

# 高性能 55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板 「スーパージニアス・ガルフレックスカラー」

Development of New 55%Al-Zn Coated Steel Sheets with Excellent Corrosion Resistance and High Formability “SUPER GENIUS / GALFLEX-COLOR”

山下 正明	総合材料技術研究所 表面処理研究部 部長 工博	Masaaki Yamashita
稲垣 淳一	総合材料技術研究所 表面処理研究部 主査 工博	Jun-ichi Inagaki
吉田 啓二	総合材料技術研究所 表面処理研究部 主任研究員	Keiji Yoshida
山地 隆文	総合材料技術研究所 表面処理研究部 主任研究員	Takafumi Yamaji
石川 博司	エヌケーケー鋼板㈱ 営業本部 営業技術部 部長	Hiroshi Ishikawa
大熊 俊之	エヌケーケー鋼板㈱ 建材商品開発室 室長	Toshiyuki Okuma

建材分野では、資源保護、メンテナンスフリーなどの観点から高耐久化志向が進行しており、使用材料の長寿命化がより一層求められている。55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板は優れた耐食性を示すことから、屋根・外壁用途を中心に生産量が急速に増加している。当社は耐食性に優れた 55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板をベースに、加工部の耐食性を飛躍的に向上させた高耐食有機複合被覆鋼板「スーパージニアス」、および本鋼板の課題である加工部クラックを解決した新塗装鋼板「ガルフレックスカラー」を開発・商品化した。本稿では、これらの開発経緯および主要性能について述べる。

*Higher durability are increasingly required for construction materials in order to conserve resources and reduce maintenance work. Since 55%Al-Zn alloy coated steel sheets exhibit excellent corrosion resistance, their use such as roofing and siding is expanding. The authors have developed and commercialized high quality thin organic coated 55%Al-Zn alloy coated steel sheet “SUPER GENIUS”, and prepainted steel sheet “GALFLEX-COLOR” for above purpose. This paper outlines the development processes and main properties.*

## 1. はじめに

溶融めっき鋼板や塗装鋼板などの表面処理鋼板は、建材分野において、内外装材料、構造部材として幅広く使用されている。塗装鋼板は、めっき鋼板上に 10～30 μm の有機樹脂塗膜を形成させることで、所定の色調、意匠性を付与させた鋼板であり、主として屋根、外壁やシャッター雨戸などの用途に用いられる。一方、溶融めっき鋼板上に 1～2 μm の薄膜を形成させた有機複合被覆鋼板は、塗装鋼板ほどの意匠性が要求されない非住宅（工場、店舗など）の屋根、外壁や構造部材として使用される。有機複合被覆鋼板に対する基本的な要求特性は、成形加工時のめっき皮膜のかじりを抑制する機能（加工性）と耐食性である。塗装鋼板では、これに加えて成形後も塗膜クラックなどのない優れた表面外観が求められる。

建材分野では、資源保護、メンテナンスフリーなどの観点から長期耐久性のニーズが大であり、使用材料の長寿命化がより一層求められている。めっき鋼板についても、従来の溶融亜鉛めっき鋼板では、耐食性に限界があり、より耐食性の優れたアルミ・亜鉛系合金めっき鋼板が用いられるように

なってきた。なかでも 55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板はきわめて優れた耐食性を示すことから、屋根・外壁用途を中心に使用量が急速に増加している。

しかしながら、55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板は、めっき皮膜が硬質であることから、Fig.1 に示すように、溶融亜鉛めっき鋼板に比べ、曲げ加工部のめっきクラックが顕著であり、加工時に生じるめっきクラックの克服が課題とされてきた。

