

木材の保護塗装と長期性能予測

誌名	木材保存 = Wood preservation
ISSN	02879255
著者名	石川, 敦子
発行元	日本木材保存協会
巻/号	44巻3号
掲載ページ	p. 192-195
発行年月	2018年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



木材の保護塗装と長期性能予測

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 石川 敦子

1. はじめに

木材および木質材料の屋外での気象劣化を抑制し、長期間美観を維持することを目的として保護塗装が行われる。今回の特集では、過去10年間の歩みと今後の展望を示すこととなっているが、保護塗装についてはこの10年程で、気象劣化への抵抗性（耐候性）や美観維持性能の向上に加え、環境や人体へ配慮した改良・開発が行われてきた。他方、木材の外装・外構利用が増えつつあり、長期にわたる性能変化やメンテナンス計画を科学的データとともに示すことも重要となっている。さらに、保存処理材や難燃処理材等へ塗装することで、美観維持性能の向上、長寿命化、薬剤の溶脱抑制といった効果が期待されている。本報では、これらについて概説する。

2. 保護塗装を取り巻く変化

平成16年（2004年）の大気汚染防止法の改正により、揮発性有機化合物（VOC）の工場施設からの排出規制が定められ、平成18年（2006年）より排出規制が開始された。これを受け、木材の塗装関連工場ではVOC排出の低減が求められるようになり¹⁾、塗膜形成助要素（揮発分）として水のみ又は水と少量の溶剤を使った水系塗料の開発が進展した。

また2006年には、日本建築学会建築工事標準仕様書・同解説 JASS18塗装工事²⁾において、従来から採用されていた木質系素地に対する内外部用のピグメントステインや内部用オイルステインと区分して、屋外使用を目的とする木材保護塗料塗り（WP）が新設された。木材保護塗料塗りは、主として建築物外部の木質系素地に対する半透明塗装仕上げを目的としたもので、JASS 18 M-307に適合する木材保護塗料を用い、A種は下塗り1回上塗り2回、B種は下塗り1回上塗り1回と定められた。一般的にはB種が用いられるが耐

久性を重視する場合はA種とすることとなっている。

木材保護塗料は、樹脂（アルキッド樹脂やあまに油等）および着色顔料のほかに、防腐、防かび、防虫効果を有する薬剤を含むことを特徴とする既調合の半透明塗料である。木質系素地に含浸して塗膜形成を目立たなくするタイプ（含浸形）と表面に塗膜を形成するタイプ（造膜形）に大別される。木材保護塗料塗りは、外壁、門、ベランダやウッドデッキ等の屋外で使用される木質系素地に対する半透明塗装仕上げに用いられ、仕上がり面は木質系素地の木目が見えるため、木材の質感を活かした着色仕上げとなる。日本では木目が見える塗装が好まれるため、現在広く使われている。



含浸形塗装



造膜形塗装

写真1 木材保護塗料を塗装した木材

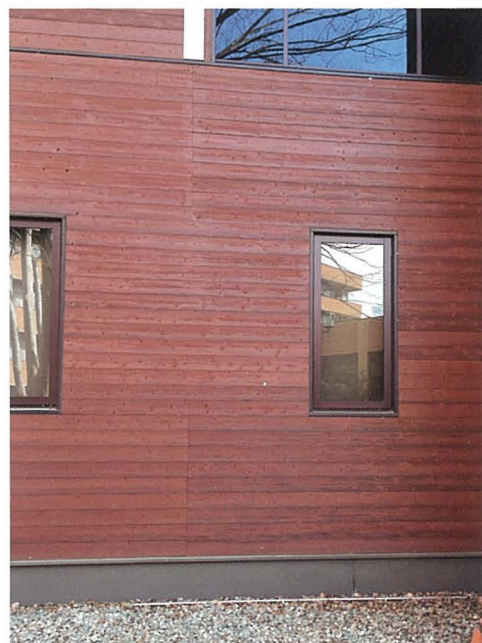


写真2 木材保護塗料塗りの例

表1 木材の外部用塗装仕様²⁾

着色／透明	塗装仕様
着色（エナメル） 仕上げ （木目が見えない）	合成樹脂調合ペイント塗り（SOP） ・造膜形
	つや有り合成樹脂エマルジョンペイント塗り（EP-G） ・造膜形 （公共建築工事標準仕様書では屋内用とされる）
半透明仕上げ （木目を見せる）	木材保護塗料塗り（WP） ・含浸形又は造膜形 ・防かび等の薬剤を含む
	ピグメントステイン塗り（ST） ・含浸形 ・防かび等の薬剤を含まない



