

JFE スチールの高機能薄板商品

Coated Sheet Products with Highly Functional Surface for Building and Can Applications

水野 大輔 MIZUNO Daisuke JFE スチール スチール研究所 表面処理研究部長・博士 (工学)
中川 方志 NAKAGAWA Masashi JFE スチール 薄板セクター部 主査
佐々木聡洋 SASAKI Toshihiro JFE スチール 薄板セクター部 主査

要旨

薄板建材, 容器材料分野の表面処理鋼板について紹介する。建材分野では鋼構造物の耐久性向上を目的として, 高耐食な溶融亜鉛めっき鋼板が商品化されてきた。さらに環境調和型の化成処理皮膜やカラー塗装が開発され, 表面の機能化も進んだ。容器分野では, 容器性能, 製缶プロセス, 環境適合性の観点から高機能な表面処理製品が開発されてきた。アルミやプラスチックと競合する中, 鉄の強みを活かした開発が重要である。今後はいずれの分野においても, 表面処理鋼板そのものの性能のみならず, より環境にやさしく, サステナブル社会に貢献する表面処理製品の開発が求められている。

Abstract:

This paper describes the coated steel sheets for building and can materials. In the field of building materials, Zn based coated steel sheets produced by hot dip galvanizing with high corrosion resistance have been commercialized for longer life of steel structures. In addition, environment-friendly chemical conversion treatments and color paintings were developed, and they provide the multi-function to the surface. For the container, functional coated products have been developed from the viewpoints of can performance, can manufacturing, and environmental compatibility. Material development utilizing the advantages of steel is important considering the competition with aluminum and plastic. In the future, not only the performance of coatings themselves but also the development of coated products that are more environmentally friendly and contribute to a sustainable society are required.

1. はじめに

表面処理鋼板は幅広く産業分野で使用され, 鋼製製品や構造物の品質に重要な役割を果たしている。国内の自動車用鋼板は, 主に合金化溶融亜鉛めっき鋼板 (GA) であるが, 家電・建材分野では, 電気亜鉛めっき鋼板 (EG) や各種の溶融亜鉛めっき鋼板 (GI, GF, GL など) が使用されている。これらの分野では, 防錆性以外にもさまざまな性能が求められ, めっき上に付与する化成処理皮膜やカラー塗装も含めて高機能化を実現している。また, 飲料缶・食缶・工業缶などに用いられる缶用鋼板には, ぶりき (錫めっき鋼板), ティンフリースチール (電解クロム酸処理鋼板), さらにティンフリースチールに薄い樹脂フィルムを貼り合わせたラミネート鋼板などが用いられている。本稿では薄板建材分野および容器分野に焦点を当て, 当社における製品や技術開発を中心に表面処理技術の概要を紹介する。

2. 薄板建材分野

2.1 建材向け表面処理鋼板の技術動向

建材分野では住宅や工場, インフラ・住宅設備などの屋根材, 外壁材, 構造部材のほか, 外・内装材等に多くの表面処理鋼板が使用されている^{1,2)}。最近では太陽光発電設備などの再生可能エネルギー関連の構造物への適用も拡大している。建材用途には古くから溶融亜鉛めっき鋼板が使用されており, 図 1 に示すように自動車に次ぐ用途分野となっている³⁾。近年は住宅の長寿命化やインフラ設備等の老朽化に対応する維持管理対策として高耐食化のニーズが高まってきた。構造躯体を構成する鋼材の防錆仕様に応じて住宅の耐久性性能を 3 段階の等級 (最長 90 年) で表示する「住宅性能表示制度」に加え, 2009 年には「長期優良住宅の普及の促進に関する法律」が施行され, 100 年以上の耐久性を基準として長期優良住宅の認定制度が定められた⁴⁾。今後も国内の人口減少や持続可能な消費社会への転換を背景に, 建築・構造物の耐久性向上へのニーズが高まると考えられ, 表面処理鋼板の耐食性に期待される役割は大きい。

