

新商品紹介

厚膜ウレタン塗装鋼板

森 啓明\* 坂戸 健二\*\* 矢野 宏和\*\*\* 川野辺 啓之\*\*\*\*

Thick-Film Urethane Coated Steel Sheets

Hiroaki Mori, Kenji Sakato, Hirokazu Yano, Hiroyuki Kawanobe

1. 緒言

外装建材用塗装鋼板は、使用される塗料樹脂系からポリエステル樹脂系、フッ素樹脂系、塩化ビニル（以下塩ビと略す）樹脂系に大別できる。各樹脂系の特徴としては、ポリエステル樹脂系は、比較的安価であり、近年は溶融55%Al-Zn合金めっき鋼板（以下GLと略す）を原板としたGLカラーとして幅広く使用されている。フッ素樹脂系は、特に耐候性に優れており、20年以上使用しても変色やチョーキングがほとんど起こらない。塩ビ樹脂系は、厚膜化（200～300μm）が可能で、延性に富む塗膜が得られ、塗装焼付直後にエンボス加工を表面に施すことができるため、耐久性、耐傷付き性、加工性、意匠性に優れる。

この内塩ビ樹脂系は、90年代後半から、焼却時のダイオキシン発生、使用可塑剤の環境ホルモンの疑いで、社会的に脱塩ビ化の動きが活発化し、塩ビ代替材料の検討が各業界で行われた。

当社では、塩ビ代替材料の一つの候補材料として、厚膜化が可能なウレタン塗料（ポリエステル樹脂系イソシアネート硬化塗料）を用いた「厚膜ウレタン塗装鋼板」の開発を検討した。その原板には当社独自の溶融Zn-6%Al-3%Mg合金めっき鋼板（以下ZAMと略す）を使用し、厚膜にしたウレタン塗膜が持つ優れた塗膜性能（加工性、耐傷付き性、耐久性等）に加え、ZAMの優れた耐食性を兼ね備えた、性能バランスに優れた製品とし

て開発することができた。本開発材はZAMを原板とした当社初のZAM塗装鋼板として、塩ビ代替に限らず幅広い用途展開が期待される。

本報では、新製品「厚膜ウレタン塗装鋼板」の特徴および品質特性について紹介する。

2. 製品構成および製品設計の考え方

図1に厚膜ウレタン塗装鋼板の製品構成および製品設計の考え方を示す。原板には、当社独自のめっき鋼板で耐食性に優れた性能を示すZAMを使用し、特に従来製品のウィークポイントである端面耐食性の向上を狙った。化成処理を施したこの原板に下塗り塗料（プ

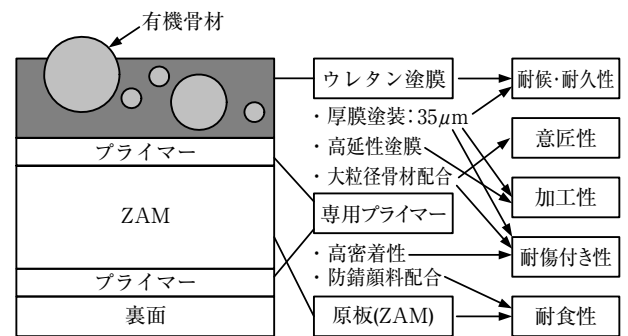


図1 製品構成および製品設計の考え方  
Fig.1 Structure and concept of the products.

\*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  
\*\*\*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  
\*\*\*\*市川製造所 品質保証チーム

ライマー)を塗装焼付し、さらに上塗り塗料としてウレタン塗料を塗装焼付した2コート2ベーク仕様の塗装鋼板である。

ウレタン塗料は、特殊なイソシアネート硬化剤の使用により、塗料の焼付時の硬化開始温度を高温側に制御することで、焼付時の塗膜のワキ限界膜厚を増大でき、厚膜化を可能とした。また、主剤のポリエステル樹脂を適切な分子量とし、ハイソリッド化を図り、厚膜化に適した塗料とした。