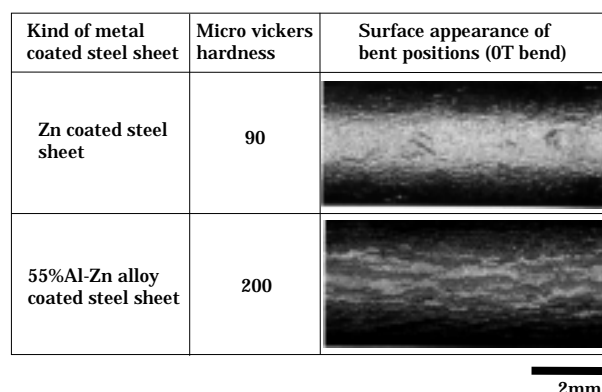


Fig.1 Cracks at bent positions

当社は、耐食性に優れた 55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板をベースとしてこれに独自の被覆層を形成させた高耐食有機複合被覆鋼板「スーパージーニアス」、またさらに、めっき皮膜層、塗膜層の両面から高性能化を図った新塗装鋼「フレックスカラー」を開発・商品化し<sup>2)・4)</sup>、耐食性と加工性の両立を図った。上記の建材用表面処理鋼板は、長寿命化の観点から地球環境へ貢献大である。本稿では、これら、55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板を下地とした有機複合被覆鋼板および塗装鋼板について述べる。

## 2. 建材用有機複合被覆鋼板「スーパージーニアス」

### 2.1 皮膜設計

従来、屋根・外壁などの外装用材料には、主として塗装鋼板が使用されてきたが、最近では、より薄膜の有機複合被覆鋼板が高耐食めっきと組み合わせて用いられるケースも増えてきた<sup>1)</sup>。55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板を下地とし、これに 1~2 μm の薄膜の有機皮膜を被覆した有機複合被覆鋼板は、耐食性・外観性（独特のスパングル模様を有する）に優れ、コストパフォーマンスが高いことから、我が国では 1990 年代以降、非住宅（工場、店舗など）の屋根・外壁を中心に適用が進んでいる。本鋼板に対する基本的な要求特

性は、成形加工時のめっき皮膜のかじりを抑制する機能（加工性）と耐食性であり、最近ではこれに加えて環境調和性の重要度も高まっている。当社は、従来の有機複合被覆を発展させた「有機 - 無機複合 3 元系傾斜皮膜構造」を特徴とする高耐食 55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板「ジーニアス」を開発商品化した。「ジーニアス」は従来の有機複合被覆（樹脂とクロム酸が主成分）に対してめっきと防錆成分（クロム酸、リン酸）を反応させ、難溶性の不動態皮膜をめっき上に形成させるとともに、皮膜上層が樹脂リッチとなる皮膜設計（傾斜皮膜構造）を行うことで、加工性、耐食性を高めている。Fig.2 はジーニアスの表層部とめっき界面部のオージェ分光分析結果である。これらチャートより、表層部は樹脂成分リッチ、めっき界面部は難溶性不動態皮膜層（Cr<sup>3+</sup>主体）リッチな傾斜構造を形成していることが確認された。「ジーニアス」は従来よりも高度な耐食性、成形加工性により市場から高い評価を得てきた。

さらに、「ジーニアス」で開発した傾斜皮膜構造を基本とし、皮膜中に自社開発した非クロム系新防食成分を導入することで、55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板の課題とされてきた加工部耐食性を飛躍的に向上させるとともに、有機樹脂成分の改良により、加工性を更に向上させた「スーパージーニアス」を開発商品化した（Fig.3）。「スーパージーニアス」は新

