

# 家電用環境調和型クロメートフリー高機能化成処理鋼板 「エコフロンティア JN」

## Chromate-Free Coated Steel Sheets for Electrical Appliances “ECO FRONTIER JN”

山地 隆文 YAMAJI Takafumi JFE スチール スチール研究所 表面処理研究部 主任研究員(副部長)  
窪田 隆広 KUBOTA Takahiro JFE スチール スチール研究所 表面処理研究部 主任研究員(課長)  
加藤 千昭 KATO Chiaki JFE スチール スチール研究所 表面処理研究部長・Ph.D.

### 要旨

「エコフロンティア<sup>®</sup>JN」は、環境ニーズに対応するために開発されたクロメートフリー化成処理鋼板である。独自の高バリア性有機樹脂と自己補修性防錆添加剤からなる有機複合皮膜の開発により、世界で初めて高度な耐食性と導電性を薄い皮膜でバランスさせることに成功し、1998年に工業化された。「JN」は優れた溶接性、耐指紋性、塗装性も具備しており、O/A 機器、家電製品などへの採用が拡大している。JFE スチールでは、この他に、高度な性能要求にこたえる「エコフロンティア」シリーズを開発・商品化している。

### Abstract:

Chromate-free coated steel sheet “ECO FRONTIER JN” has been developed to meet ecological demands and been started production in 1998. JFE Steel developed an original composite coating, which is composed of organic resin with high barrier property and inorganic additives with high self-healing property. Therefore, first in the world, “JN” made the coating thickness thinner and succeeded in being compatible with excellent corrosion resistance and electrical conductivity. “JN” shows also excellent weldability, fingerprint resistance and paint adhesion. Advanced “JN” has been adopted widely into OA/AV equipments, electrical appliances and so on. JFE Steel has already developed and been supplying various functional “ECO FRONTIER” series.

## 1. はじめに

亜鉛めっき鋼板のクロメート処理は、亜鉛の腐食を抑制する安価な防錆処理方法として広く適用されている。1980年代以降、材料の防錆性の向上と多機能化のニーズが急速に高まり、耐指紋性、塗装性、潤滑性、意匠性などが付与された塗布型クロメート処理鋼板や、クロメート皮膜と有機樹脂薄膜(1~2 $\mu$ m レベル以下)からなる有機複合被覆鋼板などが開発され、家電製品などに幅広く使用されている<sup>1)</sup>。

一方、環境保護活動の高まりから環境負荷物質の使用を削減する動きが進んでいる。欧州では特定有害物質の使用制限に関連する EU 指令の中で、電気電子機器に含まれる使用禁止物質(Pb, Cr(VI), Cd, Hg など)が規定され、2006年7月に発効することが決定された<sup>2)</sup>。また、国内大手家電、OA 機器メーカーは、環境に配慮した購入を進め

る「グリーン調達」を推進しており、その中で環境負荷物質の利用・排出の削減に取り組んでいる。このような動向の中で、クロメートフリー化の普及が拡大している<sup>3,4)</sup>。

JFE スチールでは、環境ニーズを先取りして、クロメートフリー高機能化成処理鋼板の開発に取り組んできた。本報では、OA・AV 機器等を用途とする「エコフロンティア<sup>®</sup>JN」を中心に、クロメートフリー化成処理鋼板について紹介する。

## 2. 「エコフロンティア JN」<sup>5~9)</sup>

### 2.1 商品の用途

「JN」は、OA・AV 機器のシャーシや底板、家電製品の内板などを用途とし、塩水噴霧試験で白錆5%発生時間が72~120h程度の耐食性、耐指紋性、導電性(アース性)、スポット溶接性、塗装性などの多機能を付与したクロメートフリー耐指紋鋼板である。

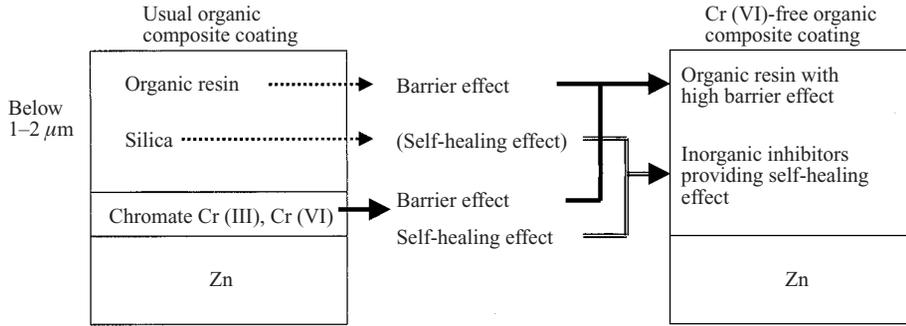


Fig. 2 Basic concept of design Cr (VI)-free organic composite coatings<sup>10)</sup>

