

居住空間での木製品の変色要因の検討

工芸科 村松重緒 渡邊雅之* 菊池圭祐** 田村克浩*** 長澤 正****

Study of discoloration of wood, wooden products, etc. in living spaces

MURAMATSU Shigeo, WATANABE Masayuki, KIKUCHI Keisuke, TAMURA Katsuhiko and NAGASAWA Tadashi

In this study, we conducted tests to confirm possible factors such as disinfectants that cause indoor contamination and the discoloration of wooden products, and to consider the causes of such problems. As a result of confirming the effects of alcohol, disinfectants, commercially available cleaning agents, and alkaline solutions with regard to wood discoloration, we found that alcohol does not cause discoloration, but that disinfectants and commercially available detergents cause alkaline discoloration upon contact with the undiluted solution, and that alkaline discoloration occurs at pH 12 or above. Furthermore, it was confirmed that fluorescent X-ray analysis is effective in obtaining information on discoloration factors derived from inorganic elements.

Keywords: discoloration, wooden products, disinfectant, alkaline discoloration, living space

本研究では、消毒剤等の屋内で考えられる汚染要因と木製品の変色の発生について確認し、トラブルの要因を考察することを目的に試験を行った。アルコール・消毒液・市販洗浄剤・アルカリ溶液による木材変色への影響を確認したところ、アルコールは変色せず、消毒液・市販洗浄剤は原液の接触でアルカリ変色すること、アルカリ変色はpH12以上で変色するという目安を把握した。また、無機元素由来変色要因の情報取得に蛍光X線分析が有効であることを確認した。

キーワード：変色、木製品、消毒剤、アルカリ変色、居住空間

1 はじめに

木材・木製品・建材などの変色に関するトラブル¹⁻⁷⁾は、工芸科に寄せられる相談の中でも多い。これらが製造現場で起こったものであれば、要因を絞り込むことも可能であるが、販売後や施工後に起こった場合の原因究明は困難を極め、完全な解決に至らない事例も多い。メーカーにとって、商品の交換や、修理工事の発生など、コスト面での負担も莫大であるが、往々にして取引先から原因究明を求められる場合があり、担当者も対応に苦慮しているのが現状である。

また、新型コロナウイルス流行の影響で、家庭でもアルコールや塩素系の薬剤による変色やクレームの増加が懸念されており、こうした問題への対応を求められている。

本研究では、消毒剤等を含め、屋内で考えられる汚染要因と変色の発生事例について確認し、トラブルの要因を考察することを目的に試験を行った。変

色再現試験と変色部位の機器分析（蛍光X線分析）を行ったので、その結果について報告する。

2 方法

2.1 変色再現実験

(1) 試験用手板

試験用手板を写真1に示す。樹種は6種（スギ・ヒノキ・タモ・ナラ・ブナ・キリ）とし、寸法は縦15cm×横7cm×厚さ1cmに調製し、プレーナー仕上げしたものを用いた。

(2) 試験に用いた溶液

試験に用いた消毒液を写真2、試験に用いた市販洗浄剤を写真3、試験に用いた溶液の成分等とpHを表1に示す。

* 現 富士工業技術支援センター CNF 科、** 現 環境エネルギー科、*** 現 富士工業技術支援センター 製紙科

**** 現 ユニバーサルデザイン科



写真1 試験用手板



写真2 試験に用いた消毒液



写真3 試験に用いた市販洗浄剤

表1 試験に用いた溶液の成分等と pH

種別	薬品	成分等	pH
対照	イオン交換水	—	7.1
消毒液	日本薬局方 消毒用エタノール	エタノール76.9～81.4vol%	7.4
	台所用漂白剤(原液)	次亜塩素酸ナトリウム 界面活性剤(アルキルエーテル硫酸エステルナトリウム) 水酸化ナトリウム	13.1
	〃 (100倍希釈)	〃	11.5
	〃 (167倍希釈)	〃	11.3
	〃 (500倍希釈)	〃	10.7
	弱酸性次亜塩素酸	純水 次亜塩素酸	6.9
洗浄剤	要時生成型亜塩素酸イオン水溶液	精製水 亜塩素酸ナトリウム リン酸 水酸化ナトリウム	7.3
	住宅用洗浄剤(泡タイプ クエン酸)	クエン酸(2.5%) 増粘剤 除菌剤	2.0
	住宅用汚れ落とし(泡タイプ 重曹)	アルカリ電解水 炭酸水素ナトリウム エタノール 増粘剤	10.0
	住宅用汚れ落とし(泡タイプ セスキ)	アルカリ電解水 セスキ炭酸ソーダ エタノール 増粘剤	12.4
	住宅用洗浄剤(泡タイプ 電解水)	アルカリ電解水 (水酸化ナトリウム0.18% ※アルカリ性を換算した値) エタノール 増粘剤	12.8
	住宅用汚れ落とし(アルカリ電解水)	アルカリ電解水	12.8
アルカリ性溶液	水酸化ナトリウム水溶液	1mol/L	13.5
	水酸化カルシウム水溶液	飽和水溶液上澄み液	12.7

