

(技術資料)

環境配慮型化粧鋼板「エコスチール[®]」の特性

山本哲也*・有村光史*・中元忠繁*・斉藤隆司**

*鉄鋼部門・加古川製鉄所・技術研究センター **鉄鋼部門・薄板商品技術部

ECOSTEEL[®] (Human-and-earth-friendly Laminated Steel Sheet) Properties

Tetsuya Yamamoto・Mitsushi Arimura・Tadashige Nakamoto・Takashi Saito

ECOSTEEL is a well-designed, paper-laminated steel sheet that generates very little hydrogen chloride gas (even when set alight) and diffuses no formaldehyde (the cause of sick-house syndrome). ECOSTEEL exhibits excellent pollution resistance, chemical resistance, and wear-and-tear resistance. Moreover, it can be bent and folded into all kinds of desirable shapes owing to its special adhesion properties. ECOSTEEL has proven effective in partition walls, and other uses are expected to follow.

まえばき = 近年、環境に配慮する意識が社会的に浸透し、リサイクルに適した材料あるいは環境負荷物質を含まない製品が消費者から求められている。内装建材用ラミネート材の分野においては、塩化ビニル樹脂（以下、塩ビと略す）をラミネートした塩ビ鋼板、あるいは合板に化粧シートを後貼りした化粧合板が長年使用されてきた。

塩ビ鋼板は耐久性をはじめとして品質面で優れた素材であるが、焼却時に塩化水素ガスやダイオキシン類（800以下の場合¹⁾）などの有毒ガスを発生するためリサイクルが困難である。塩ビ樹脂の可塑剤として添加されているフタル酸ジエチルヘキシルが環境ホルモン（外因性内分泌攪乱化学物質）の疑いがあるなどの問題が指摘されている。

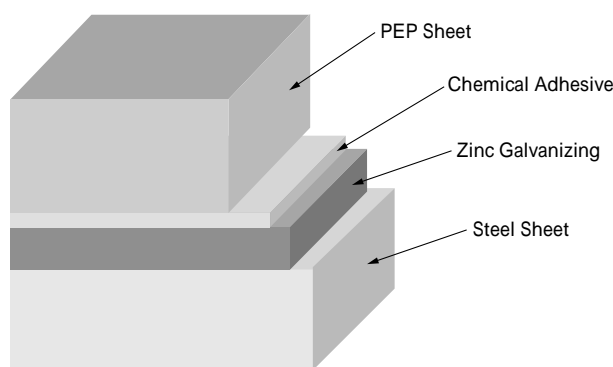
また、化粧合板は、化粧シートの大半が塩ビであることに加え、シートを貼り付ける接着剤にホルムアルデヒドを含むことがあり、シックハウス症候群の原因となっている。

このような課題を解決するために脱塩ビのニーズが顕在化しており、塩ビ代替の取組みがなされている。代替フィルムとしては、たとえばポリオレフィン、ポリスチレン、ポリエステル、ポリカーボネイト、ポリアクリルなどが検討され、一部では実用化されている。

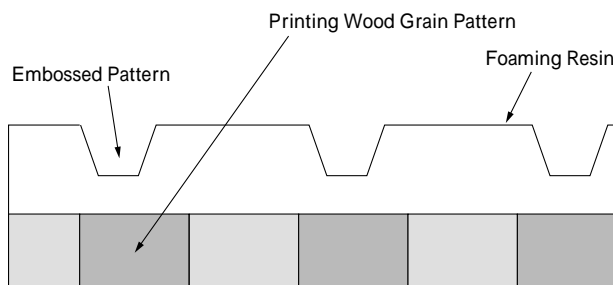
当社では、環境にも人にも優しいというコンセプトからラミネートフィルムとして紙に着目し、段谷産業株式会社、三井物産株式会社、三井物産鉄鋼建材株式会社、および東京カラグラフィ工業株式会社と共同で、鋼板に紙をラミネートした環境配慮型化粧鋼板「エコスチール (ECOSTEEL)」を開発した。本稿では、エコスチールの各種特性、および適用事例の一部を紹介する。

1. エコスチールの皮膜構成

エコスチールは亜鉛めっき鋼板の表面に化粧紙「PEP」シートを特殊な接着剤でラミネートした化粧鋼板である（第1図）。PEPシートとは段谷産業株式会社が開発した化粧紙で、パルプ繊維を主原料とし、表層をウレタン樹脂でコートしている。PEPシートは高度な印刷技術に加えて、木目調模様では、木目の導管印刷部とエンボ



