# 地域材利用拡大緊急対策事業のうち 「地域材利用の木材関係者等への支援対策事業」

「地域材利用拡大のための木質外構部材の リフォーム・リニューアル技術の確立とその普及」

成果報告書

平成29年9月

公益社団法人日本木材保存協会

#### はじめに

我が国では、現在、戦後造成した人工林が本格的な利用期を迎える中、山村に広がる豊富な森林資源を循環利用し、林業の成長産業化を実現するために地域材の需要拡大を図ることが課題となっています。昨年5月に策定された森林・林業基本計画では、新たな木材需要の創出のために、公共建築物・民間非住宅・土木分野等への利用拡大を指摘しており、その中には、高耐久化した木材製品等の活用により、外構や外装、屋外の簡易施設等への木材利用の推進も課題として取り上げられています。このような背景のもと、林野庁では、平成28年度補正予算「地域材利用拡大緊急対策事業」を策定し、山村地域の重要な産業である林業・木材産業を活性化するため、木材関係者等の連携強化、地域材の良さの発信を含めた需要増大のための総合的な取組の支援を行うこととしました。

地域材の利用を拡大していくためには、これまで利用が遅れていた外構分野で利用を拡大していくことが重要です。また、木材の外構分野での利用の拡大は、木材の需要拡大だけでなく、木材の利用により人々に安らぎを与え、生活空間の景観の向上等を通して地域の魅力増進に大きく寄与できるといえます。

(一方、外構分野への木材の利用拡大を阻んでいる理由の一つに、木材の経 年劣化に対する理解(「あらわし」利用の技術的な難しさ)やリフォーム・リニューアル技術の未確立、関連する科学的知識の未普及などがあります。)

一方、外構に利用された木材の経年劣化に対するリフォーム・リニューアル 技術の未確立,「あらわし」利用の技術的な難しさ,関連する科学的知識の未普 及などが、外構への木材利用拡大を阻んでいると考えられます。

このような課題に対応するため、平成 28 年度林野庁補正委託事業「地域材利用拡大緊急対策事業のうち地域材利用の木材関係者等への支援対策事業」により実施いたしました。本事業では、地域材に限らず、外構に利用した木材の経年劣化に対して、リフォーム・リニューアルを実施し、その技術やノウハウを蓄積し、得られた成果を普及するために、講演会を、事業実施場所である群馬県を初めとして、東京都、大阪府、福岡県、岩手県において開催致しました。本報告書は、それらの成果をまとめたものであります。

これらの成果を踏まえ、外構材・外壁材として利用される木材の維持管理方法に対する理解がすすみ、木材の需要がより一層拡大されることを願います。

平成 29 年 9 月 30 日

公益社団法人 日本木材保存協会 本事業委員長 今村祐嗣

## 目 次

第1草 事業の背景と実施概要	
1.1 事業の背景・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
1.2 事業目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
1.3 実施体制・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
1.4 事業の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
1.5 事業の経過・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
第2章 群馬県における地域材の外構的利用と需要拡大	
2.1 群馬県における地域材の外構的利用の多様性・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
2.2 群馬県における地域材の需要拡大の方策・・・・・・・2	21
第3章 外構木材の気象劣化とその抑制	
3.1 外構木材の気象劣化の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	27
3.2 外構木材の気象劣化に影響する因子・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
3.3 外構木材の気象劣化とその抑制・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
3.4 まとめ····································	
第4章 外構木材のリフォーム・リニューアルの施行事例	
4.1 木製遮音壁・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
4.2 公園施設の木製外構壁・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
4.3 新設した暴露架台壁・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
4.4 \$\pmu \text{\$\delta} \$\del	38
第5章 外構木材のリフォーム・リニューアルの技術的課題	
5.1 外構木材の維持管理の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	39
5.2 外構木材のリフォーム・リニューアルの実際例・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
5.3 外構木材のリフォーム・リニューアルの技術課題・・・・・・・7	
5.4 外構木材のリフォーム・リニューアルのコスト・・・・・・・	
第6章 成果のまとめと今後の課題	
6.1 実施内容のまとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
6.2 実施結果のまとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
6.3 今後の展開・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	38
附表 成果報告会東京会場配布資料(縮刷版)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	91
別添成果報告書のCD	

## 第1章 事業の背景と実施概要

#### 1.1 事業の背景

平成28年5月に5年ぶりに改定された森林・林業政策の基本となる「森林・林業基本計画」では、林業の成長産業化、原木の安定供給体制の構築、木材産業の競争力強化と新たな木材需要の創出に向けた取組を推進することが、これからの我が国における森林・林業経営や国産材の利用拡大を通した地方創生にとって重要なポイントとなることが掲げられている。

「森林・林業基本計画」の木材利用に関する記述に注目すると、大項の「林産物の供給及び利用の確保に関する施策」の中項目として「新たな木材需要の創出」が掲げられており、さらに、小項目として「公共建築物・民間非住宅・土木分野等への利用拡大」があり、「高耐久化した木材製品等の活用により、外構や外装、屋外の簡易施設等への木材利用を推進する。」との文言が盛り込まれている。

木造住宅の着工戸数は人口減少とも相まって、減少して行くことが確実視されている一方、「公共建築物木材利用促進法」を背景に、2020 東京オリンピック・パラリンピックの新国立競技場では、大規模な木材利用が計画され、大規模木造建築物はかつてない注目を浴びている。更に、コンビニンスストアーや商業ビルなどの非住宅分野での木材利用にも期待がかかっている。

以上のように、木材が様々な建築物で利用されることに伴い、外構材や外装材として、木材の美観を打ち出した「あらわし」的な利用が増えると考えられる。その場合、木材は日射、風雨、腐朽菌・カビ等(以下、総称して「気象劣化」という)により劣化することやメンテナンスが必要であるとの理解が進まないまま利用されると、美観などが短期間で損なったという状況が指摘され、木材は短期間で劣化する材質であるとして、「木材離れ」という残念な結果を引き起こすことになる。

本事業は、既に劣化している木材に対するリフォーム、木材交換に対するリニューアルに関する木材の保存処理、表面の下地処理、塗装、工程、コスト等について明確にし、その成果を木造建築物の維持管理システムに組み込むことで、木造建築物に対する信頼性・安心性を補強し、地域材の需要拡大に繋げることができる。

#### 1.2 事業の目的

本事業の目的は、「公共建築物木材利用促進法」を背景に、東京オリンピック・パラリンピックに使われる新国立競技場での大規模な木材利用が注目を浴びている。木材保存・難燃化技術の大きな進展と相まって、更なる木材の普及が見

込まれているが、外装・外構に使用される多くの木材は、気象劣化により、経年的に色調や木材自体が大きく変化し、当初の美観や強度が損なわれる。気象 劣化に適切に対応できない場合は、木材利用に致命的なダメージを受けること になる。

そのため、本事業では、次の3項目を明らかにするために試験を行った。

- 1) 事前に気象劣化への対策を施工レベルと維持管理計画のレベルで示す。
- 2) 木材保護塗料の塗替え基準と実際のリフォーム・リニューアル工程及びコストを示す。
- 3) その成果を社会に普及する事で、安心して木材を「あらわし」部材として使用できる環境を作る。

具体的には、1)については、これまでの関連出版物を参考として「外構木 材の気象劣化とその抑制」について最新の知見としてのとりまとめを行い(関 連出版物:「-外構および外・内装の- 木材利用事例集」(平成4年3月 木材需 要拡大中央協議会)、「大規模木造建築物の保守管理マニュアル」(平成9年1月 財団法人日本住宅・木材保技術センター)、「木でつくる屋外施設-耐久設計と維 持管理の手引き-」(平成13年3月 財団法人日本木材総合情報センター)、「木造 住宅の耐久設計と劣化診断-漏水・腐朽・蟻害対策のために-」(平成14年8月 財 団法人日本住宅・木材保技術センター)、「蟻害及び腐朽の検査診断手法」(平成 19年7月 社団法人日本しろあり対策協会)、「木橋の点検マニュアル (第2版)」 (平成21年6月 木橋技術協会)、「住まいのリフォームコンクール作品集」(平成 24年1月 鹿児島県住宅リフォーム推進協議会)、「木材・木質構造の維持管理-劣化診断マニュアル-」(平成26年8月 公益社団法人日本木材保存協会)、「木造 建築物の耐久性向上のポイント」(平成27年2月 一般社団法人 木を活かす建築 推進協議会)、「屋外空間における木材利用ハンドブック」(平成27年10月 日本 木材防腐工業組合)、「都市の木質化と保存処理木材の活用(木材保存42巻3号)」 (平成28年5月 公益社団法人日本木材保存協会)、「建築物における木材の現わ し使用の手引き」(平成28年12月 一般社団法人 木のいえ一番振興協会))、 2) については、群馬県内にて、施工後10数年を経過した外構施設を選択し、

- 2) については、群馬県内にて、施工後10数年を経過した外構施設を選択し、モデル的にリフォーム・リニューアルを実施し、その工程やコストなどを明らかにし、
- 3) については、事業の成果を広く社会に普及するために、群馬県内を始めと して国内4か所に於いて講演会を開催した。

#### 1.3 事業の実施体制

公益社団法人日本木材保存協会会長(事業開始時)を委員長に、以下の 実施体制をもって事業を推進した。

委員長: 今村祐嗣(京都大学名誉教授)

委 員:木口実、片岡厚(森林研究・整備機構 森林総合研究所)

町田初男(群馬県林業試験場)

鈴木克志 (群馬県森林組合連合会)

齋藤孝信(吾妻森林組合 岡崎木材加工センター)

小谷忠明、高橋茂彦、福田健一(大阪ガスケミカル(株))

須貝与志明、茂山知己、重富圭((株) ザイエンス技術開発部)

事務局:鈴木昭、山本幸一、小林理恵(日本木材保存協会) オブザーバー:大倉弘二、岩井広樹(林野庁木材産業課)

#### 1.4 事業の概要

#### 1.4.1 木製外構施設の探索

劣化した試験用木材は、群馬県下において調達することとし、群馬県林業試験場の過去の調査研究、及び群馬県森林組合連合会による過去の施工実績などより情報を集めた。その結果、㈱ザイエンス関東工場内及び群馬県緑化センターに劣化した外構施設が有ることが分かり、調査の結果、本事業で利用することとした。また、群馬県森林組合連合会の渋川県材センターに鋼鉄製架台を設置して試験を実施した。

(株ザイエンス関東工場の物件は、鋼鉄製枠にスギの角材が100本横向きに装着された木製遮音壁であり、群馬県緑化センターはトイレの目隠し用の外構施設で、45本のスギ部材が縦に設置されていた。また、渋川県材センターでは、群馬県緑化センターの外構施設の部材の内、3本をリフォーム材として利用、試験対照材として防腐・防蟻無処理剤材5本、リニューアル材として防腐・防蟻処理材に2種類の塗装を施した各5本の合計18本を設置した。

### 1.4.2 リフォーム・リニューアルの仕様

木製遮音壁は、鋼板製の枠(図1.4.2)にスギ角材(90×90×1200mm)が100本装着されており、本事業においても100本のスギ角材を装着することとして、この内、リフォームして使用できるスギ角材は53本であり、47本はリニューアル(部材交換)することとした。

リフォームは、下地処理として①「漂白・高圧水洗浄及びサンダー研磨」② 「プレーナー処理」を施し、塗料として「油性含浸形塗料」と「水性造膜形塗 料」の2種類を①、②に塗装した。

リニューアル部材は、AZNA 加圧注入処理を行った木材を使用し、塗装可能な 状態まで乾燥させた後に「漂白・洗浄及びサンダー研磨」を行い、リフォーム 同様に「油性含浸形塗料」、「水性造膜形塗料」を塗装した(詳細は第4章、表 4.2.1、表 4.3.1.参照)。

群馬県緑化センターの外構施設は、トイレの入口面の目隠し用の外壁で、45本あるうち比較的劣化度の高い左右両端の部材各5本をリニューアル(部材交換)することとし、残り35本をリフォームして利用することとした。なお、使用されている木材は、取り外しは困難であるため、現場で施工することとした。下地処理としては、「高圧水洗浄」が一般的であるが、公園利用者の安全に配慮して「ザンダー研磨」とし、漂白は、実施しなかった(詳細は第4章4.2参照)。

なお、群馬県森林組合連合会の渋川県材センターでのリニューアルは、上述と同じ仕様とした。

## 1.4.3 本事業のまとめ

一般的に施主は、木質外構材や外装材のリフォームに関して、特に再塗装は特別な処理や塗料が必要であり、高コストではないかとの懸念を持っているが、建築物で普通に使用されている樹脂系外壁の寿命は、メンテナンスしても30年程度であり、それ以上は取り替えを行う必要があると言われている。建物本体の目標耐用年数を100年とした場合、その間に約3回の外壁交換補修を実施することになり、25年~30年での維持管理コストを検討することになる。

木製外装材の塗装工事は、塗り替え時は「仮設足場の設置」、「下地処理(高圧洗浄処理など)」、「養生(木材の乾燥)」、「塗装処理」の各工程からなる。木製外壁材の塗装費用の幾つかを調べると、塗装単価は、m²当たり3,500円~6,000円と差があり、平均的には4,000円程度が多い。塗装費用で差が出るのは下地処理である。半透明浸透形で再塗装する場合は、丁寧な処理が必要となる一方、造膜の隠蔽形で再塗装する場合は、それほど入念な処理は不要となる。

塗装費用は、塗り替え時の塗装面の劣化の程度と塗替回数に影響される。外構木材の場合は、一般的には初回の塗替が3年~7年で行われるが。住宅の窯業系外壁では通常10年程度で初回の塗替が行われるため、木製外壁ではメンテナンス回数が窯業系に比べ30年周期で考えると1回程度多くなってしまう。窯業系外壁材の耐久性は30年程度なので、木製外壁の場合、耐用年数をメンテナンスにより延ばすことで、窯業系トータルのメンテナンスコストの差は無くなる。結論的には、木製外壁は長期間使用するほどコスト的には有利になってくると言える。今回のモデル的リフォーム・リニューアルでは、施工面積が小さかったことから、実際の規模(最低でも塗り替え面積100m²以上)におけるコ

ストの算出には至らなかった。しかし、工程内のコストの対比(下地処理として、乾式・湿式・プレーナー処理)や工程間のコスト比率など貴重なデータを 得ることが出来た。

1.4.4 講演会(成果報告会)の開催

外構木材の紫外線等自然環境下における劣化試験報告-外構木材の耐候性と リフォーム・リニューアル等-と題して5地域で開催した。

開催場所、開催日時、プログラムは以下の通り。

1) 東京会場

日時:平成29年7月11日(火)13:00~14:15

場所:木材会館 東京都江東区新木場 1-18-8

プログラム

(1)外構木材の劣化とその抑制 (国研)森林総合研究所 片岡厚氏木材を外構材として用いると光・雨・カビなどにより劣化が起こることから、保護塗装による劣化を抑制します。これらについて、最近の研究・技術開発の動向を紹介します。更に、外構材のリフォーム・リニューアルの実例をもとに、技術的課題やコストを解説した。

(2)外構木材の変色シミュレーション 東京医療保健大学 新井崇博氏 木材を「現し」で用いる場合、経年的に大きく変色することが経験的に知られています。経年的な変色を施工前に正確に予測し、予測に基づき維持管理対策を立てることで、外構木材の需要拡大に結び付けることが可能となる。

2) 大阪会場

日時: 平成29年7月20日(木)13:00~14:15

場所: 東梅田パシフィックビルディング 大阪市北区曾根崎 2-5-10 プログラム

(1)外構木材の劣化とその抑制 群馬県林業試験場 町田初男氏

(2)外構木材の変色シミュレーション 東京電機大学 森谷友昭氏

3) 群馬会場

日時:平成29年8月4日(金)13:00~15:30

場所:ホテル「ラシーネ」 群馬県前橋市古市町 1-35-1

プログラム

(1)外構施設の実例と需要拡大

群馬県森林組合連合会 鈴木克志

群馬県林業試験場町田初男

群馬県内での地域材を用いた外構施設の施工事例、及び今後の需要拡大の方向性を示す。

(2)外構材の劣化とその抑制 (国研)森林総合研究所 石川敦子

(3)外構木材のリフォーム・リニューアルの技術課題

(国研) 森林総合研究所 木口実

外構材のリフォーム・リニューアルの実例と技術的課題やコストについて解 説した。

4)福岡会場

日時: 平成29年8月23日(水)15:00~17:00 場所:九州大学農学部 福岡市東区箱崎 6-10-1

プログラム

(1)外構木材の劣化とその抑制

(国研) 森林総合研究所 片岡厚氏

(2)外構木材のリフォーム・リニューアルの技術課題

(国研) 森林総合研究所 木口実氏

(3)外構木材の変色シミュレーション 東京医療保健大学 新井崇博氏

5) 岩手会場

日時: 平成29年9月6日(水)14:30~17:00

場所:ホテルルイズ 万葉の間 盛岡市盛岡駅前通 7-15

プログラム

1) 木材の気象劣化

山形県工業技術センター 江部憲一氏

2) 外構木材の変色の予測

東京電機大学 森谷友昭氏

3)外構木材のリフォーム

(国研) 森林総合研究所 片岡厚氏

4) 建築における木使い

岩手県立大学 内田信平氏

木材を建築物の外装に使うたの留意点として、雨のかからない設計、水の切れ る設計、部分的に更新できる設計、内部結露を発生させない設計などの実例を 示す。また、木材の変色を魅力として捉える観点、燃えない材料との組み合わ せについても示す。

5) 地域材の利用拡大

岩手大学農学部 伊藤幸男氏

東北地域の木材供給量及び山元立木価格の推移や、素材流通と流通主体の現 状を示し、人口動態や住宅着工数の予測から、地域材利用の今後について考え る。具体的には、岩手県森林組合連合会が地場製材所と連携して進めている、 地域材の供給と需要を結ぶ取り組みについて紹介する。

シンポジウム 地域材の外構的利用の拡大に向けて(パネラー:講師5氏) コーディネータ (国研)森林総合研究所 木口実氏

木材の性能を社会に分かり易く示すこと、地域材を外構材として用いるため になすべきこと、木材供給側と木材利用側の溝を埋めるための方策などについ

#### て、会場を含めて話を進める。



写真 講演会の様子

## 1.5 事業の経過

事業の採択から、成果報告書の完成までを時系列で以下に示す。

平成29年1月4日 事業の採択

事業が採択され、事業を進める為の「協議会」を組織し、協議会内での打ち合わせを開始し、施工場所等の選択等を進めた。

#### ○第1回委員会

平成29年2月8日、日本木材保存協会事務所(東京都港区虎ノ門)にて開催した。施工場所の確認、リフォーム・リニューアルの仕様を決めるための事前 試験、施工規模、役割分担などについて検討した。

#### ○第1回現地検討会

平成29年2月23日、群馬県緑化センター(群馬県邑楽町中野)に設置されている木材利用施設(トイレ外構材、遮音壁、ベンチ、看板、東屋)、及び(株)ザイエンス関東工場構内(群馬県伊勢崎市長沼)の木製遮音壁の視察を行い、劣化の程度などを確認した。

#### ○第2回委員会

平成29年3月14日、日本木材保存協会事務所にて開催した。事前試験の結果を踏まえ、木製遮音壁のリフォーム・リニューアルの仕様を検討した。

#### ○第2回現地検討会

平成29年4月19日、(株) ザイエンス関東工場構内の木製遮音壁について、 部材の劣化程度に応じてリフォーム部材とリニューアル部材の選別を行い、仕 様を決定した。

#### ○第3回現地検討会

平成29年6月13日、(株) ザイエンス関東工場構内の木製遮音壁について、現場にて実際のリフォーム工程を確認した。

○講演会(成果報告会)の開催案内のホームページへの掲載 平成29年6月26日、日本木材保存協会のホームページに、東京、大阪、群 馬、福岡、岩手で開催する講演会の開催案内を掲載し、参加を募った。

#### ○第4回現地検討会

平成29年6月29日、(株) ザイエンス関東工場構内の木製遮音壁について、 試験部材の装着等を確認し試験を開始した。群馬県緑化センターの外構材については、群馬県とリフォーム・リニューアル工程・仕様の協議状況と施工計画 について打ち合わせた。

#### ○東京講演会の開催

平成29年7月11日、木材会館(東京都江東区新木場)にて開催した。出席者は51名であった。

#### ○大阪講演会の開催

平成29年7月20日、東梅田パシフィックビルディング(大阪市北区曾根崎) にて開催した。出席者は25名であった。

#### ○群馬講演会の開催

平成29年8月4日、ホテルラシーネ(群馬県前橋市古市町))にて開催した。 出席者は38名であった。

### ○第5回現地検討会

平成29年8月21日、群馬県緑化センターの外構材について、施工を開始した状況を視察した。

#### ○福岡講演会の開催

平成29年8月23日、九州大学農学部(福岡市東区箱崎)にて開催した。出 席者は40名であった。

#### ○第6回現地検討会

平成29年9月4日、群馬県緑化センターの外構材について、施工の進捗状況 を確認した。

#### ○盛岡講演会の開催

平成29年9月6日、ホテルルイズ(盛岡市盛岡駅前通)にて開催した。出席者は45名であった。

#### ○第3回委員会

平成29年9月28日、商工会館(東京都千代田区霞が関)にて開催した。成 果報告書の取り纏め、及び今後の成果の普及について検討した。

#### ○試験架台設置、試験木材装着

平成29年9月29日、群馬県森林組合連合会の渋川県材センター搬入。

#### ○実施報告書の提出

平成29年9月29日、様式第6号及び経理書類を一般社団法人全国木材組合連合会会長に提出した。

## 第2章 群馬県における地域材の外構的利用と需要拡大

- 2.1 群馬県における地域材の外構的利用の多様性
- 2.1.1 群馬県の外構・土木用途での木材利用

群馬県は、利根川の上中流域に位置している。利根川水系は、東京都の水源の大部分を担っていることから、水源かん養機能や洪水調節機能をはじめとした森林の公益的機能の発揮のための森林整備が必要とされている。そこで間伐を行うことで、森林の保水機能の向上や、下層植生の繁茂による土砂流出の防止などの効果が期待できることから、より多く間伐を進めるため、間伐材利用が必要とされてきた。

