

新商品紹介

## 高加工型汚れ防止プレコート鋼板

林 田 隆 秀\* 埜 本 敏 江\*\* 矢 野 宏 和\*\*\* 山 本 郷 史\*\*\*\*

### High Formability and Stain Resistant Pre-Painted Steel Sheets

Takahide Hayashida, Toshie Taomoto, Hirokazu Yano, Satoshi Yamamoto

#### 1. 緒 言

塗装鋼板は優れた耐食性や意匠性を有しており、工場や倉庫の建屋、住宅の屋根などの外装建材に広く使用されてきた。しかしながら、後塗装の場合と同様に表面に雨が流れた跡に汚れが筋状に残る「雨筋汚れ」を発生し、建造物の美観を損ねる場合がある（図1）。この雨筋汚れを防止するためには、雨水が流下しにくい構造にすること<sup>1)</sup>や塗膜の表面を親水性にすること<sup>2)</sup>が有効な手段とされている。塗膜表面の親水化により雨筋汚れを防止する手段としては、親水化剤としてテトラメトキシシランなどのシリケート化合物や親水性コロイダルシリカなどを塗布する手法、または塗料に添加する手法がある。塗装鋼板の場合には製造性などの面からシリケート化合物を塗料に添加する手法が主流となっている<sup>3)</sup>。

塗膜表面の親水化による塗装鋼板の汚れ防止機構を図2に示す。塗膜表面の汚れには砂埃などの親水性汚れと自動車の排気ガスやアスファルト由来の親油性汚れがある。親水性の汚れは塗膜の性質に係わらず雨水と共に流れ落ちるため、雨筋汚れの原因となるものは親油性汚れと考えてよい（以下、汚れは親油性汚れを示す<sup>4)</sup>）。屋外環境では汚れが屋根に堆積し、降雨時に汚れを含んだ雨滴が壁面に沿って下りてくる。塗膜が親水性の場合、塗

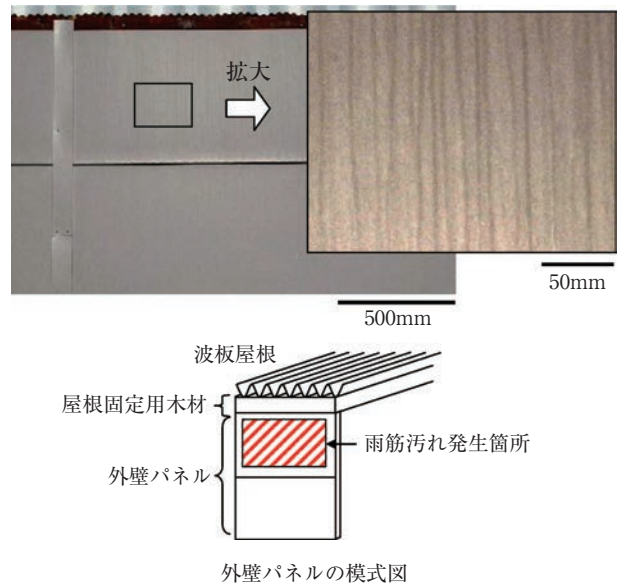


図1 屋外暴露試験での外壁模擬パネルの雨筋汚れの状態（暴露地：千葉県市川市 暴露期間：12年）

Fig. 1 Appearance of flowing rain stain on outdoor exposure test of panel simulated wall. (Exposure test site : Ichikawa City, Chiba prefecture, Exposure period : 12years)

膜と汚れの間に雨水が入りやすく、汚れが附着しにくいいため、屋外環境でも長期に渡り清浄な外観を保つことができると考えられている<sup>5~8)</sup>。一方、汚れ防止性を有

\*技術研究所 塗装・複合材料研究部 塗装第一研究チーム  
 \*\*技術研究所 塗装・複合材料研究部 塗装第一研究チーム 主任研究員  
 \*\*\*技術研究所 塗装・複合材料研究部 塗装第一研究チーム チームリーダー  
 \*\*\*\*大阪支社 商品開発部 薄板開発チーム