写真3 屋外暴露試験

表1に、日本建築学会建築工事標準仕様書・同解説 JASS18塗装工事に基づく、木材の外部用塗装の分類を示す。木目を見せる半透明仕上げには、前述の木材保護塗料塗りのほか、防カビ等の薬剤を含まないピグメントステイン塗りがある。また、木目が見えないタイプとして合成樹脂調合ペイント塗りかつや有り合成樹脂エマルジョンペイント塗りがあるが、表1に示したように、後者は公共建築工事標準仕様書では屋内用とされている。

さらに、2013年のJASS 18改定（第7次）では、JASS 18 M-307に「かび抵抗性」に関する試験項目が追加された。

また2013年には、公益財団法人日本住宅・木材技術センターの優良木質建材認証（AQ）において、塗装処理により難燃薬剤の溶出を抑え白華を抑制した難燃処理木質建材が「白華抑制塗装木質建材」として規定された³⁾。さらに2014年には同認証において、工場塗装した木質建材の耐候性を3段階にクラス分けして「耐候性塗装木質建材」として認証することが規定された⁴⁾。

3. 塗装木材の屋外での長期性能予測

塗装木材の屋外での変化は、屋外暴露試験（JIS K 5600-7-6（屋外暴露耐候性）および JIS Z 2381（大気暴露試験方法通則）を参照）により評価することができる。しかし、例えば塗装木材が10年後にどのように劣化しているかを知るためには、同じ年月の10年間屋外暴露するか、あるいは数年間屋外暴露した結果から10年後の劣化を予測することになり、相当の時間を要する。そこで、比較的短期間で気象劣化に対する材料の抵抗性、すなわち耐候性を知る目的で、しばしば促進耐候性試験が行われている。



写真4 促進耐候性試験（キセノンランプ法）

一般に促進耐候性試験は、温度や湿度を制御した試験槽内で、試料に対する人工的な光照射と水噴射を繰り返すことにより実施される。促進耐候性試験にはいくつかの方法があるが、木材および塗装木材に適用されるものは主に JIS K-5600-7（塗膜の長期耐久性）に規定される2種の光源（キセノンランプ法、紫外線蛍光ランプ法）によるものである。日本では JIS に規定されているキセノンランプ法による試験が多く行われているが、紫外線蛍光ランプ法は、同 JIS のほか欧州規格 EN 927（エクステリア木材用の塗料試験法）にも採用されており、欧州において多く実施されている。キセノンランプ法は、紫外線から可視光線の幅広い波長域において太陽光近似の分光分布が得られる点で優れている。一方、紫外線蛍光ランプ法は、主波長340nmのランプを使用した場合に、紫外線のうち最も有害な波長域（350nm以下）において太陽光近似の分光分布が得られることを

長所とする。なお、光源については別途詳細がまとめられているので参照されたい⁵⁾。

こうした促進耐候性試験の何時間が何年間の屋外暴露試験に相当するのにかについては、対象とする材料や着目する特性変化（色や強度）によって異なり、また促進耐候性試験の方法や屋外暴露試験の地域によっても異なるため、必ずしも明らかにはなっていない。海外においては、木材や塗装木材を対象として、屋外暴露試験と促進耐候性試験の結果を比較した例がいくつかあるが、促進耐候性試験の方法や耐候性能の評価指標が現在のものと異なっている場合が多い⁶⁻⁸⁾。特に海外の報告の場合、屋外の気象条件や試料の樹種がその国特有であるため、例えばスギ等の日本の樹種が日本国内において気象劣化する過程と促進耐候性試験との相関は未解明のままとなっていた。また、2で述べたように、近年環境への配慮等から、木材保護塗料として水性塗料が増えているが、このように比較的新しい塗料について、屋外暴露試験と促進耐候性試験の結果を比較した例も少なかった。