小径木の間伐材が主であった 20~30 年前から、様々な外構・土木用途で利用 されていた。この頃の外構材・土木施設から近年のものまで紹介する。

#### 2.1.2 様々な木製外構・土木施設

#### 2.1.2.1 木道

木道は歩行面に木材を利用した遊歩道の総称であり、歩行性を向上させ、歩道周辺の植生や環境を保護する目的で設置されている。主に湿地、砂浜、河岸、砂丘など足場の悪いところに設置され、尾瀬ヶ原の湿原には 65km にわたって木道が整備されている。湿原は人に踏まれると裸地化して、植生が変化してしまうので、木道で保護している<sup>1)</sup>。

使用されている部材は、従来から無処理カラマツ材を使用しているが、以前は心去り材2本の構造であったが、近年カラマツ材の需要増加に伴い心持ち材3本で床版が構成されるようになった(図 2.1.1、図 2.1.2)。木裏面を上に向けた心去り材に比べ、心持ち材は干割れが発生しやすい傾向があり、そのため心去り材よりも干割れや辺材部からの生物劣化が発生しやすく、耐用年数が短くなると考えられる。



図 2.1.1 心去り材を使用した木道 (2005 年設置、2015 年撮影)



図 2.1.2 心持ち材を使用した木道 (設置年不明、2015 年撮影)

#### 2.1.2.2 木工沈床

木工沈床とは、根固め・水制などに使われる伝統的な河川工法で、図 2.1.3 の事例は、農業用水の取水堰として利用されている。材料は無処理のカラマツ 材の皮むき丸太を井桁状に組んで、井桁の中に自然石を詰めている。材料の間の空隙が多様な生き物の生息場所となる多自然型の工法である<sup>2)</sup>。

設置から32年が経過しているが、構造物としての機能の低下はほとんどなく、 長年の浸食等で折損・流出した部材が多少あるものの、土砂が堆積して草が生 えている箇所以外に生物劣化はほとんど認められない<sup>3)</sup>。



図 2.1.3 取水堰として使用されている木工沈床 (1984 年設置、2016 年撮影)

#### 2.1.2.3 木材チップ舗装(アスウッド舗装)

図 2.1.4 は、1994~95 年頃に木材チップを骨材の替わりに用いた木材チップ舗装を開発した企業のパンフレットである<sup>4)</sup>。通常のアスファルト舗装に比べ、柔らかく歩きやすいが、木材とアスファルトの親和性があまり高くないことや草が生えるなど耐久性に問題があることから、最近はあまり見かけなくなっている。

図 2.1.5 は、草が生えた木材チップ舗装道である。

近年、木材チップの替わりに半炭化させたトレファクションチップを使用したところ、アスファルトとの親和性が増すとともに草が生えにくいなど、耐久性の向上が認められている。



図 2.1.4 木材チップ舗装 (アスウッドパンフレットより転載)



図 2.1.5 草が生えた木材チップ舗装 (2000 年設置、2017 年撮影)

#### 2.1.2.4 落石防護壁緩衝材

落石防護壁は、自然斜面に点在する転石が斜面下方へ転げ落ちた場合に、斜面下の道路や民家等の保全対象施設が被災しないように設置される斜面防災施設である。主に上部構造は H 鋼など、下部構造はコンクリート等で構築され、斜面山側に緩衝材が設置されている。従来、緩衝材は土砂や古タイヤなどを使用されていたが、土砂は重量で構造が大きくなる、古タイヤは内側に雨水が溜まり蚊の発生源となるなど衛生面の問題が生じることから、木材が利用されるようになった $^{5}$ )。

1995~6年に開発が行われ、図 2.1.6では、緩衝材は無処理の皮むきスギ材を70cm の厚さに積み重ねられている。皮むき材はサイズが様々なため、落石時に材の横ずれがおきて衝撃が分散されるので、衝撃緩衝効果に優れている<sup>6)7)</sup>。

生物劣化は、山側表面と上下の木口面より進行する(図 2.1.7)。また、周辺環境の影響を大きく受け、風通しと日当たりがよい箇所と、風通しと日当たりが悪い箇所では劣化速度が大きく異なる傾向がある<sup>8)</sup>。



図 2.1.6 落石防護壁の様子 (1996 年設置、2001 年撮影)



図 2.1.7 経年劣化した緩衝材 (1997 年設置、2010 年頃交換、2017 年撮影)

#### 2.1.2.5 木製溝蓋

広く使用されているコンクリート製の溝蓋は重量が重く、施工や側溝清掃の際、設置や開閉作業に労力を要するが、木製溝蓋はコンクリート製の  $1/3\sim1/5$  の重量であることから、これら作業が容易に行える利点がある。また、強度性能は、コンクリート製と同等以上であることが試験で確認されている。9)10。

図 2.1.8、2.1.9 は、設置直後と 20 年経過した様子であるが、表面の摩耗や部分的な生物劣化はあるものの、構成部材の材長が短く、断面が 5cm×10cm 程度であることから、保存薬剤が部材内部までよく浸潤していたことから、蓋としての機能は十分に維持されていた。



図 2.1.8 設置直後の木製溝蓋 (1997 年設置・撮影)



図 2.1.9 20 年経過した木製溝蓋 (1997 年設置、2017 年撮影)

## 2.1.2.6 養護学校外壁およびデッキ





図 2.1.10 養護学校外壁とデッキ (南面) 図 2.1.11 外壁およびデッキ (東面) (1997 年建築、2017 年撮影) (1997 年建築、2017 年撮影)

#### 2.1.2.7 公共施設外構

図 2.1.12 は、設置から 17 年程度経過した公共施設の外構で、屋根の下にあり、材を縦に使用していることから、表面は風化していたが、生物劣化は部分的であった。この事例の様に木口面からの水の浸入を防いで材を縦に使用すると、水が滞留しにくいため、耐久性が向上する。この外構については、本事業でリフォームとリニューアルを行ったので、詳細は4章で報告する。



図 2.1.12 公共施設外構 (2000 年頃建築、2017 撮影)

## 2.1.2.8 木製車道橋 (近代木橋)

1980 年代、従来の伝統的な木橋でなく、近代木橋と呼ばれる主要構造材に集成材を使用した新しい技術による木橋が建設されるようになった。近代木橋は一般の橋と同様に構造設計できて、伝統的な木橋と異なり長支間化も容易である<sup>11)</sup>。

「大猿橋」はこのような近代木橋のひとつで、AAC加圧注入した群馬県産スギ 集成材を使用し、アーチの上面や木口は銅板被覆され、耐久性に配慮して設計 されている。

図 2.1.13、2.1.14 は、2000 年に設置された木製車道橋「大猿橋」の 17 年経 過時の写真で、主要構造であるアーチ部の日当たりが悪い面では、ほぼ全面藻 類汚染の状態であるが、手の届く範囲で打診を行ったところ、腐朽している様 子は認められなかった。



図 2.1.13 17 年経過した木製車道橋 (2000 年設置、2017 年撮影)



図 2.1.14 藻類汚染の様子 (2000 年設置、2017 年撮影)

#### 2.1.2.9 木製遮音壁

図 2.1.15 は、2001 年に北関東自動車道に設置された木製遮音壁です。群馬県では、2001 年、2003 年、2008 年の 3 期に分けて、木製遮音壁を設置した。全て反射型で、材料の音響透過損失が 400Hz で 25dB、1000Hz で 30dB を満たし、その他風荷重に耐えるなど遮音壁設置基準に適合すれば、木材もコンクリートと同様に使用される120。

図 2.1.16 は、ほぼ同時期に試作された木材のみで吸音型を目指した遮音壁で、 ある程度の吸音性能はあるが、基準値には達していなかった<sup>13)</sup>。この遮音壁は 本事業でリフォームとリニューアルを行ったので、詳細は 4 章で報告する。

図 2.1.17 は、14 年が経過した 2001 年設置タイプの劣化状況で、生物劣化の大部分は、最上部の部材で発生していた<sup>14)</sup>。

図 2.1.18 は、2008 年に設置したタイプの 9 年経過した状況で、2001 年設置 タイプで最上部の劣化が多いことから、木材の最上部の上に金属部品と透光型 のプラスチック遮音版を設置して、木材の上部に雨水と日射が当たらないよう 改良した<sup>15)</sup>。また、植栽木の枝下は生物劣化しやすいので、盛り土上部への植栽を行わないようなった。



図 2.1.15 北関東自動車道の 木製遮音 (2001年設置、2006撮影)



図 2.1.16 試作された木製吸音型 遮音壁 (2001年設置、2002撮影)



図 2.1.17 約 14 年経過した木製遮音壁 図 2.1.18 約 10 年経過した遮音壁 (2001年設置、2014撮影)



(2008年設置、2017撮影)

#### 2.1.2.10 歩車道分離柵等の歩行者自転車用柵

図 2.1.19~24 は、様々な歩行者自転車用柵で、隣り合った写真の左側が設置 当初、右側が年数経過した状態である。それぞれは、歩車道分離柵、転落防止 柵等名称が付けられているが、いずれも防護柵の設置基準の P 種歩行者自転車 用柵に該当する構造物である16)。

長期間供用できるよう確実に加圧注入処理が行われたもの(図 2.1.20)や、 劣化しても交換しやすい構造にして適切に交換を行っているもの(図 2.1.22)、 上ビームや支柱の上に WPC で笠木を設置したもの (図 2.1.23) など、いろいろ な工夫がされている。



図 2.1.19 設置直後の歩車道分離柵 (2002年設置、2004年撮影)



図 2.1.20 15 年経過時の状況 (2002年設置、2017年撮影)



(2017年設置、2017年撮影)



図 2.1.21 設置直後の転落防止柵 図 2.1.22 最上部横棒のみ交換した様子 (設置年不明、2017年部材交換・撮影)



図 2.1.23 WPC 笠木付転落防止柵 (2013年設置・撮影)



図 2.1.24 4 年経過後 (2013年設置、2017年撮影)

#### 2.1.2.11 看板

図 2.1.25、26 は、2003 年に設置した博物館の看板の設置直後と 14 年が経過した様子である。この看板は、半透明造膜型の木材保護塗料が塗布されていたが北向きの垂直面であったため、塗料はかなり残っていた。



図 2.1.25 設置当初の看板 (2003 年設置・撮影)



図 2.1.26 14 年経過した看板 (2003 年設置、2017 年撮影)

## 2.1.2.12 公営住宅外構

図 2.1.27 は、2004 年に竣工した公営住宅の外構で、軒の出が少なく、耐候性では影響を受けるが、木質部材が接地していない、手摺り上部は水が滞留しないように角度を付けてあるなど、耐用年数を伸ばす工夫がされていた建築物である。



図 2.1.27 公営住宅外構 (2004 年設置・撮影)

#### 2.1.2.13 木製標識

図 2.1.28、29 は、群馬県内に数多く設置してある自転車用木製標識の接地直 後と、13 年程度経過後の様子である。支柱の南側はかなり灰色化しているが、 木材保存剤を加圧注入処理したため、生物劣化はほとんどなく、地際部は健全 であった。



(2005年設置・撮影)

図 2.1.28 設置直後の木製標識 図 2.1.29 13 年程度経過した木製標識 (2004年頃設置、2017年撮影)

#### 2.1.2.14 スタジアムベンチ

図 2.1.30、31 は、2006 年の設置直後と、10 年が経過した様子で、1回塗り 替えを行っているため、元の塗料と違う色になっている。ヒノキに AAC を加圧 注入しているので、生物劣化が著しい箇所は認められなかった。



図 2.1.30 設置当初のベンチ (2006年設置・撮影)



図 2.1.31 10 年経過したベンチ (2006年設置、2016年撮影)

#### 2.1.2.15 ぐんま型木製ガードレール

ガードレールは防護柵の設置基準に基づいて設置されているが、1998 年の改 訂でそれ以前の仕様規定から性能規定に変更され、実車による衝突実験で性能 を満足したものが実用化されるようになった17)。

ぐんま型木製ガードレールは、2010年に衝突実験の性能規定を満たして、供 用が開始されているが、既存の鋼製ガードレールの支柱をそのまま利用して、 上ビーム o 180mm 下ビーム o 160mm のスギ CuAz 加圧注入材を取り付けている。 (図 2.1.32)。製造工程では含水率計で水分 30%以下または材面に複数の干割れ が生じていることを確認してから、加圧注入している18)。

図 2.1.33 は設置から7年経過後の様子である。木材保護塗料が剥がれてきて いる箇所もあるが、生物劣化の発生はとても少なく、6年経過時点で約0.2%で あった。なお、生物劣化はすべて上ビームの小さな浅い割に発生していた。



図 2.1.32 ぐんま型木製ガードレール 図 2.1.33 設置から 7 年経過後 (2010年設置・撮影)



(2010年設置、2017年撮影)

#### 引用文献

- 1)公益社団法人 土木学会:8.4.2 歩道工,土木技術者のための木材工学入 門, pp. 200, 2017
- 2)公益社団法人 土木学会: 伝統的な河川工法, 土木技術者のための木材工学 入門, pp. 133, 2017
- 3) 町田初男,光安香里:設置から32年経過した木工沈床の劣化調査,第67回 一般社団法人日本木材学会大会研究発表要旨集, DL 版, 2017
- 4) ニチレキ株式会社,株式会社研屋:アスウッド舗装パンフレット,1998
- 5)公益社団法人 土木学会:6.4.3 落石防止壁緩衝工,土木技術者のための 木材工学入門, pp. 143, 2017
- 6) 群馬県林務部森林保全課: 平成9年度森林十木効率化等技術開発モデル事業 実施結果書, 1997

- 7) 岩佐直人, 町田初男, 是枝源一, 野田龍: 落石緩衝材としての間伐材緩衝効果に関する研究, 第56回砂防学会研究発表会概要集, pp. 246-247, 2007
- 8)町田初男,茂木のり惠,伊藤英敏:落石防護柵の緩衝材に使用されている針葉樹間伐材丸太の劣化調査,木材保存29(6),pp.253-258,2003
- 9)社団法人 土木学会: 6.1.4 側溝蓋,自然素材を利用した土木構造物・土木技術に関する調査研究報告書,pp.63,2006
- 10)利根沼田木材振興組合:木製U字溝蓋パンフレット, 1997
- 11) 公益社団法人 土木学会: 5.3 近代木橋,土木技術者のための木材工学入門,pp. 88-91, 2017
- 12)建設省:道路遮音壁設置基準, 1974
- 13) 社団法人 日本木材加工技術協会:人に優しい木質資材公共利用促進技術開発事業成果報告書,2001
- 14) 町田初男,小黒正次,工藤康夫,長尾博文,加藤英雄,井道裕史:木製遮音壁の経年劣化と劣化外力の影響,木材保存36(2),pp.59-64,2010
- 15) 町田初男:群馬県における木製遮音壁の設置及び維持管理の取り組み,木材工業62(12),pp.637-639,2007
- 16) 国土交通省:防護柵の設置基準,2004
- 17) 公益社団法人 土木学会: 8.1 第8章交通関連施設 はじめに,土木技術者のための木材工学入門,pp. 175,2017
- 18) 町田初男,小黒正次,佐藤博,松井春喜,金子文男,佐藤順一,福島守,齊藤孝信:ぐんま型木製ガードレールの開発と使用初期の劣化状況,木材利用研究論文報告集12,pp.117-124,2013

#### 2.2 群馬県における地域材の需要拡大の方策

#### 2.2.1 地域材の利用の方向性

群馬県では、平成23年11月に「群馬県森林・林業基本計画」が策定され、計画策定から5年が経過する平成27年度に全面見直が行われた。此処では、前述の計画で示されている『4 県産材の利用拡大及び県外需要の開拓』について説明する。

現状・課題の記載から、地域材利用に関連する事項を拾い上げると、1)県産材の自給率は低く、外材が主流の流通・需要構造であること、2)プレカット工場の入荷先別取扱量は外材が主流であること、3)森林の少ない県南東部地域においては、県産材の流通量が少ないこと、4)県民や自治体の県産材利用の重要性に対する一層の理解が必要なこと、5)平成23年に渋川県産材センターが稼働し、C材活用の道が開けたと纏められる。

今後の「重点取組」としては、1)製材業者、プレカット事業者、工務店等のサプライチェーンを構築して県産材製品の需要拡大を行う取組を推進すること、2)ぐんまの木で家づくり支援を継続して実施すること、3)公共建築物等における県産材の使用を促進すること、4)非住宅分野への県産材の利用を促進すること、5)木質バイオマス利活用施設整備を支援すること、6)県外需要の開拓に向けた調査・研究に取り組むこと、7)「ぐんま優良木材」のブランド力の向上を図ることが示されている。

一方、「具体的施策」としては、①外材から県産材への利用転換(住宅等における県産材利用率の向上)として、1-1)「ぐんまの木で家づくり支援事業」による県産材住宅建築支援を行い、サプライチェーンを構築、1-2)木造住宅建築において、外材から県産材への転換を図るため、県産材住宅建築の促進やリフォームにおける県産材使用を推進、1-3)新築住宅着工戸数の多い県南東部への県産材の売り込みを強化、1-4)県内自治体の姉妹都市や下流自治体との連携により、県産材住宅の建築促進を図る、1-5)県内の全市町村による「公共建築物等の木材利用促進に関する方針」の策定を推進し、県産材を積極的に使用する体制を作る、1-6)保育園や幼稚園、教育・福祉施設等の木造化や内装の木質化を推進する、が示されている。

②新たな木材需要の創出(非住宅分野への県産材の利用促進)として、2-1) 商業施設等、木造率の低い非住宅分野への県産材利用を推進、2-2)木製ガード レールや木柵、手摺りなど外構施設での県産材利用を推進、2-3)DIY 業界との 連携により個人消費者向けの豊富な資材を取り揃えるが示されている。

③県外需要の開拓として、3-1)「林業県ぐんま」を見据え、大型加工施設の整備、県外需要の開拓等について戦略を立案、3-2)「ぐんま優良木材」を、県内外で普及、3-3)市場のニーズに対応するため、森林認証の取得を支援、が示

されている。

群馬県においても、日本全体の傾向と同じく、長期的な人口減少と高齢化により、今後の住宅着工数の大幅な減少が見込まれている。その一方、群馬県の県産材(地域材)自給率は低いものの、森林資源は年々蓄積が増加し、年間成長量は150万㎡に達し、地域材の利用拡大が強く求められており、新たな木材利用の場面として、非住宅分野、外構施設、DIY製品、県外需要の開拓が示されている。

群馬県森林組合連合会は、「群馬県森林・林業基本計画」の『4. 県産材の利用拡大及び県外需要の開拓』にある様々な政策方針を受け、地域にネットワークを持つ強みを生かすため、住宅部材以外にも木材製品を拡大することが必要と考えている。それらの木材製品は、公園施設であるベンチ、東屋、看板、植栽鉢やガードレール、幼稚園施設である遊具、遮音壁、橋などの外構材である。外構製品販売を進めるに当たっては、プラスアルファは重要であると認識している。すなわち、木材を屋外で用いる場合には、当然のこととして予想される色の変化(気象劣化)・腐れ(生物劣化)に対して、1)事前に十分な劣化対策を施すこと、2)更に、1年後、3年後、5年後と言ったメンテナンス計画を、前もって策定することが重要と考えている。この点は、外構事業を発注する側には認識が薄いため、施工者側である群馬県森林組合連合会から分かり易く説明することが重要であると考えている。

#### 2.2.2 地域材の非住宅・外構への利用

これまで、群馬県森林組合連合会では、木材需要の主流である木造住宅に大きくかかわってきた。「森林組合の家」と銘打って、地域材などの自然素材をふんだんに使った住環境を提案している。しかし、住宅着工数の大幅な減少が見込まれことから、現在では、外構製品に事業の範囲を広げている。





図 2.2.1「森林組合の家」(1) 図 2.2.2「森林組合の家」(2) そして、近年は、種々の外構製品、すなわち、木製遊具(複合型、ピラミッ

ド型、砦型、アスレチック)、木製看板(案内板、標柱、指導標、工事看板)、 プランターカバー、木製施設(パーゴラ、花壇枠)、自販機枠、ウッドデッキ、 木橋、物置、動物小屋、バルコニー、ログハウス、四阿(あずまや)、ベンチ、 おもちゃ箱、家具、ライトなどの開発に取り組み、地域材利用を進めている。 耐久性の確保が必要な部材には、劣化環境に応じて、K3・K4といった保存処理 を行っている。





図 2.2.3 群馬県内保育園の複型遊具 図 2.2.4 群馬県内の道路標識 (すべり台・丸太橋・クライミング・登り棒などからなる)







図 2.2.6 木製の自動販売機枠

更に、木材を混ぜた舗装材(ウッドミックス)として、破砕材タイプ(未利用の枝条・根株の木材を粉砕機で破砕チップとし舗装用接着剤と混合したもの)、切削材タイプ(スギ・ヒノキ・広葉樹などの幹の部分を粉砕機で切削チップとし、現場で舗装用接着剤と混合したもの)、ダムの立木を利用したタイプ、樹皮タイプを揃えている。これらの製品は、長時間のウォーキングでも足や腰に負担が少ないので、公園などの遊歩道に適しており、普及を図っている。



