value as beautifully colored rare wood like imported hardwood. We also believe that the current worldwide shortage of precious wood and decorative large-diameter wood will make dyed wood a valuable material to be used.

1. 研究の背景

木材の染色については、過去に様々な研究が行われており、表面部分の染色については多くの成果を確認できる。一方、木材内部の染色については、限られた範囲での成果は上がっているが、幅広い実用化には至っていないのが現状である。染料の粒子の大きさの単位が $m\mu$ であるのに対して、木材内部の浸透経路の径の大きさは μ 単位である。したがって、木材の孔は、染料の通過に対して十分な大きさを持っているにもかかわらず、染料の浸透性に良否が発生する。なぜ粒子は木材内部に浸透しないのか。過去の研究事例では、染色粒子の親和性により、粒子が組織に選択的に吸着され、内部に浸透しない旨の報告がある^{注1)}。それらの研究結果を踏まえ、次に試行されたのが木材に減圧、加圧といった物理的負荷をかけることで浸透を促す方法であった。しかしながら、結果として、染色できる木材サイズに限界があること、負荷をかける時間の長さ、大型設備が必要なことなどが要因になり広範囲な実用化には至っていない。そこで、本研究では、同じく木材に減圧負荷をかける方針ではあるが、これまでの染料の浸透を促す減圧とは異なり、減圧によって染液を吸引し、木材内部に到達させる「吸引染色法」を提案する。この染色法による、ごく簡易な装置での実験を行ったところ、繊維方向の長さが 70 mm のブナ材に対して、約 10 秒間の吸引で染料が全体に浸透し、内部をむらなく一様に染色できた。

「吸引染色法」における染色の仕組みとして、吸引によって染液が木材の導管を通して材料の奥深くに運ばれ、導管周囲の組織に浸透して色素が定着したと考える。吸引力の強い真空ポンプを採用し、より長い時間吸引することで、導管を通して染液をより遠く届けられるのではないかと、また、より浸透性の高い染料を選定すれば、導管から離れた組織でも広範囲に染色できるのではないかと、その結果として、染色木材のサイズを飛躍的に大きくできるのではないかと。本研究では、これらの問いについて、実験を通して検証を行う。

2. 研究の目的

本研究の目的は、木材内部の染色に関する「吸引染色法」の確立である。「吸引染色法」とは、木材に減圧負荷をかけ、染料を吸引し、浸透させて、内部に着色を施す独自の染色法である。近年、唐木など独特な色を持つ希少な木材が枯渇していることにより、木材の表面に染色を施し、高級材に見えるように加工する例を多く見かける。表面部分のみを染色した木製家具や玩具には、長年の使用によってできた傷の部分に内部の色が露出し、見窄らしい状態に至った物を見かけることがある。永く使ってその良さを実感できるはずの自然素材が、短期間で廃棄される結果を招いている。経年変化が魅力となる木材本来の特徴を引き出し、美しい木理と材質感を生かすには、染料による木材内部までの染色が適している。また、内部を染色した木材は、切断切削加工しても着色の状態を保てる利点があり、ものづくりの多くの場面で利用できると考える。例のひとつを挙げると、唐木を使った伝統的工芸品の箱根寄木細工がある。異なる色の多数の部材を美しく配列して接着しブロック状にして、それを大鉋で切削して、ズクと呼ばれるシート状の化粧材を作る工程がある。この寄木細工の唐木の代用材として染色木材が利用できると考える。染色木材の色のバリエーションは無限で、サイズの拡大化を図れば、人々の生活空間に彩りを添える素材として利用価値は高く、デザイン分野に及ぼす影響は大きいと考える。

3. 研究の方針

従来の木材内部の染色法として減圧加圧注入染色法と立木染色法がある。減圧加圧注入法では染色に長時間要することや大型設備が必要であること、また立木染色法では辺材部分のみの染色であり、また呈色が不均一であることで、共に実用化は限られた範囲に留まっている。

