

# 薄板建材の技術動向と展望

## Trends and Future Prospects on the Development of Surface Treated Steel Sheets and Building Materials for Housing and Architectural Use

飛山 洋一 TOBIYAMA Yoichi JFE 鋼板 商品技術部 主監・博士 (工学)  
藤澤 一善 FUJISAWA Kazuyoshi JFE 鋼板 建材技術センター長

### 要旨

建材用表面処理鋼板および薄板建材についての技術動向を述べ、今後の展望を議論した。鋼板に関しては、環境に優しいクロメートフリー技術により開発された商品についてその性能面を中心に紹介した。開発した表面処理鋼板は現行材に比較しそれぞれ優れた耐食性、高耐久性、洗練された意匠性および抗菌・耐カビ性を示した。建材分野では、防災・減災、環境、社会資本の老朽化、少子高齢化に対応するための高性能建材について述べた。開発した鋼板および建材は、それらの性能からいずれも社会的ニーズを満足している。JFE 鋼板は、「1 棟まるごとスチール」の実現に向けて本報で開示した各種商品を提供していく。

### Abstract:

Trends on the development of surface treated steel sheets and building materials for housing and architectural use were described and future prospects were discussed. The properties of the surface treated steel sheets developed by environment-friendly chromate-free technique at JFE Galvanizing and Coating Co., Ltd. were shown. The developed products individually demonstrated excellent corrosion resistance, superior durability, sophisticated designs as well as antibacterial and antifungal properties, compared with conventional steel sheets. High performance building materials for protection against disasters, environment, aging infrastructures and declining birthrate were described as to building materials. Developed steel sheets and building materials satisfied the social needs. JFE Galvanizing and Coating Co., Ltd. supplies the products for housing and architectural use introduced here to realize the concept “a house consisted of only steel.”

## 1. はじめに

JFE 鋼板は建材用の表面処理鋼板（めっき鋼板、カラー鋼板）およびそれらを成形加工した建材を製造、販売しており、商品は主に内外装材、軽量鋼部材、軽仮設資材といった薄板建材に用いられている。

現在の薄板建材を取り巻く環境を考えると、社会的ニーズとして環境・省エネ、人口減少・超高齢化社会対応、防災・減災対策、物流ネットワーク強化、社会資本の老朽化対応、快適性の追及などが挙げられ、これらに対応した商品の開発が強く望まれている。

本報では、まず上記社会的背景に対応した建材用表面処理鋼板および建材の最近の技術動向を述べる。次に、開発品の性能を示し、社会的ニーズへの適合性について考察する。さらに、建材全般の今後の展望について総合的に考察した結果を述べる。

## 2. 建材用表面処理鋼板の技術動向と開発

### 2.1 クロメートフリー技術動向

薄板建材の素材となる鋼板に関しては、近年 JIS<sup>1)</sup> にも導入されたクロメートフリー技術が、リサイクル性も含めた環境対応技術という点で最近の表面処理技術での主流となっている。そこで本節では、まず JFE 鋼板のクロメートフリー技術の概要を述べる。

#### 2.1.1 JFE 鋼板のクロメートフリー技術開発

開発したクロメートフリー鋼板の塗膜断面構成および主な要求特性を図 1 に示す。塗膜は、高耐食性を示す溶融 Zn-55% Al めっき鋼板<sup>2)</sup> の表面に施されたクロメートフリーの化成処理皮膜および下塗り塗膜、さらに上塗り塗膜から構成される。

クロメート系防錆技術の代替として、①自己修復機能による防食、②安定生成物形成による腐食反応の抑制、③腐食因子のバリアー性強化、④下地めっきとの密着性強化、の観点から防錆設計した。さらに、独自の樹脂技術導入により、加工部の耐食性をより強化する技術を確立した。