ウレタン塗膜の膜厚は、従来のポリエステル塗膜の膜厚減耗(約 $1\mu\text{m}/\text{年}$ )を基に $30\mu\text{m}$ 以上(現行: $35\mu\text{m}$ )とし、20年以上屋外で使用しても塗膜の減耗による塗膜剥離等の異常が起こらない、長期耐久性が得られる塗膜設計とした。また、高延性を示すウレタン塗膜を厚膜化にすることで、優れた加工性を確保し、加工の厳しい曲げ加工用途への適用も可能とした。さらに、意匠性と耐傷付き性を付与するために、ウレタン塗料には、当社が独自に選定した大粒径(平均粒径: $50\mu\text{m}$ )の有機骨材(アクリル系)を添加した。裏面も長期耐久性を考慮して2コート2ベーク仕様とした。

### 3. 厚膜ウレタン塗装鋼板の品質特性

厚膜ウレタン塗装鋼板(以下厚膜ウレタンと略す)の品質特性を説明するために、当社従来材の塩ビ樹脂塗装鋼板(塩ビ鋼板と略す)、フッ素樹脂塗装鋼板(フッ素鋼板と略す)およびポリエステル樹脂塗装鋼板(カラー鋼板と略す)を比較材として使用した。供試材を表1に示す。

表1 供試材

Table 1 Test samples

品種	樹脂系	原板	膜厚( $\mu\text{m}$ ) Top/Pr	色	
厚膜ウレタン	ポリエステル/ イソシアネート硬化	0.35mmZAM120C†	35/5	濃茶	
比較材	塩ビ鋼板	塩化ビニル	0.35mmベンタイトB Z25† <sup>2</sup>	200/5	〃
	フッ素鋼板	ポリフッ化 ビニリデン	0.35mmガルバスターAZ150† <sup>3</sup>	25/5	〃
	カラー鋼板	ポリエステル/ メラミン硬化	0.35mmガルバスターAZ150	13/5	〃

† 板厚:0.35mm, めっき種:ZAM, 片面目付量:120g/m<sup>2</sup>

†<sup>2</sup> 板厚:0.35mm, めっき種:溶融亜鉛めっき, 両面目付量:250g/m<sup>2</sup>

†<sup>3</sup> 板厚:0.35mm, めっき種:GL, 両面目付量:150g/m<sup>2</sup>

### 3.1 基本塗膜物性

開発材の基本塗膜物性を従来材と比較して表2に示す。厚膜ウレタンは、大粒径の有機骨材が塗料に配合されているため、塗膜表面は凹凸があり低光沢仕様である。60度鏡面反射率で求めた表面光沢値は6~8と低く、つや消し調の表面仕上げで意匠性がある。また、塗膜の硬さは、鉛筆硬度の剥離法でHを示し、カラー鋼板より軟質であるが、塩ビ鋼板、フッ素鋼板より硬く、外装建材としては満足できるレベルである。塗膜密着性は比較材同様全く問題ない性能を有する。

表2 基本塗膜物性

Table 2 Physical properties of painted films

品種	光沢値† (60度鏡面反射率)	塗膜硬度 (鉛筆硬度/剥離† <sup>2</sup> )	塗膜密着性 (2T曲げテープ剥離† <sup>3</sup> )
厚膜ウレタン	6~8	H	異常なし
塩ビ鋼板	20~30	6B>	異常なし
フッ素鋼板	8~10	F	異常なし
カラー鋼板	60~80	2H	異常なし

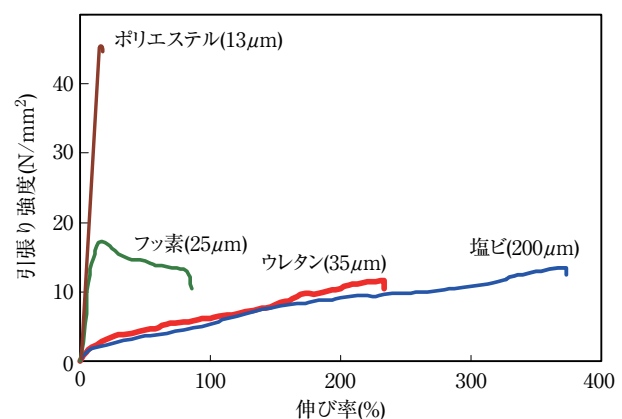
† 光沢値:JIS K 5600-4-7(1999)に規定される鏡面光沢度の60度で測定した

†<sup>2</sup> 鉛筆硬度:JIS K 5600-5-4(1999)に規定される手かき法で評価した

†<sup>3</sup> 2T曲げテープ剥離:JIS K 5600-5-1(1999)に規定される円筒形マンドレルで試験片を屈曲した後、試験片を同じ厚さの板を2枚挟み180度折り曲げを施し、曲げ部の塗膜剥離状態を評価した

### 3.2 加工性

図2に上塗り塗膜の応力ひずみ曲線を示す。厚膜ウレ



測定方法

測定機:引張り試験機(島津製作所製AGS-100S)

測定条件:サンプル幅:5mm

チャック間距離:30mm

引張りスピード:5mm/min

測定温度:20℃

図2 塗膜の応力~ひずみ曲線

Fig. 2 Stress-strain curves of paint films.

