

新商品紹介

## 高耐候性樹脂被覆耐候用アルスター鋼板『ZF処理』

松野 雅典\* 山本 雅也\*\*

Highly Weatherability Organic Composite Coated (ZF-treated) Hot-dip Aluminized Steel Sheet “Alstar”.

Masanori Matsuno, Masaya Yamamoto

### 1. 緒言

溶融アルミめっき鋼板は長期耐食性に優れ、めっき層の変色も比較的に軽微であるため、外装用途には好適であり、実際、市場においても高く評価されている<sup>1)~3)</sup>。

外装建材用途では経時的な外観変化を抑制し、かつ、成型加工性(成型加工時のめっき層の疵付き防止)を高めるため、めっき表面に1~3 $\mu$ mの薄膜有機系処理が施されている。しかし、有機系皮膜が紫外線により耐候劣化すると、めっき層の表面光沢は低下し、日射反射率が徐々に低下する。屋根などの外装建材用途では、日射反射率が低下すると、太陽光によって鋼板温度の上昇を招くため、建屋内の温度上昇やこれにともなう夏季の冷房コストアップにつながる。このため、有機系処理の長期耐候性の向上が求められてきている。

また、従来、有機系処理は下地にクロメート処理や有機樹脂皮膜中にクロム酸などの防錆剤が適用されてきたが、有害物質であるクロム酸およびクロム酸塩を全く使用しないクロムフリー化された製品が家電・OA機器製品を中心に実用化されており、公共建築物をはじめとする外装建材用途でも同様のニーズが高まりつつある。

これらの市場ニーズに対応し、クロム酸およびクロム酸塩を全く使用せず、耐候性に優れるフッ素樹脂をベースとした有機系クロムフリー処理を施した高耐候性樹脂被覆耐候用アルスター鋼板『ZF処理』を開発した。本報では、この品質特性を紹介する。

### 2. 開発経緯

#### 2.1 耐候性

有機系処理の耐候性にはベース樹脂の化学構造が大き

く影響する。従来の有機系処理には造膜性の良いウレタン系、ポリエステル系、アクリル系樹脂が用いられているが、これらの樹脂の化学構造の主鎖である炭素-炭素結合エネルギーは、紫外線エネルギーよりも小さく、光により切断し分解しやすい。一方、フッ素原子を含む樹脂の炭素-炭素結合エネルギーの場合は、紫外線エネルギーよりも大きいため、主鎖はほとんど分解されず樹脂は劣化しにくくなる<sup>4)~6)</sup>。開発製品の皮膜のベース樹脂には比較的造膜性に優れ、かつ、耐候性に優れる特殊化学構造のフッ素樹脂を使用し、膜厚は従来の有機皮膜処理並みの1~3 $\mu$ mとした。

図1に各種有機樹脂皮膜のキセノンランプ式促進耐候試験(JIS K5600 7-7に準拠)での膜厚変化を示す。ウレ

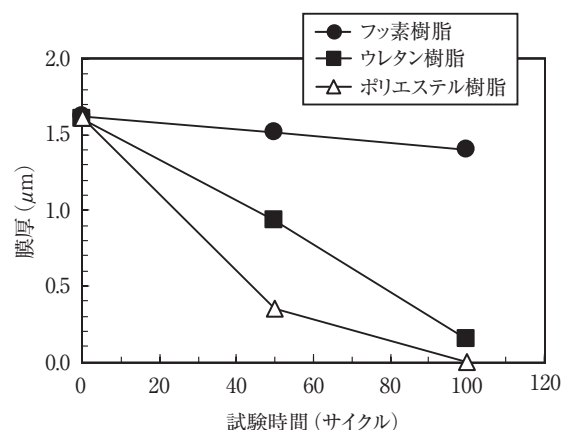


図1 促進耐候性試験での膜厚変化  
(キセノンランプ式促進耐候性試験)

Fig. 1 Changes in organic resin thickness in accelerated weathering test.

