

## 3 章

# 現わし使用木材の設計関連情報

既述のように現わし木材の経年劣化は、建物の内装よりも外装において急速に進行するので、ここでは外装に木材を現わし使用する際の設計関連情報を掲げる。

### 3.1 木材の現わし使用と防火規制

#### (1) はじめに

木材は可燃材料であるため、火災時に容易に燃焼し、建物が崩壊すると思われるがちである。しかし、木材の炭化速度は約 0.8mm/分で、厚い木材が燃え進むには、相当の時間が必要であり、火災時に建物の利用者が安全に避難する時間を確保できる。そのため、建築基準法で定める準防火性能・防火性能、準耐火性能などは無垢材でも認められている。

耐火構造は鎮火性能が求められるので、無垢材だけでは対応が難しく、せっこうボードで覆うこと等が必要である。

主に内装材に求められる難燃材料・準不燃材料・不燃材料とするためには、燃焼を抑制するための薬剤処理が必要である。



図 3.1 ログ材の炭化層の形成

#### (2) 建物の防耐火性能の基準

建築基準法では、建物に求められる防耐火性能は、その建設地、建物用途、建物規模に応じて決められている。

##### i) 建設地の防火地域指定によるもの（法 61 条、法 22 条）

###### ① 指定なし（無指定地域）

防火性能は求められない。

###### ② 指定なし（法 22 条区域）

延焼の恐れのある部分の外壁は準防火性能、屋根は不燃化が求められる。

特殊建築物や 1,000 m<sup>2</sup>を超える大型建築物や、3 階建て以上の中層建築物では、より厳しい性能が求められる。

###### ③ 準防火地域

延焼の恐れのある部分<sup>注)</sup>の外壁・軒裏は防火構造、屋根は不燃化が求められる。

特殊建築物や 500 m<sup>2</sup>を超える大型建築物や、3 階建て以上の建築物では、準耐火建築物にするなど、より厳しい性能が求められる。

#### ④防火地域

床面積 100 m<sup>2</sup>以下、階数 2 以下の建築物は準耐火建築物とする、それ以外は耐火建築物または同等以上の性能を有する建築物とする。

屋根は不燃化が求められる。

延べ床面積 50 m<sup>2</sup>以下の平屋建て付属建築物は、外壁・軒裏を防火構造でもよい。

注) 延焼の恐れのある部分

隣接建築物で火災が発生した場合に延焼する危険性が高い部分のことで、隣地境界線、道路中心線等から 1 階では 3m 以下、2 階では 5m 以下の距離にある建築物の部分を用いる。延焼防止上の観点から、外壁・軒裏などの建築物外周部の防火措置について規定するもの。特に耐火・準耐火建築物の外壁開口部や準防火地域・防火地域内の延焼の恐れのある部分については、防火設備を設置する必要がある。

耐火構造・準耐火構造・防火構造等に関する技術的基準として、建築基準法では、(1)遮熱性、(2)遮炎性、(3)非損傷性の三項目が規定されている。

それぞれの構造に要求される防耐火性能は、この三項目に対する耐火時間により決定され、いずれも市街地火災上、危険となる建物内部への延焼や、隣家への延焼、燃え草にならないための建物崩壊を一定時間、防止することを目的としている。

(1)遮熱性：火災時に裏面側の温度が可燃物の燃焼温度まで上昇しない

(2)遮炎性：火災時に裏面側に火災が貫通しない

(3)非損傷性：火災時に建物崩壊につながる主要構造部の崩壊がない

The diagram shows a cross-section of a building with a fire source (火災) on the left. An arrow labeled '遮熱性' points to the exterior wall. Another arrow labeled '遮炎性' points to the window opening. A label '非損傷性' points to the roof structure. Inside the building, a fire source is also labeled '火災'.

#### ii) 建物用途によるもの (法 27 条)

不特定多数の人々が利用する建築物 (特殊建築物) では、その用途、床面積、その階数により、耐火建築物や準耐火建築物にする必要がある (表 3.1)。

表 3.1 耐火建築物等とすべき特殊建築物

用途	主要構造部に必要とされる性能及びその外壁の開口部での防火設備で、大臣認定が定めた構造方法 または認定を受けたものを設けなければならない		耐火建築物としなければならない	耐火建築物 または準耐火建築物としなければならない
	用途に供する階	用途に供する部分の床面積の合計	用途に供する部分の床面積の合計(階)	用途に供する部分の床面積の合計(数量)
1 劇場・映画館・演芸場 観覧場・公会堂・集会場	3階以上の階 <sup>※1</sup>	客席部分 $\geq 200\text{m}^2$ <sup>※1</sup> (屋外観覧席 $\geq 1000\text{m}^2$ <sup>※1</sup> )	—	—
	主階が1階にないもの <sup>※1</sup>			
2 病院・診療所(患者の収容施設があるもの)・ホテル・旅館・下宿・共同住宅・寄宿舎・児童福祉施設等(幼保連携型認定こども園を含む)	3階以上の階 <sup>※1</sup>	2階部分 $\geq 300\text{m}^2$ <sup>※2</sup> ただし、病院・診療所にあつては、2階以上に患者の収容施設のある場合	—	—
3 学校・体育館・博物館・美術館・図書館・ボート場・スキー場・スケート場・水泳場・スポーツ練習場	3階以上の階 <sup>※1</sup>	用途に供する部分 $\geq 2000\text{m}^2$ <sup>※2</sup>	—	—
4 百貨店・マーケット・展示場・キャバレー・カフェ・ナイトクラブ・バー・ダンスホール・遊技場・公衆浴場・待合・料理店・飲食店・物販店舗( $>10\text{m}^2$ )	3階以上の階 <sup>※1</sup>	2階部分 $\geq 500\text{m}^2$ <sup>※2</sup>	—	—
		用途に供する部分 $\geq 3000\text{m}^2$ <sup>※1</sup>		
5 倉庫	—	—	3階以上の部分 $\geq 200\text{m}^2$	用途に供する部分 $\geq 1500\text{m}^2$
6 自動車車庫・自動車修理工場・映画スタジオ・テレビスタジオ	—	—	3階以上の階	用途に供する部分 $\geq 150\text{m}^2$ ただし、主要構造部を不燃材料等とした準耐火建築物とする (▶建令109の3-2)
7 建令116条の表の数量以上の危険物の貯蔵場または処理場	—	—	—	全部

※1 建令110条2号の基準に適合するものとして、主要構造部等の構造方法が耐火構造(耐火建築物)等のもののほか、地階を除く階数が3で、3階を共同住宅または学校等の用途に供するものであつて、一定の要件に該当する場合に限つて、1時間準耐火構造による準耐火建築物とすることができる (▶R1国交告195, H27国交告255)