タンの塗膜は200%以上の伸び率を示し、フッ素塗膜、ポリエステル塗膜に比べ塗膜の伸び率が大きく、300%以上の伸び率の塩ビ塗膜に次ぐ伸び特性を示した。厚膜ウレタンはこの塗膜の伸び特性により、図3に示す180度折曲げ加工試験結果で2Tノークラック（2T折曲げ加工部で塗膜割れなし）の加工性を示し、ポリエステル塗膜のカラー鋼板およびフッ素鋼板に比べると、塩ビ鋼板に近い加工性を示した。

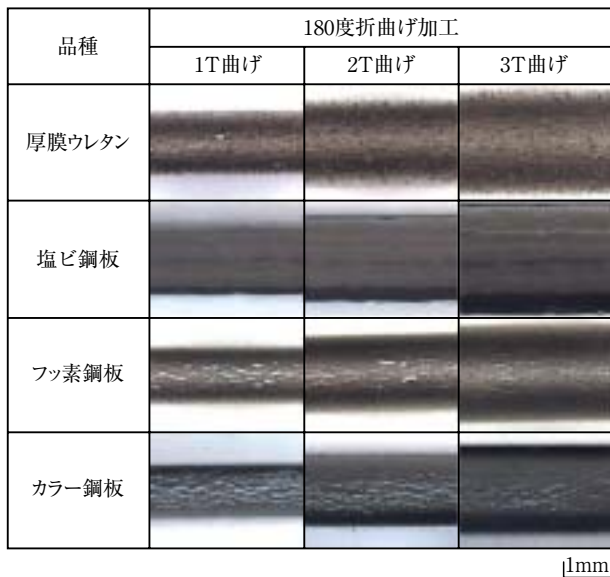


図3 180度折曲げ加工試験結果  
Fig. 3 Results of 180 degree bending test.

### 3.3 耐傷付き性

塗膜の耐傷付き性は、施工・運搬等の取り扱い傷を想定して、図4に示す引っ掻き塗膜硬さ試験機（新東科学製HEIDON-18L）により、先端径0.075mmのダイヤモンド針を用いて行った。試験方法は、試験片を試料台に固定し、その試験片の上にダイヤモンド針を垂直に接触させ、試験片を固定した試料台を10mm/secの速度でスライド

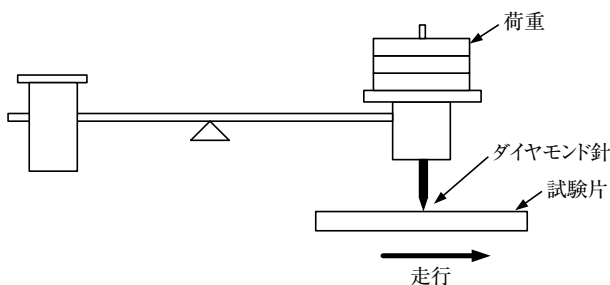


図4 引っ掻き塗膜硬さ試験方法  
Fig. 4 Testing method of scratch hardness by Heidon Method.

させた。その後ダイヤモンド針の上に設置した荷重を  $49 \times 10^{-2} \text{N}$  (50gf) 間隔で載荷させて上記操作を繰り返す。ダイヤモンド針による塗膜表面の状態を評価した。

図5に引っ掻き強度試験機による耐傷付き性試験結果を示す。フッ素鋼板が荷重  $343 \times 10^{-2} \text{N}$  (350gf)、カラー鋼板が荷重  $245 \times 10^{-2} \text{N}$  (250gf) でめっき層に達する傷が認められた。これに対して厚膜ウレタンは、荷重  $490 \times 10^{-2} \text{N}$  (500gf) でもめっき層に達する傷は認められなかった。これは、厚膜ウレタンの塗膜厚が  $35 \mu\text{m}$  であること、および大粒径の骨材が塗膜中に添加されていることなど、これらの相乗効果で塩ビ鋼板に次ぐ耐傷付き性を示したと考えられる。