\*グループ商品開発戦略本部 技術研究所 表面処理研究部 表面処理第三研究チーム 主任研究員

\*\*グループ商品開発戦略本部 技術研究所 表面処理研究部 表面処理第三研究チーム チームリーダー

タン樹脂やポリエステル樹脂は100サイクル程度で皮膜が完全に消失しているが、本開発製品のフッ素樹脂は膜厚がほとんど変化せず良好な耐候性を有した。

### 2.2 平坦部耐食性

めっき表面との反応性を向上する為、耐候性に優れた特殊フッ素樹脂にクロム代替成分としてジルコニウム化合物主体の防錆剤、反応性向上剤および架橋剤を当社独自技術により安定配合し平坦部耐食性を付与した。

図2に塩水噴霧試験(JIS Z 2371)による平坦部耐食性を示す。フッ素樹脂のみでは耐食性向上効果は小さいが、ZF処理は塩水噴霧試験120時間でも白錆の発生がほとんど認められず、優れた平坦部耐食性を有した。これは、ZF処理はベースフッ素樹脂にジルコニウム化合物主体の防錆剤などを配合することで、アルミニウムめっき表面との反応性向上とフッ素樹脂皮膜により腐食因子に対するバリアー性が高くなったことに起因する。

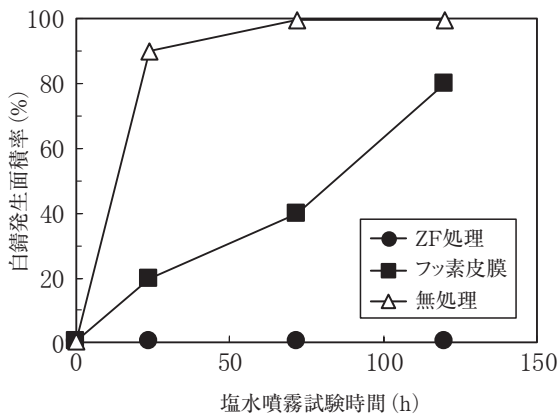


図2 塩水噴霧試験での平坦部耐食性  
Fig. 2 Corrosion resistance at flat portion of specimens in salt spray test.

### 2.3 潤滑性

成形加工時の疵付きを抑制するためには潤滑性を高め皮膜表面に加わる面圧を低減する必要がある。特殊フッ素樹脂へ潤滑剤を適量配合し、ロールフォーミングなどの成型加工時の潤滑性をドロビーディング(摺動変形)試験時の引抜き力により評価した。図3に引抜き力を示す。ZF処理は引抜き力が小さく、皮膜の損傷がほとんど認められず良好な潤滑性を示した。これは、ZF処理中へ適正配合した潤滑剤の影響である。一方、潤滑剤を含有

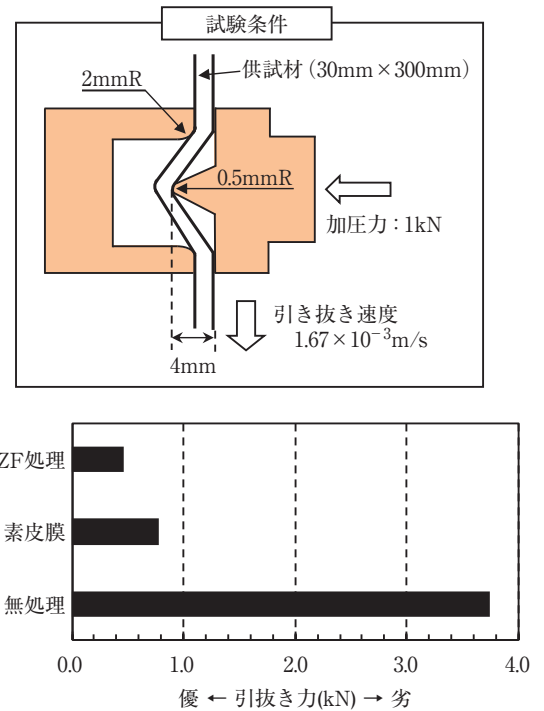


図3 ドロビーディング試験時の引抜き力  
Fig. 3 Drawing force in bead drawing test.