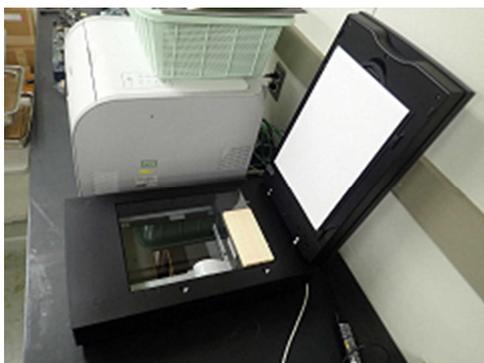


写真4 画像記録に使用したスキャナ

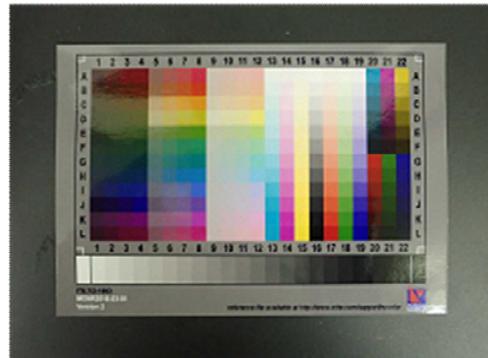


写真5 校正用カラーチャート

(3) 試験手順

各試験液を手板に滴下（ ϕ 1 cm）し、1分後にキムワイプ（日本製紙クレシア(株)製）で吸い取り除去した。その後、室温で1時間乾燥し、表面観察・画像記録を行った。画像記録はスキャナ GT-X980（セイコーエプソン(株)製）を用いた。画像の取り込みはスキャナ付属ソフト（EPSON SCAN）を用い、24ビットカラー、200dpi、sRGB、保存形式 TIFF の条件で記録した。なお、画像取り込みの前に、i1Profiler（ビデオジェット・エックスライト(株)製）およびソフト付属の T8 ターゲット（反射光用）を用いて、スキャナの色を校正を行った。画像記録に使用したスキャナを写真4、校正用カラーチャートを写真5に示す。

2.2 変色部位の機器分析（蛍光X線分析）

鉄汚染試料は、ナラ材に水を滴下後、鉄製治具を5分間接触させて得た。続いて、得られた鉄汚染試料の未汚染部と鉄汚染部について、蛍光X線分析を行った。測定は微小部蛍光X線分析装置 M4 TORNADO PLUS（ブルカージャパン(株)製）を使用し、出力：50kV/600 μ A、

X線管球：Rh、スポットサイズ：約 170 μ m、測定雰囲気：大気、で行った。

2.3 汚染試料の検証

アルカリ汚染、鉄汚染が疑われる試料について、変色再現実験、蛍光X線分析を行った。

3 結果および考察

3.1 変色再現試験

(1) アルコール・消毒液

アルコール・消毒液を滴下した試験用手板の変色再現実験結果を図1に示す。図1より、台所用漂白剤（原液）滴下試料は全ての手板で変色または変色の痕跡が確認された。黒く変色したため樹種ではヒノキの変色が目立った。100倍・167倍・500倍の希釈液滴下では変色は認められなかった。台所用漂白剤（原液）が木材・家具・建材に直接接触する可能性は低いと思われるが、pHが13.1と高く、取り扱いに注意が必要で、接触によりアルカリ変色に至ったことが予想された。