本研究で提案する「吸引染色法」では、従来の減圧注入染色法と同じく減圧負荷を材料にかけて染料を注入し、木材の内部に染色を施す。ただ、従来の減圧法

は、装置に材料をセットして減圧をかけ、木材から空気を抜き取り、染料が浸透しやすい状態にする仕組みであるのに対し、「吸引染色法」では、図1に示すように材料の片方の木口を減圧装置に装着し、反対側の木口から繊維方向に染料を吸引する方法をとっており、浸透を促す仕組みが異なっている。本研究に入る前の段階で簡易な実験装置を用いて「吸引染色法」を実践し、図2のような結果を得ている。この実験では、減圧した時間は約10秒で、染色できた材料の繊維方向の長さは70mmである。染料・助剤の選定や減圧の出力を上げるなど実験方法に改良、新たな工夫を加えることで、家具や建築部材にも利用可能なサイズの木材を染色できると考えた。

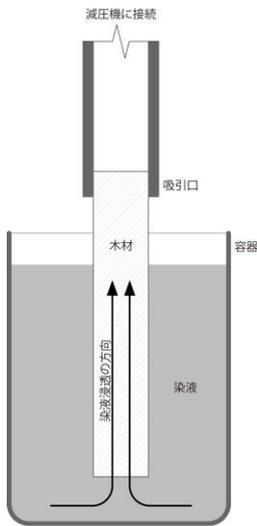


図1 吸引染色装置略図



図2 初期の実験結果

近年、あいち産業科学技術総合センターが木材内部の染色についての複数の報告を行なっている。本研究では、同センターと連絡を取り、また施設の視察を行い、減圧加圧実験装置（図3）や木材内部の染色に関する情報を得た。同センターで行った染色実験では、最大で厚さ20mm×幅150mm×長さ680mmのサイズの木材で試行した例がある。しかし、課題も多く、中心部まで均一な染色ができないこと、樹種によっては木材内部に全く染料が浸透しないことなど、現在は実験段階であり、実用化には到っていないという報告を受けた。同センターでは、木材内部の染色に吸引負荷を採

用した研究実績はなく、減圧加圧のみで研究を進めている。

本研究は新たな染色法確立の初期段階で、図3のような大がかりな設備を用意する状況では無い。まずは小型真空ポンプとアクリル素材で手作りした実験装置を用いて木材のテストピースで効果を検証し、次第にサイズの拡大化を図る方針である。



図3 あいち産業科学技術総合センター減圧加圧装置

「吸引染色法」における染色可能な木材の長さ方向の数値については、以下に示す6つの条件が大きく関係していると考えられる。本研究では、真空ポンプを用いた吸引装置や以下に示す素材を用意して、準備し得る実験設備および環境のもとで染色できる木材の長さの最大値を明らかにする。

- ・ 吸引の強さと時間
- ・ 吸引と併用する染料浸透促進作用（超音波照射など）
- ・ 木材の樹種（針葉樹 広葉樹（環孔材 散孔材 放射孔材））
- ・ 木材の部位（芯材 辺材）
- ・ 木材の乾燥の度合い（含水率）や乾燥方法（天然乾燥 人工乾燥（高周波 スチーム 真空））
- ・ 染料の種類（直接染料、反応染料、酸性染料、ナノ染料など浸透性の高い開発染料、浸透後に発色反応する染料など）

4. 研究の方法

4-1 染色装置

木材内部の染色については、1970年代以降に研究報告を確認できるが、初期と近年の研究では、染料分野

の技術的発展など研究に関する環境や状況が明らかに変化している。現在の染料や助剤を用いて過去の実験を再現し、結果を見直しする必要があると考え、吸引装置だけでなく減圧装置等を用いた染色実験を行ない、それぞれの装置における染色効果を再確認することから始めた。真空ポンプ^{注2)}を減圧機として利用し、以下の3つの装置を製作して実験を行なった。

- ・吸引染色装置 (図4)
- ・減圧装置 (図5)
- ・超音波照射機能付き^{注3)}減圧装置 (図6)



図4 吸引染色装置

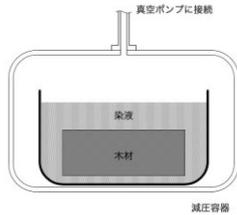


図5 減圧装置および装置の機構略図



図6 超音波照射機能付き減圧装置および装置の機構略図

4-2 染料の選定

木材の染色に用いる染料の条件として、セルロースおよびリグニンに吸着する性質であること、また木材繊維に対し浸透性の高いことが挙げられる。以上のことを踏まえて、以下の3つの染料を用いて染色実験を