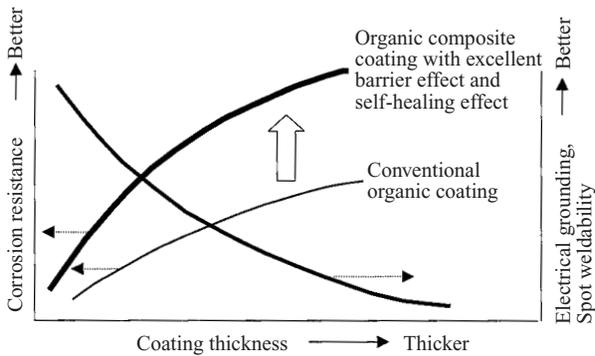


Fig. 1 Basic concept of Cr (VI)-free organic composite coatings<sup>10)</sup>

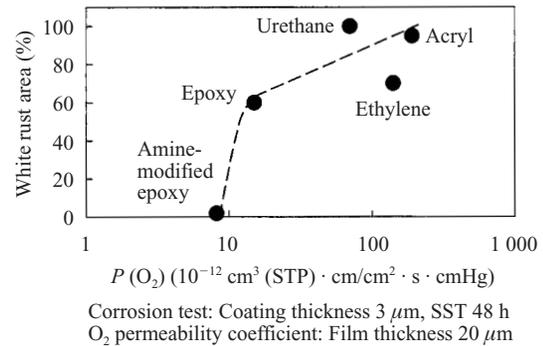


Fig. 3 Relationship between O<sub>2</sub> permeability coefficient and corrosion resistance of organic coatings<sup>10)</sup>

## 2.2 皮膜設計の基本的な考え方

一般に、化成処理皮膜の膜厚を増加させることにより耐食性は向上するが、導電性、溶接性は低下する (Fig. 1)<sup>10)</sup>。これを両立するためには、1  $\mu\text{m}$  程度の薄膜で優れた耐食性を付与することが必要で、高度なバリア性と自己補修性を有する薄膜化成処理皮膜の皮膜設計がポイントとなる。Fig. 2<sup>10)</sup> に示すように、従来のクロメート系有機複合被覆鋼板ではクロメートとシリカ含有有機樹脂皮膜により耐食性を付与していた。それに対して、クロメートフリー有機複合被覆鋼板では、高度なバリア性と自己補修性を皮膜に付与する目的で、特殊な有機樹脂と無機系防錆添加剤の作用に着目し、薄膜で高度な耐食性を示す特殊有機複合皮膜を形成させることを皮膜設計の基本的な考え方とした<sup>10)</sup>。

以上のような基本的な考え方を基に、以下の開発を行った。

### (1) 高バリア性有機樹脂の開発

各種有機樹脂皮膜の耐食性と酸素バリア性の関係に着目し、有機樹脂皮膜単独の耐食性評価と酸素透過係数の測定を行った。酸素透過係数の測定は、膜厚 20  $\mu\text{m}$  のフィルムを作成し、酸素電極法によって行った。その結果、酸素透過係数が低い、すなわち酸素バリア性が高い有機樹脂皮膜ほど耐食性に優れていた。また、変性エポキシ系樹脂が最も酸素透過係数が小さ

く、耐食性に優れていることを見出した (Fig. 3)<sup>10)</sup>。さらに、この樹脂をベースとして、特殊キレート剤による変性を施した独自の特殊キレート変性エポキシ系樹脂を開発した。

### (2) 自己補修性を有する無機系防錆添加剤の開発

自己補修性の付与を狙いとして上記特殊キレート変性エポキシ系樹脂皮膜中に各種防錆添加剤を含有させ、その耐食性の評価を行った結果、独自に特殊なシリカ系防錆添加剤が有効であることを見出し、耐食性を向上することができた。

これらの独自技術からなるクロメートフリー有機複合皮膜の開発によって、世界で初めて薄膜で高度な耐食性を実現し、耐食性と導電性を高度に両立させることに成功し、1998年に工業化された。現在、JFE スチール西日本製鉄所を拠点として営業生産している。