していないフッ素樹脂のみや無処理材は引抜き力が高く、めっき層も損傷が認められた。

以上のように、当社独自の配合技術により特殊フッ素樹脂にジルコニウム化合物主体の防錆剤、反応性向上剤、架橋剤および潤滑剤を安定配合させることで、耐候性、耐食性および潤滑性に優れた耐候用アルスター鋼板『ZF処理』を開発した。

図4にZF処理の製品構成を示す。原板には、溶融Al-9%Si合金めっき鋼板(商品名:耐候用アルスター鋼板)を使用している。

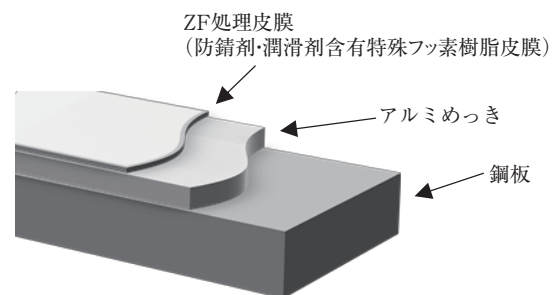


図4 耐候用アルスター鋼板『ZF処理』の断面モデル  
Fig. 4 Schematic illustration of ZF-treated hot-dip aluminized steel sheet “Weather-Resistance Alstar”.

### 3. 開発材の品質特性

低炭素鋼を母材とした耐候用アルスター鋼板(板厚: 0.8mm, めっき付着量: 両面150g/m<sup>2</sup>)にZF処理(膜厚2μm)を行い, 供試材とした。また, 同めっき付着量の耐候用アルスター鋼板に下地クロメート処理を施し, その上にポリオレフィン樹脂を塗布した耐候用アルスター鋼板『U処理』(膜厚2μm), ガルバリウム鋼板(商品名: ガルバスター, 板厚: 0.8mm, めっき付着量: 両面150g/m<sup>2</sup>)にクロム酸含有のウレタン樹脂を塗布したガルバスター『G処理』(膜厚2μm)を比較材とした。

### 3.1 促進耐候耐食性

外装用鋼板は, 紫外線や熱による皮膜の劣化と, 水や塩分など劣化因子の影響および湿潤乾燥の繰り返しによる鋼板の腐食が複合的・相乗的に生じる。そこで, キセノンランプ式促進耐候性試験(JIS K5600 7-7)と複合サイクル腐食試験(CCT, JIS H8502)を組合せ, それらの繰り返し(以下, 促進耐候耐食試験)により評価を行った。試験条件を図5に示す。図6に促進耐候耐食試験での膜厚変化および明度変化を, 図7に20サイクル後の外観を示す。ZF処理は白錆の発生は認められるが, 膜厚の変化が少ないため明度低下はほとんど認められな

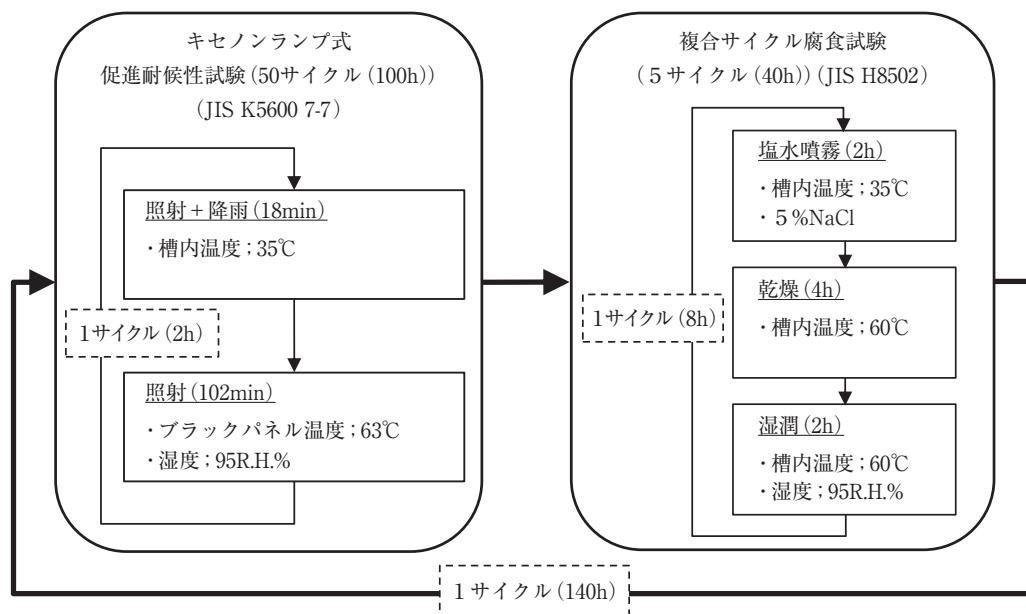


図5 促進耐候耐食試験条件  
Fig. 5 Conditions of accelerated weathering-corrosion test.