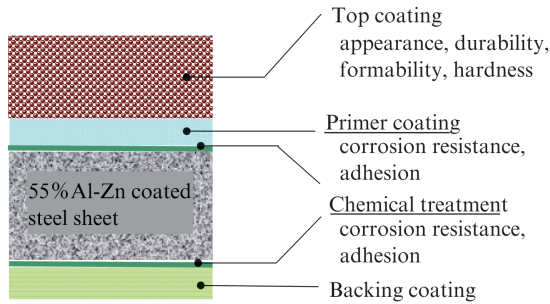


図1 開発したクロメートフリー鋼板の塗膜断面構造  
Fig. 1 Cross-sectional coating structure of developed chromate-free coated steel sheet

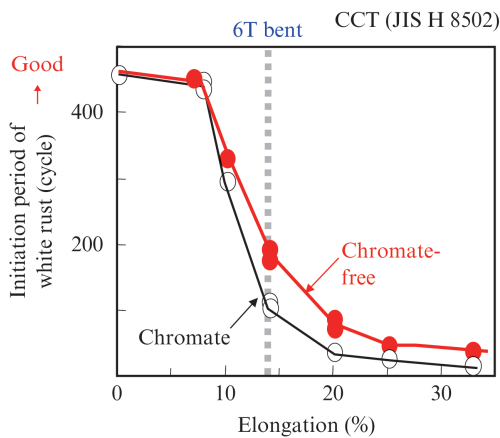


図2 開発したクロメートフリー鋼板の耐食性  
Fig. 2 Corrosion resistance of developed chromate-free coated steel sheet

図2に、曲げ加工時における伸び率と白錆発生時間との関係を示す。JIS H 8502 に示されたサイクルの複合サイクル腐食試験 (CCT) で耐食性を調査した。建材の平均的な曲げ加工度である伸び歪率約14% (6T相当) で比較すると、開発材の白錆発生時間は従来のクロメート系カラー鋼板の約1.2~1.5倍長くなった。

また、開発したクロメートフリー鋼板は、耐疵付き性、耐候性、耐酸性雨性などにも優れた性能を示す。

## 2.2 クロメートフリー技術を応用した高機能商品の技術動向

前節で述べたクロメートフリー技術を基に、現在社会的ニーズから建材用表面処理鋼板に求められている性能を付与した商品について詳述する。

まず、環境対応、メンテナンスフリーという観点で、耐久性、防汚性に優れた高耐久防汚フッ素クロメートフリー鋼板について述べる。次に、快適性の追求という点で成形後の商品に立体感を付与する高意匠クロメートフリー鋼板を紹介する。さらに、快適性の追及、メンテナンスフリーという観点で抗菌・防カビ性を有する高機能クロメートフリー鋼板

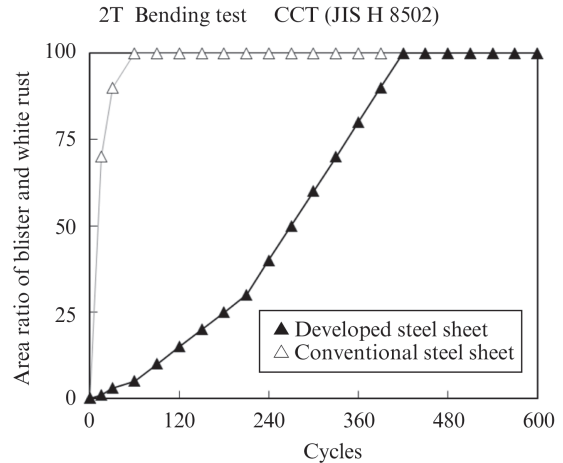


図3 高耐久性防汚フッ素クロメートフリー鋼板 (開発材) の耐食性

Fig. 3 Corrosion resistance of developed waterproof fluorocarbon resin top-coated steel sheet

について述べる。本節では、これら商品の性能を示し、社会的ニーズへの適合性について考える。

### 2.2.1 高耐久防汚フッ素クロメートフリー鋼板

高い耐久性と優れた防汚性を兼備した高耐久防汚フッ素クロメートフリーカラー鋼板を開発した。

図3に、厳しい曲げ加工に相当する伸び歪率33% (2T相当) 相当部位の耐食性を、CCT (JIS H 8502) で調査したときの試験サイクル数と塗膜ふくれ・白錆発生面積率との関係を示す。