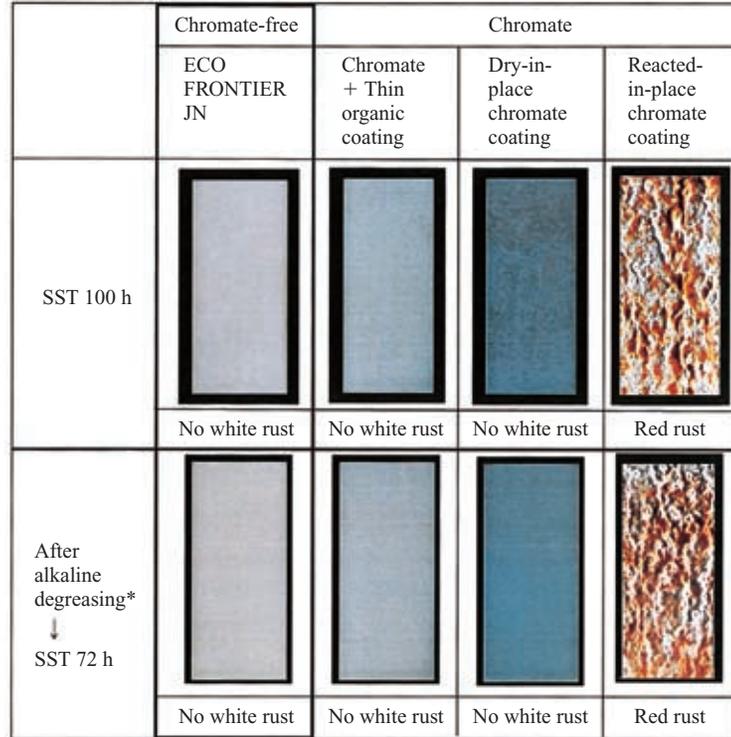
## 2.3 品質性能

次に、「JN」の品質特性を紹介する。

### (1) 耐食性、アルカリ脱脂後耐食性

Photo 1 に、裸耐食性試験結果 (塩水噴霧試験 100 h 後、およびアルカリ脱脂後の塩水噴霧試験 72 h 後の外観) を示す。本開発品はクロメート系化成処理鋼板と同様、白錆が発生せず、良好な耐食性を有している。

また、ユーザーで鋼板をプレス形成後、アルカリ脱



\* Nippon Parkerizing Corp. CL-N364S

Photo 1 Corrosion resistance of various coated steel sheets

脂により表面の油・汚れを除去する場合、従来クロメートを使わない化成処理技術ではアルカリ脱脂により皮膜が劣化して耐食性が著しく低下する課題があったが、本開発品ではアルカリ脱脂後においても耐食性がほとんど劣化せず、優れた特性を保持している。

(2) スポット溶接性

「JN」は有機複合皮膜の膜厚が薄いことから、スポット溶接性に優れている。大手複写機メーカーがクロメートフリー鋼板のスポット溶接性を評価した結果でも、「JN」の品質性能は高い評価を得ている (Fig. 4)<sup>11)</sup>。

(3) 導電性

「JN」の表面抵抗値 (三菱化学(株) 製ロレスタ AP) は、塗布型クロメート処理鋼板と同等の  $10^{-4} \Omega$  レベル

の低い値を示しており、膜厚が薄いことにより優れた導電性を示している。最近の OA・AV 機器では、電磁波シールド特性を重視する傾向にあり、このような用途に適している。

その他、耐指紋性、塗装密着性においても優れた性能を兼ね備えた多機能のクロメートフリー鋼板である。

本技術は、(社)表面技術協会から、平成 14 年度技術賞を受賞した<sup>7)</sup>。この受賞では、「高バリア性有機複合皮膜の開発により、薄膜で高度な耐食性を実現し、相反する耐食性と導電性・溶接性の高度な両立に成功した」ことによる技術の独自性・進歩性、および、「工業化に成功し市場 (OA 機器メーカーなど) から高い評価を獲得した」ことによる工業化実績が非常に高く評価された。また、経済誌でも実績が評価されている<sup>12)</sup>。

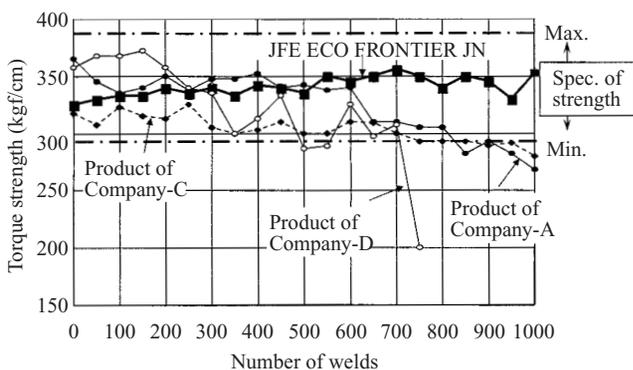


Fig. 4 Weldability of various chromate-free coated steel sheets developed by each of major steel companies in Japan<sup>11)</sup>