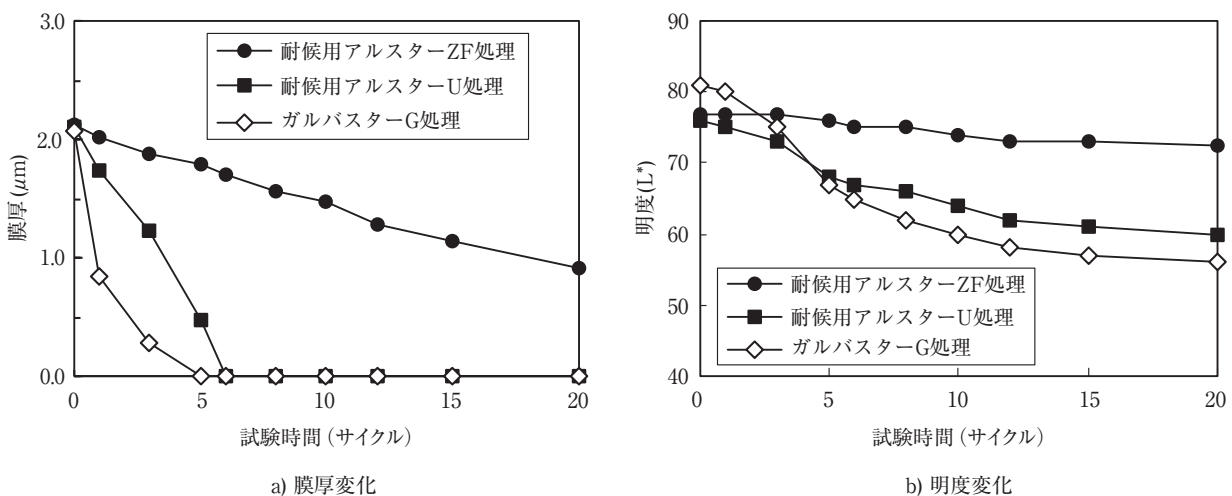


図6 促進耐候耐食試験での膜厚変化および明度変化  
Fig. 6 Changes in organic resin thickness and lightness value in accelerated weathering-corrosion test.

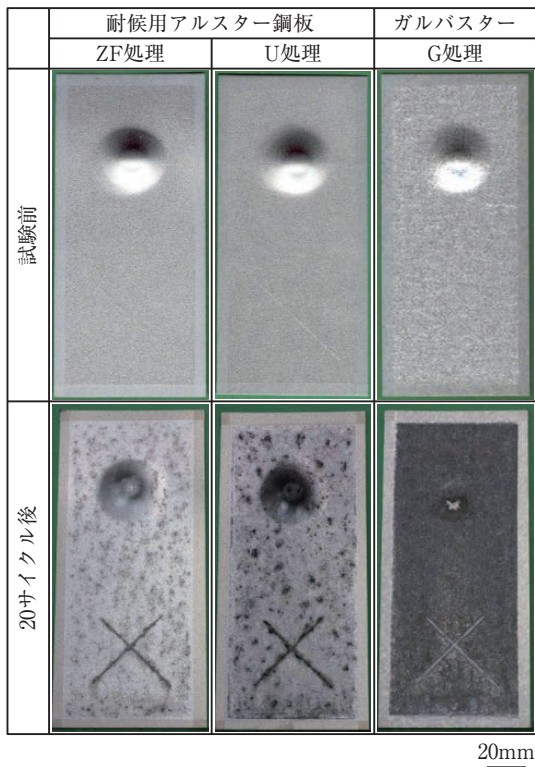


図7 促進耐候耐食試験20サイクル後の外観  
Fig. 7 Appearance of specimens at 20 cycles of accelerated weathering-corrosion test.