※2 建令110条1号の基準に適合するものとして、主要構造部等の構造方法が準耐火構造(耐火建築物または準耐火建築物)等のものを定める (▶H27国交告255)

(注) 防火設備の設置を求める外壁の開口部として、延焼のおそれのある部分及び他の外壁の開口部から20分間屋内への遮炎性を有するものを定めている (▶H27国交告255)

### iii) 建築規模によるもの (法 21 条)

- 建物高さ 16m 以下で延べ面積が 3,000 m<sup>2</sup> 以下であれば、防火上の制限を受けない。
- 高さ 16m 超、3,000 m<sup>2</sup> 以下で 2 階建て、3 階建ての建築物は 1 時間準耐火の措置等が必要である。
- 3,000 m<sup>2</sup> 超の場合は、耐火建築物とするか、3,000 m<sup>2</sup> 以内ごとに壁等で区画することが必要である。

### iv) 内装制限

- 内装制限の対象は、避難安全が重要となる建築物として表 3.1 に示す特殊建築物 (1、2、4 の用途のもので一定規模以上のもの、6 の用途)、一定規模以上の建築物、排煙上の無窓居室、火気使用室である。
- ただし、学校や体育館などは、一般的に避難が迅速に行われるため、適用除外されている。
- 特殊建築物と一定規模以上の建築物における居室の内装には難燃材料 (特殊建築物の 3 階以上の階では天井を準不燃材料)、通路等の内装には準不燃材料が要求される。排煙上の無窓居室 (地上に通ずる通路を含む) と火気使用室の内装には準不燃材料が要求される。
- 難燃材料、準不燃材料、不燃材料として大臣認定を取得した木材があるので、それらを利用し内装を木質化することができる。
- 内装制限は「壁」と「天井」が対象で、「床」は規制外である。
- 居室の壁は、床から 1.2m 以下の部分に木材を利用できる。
- 「居室」では、天井を準不燃材料以上にすれば、壁全体に木材を使用できる。(平成 12 年 建告 1439 号)
- 住宅の火気使用室は、火気設備からの離隔距離を確保する等で木材を利用できるなどの緩和がある。(平成 21 年国交告 225 号)
- 内装制限のかかる大規模建築物の規模等が規定されている。(表 3.2)

表 3.2 内装制限の対象となる大規模建築物の規模等

制限の対象となる規模等	備考
・階数 3 以上、延べ面積 > 500 m <sup>2</sup> ・階数 2 以上、延べ面積 > 1,000 m <sup>2</sup> ・階数 1 以上、延べ面積 > 3,000 m <sup>2</sup>	学校などおよび高さ 31m 以下の 2 の項 (表 3.1) の建築物の居室部分で、100 m <sup>2</sup> 以内ごとに防火区画されたものを除く

### (3) 木材での対応

木材を仕上げ材に使う場合は、告示の例示仕様を利用するか、例示仕様の上に木板を張るか、大臣認定を利用することになる。

例示仕様に木材を張る場合は、木材の遮熱性が加わり、壁全体の遮熱が向上すると認められている。

大臣認定は、建材メーカーや団体が取得している。

#### i) 外壁の例示仕様

##### ①準防火構造（20分）平成12年建告1362号（図3.1）

- ・屋外側土塗り壁に下見板、屋内側グラスウール75mm以上に木材4mm以上
- ・その他、屋外側に木毛セメント版・石綿スレートなど、屋内側にせっこうボード9.5mm以上

##### ②防火構造（30分）平成12年建告1359号（図3.2）

- ・屋外側に下見板12mm以上、土塗り壁30mm以上（伝統的構法）
- ・その他、屋外側にモルタル20mm以上（木ずり）、屋内側にグラスウール75mm・木材4mm、または、せっこうボード9.5mm以上