表面処理鋼板の高耐食化は, めっきを厚くすることに加え

2025 年 9 月 24 日受付

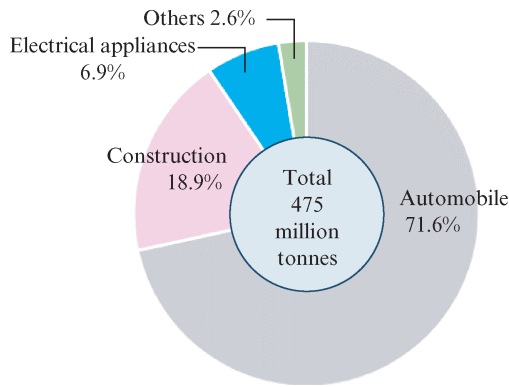


図1 溶融亜鉛めっき鋼板の用途別受注量
(日本鉄鋼連盟 用途別受注統計 2023 より作図)

Fig. 1 Order booked of hot dip galvanized steel by application
(Data 2023 from The Japan Iron and Steel Federation)

て、Al や Zn-Al 系合金めっきを適用することで進められてきた^{5,6)}。代表的なめっきとして、溶融 Al めっき、溶融 Zn-5% Al めっき、溶融 55% Al-Zn めっきなどがある。近年では各種の溶融 Zn-Al-Mg 系めっき鋼板が開発され、適用が広がりつつある。一方、建築物には、これらの鋼板を加工して構造部材として使用するため、めっきの加工性や加工部、切断端面の耐食性なども要求される。また、環境負荷低減に関し、家電分野における RoHS 指令に対応したクロメートフリー鋼板の標準化を契機として、建材分野でも化成処理やカラー塗装のクロメートフリー化が進められている。今後も表面処理鋼板には、環境負荷を低減しつつ長寿命化やライフサイクルコスト低減に貢献する、サステナブル材料としての要求がますます高まることが予想される。

2.2 建材向け表面処理製品と技術開発

JFE グループが提供する薄板建材向け商品には、溶融亜鉛めっき鋼板: GI (JIS G 3302)、溶融 55% Al-Zn めっき鋼板: GL (JIS G 3321)、および GL の加工性を向上させたガルフレックス[®]、溶融 Zn-5% Al:GF に微量の Mg を添加したエコガル[®]・エコガル Neo[®](JIS G 3317) がある⁷⁾。

溶融亜鉛めっき鋼板は、大気環境下で優れた耐食性を発揮することから、古くから建材として用いられてきた。その後、より耐食性に優れた Zn-Al 系めっき鋼板の適用が進み、特にスパングル模様の特徴がある GL が主に外装用途として無塗装、カラー鋼板のいずれにおいても生産量を伸ばしてきた。一方、GL はめっき皮膜が硬質なため、加工部にめっきクラックが発生することによる外観劣化や腐食進行への懸念から、厳しい加工部位への適用は困難であった。これに対して独自のめっき構造制御技術によりめっき皮膜を軟質化し、優れた加工性を実現したガルフレックス、さらに延性とめっきとの密着性を両立する塗膜を施したガルフレックスカラーを開発した⁸⁾。これらは高い耐食性を維持したまま、加工部のクラックを軽減し、錆や塗膜膨れが抑制されることか

ら、GL の使用が困難であった難成形部材への適用が可能になった。一方、Zn-5% Al に微量の Mg, Ni を添加したエコガル Neo は、美しい外観を有するとともに、優れた耐食性と加工性を両立する。GL などに比べてめっき層が柔らかいため、GI と同様に加工できる。また微量添加した Mg, Ni の効果により平板部のめっき耐食性のみならず、GL の課題である加工部や切断端面の耐赤錆性にも優れる。