第1図 エコスチールの皮膜構成
Fig. 1 Surface layer composition of ECOSTEEL



第2図 PEPシートの断面図
Fig. 2 Cross section of PEP sheet

スが一貫しているため、天然木に近い質感をえることができる（第2図）。鋼板と高機能化粧紙 PEP を組み合わせることで、木製家具の高級感と鋼製建具の強靭さを兼備している。

2. 技術的特徴

- エコスチールの技術的特徴として、
- 焼却処理時に有毒ガスがほとんど発生しない（耐火性、リサイクル性に優れる）
- シックハウス症候群の原因物質であるホルムアルデヒドの発生がない（安全性に優れる）
- 意匠性、耐汚染性、耐摩耗性に優れる
- 曲げ加工が可能
- などが挙げられる。これらの優れた特徴について、以下

に具体的に述べる。

2.1 耐火性

内装用建材では、耐火性が重要な性能として位置づけられている。エコスチールが万一の火災時に炎に曝された場合を想定して、自消性試験および燃焼時に発生するガス成分の分析を実施した。また、比較材として塩ビ鋼板をもちいた。

2.1.1 試験方法

自消性の評価は JIS K 6744 に規定された方法に準じて試験をおこなった。10 × 150mm の試験片端部をバーナーで 20 秒間加熱した後、炎を取り去ってただちに消炎するかどうかを調べた。

また、第 3 図に示す装置をもちいて燃焼実験をおこなった。供試サンプルは管状炉で室温から 700 まで空気雰囲気下で燃焼させた。発生したガスは、氷水で冷却したトラップ管を通過させた後、テドラーバックにて採取した。冷却管にトラップされた液体およびバック内の採取ガスは、ガスクロマトグラフ質量分析計にて構成成分の同定をおこない、同定された成分(塩化水素を除く)はさらに定量分析を実施した。また、塩化水素はイオンクロマトグラフ法にて定量した。

2.1.2 耐火性試験結果

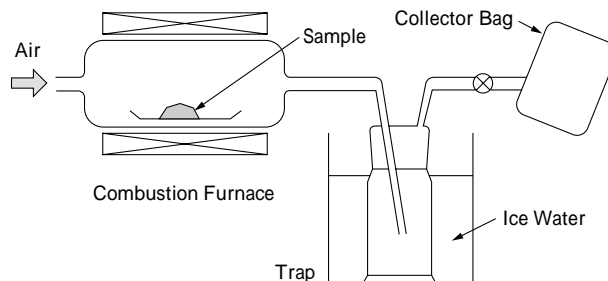
エコスチール、塩ビ鋼板とも炎を取り去ってから 1 秒以内に消炎し、いずれの材料も優れた自消性を示した。また、燃焼時の挙動を目視で観察したところ、エコスチールは煙の発生はほとんど認められなかった。いっぽう塩ビ鋼板では黒煙を発生し、わずかな刺激臭が感じられた。

次に燃焼試験でのエコスチール、塩ビ鋼板の燃焼ガス成分と発生量を第 1 表に示す。エコスチールでは、PEP および接着剤に由来すると思われる炭化水素化合物が燃焼ガス中に含まれていた。塩素化合物は検出限界以下であった。いっぽう、塩ビ鋼板ではエコスチールの 40 倍以上の炭化水素化合物、また塩化水素は 30 000 倍以上が燃焼ガス中に含まれていた。以上により塩ビ鋼板の自消性試験で見られた黒煙は塩ビ樹脂の不完全燃焼による炭化物で、刺激臭は塩化水素によるものであると推定される。

これらの結果より、エコスチールは耐火性に優れ、万一の火災時でも有毒ガスの発生量はきわめて少ないといえる。また、リサイクルに関しても、塩化水素による各種装置への悪影響を考慮する必要がないため、通常のア鉛めっき鋼板と同様のプロセスで再資源化が可能である。

2.2 安全性

内装材用合板の接着剤にはホルムアルデヒドが原料として含まれることがあり、住宅などに施工されてからホルムアルデヒドが室内に拡散して、刺激や不快感などいわゆるハウスシック症候群として人体へ悪影響を及ぼすことが判明している。このため厚生省からもホルムアルデヒドの室内濃度の指針値が提案されている²⁾。また JIS や JAS 規格でも内装用建材についてホルムアルデヒドの放散量の基準が定められている。そこでエコスチールのホルムアルデヒドの放出量について調査した。



第 3 図 燃焼実験装置の概略図

Fig. 3 Scheme of combustion apparatus

第 1 表 エコスチールと塩ビ鋼板の燃焼ガスの定量分析結果

Table 1 Result of quantitative analysis of gas in combustion of ECOSTEEL and Poly (vinyl chloride) layer laminated steel sheet