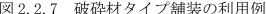




図 2.2.7 破砕材タイプ舗装の利用例 図 2.2.8 切削材タイプ舗装の利用例

#### 2.2.3 地域と都市をつなぐ地域材利用

群馬県森林組合連合会は、群馬大学大学院理工学府・知能機械創製部門の天 谷腎児氏が中心となって行っている「オリンピック・パラリンピック暑熱対策 のための可搬式緑化技術の普及実装に関する研究」に対し、東京都農林水産振 興財団農林総合研究センターや群馬県造園緑化協会と共に、協力を行ってきた。 この研究プロジェクトの中で、群馬県森林組合連合会は、都市に仮設的に設置 する「可搬式樹木緑化ベンチ」の試作・改良、使いやすさの評価、使用木材の コストなどを担当した。

実験は、2016年6月から9月にかけて東京国際展示場東棟駐車場で行われた。 「可搬式樹木緑化ベンチ」に対して車椅子利用者へヒアリングを行った結果、 概ね現在のデザインでも問題なし、車椅子の回転スペースは十分、車椅子利用 者と健常者ともに話やすいとの意見であった。改善したほうが良い点として、 車椅子回転時にベンチの脚につま先が当たりそうであり、車椅子2台で使用す る場合にはベンチ間隔が狭い、との意見があり、改良版製作時に反映させるこ とにした。

「可搬式ベンチに適した樹木」について造園業者等にヒアリングを行った結 果、緑化ベンチに適した樹木の樹幹投影面積は圃場の10~15%、緑化ベンチに 適した樹木はほとんど市場に出荷されていない、3ケ月程度の仮設的な植栽だ けでなく根鉢の大きさにより5年程度の継続が可能である、季節に応じた樹種 を提供できる等の意見を得ることができた。

「群馬県森林・林業基本計画」に示された新たな木材利用は、キーワードと して非住宅、外構、DIY、県外需要に纏められるが、「可搬式樹木緑化ベンチ」 はその具体化であると言える。都市との交流を深める中で、都市における木材 の潜在的な需要を更に掘り起こし、都市景観に馴染み、使い勝手の良い外構木 材の製品群を更に創出することが、地域材の利用拡大に繋がる。



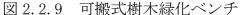




図 2.2.10 可搬型の樹木の設置

#### 2.2.4 森林組合の特長を生かした地域材利用

森林組合は、森林の管理、森林の調査、組合員への情報の提供、造林事業、作業道の開設、マツクイムシなどの病害虫の防除、丸太生産などの林産事業、製材事業、木材加工販売、きのこ生産、木炭の製造販売、苗木やチェンソーなどの購買事業など、森林や木材に関する様々な仕事をしている。森林組合連合会としては、地域の各森林組合の仕事を、森林育成から木材製品開発まで一貫して捉え、その総合性を強みとして発揮させることが大切である。このような特徴を生かし、地域だけでは無く、大都市圏に活動範囲を求めて行くことが地域材の需要拡大には欠かせない。木材の良さに関しても、都会では地域に比べ、より高く評価される傾向があり、この点を地域材製品に取り入れることも大切である。

「合法伐採木材等の流通及び利用の促進に関する法律」(通称:クリーンウッド法)が平成29年5月から施行され、森林育成から木材製品開発までを一貫して見据えることのできる森林組合は、合法性が証明された木材製品を生み出すことが出来る長所を持つ。都市との関係に於いて、この長所を生かす取り組みも重要となる。

群馬県森林組合連合会は、傘下に木材保存処理プラントを有する森林組合を持つことも、外構木材製品を開発するためには大きな利点である。木材の屋外利用における耐久性向上技術について、さらに磨きをかけ、より良い外構木材製品を都市に供給し、都市空間の景観的な質の向上を通じて、都市住民の生活の質の向上に寄与することが、地域材の利用拡大となる。

## 第3章 外構木材の気象劣化とその抑制

#### 3.1 気象劣化の概要

屋外で使用された木材は、太陽光や雨水などの作用による気象劣化と腐朽菌やシロアリなどによる生物劣化のリスクにさらされる。(図 3.1) このうち本章が対象とする木材の気象劣化は、屋外での使用を開始後、比較的初期の段階から顕在化しやすく、条件によっては、数か月から1年程度の間に、木材の色調や表面構造が変化することが知られている。

このような気象劣化に伴う木材の外観の変化は、しばしば経年変化の味わいとして好まれる。しかしその変化の速度や程度によっては、木材の美観が急激に損なわれたり、表面の撥水性が低下することで生物劣化の呼び水になったりするので、その対策が必要である。

# 

図 3.1 木材の屋外での劣化(気象劣化と生物劣化)

木材の気象劣化を抑制するには、その劣化メカニズムに関する理解を深め、 その知見をもとに効果的な耐候処理を行うことが必須である。本章ではその観 点から、まず、木材の気象劣化に伴う特徴的な外観の変化やそれを引き起こす 気象因子の作用メカニズムに関する最新の知見を取り纏めた。さらに、気象劣 化を抑制し耐候性を高めるための塗装、メンテナンス、及び耐候性の評価技術 についても解説する。

他方、木材を屋外で使用する際は、腐朽やシロアリ食害への対策も重要である。これら生物劣化を含めたメンテナンス技術に関しては第4章に記載されているので参照していただきたい

#### 3.1.1 気象劣化に伴う木材の外観変化

日当たりや雨掛りの多い環境、すなわち紫外線や水分の作用を受けやすい環

境で木材を使用すると、早ければ数日のうちに表面の変色が顕在化し、数か月のうちに微細な割れが発生し、半年~1年後には色調が灰色になる。その後数年を経て、木材の表面は浸食され、浮造りのような凹凸に富む構造になる(図3.2)。

このような木材の外観変化は、①光変色期、②明・淡色化期、③灰色化期、 ④凹凸化期の4つのステージに分けることができる(図 3.3)。尤も、必ずしも すべてのステージを経て灰色化に至るわけではない。軒やけらばなどで日当た りや雨掛りから保護された場合には、初期のステージに留まることがある。 以下に、各ステージにおける外観変化の特徴を概説する。

## 気象劣化:何が木材を変化させるのか?

- ○日当たり・雨掛りが多いと、無塗装の木材は数か月で灰色化
- これは太陽光や風雨など気象因子と生物汚染等の複合的な作用によって生じる表層(割れを除き、約1mm以内)の変化
- ○灰色化を防ぐには、軒等の構造や塗装による保護が重要

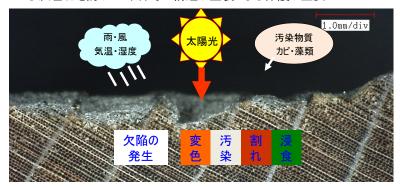


図 3.2 木材の気象劣化因子

## 気象劣化に伴う木材の変色と浸食

①光酸化で変色⇒②分解成分が雨水に溶出し淡色化⇒③本来は白色化するはずが、黒酵母菌など黒色系汚染により灰色化⇒④浸食の進行

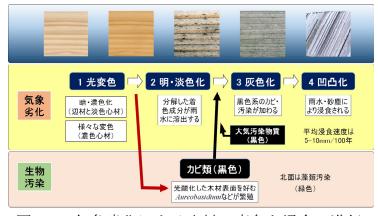


図 3.3 気象劣化による木材の変色と浸食の進行

#### ① 光変色 (ステージ1)

最初のステージである光変色期は、木材を太陽光に暴露した直後から始まる。 これは、太陽光の主に紫外線によって木材の成分が変性・分解し、新たな着色 構造の形成や、既存の着色構造の分解が起こるために、材面が変色する時期で ある。変色の傾向は、樹種や辺・心材の別によって以下のように異なる。

多くの樹種の辺材や、ヒノキなど比較的淡色な心材の場合は、紫外線による "ヤケ"を起こしやすく、暗・濃色化する傾向が見られる。これはしばしば黄変とも呼ばれるものであり、典型的には、リグニンの光酸化反応によってキノン等の着色構造が形成され、材面の明るさ( $L^*$ 値)が減少するとともに、赤み ( $a^*$ 値)と黄み ( $b^*$ 値)が増加する現象である。

一方、元々濃色の心材では、リグニンだけではなく抽出成分の光酸化による影響も大きいため、変色のパターンは樹種によって様々である。例えば、スギ心材が光変色する際は、明るさ( $L^*$ 値)が辺材の場合ほど変化せず、赤み( $a^*$ 値)が減少し、黄み( $b^*$ 値)が増加する傾向がある。

光変色期において、木材の色調が変化する速度は、暴露初期ほど大きいが、 やがて時間の経過とともにレベルオフする傾向がある。レベルオフまでの期間 は、太陽光(直射光、反射光、散乱光)の受光量に依存するため、使用環境に よって数か月から数年間まで様々である。なお、雨水や結露水など自由水に曝 された場合には、レベルオフに至る前に次のステージへ移行することがある。

#### ② 明・淡色化(ステージ2)

光酸化反応が進行すると、リグニンや抽出成分が低分子化することにより、 やがて雨水や結露水など自由水に溶出するようになる。この過程では、着色の 原因となっていた化学構造も分解して溶出するため、多くの樹種では辺・心材 ともに明るさ( $L^*$ 値)が増加し、赤み( $a^*$ 値)と黄み( $b^*$ 値)が減少する。そ の結果、木材の表面は明・淡色化に向かうことになる。

明・淡色化に至るまでの期間は、木材の使用環境によって異なり、日当たりや雨掛りが多い場合には、暴露開始の2、3か月後には明・淡色化する。一方、軒天(軒裏)など雨掛りがほとんどない環境では、ステージ1の光変色期が緩やかに進行し、明・淡色化にまで至らないケースが見られる。但し、そのような場合でも、雨の吹込みなどにより水分に触れた部材では、明・淡色化が見られる。

明・淡色化期が続けば、着色構造を失った木材の表面はやがて白色化するはずである。実際、そのように完全に白色化した木材表面は、人工太陽光と人工雨水を用いる促進耐候性試験において見られる。しかし屋外環境では、後述の③のようにカビ汚染が加わるため、白色を維持できず、灰色化する。このため、カビの生育が早い環境ほど、明・淡色化の期間が短くなる。

#### ③ 灰色化 (ステージ3)

灰色化期は、前ステージで明・淡色化しつつある木材表面に、カビや大気汚染物質など黒色系の汚染が加わり、白色化と黒色化の効果が相まって灰色になる時期である。

灰色化に至るまでの期間は使用環境によって異なるが、日当たりや雨掛りが 多い場合には、暴露開始の2、3か月後からカビが散見され始め、半年から1 年程度で灰色化に至る。季節としては、強い太陽光を浴びた後の雨期に当たる 梅雨や秋雨の時期にカビ汚染が現われやすい。

また、カビ汚染は直射太陽光を浴びる東、南、西面で発生しやすい。これは 光酸化した木材の成分が、カビ類の栄養源となるためではないかと推定されて いる。一方、太陽光を受けにくい北面などで雨掛りが多い箇所は、カビ汚染よ りも先に藻類汚染が問題となりやすい。

なお、ステージ2から3にかけては、木材の表面に微細な割れや毛羽立ちが目立つようになる。これは光酸化反応によってリグニンが分解した木材の表層では強度が低下することに加え、水分が作用して細胞壁の寸法変化が生じ、木材の表層に細かな割れが生じやすくなるためである。

#### ④ 凹凸化 (ステージ4)

凹凸化期は、ステージ2や3に達した木材の表面が雨水や砂塵に浸食される時期である。前述のように、光酸化反応によって木材の表層強度が低下するため、浸食作用を受けやすくなるのである。浸食の結果、凹凸に富む構造になる理由については以下のように説明できる。

木材が浸食される速度は、木材の密度に反比例することが知られている。これは 3.2.5 で述べるように、木材に浸透する光の深さが木材の密度に反比例するからである。したがって、密度の低い早材は、密度の高い晩材よりも先に浸食されることになる。屋外で気象劣化した木材が、年輪ごとに早材部が目やせし、凹凸に富む表面になるのはそのためである。

各樹種の浸食速度については、米国での試験結果が報告されており、多くの 針葉樹材は100年間で5~10 mm、広葉樹材は2~5 mm 程度の厚みが失われ るとされている。但し、これは米国ウィスコンシン州での調査結果である。日 本ではもう少し速度が大きい可能性がある。なお、表層強度が低下した木材に は表面割れや落ち込みが生じやすいため、部分的にはもっと深くまでの浸食が 早くから起こり得ることに注意を要する。

#### 3.2 気象劣化に影響する因子

#### 3.2.1. 気象因子の作用メカニズム

前節では、木材を屋外で使用する場合に起こり得る外観の変化を4つのステ

ージに分けて説明した。本節では、そのような気象劣化をもたらす因子とその作用メカニズムを解説する。まず、影響力の最も大きい太陽光の作用に焦点を当て、木材を光酸化させる反応の特徴や、その反応の影響が木材のどの深さにまで及ぶのかについて説明する。次いで、水分や温度など太陽光以外の気象因子の作用について、さらに、地域差、方位差、角度、地上高、及び軒の出の効果についても解説する。

### 3.2.2. 太陽光の吸収

木材を気象劣化させる最大の要因は太陽光である。地表に到達する太陽光の放射照度は約 $1080 \text{ W/m}^2$ であり、そのうち紫外線(波長 $300\sim380 \text{ nm}$ )が約5%、可視光線( $380\sim780 \text{ nm}$ )が約55%、赤外線( $780\sim3000 \text{ nm}$ )が約40%を占める。木材の光劣化を引き起こすのは主に紫外線である。しかし、紫色光( $380\sim420 \text{ nm}$ )など比較的波長の短い可視光線の影響も無視できないことが知られている。

木材は、紫外線や紫色光など木材自身にとって有害な光を良く吸収する。例えば、木材の表面で太陽光を拡散反射させると、これらの波長域の光量は反射前と比較して大幅に低下する(図 3.4)。この現象は木材が人の目に優しいとされるゆえんであるが、有害光を吸収した木材にはラジカルが発生して光酸化反応が進行する(図 3.5)。すなわち、木材は人の目に優しいゆえに光劣化しやすいとも言っても過言ではないのである。

# 木材による有害光の吸収

木材は紫外線と短波長可視光線を吸収(目に優しい) →それゆえ木材自身は光酸化しやすい

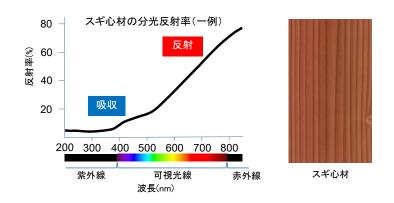


図 3.4 木材の光吸収特性

## 紫外線を吸収した木材は光酸化

木材の主要3成分(セルロース、ヘミセルロース、リグニン)のうち リグニンは紫外線を吸収しやすく光酸化しやすい

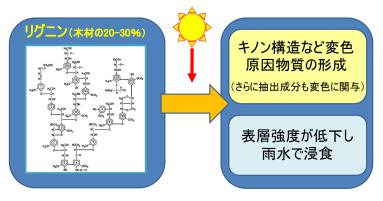


図 3.5 木材の光酸化

木材が紫外線や紫色光を良く吸収する理由はリグニンの存在にある。リグニンの光吸収の極大値は紫外域にあるが、その吸収帯の裾野は可視域にも広がっている。また抽出成分には、リグニンと類似の光吸収特性を有し、木材の光変色に深く関わるものがある。一方、セルロースとへミセルロースの光吸収域はより短波長側にあり、太陽光に対してはリグニンよりも安定である。

### 3.2.3 光酸化反応

木材の光酸化反応における最も重要な局面は、リグニンにフェノキシラジカルが生じるプロセスである。そのメカニズムとして、リグニンの $\alpha$ 位カルボニル基の光励起に伴い、フェノール性 OH 基の水素が引き抜かれ、フェノキシラジカルが発生するモデル、あるいは $\alpha$ 位が水酸基である $\beta$ -O-4 構造にケチルラジカルが発生するモデルなどが示されている。

フェノキシラジカルを生じたリグニンには、キノン構造などが形成され、これは木材が暗・濃色化する原因となる。しかしながら、木材の光変色には抽出成分の光酸化反応も係わっているため、抽出成分に富む濃色材の変色パターンは樹種によって様々である。なお、具体的な変色傾向については、3.1.1 の①で述べた通りである。

木材に生じたラジカルはリグニンや抽出成分を変性・分解させるほか、セルロースやヘミセルロースの重合度低下を引き起こす。木材の細胞壁構造は結晶化したセルロースミクロフィブリルが骨格を成し、リグニンとヘミセルロースがこれを充填している。リグニン量が多いのは細胞壁の内部であるが、リグニン濃度が高いのは、隣り合う細胞壁が接する細胞間層である。

このため、リグニンが光酸化して低分子化すると、細胞壁自体の強度が低下

するだけではなく、隣り合う細胞壁が分離しやすくなる。これは、表層の割れ、 ささくれ、浸食の原因となる(図 3.2)。

### 3.2.4 光の浸透深さ

木材にとって有害な紫外線や紫色光は、木材のどの深さまで浸透するのだろうか。木材に浸透した紫外線や可視光線は、表層の深さ数十 μm から数百 μm の範囲で強く吸収され、大幅に減衰する。この際の減衰挙動は概して、ベール・ランベルト則に従うことが知られている。

すなわち、木材に浸透する光量は深さ(厚さ)に対して指数関数的に減衰する。また同じ深さにおける光量は木材の密度に反比例する。但し、木材に対しベール・ランベルト則を比較的正確に適用できるのは、木材表層の深さ1mm程度までである。それより深くなると、同式からの乖離が大きくなる。

近年、スギ辺材の光透過性が詳細に評価され、紫外線(波長 372 nm)は深さ約  $90 \text{ }\mu\text{m}$  で元の 10%に減衰すること、可視光線のうち木材にとって有害な紫色光(波長 403 nm)は深さ約  $150 \text{ }\mu\text{m}$  で元の 10%に減衰することが示された。それぞれ元の 1%に減衰するのは上記の 2 倍の深さである(図 3.6)。このように、紫外線や可視光線は長波長ほど木材への浸透が深くなる傾向がある。

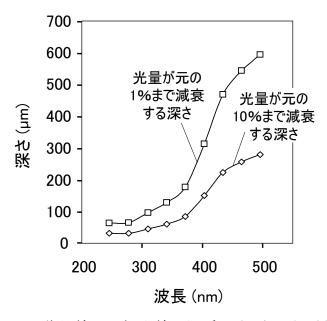


図 3.6 紫外線と可視光線の浸透深さ(スギ辺材)

### 3.2.5 光酸化反応の生じる深さ

一般に、木材の表面から深さ 100~200 μm 程度までは、太陽光の影響を受けやすく、光酸化反応による化学構造の顕著な変化が生じやすい。これは主に木材への浸透が浅い紫外線によるものであると考えられている。一方、長期間光

照射された木材には、その $1\sim3$  倍程度の深さまで、比較的緩やかな化学構造の変化が見られる。これは紫外線よりも浸透の深い、紫色光が引き起こしたものであると推測されている。

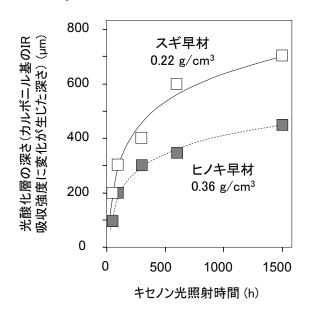


図 3.7 人工太陽光照射時間と光酸化層の深さの関係

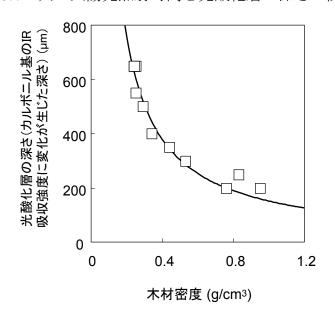


図 3.8 木材の密度と光酸化層の深さの関係(人工太陽光 1500 時間照射後)

例えば、屋外光約1年分の人工太陽光(キセノンランプ)をスギ辺材のまさ目面に照射すると、早材では光酸化層(光酸化による化学構造の変化が生じた層)が深さ約 $700~\mu m$ まで発達する(図3.7)。このような比較的深部における反応は紫色光が引き起こしたと考えられている。

スギ辺材の深さ 700 μm における紫色光の光量は、ベール・ランベルト則に基

づけば、元の(表面の) わずか 0.1 %程度に過ぎないが、光酸化反応速度論の観点からすれば、このようなわずかの光量が長期的には検出可能な変化を起こし得ると考えられている。

なお上記の報告においては、光酸化層の深さ方向への発達速度が、光照射時間の対数関数として近似されること、すなわち、時間の経過とともに急速にレベルオフすることが示されている。したがって、光照射時間を上記の 10 倍(約10 年分)まで延長しても、光酸化層の深さは、1 mm 程度までに留まると推測されている。

木材に浸透する光の減衰挙動が、ベール・ランベルト則に従うことから、光酸化反応が生じる深さは、木材の密度に反比例することになる(図 3.8)。したがって高密度の木材ほど光酸化反応の生じる深さが小さくなる。また同じ木材でも低密度の早材は高密度の晩材より深くまで光酸化する。3.1.1 の④で述べたように、気象劣化の進んだ木材の表面において浸食の速度が木材の密度に反比例するのはこのためである。

### 3.2.6. 水分の影響

光酸化反応による成分の変性・分解が進むにつれて、分解生成物には有機酸、バニリン、シリンガアルデヒドなど水溶性の物質が多く含まれ、これらは雨水や結露水などの自由水に溶出するようになる。この分解生成物の溶出に伴う変色は3.1.1の②で説明した通りである。なお、水分は分解生成物を溶出するだけではなく、その存在により光酸化反応を促進する可能性があると考えられている。