そこで著者らは木材保護塗料（水性7種類、油性2種類）で塗装されたスギ心材を試料として、キセノンランプ法（JIS K5600-7-7）と紫外線蛍光ランプ法（EN 927-6）による促進耐候性試験を実施し、屋外暴露試験（茨城県つくば市、南面45度傾斜）に対する相関性・促進性を評価した^{9、10)}。参考までに、実施した2種類の促進耐候性試験の条件を表2に示す。

耐候性の指標として用いられる、試験体の変色

表2 促進耐候性試験条件

試験法	繰返し	試験サイクル			
		ステップ	機能	温度	期間
キセノンランプ法 (JIS K5600-7-7, 方法1, サイクルAに準拠) ^{a)}	右サイクル [1サイクル=2時間] を繰り返す	ぬれ時間	ランプ照射+水スプレー		18分
		乾燥時間	ランプ照射のみ	38±3℃ (槽内), 65±3℃ (BST)	102分
紫外線蛍光ランプ法 (EN 927-6に準拠) ^{b)}	右サイクル [1サイクル=1週間] を繰り返す	1	結露	45±3℃ (槽内)	24時間
		2	ステップ3, 4を繰り返す		144時間
		3	ランプ照射のみ	60±3℃ (槽内)	2.5時間
		4	水スプレーのみ		0.5時間

と撥水度（水をはじく性能）の変化を比較・解析した結果、屋外暴露試験の2年間に相当するキセノンランプ法の試験期間が約2500時間（促進倍率：約7.0倍）であり、紫外線蛍光ランプ法では約12週間（同：約8.7倍）であることが示された。なお、この研究では茨城県つくば市における南面45度傾斜の屋外暴露試験結果に対する促進倍率を示したが、気象劣化は、傾斜角、方角、地域、日当たり・雨掛りといった設置環境によって異なることは留意して頂きたい¹¹⁾。例えば、垂直使用時の木材の浸食速度は45度傾斜使用時の1/2程度であり、一方45度傾斜と水平では浸食速度に顕著な差は無いことが報告されている¹²⁾。

さらに、屋外暴露試験と上記2種類の促進耐候性試験における塗料間の性能順位や、両試験における色差と撥水度の変化傾向の類似度の比較を行った。その結果、無塗装材と油性塗料については、屋外暴露試験における色差・撥水度の変化傾向を良く再現できる点でキセノンランプ法が適し、水性塗料については、屋外暴露試験における色差の変化傾向と撥水度の性能順位を良く再現できる点で紫外線蛍光ランプ法が適すること等が示された。

これらの報告において、紫外線蛍光ランプ法の方がキセノンランプ法よりもやや促進倍率が高かった原因の一つとして、紫外線蛍光ランプ法の波長340nmにおける放射照度（0.89 W/(m²・nm)）がキセノンランプ法のそれ（0.51 W/(m²・nm)）と比較してかなり大きいことが挙げられる。しかし紫外線蛍光ランプはピーク波長である340nmを超えると放射照度が大きく低下するのに対し、キセノンランプは太陽光と同様に波長340nm以上の紫外線も十分放射していることや、キセノンランプ法の総照射時間（2500時間）が紫外線蛍光ランプ法のそれ（1440時間）よりも長いこと等、キセノンランプ法の促進性に有利な点もあったため、結果として両者の促進倍率に大きな差が見られなかったと考えられた。

また、促進倍率が異なった他の原因として、紫外線蛍光ランプ法の方が水分に曝されている時間が長く、噴射される水量も多いことが推察された。水分に曝されている時間は紫外線蛍光ランプ法が576時間、キセノンランプ法は375時間であった。

また各装置内で噴射された水が、設置した試験片に均等に当たったと仮定すると、各試験全期間において試験片1 cm²に噴射された水の総量は、紫外線蛍光ランプ法で5.76L、キセノンランプ法では0.68Lと算出でき、紫外線蛍光ランプ法の方が顕著に多いことがわかる。このように、促進耐候性試験では、光源や水量が促進倍率に影響する。

