小特集 I. 金属建材における表面処理

住宅部材の耐久性と必要性能

石本 徳三郎*

Durability of House Components and Essential Quality

Tokusaburo ISHIMOTO*

Key Words : Durability, Age, House Components, Essential Quality

地球環境の保全という観点からも、住宅を長持ちさせようという気運が広がっている。住宅会社における住宅部材の試験・研究の取り組みを述べ、住宅の外装材については書くメーカーが耐用年数を表示するよう提案する。

1. はじめに

住宅部材の耐久性を述べる前に、住宅の耐久性を述べなければならないが、税法上の償却年数とか、住宅金融公庫の融資返済年数^{*1}が一つの目処になる程度で、住宅の性能の一つとしてオープンに議論されていない。議論がしにくい理由として物理的耐久性と寿命^{*2}との混同がある。「日米の住宅残存率曲線」を図1に示す。この図では寿命とされる50%の残存率が、アメリカでは101年、日本では39年になっている。この結果は第一次大戦後の日本の特殊事情によるもので、日本も本来アメリカ型になるものと考えている。

「鉄鋼系工業化住宅における躯体の耐久性に関する研究(石本)」ではCHS(後述)における60型の耐久性グレードを確保していることを論証している。当面の耐久性目標が50年であるとしても、工業化住宅の外装材を含む躯体の耐久性は更に100年を目指すべきである。

図1 日米の住宅残存率曲線

(出典:「住宅の寿命分布に関する調査研究報告書」加藤裕久, 財住宅総合研究財団)

2. 住宅部材(外装材)に要求される性能

外装材としては屋根材と壁材になるが、屋根のほうが壁より劣化条件が大きいので、次に屋根材に要求される性能を述べる。従って、壁材についても、それと同等かそれに準ずる性能が要求される。

*元・積水ハウス(株)健康住宅推進協議会 常務理事 (〒658 兵庫県神戸市東灘区向洋町中1-1-141-625)

Sekisui House Ltd. (Formerly), The Association of Healthy Housing (1-1-141-625, Naka Koyochō, Higashinada-ku, Kobe-shi, Hyogo 658)

*1: 25年, 30年, 35年がある。

*2: ここで使う寿命とは建物が使用されてから除却されるまで実際に存在した年数のこと

表1 各種屋根材料の性能比較と耐用年数

性能項目 屋根材	防水性	強度	断熱性	遮音性	防火性	耐久・ 耐候性	透光性	施工性	経済性	メンテ ナンス	外 観	重 量	耐用年数(年)
瓦 粘 土 瓦	○	△	○	○	◎	◎	×	△	○	○	◎	×	10～60 (35)
セメント瓦	○	△	○	○	◎	△	×	△	◎	○	○	×	5～30 (20)
亜鉛鉄板	◎	△	×	×	○	○	×	○	◎	×	○	◎	5～40 (20)
塩ビ鋼板	◎	○	×	×	○	○	×	○	○	○	○	◎	
アルミニウム板	◎	△	△	×	○	○	×	△	△	○	○	◎	10～60 (25)
銅板	◎	○	×	×	○	◎	×	△	△	○	◎	◎	20～100 (60)
ステンレス板	◎	◎	△	×	○	◎	×	△	△	◎	◎	◎	20以上 (40)
石綿スレート瓦	○	△	○	○	◎	○	×	○	◎	○	○	○	10～50 (30)
プラスチック板	○	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	◎	3～15 (8)
わら・茅・杉皮類	△	×	△	○	×	×	×	△	○	×	△	○	
膜材	○	△	×	△	○	△	△	◎	◎	○	○	◎	
性能項目の意味	雨水に対して吸水透水の ないこと	風圧、積雪、衝撃力に 対して変形、 破損の少ないこと	遮音性、保温力のある こと 熱貫流抵抗の大きい こと	外部騒音を遮断する こと 雨による発音のない こと	不燃性であること	日光・風雨・寒暑・有 機ガスなどによる変 形・腐食のないこと	光を通すこと	運転、取付け取換えの 簡単なこと	材料コスト、施工費が 安いこと	補修回数が少なく、費 用が安いこと	色調、光沢などがい いこと	耐震性との関連で軽 い方がよい	() 内は 一般的平均値