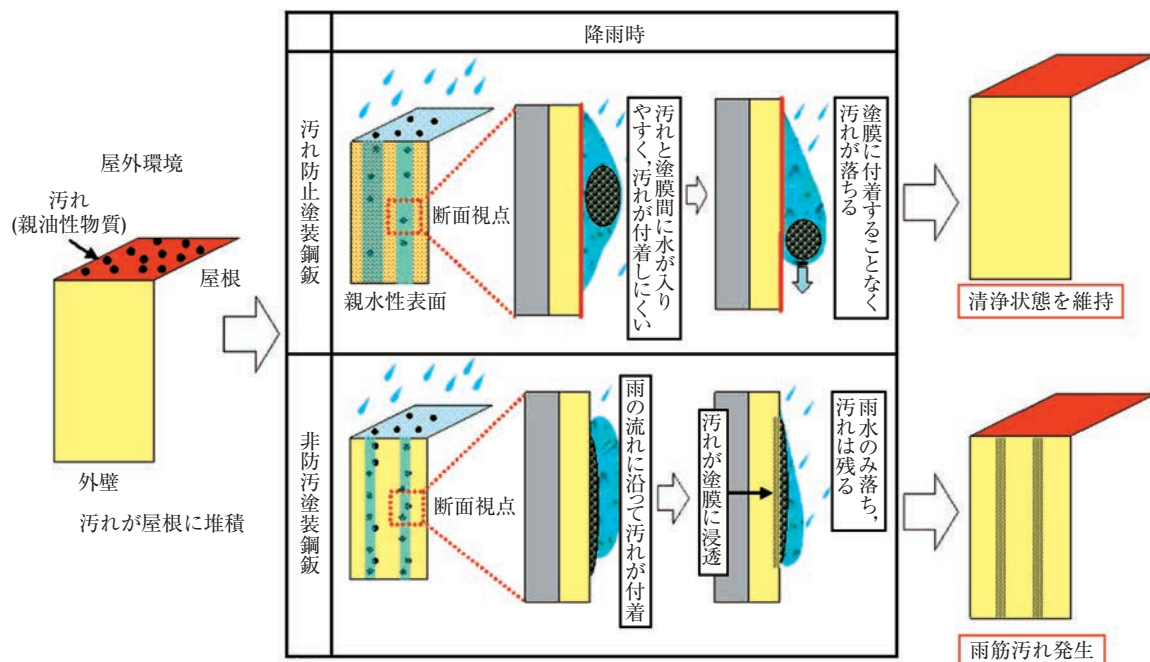


図2 汚れ防止塗装鋼板の汚れ防止機構

Fig. 2 Mechanism of stain release on stain resistant pre-painted steel sheet.

していない親油性の塗膜の場合は汚れと塗膜の親和性が高いため、塗膜に汚れを付着させながら雨滴が流下し、雨水の流れに沿って筋状に汚れが残ると考えられている。また汚れは、その親和性のため、塗膜内部に一部が浸透すると考えられている。

当社では、塗膜表層に濃化しやすく、親水性付与効果が高いシリケート化合物を塗料に添加することにより、外装建材用の汚れ防止塗装鋼板である「月星GLカラー肌美人」<sup>9)</sup>や「月星GLカラーSELiOS クリーン」<sup>10)</sup>などを製造、販売してきた。特にSELiOSクリーンシリーズは、つや消しタイプの製品にも汚れ防止性を付与しており、市場から好評を得ている。

一方、近年では家庭用燃料電池や自然冷媒ヒートポンプ給湯機などの屋外設置機器が増加傾向にあり、それらの外板にも汚れ防止性が求められるようになってきた。屋根・壁などの外装建材と比較すると、屋外設置機器の外板は間近で見られることが多いため、加工時の塗膜割れは許容されにくい。外装建材用の汚れ防止塗装鋼板は屋根・壁用途としては十分な加工性を有しているが、プレス加工などの厳しい加工も行われる屋外設置機器の外板への適用は難しく、より高い加工性を有する汚れ防止性塗装鋼板の開発が望まれていた。