##### ③準耐火構造（45分・60分）平成12年建告1358号

- ・屋外側にせっこうボードや木毛セメント版等+モルタルや石綿スレート、屋内側にせっこうボード

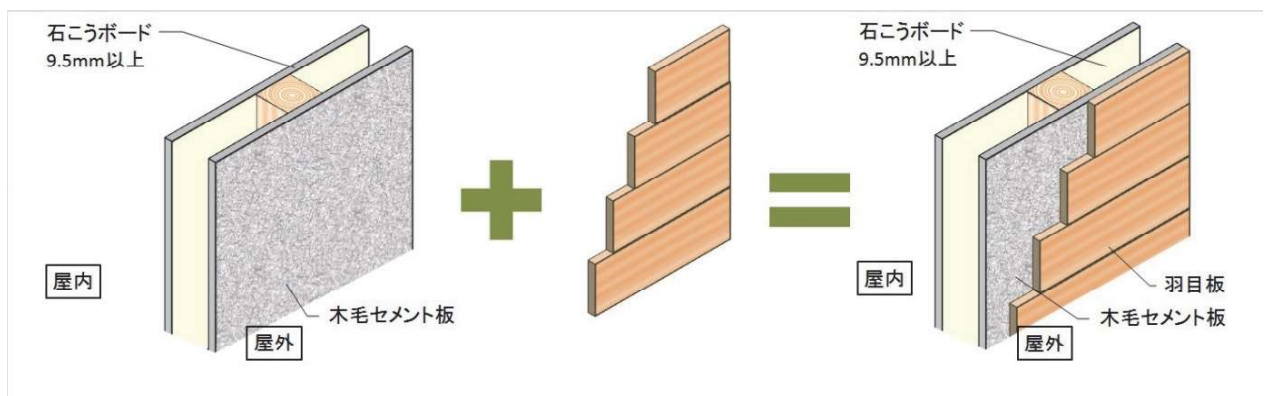


図 3.1 例示仕様+板張り（準防火性能20分）の例

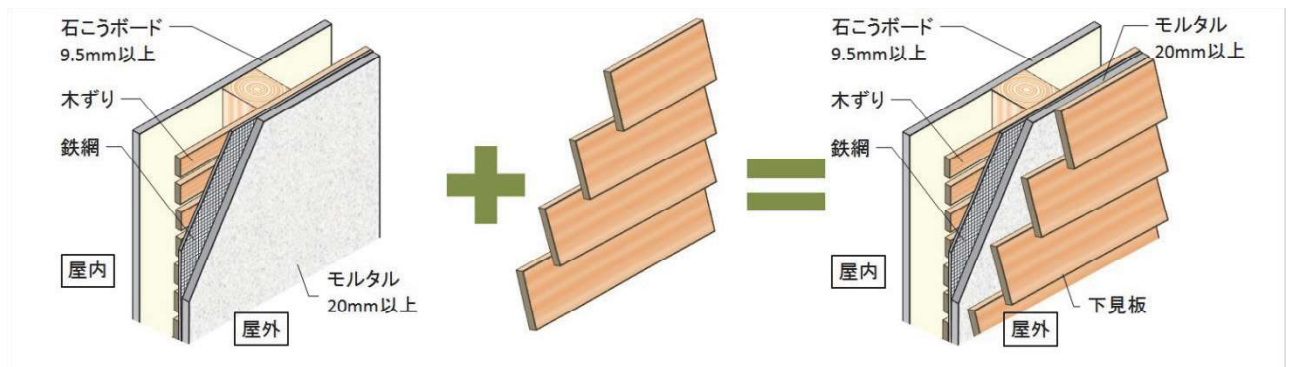


図 3.2 例示仕様+板張り（防火性能30分）の例

## ii) 外壁の大臣認定仕様

### ①大臣認定（団体）（防火性能 30 分）の例

柱 4 寸角、外壁 18mm 板張り + 合板 12mm、グラスウール 85mm、室内せつこうボード 12.5mm

### ②大臣認定（メーカー）（準耐火 45 分）の例

幅 112mm、高さ 178mm の丸太を積み上げたログハウス

## iii) 軒裏の例示仕様 + 仕上木材の例（図 3.3、図 3.4）

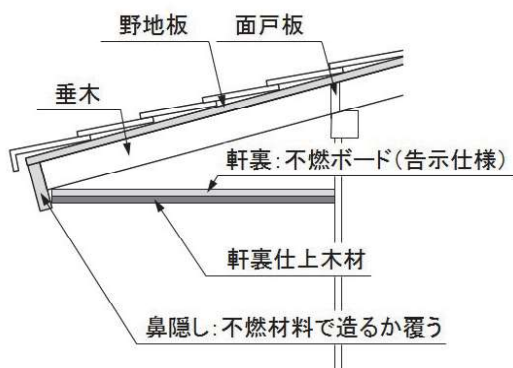


図 3.3 防火構造（30 分）

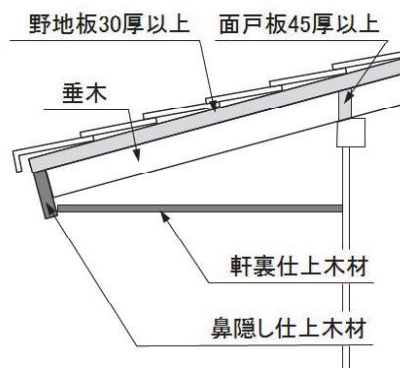


図 3.4 準耐火構造（45 分・60 分）

## iv) その他部位での木材利用

- ①準耐火建築物等とするためには、主要構造部を求められる防耐火構造とする。
- ②柱・梁については、燃えしろ設計で現わし利用可（表 3.3）。

表 3.3 要求耐火時間と必要な燃えしろ寸法（柱・梁）

柱・梁 [JAS 適合品]		要求耐火時間		
		30 分	45 分	60 分
集成材 単板積層材 (LVL)	燃えしろ寸法(mm)	25	35	45
製材	燃えしろ寸法(mm)	30	45	60

- ③壁・床・屋根については、直交集成板 (CLT) 等を用いれば、燃えしろ設計で現わし利用可（表 3.4）。

表 3.4 要求耐火時間と必要な燃えしろ寸法（壁・床、屋根）・部材厚さ寸法（非耐力壁）

壁（耐力壁）・床 [JAS 適合品]		使用する接着剤種類	要求耐火時間	
			45 分	60 分
直交集成板（CLT） 単板積層材（LVL） 集成材	燃えしろ寸法 （mm）	レゾルシノール樹脂系接着剤等	35	45
		水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤等	45	60

屋根 [JAS 適合品]		使用する接着剤種類	要求耐火時間	
			30 分	
直交集成板（CLT） 単板積層材（LVL） 集成材	燃えしろ寸法 （mm）	レゾルシノール樹脂系接着剤等	25	
		水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤等	30	

壁（非耐力壁） [JAS 適合品]		使用する接着剤種類	要求耐火時間	
			45 分	60 分
直交集成板（CLT） 単板積層材（LVL） 集成材	部材厚さ寸法 （mm）	レゾルシノール樹脂系接着剤等	65	75
		水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤等	75	90

④防火地域・準防火地域内において高さ 2 m を超える門・塀を木材等で作ることが可能（法 61 条）。

- ・厚さ 24mm 以上の木材で作る
- ・厚さ 30mm 以上の土壁で作る
- ・不燃材料で作るまたは覆う



背の高い木塀（設置直後の様子）

⑤表面に使用する木材は、地域の実状に応じて、不燃化（薬剤処理を行う）が求められることがあり、建設地の地方公共団体に確認が必要。

#### （4）おわりに

以上のように、防耐火性能が求められる場合に、木材を現わし利用する方法は数多く開発されている他、耐火構造・耐火建築物に木材を利用する技術が開発されている。

## 3.2 和風・洋風の板壁

### (1) 板壁

板壁は「住まいの衣服」ともいえる存在であり、形態を少し変更するだけで和風の装いにも洋風の装いにもなる。その概要を表 3.5 に示す。

表 3.5 板壁の種類と特徴

グループ名称	個別名称	特徴
下見板（横張り）	ささらこ下見	純和風。主にスギの薄板を用いて重ね張り。ささらこ状の押し縁で下見板をしっかり固定。壁面に縦勝ちの格子模様を形成
	押し縁下見	和風。薄板を斜め継ぎ等で矧ぎ合わせ、単純な形状の押し縁で固定。材料加工・施工はささらこ下見板張りよりも容易。ただし、板の幅反りが発生しやすい
	南京下見	洋風。断面がベベル（なげし挽きされた台形）の板の錯張り。底辺の厚さが 15 mm 以上あるので、横ラインのシャープな陰影を形成
	ドイツ下見	洋風。相じゃくり・本実（ほんざね）加工した板の横張り。ドイツ下見は板の表面に幅の広い目地があるので、それにより壁面に横ラインの陰影を形成
羽目板（縦張り）	羽目板	洋風・和風。腰壁に多く採用。側面に相じゃくり・本実（ほんざね）加工した板を縦張り。目地のあるドイツ下見を縦張りすることもある
	大和張り	和風。おもに塀に使用。風を通しながらも視線を制御。これと類似の張り方に「縦板張り・目板押さえ」があり、これは外壁に使われる。あやめ張りとも呼ぶ
ウッドシングル	ウッドシングル	洋風。本来は屋根葺き用の短尺材であるが、重ね張りして壁面に使用することがある。立体感のあるユニークな壁面を形成