開発材は、同一サイクルでの比較で従来材より良好な耐食性を示した。開発材のめっきにはZn-55% Alめっき層を熱処理により軟質化しためっき鋼板<sup>3)</sup>を採用しており、加工部の耐クラック性改善が耐食性の向上に寄与している。

写真1には、千葉で30日間暴露した開発材と従来材の外観写真を示す。サンプルの上部に波板を配し、雨水が同じ位置を流れるようにして防汚性を調査した。従来材には、雨筋による明瞭な汚染が見られるのに対し、開発材の汚染はわずかであった。

従来技術ではフッ素鋼板の耐候性、耐食性、耐薬品性と防汚性との両立は困難であった。今回、フッ素塗膜表面への親水性付与により防汚性向上が可能となった。

また、本開発により海岸線から500m以遠の加工部を含めた長期保証が実現可能となった。

### 2.2.2 高意匠クロメートフリー鋼板

外壁素材である金属サイディングの特徴の一つとして多様な柄の鋼板の使用による美観性、意匠性の付与があり、これまで木調、塗り壁調、レンガ、石、メタル調などの柄を有する材料が開発されてきた<sup>4)</sup>。今回、成形後に立体感、高級感のある成形品を提供することを目的とし、見る角度によって色調が変化する意匠性の高いクロメートフリー鋼板を開発した。

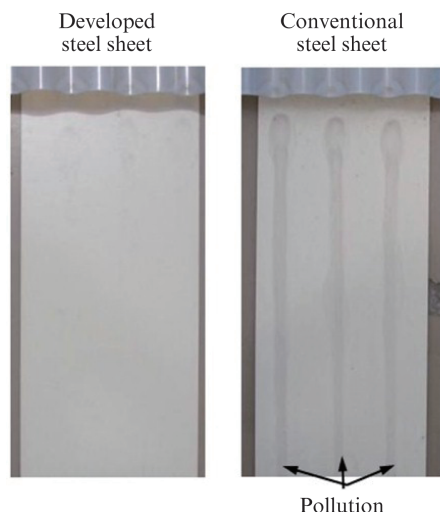


写真1 高耐久性防汚フッ素クロメートフリー鋼板（開発材）の防汚性（千葉 30日間暴露）

Photo 1 Anti-fouling property of developed waterproof fluorocarbon resin top-coated steel sheet (Exposure test for 30 days in Chiba)

表1 マルチアングル色差計で測定した色差

Table 1 Color difference measured by multi-angle color-difference meter

Angle (degree)	Developed steel		Conventional steel	
	0°	70°	0°	70°
L value	26.0	26.0	11.0	13.7
a value	-9.5	-4.9	-5.2	-1.1
b value	3.5	-18.8	0.6	0.0

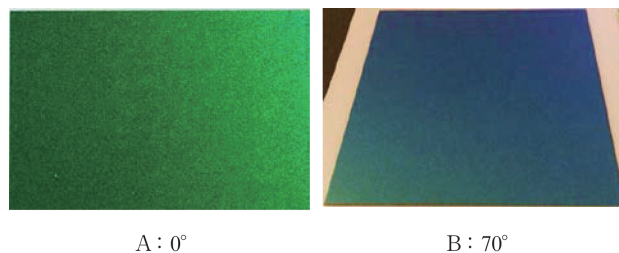
表1に、マルチアングル色差計で測定した受光角度0°、70°における開発材の色差を示す。従来のカラー鋼板のa値、b値は受光角度によってほとんど変化しないのに対して、開発材のa値、b値は受光角度によって変化した。開発材の真上に光源を置き、開発材を真上から撮影した場合（受光角度0°）と斜めから撮影した場合（受光角度70°）の外観を写真2に示す。見る角度によって開発材の色調は大きく変化した。