◎ 優れている ○ 普通 △ ややよい × あまりよくない (亜鉛鉄板会ハンドブックより)

出典：屋根と壁 1985. 12 Vol. 6 No.63 PP14～15
「屋根材料の種類と性能」，三洋工業㈱ 山口輝光著

2. 1 屋根材として要求される性能

一般に屋根材として要求される性能には、防水性を始めとして強度、防火性……と種々ある。一方、材料の種類として用いられているものには、古来から我が国で用いられてきた藁葺き屋根、杉皮、こけらなど植物類や粘土瓦、近代になって広く普及してきたセメント瓦（スレートを含む）、金属板、プラスチック板、最近多く見られるようになった織布膜材（ガラス繊維、プラスチック繊維）などがあり、それぞれに性能も異なる。また、性能のうち最も重要なのは防水性で、耐用年数もそれを基準に算出される。これらの相互関係を表1に示す。

2. 2 屋根材の表面環境

屋根材には太陽の熱・紫外線が直接当たるほか、雨・風に晒される。特に寒地では雪や雹が積もるし、それらが氷結することもある。したがって、地域によって若干異なるが、表面温度が－20℃～

80℃と低温から高温まで毎年履歷することになる。そこで高温では化学反応速度が増して、紫外線の作用も加わり劣化が促進される。着色した材料などは色素分子の側鎖が切れて変退色する。セメント瓦などは、低温で凍害になりやすい。これは表面から僅かに侵入した水分の体積膨張によって、その部分が細かな粒状にはがれ落ち、更に深く水が浸透するようになる。やがては屋根材としての機能を失う。金属板などでは、端部の処理が適切でない場合や塗膜あるいはラミネートに傷のある場合さびが発生し腐食してその機能を失う。日本では台風が多いので潮風による負荷も加わって、化学的変化と物理的変化が複合して起こり、屋根材の表面環境は厳しい。因に、夏のある1日における各種瓦表面温度を時間を追って測定した結果を図2に示す。金属系屋根材の劣化要因としては、他に工事時の傷、もらい錆、鳥の糞、土埃などがあり、吸水性材料との接触部で腐食が起こる。

図2 各種瓦の表面温度(測定例)
(出典: 積水ハウス)

3. 金属系屋根材の耐候性能評価

金属系屋根材は一般的に耐凍害性に優れているから関東以北で使用する率が高い。しかし、耐食性は今日でもその寿命を決定するほど重要である。ここには耐食性を主要項目とした試験方法を表2に示し、その方法で試験した3種の屋根材の評価結果を表3に示す。亜鉛めっき鋼板の上にポリエステル塗装した板は曲げ部で塗膜割れができてさび、平面部もさびる可能性がある。55%亜鉛合金めっきの上に塩ビ樹脂をラミネートした板は端面からラミネート材はく離の危険性が大きいことが分かった。また、亜鉛めっき鋼板の上にフッ素樹脂をラミネートした板は耐光性も優れていることが分かった。

4. 金属系建材におけるその他の問題

4.1 加工によるクラック

前項で性能評価には、折り曲げ部も対象とした。一般に鋼板は予め防錆処理され、化粧塗装やラミネートされた鋼板として使用され、それを建材に加工する。加工は切断のほか曲げることもあるのでその程度により、塗膜や表面化粧面にクラックが発生し、クラックを起点に腐食が起こる危険性がある。塗装した溶融亜鉛めっき鋼板を折曲げ加工した部分の断面顕微鏡写真の例を図3に示す。溶融亜鉛めっき鋼板はめっき層にクラックが生じ

図3 塗装した溶融亜鉛めっき鋼板の加工部断面
(出典: 新日本製鐵㈱, 岡; 「塗装鋼材」)

図4 塗装した溶融亜鉛めっき鋼板の加工形状とクラック発生の関係
(出典: 新日本製鐵㈱, 岡; 「塗装鋼材」)

やすい。クラックの直上の塗膜は大きな局部伸び歪みを受けるので、歪み量が塗膜の伸び限界を越えたと、図3の上例のようにめっきのクラックに対応した位置に塗膜のクラックが発生する。ここで塗膜の伸び限界が大きな塗料を選べば、図3の下例のようにめっき層にクラックが生じても塗膜にはクラックが生じないケースもある。図4は市販の塗装溶融亜鉛めっき鋼板を折曲げ加工した時の加工半径(R)とクラック発生状況の関係を示す。通常の折り曲げ加工の R は3mmであるが、 R を10mmとゆるやかにしてもクラックが完全になくはない。