行った。

- ・アルコール染料
「Roapas スピラン」(アルコール溶媒)
- ・反応染料
「リアック染料」(水溶媒)
- ・鉄媒染液
「天然鉄液」(水溶媒)

アルコール染料は、木材内部において浸透性が高い性質があり採用した。反応染料は他の染料と比較し粒子の分子量が小さく、木材内部の浸透経路において通過性能が高いと考えた。鉄媒染液は、成分である鉄分が木材中のタンニンと反応して黒く発色し、一般的な染料とは発色のメカニズムが異なるので採用した。

4-3 助剤の利用

実験を開始して間もなく判明したことは、針葉樹のような仮導管を有する樹種は、染液が全く木材に浸透しない場合が多いことである。染料の粒子はおろか水分も入りにくい状況が確認できたため、木材内部への水分浸透促進効果が期待できる助剤の利用を試行した。染料販売店の技術スタッフと打ち合わせを行い、以下の助剤を染料に混合して浸透性向上を図り、効果を確認した。また、市販の家庭用洗剤に含まれる界面活性剤についても同様に試行した。

- ・「グリエノール」(染料の溶解、染着剤)
- ・「エフェクターDS2C」(カチオン高分子物)
- ・「アニノール」(アニオン界面活性剤)

4-4 染色する木材

本研究の目標は染色木材の拡大化であるが、まずは厚さ 25^{mm}×幅 25^{mm}×長さ 270^{mm}に切り出した木材をテストピースとし、その内部を染色する実験から始めた。テストピースの長さについては、過去の研究結果を踏まえ、染色装置の効果を確認し得るサイズとし、厚さと幅については、染液の浸透性の検証には関係しないため、市販の一般的な規格サイズの木材を利用

きるよう設定した。

テストピースに用いた樹種を以下に示す。市場に流通している一般的な樹種を選び、広葉樹については、散孔材と環孔材から代表的な樹種を選定した。

- ・ 針葉樹
檜、杉
- ・ 広葉樹
樺、ハードメープル、タモ、檜、栗、ホワイトアッシュ

5. 染色実験の結果

前章の研究の方法に従って実験を行い、過去の研究事例の結果と照合し、染色効果の進展が確認できた結果のみ報告する。

●アルコール染料による染色

「スピラン」(アルコール溶媒)は、浸透性が高い染料であり、減圧負荷のみでも効果があり、減圧染色法による染色で木材サイズの拡大を図ることにした。しかし、この実験を始めて間もなく、アルコール溶媒の染料に減圧をかける場合、引火、爆発の恐れがあることが判明した。防爆装置の付設が不可欠であるため、木材サイズが厚さ40mm×幅120mm×長さ900mm(減圧25分間)に到ったところで中断をした。図7に示すように内部の中心あたりに多少色ムラが残ったが、ほぼ染色することができた。



図7 アルコール染料(青色)による染色

●反応染料「リアック」を用いた吸引染色

図8は、反応染料の「リアック」(赤色)を用いて、吸引染色(2~10分間)を行ったテストピース(25mm×25mm×270mm)である。染色後にピースの4分の1を切

断して取り除き、内部の染色の状態を確認した。樹種は、写真左からヒノキ、ナラ、ブナ、ハードメープルである。ブナとハードメープルが一樣に染まっている。反応染料については、減圧負荷をかけた実験も行い、ブナとハードメープルについては吸引負荷と同様の染色結果が得られた。ただ、減圧時間が吸引に比べ5~6倍の時間を要する結果となった。

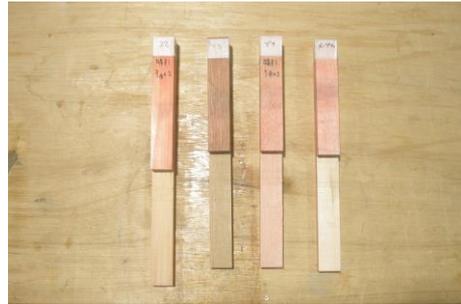


図8 反応染料を用いた吸引染色結果

●鉄媒染液「天然鉄液」を用いた吸引染色

図9は、鉄媒染液の「天然鉄液」(黒色)を用いて、吸引染色(2~10分間)を行った結果のテストピース(25mm×25mm×270mm)である。樹種は、写真左からナラ(辺材)、ナラ、ナラ、クリ、タモである。写真左端の檜の辺材部分と右端のタモが一樣に染まっている。