大和張りによる露天風呂の外周囲い



縦板張り・目板押さえの外壁



さら下見



押し縁下見



南京下見



ドイツ下見



羽目板（縦張り）



ウッドシングル

写真 3.1 板壁の種類

## (2) 焼きスギ

スギ板の表面を焼いて炭化した板。昔から板壁に採用してきたが、現在ではさらに表面をブラッシングして年輪模様を強調した意匠の板も使用されている（写真 3.2）。

スギならではの凹凸感のある年輪模様（浮造り：うづくり）が特徴的である。



一般的な焼きスギ板



表面をブラッシングした焼きスギ板

写真 3.2 焼きスギとその応用製品（建物の化粧材として使用）



### 3.3 材料選択（適材適所）

#### (1) 無垢の木材

伝統的な軸組み工法の新築住宅における材料選択を見てみよう。ただし、材料は見え掛かりのものだけの抜粋である。材料は将来にわたる美観維持を念頭に、幅反り・干割れや腐朽を生じないように細心の注意を払っている。



- 所在地：  
愛知県（旧東海道沿い）
- 構法等  
在来軸組みで湿式工法の真壁造（屋根は三州瓦葺き）、地元工務店が建築
- 使用材料（劣化を抑制するための材料が吟味されている）  
・屋根の破風：ヒバ桁目の心材（無節）  
・垂木・野地板・面戸板：ヒノキ  
・外壁のささら下見板：スギ（心材勝ち）、板壁の高さは手の届く範囲に制限（塗替え容易性のため）  
・井戸周り：スギ心材の板目板、上部の笠木は水垂勾配あり  
・柱：ヒノキ（ただし大黒柱はケヤキ）  
・屋内の腰壁：スギ板（心材・辺材の双方を含む）  
・内装造作材：スギ桁目及び追桁の無節材

写真 3.3  
伝統的工法で建築中の民家の例

この外、ウッドデッキ・木柵などでは素材耐久性の高い広葉樹（セランガンバツ、ウリン、イペ、チーク等）の使用も選択肢に入る。

#### (2) 高耐久化木材等

これは、資源の持続性が担保され大量に市場に出回っている木材を化学的または物理的手法によって高耐久化した建材である。ほとんど針葉樹であるが、一部にはゴムノキのプランテーションの老齢樹を利用した LVL もある（特徴：高比重なので土足歩行しても摩耗が少ない）。その概要を表 3.6 に示す。

注) 低比重のスギも圧密化すれば土足歩行用の床板になる。

現在、これらの高耐久化木材は公共建築物及び商業施設の木質化（とくに外装）において広く活用されている。

表 3.6 高耐久化木材等の概要

材料の種類	付与された機能
銅系薬剤を加圧注入した防腐木材	耐候性、防カビ性、防腐性、防蟻性、防藻性
フェノール樹脂を含浸した木材や L V L	耐候性、形状安定性、防腐性、防蟻性
200℃を越える温度で熱処理した木材※	形状安定性、防腐性、防蟻性
ポリエステル樹脂を含浸した WPC 床板	耐摩耗性、耐凹み性、耐引っ掻き傷性
アセチル化等の化学修飾木材	形状安定性、防腐性、防蟻性
防火薬剤を注入・含浸した防火木材※※	難燃性

注) 寸法安定性 = 形状安定性

※ 処理温度により性能に差がある。

※※ 薬剤が溶出して白華を生じることがある。

なお、これら以外にもハイブリッド型の耐火構造部材、木質セメント板、混練型 WPC（人工木などと呼称）等があるが、ここでは記載を省略する。

### (3) 樹種別の留意点

現わしで使う木材のうち、美観維持に関わる不都合事象が現れやすい樹種について、対応策をまとめると表 3.7 のようになる。

表 3.7 現わし使用木材の美観維持に関わる樹種の特徴

樹種	不都合事象	具体的説明と対応策
マツ類・カラマツ・スプルーース	マツヤニの浸出	粘性樹脂の垂れ落ち・べたつき・汚染等。あらかじめ脱脂乾燥材を使用すれば被害を低減できる。応急処置はシンナーによる拭き取り等。
カラマツ	ねじれ等の変形	縦方向の捻じれが大きい。羽目板では板幅を制限して木表・木裏を交互に組み合わせて張ると変形を低減できる（特許製品がすでに販売中）。なお、集成材にすれば、ねじれは低減できる。
ベイスギ (WRC※)	雨染み・雨筋	心材に含まれる水溶性着色物質が水に溶け出すことによって発生。スギでも発生。あらかじめ暗色系塗装を施せば目立たなくすることができるが完全阻止は困難。外壁・浴室壁では、水洗いしてから使うこともある。

※ WRC：ウエスタンレッドシダー



写真 3.4 水溶性着色物質の溶脱の様子（左から 3 番目がベイスギ）

## 3.4 外装木材の塗装

塗装は木材表面の保護と美装を目的に行われ、現わし木材の美観形成の最重要ポイントである。

### (1) 木材の屋外における経年変化

#### i) 気象因子と経年変化

無処理かつ無塗装の木材を日当たりや雨がかりの多い環境で使用すると、早ければその日のうちに変色が始まり、数か月のうちに表面が灰色化する。また、そのころには、木材の表層に微細な割れが発生し、緩やかな速度で浸食が始まる。その後、数年間を経て木材の表面は凹凸に富む立体的な構造になる。

これらの変化は、図 3.5 のように、主に太陽光や風雨など気象因子の作用で生じるものであり、長年にわたって屋外で使用された木材の経年変化を特徴づける重要な要素である。しかし、その変化の程度や状況によっては、好ましいものではなく避けるべき劣化として見なされることもある。

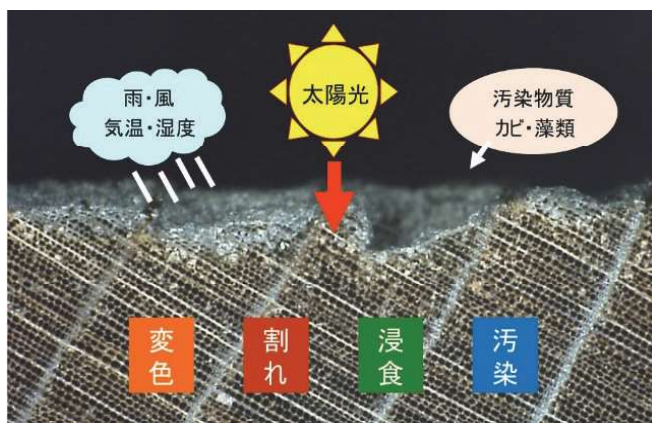


図 3.5  
木材表面の経年変化をもたらす  
気象因子及びその他因子

そのような問題を避けるには、気象因子の影響をある程度まで抑制する必要がある。具体的には、軒やけらばによって木材への日当たりや雨掛りを減らすこと、塗装によって木材の表面を保護すること、適切な維持管理を行うこと、などが効果的である。