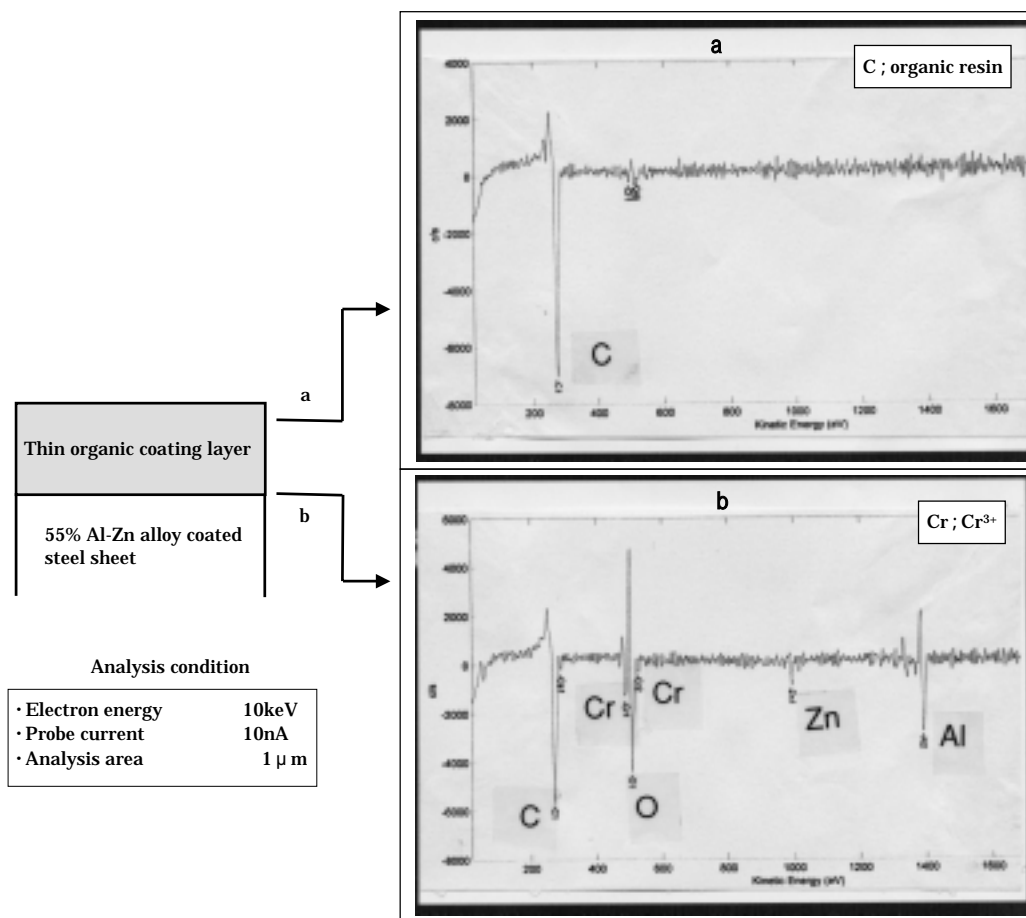


Fig.2 Scanning auger microscopy for two different positions in the coating layer

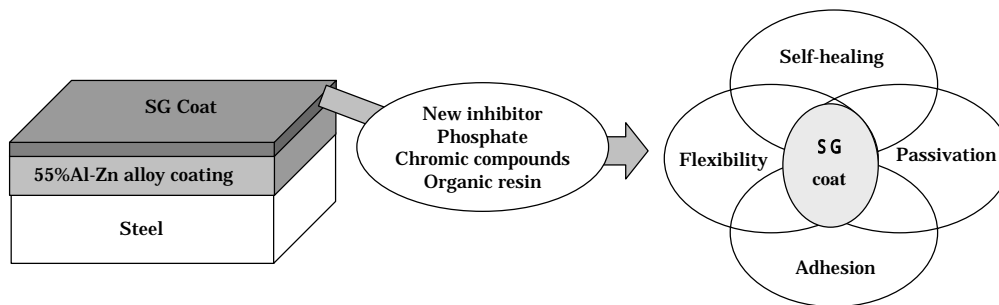


Fig.3 Design of "Super Genius"

防食成分，リン酸，難溶性クロム化合物，特殊有機樹脂を主成分とした皮膜（SG コート）を形成させることにより，不動態化作用とともに優れた加工部自己修復作用，高度の柔軟性と密着性を実現した（Fig.4）。

