

ESDの理念に基づく技術科教育の研究

—木材塗装への柿渋の導入について—

谷 口 義 昭 奈良教育大学技術教育講座 (技術教育学)
葉 山 泰 三 奈良教育大学附属中学校

(平成25年5月7日受理)

The Study of Technology Education based on Idea of ESD : On introducing Persimmon Tannin into Wood Paint

Yoshiaki TANIGUCHI

(Department of Technology education, Nara University of Education, Nara 630-8528, Japan)

Taizo HAYAMA

(Nara University of Education Junior High School, Nara 630-8113, Japan)

(Received May 7, 2013)

Abstract

People who are related to school education or industry often use chemosynthesis paint in their field. On the other hand, people who work at the company providing teaching material began to suggest using japan and drying oil paint made by natural vegetable. While the former paint is not reusable after the oil run out, the latter is the material that we can continue to use again and again by cultivation of plants. Therefore, the drying oil paint is suitable for using on Education for Sustainable Development that the United Nations Educational, Scientific, Cultural Organization and the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology suggest. We study whether we can use the persimmon tannin on the painting study of technology education from the standpoint of ESD. Below is the result that we found out.

1)we could make the color similar to zelkova color by persimmon tannin paint with increasing red and yellow color, and reducing the value. 2)we could tint the color that we expected on the first application by persimmon tannin paint. 3)we confirmed that persimmon tannin highly adhered to wood and it had high water-resisting qualities. We also found that lapping persimmon tannin paint again and again reduced the power of adhesion to the surface. 4)we didn't see the Volatile Organic Compounds that lead into Sick House Syndrome or Sick School Syndrome.

The above proved the safety and the adaptability as the paint material on the study of persimmon tannin paint. As a result, we proved that persimmon tannin paint is useful to painting study at the technology education that connected to ESD.

キーワード : 持続発展教育、
技術科教育、
木材塗装、
柿渋

Key Words : Education for Sustainable Development: ESD,
Technology Education,
Wood Paint,
Persimmon Tannin

1. はじめに

次代を担う子どもたちの様子を見ると、地球温暖化、環境破壊、エネルギー問題等を知識としてわかっているが、自分とのつながりとして捉え難く、そのため危機を乗り越える力の育成も十分図られているとはいえない。ユネスコは、明るい未来に向かって持続可能な社会づくり、人づくりのために必要な開発を教育的見地から探求する「持続発展教育（Education for Sustainable Development、略してESDと呼ぶ）」を提唱している。文部科学省も新しい教育理念としてESDを推進している。

平成20年3月告示の中学校学習指導要領技術・家庭技術分野において、持続発展教育であるESDの理念が次の箇所に導入されている⁽¹⁾。新旧を比較して表記する。

1 目標において

旧・・・技術が果たす役割について理解を深め

新・・・技術と社会や環境とのかかわりについて理解を深め

2 内容において

旧 (1)ア 産業の発展に果たしている

新 (1)ア 産業の継承と発展に果たしている

旧 (1)イ 技術と環境・エネルギー・資源との関係について知ること。

新 (1)イ 技術の進展と環境との関係について考えること。
(波線は著者らが記す)

このように、技術分野では旧来の「技術が果たす役割について」という漠然とした内容から、「技術と社会や環境とのかかわり」へと変更となり、技術が社会や環境へとかかわるといふ具体的な表現となり、社会や環境に深く関係することを強調している。また、学習内容においても単なる「産業の発展」ではなく、今まで培ってきた産業を後世へ継承することに注目し、持続発展の重要性を示している。また、技術を進展するには環境を十分配慮したものでなければならないことも文面からくみ取れる。すなわち、新しい技術の開発もこれからの社会では重要であるが、今まで私たちが培ってきた技術も大事にして将来を担う子どもたちに上手くバトンタッチする必要があり、このESDの理念がこの度の学習指導要領の改訂で示されていることは意義深いと言える。