かった。一方、U処理およびG処理は試験時間6サイクルで皮膜がほぼ消失し、明度低下が大きかった。明度低下は、U処理の方が小さいが、これは、皮膜が消失後の耐食性がガルバリウム鋼板よりアルミめっき鋼板の方が優れるためである。

### 3.2 大気暴露試験 (沖縄, 桐生, 堺)

表1に大気暴露試験地の環境を示す。工業地帯(大阪府堺市), 塩害地帯(沖縄県), 田園地帯(群馬県桐生市)の3地域で行った。試験片は100×200mmとし、4t曲げ, クロスカットを入れて評価した。図8にZF処理の大気暴露試験での膜厚変化および明度変化を, 図9には沖縄大気暴露4年後の外観を示す。いずれの暴露地でもZF処理は膜厚の変化が少ないため明度低下が小さく, 良好

表1 大気暴露地の環境

Table 1 Environments of atmospheric exposure test sites

暴露地	所在地	環境	海岸からの距離
堺	大阪府堺市	工業	約50m
沖縄	沖縄県中頭郡中城村	塩害	約30m
桐生	群馬県桐生市	田園	約90km

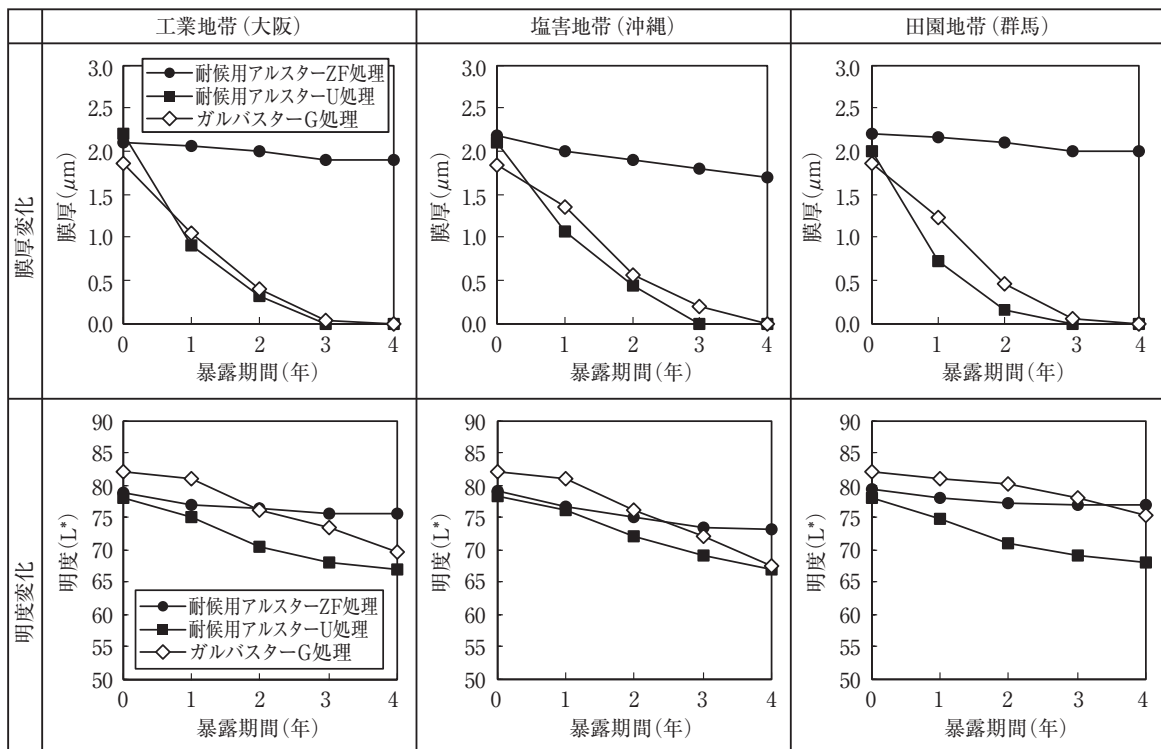


図8 ZF処理の残存皮膜厚および明度におよぼす大気暴露試験時間の影響  
Fig. 8 Effect of atmospheric exposure test time on remained organic resin thickness and lightness value of ZF treatments.



