

令和 6 年 9 月 23 日現在

機関番号：34523

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K12521

研究課題名（和文）木材内部の染色に関する「吸引染色法」の確立

研究課題名（英文）Establishment of "suction dyeing method" for staining the inside of wood

研究代表者

安森 弘昌（Yasumori, Hiromasa）

神戸芸術工科大学・芸術工学部・准教授

研究者番号：20341018

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、木材内部の染色法の確立である。研究を通じて明らかになったことは、木材は細胞の配列など組織の構造の違い、また同じ樹種であっても乾燥方法の違いなどにより、染色の可否や程度が異なるということである。全ての樹種や部位に対応できる染色方法を見出すことはできなかった。ただ、樹種や木質を見極め、染色に適した条件の材を選択することで従来の染色法でも実用化に繋がる染色が可能であるということは判明した。その染色に適した条件の一部を実験結果で提示できたことが本研究の成果である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、木材内部の染色が広範囲な実用化に至っていない理由は、全ての樹種や部位に対応できる染色方法が確立されていないからである。ただ、樹種や木質を見極めて染色に適した材を選択することで、従来の方法でも実用化に繋がる染色が可能であることが、本研究により判明した。その染色に適する材の特徴について、一部ではあるが明らかにした点に研究の意義があると考えられる。適切に木材を選択することで、木材内部の染色とそれに関する設備の簡易化が可能になり、限りある天然素材である木材の有効かつ幅広い利用を促進する研究として位置づけられる。

研究成果の概要（英文）：The aim of the current study was to establish a method of staining the inside of wood. This study revealed that whether the inside of wood is stained or not and to what extent differ depending on the differences in the structure of the wood, such as the arrangement of cells, and also on the method of drying even when staining the same species. This study was unable to identify a method of staining that could be applied to all species and parts of trees. However, this study found that determining the species and quality of wood and selecting wood with conditions that are suitable for staining would enable practical staining to be achieved even with conventional methods of staining. The current results are the result of experiments with some of those conditions.

研究分野：木材によるデザイン

キーワード：木材内部の染色 吸引染色法 減圧加圧注入法

研究成果報告書

研究課題名：木材内部の染色に関する「吸引染色法」の確立

研究代表者 安森 弘昌

研究分担者 ばんば まさえ

1. 研究開始当初の背景

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のが現状である。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、木材内部の染色が適している。家具や建築部材に利用できるサイズの木材を短時間でむらなく一様に染色できれば、利用価値は高いと考えた。

2. 研究の目的

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内装材に利用できる範囲に達することを目標とする。

表面部分を着色した木材とは異なり、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。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、木材内部までの染色が適している。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考える。

3. 研究の方法

木材内部の染色の研究事例として、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「減圧加圧注入法」がある。しかしながら、染色できる木材のサイズ、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、減圧によって染料を吸引し、木材内部に到達させる「吸引染色法」を試行した(図1)。その他に、染液側に加圧負荷をかける「加圧浸透染色法」によって木口から染液を木材内部に強制的に浸透させる方法も行った。

- ・ 染料には、木材のセルロース基に染着し、分子量が小さく木材内部の空隙に対し十分微小な粒子である反応染料(商品名：リアック)を用いた。水性染料であり、染液濃度は、1%にした。
- ・ 透明アクリルパイプを利用して密閉容器とし、染液を入れ木材をセットする吸引染色装置を製作した。厚さ 25 mm × 幅 25 mm × 長さ 270 mm の様々な樹種の木材をテストピースとして用意し染色実験を行った。
- ・ 減圧機として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)を利用した。
- ・ 加圧については、コンプレッサー(圧力：0.8Mpa)を装置に接続した。