著者らは、技術教育のうち住居・建築において持続可能ではない現象について注目する。最近、新築や改装された建物において、壁や床から空气中に放散する化学物質の存在が話題となっている。施工過程で用いた塗料の希釈溶剤（いわゆるシンナー）や内装材の接着剤に含まれる物質を総称して揮発性有機化合物（Volatile Organic Compounds、略してVOC）と呼ばれ、代表的なものとして、ホルムアルデヒド、キシレン、トルエ

ン等が挙げられる。人がこれらのガスを吸引すると倦怠感や頭痛、吐き気といった体の異常（シックハウス症候群）をきたす。また学校でも、教科書に使われるインキ、床のワックスなどで、シックハウスと同様な症状が報告され、シックスクールと呼ばれ社会問題となっている。

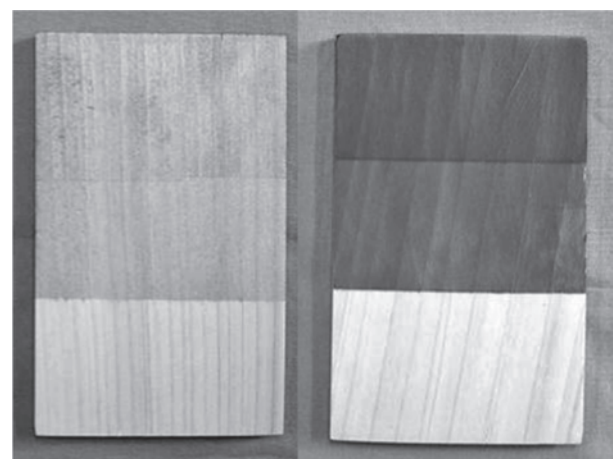
中学校技術・家庭科の木材加工で製作する作品の仕上げとして塗装工程がある。もし、使用する塗料にVOCが含まれると、生徒たちは健康を阻害されることになる。そこで、石油を原料とするVOC塗料に代わる、古来から用いられてきた天然塗料、特に柿渋に注目し、建築、家具等の木材塗装への使用、さらには学校教育への導入の可能性について検討することを本研究の目的とする。

2. 研究方法

2.1. 柿渋の塗装方法

(株)トミヤマ製の柿渋および柿渋に顔料（赤）を混合した柿渋ペイントをヒノキ（55×90×5mm、幅×長さ×厚さ）材に2回塗布した。柾目材で心材と辺材の両方を含む試験材を1試験あたり3枚準備した。塗装工程が判別できるようにマスキングテープで1回目に塗装した面の一部を被覆した。また、2回目の塗装を行う前に塗面をサンドペーパー#240で研磨した。柿渋塗面の保護を目的として、天然ロウと植物油を混合した天然ワックス（ワックスと略す）を柿渋塗面に塗布した。

柿渋塗装と比較するために、学校教育で多く使われている水性ニス（アクリル樹脂エマルジョン型、透明）も併せて試験した。塗装試験材を図1に示す。



柿渋単体

柿渋ペイント

図1 塗装試験材

2.2. 塗装性能の評価方法

(1) 材色の測定

色彩計（Color Reader CR-13 コニカミノルタ製）を用いて、日本工業規格JIS Z 8730⁽²⁾で規定されている

L* a* b*表色系で木材および塗装の表面の色を測定した。試験は1枚あたり5カ所を測定して平均を求め、さらに3枚のデータの平均値を測定値とした。測定の様子を図2に示す。

(2) 付着性・密着性

JIS K5400-8.5⁽³⁾に準拠して、塗面にカッターナイフで5mm間隔に基盤目状に切り傷を付け、その上面にセロハン粘着テープを貼り付け、瞬間的にテープを引っ張り、剥離する塗料の程度をJISの基準に照合して評価した。

(3) 耐水性

塗装面にスポイドを用いて水滴を垂らし、カメラ用フィルムケースで水滴を覆って蒸発を防止し、2時間後に塗面上の水滴状態を観察した。塗面のぬれの程度、塗膜の白化、はがれを目視で観察し、布で水を拭き取り、塗膜の状態を観察した。

(4) VOCの計測

デシケータ内に塗装した木材3枚を24時間放置し、塗面から空气中に放散する物質の濃度を計測した。計測の対象とした気体は、ホルムアルデヒド、トルエン、パラジクロロベンゼンであった。計測器はガステックGSP-200（日本海計測特機製）を使用した。計測中の様子を図3に示す。