本商品は不燃材料 NM-8697 として登録済みであり、洗練された高意匠建築材料として壁、屋根に今後の普及が期待される。

### 2.2.3 抗菌・防カビ性クロメートフリー鋼板

光触媒を利用した抗菌・防カビ性を有するクロメートフリー鋼板「オプトクリーン®」を TOTO（株）と JFE 鋼板の技術を利用して開発した。

JIS Z 2801, JIS R 1702 に準拠した方法で開発材の大腸菌の死滅効果を調査した。図4に、紫外線蛍光ランプの照射時間と大腸菌の生菌数との関係を示す。照射8時間後、通常のカラー鋼板では生菌数が1/10にも減らず、その後照射時間が増加しても生菌数は減少しなかった。これに対して、照射8時間後、開発材では生菌数が1/1000以下に減少し、図中点線で示した JIS R 1702 の効果基準値以下となった。さ



A: 0° B: 70°

写真2 開発材の外観写真

Photo 2 Appearances of developed steel

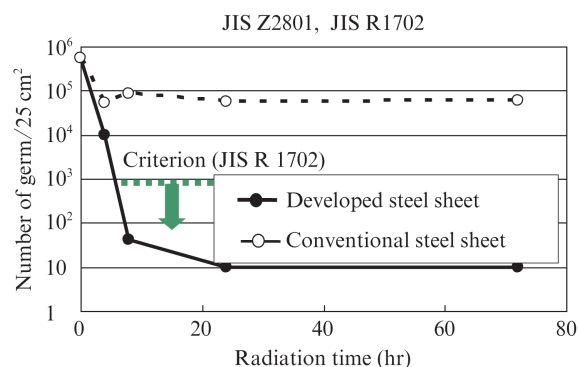


図4 「オプトクリーン®」（開発材）の滅菌効果

Fig. 4 Effect of “Optclean” on sterilization

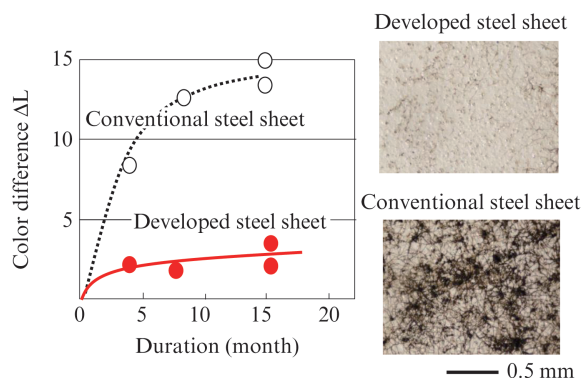


図5 「オプトクリーン®」（開発材）の黒カビ発生抑制効果

Fig. 5 Effect of “Optclean” on restricting the occurrence of Cladosporium

らに、照射24時間後では生菌がほとんど認められなかった。

開発材の屋外での防カビ性をアルコール貯蔵施設で調査した。図5には、黒カビ発生の指標として色差の経時変化を調査した結果を示す。通常のカラー鋼板では、色差は試験期間が長くなるに従い増加した。15ヶ月後、図中に示す光学顕微鏡写真のように黒カビの発生は顕著となり、色差はΔLで約15になった。一方、開発材の場合、15ヶ月後も黒カビの発生は軽微で、色差もΔLで約3と現行のカラー鋼板の1/5程度になっており、顕著な黒カビ発生抑制効果が認められた。本開発品の防カビ性により、施設の清掃回数削減などの効果が期待できる。

また、開発品は、超親水性のために優れた防汚性を示す。さらに、加工時に優れた潤滑性、耐かじり性を示す。

### 3. 薄板建材の技術動向と開発

#### 3.1 防災・減災に対する技術動向

1995年の兵庫県南部地震や2011年の東北地方太平洋沖地震では、地震後の火災も含めて多くの建物が倒壊・焼失している。今後も震度7級の大地震が想定されており、建築物には高い耐震性や防耐火性が求められる。また、近年の台風の大型化やゲリラ豪雨・竜巻の多頻度化など、これまで以上の耐風圧性や防水性も求められる。

軽量かつ不燃材料である金属外装材の適用が建築物の耐震性や防耐火性の向上に寄与することは広く認知されてきた。また、耐風圧性や防水性に関して新しい薄板建材が開発されており、以下ではその事例を紹介する。