今回、屋外設置機器用の外板にも適用可能な良好な塗膜の加工性を持ち、かつ従来の外装建材用の汚れ防止塗装鋼板と同等以上の汚れ防止性を有する高加工型汚れ防

止プレコート鋼板を開発したので、製品構成および品質特性について紹介する。

## 2. 製品構成

高加工型汚れ防止プレコート鋼板の製品構成を図3に示す。

一般的に外装建材用の塗装鋼板には耐食性の高い溶融亜鉛-55%アルミニウム合金めっき鋼板(以下、GL)が原板として使用される。しかし、GLのめっき層は、家電用の塗装鋼板(以下、プレコート鋼板)として一般的に使用される溶融亜鉛めっき鋼板のめっき層よりも伸び

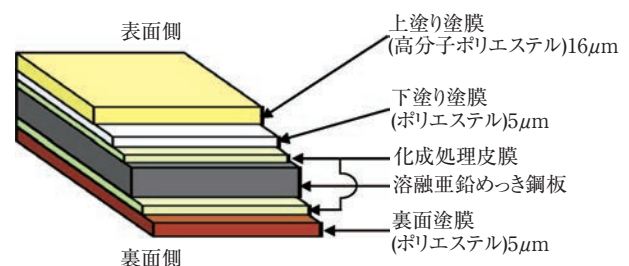


図3 高加工型汚れ防止プレコート鋼板の構成

Fig. 3 Structure of the high formability type of stain resistant pre-painted steel sheet.

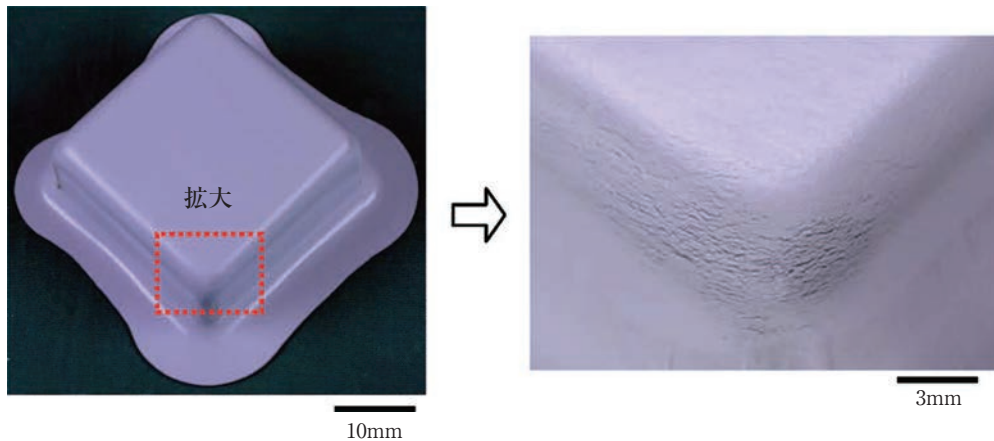


図4 塗装Zn-55%Alめっき鋼板の角筒プレス加工後の外観

Fig. 4 Appearance after square cup press forming of pre-painted Zn-55%Al coating steel sheet.

率が低いために、図4に示すように加工時にめっき層の割れおよびそれに伴う塗膜の割れを発生しやすい。また、GLのめっき表面にはGL独特のめっき層の凝固模様であるスパンゲルがあり、その模様は塗装後の外観に影響を及ぼす。本製品は屋外設置機器用外板に求められる加工性や外観を考慮して、溶融亜鉛めっき鋼板（商品名：ペンタイトB）を塗装原板としている。

上塗り塗膜の主樹脂は、絞り加工などの厳しい加工でも塗膜割れを発生しない高い加工性を得るため、伸び率の高い高分子ポリエステル樹脂としている。前述のように塗膜を親水性にするため、上塗り塗膜には親水化剤を配合する必要があるが、外装建材用汚れ防止塗装鋼板に使用している親水化剤を高分子ポリエステル樹脂に配合しても所定の親水性が得られなかった。これは塗膜表層への親水化剤の移行が不十分なためと考え、高分子ポリエステル樹脂に配合した場合に表層へ移行しやすい親水化剤に見直したことで高い親水性を得ている。また、硬化剤についても見直し、親水化剤の塗膜表層への移行を阻害することなく塗膜表層の架橋密度を高くすることで塗膜への汚れの浸透を抑制し、汚れ防止性を向上させている。