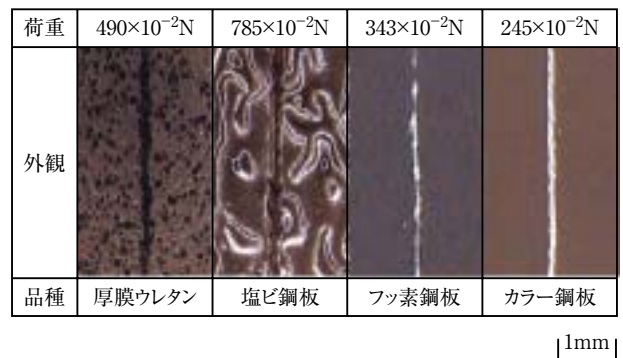
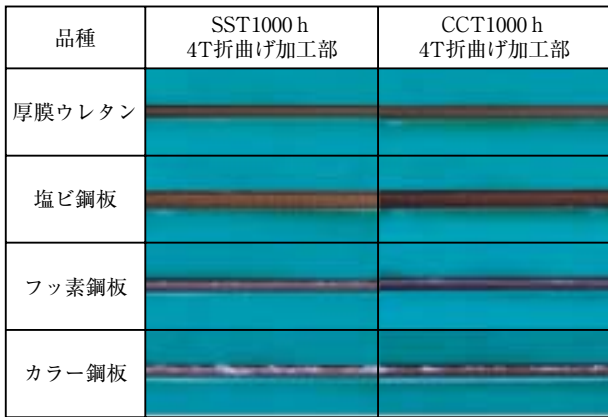


図5 耐傷付き性試験結果  
Fig. 5 Results of scratch hardness test.

### 3.4 耐食性

促進耐食性試験として、塩水噴霧試験 (SST) および複合サイクル試験 (CCT) を行った。図6に180度折曲げ加工部の促進耐食性試験結果を示す。厚膜ウレタンは、折曲げ加工部に白さびの発生もなく、優れた加工部耐食性を示した。これは厚膜ウレタンが加工性に優れた製品であることの効果である。すなわち、厚膜ウレタンの塗膜は伸び率が大きいため2T折曲げ以上の加工に対しては塗膜の割れが発生しない。そのため、塩素イオン等の腐食因子が塗膜下に浸入することを阻止し、鋼板が腐食することを防止できると考えられる。

図7に端面部の促進耐食性試験結果を示す。原板にZAMを使用している厚膜ウレタンは、試験片の端面部より発生するふくれ（エッジクリーブ）幅が、熔融亜鉛めっき鋼板（当社製品名：ペンタイトB）を原板とする塩ビ鋼板及びGL（当社製品名：ガルバスター）を原板とするフッ素鋼板、カラー鋼板より小さく、優れた端面耐食性を示した。原板が露出する端面部では、めっき種により耐食性が左右される。ZAMは、試験初期にめっき層から溶け出し生成するAl、Mgを含む緻密な腐食生



試験方法

SST：塩水噴霧試験，JIS K 5600-7-1 (1999) による  
 CCT：複合サイクル試験  
 ①中性塩水噴霧 (35℃, 5%NaCl) 1h  
 ②乾燥 (50℃) 4h  
 ③湿潤 (50℃, 98%RH) 3h  
 ①→②→③の繰り返し

図6 180度折曲げ加工部促進耐食性試験結果  
 Fig. 6 Appearance of 180 degree bending test samples after accelerated corrosion test.