図2 色彩計による色の測定



図3 VOCの計測

3. 結果

塗装の目的として、1つ目は製品の表面を保護すること、2つ目は美観を向上するために色彩を管理する、すなわち好みの色に調整することである⁽⁴⁾。このうち表面の保護については、傷、汚れや水分吸収を制御することを目的としている。合成樹脂塗料は空気を遮断して物体を保護していたが、近年木材塗装では水分調整を目的として積極的に湿気を吸収する天然塗料も注目されている。彩色を目的として、植物主体の染料、鉱物主体の顔料など多くの着色剤が開発されている。本研究では、はじめに彩色技術について検討し、次に塗膜の性能について分析する。

3.1. 材色の測定

物体の色を表すのに、現在多くの分野で使用されている方法にL* a* b*表色系があり、これは視覚と近似する尺度である。本研究はこのL* a* b*表色系で色を数値化した。3つの測定因子のうちL*は明度を表し、目で見た場合の明るさの目安となる。a*とb*は色相を表し、a*値が大きくなれば赤みがかかり、b*値が大きくなれば黄色みを帯びてくることを意味する。a*とb*の交点が色度図に示された色度を表す。また、“あざやかさの度合い”である彩度(C)は次のように定義され

ている⁽⁵⁾。

$$\text{彩度}(C) = \{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2} \quad (1)$$

柿渋だけを塗布したもの（以降柿渋単体と表記）、柿渋ペイントおよび水性ニス塗布した木材の色の変化を図4から図6に示す。

柿渋単体では、1回の塗布でa*とb*は大きく増加し、2回目の重ね塗りによって幾分増加する。色相は淡黄褐色から茶褐色へと変化し、明度は低下する。したがって、塗装によって濃色になり、重厚感が増したことがわかる。参考値として高級家具に多く用いられるケヤキ材の材色を測定した結果、L* = 49.5、a* = 18.9、b* = 30.3であった。2回の塗布によってヒノキ試験材は、L* = 62.8、a* = 17.3、b* = 26.0となり、ケヤキ材に比べて塗装前の明度の数値は幾分高いが、a*とb*はそれぞれ差が小さくなり、塗装によってケヤキ材の色相に近くなったことがわかる。

柿渋ペイントでは、心材は1回目の塗布によってa*値の著しい増加、すなわち赤系着色を目的としていたために、測定結果からも赤色系の増加が裏付けられた。一方、b*値は減少していることから黄色系が減少してい

る。2回目の塗布でL*および、a*とb*ともに1回目の変化に比べて、変化の割合は小さかった。1回目の変化割合が大きかったことから、木材細胞の空隙部に赤色顔料が充填され、材面に柿渋塗膜が形成されていたことがわかる。2回目の塗布では顔料が拭き取り作業で多くが除去され、測定値a*とb*の変化は見られなかった。これらの結果から、着色を目的とする柿渋ペイントの塗布は1回で十分であることがわかった。

また比較のために実験した水性ニス、L*および、a*とb*ともに塗装前の材色とは変化が小さい結果となり、透明塗料として個々の木材が有する色を表現することがわかる。

塗面の鮮やかさを示す指標である彩度を(1)式から計算して求めた結果を表1に示す。柿渋単体および柿渋

ペイントは心材と辺材で数値が塗装前に20~21であったものが、塗装後は28~30で6.4~9.9の変化量であった。一方、水性ニスでは0.8~2.4の変化であり、前者と比べて著しく小さいことがわかる。柿渋および柿渋ペイントを塗布することによって、木材を鮮やかな色彩にする効果を有することが分かる。比較材であるケヤキ材の彩度は35.7であり、柿渋単体および柿渋ペイント塗装によって彩度がケヤキ材に近くなったことがわかる。

着色による材色の変化をみるため、塗装しない素材の色と塗装による色を数値で評価する。JISはこの2つの色の違いを色差と定義している。JIS Z 8730ではL* a* b*表色系の数値を次の色差式から算出することになっている⁽¹⁾。

$$\Delta E^*_{ab} = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2} \quad (2)$$