家電業界では、RoHS指令において使用制限のある六価クロムを含む材料は原則として使用できないことから、下塗り塗膜と裏面塗膜に配合する防錆顔料にはクロムを含まないクロムフリー防錆顔料を採用している。同じく塗装前処理にもクロムを含まないクロムフリー処理としている。

外装建材用塗装鋼板の下塗り塗膜には、密着性が高く耐久性も高いエポキシ樹脂が使われることが多いが、開発材は加工性を重視するため、エポキシ樹脂よりも伸び

率の高いポリエステル樹脂を採用した。

### 3. 開発材の品質特性

供試材を表1に示す。

開発材の性能を比較するため、外装建材用汚れ防止塗装鋼板（商品名：肌美人）、および家電用途の厳しい加工でも塗膜割れを生じない高い加工性を有する家電用非防汚プレコート鋼板（商品名：テクスター3種）を比較

表1 供試材

Table 1 Sample materials

		開発材		比較材	
		高加工型汚れ防止プレコート鋼板	外装建材用汚れ防止塗装鋼板(肌美人)	家電用非防汚プレコート鋼板(テクスター3種)	
塗装原板	めっき種	溶融亜鉛めっき鋼板(ペンタイトB)			
	板厚	0.7mm			
	めっき付着量	片面90g/m <sup>2</sup>			
上塗り塗膜	樹脂種	高分子ポリエステル	レギュラーポリエステル	高分子ポリエステル	
	膜厚	16μm	14μm	16μm	
	防汚性	あり	あり	なし	
下塗り塗膜	塗膜伸び率*	40%	7%	120%	
	樹脂種	ポリエステル	エポキシ	ポリエステル	
	膜厚	5μm	5μm	5μm	
裏面塗膜	防錆顔料	クロムフリー系	クロム系	クロムフリー系	
	樹脂種	ポリエステル			
	膜厚	5μm			
塗装前処理		クロムフリー系	クロム系	クロムフリー系	

\*測定条件: 上塗り塗膜単独引張り, 試験片サイズ 長さ20mm×幅5mm, 引張り速度 1mm/s

材として用いた。供試材作製にあたって、塗膜の加工性を比較できるようにいずれも溶融亜鉛めっき鋼板（商品名：ペンタイトB）を塗装原板として使用した。

### 3.1 開発材の基本性能と親水性

開発材および比較材の品質特性の一例を表2に示す。

#### 3.1.1 開発材の基本性能

塗膜加工性は折曲げ試験により評価した。開発品の塗膜割れ限界は4Tであるのに対し、外装建材用汚れ防止塗装鋼板（肌美人）は7Tであり、開発品は外装建材用汚れ防止塗装鋼板よりも塗膜割れが起りにくく、高い塗膜加工性を有する。これは表1に示すように、開発材の高分子ポリエステル塗膜の伸び率が外装建材用汚れ防止塗装鋼板の塗膜の伸び率よりも高く、塗膜の延性の差が表れたためと考える。

塗膜の密着性は折曲げ密着性試験、碁盤目試験、デュ

ボン衝撃試験により評価した。開発材はどの密着性試験においても、塗膜剥離を生じることなく、良好な塗膜密着性を有している。

塗膜の鉛筆硬度は、開発材が2Hであり、外装建材用汚れ防止塗装鋼板と比べ軟質である。

#### 3.1.2 開発材の親水性

開発材の親水性を、水接触角により評価した。前述のように汚れ防止性（汚れの洗い流されやすさ）は塗膜表面の親水性が大きく影響するが、一般的に汚れ防止塗膜に配合される親水化剤は塗装直後では親水化しておらず、屋外環境に晒された際に塗膜表層に存在する親水化剤と大気中の水分が反応し、徐々に塗膜表面全体が親水化していく。ここでは塗膜が屋外環境に暴露され十分に親水化した状態を再現するため、試料を1%塩酸水溶液に10秒間浸漬して強制的に表面を親水化させた上で接触角を測定した。なお、この手法で強制的に親水化させ