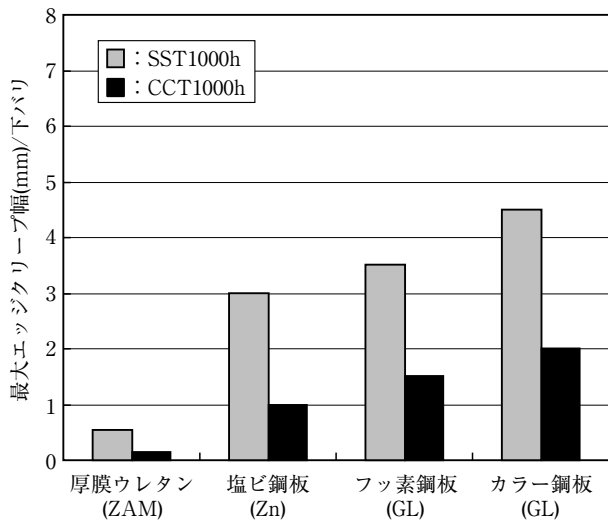
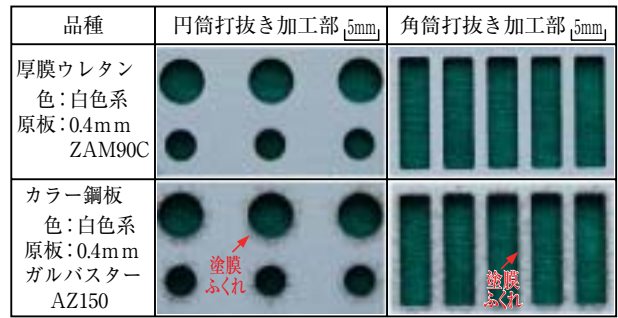


図7 端面部促進耐食性試験結果  
 Fig. 7 Results of accelerated corrosion test for cut edge samples.

成物により腐食が抑制されるため，他のめっき種に比べ優れた端面耐食性を示す<sup>1), 2)</sup>。

図8に厚膜ウレタン（原板：0.4mmZAM90C，色：白色系）およびカラー鋼板（原板：0.4mmガルバスターAZ150，色：白色系）のパンチング打ち抜き加工材の屋外暴露試験結果を示す。円筒打抜き加工部，角筒打抜き加工部，各々の打抜き端面部を調査した結果，カラー鋼板では，両打抜き加工部に幅1mmの塗膜ふくれが発生



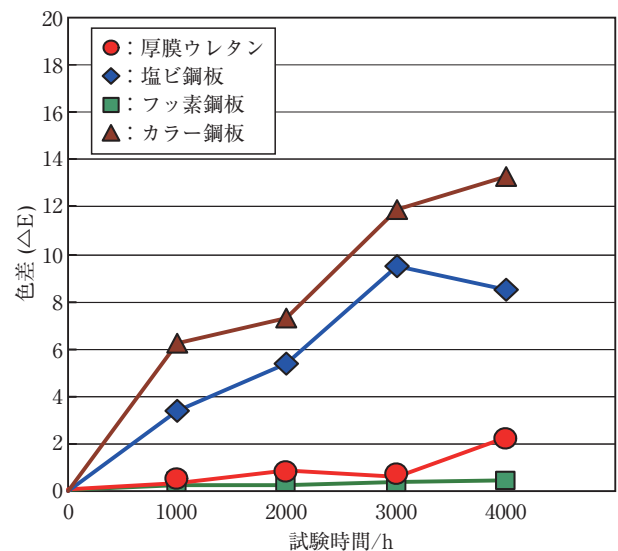
試験方法：JIS K 5400に準拠し暴露サンプル傾斜角度を35度で実施

図8 屋外暴露試験片の外観(暴露期間:2.5年, 暴露地:千葉県市川市)  
 Fig. 8 Appearance of samples after outdoor exposure test for 2.5 years in Ichikawa.

した。これに対してZAMを原板とする厚膜ウレタンは，ごく小さな塗膜ふくれが点在する程度で優れた端面耐食性を示した。この結果は促進試験の結果と良い対応を示した。

3.5 耐候性

図9にサンシャインウェザーメータ試験（ブラックパネル温度：80℃）による促進耐候性試験結果を示す。試験は4000時間まで行い色相の変化（色差）を評価した。その結果，厚膜ウレタンは，塩ビ鋼板やカラー鋼板に比べて色差（ $\Delta E$ ）の変化は小さく，フッ素鋼板に近