##### 3.1.1 ロック式高強度折板「タイトロック<sup>®</sup>500」

個別配送需要拡大などに対応して大型物流施設の建設が旺盛であり、当該建築物の屋根として金属折板の需要も拡大している。そこで、高い耐風圧性能を有する施工性の良い折板として、ロック式高強度折板「タイトロック<sup>®</sup>500」を開発した。図6にタイトロック500の構造概要を示す。アゴ付折板と強固なタイトフレームが嵌合（ロック）することで高い耐風圧性能を実現しており、動風圧試験では従来の角はげ折板（ $t=0.8\text{ mm}$ ）の剥がれ荷重3900 Paに対して同厚のタイトロック500では試験機能力上限の9000 Paでも破壊しなかった。

##### 3.1.2 超耐久性 TPO フィルムラミネート鋼板「エコラミ<sup>®</sup>」

防水工法に占めるシート防水の比率は25%程度と推察され、屋根や屋上には15百万 $\text{m}^2$ /年程度が使われている。従来は、ピンホールや強風によるシートの剥がれや破損などによる漏水も発生することがあった。そこで、防水工法に用いる鋼板として、「JFE エコガル<sup>®</sup>」にTPO フィルムをラミネートした「エコラミ<sup>®</sup>」を開発した。

図7にエコラミによる防水層の模式図を示す。表層のTPO（Thermoplastic polyolefin elastomer：熱可塑性ポリオレフィン）フィルムと同質素材のTPOシートを高温熱風により溶着することで一体化している。TPOフィルムは、耐候性、耐薬品性、加工性に優れ、フィルムが200 $\mu\text{m}$ 以上の厚膜のため耐久性にも優れる。また、TPOフィルムと鋼板が一体化していることから、耐風圧強度も高い。さらに、国

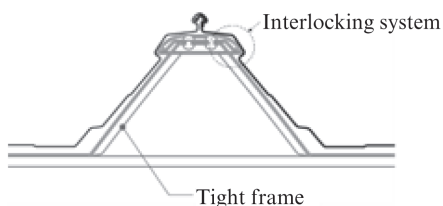


図6 「タイトロック<sup>®</sup>500」の構造概要

Fig. 6 Details of folded sheet roof "TIGHTLOCK 500"

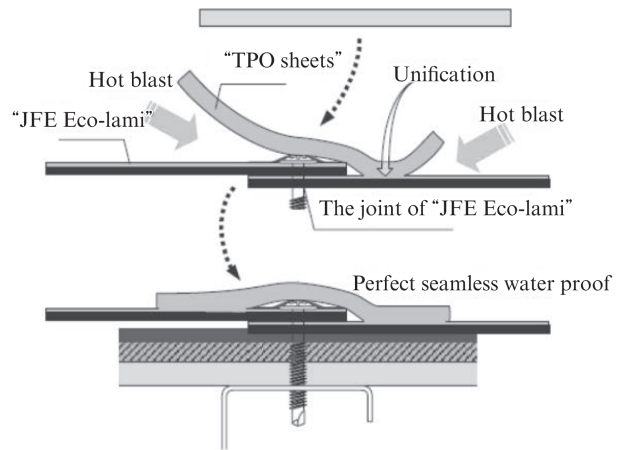


図7 「エコラミ<sup>®</sup>」による防水層

Fig. 7 Details of seamless water proof with "Eco-lami"

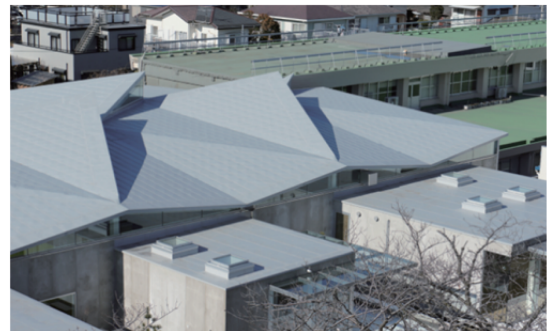


写真3 「エコラミ<sup>®</sup>」の施工事例

Photo 3 Construction example of "Eco-lami"