4.2 外壁パネルおよび谷板に要求される性能

金属系の建築材料は耐食性が最も重要である。

表 2 耐食性試験方法

評価項目	促進劣化方法	評価方法	試験体																																																
			形状※	数量																																															
耐食性	① ガス腐食試験 1,000h 主旨 温度、湿度、紫外線、大気中に含まれる腐食性ガス、腐食液などを自動的にコントロールし、実使用時に近い腐食を再現させ、腐食に対する抵抗力を調べた。 条件 <table><tr><td></td><td>0</td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8 h</td></tr><tr><td>・温度</td><td>30℃</td><td>→</td><td>50℃</td><td>→</td><td></td></tr><tr><td>・湿度</td><td>Dry</td><td>→</td><td>Wet</td><td>→</td><td></td></tr><tr><td>・UV</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>・40ppmSO₂</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>・1%CO₂</td><td></td><td></td><td>30分</td><td></td><td></td></tr><tr><td>・5%キャス液</td><td></td><td></td><td>→</td><td>30分</td><td></td></tr><tr><td>・散水</td><td></td><td></td><td>5分</td><td>→</td><td></td></tr></table>		0	2	4	6	8 h	・温度	30℃	→	50℃	→		・湿度	Dry	→	Wet	→		・UV						・40ppmSO ₂						・1%CO ₂			30分			・5%キャス液			→	30分		・散水			5分	→		繰返し	2
		0	2	4	6	8 h																																													
	・温度	30℃	→	50℃	→																																														
	・湿度	Dry	→	Wet	→																																														
・UV																																																			
・40ppmSO ₂																																																			
・1%CO ₂			30分																																																
・5%キャス液			→	30分																																															
・散水			5分	→																																															
② 塩水噴霧試験 1,500h 主旨 海塩粒子飛来量の多い海岸近接地域を想定した試験である。海塩粒子が高温高湿下で付着したときの腐食に対する抵抗力を調べた。 条件 <table><tr><td>塩水噴霧 2 h ↔ 熱風乾燥 2 h</td><td>繰返し</td></tr><tr><td><table><tr><td>5% NaCl</td></tr><tr><td>35±1℃</td></tr></table></td><td>(50±1℃)</td><td>返</td></tr></table>	塩水噴霧 2 h ↔ 熱風乾燥 2 h	繰返し	<table><tr><td>5% NaCl</td></tr><tr><td>35±1℃</td></tr></table>	5% NaCl	35±1℃	(50±1℃)	返	(イ)	3																																										
塩水噴霧 2 h ↔ 熱風乾燥 2 h	繰返し																																																		
<table><tr><td>5% NaCl</td></tr><tr><td>35±1℃</td></tr></table>	5% NaCl	35±1℃	(50±1℃)	返																																															
5% NaCl																																																			
35±1℃																																																			
③ 乾燥繰返し試験 2,000h 主旨 材料表面でごく一般的に起こる濡れと乾燥を繰返し作用させたときの腐食に対する抵抗力を調べた。 条件 (湿潤 (50℃, 98%RH) 150h ↔ 乾燥 (80℃) 100h) 繰返し		2																																																	
④ 複合劣化サイクル試験 1,000h 主旨 表面仕上げ材が熱、紫外線、水により劣化したときの腐食に対する抵抗力を調べた。 条件 <table><tr><td>高温ウェザーメーター試験 100h ↔ ガス腐食試験 150h</td><td>繰返し</td></tr><tr><td><table><tr><td>パネル温度 80℃</td></tr><tr><td>散水 18分/120分</td></tr></table></td><td>(上記条件と同じ)</td></tr></table>	高温ウェザーメーター試験 100h ↔ ガス腐食試験 150h	繰返し	<table><tr><td>パネル温度 80℃</td></tr><tr><td>散水 18分/120分</td></tr></table>	パネル温度 80℃	散水 18分/120分	(上記条件と同じ)		2																																											
高温ウェザーメーター試験 100h ↔ ガス腐食試験 150h	繰返し																																																		
<table><tr><td>パネル温度 80℃</td></tr><tr><td>散水 18分/120分</td></tr></table>	パネル温度 80℃	散水 18分/120分	(上記条件と同じ)																																																
パネル温度 80℃																																																			
散水 18分/120分																																																			
耐光性	蛍光 UV 照射試験 1,000h -ASTM G 53に準拠- 主旨 熱、紫外線、水による表面仕上げ材の変退色や、割れ、はく離などの異状の有無を調べた。 条件 <table><tr><td>サンランプ照射 8 h ↔ 結露 4 h</td><td>繰返し</td></tr><tr><td>(60℃)</td><td>(40℃)</td></tr></table>	サンランプ照射 8 h ↔ 結露 4 h	繰返し	(60℃)	(40℃)	繰返し	(ロ)	2																																											
サンランプ照射 8 h ↔ 結露 4 h	繰返し																																																		
(60℃)	(40℃)																																																		
耐摩耗性	落砂摩耗試験 -JIS A 1452 (方法 C) に準拠- 主旨 表面仕上げ材が大気中の粉塵や砂塵の物理的作用を継続して受けたときの摩耗に対する抵抗力を調べた。 条件 <table><tr><td>研削材の粒度.....</td><td>20番</td></tr><tr><td>研削材毎分の落下量.....</td><td>400±20g</td></tr><tr><td>研削材の落下総量.....</td><td>下地が露出するまでの総量</td></tr></table>	研削材の粒度.....	20番	研削材毎分の落下量.....	400±20g	研削材の落下総量.....	下地が露出するまでの総量	繰返し	—	1																																									
研削材の粒度.....	20番																																																		
研削材毎分の落下量.....	400±20g																																																		
研削材の落下総量.....	下地が露出するまでの総量																																																		