図9 鉄媒染液を用いた吸引染色結果

●反応染料「リアック」に助剤を添加した染色

図10は、反応染料に助剤を添加した染液を用いて減圧染色(10分間)を行ったテストピースであり、内部の染色状態を確認するためピースを縦に2等分している。助剤であるグリエノールには、染料の溶解や染着剤としての効果がある。樹種は、写真の左4本がブナ、右2本がヒノキであり、ブナが一樣に染まっているのが分かる。

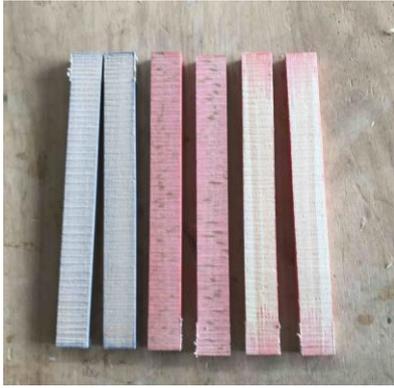


図10 反応染料に助剤を添加した染色結果

●超音波照射を併用した染色

減圧負荷に加えて超音波照射を併用することによって染料の浸透性が向上した旨の報告書^{註4)}を参考にし、装置を用意したが、顕著な超音波の効果は確認できなかった。

6. まとめ

本研究では、準備しうる実験設備を用いて木材内部にムラのない様な染色を施し、木材サイズの拡大化を図ることが目標であった。結果として、テストピースより大きなサイズの木材で染色を試行できたのは、アルコール染料によるブナ材の染色のみであった。サイズは、厚さ40^{mm}×幅120^{mm}×長さ900^{mm}(減圧25分間)で、椅子を作る程度の木材は染色できることが判明した。アルコール染料は浸透性が高く、防爆装置を備えた減圧装置を利用すると、さらに大きな材を染色できると考える。

「吸引染色法」の確立については、テストピースのサイズで樹種も限られるが木材内部の一様な染色ができたこと、また、減圧負荷の染色に比べ5分の1程度の時間で染色できたことは成果と考える。木材サイズの拡大化を図れなかったのは、装置の木材装着部に空気漏れや作業性の問題があり、そこに適切な解決策を考案できなかったためであり、今後の課題として受け止める。

染色実験を重ねて改めて明確になったことは、樹種によって染色の度合いが全く異なることである。比較的染まり易い材は、染料の種類の違いに関係なく広葉樹の散孔材で

あった。同じ散孔材でもブナ材は色濃く染まり、ハードメープルは、試験体全体に染料が浸透はしているが、淡い染まり方であった。また、同じ樹種でも芯材と辺材では、辺材の方がより染まる例が多いことがわかった。

反応染料に染着を促進する助剤を添加した染液では、広葉樹の散孔材でテストピースを短時間で一様に染色できた。試験体のサイズを拡大する段階に移れる状況である。

本研究を始めた理由の一つに、国内に豊富にある針葉樹の利用促進に染色木材が寄与できないかという考えがあった。アルコール染料によるヒノキ材の染色については、縞状のムラは発生するが、テストピースの長さ方向には全体に染料が浸透することが確認できた。縞状のムラの原因を突き止め、解消できれば染色木材として十分利用可能である。一方、針葉樹材に対する水溶媒染料による染色では、十分な成果が出せなかった。アニオン系の界面活性剤や浸透剤などの助剤の添加によって染色範囲の改善が見られたので、結果を引き継いで研究を継続する。

参考文献

1) 喜太村洋子、「木材の染色性」、『色材』、52、1979年、pp.389-398

4) 伊東祥太、「木質材の染色」、『東北工業技術試験所報告』、第18号、1985年3月、pp59-64

仕様

2) ダイアフラム型ドライ真空ポンプ(排気速度 24L/min 到達圧力 5.33×1000 Pa)

3) 超音波洗浄器(ステンレス製・ASU-Mシリーズ) 384×234×273mm ASU-6M