土交通省の不燃材料認定（認定番号：NE-0022）も取得している。写真3にエコラミの実施例を示す。

#### 3.2 改修市場における技術動向

高度経済成長以降に建設された数多くの工場や倉庫などの産業用施設が建築後50年以上経過して老朽化し、改修ニーズが高まっている。これら産業用施設は稼働しながらの改修が望まれているため、屋根については、既設屋根の上を新設の屋根で覆うカバー工法が一般的に行われている。

低層住宅では化粧スレート屋根の金属屋根によるカバー改修は従前より広く行われており、JFE 鋼板においても「柎目 FLeX<sup>®</sup>」という意匠性を考慮した定尺横葺屋根材を開発している。以下では非住宅建築物を対象にした改修用金属屋根の事例を紹介する。

##### 3.2.1 波形スレート改修屋根「スレートカバー780<sup>®</sup>」, 「スレートカバー650<sup>®</sup>」

昭和初期から主に工場、倉庫の屋根として多用されていた波形スレートは10億 $\text{m}^2$ を大幅に上回る屋根に使用されており<sup>5)</sup>、80万 $\text{m}^2$ /年以上の改修市場が見込まれる。また、アスベスト含有のスレートの産業廃棄物としての処理の問題も、カバー工法の需要を高めている<sup>6)</sup>。一方、環境面から

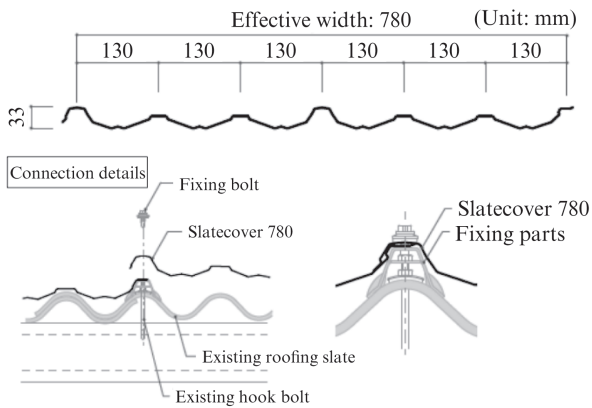


図8 「スレートカバー 780<sup>®</sup>」の構造概要  
Fig. 8 Details of "SLATECOVER780"

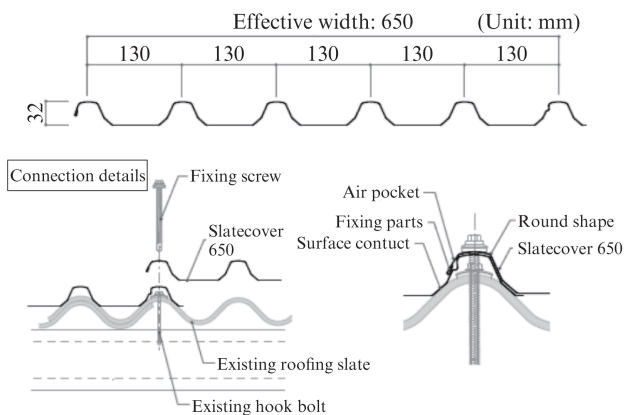


図9 「スレートカバー 650<sup>®</sup>」の構造概要  
Fig. 9 Details of "SLATECOVER650"

は施工時にスレートの粉塵の出ない工法が求められている。このような背景から、間接固定工法における経済性を追求した「スレートカバー 780<sup>®</sup>」と、直接固定工法における施工性改善を迫及した「スレートカバー 650<sup>®</sup>」を開発した。

スレートカバー 780 は、図8に示すように既存スレートを止め付けている既存フックボルトに専用固定金具を取り付けて固定する金属屋根である。原板幅は従来品と同じ914 mmのままだが、固定部以外の山高さを低くする一方、面外剛性・耐力確保のために低山部にリブ加工を行い補強することにより働き幅を780 mmに拡大している。この働き幅の拡大と専用固定金具の採用により、従来の間接固定工法と比較して作業効率が20%以上向上した。また、間接固定工法なので施工時に粉塵の出ない環境配慮型の商品となっている。