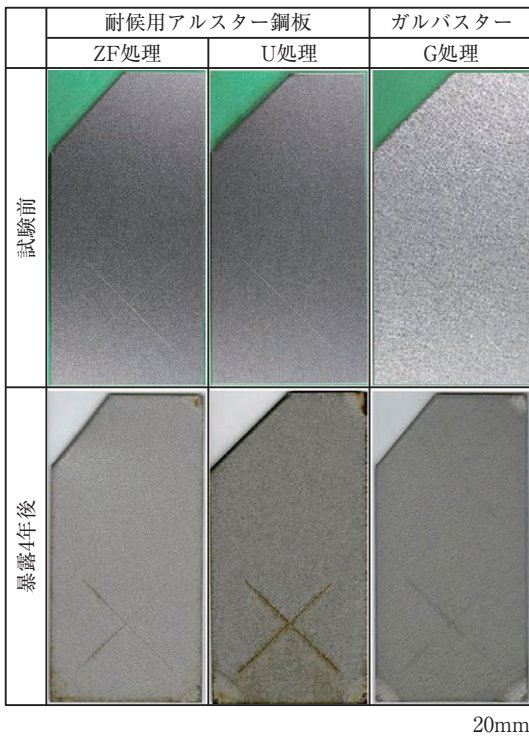


図9 供試材の大気暴露4年後の外観(暴露場所:沖縄)  
Fig. 9 Appearance of specimens at 4 years of atmospheric exposure.

な外観を維持していた。U処理およびG処理は暴露4年で皮膜が完全に消失し、明度低下が大きくなり灰黒色に変色していた。また、クロスカット部において、U処理では赤錆が、G処理では白錆が認められたのに対し、ZF処理はクロスカット部でも良好な耐食性が得られた。これは、ZF処理皮膜が暴露4年経過後も残存しているためと考える。4t曲げ部はいずれのサンプルとも顕著な錆は発生していなかった。

表2 供試材の日射反射率  
Table 2 Reflectance of solar radiation

		日射反射率(%)		
		試験前	沖縄大気暴露	促進耐候耐食試験
			4年後	20サイクル
耐候用アルスター鋼板	ZF処理	59	50	48
	U処理	58	41	30
ガルバスター	G処理	64	40	27

### 3.3 遮熱特性

表2に沖縄暴露4年後および促進耐候耐食試験20サイクル後の日射反射率測定結果を示す。測定器は分光光度計を用い、JIS R 3106に準拠し測定波長300～2100nmで測定した。ZF処理はU処理、G処理に対して、沖縄暴露材で約9%、促進耐候耐食試験で約20%高いことが分かる。

図10に示すような簡易測定装置を作製し、遮熱特性を評価した。15分間ランプ照射し、それぞれの温度測定を行った。供試材は促進耐候耐食試験20サイクル後のサン

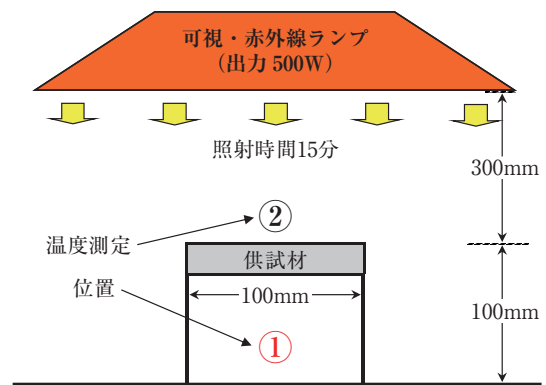


図10 遮熱特性の評価方法  
Fig.10 Evaluation method of thermal barrier property.

プルを用いた。その結果、図11に示すように、ZF処理はU処理、G処理より屋根模擬温度が7.6～21.1℃、室内模擬温度が3.8～14.4℃低かった。

ZF処理は日射反射率の低下が小さいため、屋根材に使用した場合、太陽光による鋼板の温度上昇が抑制され、室内の温度上昇が抑えられることから、夏季の冷房負荷低減による省エネルギー効果が期待できる。