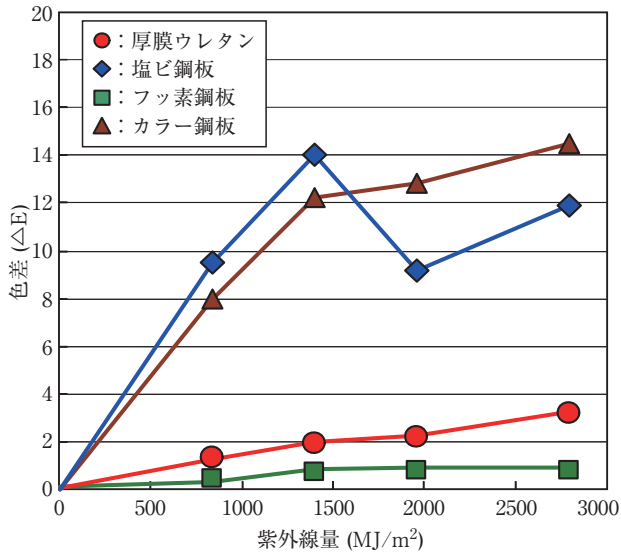


試験方法：JIS K 5400によるサンシャインカーボンアーク灯式耐候性試験機（ブラックパネル温度:80℃）による

図9 サンシャインウェザーメータ試験結果  
 Fig. 9 Results of sunshine weather meter test.

い耐候性を示した。

図10に米国、アリゾナ (DEST Laboratories社) で行った太陽光を集光する太陽追跡型暴露試験 (EMMAQUA試験と略す, 280MJ/m<sup>2</sup>が日本の1年分の紫外線量

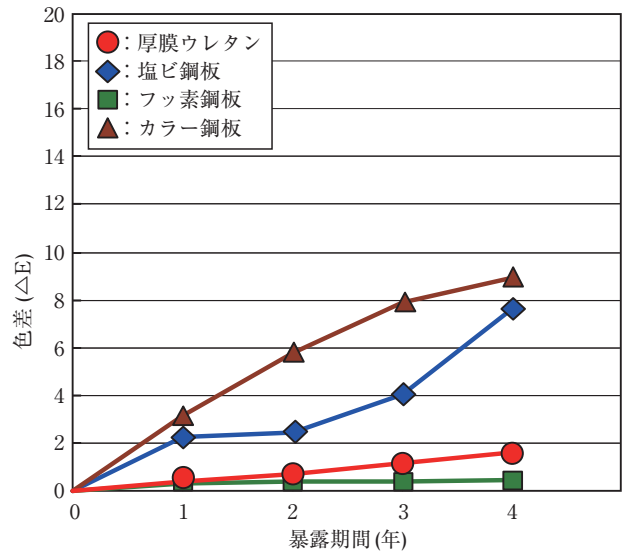


試験方法: EMMAQUA試験機(太陽追跡型暴露試験機)による  
試験場所: 米国アリゾナ州フェニックス (DEST Laboratories社)

図10 EMMAQUA試験結果  
Fig.10 Results of EMMAQUA test.

に相当するといわれている)での耐候性評価結果を示す。厚膜ウレタンはフッ素鋼板に次いで色差(ΔE)の変化が小さく, 長期間にわたって色変化が少ないといえる。

図11および図12に千葉県市川市で4年間行った屋外



暴露試験方法: 暴露台: ブラックBOX型, 暴露台角度: 南面5度で実施

図11 屋外暴露試験結果 (暴露地: 千葉県市川市)  
Fig.11 Results of outdoor exposure test in Ichikawa.