表2 塗膜の基本性能と親水性

Table 2 Typical properties of sample materials

試験項目	試験方法	開発材	比較材	
		高加工型汚れ防止プレコート鋼板	外装建材用汚れ防止塗装鋼板（肌美人）	家電用非汚プレコート鋼板（テクスター3種）
塗膜加工性	折曲げ試験*1	4T	7T	0T
塗膜密着性	折曲げ試験*2 (2T)	一次	5	5
		二次*3	5	5
	碁盤目試験*4	100/100	100/100	100/100
塗膜密着性	デュボン 衝撃試験*5	凹	塗膜割れなし 剥離なし	塗膜割れなし 剥離なし
		凸	塗膜割れなし 剥離なし	塗膜割れなし 剥離なし
塗膜硬度	鉛筆硬度試験(傷付)*6	2H	4H	H
塗膜親水性	水接触角*7	41.2°	48.7°	81.1°

\*1 数値の枚数分、評価材と同一の鋼板を挟み、180°折曲げをした際の塗膜割れを生じない限界値、JIS Z 5600-5-1記載の折曲げ試験

\*2 塗膜密着性評価；180°2T折曲げを実施後、折曲げ部をテープ剥離し、塗膜の剥離状態を5段階評価（優）5 4 3 2 1（劣）、テープ：ニチバン製セロテープ（CT-18S）

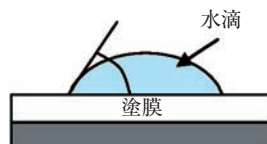
\*3 沸騰水に2時間浸漬後、24時間室温保管し、折曲げ密着性評価を実施、JIS K 5600-6-2記載の耐沸騰水性試験

\*4 1mm角の碁盤目を100マス、カッターで切り書き、セロテープ剥離し、剥離状態を評価（残ったマスの数/100）、JIS K 5600-5-6記載の付着性試験

\*5 重り：1kg、高さ：500mm、撃芯先端直径：12.7mm、JIS K 5600-5-3記載のデュボン式衝撃試験

\*6 JIS K 5600-5-4記載の引っかかり硬度試験（鉛筆法）

\*7 親水化処理をした塗膜上に1μLの水 droplet を付着させ、5秒後の水接触角θを測定。JIS R 1703-1記載の水接触角測定法



た場合も屋外環境で十分に親水化した場合と同等の親水性が得られることを確認している。

外装建材用汚れ防止塗装鋼板の対水接触角が $48.7^\circ$ であるのに対し、開発材では $41.2^\circ$ であり、外装建材用汚れ防止塗装鋼板を超える親水性を示した。これは開発材の塗料が外装建材用汚れ防止塗装鋼板の塗料よりも親水化剤が塗膜表層に移行しやすい塗料設計になっているためであり、開発材の塗膜表層は外装建材用汚れ防止塗装

鋼板より多くの親水化剤が存在し、親水性が高くなったと考える。

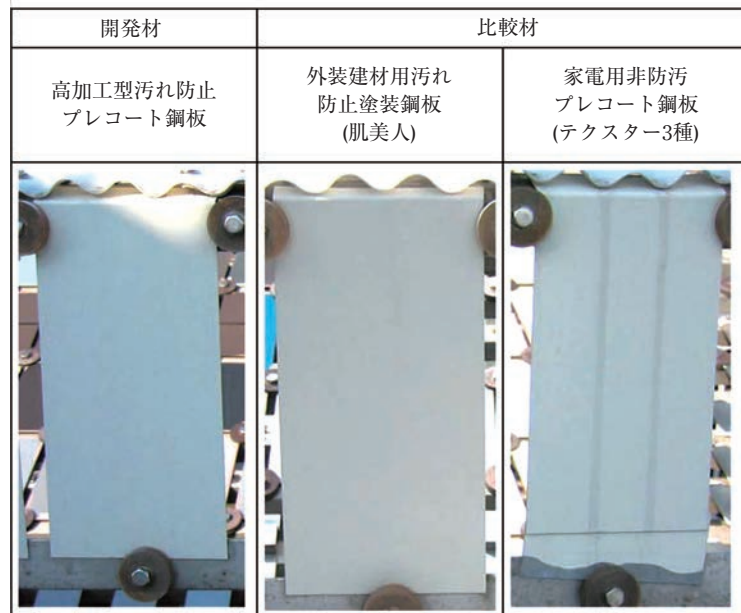
### 3.2 汚れ防止性（雨筋汚れ暴露試験）

実環境での汚れ防止性を評価するため、図5のa)に示す垂直試験板に波板から雨水を流下させる雨筋汚れ暴露試験（屋外6ヶ月暴露）を行った。

図5のb)に試験後の外観を示す。家電用非防汚プレ



a) 雨筋汚れ暴露試験状況



b) 雨筋汚れ暴露試験6ヶ月後の外観

30mm

図5 雨筋汚れ暴露試験後の外観  
暴露地：千葉県市川市 暴露期間：6ヶ月)

