- 2) ゴム・エラストマー研究会編：ゴム・エラストマー活用ノート，工業調査会，東京（1985）.
- 3) 日本複合材料学会編：エラストマー系複合材料を知る事典，アグネ承風社，東京（1988），付表 1.
- 4) 福原節雄：ゴム用繊維「ポリマーの友」，19(11)～22(1)，大成社（1982.11-1985.1）.
- 5) 赤坂 隆：日本ゴム協会誌，44，3（1971），95.
- 6) 日本複合材料学会編：エラストマー系複合材料を知る事典，アグネ承風社，東京（1988），pp. 92, 98, 103.
- 7) 服部六郎：タイヤの話，大成社，東京（1986）.
- 8) ㈱ブリヂストン：ACFAS 技術資料（1987）.

解 説

《ユーザーが複合材料に期待するもの》

車両—I. 鉄道車両

岡 崎 正 人*

1. は じ め に

現在の鉄道車両には，構造材料から内装材料にいたるまで，実に多彩な材料が使用されている．現在使われている複合材料が鉄道車両において日常的に使用されるようになったのは，アルミベースのメラミン樹脂積層化粧板が内装材として使用されたことに始まると思われる．

やがて，GFRP が，軽量で，比較的容易に一体成型により滑らかな曲面の形成ができること，一体化による部品点数の削減で組立ての容易化が図れること，および耐食性の向上が図れることなどの利点を生かして，内装材からタンク類にいたるまで鉄道車両に本格的に導入されることとなった．GFRP の導入と相前後して，各種のサンドイッチパネル類も仕切構造，ドア構造や床構造の軽量化，合理化を図るために導入されてきた．

現時点では，鉄道車両において複合材料は，構造部材を除いた内装部材への適用が主流となっているが，構成材料中で，その特性を生かして独自の位置を築いているといえよう．

以下，鉄道車両の製作に携わり，複合材料のユーザーである立場から，鉄道車両の車体における複合材料の現状を紹介し，今後の展開への期待を述べてみたい．

2. 鉄道車両における複合材料の現状について

現在の鉄道車両の車体における複合材料の適用状況をまとめてみると，次表に示すようになる．

* Masato OKAZAKI：㈱日立製作所笠戸工場車両設計部（744 下松市東豊井 794）

FRP では不飽和ポリエステル樹脂の GFRP が，比較的大きな寸法の部品の一体成形がハンドレイアップ法に

より容易にできる特徴を生かし、デザイン処理上で要求される滑らかな連続曲面形成部分をもつ内外装部品の構成材料として多用されている。とくにステンレス鋼製車等の先頭運転台の外装では、ステンレス鋼等の三次元曲面加工が難しい点を補うものとして一体成形した大型のGFRPが重用されている。また、一体化による部品点数の削減による組立作業の容易化の利点も同時に活用されている。

GFRPの鉄道車両への導入の初期段階においては、種類の内装方法や腰掛等の部品への応用が試みられた¹⁾。図1に一例を示すが、GFRPは他の熱可塑性プラスチック類と比較検討され、内外装材としてすぐれた特性をもつことが認識されてきた。すでに一部の車両では、従来の化粧板をアルミ型材の押え面で固定して取り付ける方式に代わり、室内内装をほとんどすべてGFRP化した例も現われている²⁾。

不燃性のGFRPが開発されたことも室内内装にGFRPの使用を拡大する要因の一つとなった。室内側窓の窓枠では、数量がまとまり、かつ高い寸法精度も必要とされるため、SMC成形法が採用されている。

トイレユニット、洗面台ユニットには、耐食性にすぐれている点を生かして、従来の骨組に化粧板を張る方式に代わり、ほぼ全面的にGFRP製のカプセルユニットが採用されるようになった。このカプセルユニット方式は、車体への艤装作業の容易化の面でも大きな効果をあげている。水タンクや汚物タンクにも軽量で耐食性のある材料としてGFRPが使用されている。

一方、サンドイッチパネルも剛性、断熱性などの高い機能を一体化してもっている利点を生かして、軽量化、部品点数の削減、組立ての容易化を図るために、内装材

料として活用されている。サンドイッチパネルの構成としては、表面板にアルミ板もしくはアルミベースのメラミン樹脂積層化粧板を使用し、芯材にはとくに強度仕様が厳密に規定され、軽量化も同時に要求される床板やドアではアルミハニカムを使用し、その他の仕切パネル等では硬質ウレタンフォーム等の発泡樹脂やペーパーハニカムを使用している。米国向けの輸出車両等では、芯材に合板を使用し、表面板をアルミ等の金属板とした構成のサンドイッチパネルが床板として多用されている。

また、化粧板はGFRPにより置き換えられたケースも多いが、全体的にみれば、まだ主流を占める内装材料の一つである。板厚の薄肉化などにより、軽量化のための工夫が重ねられて現在に至っている。

3. 今後の展開

いままでみてきたように、鉄道車両における複合材料はGFRPを中心として主として内外装材として活用されている。GFRPでは、ゲルコートや塗装を施した滑らかな一体成形の曲面を特徴とした使い方が多い。今後、世間一般の生活環境水準の高級化に伴い、鉄道車両の内装にも高級感が求められる傾向は強まろう。したがって、素材の変化を楽しむ等の要求から、単純な連続一体化成形曲面からの変化、脱皮を求められることになるだろう。