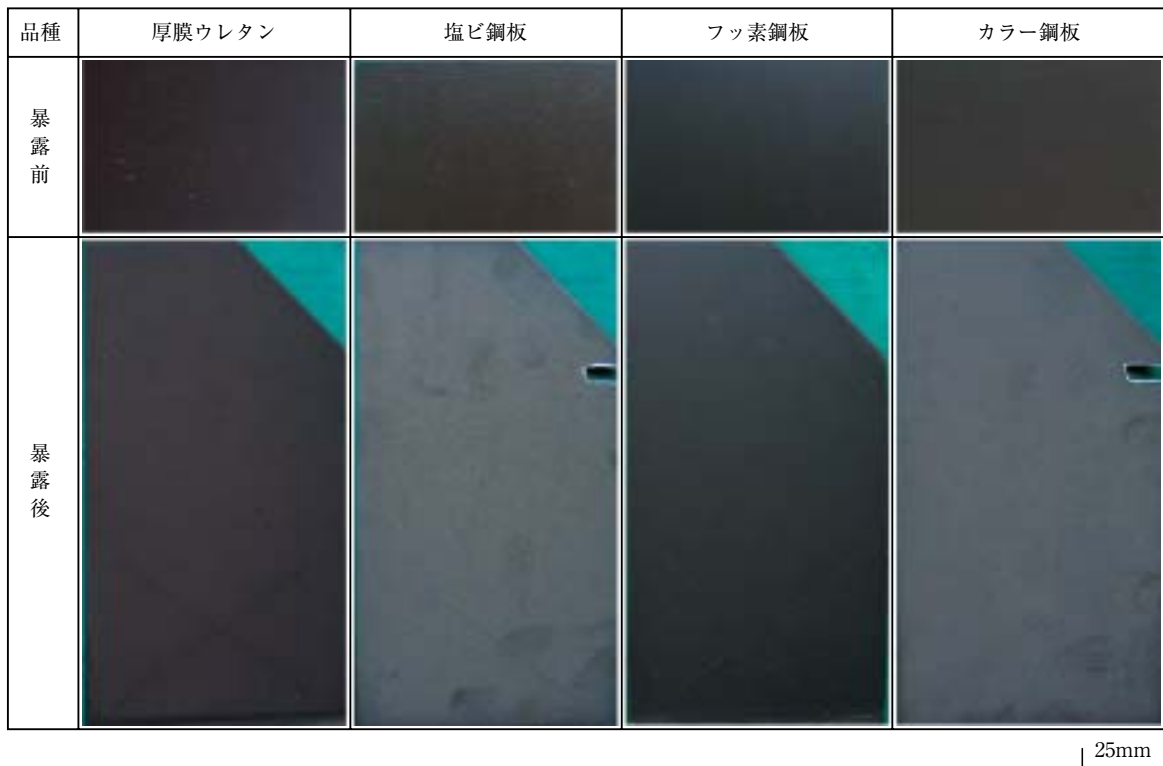


図12 屋外暴露試験片の外観(暴露期間:4年, 暴露地:千葉県市川市)  
Fig.12 Appearance of samples after outdoor exposure for 4 years in Ichikawa.

暴露試験結果を示す。厚膜ウレタンは、塩ビ鋼板、カラー鋼板に比べて変退色（色差）は小さく、フッ素鋼板に近い耐候性を示し各種促進試験、特にアリゾナで行ったEMMAQUA試験の結果と良い対応を示した。

3.6 耐久性

厚膜ウレタンはフッ素鋼板に次ぐ耐候性を示すこと、および初期の塗膜厚が35μmと厚膜であることから、長期間塗膜劣化による塗膜剥離のない優れた耐久性が得られると考える。

4. まとめ

図13に厚膜ウレタンと当社従来材との総合性能を比較した結果を示す。従来材には長所、短所がそれぞれあるが、厚膜ウレタンは、全てにバランスのとれた性能を示す。特に原板にZAMを使用した効果として、優れた端面耐食性を示した。この特長を活かした用途例として、図14に示す住宅向けの換気役物がある（通気スリット部に端面が多く露出する）。また、金属瓦に成形加工し住宅の屋根に使用した例を図15に示す。