- ・ 染色済みのテストピースは、樹種、重さ、減圧及び加圧の時間を記録し、乾燥後に切断し内部の染色状況を確認した（図2）。

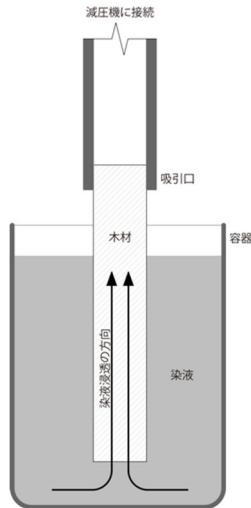


図1 吸引染色法装置の略図



図2 染色済みテストピース

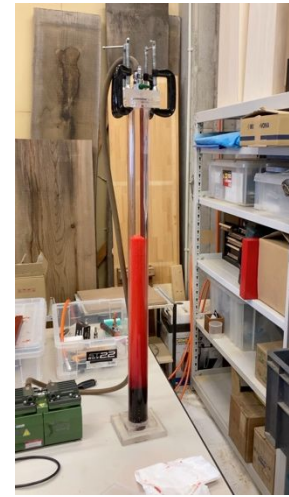


図3 減圧加圧注入法装置

本研究の最終年には、さまざまな樹種に対し従来の「減圧加圧注入法」による染色の検証を行った。「減圧加圧注入法」とは、密封容器に木材と染液を入れ、減圧をかけた後に加圧し、染液を木材内部に注入する染色法である（図3）。化学染料はメーカーによって絶えず改善や開発が行なわれているので、現在の染料について木材内部の染色状況を確認するためである。また、染色木材の実用化と利用促進を視野に入れ、容易に染色できる樹種に対して簡易化した染色装置を考案し、木材サイズの拡大化を図った。

4. 研究成果

「吸引染色法」および「加圧浸透染色法」については、ある程度の成果はあったが、先行研究を超える結果は得られなかった。従来の「減圧加圧注入法」で染色できない樹種は、「吸引染色法」でも不可能であり、染色状況を比較しても明らかな違いを見出すことができず、染色法として確立はできなかった。

本研究を通じて明らかになったことは、木材は細胞の配列など組織の構造の違い、また同じ樹種であっても乾燥方法の違いなどにより、染色の可否や程度に違いが生じるということである。全ての樹種や部位に対応できる染色方法を見出すことはできなかった。ただ、樹種や木質を見極め、染色に適した条件の材を選択することで従来の染色法でも実用化に繋がる染色が可能であることは判明した。そして、容易に染色できる樹種の一つであるブナ材（人工乾燥）については、染色木材サイズの拡大化を図り、本研究期間中には 200 ミリの塩ビパイプを密封容器に利用した装置（減圧加圧注入法の減圧のみ）で厚さ 35 mm × 幅 150 mm × 長さ 700 mm の木材内部を一様に染色（黒色）し、それを利用して椅子の製作を行なった（図4）。木質を見極めて染色に適した材を選択することで、家具製作においては染色木材の実用化が可能であるということを実証できた。

現在、木材内部の染色が広範囲な実用化に至っていない理由は、全ての樹種や部位に対応できる染色方法が確立されていないからである。ただ、木質を見極めて染色に適した材を選択することで、従来の方法でも実用化に繋がる染色が可能であることが、本研究により判明した。その染色に適した材の特徴について、一部ではあるが明らかにした点に意義があると考えられる。適切に木材を選択することで、