図1 変色再現実験結果（アルコール・消毒液）

樹種：左より、滴下区分・スギ・ヒノキ・タモ・ナラ・ブナ・キリ

A：イオン交換水（対照）、B：消毒用エタノール、C：台所用漂白剤（原液）、D：台所用漂白剤（100倍）

E：台所用漂白剤（167倍）、F：台所用漂白剤（500倍）、G：弱酸性次亜塩素酸、H：要時生成型亜塩素酸イオン水溶液



図2 変色再現実験結果（市販洗浄剤）

樹種：左より、滴下区分・スギ・ヒノキ・タモ・ナラ・ブナ・キリ

A：イオン交換水（対照）、B：クエン酸、C：重曹、D：セスキ、E：電解水、F：アルカリ電解水



図3 変色再現実験結果（アルカリ性溶液（水酸化ナトリウム水溶液））

樹種：左より、滴下区分・スギ・ヒノキ・タモ・ナラ・ブナ・キリ

A：イオン交換水（対照）、B：pH8、C：pH9、D：pH10、E：pH11、F：pH12、G：pH13、H：pH13.5（1mol/L）



図4 変色再現実験結果（アルカリ性溶液（水酸化カルシウム水溶液））

樹種：左より、滴下区分・スギ・ヒノキ・タモ・ナラ・ブナ・キリ

A：イオン交換水（対照）、B：pH8、C：pH9、D：pH10、E：pH11、F：pH12、H：pH12.7（飽和水溶液）

消毒用エタノール、弱酸性次亜塩素酸、要時生成型亜塩素酸イオン水溶液の滴下試料は変色が確認されず、本実験に使用したものによる変色の心配は低いことが確認された。

（2）市販洗剤

市販洗剤を滴下した試験用手板の変色再現実験結果を図2に示す。

図2より、クエン酸滴下試料は変色が確認されなかった。ただし、クエン酸のpHが2.0と低く、残留すると金属腐食や酸変色に至る可能性があるため、取り扱いに注意が必要と思われた。重曹・セスキ・電解水・アルカリ電解水の滴下試料は全ての手板で変色が確認され、アルカリ変色したと予想された。

市販洗剤も木材・家具・建材に直接接触する可能性は低いと思われるが、元々木材用の洗剤でなく、接触により変色する恐れがあるため、取り扱いに注意が必要と思われた。

（3）アルカリ性溶液

アルカリ性溶液を滴下した試験用手板の変色実験結果を図3、図4に示す。

図3は、水酸化ナトリウム水溶液を滴下した結果で、pH13以上ではすべての樹種で変色が確認された。pH12でも変色の痕跡が確認されていることから、pH12以上のアルカリ溶液は木材を変色させる可能性があり、取り扱いに注意が必要ことが確認された。スギについて、図1、図2の画像は心材でアルカリ変色により黒色に変色していたが、図3の画像は辺材で黄色に変色していた。スギは心材と辺材で変色の様子が異なり、心材の方が変色の様子が目立ちやすいことが確認された。

図4は、水酸化カルシウム水溶液を滴下した結果で、水酸化ナトリウム水溶液を滴下した結果と同様に、pH12以上で変色の痕跡が確認された。変色の様子は、水酸化ナトリウム水溶液の滴下と比較して、水酸化カルシウム水溶液の滴下の方が目立たない、ということが確認された。

3.2 変色部位の機器分析（蛍光X線分析）

ナラ材鉄汚染試料を図5、各樹種のタンニン含有量¹⁾を表2に示す。

鉄は水が介在すると、木材のタンニン、フェノール成分と鉄イオンの反応により、黒色のタンニン鉄化合物を生成して、容易に変色することが知られている^{1,6,7)}。表2より、ナラ材は他樹種と比較してタンニン含有量が多いことから鉄変色しやすいことが予想され、図5に示したように、水の存在下わずか5分間の接触で鉄汚染試料が得られた。

ナラ材鉄汚染試料の蛍光X線分析結果を図6に示す。図6より、鉄由来ピークが鉄汚染部のチャートからは確認され、未汚染部のチャートからは確認されなかった。このことから、鉄汚染試料の変色要因の情報取得に蛍光X線分析が有効であることが確認された。蛍光X線分析では種々の元素検出が可能であることから、CuやZnなどの無機元素由来変色要因の情報取得にも有効であると考えられた。

表2 各樹種のタンニン含有量

種別	樹種	タンニン含有量(%)
針葉樹	スギ	0.3
	ヒノキ	0.1
広葉樹	ミズナラ	5.6
	キリ	0.6
	ブナ	0.4
	ヤチタモ	0.2

3.3 変色トラブルに係る事例および考察

(1) アルカリ汚染試料

美術館関係者よりアルカリ汚染が疑われる試料の提供を受けた。提供試料を写真6に示す。材質はヒノキ、形状は玉子状、用途は遊具で、写真6では上半分がやや黒く変色していた。消毒作業を1日2回実施、消毒剤は二酸化塩素水溶液、オゾン、次亜塩素酸水等を使用しており、徐々に試料の一部に変色が目立つようになった、とのことであった。

未汚染試料についても提供を受け、表1の消毒液(台所用漂白剤(原液))を滴下し、1分後にふき取ったヒノキ製玉子状試料の変色再現試料を写真7に示す。変色の様子は図1の樹種:ヒノキと溶液:漂白剤(原液)との組み合わせによる変色の様子に似ており、消毒液によりアルカリ変色したと推察された。詳細は不明であるが、消毒液の希釈が不十分で、アルカリ変色に至った可能性が考えられた。