Compound $\mu\text{g/g}$		ECOSTEEL	Poly (vinyl chloride) Layer Laminated Steel Sheet
Hydrocarbon Compound	Butene	< 100*	35 000
	Benzene	300	5 000
	Toluene	500	2 500
	Styrene	100	4 000
Chlorine Compound	1-chloro Butanone	< 100*	600
	Vinyl Chloride Monomer	< 100*	600
	Hydrogen Chloride	< 10*	300 000

*Under identification limit

第 2 表 エコスチールのホルムアルデヒド放散量

Table 2 Formaldehyde Quantity of ECOSTEEL in diffusion examination

Diffusion Quantity mg/l	Grade
< 0.10 ¹⁾	F ₀ (JIS ²⁾ E ₀ (JAS ³⁾

*1 Under identification limit

*2 Japan industrial standards

*3 Japan agricultural standards

2.2.1 試験方法

JIS A 6921 および JAS 普通合板に規定された方法に準じて試験をおこなった。水を張ったデシケータ内に 900 cm² 相当のエコスチールを入れ、25 °C で 24 時間放置後に水中に溶解したホルムアルデヒドを定量し、放散量として算出した。

2.2.2 安全性試験結果

エコスチールのホルムアルデヒド放散量を第 2 表に示す。放散量は検出限界の 0.1mg/l 未満であり、これは JIS 規格あるいは JAS 規格でもっとも放散量の少ない等級である F₀ 等級、E₀ 等級に相当する。すなわちエコスチールは、気密性の高い最近の建築物でも特別な配慮をせずに使用できる安全な内装用建材といえる。

2.3 耐汚染性

内装建材は住宅などに施工された後にそこで営まれる人間の活動によって化学的・物理的なダメージを受ける。このようなダメージに対して初期性能、とくに意匠性を失わないことが必要とされている。そこで、化学的ダメージとしてはさまざまな物質による汚染を、また、物理的ダメージとしては摩耗を想定し、エコスチールの耐汚染性、耐薬品性および耐摩耗性について評価した。

2.3.1 試験方法

耐汚染性は、JIS K 6902 に規定された方法にて評価した。耐薬品性は、JIS K 6744 に規定された薬品に常温で

第3表 エコスチールの耐汚染性

Table 3 Pollution resistance of ECOSTEEL

Pollutant	Grade*
Tea	5
Coffee	5
Milk	5
Vineger	5
10% Citric Acid	5
Marker (red)	5
Marker (blue)	5
Marker (black)	5
Ink (blue)	5
Soy	5

* Grade : 5 (Superior) 1 (Inferior)

5時間浸漬した後の表面状態の変化により評価した。耐摩耗性はテーバー式摩耗試験機(摩耗輪CS-10)をもちいて荷重1kg、100回転の条件で評価した。

2.3.2 耐汚染性試験結果

耐汚染性と耐薬品性の評価結果を第3表と第4表に示す。試験に使用したすべての汚染物質は容易に拭き取ることが可能で、かつ拭き取り後の表面には色つやの変化は認められなかった。また、各種薬品に浸漬しても表面性状に変化は見られなかった。

次に耐摩耗性の評価結果を第5表に示す。摩耗量はごくわずかで、試験後の表面性状もほとんど変化が見られなかった(写真1)。

これらの結果より、エコスチールは耐汚染性、耐薬品性や耐摩耗性に優れていることが確認された。実使用において長期間その意匠性を維持できる内装建材であるといえる。

2.4 加工性

これまで述べてきたエコスチールの特性はラミネートしている化粧紙PEPの性能に依存している。エコスチールのもう一つの特徴は、塩ビ鋼板と同様に曲げ加工が可能であることである。

PEPは木製建具分野で使用実績があるが、製造方法は加工された合板に手作業または自動ラインでPEPをラッピング(後貼り)するというものであった。そのため多大な手間が必要であり、コスト高の要因となっていた。また、間仕切りのような大面積の平面部がある製品では、接着剤の塗布ムラなどでフィルム平面の均一性がえられにくく意匠性が劣ってしまうという問題があった。

エコスチールはロールコートで塗布された接着剤にラミネータをもちいて機械的にPEPを貼り付けるため、優れた均一性をえることができる。さらにエコスチールはシートから所望の製品の形状に曲げ加工することが可能であり、後貼りと比較して平面の美観さと工程の簡略化が期待できる。