※試験体の形状

①

3 t 曲げ：同一鋼板を 3 枚はさみ、
曲げた状態
0 t 曲げ：何もはさまずに曲げた
状態

㊦

表 3 市販鋼板の耐候性能結果と評価

性能			市販鋼板	塗 装 鋼 板		ラミネート鋼板
				亜鉛めっき鋼板	55%-Zn合金めっき鋼板	亜鉛めっき鋼板
				ポリエステル樹脂塗装	塩ビ樹脂ラミネート	フッ素樹脂（フィルム）
評価	耐 食 性	一 般 部	△	○～△	○～△	
		曲 げ 部	××	◎	◎	
	耐 光 性		△	△	◎	
	耐 摩 耗 性		△	◎	◎	
	総 合 評 価		△～×	○	○	
結 果	耐 食 性	ガス腐食（一般部／曲げ部）	C/e	B～C/a	B～C/a	
		塩水噴霧（一般部／曲げ部）	D～E/e	C/a	C/a	
		乾湿繰返し（一般部／曲げ部）	C/e	A/a	B/a	
		複合劣化サイクル（一般部／曲げ部）	B～C/e	A～B/a	B/a	
結 果	耐 光 性	色 差	7.3	5.9	0.3	
		光熱保持率 [%]	8	16	100	
		劣 化 状 況				割れ・はく離は認められなかった。
	摩耗抵抗度（回）		3	> 20	> 20	

優……◎>○>△>×>××……劣
・腐食状況 塗膜劣化状況の表示内容 C, c……………やや腐食, 劣化
A, a……………ほぼ異状なし D, d……………かなり腐食, 劣化
B, b……………わずかに腐食, 劣化 E, e……………著しく腐食, 劣化

海岸近接地では、飛来した海塩粒子が表面に付着し腐食を促進させるが、その腐食速度は材料の耐食性と海塩粒子の付着量、付着期間に大きく左右される。例えば、雨水が直接かからない玄関ドアや化粧鼻隠し金具（軒先）などではSUS 304でも2～3年で赤サビが発生（図5）してしまうが、雨水のかかる棟包鉄板は塗膜がほとんどなくなるまで赤サビが発生しない。このことから軒下のように雨水の直接かからない部分も含まれる外壁パネルはSUS 304よりも5倍以上の耐食性をもつものでなければならないし、雨水が直接かかる谷板はSUS 304程度の耐食性でもよいと予想される。