これらの実施にあたっては、国土交通省の「木造計画・設計基準」が、具体的な塗装仕様については、日本建築学会の「JASS 18 塗装工事」や木材塗装研究会編「木材の塗装 改訂版」など参考になる。

また塗り替えに関しては、国土交通省「公共建築改修工事標準仕様書」、林野庁監修「大規模木造建築物の保守管理マニュアル」、日本木材保存協会「木材・木質構造の維持管理—補修技術マニュアル—」などが参考になる。

他方、屋外で木材を使用する場合の注意点として、気象因子のほかに腐朽やシロアリ食害など生物劣化への対策が重要である。塗装のみで生物劣化を抑制するのは困難である。「木造計画・設計基準」等を参照し、必要に応じて加圧注入保存処理材など適切な生物劣化対策を施した材料の使用を検討する。

## ii) 木材の良さと経年変化

屋外で木材に生じる経年変化は、木材の良さと密接に関連している。よく知られているように、木材の表面で紫外線を含む光を反射させると、反射前と比較して紫外線量が減少する（図 3.6）。それゆえ、木材は人の目に優しいとされる。

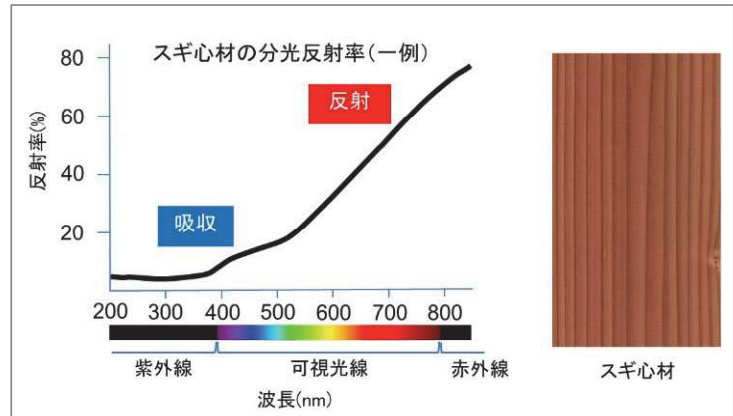


図 3.6  
スギ心材の分光反射率  
(紫外線のほとんどが材面で吸収される)

反射光に紫外線が少ない理由は、木材の主成分の一つであるリグニンが紫外線を吸収しやすい化学構造を持っているからである。しかし紫外線を吸収したリグニンにはラジカルが発生し、光酸化反応によって分解する。

この反応の過程で他の木材成分にも影響が及ぶ。木材の本来の色調の由来であった化学構造(発色団)も分解し、新たな発色団が生成する。この過程で木材は変色するのである。さらに、紫外線の作用によってリグニンが分解した木材の表層は強度が低下するため、風雨の作用によってゆるやかに浸食されるようになる。

これらの現象は、木材の光吸収特性に起因するものであり、木材の経年変化はその良さと表裏一体の関係にあると言える。木材の経年変化を楽しんでいただくに際しては、そのことをユーザーに理解してもらうことも大切である。

## (2) 色調の変化

### i) 紫外線の影響

木材は過去数年～10年程度の間年輪として形成された淡色の「辺材」と、それ以前の年輪に抽出成分が沈着して樹種ごとに特徴ある色彩を呈する「心材」からなる。これらの材部は紫外線による色調の変化傾向が異なる。

様々な樹種の辺材、または心材であっても比較的淡色の心材を持つ樹種の場合は、紫外線の作用によって徐々に“ヤケ”が生じ、材面が暗・濃色化する傾向が見られる。これは、具体的には光酸化反応によってキノン構造を含む発色団が生じ、材面の明るさ ( $L^*$ ) が減少するとともに、赤み ( $a^*$ ) と黄み ( $b^*$ ) が増加する現象である。

一方、元々濃色である心材の場合、リグニンに加えて抽出成分も光酸化するため、紫外線の作用による変色パターンは樹種によって様々であり、紫外線の作用で淡色化することもある。

### ii) 紫外線と水分の影響

変色の次の段階では、紫外線の作用で変性・分解した成分が雨水や結露に溶解し、徐々に溶出するようになる。このとき、着色の原因となっていた発色団も分解して溶出する。このため、材面は明るさ ( $L^*$ ) が増加するとともに、赤み ( $a^*$ ) と黄み ( $b^*$ ) が減少して、一旦、白色化

に向かう。

他の変色要因がなければ、木材はそのまま真っ白になるはずである。しかし、屋外で光酸化した木材の表面には、黒酵母菌類などカビ類や大気中の浮遊物質などによる黒色系の着色が生じやすい。その結果、木材の表面は灰色化するのである（図 3.7）。

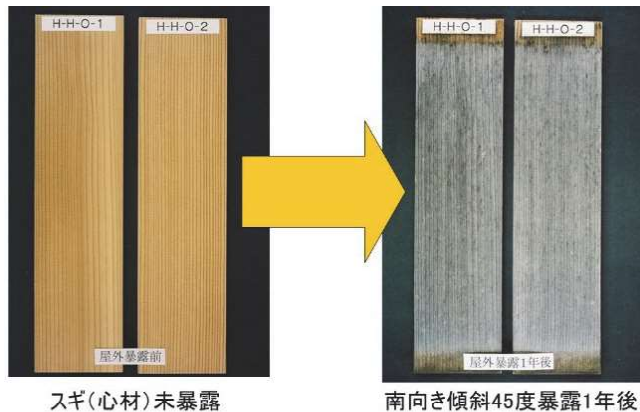


図 3.7  
1年間屋外に暴露された木材の色調変化

日当たりや雨掛りが多い場合、数か月のうちに木材は灰色化する。一方、軒やけらば等の保護により太陽光や雨水の作用が抑制された場合には、変色が灰色化にまで至らないことがある。

### iii) 色調変化を活かす

木材が灰色化した後も、周囲の色調やデザインとマッチするように設計しておけば、シルバーグレーの美しい外観、あるいは独特の味わいのある経年変化などとして意匠性を持たせることが可能である。ただし、木材の変色の程度は、使用環境によって異なる。例えば、雨水が当たりにくい軒下の材部では暗・濃色化に留まっているのに対し、地際では灰色化するなど、同じ壁面であっても、軒下からの距離によって材面の色調がかなり異なるケースが見られる。色調変化は「味わい」として周囲の景観にマッチする場合には不都合がないものの、汚染が甚だしいケースでは劣化イメージを与える場合もある。