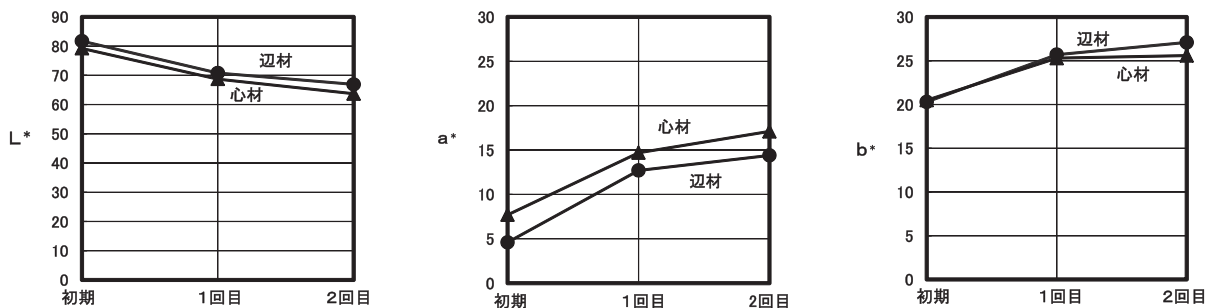


図4 柿渋の塗布による材色の変化

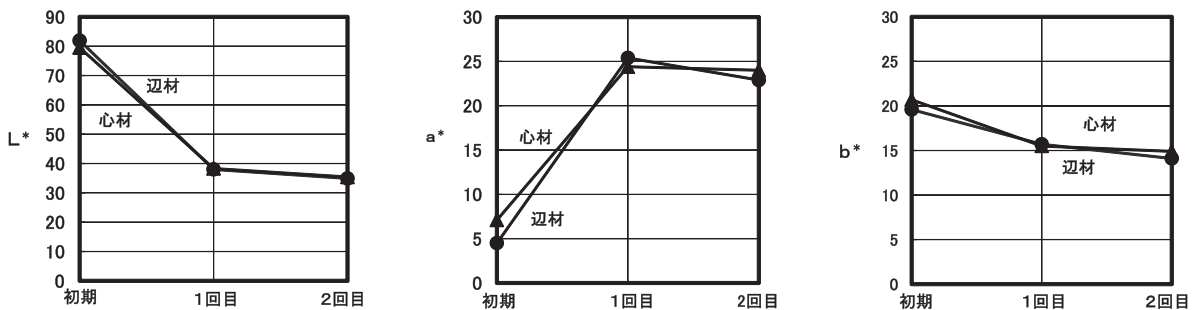


図5 柿渋ペイントの塗布による材色の変化

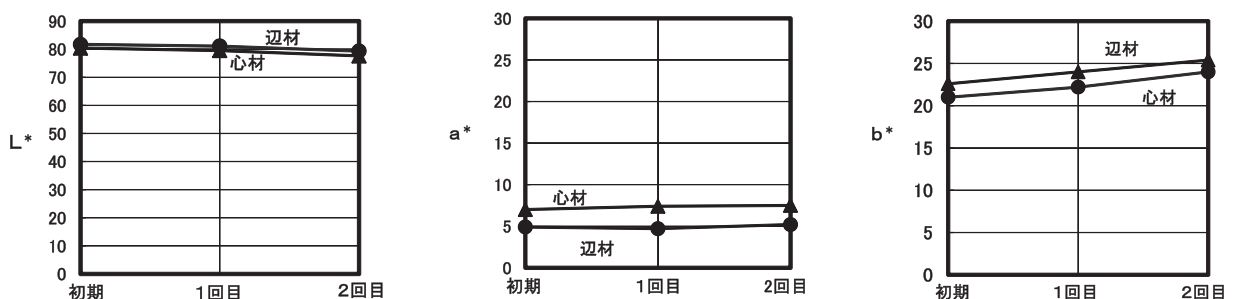


図6 水性ニスの塗布による材色の変化

ここで ΔE^* 、 ΔL^* 、 Δa^* および Δb^* は、基準とする塗装材表面から対象の表面の数値を引いた値である。数値評価として次の6段階、I「かすかに色差を認める、0~0.5」、II「わずかに色差を認める、0.5~1.5」、III「色差目立つ、1.5~3.0」、IV「色差を感知する程度、3.0~6.0」、V「大いに色差あり、6.0~12.0」、VI「非常に色差あり、12.0以上」に分類され⁽³⁾に分類され、感覚値と対応している。