スレートカバー 650 は、図9に示すようにスレート形状に沿った斜辺を設けることで、足踏み力だけで鋼板屋根がスレートに沿って弾性変形して馴染み、既存スレート屋根のずれの調整を容易にできるような工夫した。また、鋼板同士の重なり部にエアポケットを設けることで毛細管現象による雨水の浸入を防ぐとともに、頂部のR構造によりネジ締め部



写真4 「スレートカバー 650<sup>®</sup>」の改修事例  
Photo 4 Construction example of "SLATECOVER650"

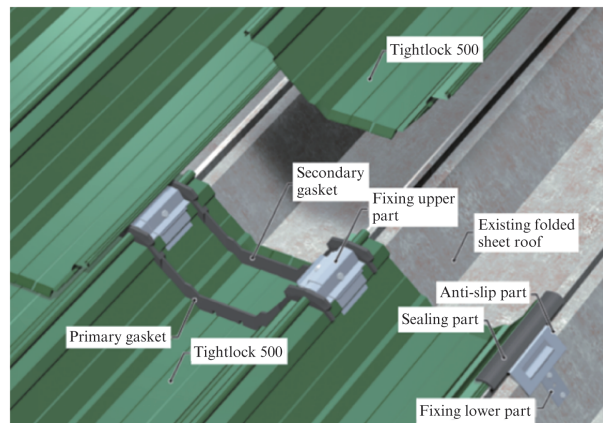


図10 「だんだん<sup>®</sup>」の構造概要  
Fig. 10 Details of "DANDAN"

の凹みをなくして雨水が溜まりにくくし、止水性の向上を図っている。写真4にスレート屋根の改修事例を示す。

### 3.2.2 折板屋根改修短尺継手工法「だんだん<sup>®</sup>」

折板屋根改修に際し、建設地の都市化により長尺折板や大型成形機の現地搬入が困難なため、運搬可能な短尺折板を屋根上で縦継ぎする工法が求められた。

図10に示すように、既存折板に取り付ける下金具と縦継ぎのための上金具、止水用のガスケットから構成される折板屋根改修短尺継手工法「だんだん<sup>®</sup>」を開発した。カバー用の折板は前述のタイトロック500を使用し、縦継ぎにおいてもタイトロック500と同等以上の耐風圧性を確保している。また、浸入水の抑制・排出用および気密用の高耐久ガスケットを設けたオープンジョイント工法の採用により高い水密性を発揮する。

## 3.3 少子高齢化対策としての技術動向

少子高齢化の進展により熟練技能者が減っていくなかで、施工の簡易化により作業工数を削減し、経験年数の少ない技能者でも施工できる商品・工法の開発が望まれている。

以下では特に現場施工の簡易化を図った商品事例を紹介する。

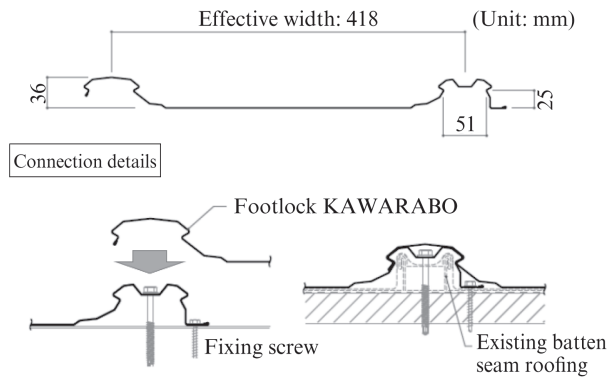


図 11 「フットロック®瓦棒」の構造概要  
Fig. 11 Details of "FOOTLOCK KAWARABO"

### 3.3.1 嵌合式 1 ピース屋根「フットロック®瓦棒」

現場施工の簡易化を達成するために、足で踏み込むだけで施工できる完全嵌合式の金属屋根の商品化を進めてきた。2010 年には働き幅 600 mm の完全嵌合式折板「フットロック®600」を商品化した。今回、既存の瓦棒葺屋根や立平葺屋根の改修にも適した完全嵌合式金属屋根「フットロック®瓦棒」を開発した。図 11 に示すように、フットロック瓦棒は、従来、本体・吊子・キャップの 3 ピース構造であった瓦棒屋根を 1 ピース構造にしたものである。しかも、施工現場では足踏みによる嵌合としたことにより、熟練技能が不要である。