## (3) 表面構造の変化

### i) 浸食による凹凸の形成

木材の細胞壁構造はしばしば鉄筋コンクリート構造に例えられる。鉄筋の役割はセルロースナノ繊維が、セメントの役割はリグニンが果たしている。光酸化反応によってリグニンが分解すると、木材の細胞壁構造にゆるみが生じ、細胞壁同士を繋ぎ止めている界面の強度も低下する。また、セルロースも光酸化反応の影響を受け分子量が低下する。

これらの反応の結果、紫外線を浴びて光酸化した木材の表層は強度が低下し、微細な割れが生じやすくなる。また同時に風雨による浸食作用を受けやすくなるのである（図 3.8）。

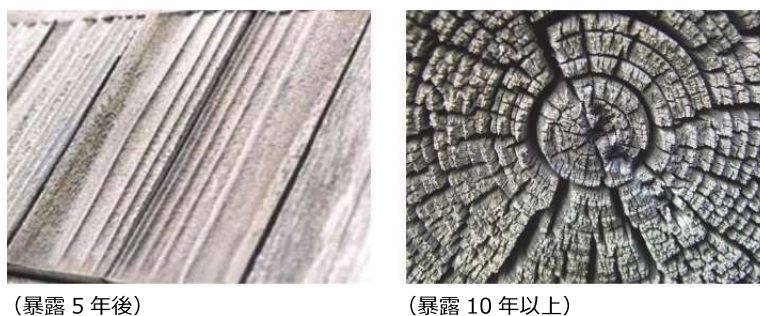


図 3.8  
5年間以上屋外に暴露された木材の浸食（光酸化した木材は雨水や砂塵によって徐々に浸食される）

木材が浸食される深さは、紫外線が木材に浸透する深さに依存する。木材の深さ 0.1 mm 程度までは紫外線が浸透しやすい。紫外線の浸透深さは、木材の密度に反比例するため、光酸化反応が生じる深さも、光酸化した木材表層が雨水や砂塵に浸食される速度も、木材密度に反比例することになる（図 3.9、図 3.10）。

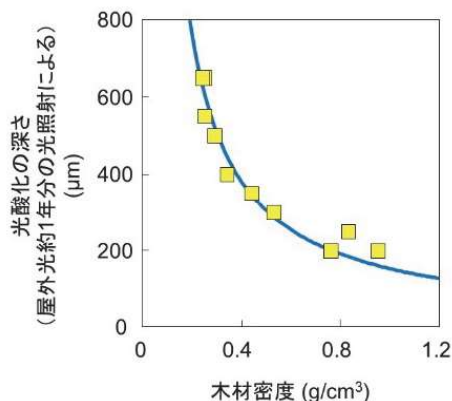


図 3.9  
木材密度と光酸化深さの関係（反比例）

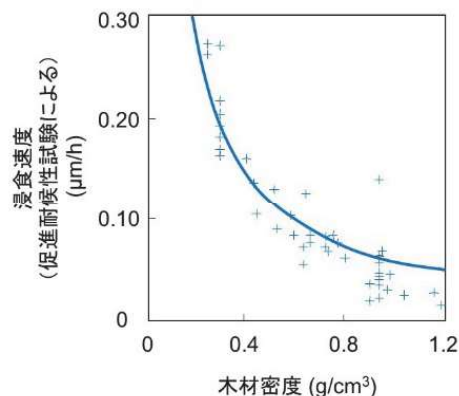


図 3.10  
木材密度と浸食速度の関（反比例）

その結果、同じ木材の同じ年輪であっても、密度の低い早材（春先からおよそ夏至までに形成される材部）は、密度の高い晩材（およそ夏至以降に形成される材部）よりも先に浸食される。屋外で経年変化した木材が、年輪ごとに早材部の目やせした凹凸に富む表面になるのはそのためである。

より長いスパンで見ると、針葉樹材は一般に 100 年あたり最大 10mm 程度の厚みが失われることが報告されている。ただし、これは米国ウィスコンシン州での評価によるものであり、日本ではもう少し速度が高い可能性がある。

## ii) 経年による凹凸を活かす

表層に生じた凹凸構造は、長年にわたって屋外使用された木材の経年変化を特徴づけるものである。その浸食の速度は木材の密度に応じて異なるため、樹種によっては独特の味わいとして活用することができる。

例えばスギ材は、他の針葉樹材と比較して早材の密度が低い。このため、他の樹種よりも短期間のうちに早材が浸食されて凹凸構造が顕在化する。このように、スギ材の利用にあたっては、経年変化の効果が早く得られるということを経年変化のメリットとして捉え、活用するなどの工夫も考えられる。

なお、木材を塗装した場合でも、後述の塗膜を形成しない含浸形塗料を用いれば、無塗装と比較してかなり緩やかな速度で浸食が生じるため、塗装の利点を生かしつつ自然感のある経年変化を楽しむことが可能である。

## (4) 気象因子と方位・角度、軒の出

気象因子の影響力は、木材を設置する方位や角度によって異なる。東西南北で比較すると、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。またカビの発生も南面が最大であり、東西面がそれに次ぐ。これは光酸化した木材成分がカビ類の栄養源になるためではないかと考えられている。一方、北面は藻類対策が課題となる。

角度の影響については、木材が地面と垂直に南向きで設置された場合の浸食速度は、南向き 45 度傾斜設置や水平設置の場合の半分程度である。このため、点検やメンテナンスにおいては、方位や角度によって経年変化や劣化の程度が異なることに注意する。

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に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 900mm 以上であること、適切な基礎の高さは跳ね返し面から 250mm 以上（雨樋設置時）あるいは 450 mm 以上（雨樋不設置時）であることなどが報告されている。

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。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。

## (5) 塗装の種類と選択

塗装は木材に及ぼす気象因子の影響を制御し各種汚染の発生を抑制するために行われる。木材の外部用塗装は着色（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（表 3.8）。前者は、不透明な塗膜の形成によって木材素地を保護する。後者は木目が透けて見えるため木材の美観を活かしやすい。半透明仕上げはさらに、木材の素地に含浸して塗膜の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細分される。以下にそれぞれの特徴を説明する。

表 3.8 木材の屋外用塗装仕様（JASS18 の分類に基づく）

透明・着色	塗装の仕様	
着色（エナメル）仕上げ （木目が見えない）	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 ・耐候性が比較的高い
	合成樹脂調合ペイント塗り（SOP）	・造膜形
半透明仕上げ （木目を見せる）	木材保護塗料塗り（WP）	・含浸形または造膜形 ・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

### i) 着色（隠ぺい）仕上げ

日本では木造建築物の外部に丹塗りなど隠ぺい性の高い塗装を用いてきた歴史がある。明治時代にペイント塗り（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使用されてきた。