これらのめっき製品では、めっきの腐食に伴う白錆や黒変と呼ばれる変色を抑制するため、表面にクロメートフリー化成処理皮膜が施されている。当社ではクロメートフリー鋼板の JIS 導入に先立ち、2020 年に溶融亜鉛めっき製品の完全クロメートフリー化を実現した。お客様のニーズに応じて無機系/有機系クロメートフリー化成処理皮膜が使い分けられている。さらにプライマーや塗装を施し、意匠性に優れるだけでなく、耐久性や環境などの観点の性能を付与した各種機能性カラー塗装鋼板も商品化されている⁹⁾。

今後、建築・構造物の耐久性向上のニーズに加えて、地球環境保全や気候変動に伴う自然災害激甚化への対応の機運がますます高まると考えられる。既存製品と今後の表面処理鋼板の開発を通じて、建物やインフラ設備の長寿命化、敷設・維持管理のコストダウンなどのお客様ニーズに応えるとともに、少子化に伴う労働力不足への対策、省資源化などサステナブル社会の実現に貢献していく。

3. 容器分野

3.1 容器向け表面処理鋼板の技術動向

容器分野で使用される缶用鋼板には表面処理鋼板が用いられている。ぶりき(錫めっき鋼板)の開発により食品缶詰が普及して以来、母材鋼板と表面処理技術の開発が行われ、飲料缶、食缶、工業缶、美術缶などに缶用鋼板が使用されるようになった¹⁰⁾。現在の日本の市場規模は年間 50~60 万 t といわれているが、人口減少に加えアルミやプラスチック容器の普及もあり、その規模は縮小傾向にある。

しかし、近年の環境意識の高まりを背景に、スチール素材の持つ特性を再評価する動きもみられる。スチール缶の利点の一つは、その高いリサイクル性にある。磁性を有するため分別が容易であり、他素材に比べ不純物も除去しやすいことから、クローズドループリサイクルが可能である¹¹⁾。これは、使用済み製品のスクラップを利用して再び同等の製品に戻すことを意味し、資源循環型社会の実現のためにきわめて重要な要素である。さらに、マイクロプラスチック問題が世界的に注目される中、SDGs などの観点でもプラスチック素材に対する懸念が高まっており、これに代わる素材として金属缶へ回帰する動きも一部でみられる。加えて、スチール缶は高い強度や加工性を有している。これを生かして製缶メーカーと連携し意匠性の高い缶を開発していくなど、他素材との差別化がスチール缶の利用拡大につながる

ことが期待される。このように、今後は、基本的な性能やコストに加え、サーキュラーエコノミーの視点やデザイン性を考慮して素材が選定されていくと考えられる。

ぶりにきが始まった缶用鋼板は、錫を使用せずに電解クロム酸処理により金属クロムとクロム水和酸化層を形成したティンフリースチール (TFS)、さらに樹脂フィルムを熱圧着したラミネート鋼板が開発され、それぞれ発展してきた¹²⁾。特に飲料缶や食缶の内面塗料の主原料である BPA (ビスフェノール A) が、内分泌攪乱物質 (環境ホルモン) として指摘されると、ラミネート鋼板の実用化が急速に加速した。さらに欧州では、REACH 規制により製造プロセスにおける 6 価クロム使用の禁止が決定している。ぶりにき・TFS・ラミネート鋼板の皮膜自体には 6 価クロムを含まないが、製造プロセスでも 6 価クロムを含む処理浴が使用できなくなる¹³⁾ ため、規制に適合した缶用鋼板の開発が求められている。食品容器の安全性は、密閉性や殺菌処理に加えて、特に容器内面の品質により確保される。表面処理鋼板には長期保管時における金属やコーティング成分の溶出、それによる内容物の変質を抑制する厳格な基準を満足する設計が求められている。