3. 「エコフロンティア」シリーズ

家電用クロメートフリー鋼板は、主に無塗装で用いられる OA・VA 機器や家電製品の内部部品のほか、冷蔵庫、洗濯機、ショーケースなどの外板のように塗装を施された後用いられ、モーターカバー、石油ファンヒーターのオイルパンなどの用途では、高度な加工性が必要とされている。これらの多様なニーズに対して、環境調和型クロメートフリー鋼板で幅広く答えていくことを目的として、JN の高バリア性と自己補修性をベースに発展させ、「エコフロンティア」のシリーズ化を確立している。

Table 1 JFE Steel's ECO FRONTIER series on electrogalvanized steel sheet (Chromate-free type)

Classification	Designation	Corrosion resistance (Time to occur white rust of 5% on surface area)			Characteristics	Applications
		100	200	300		
General use	JP	█			Paint adhesion	General painted use
	JD	█			Primary corrosion resistance, Press formability	Electrical apparatus use, Small motor casing use
Anti-fingerprint property	JN		█		Corrosion resistance, Excellent electrical conductivity and weldability	OA and AV equipment, Electrical appliances
	JF		█		Corrosion resistance, Anti-abrasion property	OA and AV equipment, Electrical appliances
	JS			█	Excellent corrosion resistance	Refrigerator, Washing machine
	JT			█	Excellent paint adhesion, Excellent corrosion resistance	Refrigerator, Washing machine, Showcase
Lubricity	JW			█	Excellent formability without oil, Corrosion resistance after forming	Cartridge tank of oil stove, Oil drain plate
Black	Z1		█		Black color without reflection, Absorption and irradiation property of heat	Computer, DVD, HDD, Car audio

Table 1 に電気亜鉛めっき鋼板 (EZ) ベースのクロメートフリー化成処理鋼板の商品と品質特性の特長、主な用途を示す。一次防錆・高加工性 (JD)、一次防錆・一般塗装下地 (JP)、耐指紋性・耐垢付性 (JF)、高耐食性 (JS)、高塗装性 (JT)、高潤滑性・加工後耐食性 (JW)、黒色性 (Z1) を開発し商品化した。また、熔融亜鉛めっき鋼板 (GZ) ベースのクロメートフリー化成処理鋼板 (JC) も商品化している。このように、JFE スチールでは、AV・OA 機器、家電製品などの種々の用途に最適な材料をお客様にご提供できることを目的として、従来のクロメート処理鋼板とほぼ同じ品質の各種クロメートフリー商品を開発している。この章では、いくつかの商品を紹介する。

### 3.1 「エコフロンティア JD」

「JD」は、一次防錆程度の耐食性と優れた加工性 (加工時の耐皮膜剥離性) を有し、特に加工部品 (小型モーターケースなど) に適している。この鋼板は、独自の特殊皮膜によって、以下のような特色を有している。

(1) 加工性：深絞り加工用途に適用可能で、加工時の皮膜

剥離も極めて少ない。

(2) 加工後耐食性：深絞り加工部の耐食性が従来の汎用クロメート処理鋼板「Excel Zinc C」よりも優れている。深絞り加工部の塩水噴霧試験 16h 後の外観を Photo 2<sup>9)</sup> に示す。

「JD」は 2003 年より営業生産を開始し、小型モーター

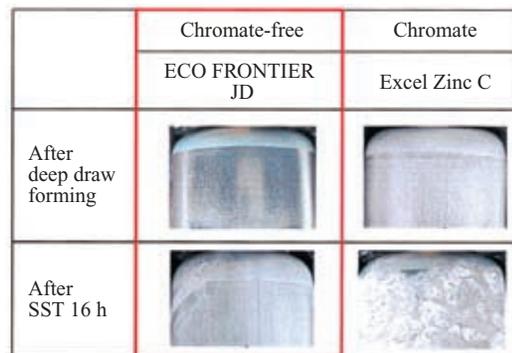


Photo 2 Appearances of ECO FRONTIER JD and usual chromate coated steel sheet after deep draw forming and after SST 16 h<sup>9)</sup>