成分の分解と溶出が進むと、支えを失った木の細胞壁(繊維)が風雨や砂塵の作用で表面から少しずつ脱落を始め、紫外線はより深くまで浸透するようになる。この繰り返しによって、木材の表面は緩やかな速度で浸食される。前述の通り、光の浸透深さが木材の密度に反比例する結果、光酸化層の発達深さも浸食の速度も木材の密度に反比例することになる。3.1.1④で述べたように、木材の表面が凹凸化するのはこのためである。

水分の影響としては、湿度変化による木材の寸法変化も重要である。光酸化 反応によって強度が低下した木材の表層では、細かな割れが生じやすい。無塗 装木材の寸法は、例えば半径方向に沿って見ると年間1%程度変動するが、特 に変化量が大きい時期は夏の終わりから秋ごろである。なお、木材の寸法変化 は塗装によって抑制されるが、その程度は塗膜のタイプによって異なる。いず れにせよ基材である木材の寸法変化はその上の塗膜に物理的なストレスを繰り 返し与えることになる。

### 3.2.7 温度、その他の因子

太陽光と水分の他、比較的影響の大きい気象因子として温度変化がある。温度の上昇は光酸化反応速度を増加させると考えられている。また、温度の変化により木材中に浸透した水分が凍結・解凍して微少な割れの原因となる。後者の理由から、例えば冬季の降雪量が多く、気温の変化が大きい地域では、木材や塗装木材の気象劣化機構に及ぼす寒冷気候の影響について考慮する必要がある。その他、大気汚染物質の影響としては、酸性度の高い雨水が木材の劣化を早めると報告されている。

### 3.2.8 地域差・方位差・角度差

日本国内の地域による気象劣化の差異を明らかにするため、スギの薄単板を 北海道から沖縄までの6カ所で屋外暴露し、毎月の気象劣化による単板の質量 減少率を目的変数に、各地域の平均気温、降水日数、日射量を説明変数として 重回帰分析した研究例がある。その結果をもとに日本全国における劣化指数(ク ライメート・インデックス: CI) が試算された。気温が高く降水日数の多い九 州南部から四国南部にかけての劣化指数が最大であり、最小値を示した北海道 の約1.5倍に達することなど、木材の気象劣化にかなりの地域差があることが示 されている。

最近、この分析手法を木材の変色予測に適用した研究では、材面の色パラメータ(明るさ: $L^*$ 値、赤み: $a^*$ 値、黄み: $b^*$ 値)を目的変数に、平均気温、降水日数、日射量を説明変数として重回帰分析を行い、木材の屋外での変色傾向と気象因子との関係を数値化することに成功している。

## 気象因子から変色をシミュレーション

地域気象や日当たり・雨掛りによって変色の程度が異なる

逆に、日射量、雨量、気温などから変色を予測できる

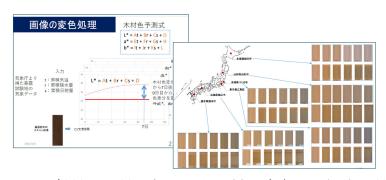


図3.9 日射量、雨量、気温から木材の変色を予測する技術

この技術を発展させるため、平成 27 年度林野庁事業「地域の特性に応じた木

質部材・工法の開発・普及等支援事業」のうち「大規模木造建築物における木質外構部材の耐候性向上・維持管理技術の確立」では、全国でスギ辺材、心材、及びそれらの塗装材を屋外暴露し、その成果をもとに外構木材の変色傾向をシミュレーションする技術が開発された(図 3.9)。

さらに同事業では、気象因子の影響力が、木材を設置する方位や角度によって異なることも報告されている。例えば、方位による差を東西南北の壁面で比較した場合、紫外線量の多い南面における浸食速度が最大であり、東西面がそれに次ぐ。前述のようにカビの発生も南面が最大であり、東西面がそれに次ぐ。一方、北面は藻類対策が課題となる。

気象因子の影響は木材の使用角度によっても大きく異なる。南向きの屋外爆では、90度(垂直)、45度、0度(水平)のうち 90度での劣化が最も軽微であり、その浸食速度は 45 度や 0 度の場合の約 1/2 である。なお水平部材には水分が停滞しやすいので注意を要する。

以上のように、木材を設置する方位や角度によって気象劣化の程度が異なる ため、メンテナンスにおいては方位や角度別に点検や補修計画を計画すること が望まれる。

### 3.2.9. 軒の出と地上高の影響

軒やけらばの出を確保すること、基礎を高くすることは、気象因子の影響を抑制するための大変有効な方法である。例えば2階建ての建物の場合、雨水への対策として適切な軒の出は900 mm以上であり、適切な基礎の高さは跳ね返り面から250 mm以上(雨樋設置時)あるいは450 mm以上(雨樋不設置時)であることなどが示されている。

なお、壁面に接してデッキを設置したり、他の構造物を設置した場合には、 雨水の跳ね返りが新たに生じることに留意し、防水を強化したり、防腐のため の木材保存処理を行うなどの検討が必要になることがある。雨水の跳ね返りを 減らし、建物に樹木や他の構造物を隣接させないことはカビや藻類汚染への対 策としても重要である。

木製外装に及ぼす地上高の影響については、関東北部の木造校舎において下見板の風化量を調査した報告がある。傾向として、地上高約1.2メートルまでは日射と雨(跳ね返りも含む)の影響を受けるため風化量が大きい。但し、この値は、軒の出や植栽の有無によって変わるものである。軒の出が極端に短い場合にはかなりの地上高まで風化が進行すること、また、壁面の近くに植栽がある場合にはその陰となる部分の風化量が少なくなることが指摘されている。

### 3.3 気象劣化の抑制

### 3.3.1. 木材の外部用塗装の種類

前節で解説したように、無塗装の木材を日当たりや雨掛りの多い環境で使用すると、変色、微細な割れ、浸食が発生する。このような気象劣化抑制し、木材の美観を維持するには、軒やけらばの出など建築物の構造によって日当たりや雨掛りを減らすこと、さらに以下に述べるように、木材の表面を塗装によって保護することが重要である。

塗装は木材に及ぼす気象劣化因子の影響を制御するとともに、各種汚染の発生を抑制するために行われる。日本建築学会「建築工事標準仕様書 JASS 18 塗装工事」には、「木質系素地に対する塗装仕様の選び方の目安」が示されている。そのうち屋外仕様について図 3.10 に示す。

## 木材の外部用塗装仕様

(日本建築学会建築工事標準仕様書 JASS18 塗装工事に基づく)

透明・着色	塗装仕様
着色隠ぺい(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ションペイント塗り(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
(木目を見せる)	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

図 3.10 木材の外部用塗装の種類

国土交通省は2011年、公共建築物等への木材利用促進に資するため「木造計画・設計基準」を制定した。同基準では、外壁の仕上げに木材を使用する場合など木材を塗装すべき条件が規定されており、塗装にあたっては上記JASSの目安が参考になるとされている。

図 3.10 において屋外用の木材塗装は、着色隠ぺい(エナメル)仕上げと半透明仕上げ(ステインを含む)に大別される。図 3.11 に示すように、着色隠ぺい仕上げは不透明な塗膜を形成し木材素地を保護する能力が高い。半透明仕上げは木目が透けるため木材の美観を活かしやすいメリットがある。

半透明仕上げは、さらに素地に含浸し塗膜の形成を目立たせない含浸形と、 塗膜を形成する造膜形に細分される。一般に、素地を保護する能力では造膜形 が優れるが、塗り替えの手間では含浸形が有利である。以下にそれぞれの特徴 を説明する。

### ① 着色隠ぺい仕上げ

日本では古来より木造建築物の外部に丹塗り、べんがら塗り、ちゃん塗りなど隠ぺい性の高い塗装を用いてきた歴史がある。幕末にペイント塗り(ペンキ塗り)が導入されると、その後は油性調合ペイント、合成樹脂調合ペイント、フタル酸樹脂塗料、合成樹脂エマルジョンペイントなどがいわゆる「ペンキ」塗りとして使用されてきた。

# 着色隠ぺい仕上げと半透明仕上げ



着色(エナメル)仕上げの例

A E (1) 7/10 (H)

半透明仕上げ(含浸形)の例

〇木材の外部用塗装は、素地表面を 隠ぺいする着色(エナメル)仕上げと、木 目を見せる半透明仕上げに大別される。

○着色隠ぺい仕上げは、素地に不透明 な塗膜を形成して素地の光劣化を防ぐ。

〇半透明仕上げは、木材の素地に含 浸して塗膜形成を目立たなくする含浸 形と、半透明の塗膜を形成する造膜形 に大別される。

(木目がよく見えるほど木材素地が光劣 化しやすい傾向がある。)

図 3.11 着色隠ぺい仕上げと半透明仕上げ

これら着色(隠ぺい)タイプの造膜形塗装は、後述の半透明タイプと比較して紫外線の侵入を防ぐ能力が高く、含浸形塗料と比較して水分の浸入を防ぐ能力が高い(図 3.11)。一方、塗膜割れなど欠陥が生じて水分が侵入すると、塗膜下の見えない部分で腐朽が拡がる恐れがある点に注意を要する。

このタイプの木材塗装に対して、メーカーが示す耐用年数は通常 5~7 年程度である。しかしその一方で、明治時代に建築された洋風建物の下見板張りについて、現在までの塗替え周期が約 7 年であったことが報告されている。このことを踏まえれば、塗料の性能が向上した現代において、塗装前の素地調整を適切に行うことにより、さらなる長寿命化も可能になると考えられる。

事実、米国ではこのタイプの木材塗装に対して、10年以上の耐用年数を想定している。この日米間の差違については、気象環境が異なるほか、塗装前の素地調整の違いも大きく影響していると考えられる。日本では木材をプレーナー等で平滑にしてから塗装するが、米国では後述のように、帯鋸製材で粗挽き(ラフソーン)した材面をそのまま塗装する。これにより塗料の浸透量が増え、耐用年数が伸びるのである。したがって、上記の「米国における 10年以上の耐用年数」もラフソーン面への塗装が前提となっている。

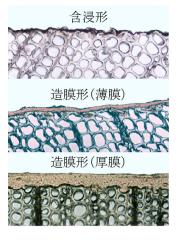
### ② 半透明仕上げ

日本には木材を塗装する文化がある一方で、白木を尊ぶ考え方も古くから存在する。また渋墨塗りなど木目が見える着色仕上げも古くから行われていた。このような木目を好む日本人の特性は、現代においても、後述の木材保護塗料塗りなど半透明の仕上げに人気が集まる大きな理由であろう。一方、欧米でも無塗装の木材が経年変化したシルバーグレーの美しい外観や、木目を見せるステイン仕上げはしばしば好まれる。しかし欧米での主流はやはり木目の見えない隠ぺいタイプの塗装である。

木目が見える半透明仕上げの代表格として木材保護塗料塗りがあげられる。 これは 2006 年に JASS 18 に採用され、2010 年からは国土交通省監修「公共建築工事標準仕様書」にも採用されている塗装仕様である。木材保護塗料は、樹脂(アルキド樹脂やアマニ油など)と着色顔料のほか、防腐、防かび、防虫のための薬剤を既調合で含むことを特徴とし、同様の半透明仕上げが得られるピグメントステインと比較して耐久性が優れるとされている。しかし、その薬剤は塗装性能の維持を目的としているものであるから、腐朽やシロアリ食害への対策は別途行う必要がある。

半透明仕上げは、着色(エナメル)仕上げと比較して塗膜による隠ぺいの効果が弱く、可視光線に加えて紫外線の一部も塗膜を透過するため、木材素地に光酸化反応が生じる(図 3.11)。このため、一般的に木目が良く見える仕上げほど、耐候性が低くなる傾向が見られる。

# 造膜形と含浸形



○造膜形と含浸形を比較すると、木 材表面を保護する性能では造膜形 が有利。

〇一方、塗り替えの手間を考えると、 重ね塗り可能な含浸形が有利なこと がある。

〇例えば、デッキ、ベンチ等の直接手足で触れる部材や、大規模木造建築物のようにメンテナンスが頻繁に求められるものには含浸形が、住宅外装や看板、標識など意匠性が重要なものには造膜形塗料が選択されることがある。

図 3.12 造膜形と含浸形

#### ③ 造膜形と含浸形

半透明仕上げの代表格である木材保護塗料は、さらに2種類に分けられる。 木材素地に含浸して塗膜の形成を目立たなくする含浸形と、塗膜を形成する造 膜形である(図 3.12)。このタイプの塗料が木材表面で塗膜を形成するか否かは、 塗料樹脂成分の分子量などに依存すると考えられている。

造膜形は、塗膜が存在するため木材素地を保護する能力に優れる。但し一旦 塗膜割れが生じると目立ちやすい。一方、含浸形は素地を保護する能力では造 膜形に劣るが、塗料成分が徐々に脱落し、少しずつ風化したように見えるとい う長所がある。塗り替え時の手間を考えると、デッキなど直接触れる部材や大 規模木造建築物のように頻繁なメンテナンスが求められるケースでは重ね塗り 可能な含浸形が、一方、住宅外装や看板など意匠性が重視されるケースでは造 膜形が選択されることがある。

#### 3.3.2. 耐用年数

塗装面の耐用年数は、塗料そのものの性能のほか、軒やけらばの出、部材の設置角度や方位によって異なる。このため一概には言えないが、着色隠ぺいの造膜形は5~7年、半透明の造膜形は3~5年、半透明の含浸形は2~3年目までに最初の塗り替えを行うことが多いようである(図3.13)。なお、含浸形では、使用中に生じた微細な割れへの浸透量が増えるため、2回目以降の塗り替え周期は上記の2倍程度にまで伸びることが報告されている。

# 耐用年数の目安

- 耐用年数は、日当たりや雨掛りによって異なる。
- 目安として、隠ぺい造膜形は5~7年、半透明造膜形は3~5 年、半透明含浸形は2~3年目までの塗替えがよく見られる。
- 含浸形や薄膜タイプの造膜形は、使用中に生じた微細な割れ への塗料浸透量が増えるため、2回目以降の塗替え周期は上 記の2倍程度に長くなることがある。

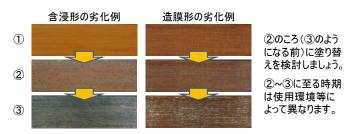


図 3.13 屋外用塗装の耐用年数(目安)

いずれにせよ、木材の外部用塗装の選択にあたっては、どのような性能に期待するかによって選択すべき塗料のタイプが異なり、塗り替え周期も異なることを踏まえておく必要がある(図 3.14)。塗装面の耐用年数に関しては、屋外暴露試験または促進耐候性試験のデータの有無をメーカーに確認し、性能の変化傾向や、塗装面劣化の点検方法、塗替え時期の判断に関する情報を把握しておくことが望ましい。言い換えれば、そのようなデータや情報を提示できる塗料

や塗装建材の使用を優先して検討するべきである。

# 屋外用塗装の選択例

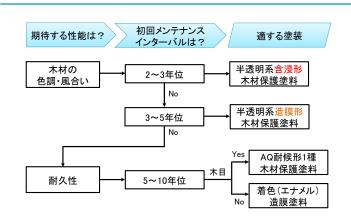
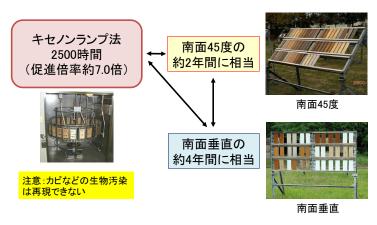


図 3.14 屋外用塗装の選択例(目安)

## 促進耐候性試験と屋外暴露試験の相関



\*石川ほか:木材保存 40(2)、55-63 (2014)

図 3.15 キセノン法促進耐候性試験と屋外暴露試験の関係

塗装木材の促進耐候性試験については、キセノンランプ法促進耐候性試験 (JIS K 5600-7-7 など)の約 2500 時間、または紫外線蛍光ランプ法(欧州規格 EN 927-6)の約 12 週間が、つくば市における南向き傾斜 45°の屋外暴露試験 2 年間(南向き垂直暴露なら約 4 年間)に相当することが報告されている(図 3.15)。但し、この方法ではカビや藻類などの汚染が生じないため、屋外での変色が一部再現できないことに注意すべきである。

なお、上記以外の人工光源(ランプ)を用いた促進耐候性試験もしばしば行われているが、太陽光の分光分布との差異が大きい場合には、屋外暴露試験との相関の検討が困難になることに注意を要する。

これまで、塗装木材の長期耐候性能に関する公的な規格はなかったが、2014年、(公財)日本住宅・木材技術センターの優良木質建材等認証(AQ)に「耐候性塗装木質建材」の評価基準が設けられ、耐候性能が3等級(耐候形1種、2種3種)に区分された。これは具体的な耐用年数を保証するわけではないが、耐候形1種で $5\sim10$ 年、2種で $4\sim6$ 年、3種では $2\sim4$ 年程度の耐用年数が想定されている。

### 3.3.3. 塗装性能を伸ばすために

塗装にあたっては、日本建築学会のJASS18を参照し、木材含水率(18%以下)、素地調整(汚れ等除去、研磨、ヤニ止め等)、塗装工程(塗り回数、塗布量等)を適切に管理することが重要である(図 3.16)。また JASS18 には塗装性能の試験方法等も規定されている。その適合品を使用するのが基本である。

# 塗装時の注意

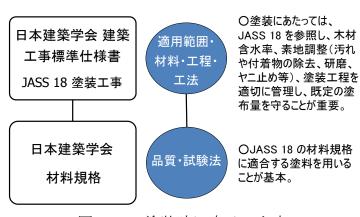


図 3.16 塗装時に守るべき点

# 耐用年数を伸ばす素材と仕上げ

- 〇 米国農務省林産研究所によれば、屋外用の塗装に関し、長期の耐用年数が期待できる素材は、ラフソーン(帯鋸製材の粗挽き面) 仕上げ、針葉樹材、まさ目、低密度、年輪のうち晩材の幅が小さく早材と晩材の移行が緩やか、心材、含水率20%未満(JASS 18では18%以下)の木材。
- 角部(エッジ)の曲面仕上げや面取りも効果的。

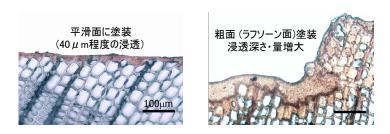


図 3.17 耐用年数を伸ばす素材の特徴とラフソーン仕上げの効果

木材の性状は塗装後の耐用年数に影響する。例えば、米国農務省林産研究所では、針・広葉樹、密度、年輪、木取り、表面仕上げの影響に着目し、外部用塗装時により長い耐用年数が期待できるのは、針葉樹材、低密度、早・晩材の移行が緩やか、晩材幅が小さい、心材、柾目、ラフソーン仕上げであるとしている。ラフソーン仕上げは、帯鋸製材の荒々しい材面をそのまま塗装に供することにより、塗布量が増え、性能が向上するとされている(図 3.17)。

## 耐用年数を伸ばす前処理



図 3.18 耐用年数を伸ばす木材の前処理

# 面取りの効果

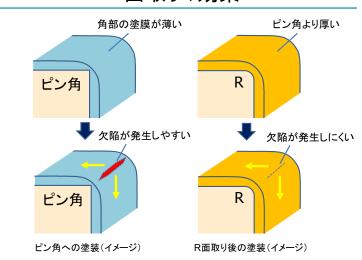


図 3.19 角部の曲面仕上げによる欠陥の抑制

このほか、木材塗装の耐用年数が延長するのは、熱処理や化学加工で寸法安 定化された木材や、銅アミン錯体を含む保存薬剤で注入処理した木材を塗装し た場合などである(図 3.18)。但しこれらの前処理によって木材が着色し、塗料 の発色に影響することがある。また木材表面の濡れが変化するため専用の塗料 を必要とする場合がある。

造膜形塗装の耐用年数を向上させるには、角部の曲面仕上げや面取りも効果的である。一般に、部材の角部では塗膜が薄くなり、塗膜欠陥が生じやすい。 そこで部材角部の曲面仕上げや面取りにより丸みを持たせることで、塗膜の厚さを増し、塗膜欠陥の発生を軽減することができる(図 3.19)。

### 3.3.4. 塗り替えとメンテナンス

塗装木材を長持ちさせるには、毎年、割れ、剥がれなど欠陥の発生状況を点検し、早めに対処することが大切である。塗り替え時期の判断は、木材素地の保護をどの程度重視するのか、美観をどの程度まで要求するのかによって異なるが、造膜形は塗膜に軽度の割れや剥離が発生する時期が、含浸形は塗料の顔料が脱離し基材である木材素地が見え始める時期が、一般的に塗替えを考慮すべき時期であるとされている。

# メンテナンス計画・塗装種別(一例)

## ○ 塗装のタイプによって塗り替え周期は異なる



図 3.20 塗料タイプ別の塗り替えのスケジュール例

塗り替えにあたっては、公共建築改修工事標準仕様書やJASS18を参照し、 劣化状況に応じて既存塗膜の除去、漂白、研磨などを行ってから再塗装する。 なお、具体的な再塗装の方法や実例については第4章に取り纏められているの で参照していただきたい。

塗料タイプ別の塗り替えのスケジュール例を図 3.20 に示す。同じタイプで塗

り替えるケースのほか、初回は含浸形、塗り替え後は造膜形とするケースもある。 なおこの表はあくまでも一例であり、使用環境や塗料性能に依存して、塗り替えまでの期間は短縮または延伸される。