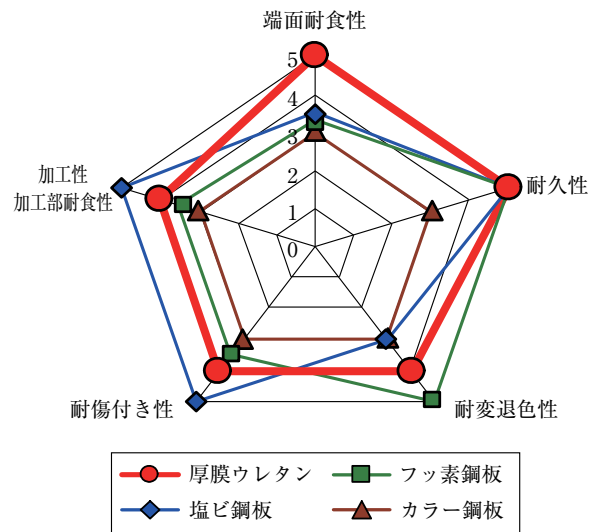
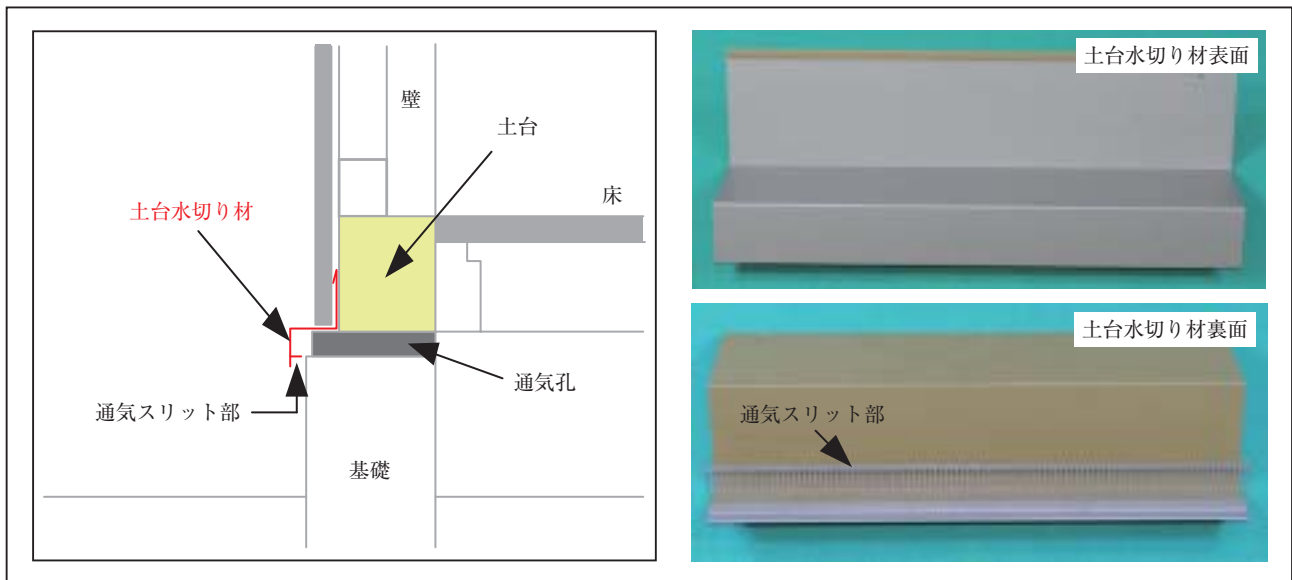


図13 総合性能比較結果 (カラー鋼板を3点として評価)  
 Fig.13 Performance comparison for coated samples.  
 (Polyester resin coated sample is rated 3 out of 5 as a standard)



50mm

図14 用途例 (住宅床下換気部材)  
 Fig.14 Applied example of the developed product.  
 (Materials for ventilating openings in housing)



図15 開発材の住宅屋根への使用例(日新総合建材(株)製タイトルーフ)  
Fig.15 Application of the developed product for roofs of housing.

## 5. 結 言

塗料として、厚膜化が可能なウレタン塗料を用い、原板に当社独自のめっき鋼板であるZAMを使用した「厚膜ウレタン塗装鋼板」について紹介した。本開発材は、加工性、耐傷付き性、耐食性（加工部、端面部）、耐候性、耐久性、意匠性の面で、従来品に比べてバランスのとれた性能を示すことを特徴とする塗装鋼板である。当初、塩ビ代替材料として開発を行ったが、加工性、耐候性に優れたウレタン塗膜と耐食性、特に端面耐食性に優れるZAMとの組合せによる当社初のZAM塗装鋼板として、当社の新たな塗装製品として上市することができた。現在、端面耐食性、加工性が要求される外装建材用途に使用され始めた。今後、外装建材用途に限らず意匠性、耐食性が要求されるドア面材等の用途、および同性能が求められる内装器物など、幅広い用途拡大が期待される。

なお、冒頭に述べた脱塩ビ化については、その後の国や工業会の調査研究により、ダイオキシン問題は焼却条件の適正化で解消され、使用する可塑剤は、環境省の試験で環境ホルモンではないことが判り、塩ビも現在では復権の兆しがあることを付け加える。

## 参考文献

- 1) 小松厚志, 泉谷秀房, 辻村太佳夫, 安藤敦司: 日新製鋼技報, 81 (2001), 10.
- 2) 山本郷史, 公文史城, 坪本敏江, 矢野宏和: CAMP-ISIJ, 21 (2008), 1477.