また、従来のハンドレイアップ法によるGFRPは、軽量化で限界にきているとみられるが、軽量化は今後の車両では、高速化、省エネ化のためいっそう要求が高まると予想され、寸法形状精度の向上とともに、今後のGFRPの課題となるであろう。

一方、鉄道車両の外装材料としては、デザインが多様化してゆく趨勢のなかで、GFRPはハンドレイアップ法で大型曲面部品が比較的容易にできる特徴を生かして各部に適用を拡大してゆく可能性がある。とくに、今後の車両の高速化に伴い、車体外表面に滑らかな曲面成形を必要とする部位がふえてくると考えられている。

サンドイッチパネル構造は、本方式による室内構造の合理化が実績を上げてきていることから、今後、さらに適用が拡大されよう。サンドイッチパネルの構成については、従来使われてきた芯材に加えて、使用目的に合わせて最適な特性を得るために、新しい芯材の導入が検討されることになろう。たとえば、軽量、高剛性で、制振性があり、断熱性、遮音性の高いパネル構成が種々検討されるだろう。

主構造材料への複合材料の適用は、今後の課題であるが、今後計画されてゆく高速車両では軽量、高剛性が必

図1 GFRPによる内装の一例

須条件となるであろうことから、この目的にかなった CFRP やアルミ系 FRM の導入の可能性も出てくると考えられる。

4. 複合材料への期待

鉄道車両に使用されてきた材料は、これまでの長い歴史の中で、選びぬかれてきたもので、しかるべき材料がしかるべき使用部位についている感がある。しかし、最近に至り、新材料の多彩な展開により、新材料の導入のサイクルが早まってきているようで、複合材料が大幅に進出してくる下地ができつつあると考えられる。

鉄道車両としての特性から、使用材料に要求される項目を列挙してみたものが下表である。

要求項目	材料特性
快適性——客室内環境	騒音低減——遮音 吸音 振動低減——制振 高剛性 空調——断熱性 デザイン——成形性 表面処理性
高速化	軽量化——低比重 乗り心地——高剛性
耐久性	耐食性 耐候性 母材強度 継手強度
耐火性	難（不）燃性 低発煙性
低コスト化	安価 組立性——寸法精度 溶接、接着性

このなかで、成形性や耐食性の要求に対しては、内外装材料として GFRP がよくこたえているといえる。ただ、前述したように、軽量化、表面処理、製作精度の要求水準の今後の高度化に対して、いっそうの工夫、改良を期待したい。

一方、現状の鉄道車両における複合材料の適用が GFRP などの非強度部材を中心としており、構造部材（強度保持部材）への導入があまり進んでいない点は、構造用複合材料の分野では、一部の例を除いて、上表の各項目の両立（とくに耐久性と低コスト化の）が難しいことを示している。要求される強度水準に適合した複合材料と、それと競合する金属材料との間には、現状はまだ上記の点で差があるように思われる。これからの車両

の要求仕様の高度化と、構造用複合材料における技術進歩により、この壁が克服されてゆくことを期待したい。

複合材料を使用した構造設計のためには、耐久性に関する信頼できるデータの蓄積が必要となる。すでに一部の試験的車両や、部分的な試作車体では、車体構造全体をサンドイッチパネルで構成したものも製作されており、種々のデータを提供している³⁾。また、前頭部構体に CFRP を使用した車両も製作されている⁴⁾。これらの先駆的な車両での経験、実績と、設計面での工夫、材料開発の進展があいまって、実用化に向けて前進してゆく考える。構造用の複合材料としては、軽量、高剛性が要求される点から、発泡樹脂、アルミハニカム、樹脂ハニカム等の芯材によるサンドイッチパネルや CFRP に加え、Al-SiC 等の FRM もやがて実用に至るものと期待している。

また、材料のユーザー側としては、制振、遮音、断熱、高剛性などの各種機能を合わせもった複合材料を鉄道車両のニーズに合わせ、強度部材、非強度部材をとわず、うまく活用する研究を、材料開発とマッチングしてより深めていく必要がある。今後の鉄道車両では各要求仕様の高度化に対して、各機能をまとめて一挙に解決できる複合材料への期待は大きい。とくに制振性など、鉄道車両としてこれから大いに活用すべき機能も多々あり、今後の材料開発動向には注目していきたい。

5. おわりに

材料のユーザーとして、鉄道車両の車体を設計製作する立場から、現在の複合材料の活用状況を紹介し、今後の発展についての期待を述べさせていただいた。

鉄道車両に現在課せられている技術テーマは多岐にわたり、多様なニーズに対応しているが、多くの機能をあわせもつ多彩な複合材料をいかにうまく活用してゆくかが、今後の車両を実現してゆく上でのキーテクノロジーの一つとなるであろう。今後の複合材料の技術進歩が新しい鉄道車両を生む一つの原動力となることを期待したい。

参考文献

- 1) 田中 稔, 寺田勝之, 奥野澄生: 車両技術第 144 号 (1979), 96-104.
- 2) 荒井 実, 中村正武, 岡崎正人, 藤田正美: 日立評論, 67, 6 (1985), 35-40.
- 3) 中島暢之, 寺田勝之, 永岡 斉, 前田晴二: 日立評論, 63, 11 (1981), 7-10.
- 4) 原 義雄, 鶴田 仁, 永岡 斉, 寺田勝之, 宮入公明: 日立評論, 70, 7 (1988), 1-6.