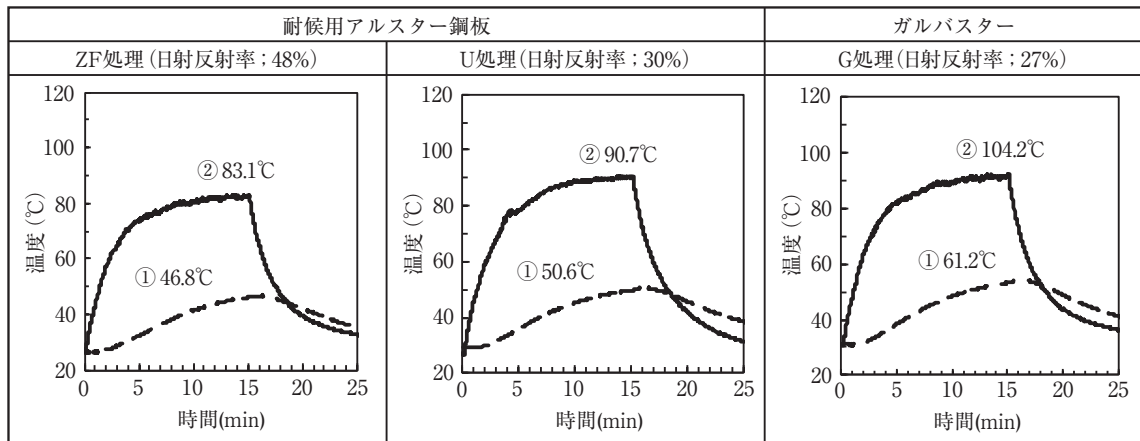


図11 促進耐候耐食試験後の供試材の遮熱性測定結果の一例(—屋根温度, - - -室内温度)  
 Fig.11 An example of thermal barrier test results of specimens after accelerated weathering-corrosion test.

表3 耐薬品性  
 Table 3 Chemical resistance of specimens

		耐アルカリ性	耐加工油性	耐溶剤性		
				エタノール	キシレン	石油ベンジン
耐候用アルスター鋼板	ZF処理	○	○	○	○	○
	U処理	○	○	○	○	○
ガルバスター	G処理	○	○	○	○	○

【耐アルカリ性試験法】  
 アルカリ脱脂剤(サーフクリーナー SD-350NF/日本ペイント)でpH12に調整後40℃×2分浸せき  
 【耐加工油性】  
 水系加工油(SL-200/三彩化工)を10%希釈し10分浸せき後、テープ剥離試験  
 【耐溶剤性】  
 ガーゼに薬品含浸後5往復擦り試験  
 【評価法】  
 ○剥離なし, △一部剥離, ×全面剥離

3.4 耐薬品性 (耐アルカリ性, 耐加工油性, 耐溶剤性)

表3に供試材の耐薬品性を示す。いずれも、アルカリ脱脂液や水溶性加工油および各種有機溶剤に対して良好な耐薬品性を示し、加工油を用いた連続フォーミングなどの加工も可能である。

4. 用途例

図12に用途例を示す。加工形状の厳しいラジアル加工や折板などの加工でも疵付きや割れ等発生せず良好な外観が得られており、従来材と同様に非住宅の屋根壁などに幅広く適用可能である。



図12 開発材の外装建材用途への使用例

Fig.12 Applications of developed products for external building materials.

## 5. 結 言

耐候用アルスター鋼板『ZF処理』は耐候性に優れた特殊フッ素樹脂をベース樹脂に用いて、ジルコニウム化合物主体の防錆剤、反応性向上剤、架橋剤および潤滑剤を当社独自手法にて最適配合し開発した。本製品はアルミめっきの優れた耐食性に加え、耐候性・成型加工性に優れた有機系皮膜を施すことで、美しい外観を維持し日射反射率の低下が少ない。クロムフリーのZF処理はクロム系従来材と同等以上の耐食性、耐候性を有しているため、塩害地域などの厳しい腐食環境はもちろん、省エネルギーニーズのある外装建材用途への適用が期待できる。

## 参考文献

- 1) 川口洋充, 三吉泰史, 橋高敏晴: 日新製鋼技報, 78 (1998), 52.
- 2) 吉崎布貴男: 防錆管理, 52 (2008), 1.
- 3) 内山真明, 辻村太佳夫, 服部保徳: 日新製鋼技報, 95 (2014), 1.
- 4) 高柳啓志, 山崎達朗: 水性コーティング材料の開発と応用, シーエムシー出版.
- 5) 堀江正一: 色材協会関西支部塗料講座, 40 (2007), 104.
- 6) 北条哲夫, 土田勇, 阿部桂三: 土木学会論文集, 480 (1993), 107.