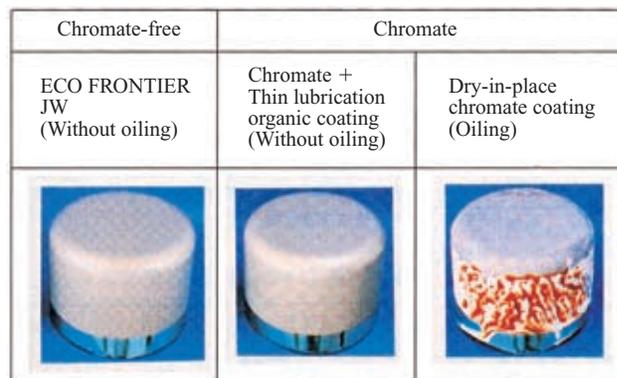


Photo 3 Corrosion resistance after forming of various coated steel sheets (SST 120 h)

ケースなどに適用されている。

### 3.3 「エコフロンティア JT」

粉体塗装などの高度な塗料密着性のニーズに対応した「JT」を開発・商品化した。「JT」は以下の特徴を有し、ショーケースや白物家電の内板、外板に適している。

- (1) 独自の有機複合皮膜により、極めて優れた塗料密着性を有している。粉体塗装にも適用が可能である。
- (2) 未塗装耐食性にも優れているため、片面塗装／片面未塗装のような場合にも適用が可能である。

### 3.4 「エコフロンティア JW」

お客様での脱脂工程省略のために、無塗油で高度な加工性と加工後耐食性を有するクロメート系高潤滑防錆鋼板が適用されてきた。このような高い潤滑性の要求にも対応したクロメートフリー高潤滑防錆鋼板を開発・商品化した。

「JW」は、独自の優れた高潤滑有機複合皮膜技術により、

- (1) 無塗油でのプレス加工性に優れている
- (2) 加工後の耐食性が汎用クロメート処理鋼板と比較し格段に優れており、従来のクロメート系高潤滑防錆鋼板と同等の耐食性を有している (Photo 3)。

## 4. おわりに

「エコフロンティア」の紹介として、「JN」を中心に、クロメートフリー化成処理鋼板の皮膜設計、ならびに品質性能について述べた。

「JN」では、独自の高バリア性有機樹脂皮膜と自己補修性防錆添加剤により、世界で初めて薄膜で高度な耐食性を

実現し、相反する耐食性と導電性の両立を可能とした。OA・AV機器の内部部品などに幅広く適用している。

また、JFE スチールでは、一時防錆と加工性を付与した「JD」、優れた塗装性を付与した「JT」、高度な加工性と加工後耐食性を付与した「JW」など、独自のクロメートフリー商品を「エコフロンティア」としてシリーズ化している。

環境に適合する材料への関心はますます高まっており、今後クロメートフリー化は一層拡大・普及していくものと予想される。「エコフロンティア」シリーズの優れた品質特性は顧客から高い評価を得ており、今後も適用拡大されていくものと期待される。

### 参考文献

- 1) 山下正明. 第167・168回西山記念技術講座, 日本鉄鋼協会編, 1998, p. 151.
- 2) European Union. "Directive of the European Parliament and of the Council on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment(Draft)", C5-0487, 2002, p. 7
- 3) 吉見直人, 松崎晃, 山下正明. 表面技術. vol. 54, no. 5, 2003, p. 344.
- 4) 吉見直人, 松崎晃, 山下正明. 材料と環境. vol. 52, no. 12, 2003, p. 632.
- 5) 吉見直人, 安藤聡, 松崎晃, 窪田隆広, 堀澤輝雄, 岡本幸太郎. NKK技報. no. 170, 2000, p. 29.
- 6) Yoshimi N.; Ando S.; Matsuzaki A.; Kubota T.; Yamashita M. 5th Int. Conference on Zinc and Zinc Alloy Coated Steel Sheet (GALVATECH'2001). Verlag Stahleisen GmbH, Dusseldorf, 2001, p. 655.
- 7) 山下正明, 窪田隆広, 吉見直人, 安藤聡, 松崎晃, 堀澤輝雄, 岡本幸太郎. 表面技術協会第105回講演大会平成14年度技術賞受賞記念講演, 2002, p. 461.
- 8) 吉見直人, 吉田啓二, 松崎晃, 佐々木健一, 堀澤輝雄, 小谷敬彦. NKK技報, no. 178, 2002, p. 11.
- 9) 山田茂樹, 光成元伸, 田口昇, 黒澤光正, 小川隆生, 波多野仁美. JFE技報, no. 2, 2003, p. 17.
- 10) 吉見直人, 松崎晃, 安藤聡, 窪田隆広, 山下正明. 鉄と鋼, vol. 89, no. 1, 2002, p. 80.
- 11) 日経メカニカル, no. 551, 2000-08, p. 33.
- 12) 日経ビジネス, 2002-05-13, p. 56.



山地 隆文



窪田 隆広



加藤 千昭