### 3.4 まとめ

本章では、外構木材の気象劣化とその抑制の方法を明らかにするため、気象 劣化の概要、気象劣化に影響する因子とその作用メカニズムについて解説し、 さらに、木材の外部用塗装の種類、耐用年数とそれを伸ばすための方法、及び 塗り替えとメンテナンス方法に関する最新の知見を取り纏めた。より具体的な メンテナンスの実例については次章に記載されているので、本章とともにご活 用いただきたい。木材の気象劣化メカニズムに関する理解を深め、その知見を もとに、より効果的な耐候処理やメンテナンスを行っていただければ幸いであ る。

## 第4章 外構木材のリフォーム・リニューアルの施行事例

### 4.1 木製遮音壁利用

### 4.1.1 概要

先に述べられている通り、木材を外構材や外装材として利用を拡大していく ためには、木材劣化の予防策およびメンテナンスについて提案していく必要が ある。本項では、㈱ザイエンス関東工場にある劣化した木製遮音壁を用いてリ フォーム・リニューアルを行ったので、以下の通り報告する。

木製遮音壁施工当時の報告書(平成12年度林野庁補助事業:人に優しい木質資材公共利用促進技術開発事業、(社)日本木材加工技術協会、平成13年3月)では、本遮音壁は音響性能、特に吸音性向上を図るための試験体として作成されたことから、防腐・防蟻処理は施していなかったと考えられる。因みに、その当時、近郊で施工された木製遮音壁には、ナフテン酸亜鉛乳剤及びCUAZ(北関東自動車道の前橋地区)、ACQ(東北自動車道の大谷パーキングエリア)の防腐・防蟻処理が行われていた。

### 4.1.2 リフォーム

本試験では、16年間野外で暴露されていたスギ角材(90×90×L2000mm)100本が装着された鋼鉄製(当初7ブロックで構成されていた(図 4.1.11)が5ブロック存続(図 4.1.1))の木製遮音壁を対象とした。上記の報告書には、遮音壁部材としては、吸音率を測定するため、スリット-穴型パネル、穴-穴型パネル、スリット-スリット型の加工を施したとある。前2者の形式により3パネルを作成したが、吸音率測定試験の結果と穴型の加工難しさを勘案して、スリットースリット型が実用化に相応しいという結果になった様である。そのため、吸音率測定試験の終了後、試験体の暴露を始める時点では、穴型パネルのうちの2パネルを廃棄して、合計5パネルでの暴露となったと考えられる。本事業では、劣化に応じて、リフォームとリニューアルを区別して行うことを目的としたため、部材の劣化度を事前に調査した。劣化度は、気象劣化と腐朽劣化のそれぞれについて、目視により行った。その結果を表4.1.1に示す。劣化度の基準については、表1.1.1の脚注を参照されたい。

劣化調査の結果から、比較的健全な53本をリフォームするために再利用した。なお、リフォーム用部材の気象劣化度と腐朽劣化度は、それぞれ2.4と0.3であった。リフォーム用部材では、木材表面の気象劣化はかなり進んでいたが、木材腐朽はほとんどの部材で目視の限りでは認められなかった。

表 4.1.1 木材遮音壁部材の目視による経年的な劣化度

	手前から見て左 端穴加工	スリット加工	スリット加工	無加工	右端 スリット加工
1	3* (***) **	3* (2) <b>**</b>	3* (3) <b>**</b>	3* (1) **	<del></del>
2	2	3 (1)	2 (3)	3 (1)	<del>-*</del> (2)
3	2	2 (0)	3 (0)	2 (0)	<del>*</del> (0)
4	3	2 (0)	2 (0)	3 (1)	<del>*</del> (0)
5	2	2 (0)	2 (0)	3 (0)	2 (0)
6	2	2 (0)	3 (1)	3 (0)	2 (0)
7	2	2 (0)	3 (1)	3 (0)	3 (0)
8	3	2 (0)	2 (0)	3 (0)	2 (0)
9	2	2 (0)	2 (0)	3 (0)	3 (0)
10	2	2 (0)	2 (1)	3 (1)	2 (0)
11	2	2 (0)	2 (2)	3 (1)	2 (0)
12	2	2 (0)	2 (2)	3 (0)	2 (1)
13	2	2 (0)	2 (2)	3 (0)	2 (0)
14	2	2 (0)	2 (2)	3 (0)	2 (0)
15	2	2 (0)	2 (1)	3 (0)	2 (0)
16	2	2 (0)	2 (2)	3 (0)	2 (0)
17	2	2 (0)	2 (2)	3 (0)	2 (1)
18	2	2 (0)	2 (2)	3 (0)	3 (3)
19	2	2 (1)	2 (2)	3 (0)	2 (3)
20	3	3 (3)	3 (4)	2 (1)	3 (4)

黄色の塗りつぶしは、取り外してリニューアル部材と交換したものを示す。

\*木材表面の目視による気象劣化度は4段階評価した。

気象劣化度:0=健全、1=割れ・目やせ・変色が小、2=割れ・目やせ・変色が中、3=割れ・目やせ・変色が大

\*\*木材の目視による腐朽劣化度は6段階評価した。

腐朽劣化度:0=健全、1=部分的に軽度の腐朽又はぎ(蟻)害、2=全面的に軽度の腐朽又はぎ害、3=2の状態の上に部分的に激しい腐朽、4=全面的に激しい腐朽又はぎ害、5=腐朽又はぎ害によって形が崩れる

\*\*\*非スリット型部材は、全てを取り外すため、腐朽劣化度の測定は行わなかった。 \*\*\*\*予備試験用に事前に部材を取り外したため、気象劣化度の測定は行わなかった。

### 4.1.3 リフォーム方法

リフォームは、対象材 53 本をA~Dの 4 グループに分け、下地処理方法、塗料の種類により組分けした(各グループの処理方法を表 4.1.2 に示す)。

漂白及び洗浄は、市販の漂白剤を目安として次亜塩素酸ナトリウム3%含むように水道水で希釈したものを刷毛塗りし、高圧洗浄機で洗い流した。

塗装は、まず各グループよりランダムに2本ずつ選別したスギ角材の表面 (0.18m²) とする部分に、付着量を計測しながら標準塗布量に達するまで塗装した。プレーナー加工とサンダー研磨との塗布量実測値比較を行った。

次に、残りの試験材への塗装は、A~Dグループ毎の塗装する総面積に各塗料の平均塗布量(塗装基準の中間値)を乗じて算出される付着量分の塗料を小分けし、塗料ロス分をできるだけ減らすために塗装回数に関係なく塗装した。

### 【参考】Aグループ11本の場合の途料の算出量

総塗装面積  $1.98m^2$  ( $0.18m^2 \times 11$  本) ×平均付着量  $148g/m^2$  ( $125 \sim 170g/m^2$  の中間値) = 293g の塗料を 11 本になるべく均等に塗装した。

グループ	A (13 本)	B (13本)	C (13本)	D (14本)
下地処理方法	漂白・洗浄 及び サンダー研磨 型レーナー 処理のみ		漂白・洗浄 及び サンダー研磨	プレーナー 処理のみ
塗料の種類	油性含	含浸形	水性造膜形	
メーカー指定 の標準塗布量	45~61g(2本の合計) (125~170g/㎡)		54~90 g (2 (150~25	
塗布量実測値 (2本の合計)	61. 7g $(172 \text{ g/m}^2)$	$52.8g$ $(147 g/m^2)$	81. 6g $(226 \text{ g/m}^2)$	$68.4g$ $(191 g/m^2)$

表 4.1.2 リフォームの下地処理方法と塗布量の内訳

### 4.1.4 リニューアル

木製遮音壁として装着されていたスギ角材 100 本の内、リフォームできない 47 本の部材は (表 4.1.1)、リニューアル (新品交換) することとした。なお、手前左パネルの穴加工を行った全ての部材については劣化が進んでいることから、全てを取り外すことにした。取り外した部材の気象劣化度と腐朽劣化度は、それぞれ 2.4 と 1.6 であった。

リニューアル材は、AZNA 加圧注入処理後、塗装可能な状態まで乾燥させた後に塗装した。なお、リニューアルする 47 本中 6 本は、下地処理及び塗装を施さ

ずに装着した。

#### 4.1.5 リニューアル方法

リニューアルは、対象とした 47 本を E、 F 及び無塗装の 3 グループに分け、 E~F は下地処理方法、塗料の種類により組分けした(各グループの処理方法を表 4.1.3 に示す)。

塗装は、まずE及びFグループよりランダムに4本ずつ選別したスギ角材の表面  $(0.18m^2)$  とする部分に、付着量を計測しながら標準塗布量に達するまで塗装した。

次に、残りの試験材への塗装は、E及びFグループ毎の塗装する総面積に各 塗料の平均塗布量(塗装基準の中間値)を乗じて算出される付着量分の塗料を 小分けし、塗料ロス分をできるだけ減らすために塗装回数に関係なく塗装した。

### 【参考】Eグループ21本の場合

総塗装面積  $3.78m^2$  ( $0.18m^2 \times 21$  本) ×平均付着量  $148g/m^2$  ( $125 \sim 170g/m^2$  の中間値) = 559g の塗料を 21 本になるべく均等に塗装した。

グループ	E (21 本)	F (20本)	無塗装(6本)
下地処理方法	プレーナー加工、面	T取り、サンダー研磨	
塗料の種類	油性含浸形	水性造膜形	_
メーカー指定 の標準塗布量	90~122g(4本の合計) (125~170g/m²)	108~180g(4本の合計) (150~250g/m²)	_
塗布量実測値 (4本の合計)	90.9 g $(126 \text{ g/m}^2)$	152. 9 g (213 g / $m^2$ )	_

表 4.1.3 リニューアルの下地処理方法と途布量の内訳

### 4.1.6 木製遮音壁のリフォーム及びリニューアル費用

 $A \sim F$  および無塗装の各グループの各作業に要した費用を表 4.1.4 に示した。なお、リニューアル作業時の各工程写真を図  $4.1.1 \sim \mathbb{Q}$  4.1.10、再取付け時の試験体配置図を表 4.1.5 に示した。

また、参考として、木製遮音壁の新設時と本事業開始前の写真を図 4.1.11~ 4.1.13 に示した。

表 4.1.4 リフォーム及びリニューアル作業に要した費用 (単位:円)

グループ	A	В	С	D	Е	F	無塗装
本数	13	13	13	14	21	20	6
総塗装面積		2. 34 m²		2. 52 m²	3. 78 m²	3. 60 m <sup>2</sup>	_
総材積					0.34 m³	0. 324 m <sup>3</sup>	0. 10 m <sup>3</sup>
材料費					140, 700	134, 000	40, 200
加圧注入 処理費	_	_	_	_	15, 960	15, 200	4, 560
漂白薬剤費	156		156				
同上作業費	15, 600		15, 600				
下地処理	21, 580	11, 700	21, 580	12,600			_
塗装材料費	872	850	918	956	1, 336	1, 408	—
同上作業費	7,020	7,020	7,020	7, 560	11, 340	10,800	—
取外費	27, 040	27, 040	27, 040	29, 120	43, 680	41,600	12, 480
取付費	27, 040	27, 040	27, 040	29, 120	43, 680	41,600	12, 480
残材処分費			_		8, 847	8, 426	2, 527
合計	99, 308	73, 650	99, 354	79, 356	265, 543	253, 034	77, 248

備考1 今回のリフォーム・リニューアル補助事業が短納期であったため、人工 乾燥により塗装処理前含水率調整を行った。

備考2 塗料費については、実使用量に基づく値である。



図 4.1.1 16 年間屋外暴露されていた木製遮音壁 (5 ブロック)



図 4.1.2 16 年間屋外暴露されていた木製遮音壁の一部分



図 4.1.3 木製遮音壁部材の仕分け



図 4.1.4 漂白作業



図 4.1.5 高圧洗浄作業



図 4.1.6 プレーナー加工作業

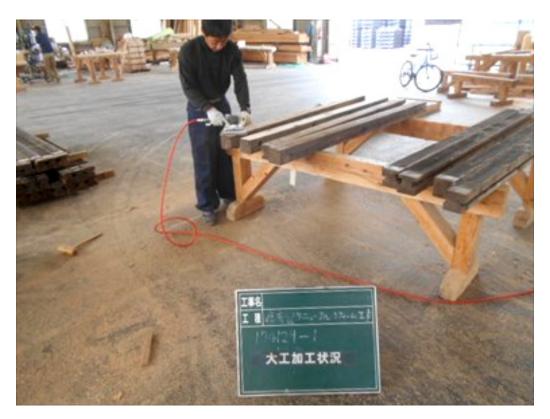
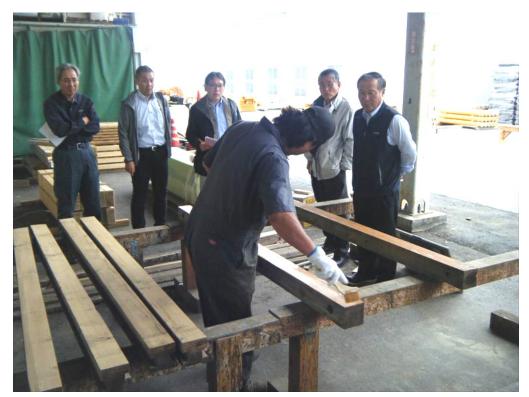


図 4.1.7 サンダー研磨作業



図4.1.8 塗装1回目の視察時



\_\_\_\_\_ 図 4.1.9 職人による塗装処理



図 4.1.10 再取付け作業

表 4.1.5 木製遮音壁の試験体配置 木製遮音壁の試験体配置条件

	①:左	2	③:中央	4	⑤:右
1	F	F	F	F	F
2	A	A	A	A	A
3	В	В	В	В	В
4	С	С	С	С	С
5	D	D	D	D	D
6	E	E	E	E	E
7	F	F	F	F	F
8	無	無	無	E	E
9	A	A	A	A	A
10	В	В	В	В	В
11	С	С	С	С	С
12	D	D	D	D	D
13	E	E	E	E	E
14	F	F	F	F	F
15	無	無	無	E	E
16	A	A	A	D	D
17	В	В	В	D	D
18	С	С	С	E	E
19	F	F	F	F	F
20	Е	E	E	E	E

A) 13 本:漂白・高圧洗浄及びサンダー研磨(油性含浸形塗装)

B) 13 本: プレーナー加工 (油性含浸形塗装)

C) 13 本:漂白・高圧洗浄及びサンダー研磨(水性造膜形塗装)

D) 14 本: プレーナー加工 (水性造膜形塗装)

E) 21 本: リニューアル材 (油性含浸形塗装)

F) 20 本: リニューアル材 (水性造膜形塗装)

無)6本:無塗装(下地処理無し)

横軸に区分、縦軸に上から装着順を示す。



図 4.1.11 リフォーム・リニューアル完成

# 【参考】木製遮音壁の新設時とリフォーム・リニューアル事業開始時の比較



図 4.1.12 7ブロックであった



平成13年当時の木製遮音壁 図4.1.13 平成29年の事業開始直前 当時の右側5ブロック

### 4.2 公園施設の木製外構壁

### 4.2.1 概要

本項では、長期屋外暴露による経年劣化した外構材として、群馬県緑化センターの公衆トイレの入り口面に設置されている木製外構壁を対象に、リフォーム・リニューアルを施工したので、その施工工程とコストについて報告する。

今回、対象とした物件の施工前の外観を図 4.2.1 に、裏側の外観を図 4.2.2 に示す。



図 4.2.1 木製外構壁の施工前の外観 左:正面 右:左端





図 4.2.2 木製外構壁の施工前の内側 左:右側端部 右:中央部

### 4.2.2 木製外構壁

当該木製外構壁は、直径 180mm のスギ丸太 45 本を使用し、部材同士が隣接する面をタイコ落としした部材(径の 20mm 程度)で構成されている。木製外構壁は、施工当時は褐色の含浸形塗料が塗装されていたと思われるが、平成 14 年よ

り 15 年が経過したことから、塗装はほとんど消失していた。なお、防腐・防蟻 処理が行われたか否かは、不明である。

リフォーム時の劣化の状況を表 4.2.1 に示す。木製外構壁は、日光・風雨に さらされていたものの、屋根の妻面の出が 30cm 程あり、風通しも良いことから、 雨掛かりの多いと思われる端部の部材の下部を除いては、 腐朽は認められなかった。一方、外部面は、日光や風雨による気象劣化が木材表面において進んでおり、木材保護塗料のほとんどは消失し、目やせ(木材の成分が流れて木材表面に凹凸が生ずる)が目立ち、加えて、カビによる黒色化が進行しており、その深さは最大で表面からの深さが 3 mm 程に及んでいることがグラインダーでの下地調整の際に判明した。 内側の木材表面は、 雨掛かりが無く、 気象劣化はほとんど認められず、 褐色の塗料色が残っていた。

1*:2** (1) ***	2:2 (1)	3:2 (0)	4:2 (0)	5:2 (0)
6:2 (0)	7:2 (0)	8:2 (0)	9:2 (0)	10:2 (0)
11:2 (0)	12:2 (0)	13:2 (0)	14:2 (0)	15:2 (0)
16:2 (0)	17:2 (0)	18:2 (0)	19:2 (0)	20:2 (0)
21:2 (0)	22:2 (0)	23:2 (0)	24:2 (0)	25:2 (0)
26:2 (0)	27:2 (0)	28:2 (0)	29:2 (0)	30:2 (0)
31:2 (0)	32:2 (0)	33:2 (0)	34:2 (0)	35:2 (0)
36:2 (0)	37:2 (0)	38:2 (0)	39:2 (0)	40:2 (0)
41:2 (0)	42:2 (0)	43:2 (0)	44:2 (1)	45:2 (1)

表 4.2.1 部材の劣化の状況

### 4.2.3 リフォーム及びリニューアルの区分

木製遮音壁には、スギ丸太を太鼓挽きした部材が 45 本取り付けられていた。 両端部の部材の土台と接する下部付近で、目視検査に於いて若干の腐朽(腐朽 度1)が認められたことから(表 4.2.1)、安全を考慮して両端部の各 5 本を新 規材(リニューアル)と交換することとし、残り 35 本をリフォームして再利用 することした。

### 4.2.4 リニューアル部材の作製

リニューアル部材は、スギ丸棒加工材(直径180mm)10本を太鼓挽きし、所

セルの中の数値

<sup>\*</sup>部材位置(1は図4.2.1の左端、順に右に、45は右端)

<sup>\*\*</sup>気象劣化度(0:健全、1:割れ・目やせが小、2:割れ・目やせが中、3:割れ・目やせが大、)

<sup>\*\*\*</sup>腐朽劣化度は括弧内数値(0:健全、1:僅かな腐朽から5:形が崩れる腐朽まで5段階)

定の寸法に加工後、サンダー(#100)で表面を仕上げ、その後、AAC(第四級アンモニウム化合物系水溶性木材保存剤)で加圧注入処理を施し、養生を行い、塗装可能な含水率に至るまで乾燥させた。乾燥後、水性含浸型塗料を、当該塗料の標準塗装仕様の塗布量である 128g~170g/㎡を目標に2回塗りした。しかし、合計塗布量は、122 g/㎡で、標準塗布量には至らなかった。部材の加工、塗装の作業状況を図 4.2.3~図 4.2.5 に示す。なお、部材は塗料の乾燥後、現場に搬入し取り付けた(図 4.2.6)。





図 4.2.3 リニューアル部材の製作

左:加工 右:塗装





図 4.2.4 リニューアル部材の製作

左:塗布量の計測 右:2回塗り終了





図 4.2.5 リニューアルのための部材の撤去

左:右側のチェーンソーでの取り外し 右:左側の取り外し後の構造





図 4.2.6 リニューアル部材の設置

左:左端部の設置 右:左端部の設置

## 4.2.5 リフォームの方法

リフォームとリニューアルの方法については、緑化センター管理者と、事業の目的、モデル的なリフォームとリニューアル施工の意義、作業の内容(下地調整と再塗装)と仕様(主に塗装色)、作業のスケジュール、施工中の公園利用者への配慮などについて、多義に渡る打ち合わせを数回行った(図 4.2.7)。

本件、該当施設に関する施工図面は緑化センター等には残存せず、当初、取り外しが可能であると判断して施工手順及び工程を決定したが、リニューアル材の交換時に取り外しが困難であることが判明したため、管理者の了解を得て現場でリフォーム作業を実施することとした。以下に当初の作業プランを示す。リフォーム材35本は、

1) リニューアル材の交換時に、ます18本を外して工場でリフォームする。 (外して生じた壁の欠損部はコンパネで塞ぐ)。

- 2) リフォーム完成後、現場に取り付け、その際に残りの17本を外して工場でリフォームする。(外して生じた壁の欠損部はコンパネで塞ぐ)。
- 3) リフォーム完成後、現場に取り付ける。

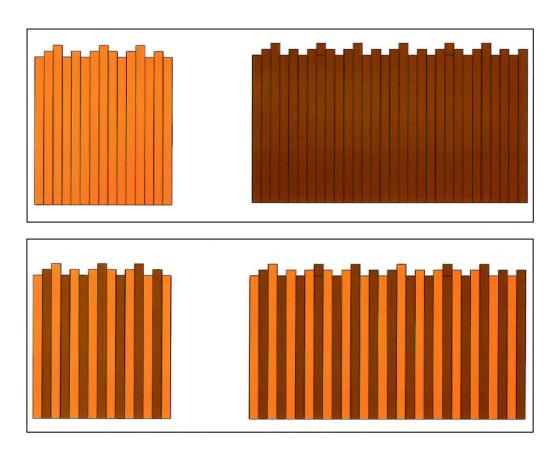


図 4.2.7 管理者への説明に用いたリフォーム再塗装の色調の例

リフォーム部材の下地調整(図 4.2.8)は、水性含浸型塗料を再塗装することから、カビにより黒色化した木材表面の色調が見えなくなる程度まで、気象劣化した木材表面をグラインダーで研磨することとしたため、研磨は3回掛けまで行う必要があった $\{$ 第1回目:(#24)、2回目:(#60)、3回目:(#100)}。