4. 3 屋根葺用部品

屋根葺用部品として棟包鉄板、谷板の他、2階壁下水切、軒先水切、けらば等があるが、取替えをし難い工法なので、当初の設計時に銅板にすべきとの意見も出たが、コスト上の理由からカラー鉄板を採用した。設計時の不安を裏切って30年以上の耐久性を保持している。こういうことも経験により教えられる。

4. 4 雨戸・シャッター

機能としては主として台風時の防風・防水などであるが、普段は防犯の役割をもっている。それで耐久性についてそれほど厳しい要求がないよう

図5 ステンレス製化粧鼻隠し金具の腐食（4年経過）

に思われるが、住宅に使用されたときその外観の意匠性に大きな影響を与えている。毎日稼動することでもあり、外傷を受けるとか加工時の歪み応力が表面化するし、収納時に表面に出るものと出ないがあるので、劣化の差が大きく、引き出した時に目立つなど、住宅としての価値の低下が著しい。その点で劣化に対しては厳しい要求がある。また、裏面の耐久性が悪く早く腐食することもある。

4. 5 アルミ製品

アルミサッシ、アルミ手摺り、雨戸用レールなど、酸化皮膜処理されたアルミ材は軽量で錆びに強いということから外部付帯材として多用されて

表 4 耐用年数型設定モデル

項 目	付 帯 事 項	型
基 礎	RC 造	60
	在来木造・2"×4"	30, 60
軀 体	RC 造	60
	在来木造・2"×4"	30, 60
屋 根	置 屋 根	30, 60
	防 水 層	15
	樋 等	15, 30, 60
非構造外周壁・ 外周壁パネル		15, 30, 60
	目地部詰物等	08
玄関等開口部	RC 造	30, 60
	在来木造・2"×4"	15, 30
バスユニットなど	浴 槽	08
	RC 造に取付く 壁・床・天井	08, 30
	在来木造・2"×4"に 取付く壁・床・天井	15, 30
	そ の 他	08, 30
床 組 み		30
表 装 壁 (外周壁内面仕上)		08, 30
天 井		30
間 仕 切		30
造 作 部 品		特に定めない
内 部 建 具		30
収 納		08, 15, 30
収 納 用 扉		08, 15, 30
階 段		軀体と同等
床 仕 上		04, 08, 15
キッチン用部品	キッチンキャビネット	15
	加 熱 機 器	08
洗面化粧台等		15
換気システム	ダ ク ト	30
	レンジフード	08
	換 気 扇	08
冷暖房システム	熱 源 部	08
	搬 送 部	30
	端 末 機 器	15
配 管	専 有 部 分	30
	共 用 部 分	30, 60
配 線		60
端 末 衛 生 器 具	本 体	30
	消耗部品およびパーツ レベルの部品	04, 08

出典 積水ハウス 石本

いる。ただし、湿分の多い環境ではマクロセル腐食が起こることがあるので、コンクリートや木材と接触する部分でのディテールとして、水分遮断の措置か、周辺環境を乾燥状態にする必要がある。

5. 耐久性について

最初に住宅の耐久性が50年以上であるべきだと提言したが、一般には住宅やその部材が何年持つべきだという考え方をしていない。耐久性というと、ある試験方法に合格するかどうかであり、何年持つかとは結び付かない。

建設省がまとめた CHS（センチュリーハウジングシステム）では、等比級数タイプの 04, 08, 15, 30, 60 型の 5 レベルを決め、60 型では 50～100 年の耐用年数を持つとしている。表 4 は耐用年数型設定モデルである。住宅会社ではこの表をもとに住宅部品の耐用年数を決めた「住宅生産 BASE-MAP」を作成しているが、オープンに議論する段階まではきていない。耐用年数を決めるということが社会制度として難しいのであるが、誰でも分かる外装材の耐用年数については勇気を持って決めて欲しいと思う。金属系屋根材の耐久性を 30 型（25～50 年）にしようとするれば当然メンテナンスが問題になるが、毎年清掃とタッチアップをするなど条件を決めればよいのである。スチールハウスの実用化に鋼材業界が熱心に取り組んでおられるが、この機会にメンテナンスを含めた住宅部材の耐久性に関心を持って頂きたいし、住宅のサビ、更に街のサビは恥ずかしいという社会文化を育てて欲しいと思っている。

(1997-6-13 受理)