エコスチールは特殊な接着剤を適用することにより曲げ加工を可能にしている。エコスチールで採用している紙は、塩ビなどの樹脂フィルムにくらべ延性が乏しい。そのため、市販の接着剤をもちいると、曲げ加工部にお

第4表 エコスチールの耐薬品性

Table 4 Chemical resistance of ECOSTEEL

Chemicals	Result*1
10% Hydrochloric Acid	*2
Saturated Calcium Hydroxide	
10% Sulphuric Acid	
Kerosene	
Ethanol	

*1 After 5h dipping at 20

*2 No discoloration, no deterioration and no surface change

第5表 エコスチールの耐摩耗性

Table 5 Wear-and-tear resistance of ECOSTEEL

Weight Decrease g
<0.005*

* After 100 revolution (load : 1kg)

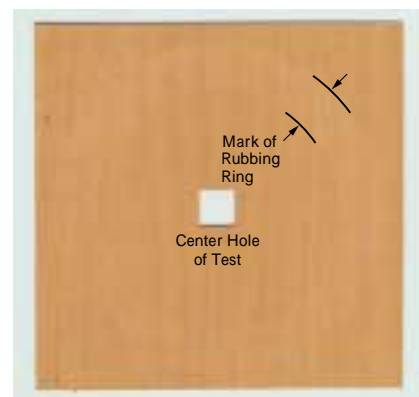
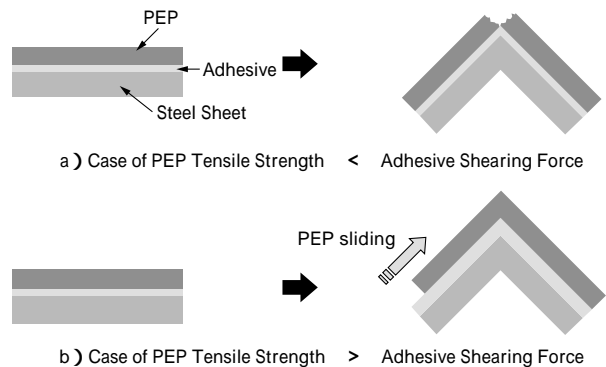


写真1 摩耗試験後のエコスチール表面
Photo 1 Surface of ECOSTEEL after rubbing test



第4図 エコスチールの加工プロセスにおける紙ずれ挙動

Fig. 4 Scheme of PEP sliding during forming process of ECOSTEEL

いて鋼板の伸びに紙が追従できず破れを発生する(第4図a)参照)。紙破れを回避するには紙の延性を高めることが考えられるが、単純な計算で23%の伸び率(鋼板厚み:0.6mm、曲げ半径R:1.0mmの場合)が必要であり、一般の印刷紙では適用が困難である。

そこで紙の延性不足による紙破れを防ぐために、接着剤の変形を利用して紙を「ずらす」という方法を検討した(第4図b)参照)。

曲げ加工時に紙をずらすためには接着剤の物性がきわ



写真2 ロッカーへの適用例
Photo 2 Application of ECOSTEEL to locker

めて重要である。第一に、接着剤が適正なせん断抵抗を有することが必要である。もし、接着剤のせん断抵抗が大きすぎれば、紙はずれることなく破断する。また、せん断抵抗が小さすぎれば、紙はずれることはできるが耐久性が低下し、紙剥離などの不良を発生する。第二に、紙および鋼板との界面での接着力を紙ずれ発生後も十分に保つことが必要である。当社では樹脂メーカーとの共同開発により、エコスチールに適した接着剤の特性を見出し、実用化することに成功した。

3. 適用事例

エコスチールをロッカーとクローゼットに加工した例を写真2、写真3に示す。エコスチールは塩ビ鋼板と同様に曲げ加工が可能であるため、さまざまな製品に適用できる。コクヨ株式会社の「プランナーウォール21」シリーズ(間仕切り)に採用され、販売実績を伸ばしてい



写真3 クローゼットへの適用例
Photo 3 Application of ECOSTEEL to closet

る。

むすび=今後、工業製品の環境の観点からの評価はますます重要になってくると思われる。エコスチールは環境にも人にも優しい環境配慮型化粧鋼板である。さらに、曲げ加工が可能のため、さまざまな製品にも適用できる。エコスチールの優れた特性を活用して、さらなる用途拡大を目指してゆく。

参考文献

- 1) 古閉俊通ほか: プラスティック, Vol.50, No.1 (1999) p.30.
- 2) 厚生省報道発表資料: 「快適で健康的な住宅に関する検討会議」(1997).