色差の測定結果を表2に示す。ここで1回目、2回目は、塗装前の木材色を基準として、塗装後の色差の数値である。表記1-2は、1回目の塗面を基準として2回目との色差を示している。柿渋単体では14~19、柿渋ペイントは44~50、水性ニスでは1~3のそれぞれ色差で

あった。柿渋ペイントで最も大きく色が変化し、水性ニスでは小さいことがわかる。これを感覚値で見ると、柿渋単体および柿渋ペイントともにVIの「非常に色差あり」にランクされ、塗装によって大きく色が変化している。水性ニスではIIIとIVにランクされ、色差が目立つ、感知する程度であった。

3.2. 付着性・密着性

塗膜が使用中に剥がれないかどうか、耐久性能を評価する必要がある。JISで規定されている付着性・密着性の試験方法に準拠して図7に示す試験結果評価方法に基づいて塗膜の付着性・密着性を評価した。結果を表3に示す。

表1 塗面の彩度

柿渋単体			柿渋ペイント			水性ニス		
	辺材	心材		辺材	心材		辺材	心材
初期	20.81	21.9	初期	20.11	21.88	初期	21.56	23.66
1回目	28.66	29.26	1回目	29.86	28.91	1回目	22.69	24.09
2回目	30.69	30.79	2回目	26.89	28.25	2回目	23.94	24.48

表2 塗装による木材面の色差

柿渋単体			柿渋ペイント			水性ニス		
	辺材	心材		辺材	心材		辺材	心材
1回目(初期基準)	14.25	13.5	1回目(初期基準)	48.77	44.99	1回目(初期基準)	1.36	1.71
2回目(初期基準)	19.01	18.83	2回目(初期基準)	50.77	47.58	2回目(初期基準)	3.29	2.98
1-2(1回目基準)	4.41	2.41	1-2(1回目基準)	4.29	1.85	1-2(1回目基準)	2.14	1.36

柿渋単体では、塗布を重ねてもセロハンテープへの付着物は観察されなかった。これは木材細胞内へ柿渋が浸透し、細胞壁との間で強固な結合力を発揮したためと考える。柿渋ペイントでは、塗布1回目でも付着物は観察されなく（JIS評価で10点）、顔料が細胞内に充填され、柿渋が木地固めの役割をはたしたと考える。しかし、2回目には顔料の付着が一部に見られた（JIS評価で4点）。2回目の塗布による塗膜が1回目の塗膜との間で剥離が生じ、塗膜間で強固な結合力が発現しなかったためと考える。この試験から、着色を目的とする柿渋ペイントは1回の塗装で十分である、逆に2回の塗布では塗膜間の結合力が低下するという新たな問題が生じる可能性を示唆している。

3.3. 耐水性

柿渋が建築用塗料として用いられてきた⁽⁶⁾。特に含有成分であるタンニン酸は腐朽菌を繁殖させない効果や空気との重合で水やアルコールに不溶な物質となり、昔から外装用の塗料として用いられてきた。また、水と接するお椀等の木製容器や番傘にも使われてきた実績があ