Fig. 5 Appearance of prepainted steel sheets after rain water flowing outdoor exposure test.  
(Exposure test site : Ichikawa City, Chiba prefecture, Exposure period : 6months)

コート鋼板には雨筋汚れが発生するが、開発材と外装建材用汚れ防止塗装鋼板は雨筋汚れが認められず、汚れ防止性を有していることが確認された。

### 3.3 加工性

屋外設置機器では、曲げ加工のみならず、プレス加工が行われることが多い。そこで角筒プレス加工を実施し、最も塗膜が割れやすいコーナー部を観察した。

結果を図6に示す。開発材の試験片は家電用非防汚プレコート鋼板と同様、塗膜割れが確認されなかったが、外装建材用汚れ防止塗装鋼板には細かな塗膜割れが認められた。これは折曲げ試験の結果と同様に外装建材用汚れ防止塗装鋼板のレギュラーポリエステル樹脂よりも高い伸び率を持つ高分子ポリエステル樹脂を開発材の上塗り塗膜に用いたためである。

### 3.4 屋外暴露試験

屋外環境における耐食性を大気暴露試験により調査

した。図7に開発材の4年間の大気暴露試験後の外観を示す。

開発材はクロムフリー系防錆顔料を使用しているが、平坦部、切断端面部、クロスカット部、曲げ加工部いずれも目立った腐食はなく、屋外設置機器用外板として適していることが確認された。