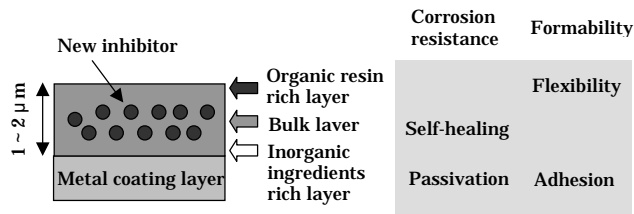


Fig.4 Schematic cross section of developed coating

## 2.2 「スーパージニアス」の特性

Fig.5 に加工部耐食性評価結果を示す。「スーパージニアス」は自己補修作用に優れた新防錆成分の作用により，加工により生じためっきクラック部において腐食環境下で防食保護皮膜を形成し，腐食進行を抑制している。非クロム系防錆成分による耐食性の強化は環境調和性の向上にも大きく寄与している。Fig.6 は，建材の代表的加工方法であるロールフォーミング時に生じるロールと鋼板表面との摺動をシミュレートする目的でビード押し付け試験を行い，かじりの生じない最大押し付け荷重を比較したものである。「スーパージニアス」は，従来材と比較して高度の加工性を有している。Fig.7 は，特殊構造屋根材の成形加工例である。このように従来材では，かじり発生が顕著で適用が困難であった難成形加工への適用も可能となった。

Kind of coatings	Composition	Limiting normal force , Kgf		
		(inferior) 0	75	(superior) 150
SG Coat	New inhibitor Phosphoric acid Cr <sup>3+</sup> Organic resin	[Bar chart showing high performance]		
Organic composite	Cr <sup>6+</sup> Organic resin	[Bar chart showing lower performance]		

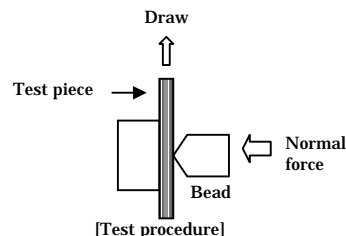
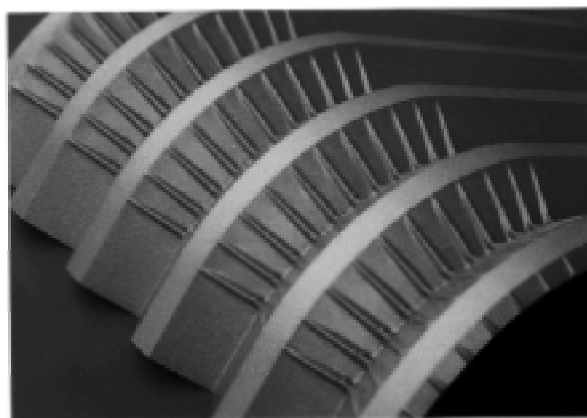


Fig.6 Formability (laboratory simulate test)



10cm

Fig.7 "Super Genius" after forming (Example of severe forming)

Kind of coatings	Composition	Corrosion area, % (degree of rust at 5T bent position)		
		(superior) 0	50	(inferior) 100
SG Coat	New inhibitor Phosphoric acid Cr <sup>3+</sup> Organic resin	[Bar chart showing low corrosion area]		
Organic composite	Cr <sup>6+</sup> Organic resin	[Bar chart showing high corrosion area]		

Salt spray test (JIS Z2371) for 240 hr

Fig.5 Corrosion resistance of bent position

## 3. 建材用新塗装鋼板「ガルフレックスカラー」

### 3.1 塗膜設計の考え方

塗装鋼板においても原板として最も使用量の多い溶融亜鉛めっきは，近年減少傾向にあり，耐食性に優れた溶融亜鉛・アルミ系合金めっきの比率が増加している<sup>17)</sup>。特に，55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板を下地とする塗装鋼板は屋根，外壁などの用途で適用が急速に拡大している。しかしな

から、55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板は塗装下地として使用した場合においても、曲げ加工部においてめっきクラックが発生、上層の塗膜にもクラックが伝播し、外観を損ねるばかりでなく、クラック部分からの腐食が進行するため、厳しい加工部位において適用は困難とされてきた。当社は、建材分野における表面処理鋼板の適用拡大を目的として加工性に優れた塗装 55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板の開発・商品化を企画、加工性に影響を与えるめっき皮膜と塗膜に着目し、独自に高加工化を図ることによって世界で初めて塗装 55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板の高加工化を実現した（以下、本鋼板を「ガルフレックスカラー」と略記する）。