研磨の程度は表面から 2 mm (最大で 3 mm) となったことから、工程的には厳しいものであった。本リフォームでは、中間色での再塗装であったため、黒色化した木材表面をきれいに剥離する必要があったが、濃色での再塗装であれば、グラインダーでの剥離は、1回で済ますことが出来たと考えられた。同様に、再塗装として造膜型塗料を用いる場合は、グラインダーによる下地調整も1回掛けで充分と考えられた。

なお、通常行っている高圧水洗浄、サンダー研磨による仕上げ、漂白剤による下地調整は、現場が公園内であることから安全性を考慮して見合わせた。





図 4.2.8 現場での下地調整

左:表面のグラインダー研磨 作業中の箇所は1回目グラインダー研磨で、左の明色部は2回目グラインダー研磨終了部、右の暗所部はリフォーム前の色調右:裏面のサンダー処理(気象劣化が少ないためグラインダー研磨は未実施)

下地調整を終了した後に、塗装を行った(図 4.2.9、図 4.2.10)。塗布量( $g/m^2$ )の計測は、部材 10 本の表面と裏面についてそれぞれ行なった。実際には図 4.2.9 右に示す様に、塗料が入っている容器と刷毛を合わせた塗装前後の重量差を基に算出した。塗布量の結果を表 4.2.2 に示した。当該塗料の標準塗装仕様では、ハケ塗り  $2 \sim 3$  回の合計量が  $0.15 \sim 0.20$ L/㎡であり、比重 0.85 でグラム換算すると  $128g \sim 170g/m^3$ となる。サンダー仕上げを行ったとはいえ、表側は、仕上がりとしてはザラツキ感が残っており、且つ幅  $1 \sim 2$  mm の割れ目も多数存在したことから(図 4.2.10 左)、合計塗布量が 186  $g/m^3$ に至ったと考えられた。一方、裏側の仕上がりとしてはスベスベ感があること(図 4.2.10 右)や割れ目も少ない事から、合計塗布量が 115  $g/m^3$ に留まったと考えられた。

リフォーム・リニューアルの完了直後の光景を、図 4.2.11 に示す。

表 4.2.2 リニューアル材とリフォーム材の塗布量  $(g/m^2)$ 

部材	1回目	2 回目	合計
リフォーム材 (表側)	111	75	186
リフォーム材 (裏側)	71	44	115
リニューアル材 (全体)	67	55	122





図 4.2.9 現場での塗装と塗装量の計測

左:表面の1回目の塗装中 右:表面の2回目塗装の塗布量の計測中





図 4.2.10 一回塗りと2回塗りの比較

左:壁の外側

中央から左側上部の濃い箇所は2回塗り それ以外の淡い部分は1回塗り

右:壁の内側

上部の濃い箇所は2回塗り 下部の淡い部分は1回塗り (撮影時の写真の露出により、実際の色調とは異なる)

### 4.2.6 木製外壁のリフォーム・リニューアル作業の諸データとコスト

表 4.2.3 に示す様に、リフォームの総作業時間は 56 時間/人であった。現場までの移動には往復で 3 時間を要したためその時間を含めると作業員の経費は 224,000 円となり、塗料、金物の取り替え、消耗品を含めると総経費 259,400 円となった。リフォーム木材の表面と裏面の合計面積は  $31.7 \text{m}^2$  であったことから、  $1 \text{m}^2$  当たりの直接経費は 8,200 円となった。間接経費を含めると  $11,000 \sim 12,000$  円/ $\text{m}^2$  程度になる。本物件は、メンテナンスが 15 年間行われていないため、木 材表面の気象劣化が激しく、グラインダーにより下地処理(表層の剥離)に予

想外の時間を要し、また、丸みを帯びた形状のため、更に作業時間を要した。仮に、施工後数年でメンテナンスが実施されていれば、表面の下地処理作業時間は内部面と同様の 14 時間程度に短縮され、リフォームの総作業時間は 36 時間程度になると考えられる。その場合の  $1 \, \mathrm{m}^2$  当たりの直接経費は、5,300 円程度となり間接経費を含めても、 $7,000 \sim 8,000$  円/m2 程度に縮減できる。本件の様に、下地処理が困難になるまで劣化が進むとリフォーム経費が増加することが明らかになった。更に意匠のこともあるが、部材の形状・材質、施行方法等は将来のメンテナンスを考慮することも重要であると言える。

表 4.2.3 リフォーム・リニューアル工程の人工

工事	材料	下地処理	塗装	取り外し・ 設置
リニューアル		外部面	外部面	
		1回目グラインダー	2回塗り=8時間/人	
		剥離=11 時間/人	内部面	
		2回目グラインダー	2回塗り=4時間/人	
		剥離=11 時間/人		
		仕上げサンダー研磨		
		=6 時間/人		
		内部面		
		仕上げサンダー研磨		
		=14 時間/人		
リフォーム	3mスギ丸棒 10	サンダー仕上げ=6	2回塗り=4時間/人	大工=6 時間/
	本、太鼓挽き・	時間/人		人
	ボルト穴加工	(加圧注入処理)		作業員=8 時間
				/人

# 4.3 新設した暴露架台壁

本項では、群馬県森林組合連合会渋川県産材センター内に暴露架台を設置して試験を開始したので報告する。試験材料は、前項で述べた群馬県緑化センターから取り外した木製外構壁3本、リニューアル材としての製材5本(木材防腐・防蟻剤未処理、無塗装)及びリニューアル材としての処理材各5本(加圧木材防腐・防蟻剤処理後、油性含浸形塗料及び水性造膜形塗料を塗装)を図4.2.11に示す通り、暴露架台(青色の枠)に装着した。他の試験に比べ小規模であることから、定期的に観察し、必要な手立てを講じていく。



図 4.2.11 群馬県森林組合連合会渋川県産材センターに設置した試験木材 左:1本目-スペーサー

2~4本目-群馬県緑化センター木製外構壁(3本)

5~9本目-製材(木材防腐・防蟻剤未処理、無塗装)(5本)

10~14 本目-木材防腐・防蟻剤処理、油性含浸形塗料塗装(5本)

15~19 本目-木材防腐・防蟻剤処理、水性造膜形塗料塗装(5本)





図 4.2.12 リフォーム・リニューアルの完了 左:正面から 右:内側から

#### 4.4 まとめ

本件の内、群馬県緑化センターの公衆トイレの入り口の木製外構壁のリフォーム・リニューアルでは、関係各位のご尽力により無事施行を終えることが出来た(図 4.2.12)。事業の試験当初は、外構壁は簡単に外せると判断していたが、切り取らなければならない構造であったため、施行途中で工事の方法を変更せざるを得なかった。このようなことから、施行に当たっては、将来のリフォーム・リニューアルを考慮した方法で行うことや、物件の図面を残しておく等の提言も今後の活動で重要である事が分かった。また、今回のように県の公共施設を利用する場合、現場の利用許可を得るため、現場管理者並びに県庁担当部署への説明等で時間を要した。今後、経年的な経過を追跡調査して、リフォーム・リニューアルの成果を普及していきたい。

一方、群馬県森林組合連合会渋川県産材センター内で実施する暴露架台壁による試験は、特段問題なく試験を開始した。

以上の事から、施工に関しては、施工現場の状況によっては、前処理方法が限られることから、下地処理であれば高圧水洗浄、サンダー研磨、サンドブラスト研磨などの処理方法に対応できる体制、塗装処理においても、施主の意向が充分反映できるよう、塗料のタイプ(造膜型または含浸型)や組成(水性または油性)、色調(淡色から濃色)等の特徴を充分熟知している必要があり、そのためには、塗料メーカーより常に新しい製品情報、・施工方法を入手しておく必要がある。

#### (参考文献)

- 1) 社団法人 日本木材加工技術協会:人に優しい木質資材公共利用促進技術開発事業成果報告書,2001
- 2) キシラデコール標準塗装仕様:https://www.xyladecor.jp/products/xyladecor.html

# 第5章 外構木材のリフォーム・リニューアルの技樹的課題

#### 5.1 外構木材の維持管理の概要

都市空間にはコンクリート製の建造物が多く、そのため色調も灰色等の無機的なものが一般的である。このような空間に木材を使用することによって、有機的な温かみのある空間を生み出すことが可能である。しかしながら、木材はそのまま屋外で使用すると 1 年程度で暗灰色化してしまうため、塗装処理が重要となっている。塗装基材としての木材は、コンクリートや金属に比べて屋外の劣化因子に対して不安定なため、塗装面の耐候性が低くなる傾向があるが、濃色の塗装と雨がかりを防ぐ構造、そして適切なメンテナンスによって無機系材料と同等かそれ以上の耐候性が可能となる。また、木材はコンクリートの中性化反応やプラスチックの自動酸化劣化のように自ら劣化することが無いので、腐朽やシロアリなどの二次的な劣化が生じない限り長期間の使用が可能な材料である。しかし、含水率が高くなると簡単に腐朽や蟻害等が発生するので、屋外で長期間木材を使用する場合は、防腐処理や防蟻処理、塗装処理が必要であり、同時に適切な維持管理が重要である。定期点検と定期的な補修がなされれば、現存する歴史的な木造建造物が証明しているように驚異的な耐久性も可能となる。

維持管理を丁寧に行っている物件は、構造的な性能はもちろん外観の美しさも維持されるため、木質部材を長期使用するためにも維持管理は必須である。また、木質材料の長期間使用は環境への負荷を少なくすることであり、エネルギーや資源の節約、廃棄物の削減といった社会的な意義もある。

維持管理は実施時期に応じて、「事後に実施する維持管理」と「事前に行う予防的な維持管理」とに分けることができる。事後に実施するのは外装木材に故障や損傷が生じて、機能や性能が低下したり停止した時点で行う維持管理行為で、多くの場合の維持管理はほとんどがこれに該当する。これに対して予防的な維持管理とは、計画的に点検、検査、補修などを実施して、建物あるいは機器の故障や性能低下を未然に防ごうとする考え方で、事後の維持管理は場合により補修に多大の費用がかかったり、大きな危険を放置することになりがちであるため、外構木材の経済的価値の損失ならびにその回復費用を最小限に抑えかつ使用者の安全を重視するならば、予防的な維持管理の考え方が重要といえる。

### 5.2 外構木材の実際例

#### 5.2.1 デッキ類

デッキは、都市部で最も良く見られる外構木材である(写真 1)。耐久性と耐摩耗性が要求 されるため、イペやウリン、ジャラ、セランガンバツ等の熱帯産高耐久性樹種が使われる 場合が多い。その場合、材が硬く塗料が浸透しないので、無塗装で使用される場合が多い。





写真 1 イペ材によるデッキ(デックス東京)写真 2 熱処理スギ材によるルーバー (東京都立産業技術研究センター)

#### 5.2.2 ルーバー、塀類

木製ルーバーは、最近になって大型ビルの外装に使用されるケースが増えている。無機的なビルに日除け効果と装飾効果を与える。スギ材が用いられる場合が多く、耐久性を向上させるために熱処理木材や防腐処理木材等が使用される(写真 2、3、4)

木塀は昔から使われている典型的な外構木材であるが、戦後はブロック塀の導入等によりその使用量は大きく減少している。これは、住宅の西洋化に伴いデザイン的に合わなくなってきたことや、製造及びメンテナンスのコストが高いことなどの影響による。しかしながら、ブロック塀は地震時の倒壊の危険があり、特に通学路などではその危険性が増大している。そのため、このような場所には現代的なデザインによる木塀が適すると考えられる。また、日本海沿岸のように北からの季節風が強い地域は、塀による防風効果が高い。このように、地域ぐるみで木塀の設置が期待できる(写真 5)。



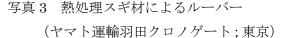




写真 4 スギ材によるルーバー (日本圧着端子製造(株)本社ビル;大阪)



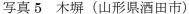




写真6 木材ガードレール (宮崎県)

#### 5.2.3 交通施設・設備関係

木製ガードレールは欧米ではごく一般的である。この場合、ガードレールポールが木材である場合が多く、レール部分は鋼製が一般的である。一方、我が国ではレール部分が木製であり、ポールはコンクリートや鋼製がほとんどである(写真 6、7)。これは、我が国の木製ガードレールが景観的な面で導入されていることが多いことによる。そのため、木製ガードレールの場合、塗装などによる美観保持が重要となる。

駅舎なども九州地方を中心に木質化が増加している(写真 8、10)。特に都市部では、金属やコンクリートで作られたものが圧倒的に多いので、木材を使用することによりデザイン的にも非常に目立つ存在となり、柔らかい印象を与える。また、木製手すりは断熱性が高いため、学校や病院等が近くにある駅などでは必須と思われる(写真 9)。これまで一般的に使われているステンレス製の手すりでは、冬季においては冷たくてとても素手で触れない。このため、手すりやベンチなど利用者が触れる部材は木製にすべきであり、2020年の東京オリンピック・パラリンピックに向けて都市部に木製手すりを整備すべきである(写真 12)。



写真 7 既存ガードレールに取付けられた 木製ガードレール (箱根町)



写真8 地下鉄エントランス (丸ノ内線銀座駅)

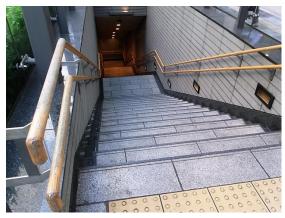




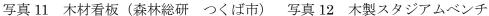
写真 9 駅の木製手すり(丸ノ内線銀座駅)

写真 10 木製駅舎(JR 九州 日向市駅)

# 5.2.4 木製装飾等

木製看板や木製店舗修飾材等は、外構木材としてはデッキと共に用途が多いと思われる。 特に、木材は日本の「和」のテイストを代表するものであり、外国人旅行者が急増してい る今日、和食店舗や宿泊施設などのエントランスに木製装飾材の利用が増加している(写真 11、13、14)。これら木製装飾材は、デザイン性と美観保持が重要であり、しっかりしたメ ンテナンスやリフォーム計画が重要となっている。







# (正田醤油スタジアム 群馬県)



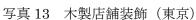




写真 14 木製店舗装飾(東京)

## 5.2.5 外構木材のプラスアルファ効果

外構木材は、他材料に比べて導入コストやメンテナンスコストが高くなると思われているため、その導入に慎重なっている施主が多い。しかし、例えば木製ルーバーを RC 建築物外周部に設置することにより、デザイン性の向上と共に葦簀(よしず)効果によりビルの省エネや都市部における夜間大気温度の低下に寄与できる(図 1)。これは、木材をビルに被覆することにより RC 躯体が太陽光による温められる程度が抑制され、夜間での大気での熱放出が大幅に低減できることが分かってきた(図 2)。シミュレーションでは、大阪中心部において 1970 年代の夜間外気温に回帰するためには、中心部の建物の 47%を木材で被覆するだけで過去回帰が可能であることが示されている(図 2、3)。

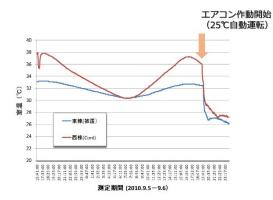


図 1 木材被覆による RC 造室内の 室温低下効果 (青線が木材被覆 有り、赤線が無し)



図2 木材被覆によるヒートアイランド 対策

- 5.3 外構木材のリフォーム・リニューアルの技術課題
- 5.3.1 外構木材の劣化診断と維持管理

# 外構木材のリフォーム・リニューアルの抑えどころ ①

# 木質建造物の耐久設計

- ○木質建築物の構造材の耐久性能は、
- 「設計」、「施工」、「使用・維持管理」の3要素により決定
- ○適切なメンテナンスにより耐用年数を大幅に延長可能

# 構造材の耐久性能値の変化と設計、施工、維持管理要因との関係

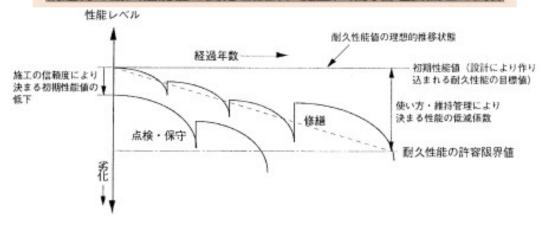


図3 木質構造物の耐久設計

# 外構木材のメンテナンス

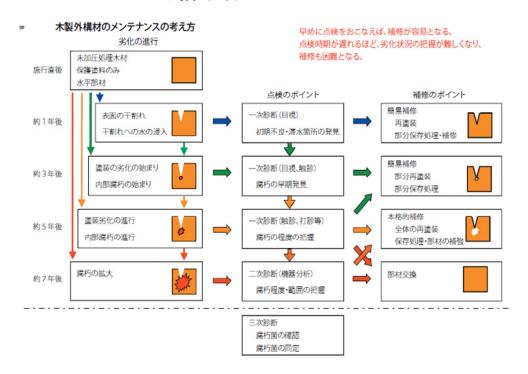


図4 外構木材のメンテナンス

#### 1)維持管理の実施主体と役割

外構材の維持管理を適切に実施するにあたっては、その設計から使用・維持管理に係わる全ての人々の、それぞれの立場に応じた適切な関与が必要である。設計者は維持管理の方法について所有者または管理者に点検対象とすべき部位・箇所のほか、点検すべき故障・劣化現象項目、それぞれの点検項目別の点検方法、点検周期、そして各故障・劣化現象毎の保守方法あるいは保守委託先などの十分な情報を提供する必要がある。また材料メーカーないしは施工者は、設計者に協力して各材料の保守方法あるいは材料・工法の耐用年数、施工図面など維持管理上不可欠な情報を提供する。一方、所有者または管理者は、設計者が示した維持管理上の情報に基づいて日常点検、定期点検あるいは臨時点検を実施し、その結果に応じて適切な建物保守上の措置を講じるとともに、講じた措置の内容を記録しておく。

#### 2)維持管理における点検の目的と対象

点検の目的は、劣化の早期発見と補修などの要否の判断資料の収集である。したがって、 点検の結果から劣化の発生部位、劣化現象の種類と劣化要因、劣化機構、劣化進行予測な どを明らかにする必要がある。劣化には、表面劣化のように目につきやすいものと、壁の 中に生じる劣化のように目につきにくいものとがある。また、仕上げ材の汚れ・磨耗など 劣化機構を単一の部位、部材に限定できる場合と、床の傾き・沈下など他部位まで広げて 考えなければならない場合とがある。目に見えかつ因果関係が特定しやすい劣化は点検対 象を限定しやすいが、目に見えずなおかつ劣化機構を広い範囲で捉えなければならない場 合は、構造物全体ないしは部位全体を点検対象とする必要がある。したがって、点検対象 とすべき部位・箇所は、雨水や使用水の漏水現象や建物に用いた材料、過去のデータある いは経験などに基づいて、発生する劣化現象を予測した上で選定することが重要である。

# 3) 点検すべき項目と点検方法

点検項目には、構造物全体ないしは特定部位を点検対象とする場合と、個々の部材を点 検対象とする場合とがある。前者の場合は構造物各部に現れた変形や亀裂,雨漏り,腐朽 などが点検項目となり、これらが隠れた部材の劣化を発見する第一歩となる。また後者の 場合は、その対象を構成する材料の変形,変色,腐食,腐朽などの各種変質に関する項目 と、その対象を建物に固定する接合部,接合具に生じた機能上の劣化などの工構法上の故 障に関する点検項目との2 種があり、これによって劣化種類,要因が明らかになるととも に補修・交換などの具体的にとるべき措置が決定される。

点検・診断方法としては、通常は一次から三次までの3段階程度に分けられ、高次になるほど調査点検範囲が限定されるとともに精度が高くなる(図4)。一次はできるだけ広い範囲を対象に劣化の有無、範囲、程度などの状況を定性的に把握することが主たる目的である。これで判断がつかない項目については、さらに二次、三次点検を実施することになる。点検手法は対象とする劣化現象により異なるが、一次では目視や指触などの簡単な方法によることが多い(写真15、16、17、18)。二次、三次はそれぞれ非破壊検査機器や試料採取・一部破壊検査を主とした手法によることになるから、通常はそれぞれの分野の専門家に依頼することになる(写真19)。

### 一次劣化診断(目視、触診)



写真15 一次劣化診断(目視と触診)



内部劣化は打音診断が有効 対象に応じてハンマーやドライ バーの柄で叩いて確認する



劣化深さの把握は刺診が有効 腐朽や蟻害が疑われる箇所はド ライバーやピックを突き刺して 確認する

写真16 打音と突き刺し点検例



写真17 きのこの子実体の発見

嫌上・嫌道を探そう! 不自然な位置に土がついている場合には、シロアリが運んだ蟻土・蟻道である可能性が高い。蟻土・蟻道を見つけた場合には土を取り除くととも ドライバー等で突き刺して調べる。







写真18 蟻道の発見

#### 二次劣化診断(機器使用)



写真19 二次劣化診断 (機器の使用) 超音波診断とピロディンの打ち込み

## 4)標準的な点検周期

実施時期により臨時点検、日常点検、定期点検の3通りがある。臨時点検は台風や地震、 火災などの後に必要に応じて行う点検で、日常点検は日頃の清掃などに合わせた建物要所 の目視などによる点検である。これに対して定期点検はある周期のもとに実施する点検で あり、消防設備類などのように法令で決められている場合とそうでない場合とがある。