3.2 容器・缶向け表面処理製品と技術開発

JFE スチールでは、1960 年代にぶりにき (電気錫めっき) の製造を開始し、現在では図 2 に示す表面処理缶用鋼板の商品を揃えている。金属光沢のある美しい外観を特長とするぶりにきは、耐食性、溶接性、印刷性などに優れ、食品缶、飲料缶、18 リットル缶、美術缶など幅広い容器に適用されている。溶接による製缶技術が普及すると、表層に Ni 拡散層を形成した冷延鋼板を下地として錫めっきを島状に分布させたウェルト®を開発し、高速溶接性、塗装後耐食性を向上させた。また当社では従来の TFS に加えて、溶接性に優れる TFS である JFE ブライト®を商品化している。通常の TFS と比較して、クロム水和酸化物を薄く均一に形成することで、表面の絶縁層を研磨除去することなく電気抵抗溶接を行うことができる。研磨粉が発生しないため、製缶工程のクリーン化にも貢献している¹⁴⁾。さらに飲料缶への樹脂ラミネート鋼板の適用を経て、環境ホルモンを含有しない PET (ポリエチレンテレフタレート) フィルムの特性に着眼し、低コストで製造できる食品缶詰用ラミネート鋼板、ユニバーサルブライト®タイプ F を世界で初めて開発した。特殊な表面改質剤の添加により PET フィルムの表面自由エネルギーを低下させること、および特殊構造のホモ PET フィルムと独自のラミネート技術の組み合わせで PET の結晶化を抑制することで、優れた内容物取り出し性と加工性を実現した¹⁵⁾。一方、18 リットル缶やペール缶などの大型缶用途として、2 層型 PP (ポリプロピレン) フィルムを用いたラミネート鋼板であるユニバーサルブライトタイプ E を開発した。母層ブロック PP により柔軟性と耐熱性を両立し、変性

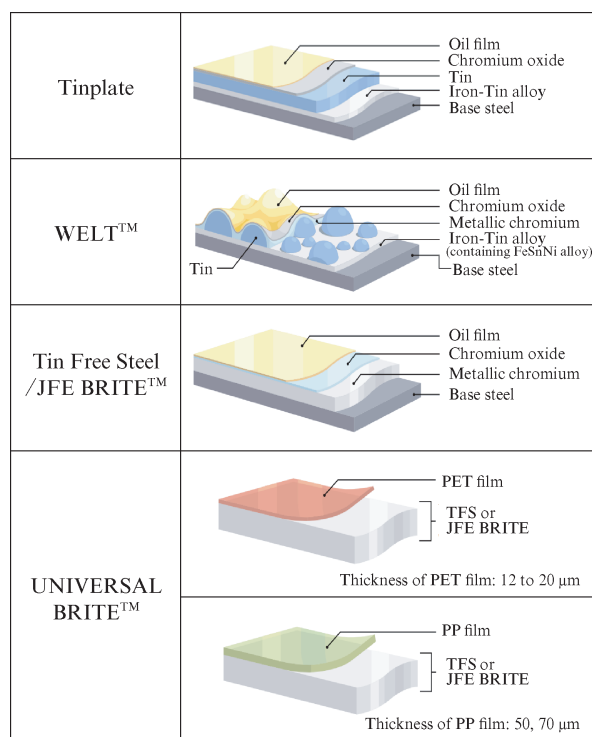


図 2 JFE スチールの缶用鋼板 表面処理商品群

Fig. 2 JFE's products of coated steel sheet for containers

PP に変性 PE (ポリエチレン) を適量添加した下層の接着層により高い密着性を確保した。界面活性剤を含む酸性からアルカリ性の幅広い内容物を充填でき、また外面印刷による意匠性の付与も可能である¹⁶⁾。

近年、飲料容器の多様化、レトルトパウチの増加などもあり、国内のスチール缶生産量は減少傾向にある。一方、世界的に見ると金属缶市場は拡大しており、環境意識の高まりから金属缶への関心も高まりつつある。当社の缶用鋼板 3 種は一般社団法人サステナブル経営推進機構 (SuMPO) が認証する「SuMPO EPD」を取得した。今後も製品のライフサイクル全体での環境負荷を客観的に定量評価できるよう透明性を高めていく。また研究開発では、REACH 規制に先んじたぶりにき、TFS 各用途の 6 価クロムフリー表面処理技術の開発はもとより、フィルムの成分、構造、熱圧着条件などを巧みに組み合わせ、リサイクル性や強度に優れたスチール缶の特性を最大限に引き出す高機能なラミネート鋼板の開発を推進していく。