「ガルフレックスカラー」の開発コンセプトを Fig.8 に示す。従来の塗装 55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板に対して塗膜、めっき皮膜の両面から高加工化を図ることにより 55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板の持つ高い耐食性に加えて高度の加工性を得ることに成功した。

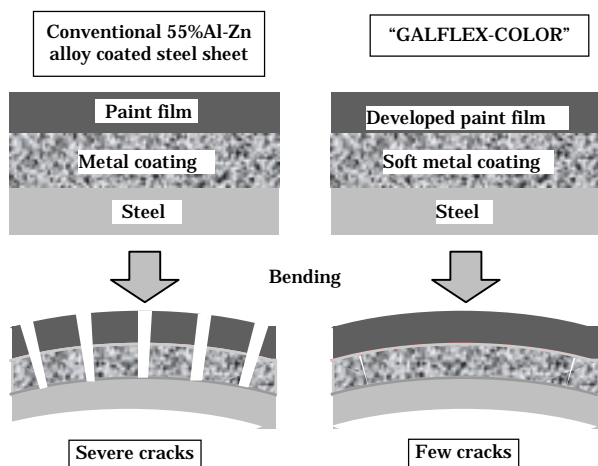


Fig.8 Development concept of "GALFLEX-COLOR"

### 3.2 「ガルフレックスカラー」の特性

めっき皮膜の硬度比較例を Fig.9 に示す。「ガルフレックスカラー」はめっき皮膜の構造制御により、めっき硬度を溶融亜鉛めっき鋼板や亜鉛・5%アルミ合金めっき鋼板に匹敵するレベルにまで軟質化させている。

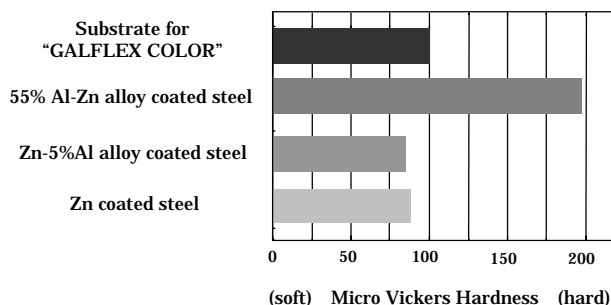


Fig.9 Comparison of hardness of metal coatings

塗膜の加工性改善には塗膜の延性の向上が必要である。一方、施工中、施工後の引っかかり傷などによる損傷を防止するためには下地と塗膜との強固な密着が必要である（Fig.10）。しかしながら、密着性と塗膜延性を高度に両立させることはこれまで困難であった。当社は塗膜の樹脂成分に着目し、高密着性の樹脂成分と延性に優れた高分子量樹脂から成る独自の複合化樹脂により、建材用塗装鋼板として必要とされる下地密着性を維持した上で延性を向上させることに初めて成功した。

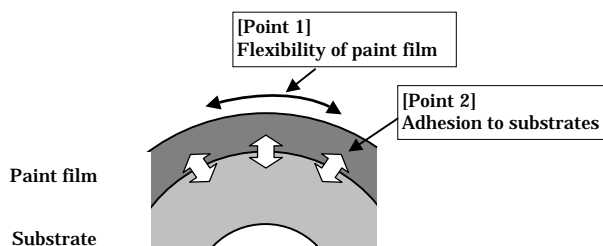


Fig.10 Required properties for paint film to improve formability

Fig.11 に「ガルフレックスカラー」と他の塗装鋼板との曲げ加工部の外観比較例を示す。「ガルフレックスカラー」は従来の塗装 55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板に比べ加工部クラックが大幅に低減しており Fig.11 においても 3T 曲げ加工でクラックが観察されない。これは、建材用塗装鋼板として最も加工性の優れた塗装亜鉛・5%アルミ合金めっき鋼板と同等以上のレベルである。Fig.12 は実環境を模擬した複合サイクル腐食試験により各種塗装めっき鋼板の曲げ（3T 曲げ）加工部耐食性を評価した結果である。「ガルフレックスカラー」は、加工部からの錆および膨れの発生が極めて少なく優れた加工部耐食性を発揮することが本試験においても確認された。このことにより、従来では加工性の点から塗装 55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板が適用困難であった難成形部材への適用が可能となった。