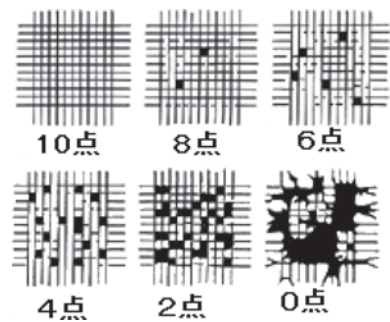


図7 JIS試験結果の評価方法

表3 塗料の付着・密着性

		付着物	JIS 評価
柿渋	1回塗り	付着なし	10
	2回塗り	付着なし	10
柿渋ペイント	1回塗り	付着なし	10
	2回塗り	付着あり	4

る。水に対する耐久性は予測されるが、教材として使用する場合耐水性を確認する必要がある。

耐水試験の様子を図8に示す。試験結果を表4に示す。柿渋単体では、水滴を適下した後ぬれが進行して、水玉は消失し、木材中に水分が吸収されていた。材面には水滴の跡が鮮明に残り、撥水性の効果はないことがわかる。しかし、柿渋成分の溶出は観察されなかった。一方、湿った布で水分を拭き取ったが、布への塗膜の付着は観察されなかった。柿渋ペイントでも水玉は消失し、また湿った布への顔料の付着が観測され、水に対しては著しく耐久性が低いことがわかった。撥水性を目的とするワックスを柿渋単体および柿渋ペイントに塗布することで撥水性が出現し、布への付着も観察されなかった。耐水性を付与するには、ワックスを塗布する必要があることが確認された。

3.4. VOCの計測

文部科学省は「学校保健安全法」の「学校環境衛生基準」を平成24年3月31日に告示し、同年4月1日から施行した⁽⁷⁾。この中で、「教室等の環境に関わる学校衛生環境基準」として6つの揮発性有機化合物を環境衛生検査項目に規定している。具体的には、教室建築資材である合板、壁紙、塗料、接着剤に次の物質、ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、パラジクロロベンゼン、エチルベンゼン、スチレンが含まれるか検査し、また各濃度も表記するように規定している。これらの化合物のう

ち、本研究では、トルエン、パラジクロロベンゼン、ホルムアルデヒドを検出する気体検知管を用いて、柿渋にVOCの危険物質が含まれているか否かを検査した。測定結果を表5に示す。これから、柿渋を塗布した試験材からはトルエン、パラジクロロベンゼン、ホルムアルデヒドの放散は検出されなかった。これらの化合物が関係するシックハウスおよびシックスクール症候群に対しては安全であることが立証された。

なお清田らは、柿渋塗布材料が室内のホルムアルデヒド濃度を下げる、すなわち吸着剤の役割があることを報告し、柿渋の有用性を明らかにしている⁽⁸⁾、教材に柿渋を用いることは問題ないことがわかる。

4. 考察

木材加工において柿渋を利用する技術は歴史的にも古く、特筆すべき技術ではないが、石油系塗料が原因で生じるシックハウスの回避、すなわち健康住宅の要求から近年建築塗装で注目されだした⁽⁶⁾。科学技術の発展で忘れ去られていた技術を後世に伝えるのは価値あるものとする。柿渋はカキノキという天然植物から生産される材料であるため、本研究でVOCが検出されなかったように、有害な物質は含まれていないと考える。木材などの製品に塗布され、それが使用期間を終えて焼却処理

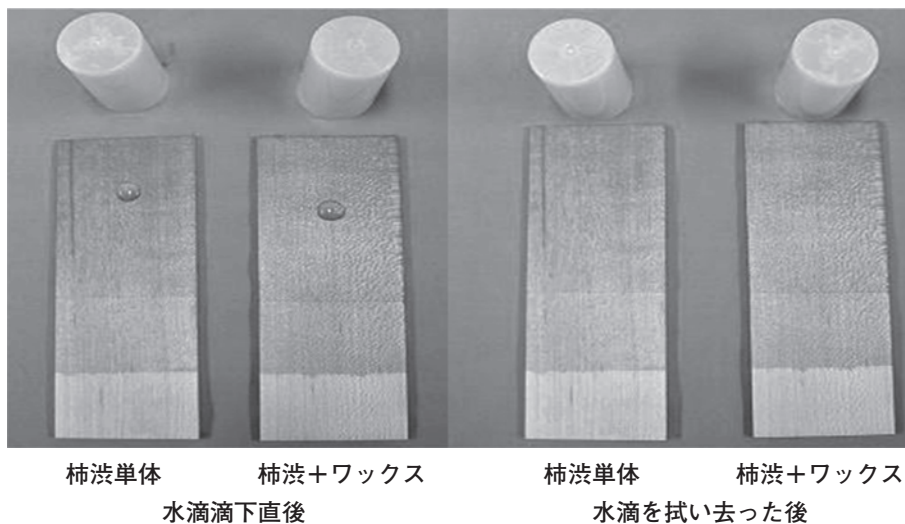


図8 耐水性試験

表4 塗膜の耐水性

	水玉	水滴の跡	湿った布での拭き取り
柿渋単体	消失	なし	良好
柿渋ペイント	消失	あり	不良
柿渋単体+ワックス	残留	なし	良好
柿渋ペイント+ワックス	残留	なし	良好
水性ニス	残留	なし	良好