4. おわりに

建材、容器向け薄鋼板の国内市場は成熟しており、今後も輸入品や他素材との継続的な競争が予想される。表面処理技術には、耐久性など各用途分野の要求特性に加え、持続可能な社会の実現に貢献することが求められている。技術開発にあたっては、これまで蓄積した知見・技術だけでは

なく、周辺技術の進歩やデジタル技術の活用、異業種とのコラボレーションなどを通じて競争力のある付加価値商品を創造していく必要がある。JFE スチールは、私たち、お客様、そして社会がねがう未来に鉄で応えるべく、世界をリードする技術開発を推進していく。

参考文献

- 1) 大和康二. 溶融めっき鋼板の製造技術の進歩. 日本鉄鋼協会第 138・139 回西山記念技術講座. 1991, p. 1-38.
- 2) 安藤敦司, 内田淳一, 圓谷浩, 加藤千昭, 黒田均, 佐藤俊樹, 清水正文, 藤田栄, 宮坂明博, 森本康秀, 山下正明. 表面処理鋼板におけるこの 10 年の進歩. 鉄と鋼. 2001, vol. 89, no. 1, p. 3-17.
- 3) 一般社団法人 日本鉄鋼連盟 ウェブサイト. 統計・分析. <https://www.jisf.or.jp/data/>
- 4) 長期優良住宅に係る認定基準 技術解説. 第 11 版, 一般社団法人 住宅性能評価・表示協会, 2024, 56p.
- 5) D. J. Blickwede. 55% Al-Zn-Alloy-Coated Sheet Steel. 鉄と鋼. 1980, vol. 66, no. 7, p. 821-834.
- 6) 大居利彦. 溶融 Zn-Al 系めっき鋼板. 表面技術. 2011, vol. 62, no. 1, p. 8-13.
- 7) 藤沢英嗣, 金子里江, 石川博司. Zn-5% Al めっき鋼板「JFE エコガル」. JFE 技報. 2009, no.24, p. 1-5.
- 8) 飛山洋一, 藤澤一善. 薄板建材の技術動向と展望. JFE 技報. 2009, no. 24, p. 14-19.
- 9) 機能性カラー鋼板「きわみ」, 「オアシス」, 「アピアクリーン」・「ガルフレックス」および機能性めっき鋼板「サニータ」. JFE 技報, 2009, no. 24, p. 42-44.
- 10) 池田昌男. 缶用表面処理鋼板の産業技術史. 国立科学博物館技術の系統化調査報告. 2007, vol. 1, p. 1-77.
- 11) 一般社団法人 日本鉄鋼連盟 ウェブサイト. 鉄鋼製品の LCA, <https://www.jisf.or.jp/business/lca/recycle/index.html>
- 12) 志水慶一. 缶用材料の最近の進歩. 表面科学. 2001, vol. 22, no. 2, p. 93-100.
- 13) 吉村国浩. 容器, 内装建材向け表面処理鋼板のクロメートフリー化の状況. 表面技術. 2017, vol. 68, no. 1, p. 21-25.
- 14) 小島克己. JFE スチールの代表的な缶用鋼板商品と製造プロセスの特徴. JFE 技報. 2017, no. 39, p. 1-3.
- 15) 山中洋一郎, 岩佐浩樹, 渡辺豊文. 食缶用ラミネート鋼板「ユニバーサルブライト」タイプ F の開発. JFE 技報. 2006, no. 12, p. 1-5.
- 16) 鈴木威, 渡辺真介. 大型缶用新ラミネート鋼板「ユニバーサルブライト」タイプ E. JFE 技報. 2006, no. 12, p. 6-10.