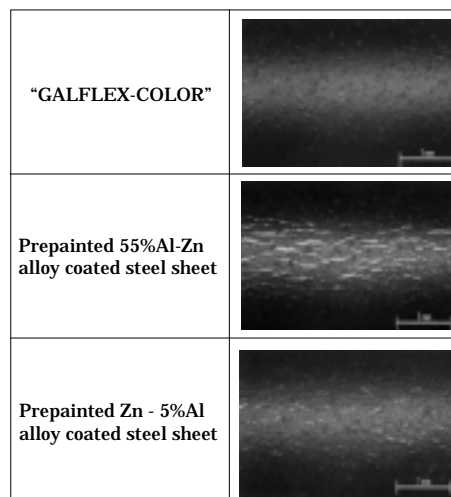


Fig.11 Close-up views of 3T bent position

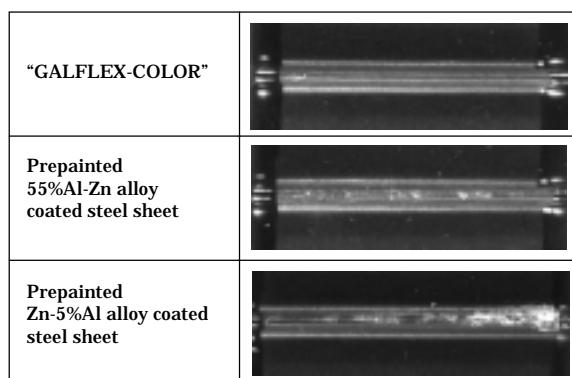


Fig.12 Appearance of bent positions after cyclic corrosion test

(Test cycle : JIS K5621 cyclic corrosion test, 560 cycles)

#### 4. おわりに

当社は、建材分野における高耐久化志向への対応を目的として、耐食性に優れた 55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板をベースとし、独自の皮膜形成により加工性、加工部耐食性を飛躍的に向上させた、高品質の有機複合被覆鋼板「スーパージーニアス」、塗装鋼板「ガルフレックスカラー」を開発商品化した。「スーパージーニアス」は 2000 年 10 月、「ガルフレックスカラー」は 2001 年 4 月より営業生産を開始した。いずれも、建材分野における長寿命化やデザインの多様化に応える商品として需要家より高い評価を得ている。建材分野の需要は低迷しているが、今後もこのような品質優位でかつ環境調和性に優れた鋼板の開発により、薄板建材商品の市場拡大に貢献していきたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 吉田啓二. “建材用塗装鋼板”. 材料と環境. Vol.50, No.5, pp.210-215(2001).
- 2) 山下正明ほか. “高耐食 55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板「NKK ガルバリウム鋼板」(ジーニアスコート)”. NKK 技報. No.167, pp.20-23(1999).
- 3) 山下正明ほか. “高耐食 55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板(スーパージーニアスコート)”. NKK 技報. No.173, pp.49-33(2001).
- 4) 吉田啓二ほか. “高加工性塗装 55%アルミ・亜鉛合金めっき鋼板「ガルフレックスカラー」”. NKK 技報. No.176, pp.102-103(2002).

<問い合わせ先>

総合材料技術研究所 表面処理研究部

Tel. 044 (322) 6150 吉田 啓二

E-mail address : keiji@lab.keihin.nkk.co.jp

エヌケーケー鋼板(株) 建材商品開発室

Tel. 044 (322) 1138 大熊 俊之

E-mail address : Toshiyuki\_Okuma@ntsgw.keihin.nkk.co.jp