表5 VOCの測定結果

	トルエン	パラジクロロベンゼン	ホルムアルデヒド
柿渋単体	検出されず	検出されず	検出されず
柿渋ペイント	検出されず	検出されず	検出されず
水性ニス	検出されず	検出されず	検出されず

されても環境に負荷を与えないことは明らかである。また柿を新たに栽培することで再生産が可能である。すなわち、持続可能な循環型資源であることは明らかであり、これからの社会では大切にしたいものの1つである。

一方、昔から使われてきた物質や技術であるということだけで後世に伝承するのは問題である。物質や技術が本当に継承するに値するかどうかは、性能を正しく検証する科学的な裏付けが必要であると考えられる。

本研究で柿渋の木材塗装への応用、特に学校教育に導入する可能性を検討したが、色彩設計や塗膜性能に問題ないことが明らかとなったため、多くの学校で採用することを望む。

しかし、柿渋の課題として、天然物特有の臭いや保存性について改善する必要がある。

5. まとめ

木材加工を対象とする学校教育現場や家具、建築業界では、石油から製造される化学合成樹脂塗料が多く用いられている。一方、漆や天然植物性の乾性油塗料が、教材を提供する会社から授業用として提案されだした^(9, 10, 11)。前者の塗料は石油が無くなれば再生が不可能な材料である。後者は植物の栽培によって再生が可能のため、持続可能な材料であり、近年ユネスコが提唱し、文部科学省が推進する持続発展教育（E S D）に適する材料と言える。

本研究は、持続発展教育の理念に基づく技術科教育の見地から、天然材料である柿から生成した柿渋が技術科教育の塗装学習へ導入できるか否かを検討した。その結果を以下に示す。

1) 柿渋塗装によって、色相において赤色系および黄色系の要素が増大し、明度は減少し、ケヤキ材に類似の色彩になった。

2) 柿渋ペイントによる塗装は、1回の塗布で目的の色彩に着色することができた。

3) 柿渋は木材に強く付着し、高い耐水性を示した。一方、柿渋ペイントの重ね塗布は、塗膜の付着力を低下させた。

4) 柿渋塗料はシックハウス症候群、シックスクール症候群の原因物質であるV O Cを含んでいない。

以上の結果から、持続可能な材料である柿渋は、塗装の性能と安全性に問題ないため、技術科教育の塗装学習に導入できることを明らかにした。

引用文献

- (1) 文部科学省：中学校学習指導要領、第8節技術・家庭、p.98 (2008)
- (2) 日本工業規格：JIS Z 8730 (2009)
- (3) 日本工業規格：JIS K 5400 (1990)
- (4) 吉田豊彦、居谷滋郎、寺沢秀夫、早船義雄編：塗装の事典、朝倉書店 (1980)
- (5) <http://www.konicaminolta.jp/instruments/knowledge/color/part1>、色を読む話
- (6) 今井敬潤：柿渋、pp.40-59、pp.101-125、法政大学出版局 (2003)
- (7) 文部科学省：学校保健安全法、平成21年4月1日施行
- (8) 清田信、田中良尚、渋谷俊夫、今井敬潤：日本農業気象学会・日本生物環境調整学会2000年度合同大会講演要旨、pp.396-397 (2000)
- (9) 山崎教育システム（株）：技術2013カタログ、pp.266-269 (2013)
- (10) (株)トップマン：平成25年度版技術教材カタログ、pp.188-194 (2013)
- (11) 優良教材(株)：ものづくりカタログ—技術科—、pp.49-51 (2013)