## 4. 結 言

屋外設置機器用外板に適した高加工型汚れ防止プレコート鋼板を開発した。開発材は従来の汚れ防止塗装鋼板では得られなかった加工性と雨筋汚れ防止性を兼ね備える。

開発材は絞り加工性や曲げ加工性に優れることから、今後、家庭用燃料電池や自然冷媒ヒートポンプ給湯機などの屋外設置機器製品用の汚れ防止性外板として適用が期待される。

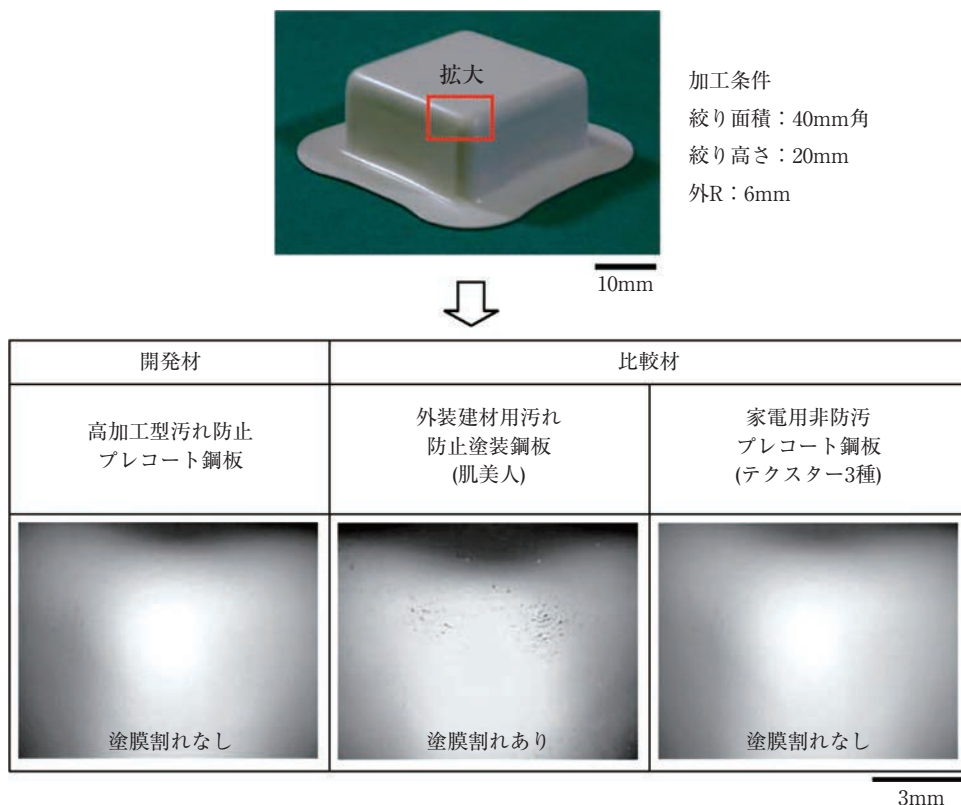


図6 角筒プレス加工品による塗膜割れの状態

Fig. 6 Paint cracking at the corner of a square cup press forming.

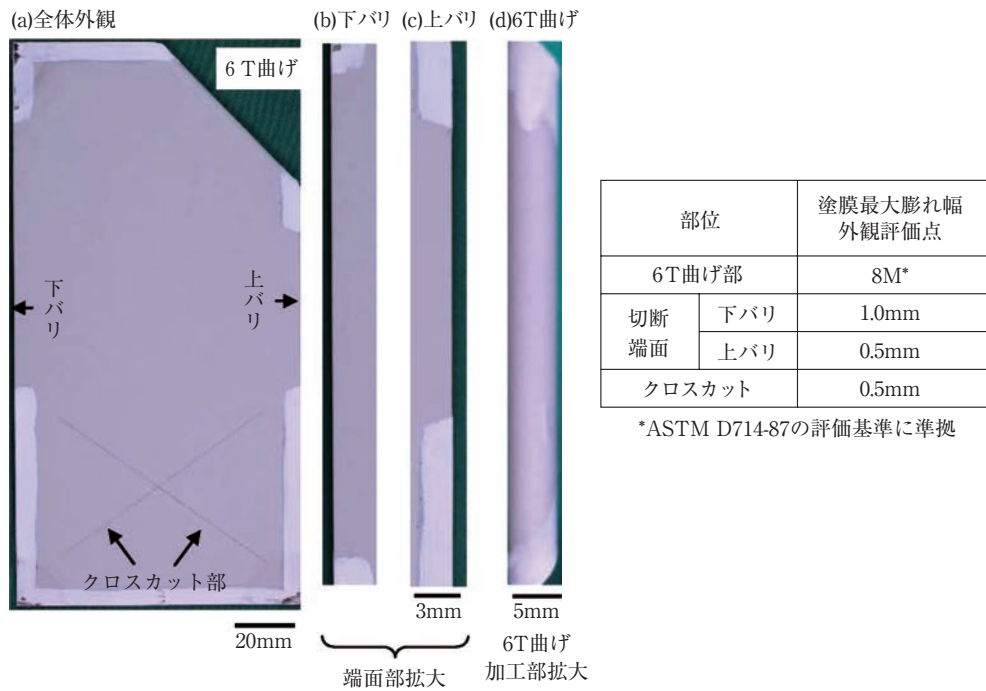


図7 開発材の屋外暴露試験結果

(暴露地：千葉県市川市 暴露期間：4年)

Fig. 7 Results of developed stain resistant pre-painted steel sheets after outdoor exposure test.  
(Exposure test site : Ichikawa City, Chiba prefecture, Exposure period : four years)

参考文献

- 1) 橘高義典 : FINEX, 9 (1997), 32
- 2) 橘高義典 : 建築技術, 484 (1991), 173
- 3) 橘佳樹 : 塗装技術, 36 (1997), 83
- 4) 田中理恵, 松井勇, 湯浅昇 : FINEX, 12 (2000), 19
- 5) 中家俊和 : 表面技術, 47 (1996), 667
- 6) 中家俊和 : 塗装工学, 31 (1996), 268
- 7) 井上正二, 玉井仁 : 塗装工学, 31 (1996), 310
- 8) 裏川昇 : 塗装技術, 35 (1996), 87
- 9) 圓谷浩, 公文史城, 田中庸介, 川野辺啓之, 大崎勝久 : 日新製鋼技報, 83 (2002), 51.
- 10) 城倉貴史, 公文史城, 川野辺啓之 : 日新製鋼技報, 91 (2010), 40.