### 3.3.2 システム鉄骨「フレームキット®」

3 層までの低層建築用に開発されたシステム鉄骨「フレームキット®」は、図 12 に示すように加工工場で作られた鉄骨部材を建設現場で溶接を用いることなくボルト締めだけで組み立てることが可能である。

溶接工などの熟練技能者が不要なこと、各部材が比較的軽量のため大型重機が入れない都市部狭隘地でも施工ができること、独自の耐火構造により認定を取得しているため耐火被覆が不要なことなどが評価され、近年、首都圏において低層賃貸住宅用の躯体として採用が伸びている。また、賃貸住宅以外にも高齢者用施設、店舗、保育園など、新たな施設用途向けにも採用が広がってきた。

## 4. まとめと今後の展望

近年開発された表面処理鋼板および薄板建材について、技術動向および商品性能を中心に述べた。開発商品は、本報で示した性能および特徴から、いずれも今日薄板建材に求められている社会的ニーズを満足する商品であると考察できる。

今後の展望として、地球環境に優しいクロメートフリー鋼板は、JIS への導入にともない今後ますますその適用範囲が拡大するものと予想される。快適性の追及からさらなる高機能化を求められる商品についても、今後も防錆の基礎となる技術はクロメートフリー技術が中心になるとと思われる。

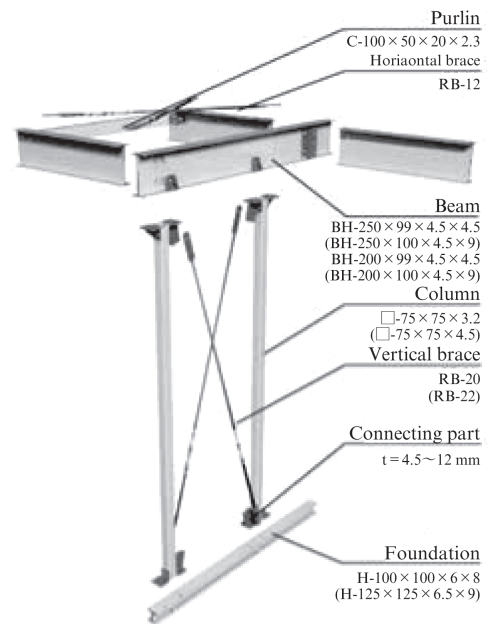


図 12 「フレームキット®」の構造  
Fig.12 Framing structure of "FRAME KIT"

一方、建材分野においては、建設業に従事する人手がますます少なくなることが予想されるため、現在より簡易な施工法の需要がさらに高まると考えられる。

また、建材技術全般については、高寿命、高機能な表面処理鋼板を使って施工性に優れた建材を適用するという、鋼板、建材の複合化の重要性が今後ますます高まっていくものと考えられる。

JFE 鋼板は、「1 棟まるごとスチール」の実現に向けて本報で開示した各種商品を社会に提供していく。

### 参考文献

- 1) 日本工業標準調査会 HP. JIS G3302, G3313, G3314, G3317, G3321, G3323, G3312, G3318, G3322.
- 2) 例えば D.J. Blickwede. 鉄と鋼. 1980, vol. 66, p. 821.
- 3) 吉田啓二, 大居利彦, 山下正明, 石川博司, 大熊俊之. 塗装工学. 2003, vol. 38, p. 192.
- 4) 日本サイディング工業会 HP.
- 5) 石綿含有建築材料廃棄物量の予測量調査結果報告書. 一般社団法人日本石綿協会環境安全衛生委員会. 2003 年 12 月 1 日.
- 6) 金属の屋根と外壁. 一般社団法人日本金属屋根協会 技術委員会.



飛山 洋一



藤澤 一善