図5 ナラ材鉄汚染試料

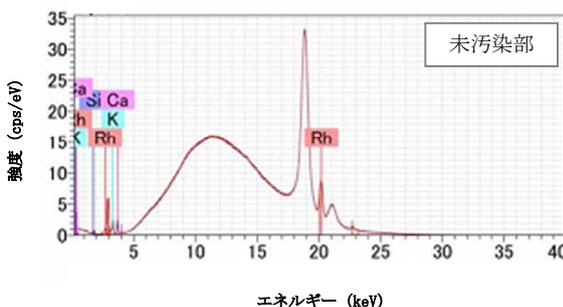
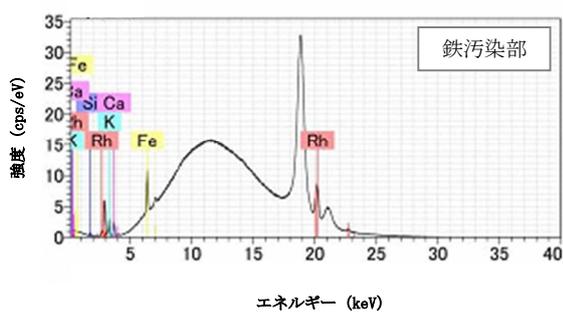


図6 ナラ材鉄汚染試料の蛍光X線分析結果



写真6 アルカリ汚染が疑われる試料



写真7 ヒノキ製玉子状試料の変色再現試料

(2) 鉄汚染試料

仏壇仏具メーカーより鉄汚染が疑われる試料の提供を受けた。提供試料（研磨済）を写真8に示す。写真8は海外製で、MDFにナラ突板で化粧したもの、接着剤は酢ビ系でウレタン塗装したもの、である。製造時はほぼ問題は発生していない、変色が時折発生する、とのことであった。

変色部について、サンドペーパーで突板部を研磨除去したところ、変色部位は消失した。素地・塗膜は変色しておらず、突板部分に変色していたことが確認された。



写真8 鉄汚染が疑われる試料（研磨済）

変色部の蛍光X線分析結果を図7に示す。図7より、Feが検出されており、表2に示したとおり、ナラ材はタンニンが多いことから、鉄汚染により変色したことが推察された。また、Znも検出されており、下塗りに使用した塗料由来成分と推察された。Znの検出は変色とは関係ないが、無機元素由来成分が検出され、使用原料を類推する情報が得られることは、蛍光X線分析を行うメリットであると考えられた。

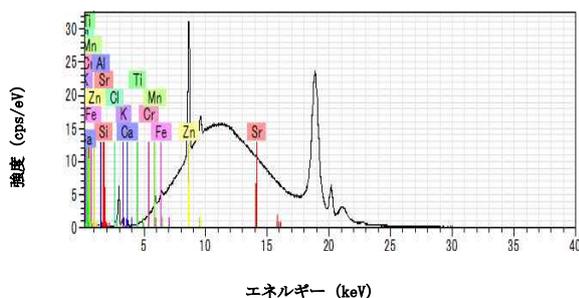


図7 鉄汚染が疑われる試料の蛍光X線分析結果

4 まとめ

消毒剤等の屋内で考えられる汚染要因と木製品の変色の発生事例の確認、トラブルの要因を考察することを目的に試験を行い、以下の結論を得た。

(1) アルコール・消毒液・市販洗浄剤・アルカリ溶液による木材変色への影響を確認したところ、アルコールは変色せず、消毒液・市販洗浄剤は原液の接触でアルカリ変色すること、アルカリ変色はpH12以上で変色するという目安を把握した。

(2) 蛍光X線分析は、非破壊で簡単に無機元素由来の変色要因等の情報が取得できることが確認された。

参考文献

- 1) 武南勝美：木材の化学汚染について，材料，第16巻 第169号，28-33（1967）。
- 2) 平林靖：ミズナラ突き板単板化粧MDFの変色—その原因と対策—，林産試だより，2015年3月号，1-4（2015）。
- 3) 平林靖：ナラ突き板を用いた木質材料の変色およびその防止について，林産試だより，2011年7月号，3（2011）。
- 4) 平林靖 他：酸硬化型接着剤による木質材料の変色汚染，林産試験場報，第19巻 第1号，20-24（2005）。
- 5) 川上英夫：木材を大切に使うために 木材の変色汚染と防除，林産試だより，1981年5月号，1-7（1981）。
- 6) 堀池清：木材の脱色と染色，色材，第49巻 第2号，117-123（1976）。
- 7) 喜多山繁 他：3. 材質改良，「木材の加工」，初版（文永堂出版株，東京），pp145-149（1991）。