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、紫外線の浸透を遮蔽する能力が優れている。また後述の含浸形塗料と比較して、水分の浸入を防ぐ能力が高い。但し、塗膜割れなど欠陥が生じて水分の浸入が容易になると、塗膜の下の見えない部分で腐朽が広がる恐れがある点に注意する。

このタイプの塗膜耐久性についてメーカーが示す耐用年数は通常 5～7 年程度である。一方、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おり、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しっかり行えば、さらなる寿命の延伸も可能になると考えられる。



写真 3.4  
着色（隠ぺい）仕上げ

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、気象環境の違いのほか、塗装前の素地調整の違いもあると考えられる。日本では平滑面に塗装する例が多いのに対し、米国では後述のように、帯鋸製材により粗面仕上げ（ラフソーン仕上げ）された材面に塗装することで塗料の付着量を増し、耐用年数の延伸を図っている。

## ii) 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。このため、屋内外を問わず白木調の塗装仕上げ、あるいは木目が見える半透明の塗装仕上げを求めるユーザーが、海外と比較して多い。これは日本の屋外用の木材塗装において、後述の木材保護塗料塗りなど、半透明仕上げの人気が高い理由の一つである。一方、欧米でも無塗装の木材が経年変化したシルバーク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が、主流はやはり着色（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」などにも採用された仕様である。

木材保護塗料は、樹脂と着色顔料のほか、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り、腐朽やシロアリ食害への対策は別途行う必要があることに注意する。

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。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。しかし、最近は紫外線のみを遮蔽する顔料開発も進んでおり、今後はこの傾向が当てはまらないケースが増えると思込まれる。



写真 3.5  
半透明仕上げ（含浸形）



### iii) 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、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に大別される（図 3.11）。これら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。



図 3.11 塗膜の断面

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事例が多い。

### iv) 耐用年数

塗装面の耐用年数は塗料の性能のほか、部材の設置状況によって異なる。このため一概にはいえないが、着色（隠ぺい）造膜形は 5～7 年、半透明造膜形は 3～5 年である。半透明含浸形は 2～3 年目までに 1 回目の塗り替えを行うことが多い。

なお、含浸形は、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。

各タイプの塗り替えスケジュールの一例を p. 74（表 4.3）に示す。但し、あくまでもスケジュールの目安であり、使用環境や塗料製品の性能によって塗り替えまでの期間が短縮あるいは延伸する可能性がある点に留意する。

なお、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（写真 3.6）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。



屋外暴露試験（南向き 45 度傾斜は南向き垂直の約 2 倍の速度で浸食される）



促進耐候性試験（キセノンランプ法の 2500 時間が屋外暴露南向き 45 度の 2 年分に相当）

写真 3.6 塗装面の耐用年数の試験

[参考]

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。（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留意する。）

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する。

#### v) 塗装性能に関する認証制度

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、キセノンランプ法促進耐候性試験により、塗装木質建材の耐候性能が 3 等級（耐候形 1 種、2 種、3 種）に区分された（表 3.9）。

これは具体的な耐用年数を保証するものではないが、耐候形 1 種で 5～10 年、2 種で 4～6 年、3 種では 2～4 年程度の耐用年数が想定されている。なお 2015 年までにこの認証を受けた製品はないが、耐候形 1 種をクリアできる木材の素地調整法と塗装条件の例は学会等で報告されている。

表 3.9 AQ 耐候性塗装木質建材 耐候性判定基準

	耐候形 1 種	耐候形 2 種	耐候形 3 種
試験時間	2500 時間	1800 時間	1000 時間
塗膜割れ 塗膜はがれ 基材割れ	密度 1 以下 量 1 以下 密度 1 以下	同左	同左
色の変化	色の変化の程度が見本と 比べて大きくならないこと	同左	同左
はっすい度	95%以上	90%以上	80%以上

#### (6) 塗装性能を伸ばすために

塗装にあたっては、JASS 18 を参照し、木材含水率（18%以下）、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、定められた塗布量（単位面積当たりの塗付け量）を守ることが重要である。以下に、塗装性能を伸ばすポイントを説明する。

##### i) 素材の選択

米国農務省林産研究所では、屋外用の木材塗装の耐用年数に寄与する因子として、針・広葉樹材の区別、密度、年輪構造、木取り、仕上げなど様々な検討項目を挙げている。それによると、より長い耐用年数が期待できる木材素地は、針葉樹材、低密度、早・晩材の移行が緩やか、晩材の幅が小さい、心材、柾目、ラフゾーン仕上げ（後述）の木材である。

これらはいずれも木材素地への塗料の塗布量に関わる因子である。例えば、スギ材のように密度の低い材は塗料をよく吸収するが、イペやジャラのような密度の高い材には塗料があまり浸透しないため、塗装した場合には頻繁なメンテナンスが必要になる。

## ii) 表面仕上げ

木材への塗料浸透は、表面仕上げによって大きく異なる。塗装基材となる木材素地表面を粗面化することで、塗料浸透を増やし性能を向上させることができる。また塗膜欠陥が生じやすい部材角部の面取りも重要である。

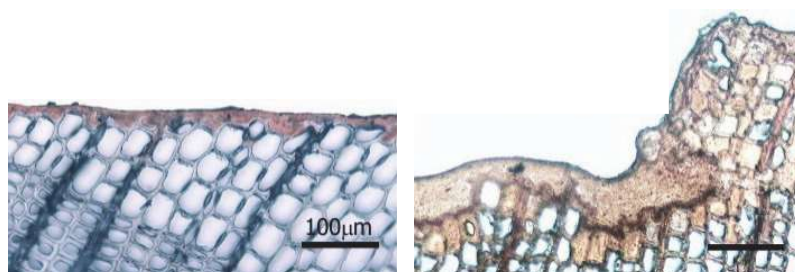
### ① ラフソーン仕上げ

ラフソーン仕上げは、帯鋸で製材された荒々しい材面をそのまま塗装に供するものである。プレーナーで平滑に仕上げた場合と比較して、塗料の浸透が深く、塗布量が増加するため、塗装性能が向上しやすい(図 3.12)。

日本ではこれまで平滑な材面が好まれてきたため、欧米と比較して使用例が少ないが、平滑な材面が必要とされない場面での使用拡大が期待される。

またラフソーン以外の粗面化処理として植物種子殻メディアブラスト法(種子殻の粉末を平滑面にブラストする)も試行されている。

ラフソーン仕上げしたスギ材や上記のブラスト処理したスギ材に耐候性の高い造膜形木材保護塗料を用いることによって、AQ 耐候形 1 種と同等の性能を得られることが報告されている。



平滑面への塗装 (40µm程度の浸透)