なお、こうした試験槽内で人工太陽光・雨水を照射する促進耐候試験のほかに、屋外で太陽光を集光し、気象劣化を促進させる試験も開発されている¹³⁾。

4. 今後の展望

ここでは、木材の保護塗装と長期劣化予測の今後の展望について述べたい。2009年に市販されていた塗料は、2004年に市販されていた塗料よりも、屋外暴露による変色と撥水度低下が少ない傾向があったことが報告されている¹⁴⁾。このように、市販塗料の性能は今後も向上していくことが期待される。その際には、耐候性能のみでなく、環境や人体への影響、メンテナンス手法等に関する検討も進められ、これらに基づく塗料および塗装方法の開発・改良が進められていくと考えられる。

また、保存処理材や難燃処理材等へ塗装することで、美観維持性能の向上、長寿命化、薬剤の溶脱抑制といった効果をもたらすことが期待されている。例えば、銅系の木材保存剤で処理した木材に塗装した場合、塗装劣化が抑制されることや¹⁵⁾、¹⁶⁾、難燃処理材に塗装することで、薬剤の溶脱と変色が抑制されること¹⁷⁻¹⁹⁾等が報告されている。今後はこのような薬剤と保護塗装の相性についてもさらに検討が進められていくであろう。

また、長期劣化予測については、より短期間で正確に屋外での劣化を予測する手法の開発が期待される。現在著者らは、促進耐候性試験における温度、人工降雨量、人工太陽光の照度をそれぞれ変化させた場合の屋外暴露試験に対する促進性や類似性について検討しており、これまでより短期間で正確に塗装木材の屋外での長期性能を予測する手法を検討中である²⁰⁾。さらに、地域による劣

化の違いを考慮し、外構材色調の経年変化を予測するビジュアルシミュレーションに関する研究も行われている²¹⁾。将来的には、Webサイト等に地域名を入力すると特定の時間が経過した時点での塗装木材の外観を確認することが出来るようになることが期待される。

このように、保護塗装そのものと、その長期劣化予測手法のそれぞれについて、様々な角度から改良・開発が進められており、今後、他材料と同様に10年間のサービスライフを視野に入れた劣化予測とそれに基づくメンテナンス計画立案に寄与していくことが期待される。

引用文献

- 1) 経済産業省・社団法人産業環境管理協会：“VOC 排出抑制の手引き”，2010.
- 2) 日本建築学会：“建築工事標準仕様書・解説 説 JASS 18 塗装工事（第6次改訂）”，2006.
- 3) 木口実：木材保存，**40**，212-215（2014）.
- 4) 木口実：木材保存，**40**，256-260（2014）.
- 5) 片岡厚：木材工業，**68**，366-369（2013）.
- 6) Feist, W. C., Mraz, E. A. : *Forest Products Journal*, **28**, 38-43（1978）.
- 7) Podgorski, L. et al. : *Holzforschung*, **50**, 282-287（1996）.
- 8) Podgorski, L. et al. : *Coatings World*, **2**, 39-46（2003）.
- 9) 石川敦子ら：木材保存，**40**，55-63（2014）.
- 10) 石川敦子ら：木材保存，**40**，216-224（2014）.
- 11) 片岡厚：木材保存，**43**，58-68（2017）.
- 12) Williams, R. S. et al. : *Wood and Fiber Sci.*, **33**, 50-57（2001）.
- 13) 飯田真司，高柳弘道：塗料の研究，**146**，26-39（2006）.
- 14) 石川敦子ら：木材保存，**42**，72-80（2016）.
- 15) Isaji, S., Kojima, Y. : *Eur. J. Wood Prod.*, **75**, 305-314（2017）.
- 16) 片岡厚ら：木材保存，**41**，62-70（2015）.
- 17) Harada, T. et al. : *J. Wood Sci.*, **55**, 359-366（2009）.
- 18) 原田寿郎ら：木材保存，**43**，322-327（2017）.
- 19) 石川敦子ら：木材保存，**44**，11-18（2018）.
- 20) 石川敦子ら：日本木材保存協会年次大会研究発表論文集，**33**，42-43（2017）.
- 21) 森谷友昭ら：木材保存，**43**，69-79（2017）.