# 外構木材の点検のポイント

# ①外壁等

- ○日常的に雨がかかりやすい箇所(外壁下部等)、水が滞留しやすい箇所(軒下等)、風通 しが悪く乾燥しにくい箇所(入り隅部等)を重点的に目視で確認
- ○雨仕舞いや雨樋の状態等に注意しながら、建物外周の全体点検を行う
- ○変色や欠損等の異常が確認された際は、触診・打診でより詳しく調査
- ○布基礎やデッキ下に蟻道がないか確認すると共に、外から見える部分(小屋ばり、もや等)

にシロアリの食痕がないか確認

○蟻害の兆候が認められた場合には、必ず詳細な点検を行う

#### ②サッシ・ドア等

(サッシ)

- ○框と下桟の取合い部、下部の縦枠と横枠の取合い部の変色を見る
- ○窓枠に落ち葉などが付着すると腐朽しやすくなるので、気がついた際は必ず取り除く (ドア)
- ○塗装面、鏡板下部の入子縁の取合い部を目視で点検
- o切断されて木材が露出している場合には劣化が起きやすいので特に注意して点検

### ③デッキ、テラス・ベランダ・バルコニー等

- o手すりや床板にささくれがないか確認
- ○床板の端部や、釘・ボルト穴付近、手すりや支柱の接合部、テラスの下やベランダの柱等 に腐朽・蟻害の兆候がないか点検
- ○床板上に物がおいてあったり、植物が巻き付いていたりした場合には、その箇所で腐朽が 進行していることが多いので、必ずそれらの物を取り除いてから確認
- ○手すりや支柱を押した際にぐらつく場合、床板を踏んだ際に不自然にたわむ場合は、大事 故に繋がるおそれがあるので必ず詳細点検を行う

#### 5) 点検結果の判定と対応

点検は補修・交換などの保守の要否を判定するために実施するので、点検結果を判断し、それに応じて一定の対応がとられなければならない。そのような点検結果の判断行為を一般には劣化診断といい、その基準を劣化診断基準という。診断基準はそれぞれの劣化項目と点検方法によって異なるが、通常は点検結果を定性的ないしは定量的にグレーディングしておき、そのグレーディングに応じて保守の要否の判定が下される。結果の判定にあたっては、ただ単に保守の要否だけを示すのではなく、補修・交換をすべき時期あるいはさらに実施すべき調査項目などについても明示することが望まれる。

#### 5.3.2 外装用塗装木材の維持管理

外構木材は、風雨や太陽光が直接あたる屋外で使用されるため、その劣化環境は非常に 厳しく、腐朽や変色等の劣化が生じやすい。しかし、一方では劣化をすぐに発見できるた め、定期的なメンテナンスや補修、取り替え等の作業がしやすいという利点もある。 木材保護塗料のポイントとして、耐候性は塗装によっていかに木材表面を太陽光(紫外線) から守れるかで決まる。そのため、太陽光の遮蔽効果が高い(隠蔽力が高い)塗料ほど塗装 木材の耐候性が向上する。また、含浸形木材保護塗料の耐候性は、木材表面への塗料の塗 布量で決まる。このため、含水率を 20%以下まで乾燥した木材への塗装や木材表面を粗化す ることによって塗料塗布量を確保する。用途別では、デッキや手すり、ベンチ等使用者が 直接触れるもの、あるいは大規模木造建築物のようにメンテナンスが頻繁に要求されるも のには含浸形塗料が適している。一方、住宅外装や看板、標識など意匠性が重要なものは 着色系の造膜形塗料が使用される場合がある。デッキ材のように歩行による摩耗が激しい 部材には、メンテナンスが容易な含浸形塗料を用いて高い頻度でメンテナンスを行う。

塗料に顔料が添加されている着色系あるいは半透明系の含浸形木材保護塗料の場合、木 材表面と塗料は共に劣化が進むので、屋外使用により顔料が徐々にはがれ落ちてくる。表 面から顔料がなくなってくると、塗装基材である木材の撥水性が低下して劣化速度が速く なるので、含浸形塗料の場合の塗り替え時期は塗装表面から基材の木材が見え始める時期 である(写真 20、21)。しかしながら、屋外での使用により木材表面が自然に粗化されるの で、二度目以降の塗装時には塗料塗布量が初回の2倍程度に増加するので、耐候性も最初 の塗装時に比べて2倍以上に伸びる場合が多い。

着色系の造膜形塗料は、木材の色調が無くなるが紫外線をブロックし木材表面を長期間 保護する。造膜形塗料の塗膜劣化はゆっくりと進行するため、上塗り塗料だけの劣化であ れば重ね塗りができる場合がある。塗膜の劣化は木材の保護性能を低下させるだけでなく 美観にも著しく影響するため (写真 22)、わずかでも途膜剥離や途膜割れが生じたら再途装 するべきである(図5)。

# 外構木材のリフォーム・リニューアルの抑えどころ ④ 含浸形塗料の塗り替え時期



写真 20 含浸形塗料の塗り替え時期例

#### 外構木材のリフォーム・リニューアルの抑えどころ ⑤



含浸形木材保護塗料塗装後5年経過したスギ材表面

図5 含浸形塗料の塗り替え時の塗布量の増加





写真 21 顔料が取れて木地が見え始めた 写真 22 塗膜割れした部分に水が浸入しカビ デッキ材 が発生した例

常に風雨に曝される使用環境においては、塗装した木材でも水分のトラップや物理的な損傷により塗膜が破壊する。水はこの破壊部分から浸入し、塗膜の下の木材の繊維方向に沿って移動する(写真 22)。水分の侵入は塗膜剥離を引き起こすと同時に、木材の含水率を増加させて腐朽状態へと導く。そのため、屋外で塗装部を保護するためには建築物あるいは構築物の構造的配慮が重要であり、建物では軒の出を多くとる、土台の高さを上げるなど雨の跳ね返りを軽減するような構造をとる、部材は水平に設置せず少しでも傾斜を付ける、角はラウンドをつけて丸くする、木口面は上向きに出さない等の工夫により、太陽光と雨水が直接かからないような構造と、水がかかっても素早く排出できるような構造が塗装面の耐久性のみならず木材の耐久性を向上させる(写真 23、24、25、26、27)。

#### 耐久性に配慮した木造建築例



・軒の出が大きく、基礎が高い ・雨樋を設けない

写真 23 耐久性に配慮した木材建築物

# 耐久性を考慮した施工例

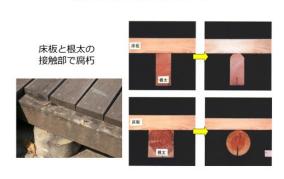


写真24 根太と床板との接触面積を小さく

# 北欧における木口面の保護(フィンランド)



築200年の木造倉庫



遮音壁(CCA処理、無塗装)

#### 木橋の保護対策



写真 26 銅板による木口面の保護例

# 写真 25 木口面の保護による水の浸入の阻止

# 木製遊具の木口面保護例



写真 27 木製遊具の木口面保護例

#### 5.4 外構木材のリフォーム・リニューアルのコスト

一般に、施主には木材の塗装処理は特別な処理や塗料が必要となってコストが高いのではないか?と懸念されている。建物本体の目標耐用年数を 100 年とすると、その間に約3 回の交換補修が実施されるため、25 年~30 年での維持管理コストを検討することになる。木材は、水分の侵入が防げれば半永久的に使用可能な材料である。一般的に建築物で使用されている窯業系外壁の寿命はメンテナンスしても 30 年程度であり、それ以上は張り替えを行う必要がある。

#### 5.4.1 木製外壁のメンテナンスコスト

木製外装材の塗装工事は、新築時は「仮設足場(ピケ)設置」、「養生」、「下地処理(素地調整)」、「塗装処理」の各工程からなる。また、塗り替え時は下地調整に「高圧洗浄処理」が追加される場合が多い。

表 1 に木製外壁材の塗装費用例を示す。塗装単価は、 $m^2$  当たり 3,500 円から 6,000 円と 物件により差があり、平均的には 4,000 円程度が多い。これは、外壁面積  $100~m^2$  の住宅で

最低でも 40 万円以上かかることを示している。また、塗装費用で差が出るのは下地処理代であり、下地処理は半透明な浸透形の塗料の場合は丁寧な処理が必要であり、隠蔽形の造膜塗料で再塗装する場合はそれほど入念な処理は不要である場合が多い。ログハウスのように軒の出が大きな住宅では塗装面の劣化が少ない傾向があり、下地処理も簡単に済む場合が多い。

表 1 木製外壁材の塗装費用見積例

	A社		B:	社	C社
塗装時期	新築時	塗替時	塗替時	塗替時	塗替時
部位	外壁	木部	外壁外	装木部	外壁木部
被塗材	スコ	ド材			
塗料種類	木材保護塗	料(浸透型)	木材保護塗料	(オリジナル塗料)	木材保護塗料
塗布面積	200m	2以上	244m 3	230m 2	100m 2
塗装回数	2回				
単 価 (/m 2)					
①仮設足場(ピケ) 代	¥1,500	¥1,500	¥1,120	¥1,130	¥800
②養生代	¥500	¥500			
③下地処理代(高圧洗浄)		¥800	¥150	¥200	
④下地処理代(素地調整)	¥500	¥800	1100	1200	
⑤塗装費(材工一式)	¥2,000	¥2,000	¥1,850	¥2,500	¥2,400
⑥諸経費	¥450	¥550	¥310	¥390	¥320
⑦その他					
合計	¥4,950	¥6,150	¥3,430	¥4,220	¥3,520

A社:公共物件の施工多い塗料メーカー

B社:木材現わし住宅施工メーカー

C 社:木材保護塗料メーカー

塗装費用は、塗り替え時の塗装面の劣化の程度と耐用年数を考慮した場合はその塗替回数に影響される。木製外壁あるいは外構木材の場合、一般的には初回の塗替が3年~7年で行われる。一般的な住宅の多くが10年程度で初回の塗替が行われるため、木製外壁では窯業系に比べて塗替が1回程度多くなる。そのため、木製外壁の耐用年数を25年あるいは35年に設定すると一般住宅とほぼ同様の塗装回数となる。前述のように、窯業系サイディング材の耐久性は30年程度なので、木製外壁の場合、耐用年数を延ばすことで窯業系サイディング材との比較においてはトータルのメンテナンスコストの差は無くなってくる。そのため、木製外壁は長期間使用するほどコスト的には有利になってくると言える。また、耐久性、耐候性を向上させる構造や適切なメンテナンスにより、塗り替え時の塗装コストを低減可能である。

表 2 建築施工単価表による一般的な塗装費用(東京地区)

	木	部(施工規模300m 2以上、一般住宅含まず)			
◎塗装工事					
素地ごしらえ	¥100	汚れ・付着物除去、ヤニ処理、研磨紙ずり			
Made (III—)					
塗料 (材工)					
①合成樹脂調合ペイント	¥850	下塗り2回、中塗り1回、上塗り1回			
②木材保護塗料	¥1,190	下塗り1回、上塗り2回			
③木材保護塗料	¥920	下塗り1回、上塗り1回			
◎塗装改修工事(不透明塗料	科下地)				
下地調整①	¥760	(全面) 既存塗膜除去、汚れ・付着物除去、研磨紙ずり、節止め、穴埋め、研磨紙ずり			
下地調整②	¥280	(劣化部) 既存塗膜除去、汚れ・付着物除去、研磨紙ずり			
下地調整③	¥110	汚れ・付着物除去、研磨紙ずり			
塗料 (材工)					
①合成樹脂調合ペイント	¥670	下塗り1回、中塗り1回、上塗り1回			
②合成樹脂調合ペイント	¥320	上塗り1回			

出展:建築施工単価 2017年冬号

# 参考文献

- 1)(公社)日本木材保存協会:木製外構材のメンテナンスマニュアル 増補改定版、2008
- 2) 日本木材防腐工業組合:屋外空間における木材利用ハンドブック、2015
- 3) 木口実:外装木材の塗装処理と維持管理、木材保存、42(3)、151-156 (2016)

# 第6章 成果のまとめと今後の課題

- 6.1 実施内容のまとめ
- 6.1.1 リフォーム・リニューアルの実施

群馬県内のリフォーム・リニューアル施工モデルとして、㈱ザイエンス関東工場内(群馬県伊勢崎市長沼)の木製遮音壁と群馬県緑化センター(群馬県邑楽町中野)の木材トイレ外壁材を選択した。㈱ザイエンスの木製遮音壁は100本の部材の横使いであり、群馬県緑化センターの外構施設は、45本の部材の縦使いであることから、横使いと縦使いの耐久性影響の違いを考察できる物件であった。

木製遮音壁は、鋼製型枠にスギ角材が落とし込みではめ込まれた構造であり、取り外しが簡単にできることから、作業工場に搬入してリフォーム・リニューアルを行なった。事前に目視による劣化度の評価を行い、比較的健全な53本はリフォームして再利用し、劣化度が大きい47本はリニューアルを行なった。リフォーム材は、下地処理として「漂白・高圧水洗浄及びサンダー研磨」又は「プレーナー処理のみ」の2水準、塗装処理として「油性含浸形塗料」又は「水性造膜形塗料」の2水準を組み合わせて施工した。リニューアル部材は、水溶性木材保存剤AZNA(主成分はDDAC・テブコナゾール・イミダクロプリド)の加圧注入処理を行い、下地調整後に「油性含浸形塗料」又は「水性造膜形塗料」で塗装を行った。

一方、群馬県緑化センターの木材トイレ外壁材は、事前に目視による劣化度の評価を行い、事劣化度の比較的高い左右両端の各 5 本はリニューアルし、残り35 本はリフォームを行った。下地処理として、漂白は公園利用者の安全に配慮して割愛し、洗浄も公園利用者を考慮して割愛し、グラインダー剥離とザンダー研磨とした。下地処理では、再塗装を水性含浸型塗料で行う事から、カビにより黒色化した色調が見えなくなる程度まで木材表面を研磨することとした。そのため、研磨は、3 回掛けまで行う必要があり {第1回目:(#24)、2回目:(#60)、3回目:(#100)}、研磨の程度も表面から2mm(最大で3mm)となった。

#### 6.1.2 リフォーム・リニューアル工程・コストの算出

木質外構施設のある公園管理者や公共工事の発注者、一般住宅の施主などに対し、リフォーム・リニューアル施工の工程やコストを分かり易く示すことで、木材利用の不安を払拭し、地域材の需要拡大に繋げる必要がある。木製外壁材の塗装費用の事例の幾つかを調べると、塗装単価は、m²当たり3,500円~6,000円と差があり、平均的には4,000円程度が多い。

今回のモデル的リフォーム・リニューアルの結果を考察する。木材遮音壁のリフォームは、施工した表面の面積は  $9.4 \text{m}^2$ で、洗浄・下地処理・再塗装を含めた  $1 \text{m}^2$ 当たりの経費は 14,000 円となった。これには、現場からの部材の取り外しと部材の取り付けの経費は含まれていない。一方、群馬県緑化センターの木製外壁材のリフォームの表面と裏面の合計面積は  $31.7 \text{m}^2$ であり、現場における下地処理・再塗装の  $1 \text{m}^2$  当たりの経費は 8,200 円、間接経費を含めると 11,000~12,000 円/ $m^2$ となった。

両者共に、間接経費を含めると m² 当たり 1 万円以上の値となり、一般に示されている値と比べて高いものとなった。この理由としては、施工面積が小さかったことが大きく影響していると考えられた。小規模施工の事例であったことから、実際規模(最低でも塗り替え面積 100 m² 以上)におけるコストの導出には、残念ながら至らなかった。

## 6.1.3 成果報告会の開催による成果の普及

成果が得られてきたことから、当協会のホームページに成果報告会(講演会)の開催案内を掲載した。各講演会の開催日と開催場所は次の通りである。

東京会場:平成29年7月11日、木材会館

大阪会場:平成29年7月20日、東梅田パシフィックビルディング

群馬会場:平成29年8月4日、ホテル「ラシーネ」

福岡会場:平成29年8月23日、九州大学農学部

岩手会場:平成29年9月6日、ホテル「ルイズ」

#### 6.1.4 委員会と現地検討会の開催

平成29年1月4日の事業採択を受け、事業実施のための「協議会」を設置し、2月8日に第1回委員会を開き、施工箇所、リフォーム・リニューアル仕様の事前試験、施工規模、役割分担を決定した。それを受け、2月23日に第1回現地検討会を開き、群馬県緑化センターではトイレ木質外壁材・遮音壁などの施設を、(株) ザイエンス構内では木製遮音壁の視察を行なった。

第2回委員会は3月14日に日本木材保存協会事務所にて行ない、事前試験の結果から木製遮音壁の施工仕様を検討し決定した。それを受け、4月19日に第2回現地検討会を(株)ザイエンスで開催し、木製遮音壁の部材の劣化に応じてリフォーム部材とリニューアル部材の選別を行い、仕様を決定した。6月13日には第3回現地検討会を(株)ザイエンス構内で開催し、リフォーム工程を確認した。6月29日には第4回現地検討会を開催し、(株)ザイエンスでは、木製遮音壁の最終工程であるリフォーム済み部材の再設置を視察し、群馬県緑化センターでは、外構施設の施工計画について打ち合わせた。

8月21日には第5回現地検討会、9月4日には第6回現地検討会を群馬県緑化センターにて開催し、外構施設の施工の進捗状況を視察した。

最終委員会は、9月28日に開催し、成果報告書の取り纏め、及び今後の成果の普及と課題などについて討議した。

# 6.2 実施結果のまとめ

# 6.2.1 リフォーム・リニューアルの実施と工程・コストの明確化

今回の事業の実施に当たっては、群馬県下での情報収集につとめ、㈱ザイエンス群馬工場内にあった木製遮音壁と群馬県緑化センターのトイレの木質外壁とした。なお、群馬県緑化センターでは、リフォーム・リニューアルのモデル施工の概要を施設責任者に十分に説明し、理解頂くことが容易では無かった。その理由の一つは、木質外構材のメンテナンスの中心となる木材について、下地処理・再塗装といった仕様の詳細が、公共建築改修工事標準仕様書(建築工事編/国土交通省)、建築施工単価(経済調査会)、「大規模木造建築物の保守管理マニュアル」(日本住宅・木材保技術センター)などに必ずしも明確に示されていないことが挙げられる。今後は、リフォーム・リニューアル施工に当たっては、気象劣化・生物劣化の程度、下地調整の程度、再塗装の種類、そして施工規模を勘案して、データを収集・蓄積して、判りやすい資料に取り纏め、上記の仕様書等に反映させる必要がある。

実際の施行に当たっては、木製遮音壁は、鋼製型枠にスギ角材が落とし込みではめ込まれた構造であり、取り外しが簡単にできる物件であったが、緑化センターの外構施設は、丸太の鋼製枠への取り付けが複雑な構造であったため、取り外しが困難で、工事手順の変更を余儀なくされた。リフォーム・リニューアルの施行にあたっては、施設の長期的使用や安全管理のために、施設の構造が分かる設計図面等が長期的に保存されることが望ましい。

リフォームコストに関しては、両施工共に、間接経費を含めると  $m^2$  当たり 1 万円以上となり、一般に示されている値と比べて高いものとなった。その理由としては、リフォーム面積が小さかったことの影響に加え、下地処理を厳密に行ったことも一因と考えられた。塗り替えの塗装を濃色系含浸型、或は造膜型にするなどして、下地処理をより簡便に行うことも重要であろう。今回は小規模施工の事例の解析であったが、今後は、実際規模(最低でも塗り替え面積 100  $m^2$ 以上)の事例の解析が必要である。

リニューアルコストについては、両施工共に高額となった。木製遮音壁では 工期が短いため、土木的利用としては通常行わない人工乾燥を行ったため、材 料費は加圧注入費を含めて 46 万円/m³となった。加えて、取り外し・取り付け の費用は、28 万円/m³となった。これらの多額な費用は、実際のリニューアル 材の本数が 41 本(無処理は除く)と少なく、総材積が僅か  $0.66 \,\mathrm{m}^3$ であったことが大きく起因した。一方、塗装費は、塗装面積が  $7.4 \,\mathrm{m}^2$ と少なくはあったが、  $3360 \,\mathrm{P/m^2}$ で一般的な値の範囲内であった。トイレ外壁材では、リニューアル材の材料費は加圧注入費を含めて  $11 \,\mathrm{TP/m^3}$ であった。加えて、取り外し・取り付け及び運搬の費用は、 $7 \,\mathrm{TP/m^3}$ となった。一方、サンダーの下地処理を含めた塗装費は、塗装面積が  $13.9 \,\mathrm{m^2}$ と少なくはあったが、 $3400 \,\mathrm{P/m^2}$ で一般的な値の範囲内であった。

### 6.2.2 成果の普及

木質外構材のリフォーム・リニューアル工程やコストは、興味ある課題であると思われるが、講演会の開催案内は、当協会のホームページに掲載して周知を図ったが、講演会自体あることを知る方は少なく、当協会会員企業、関連団体等に案内し、参加者の確保をはかった。一方、岩手での開催では、森林総合研究所東北支所と共催したことから、東北支所のネットワークを通じて東北森林管理局及び東北ブロック林業研究機関に案内した結果、県内外の管理局・森林管理署・研究センターからも多数の参加者を得た。また、岩手木質バイオマス研究会からも会員にチラシを送付して頂き、岩手県内の企業やNGO等からの参加者も多数得た。

成果報告会(講演会)の参加者は以下の通りである。

東京会場:60名 大阪会場:30名 群馬会場:38名 福岡会場:39名

岩手会場: 45 名 合計 212 名

成果の普及としては、今後、「木材保存」誌にて、講演会の内容を紹介する 予定である。

# 6.3 今後の展開

本事業では、2つの外構施設と1ヵ所に試験施設を設定してリフォーム・リニューアルを行い、工程内のコストの対比(下地処理として、乾式・湿式・プレーナー処理)や工程間のコスト比率など貴重なデータを得ることが出来た。

本事業のコンソーシアムを維持し、今後ともリフォーム・リニューアル工程 の分析とコストの明確化に関する作業が重要である。

また、講演会では、具体的な外構施設の価格やメンテナンスのコスト、木質 外構材の利用拡大に対する県の取り組み強化への希望、建築側で木質外構材の 利用拡大を図る仕組みのあり方、木質外構材のメンテナンスについて市民が知 る方法、色調変化は木質ではなく生物劣化にもっと集中すべき、など様々な質問や意見を頂戴した。これらの意見も参考にリフォーム・リニューアル工程の改善やコストの縮減に取り組む必要がある。

# 執筆者一覧

はじめに (公社)日本木材保存協会 今村祐嗣 第1章 (公社)日本木材保存協会 鮫島正浩 第2章 群馬県林業試験場 町田初男 群馬県森林組合連合会 鈴木克志 第3章 森林研究・整備機構 森林総合研究所 片岡厚 第4章 ㈱ザイエンス 重留圭 群馬県森林組合連合会 鈴木克志 第5章 森林研究・整備機構 森林総合研究所 九州支所 木口実

第6章 (公社) 日本木材保存協会 鮫島正浩

# 成果報告会東京会場配布資料(縮刷版)



#### 内容

- 1 木材の屋外での劣化(主に気象劣化)
- 2 塗装による耐候性の向上
- 3 耐用年数とメンテナンス
- 4 リフォームの実例

#### 1 木材の屋外での劣化 気象劣化とは? 変色は予測できるの?





#### 1.1 木材の屋外での劣化



生物劣化 腐朽、蟻害



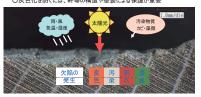
内部まで劣化



を収め付け版人表示対象等条(主不達)) ・「大規模・法企建築物における木質外標部材の耐候性 向上・維持管理技術の確立」(H27年度地域の特性には じた木質部材・工法の開発・普及等支援事業(木構振)

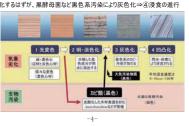
#### 1.4 気象劣化:何が木材を劣化させるのか?