木材内部の染色とそれに関する設備の簡易化が可能になり、限りある天然素材である木材の有効かつ幅広い利用を促進する研究として位置づけられる。



図4 染色木材で製作した椅子（ブナ 黒色に染色）



図5 染液量の変化

以下は、「減圧加圧注入法」の染色実験結果の一部について記述したものである。染色に適した木材の条件に関係する内容や興味深い現象について列記した。

- ・ 図5は減圧、常圧放置、加圧など負荷をかけた時間に対する染色装置内の染液の量の変化を記録したものである。減圧による染色のメカニズムとして、染液と木材を入れた密閉容器内の気圧が下がることで、木材に含まれる気泡が膨脹し浮力によって脱泡し（15分～30分）、空いたスペースに染液が入り込む。減圧状態から常圧に戻すと木材内に残った空気も圧縮され体積が小さくなり、収縮した分だけ染液が木材内にさらに含浸すると考えられる。圧力によって染液自体も収縮、膨張をするので、減圧加圧を跨いだ染液量の変化は木材に注入された量とは一致しないが、気泡が盛んに出ている減圧の時間帯よりも常圧に戻した時点からの減少量が多いことが分かる。
- ・ 乾燥方法の違いが染色の可否に影響することが判明した。天然乾燥の檜と杉の心材においては、「減圧加圧注入法」での染色が不可能で、テストピースの実験前後の重量変化の数値から水分子さえもほぼ含浸しない結果であった。木造船や桶、樽に杉材を利用する理由が理解できる。一方、人工乾燥の檜は、減圧30分の後に常圧8時間で染色できる。また、人工乾燥の杉では、減圧後に常圧放置の時間が12～48時間と長くなってしまいが染色可能である。乾燥の工程で木材内部にどのような変化があるのかは不明であり、木質研究者に確認する必要がある。人工乾燥にも様々な方法があるが木材の入手先からは確認が取れていない。
- ・ 心材と辺材で染色の度合いが異なる。図6は天然乾燥の杉を染色したテストピースである。杉は染色が困難な樹種の一つであり、心材は染液中の水分子さえ含浸しにくい木質である。一方、辺材については図のように内部まで染液が到達しているのが分かる。杉に限らず多くの樹種においても、辺材は染色が容易な部位である。
- ・ 染色が困難な樹種（減圧後に48時間加圧しても内部全体に染液が浸透しない）
杉（心材 天然乾燥） 檜（心材 天然乾燥）、 栗（心材 天然乾燥） 樺（心材 天然乾燥）
檜（心材 天然乾燥）
- ・ 染色が容易な樹種（減圧後に常圧で放置して30分以内に内部全体に染液が浸透）
ブナ（人工乾燥） 檜（人工乾燥）、 塩地（人工乾燥）、 オーク（人工乾燥）

- ・ 染色が容易な樹種として、ブナ（人工乾燥）があげられる。テストピースでは、減圧を 15 分行った後、常圧に戻した直後に染液が浸透し比重が染液と同じになって沈む。常圧放置 15 分で染液量の減少が止まり浸透は終了する。木材内部全体に染液が行き渡りむらなく染色できる。
- ・ 図 7 は、環孔材の染色実験結果である。樹種は塩地（赤色染料 人工乾燥 厚さ 35 mm × 幅 105 mm × 長さ 700 mm）およびオーク（紫色染料 人工乾燥 厚さ 35 mm × 幅 150 mm × 長さ 700 mm）である。導管のみ染色されて木目が強調されているのが分かる。減圧 30 分後に常圧放置 8 時間で内部全体の導管を染色できた。
- ・ 「減圧加圧注入法」で減圧後の加圧については、染液の含浸を促すとともに染色にかかる時間の短縮効果大きい。染色が困難な樹種に対しては有効な手段である。ただ、加圧後に常圧に戻すと加圧で過剰に注入された染液が木材内部から排出される現象が起きる。加圧して一旦染液に沈んだ木材でも常圧で放置すると再び浮き上がることがある。そのようなテストピースは、内部全体に染液が浸透しておらず、加圧状態で高密度の染液が木材の一部に浸透して一時的に重量が大きくなっただけの場合もある。
- ・ 染液の浸透を促す助剤の併用を多数試行したが、浸透に関する大きな効果は得られなかった。無水芒硝などの使用による染着の度合い（後の色落ち防止）の効果については検証できていない。



図 6 心材と辺材の染色



図 7 環孔材の染色

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	ばんば まさえ (Banba Masae) (00249202)	神戸芸術工科大学・芸術工学部・研究員 (34523)	
研究 分 担 者	野口 僚 (Noguchi Ryo) (40829793)	神戸芸術工科大学・芸術工学部・助手 (34523)	削除：2024年6月28日

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------