ラフソーン仕上げ面への塗装 (浸透深さ・量増大)

図 3.12  
平滑面への塗装とラフソーン  
仕上げ面への塗装の比較

### ② 角部の面取り

塗装耐候性を向上させるには、角部の曲面仕上げや面取りも効果的である。一般に、部材の角部には塗料が付着しにくく、塗膜の厚さを確保することが容易ではない。その結果として、角部には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、塗布量や塗膜の厚さを増し、塗膜欠陥の発生を軽減することができる。

## iii) 改質処理された木材への塗装

熱処理や化学加工によって寸法安定化処理された木材や、銅アミン錯体を含む防腐防蟻薬剤で加圧注入処理された木材を塗装した場合には塗装耐候性が向上する。但し前処理によっては塗料の発色に影響を及ぼすことがあるので注意する。

### ① 熱処理木材への塗装

木材を 150~250°C で加熱処理すると、寸法安定性や防腐性能が向上する。但し、熱処理木材の防蟻性能は高くない。このため屋外では外壁やルーバーなど非接地の条件で使用されている。光酸化による変色が大い点も留意点として挙げられる。

塗装した場合には、木材の寸法安定性が高まっているため、塗装性能の向上が期待できる。但し塗装にあたっては、表面の浸透性が変化しているため、メーカー推奨の専用塗料を用いる必要がある。

なお、熱処理木材の防腐性能と寸法安定性については、(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)を受けた製品がある。

## ② 化学加工木材への塗装

これは、木材成分と試薬とを反応させて共有結合を形成させ（化学修飾）、あるいは木材内部の空隙へ合成樹脂を充填し硬化させる（樹脂処理）ことにより、木材の寸法安定性や耐久性を向上させた材料である。前者の例としてアセチル化木材、後者の例としてフェノール樹脂処理木材が挙げられる。

塗装した場合には、木材の寸法安定性が高まっているため、塗装性能の向上が期待できる。但し塗装にあたっては、表面の浸透性が変化しているため、メーカー推奨の専用塗料を用いる必要がある。

なお、アセチル化木材の防腐および防蟻性能については、日本木材保存協会による認定を受けた製品がある。また、フェノール樹脂処理木材の寸法安定性と防腐・防蟻性能については、（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）を受けた製品がある。

## ③ 防腐防蟻処理木材への塗装

木材の生物劣化を抑制する保存処理（防腐防蟻）の薬剤成分が木材や塗装木材の耐候性を向上させる場合がある。現在よく使用されている保存処理薬剤のうち、ACQ（銅・第四級アンモニウム化合物）や CuAz（銅・アゾール系化合物）などアミン銅錯体を含む薬剤で加圧注入処理された木材は、無処理材と比較して塗装の耐久性が向上する。その理由としてアミン銅錯体がリグニンの光酸化機構を変化させる可能性が考えられている。

実例としては、スギ製の木製遮音壁を用いた実験で南向き垂直暴露による9年間の塗装耐候性が得られた報告などがある。但し銅イオンによる独特の発色が生じ、半透明塗料の場合は本来の発色が得られないことがある。

## ④ 難燃処理木材への塗装

木材の難燃処理は水溶性の薬剤注入が基本であるため、屋外で難燃処理木材を用いた場合には、雨水の影響や木材の吸放湿の過程で、薬剤が内部から移動し、材面に白い粉状に吹き出す（白華）ことがある。

この現象は塗装によりある程度まで抑制することができる。2014年、（公財）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」として新たに規定されたところである。すでに同認証を得た製品が市販されている。



写真 3.7  
保存処理木材への塗装例  
（この例ではスギ遮音壁の試験体に塗装）



写真 3.8  
高圧水洗浄法による既存塗膜の剥離工程  
（この例では材面保護のため比較的低压に設定）

## ◆コラム2 ー内装木材の経年美化事例ー

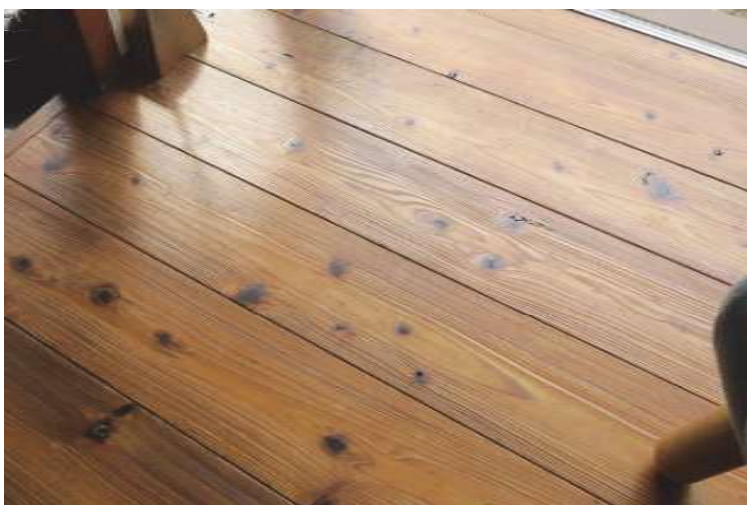
### ◇事例1：経年変化を体感できる住宅展示場

一般に住宅展示場は**新築状態の建物**を客に見てもらうために存在する。そこでは5年後、10年後の姿を思い描くことは困難である。これに対処するため、住宅会社の中には築15年の展示場に客を招き、**経年変化を体感**していただく試みをしている事例がある。

内装は、エイジングによって木材の色調が次第に**飴色**になり落ち着きのある佇まいを醸成している。また、無垢の床板は15年間の使用により**テクスチャー**が浮き出ている。



築15年の住宅展示場内観  
(木部は飴色になり床板は  
やや浮造りになっている)



### ◇事例2：年毎に味わい深まるスギの床、マツの床

一般に、スギは材料密度が小さいため摩耗しやすく引掻き傷もつきやすい。このため、住宅の床材にはあまり使用されない。しかし、拭き掃除等の日常管理がされた住宅のスギ床を観察すると、当初は平坦だった表層が8年経過後には見事な**浮造り**（うづくり）になっている。

スギは、年輪の中で春に形成された層と夏以降に形成された層の密度差が極端に大きいので、歩行・清掃による繰返し摩擦によって自然な年輪模様が浮き出てくる。

マツはスギよりも密度が大きいのでフローリングだけでなく階段の**踏み面**にも使用される。マツ類も年輪内の密度差が大きいので使用中の歩行摩擦・拭き掃除によって木材表層部は次第に浮造りになる。

こうした内装材の変化は、経年劣化と言うよりも**経年美化**と言う方がふさわしい。

8年経過したスギ製床板  
(見事な浮造り)