○日当たり・雨掛りが多いと、無塗装の木材は数か月で灰色化 ○ これは太陽光や風雨など気象因子と生物汚染等の複合的 〇日当にプロログランで、無空表の小やは数から、反応している。 ・ これは大阪黒光中風雨など気象因子と地方発等の複合的な作用によって生じる表層(割れを除き、約1mm以内)の変化 ○灰色化を防ぐには、軒等の構造や塗装による保護が重要



#### 1.5 気象劣化に伴う木材の変色と浸食

①光酸化で変色⇒②分解成分が雨水に溶出し淡色化⇒③本来は白色 化するはずが、黒酵母菌など黒色系汚染により灰色化⇒④浸食の進行



#### 1.6. 変色パターンは全国共通。時期にズレ



○ 全国で共通パターン(濃色化 →淡色化→灰色化) )一方、地域気象の影響も見られる(初期降水量が少ない福山では、灰色化が遅い)





#### 1.7 日当たり・雨掛りで変色の程度が異なる



1.8 気象因子から変色をシミュレーション

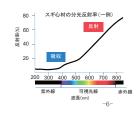
地域気象や日当たり・雨掛りによって変色の程度が異なる

逆に、日射量、雨量、気温などから変色を予測できる



#### 1.9 木材は目に優しいゆえに気象劣化

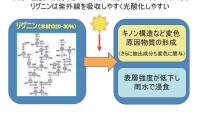
木材の表面で反射する際に紫外線と短波長可視光線が 吸収され(目に優しい)、暖色系の色調に(暖かみ)





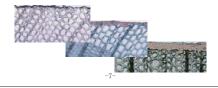
1.10 紫外線を吸収した木材は光酸化

木材の主要3成分(セルロース、ヘミセルロース、リグニン)のうち



### 2. 塗装による耐候性の向上

耐候性向上のポイント 塗装のタイプ・特徴



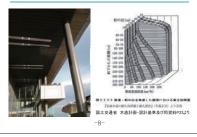
#### 2.1 耐候性向上のポイント

- 光劣化を防ぐ
- 水侵入を防ぐ
- 生物汚染を防ぐ
- ・ 構造による保護
- ・塗装による保護 メンテナンス





#### 2.2 構造による保護の効果 日当たりと雨掛りを減らす



# 2.3 塗装による保護



○屋外で木材の変色や浸食を抑える ひ座がて不朽の変色で浸食を抑えるには、軒やけらばによって日当たりや雨掛りを減らすこと、および塗装によって保護することが重要。

〇これらの対策については国土交通省 「木造計画・設計基準」

〇具体的な塗装仕様については日本 建築学会建築工事標準仕様書 「JASS 18 塗装工事」

〇塗装一般知識やメンテナンス等については木材塗装研究会編「木材の塗装 改訂版」が参考になる。

# 2.4 木材の外部用塗装仕様

(日本建築学会建築工事標準仕様書 JASS18 塗装工事に基づく)

透明·着色	塗装仕様
着色(エナメル)仕上げ	合成樹脂調合ペイント塗り(SOP) ・造膜形
(木目が見えない)	つや有り合成樹脂エマルションペイント塗り(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
(木目を見せる)	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

#### 2.5 着色(エナメル)と半透明



○木材の外部用塗装は、素地表面を 隠ぺいする着色仕上げと、木目の見える 半透明仕上げとに大別される。

○着色仕上げは、素地に不透明な塗 成して素地の光劣化を防ぐ



○半透明仕上げは、木材の素地に含 浸して塗膜形成を目立たなくする含浸 形と、半透明の塗膜を形成する造膜形 に大別される。

(木目がよく見えるほど木材素地が光劣

#### 2.6 造膜形と含浸形



○造膜形と含浸形を比較すると、木 材表面を保護する性能では造膜形 が有利。

〇一方、塗り替えの手間を考えると、 重ね塗り可能な含浸形が有利なこと がある。

〇例えば、デッキ、ベンチ等の直接手 足で触れる部材や、大規模木造建 築物のようにメンテナンスが頻繁に求 められるものには含浸形が、住宅外 装や看板、標識など意匠性が重要な ものには造膜形塗料が選択されること がある。

-10-

#### 3. 耐用年数とメンテナンス

#### 耐用年数を伸ばすには



#### 3.1 塗装時の注意



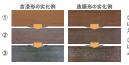
〇塗装にあたっては、 JASS 18 を参照し、木材 含水率、素地調整(汚れ や付着物の除去、研磨、 ヤニ止め等)、塗装工程を 適切に管理し、既定の塗 布量を守ることが重要。

OJASS 18 の材料規格 に適合する塗料を用いる ことが基本。

-11-

#### 3.2 耐用年数

- 耐用年数は、日当たりや雨掛りによって異なる。 目安として、隠ちい造腹形は5~7年、半透明途腹形は3~5 年、半透明含浸形は1~3年目までの塗替えがよく見られる。 含浸形や薄膜タイプの造膜形は、使用中に生した微細な割れ への塗料浸透量が増えるため、2回目以降の塗替え周期は上 82の少年世界にまた大きと大ちる 記の2倍程度に長くなることがある。



②のころ(③のよう になる前)に塗り替 えを検討しましょう。

#### 3.3 耐用年数(留意事項)

- 耐用年数に関しては、屋外暴露試験や促進耐候性試験の データの有無をメーカーに確認し、性能の変化傾向や、塗装面 劣化の点検方法、塗替え時期の判断に関する情報を把握して おくことが望まれる。 そのようなデータや情報を提示できる塗料や塗装建材を検討 するのが基本。



-12-

# 3.4 耐用年数を伸ばす素材と仕上げ

- 米国農務省林産研究所によれば、屋外用の塗装に関し、長期の 耐用年数が期待できる素材は、ラフリーン(帯鏡製材の租挽き面) 仕上げ、針葉樹材、まき目、低密度、午輪のう時材の織が小さく 早材と晩材の移行が緩やか、心材、含水率20%未満 (JASS 18で
- は18%以下)の木材。 〇 角部(エッジ)の曲面仕上げや面取りも効果的。



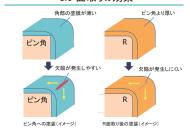


"Wood Handbook, Wood as an Engineering Material", General Techn Report FPL-GTR-190, Chapter 16, p.1-37, USDA Forest Service (20)

# 3.5 ラフソーン(粗挽き)への含浸型塗装



## 3.6 面取りの効果



#### 3.7 耐用年数を伸ばす前処理



#### 3.8 メンテナンス

- 9 毎年、割れ、剥がれなどをチェックし、早めにメンテナンスする。 塗り替えにあたっては、劣化状況に応じて、既存塗料の除去、漂 白処理、下地研磨などを行ってから再塗装する。 水性から油性、漁腹形から煮泥など異ならダイブに塗り替える 時は、素地調整に注意(メーカから情報を入手)。

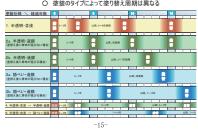




【造膜形塗り替え例】 植物種子殻メディ アブラスト法(MOKリ バ法)により既存塗 バ法)により既存塗 膜を除去(左)、粉 末除去(中)、造膜 形の木材保護塗料 塗り(右)を実体

#### 3.9 メンテナンス計画・塗装種別(一例)

○ 塗装のタイプによって塗り替え周期は異なる

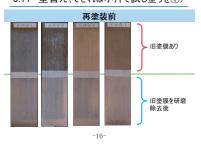


#### 3.10 メンテナンス計画・部位別(一例)

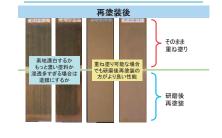
#### 〇 部位別の点検、塗り替え計画を作成し、実施することが重要



#### 3.11 塗替え(できれば小片で試し塗りを①)



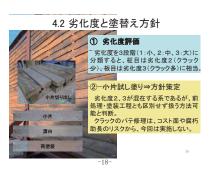
# 3.12 塗替え(できれば小片で試し塗りを②)



4. リフォームの実例 遮音壁の塗り替え コスト例

#### 4.1 リフォーム(一部リニューアル)物件





#### 4.3.1 リフォーム工程(湿式)

ı	[程等	指定材料等	処理方法等
1	材料	・既存遮音壁スギ角材 ・9×9×200cm ・26本	·【含浸形(油性)】塗装13本 ·【造膜形(水性)】塗装13本
2	漂白	·漂白剤 (市販家庭用)	<ul><li>・水2倍希釈</li><li>・0.2~0.3 L/㎡(刷毛1回塗り)</li><li>・塗布約10分経過後に洗浄</li></ul>
3	洗浄	·高圧洗浄機 (市販家庭用) ·吐出圧8.5Mpa ·水量6.0L/分	・1m当たり1分程度で旧塗膜と劣 化部位の除去可能 ・水は垂直よりも斜めに当てると 除去効率が良い ・除去具合に応じ往復処理

⇒ 次々頁の工程4(研磨)へ

#### 4.3.2 リフォーム工程(乾式)

=	C程等	指定材料等	処理方法等
1	材料	・既存遮音壁スギ角材 ・9×9×200cm ・27本	·【含浸形(油性)】塗装13本 ·【造膜形(水性)】塗装14本
2	プレー ナー 掛け	・自動一面プレーナー	·平均2mm厚切削(最大3mm厚)

⇒ 次頁の工程5(塗装)へ

※漂白・洗浄の代わりに表層をプレーナーで削り取る (取り外し可能な角材または厚みのある板材向き)

#### 4.3.3 リフォーム工程(続き)

1	程等	指定材料等	処理方法等
4	研磨	・サンダー (#120)	・漂白や水洗により起き上がった 木材繊維の除去が目的。 ・凹凸に対応しにくい場合は不織 布を使用。
5	塗装	①含浸形(油性) パイン系色 ②造膜形(水性) パイン系色	・メーカー標準塗布量(2回塗り計) ①125~170g/m <sup>2</sup> ②150~250g/m <sup>2</sup> ・基材の劣化具合に応じて、塗布 量は増加傾向

#### 4.4 漂白工程



4.5 洗浄工程



4.6 研磨工程



-21

#### 4.7 プレーナー工程



# 4.8 塗装工程



#### 4.9 リニューアルエ程

ı	程等	指定材料等	処理方法等
1		・水溶性木材保存剤(AZ NA)注入スギ角材 (9×9×200cm, 47本)	·【含浸形(油性)】塗装21本 ·【造膜形(水性)】塗装20本 ·無塗装6本
2	塗装	・塗料と薬剤の相性はあらかじめ確認 ①含浸形(油性) パイン系色 ②造膜形(水性) パイン系色	・メーカー標準塗布量 (2回塗り計) ①125~170g/m² ②150~250g/m²

#### 4.10 リフォーム・リニューアル試験記号

****						
パターン	漂白• 洗浄	研磨	プレー ナー	塗装		
Α	0	0	_	含浸形(油性) 平均148g/m2		
В	_	_	0	含浸形(油性) 平均148g/m2		
С	0	0	_	造膜形(水性) 平均200g/m2		
D	-	-	0	造膜形(水性) 平均200g/m2		
Е	新材	(リニューア	<b>ア</b> ル)	含浸形(油性) 平均148g/m2		
F	新材(リニューアル)			造膜形(水性) 平均200g/m2		
-23-						

4.11 リフォーム・リニューアル材の配置





4.13 木製外装のメンテ費用例

(単価はm2当たり、塗り面積100m2規模以上)

	A:	肚	B	社	Cž±
塗装時期	新築時	塗器時	塗装時	注目時	塗器時
部位	外型	木郎	外型外	装木郎	外壁木郎
被塗材	2.1	F材			
塗料種類	木材保護途	科(浸透型)	木材保護塗料	利5・13連料)	木材保護塗料
途布面積	200m	2以上	244m3	230m2	100m2
塗装回数	21	2回			
	19	! 価 (/m2	2)		•
①仮設足場(ピケ)代	¥1,500	¥1,500	¥1,120	¥1,130	¥800
②養生代	¥500	¥500			
③下地処理代(高圧洗浄)		¥800	¥150	¥200	
④下地処理代(素地調整)	¥500	¥800	*130	+200	
⑤塗装費 (材工一式)	¥2,000	¥2,000	¥1,850	¥2,500	¥2,400
6個程費	¥450	¥550	¥310	¥390	¥320
⑦その他					
숨바	¥4,950	¥6,150	¥3,430	¥4,220	¥3,520

- 塗装単価は、m²当たり3,500円から,000г,、、・・・・・・○ 差が出るのは下地処理代○下地処理は、半透明塗料の場合に丁寧な処理が必要。

4.14 他の外壁材料のメンテ費用例 (単価はm2当たり、塗り面積100m2規模)

経過年数	5~7年	10年	20年	30年	40年
窯業系サイディング					
ウレタン連料連装					
シーリング打替	2,000~4,500	-	2,000~4,500	2,000~4,500	2,000~4,500
サイディング塗替	5,000~8,000	-	5,000~8,000	5,000~8,000	-
サイディング張替	-	-	-	20,000~	-
シリコン連料連装					
シーリング打替	-	2,000~4,500	2,000~4,500	2,000~4,500	2,000~4,500
サイディング塗替	-	6,000~9,000	6,000~9,000	-	6,000~9,000
サイディング張替	-	-	-	20,000~	-
モルタル					
塗替	-	6,000~9,000	6,000~9,000	6,000~9,000	6,000~9,000

- | 2003 0,000 0,000 | 0,000 0,000 | 0,000 0,000 | 0,000 0,000 | 0,000 0,000 | 0,000 0,000 | 0,000 0,000 | 0,000 0,000 | 0,000 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,0

#### 4.15 まとめ

〇外構木材の耐候性を向上させるには、気象劣化に関する 理解を深め、構造や塗装による保護と適切なメンテナンスを 行うことが重要。

〇メンテナンスの頻度は使用環境や塗料の種類によって異なる。メンテナンスの費用は、塗装面の劣化の程度に左右される。このため定期的な点検と早めのメンテナンスが重要。

○一般に外構木材は他材料よりメンテナンス回数が多いと見なされる。しかし、耐用年数を延ばすことで他材料とのトータルのコスト差が無くなっていく。

〇本書や事業報告に書かれている、耐候性を向上させる構造、塗装、点検を行うことでメンテナンスコストを低減できる。



外構材の耐候性とリフォーム・リニューアル 外構木材の変色シミュレーション

東京医療保健大学 新井 崇博

2017年7月11日 木材会館

内容

2

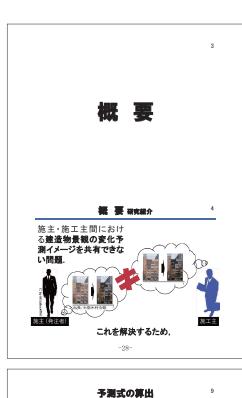
概要

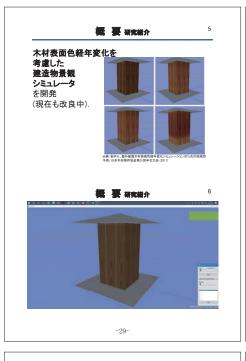
予測式の算出

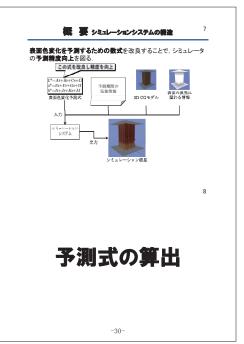
暴露実験

むすび

-27-







▶ 実測色: L\*a\*b\*
 ▶ 気象データ: 累積 日平均気温t, 累積 日降水量r, 累積 日降水量r, 累積 日と天日射量s
 ・ 収集したデータを回帰分析.
 ▶ 予測式が得られる.
 予測式が得られる.
 予測式の算出
 10
 予測式
 ★ = At + Br + Cs + D a\* = Et + Fr + Gs + H b\* = It + Jr + Ks + M
 A,B,……,K,M: 回帰分析によって得られる係数.
 ・ 予測期間によって定まる気象情報t,r,sを代入すると、予測色が得られる.

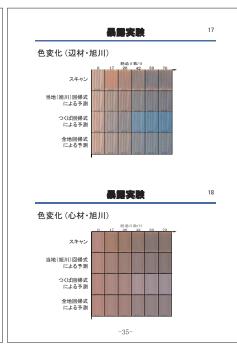
-31-

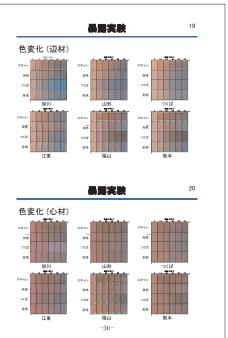
▶ 当該期間の表面実測色, 気象データを収

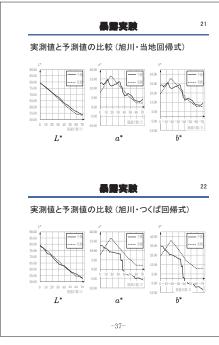
• 木材の暴露実験を実施.

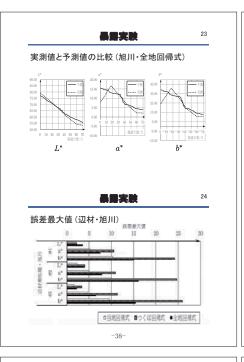
隻

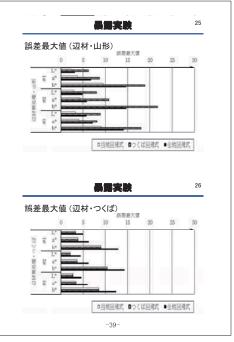


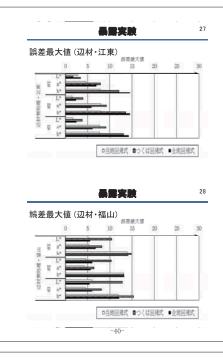


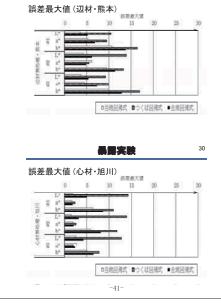




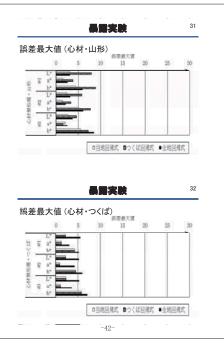


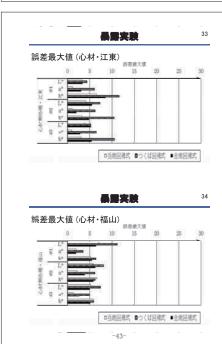


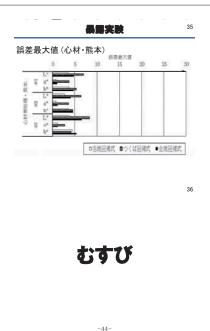




暴露実験







 当地回帰式: 当地での精度は最大であったが、 任意地域への適用は困難。
 全地回帰式: 当地回帰式には及ばないながらも、ある程度の精度にて、任意地域での予測が可能となった。
 今後、暴露実験地点を拡張し、データを追加していくことで、シミュレータの地域別予測の精度を向上させていくことが可能である。

むすび

平成28年度林野庁補正助成事業

地域材利用拡大緊急対策事業のうち 「地域材利用の木材関係者等への支援対策事業」

「地域材利用拡大のための木質外構部材の リフォーム・リニューアル技術の確立とその普及」 成果報告書 2017年(平成29年)9月

公益社団法人日本木材保存協会 〒105-0001 東京都港区虎ノ門4-2-5 第3松坂ビル8階 TEL: 03-3436-4486 FAX: 03-3432-1971

URL: htpp://www.mokuzaihozon.org