

## マグネシウム合金製車両用テーブルの開発

Development of the Table for the Vehicles using Magnesium Alloy

橋本 健司 Kenji HASHIMOTO  
河田 直樹 Naoki KAWADA

石川 武 Takeshi ISHIKAWA  
松村 寛 Hiroshi MATSUMURA

車両用テーブルの材質として、繊維強化樹脂 (Fiber Reinforced Plastics, FRP) が使用されている。FRPは延性に乏しいため、その破壊モードは割れや欠けとなる。割れや欠けの部分を補修することは困難であることから、メンテナンスコストに影響してくると思われる。そこで、割れや欠けではなく、伸びや変形の破壊モードを持ち、FRPに匹敵する成形性を持つ材料を採用することで、メンテナンスの省力化を図ることとした。まず、材料選定において、強度と延性のバランスが良く、またリサイクル性に優れたマグネシウム (Mg) 合金を採用することとし、車両用テーブルを設計・試作した。実用化のために、鉄道車両用材料燃焼試験 (車材燃試) で「不燃性」の判定を受けたのでその内容について報告する。

### 1 はじめに

鉄道車両部品のメンテナンスの省力化を考えた場合、部品材質・構造の見直しはそれを解決するのに有効な手段である。また、近年の世界的な環境問題を背景として、資源循環型社会の構築が求められており、「リデュース (Reduce)」、「リユース (Reuse)」、「リサイクル (Recycle)」という3R活動への取り組みが重要視され、車両部品においても例外ではない。

現在、車両用テーブルの材質として、繊維強化樹脂 (Fiber Reinforced Plastics, FRP) が使用されている。FRPは延性に乏しいため、その破壊モードは割れや欠けとなる。割れや欠けの部分を補修することは困難であることから、結果として部品交換の手間が生じ、結果としてメンテナンスコストに影響すると思われる。また、FRPはリサイクルが難しいことから、廃棄物の大部分は単純焼却や埋立処分されているのが現状である。

一方、近年注目を集めている材料としてMg合金がある。Mg合金は、実用金属中において最軽量であり、強

度・延性のバランスがよく、またリサイクル性に優れていることが知られている。また、ダイカスト製法などの射出成形を利用すれば、複雑形状の製品が製作可能である。

本報では、メンテナンスの省力化を目指し、市販Mg合金で車両用テーブルを設計・試作し、鉄道車両用燃焼試験 (車材燃試) で「不燃性」の判定を受けたので、その内容について報告する。

### 2 開発の概要

#### 2.1 材質の選定

一般に、FRPは延性 (韌性) が低いことが知られている。理想的な材料としては、強度と延性の両者が高いことが望ましい。テーブル本体の寿命の延伸という観点から、強度と延性のバランスに優れたMg合金を材質として採用した。表1に示すように、Mg合金の密度はFRPとほぼ同等で、比強度と比剛性はアルミニウム (Al) 合金、FRP以上であることがわかる。その他にも、振動減衰特

表1 Mg合金, Al合金, FRPの各種特性

種類	密度, $\rho$ Mg/m <sup>3</sup>	引張強度, $\sigma_{UTS}$ MPa	比強度, $\sigma_{UTS}/\rho$ MPa · (Mg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	比剛性, $E^{1/3}/\rho$ GPa <sup>1/3</sup> · (Mg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>
マグネシウム合金 (AM60B)	1.8	225	125	2.0
アルミニウム合金 (ADC12)	2.7	228	84	1.5
繊維強化樹脂 (GFRP)	1.8	137	76	1.2

性、リサイクル性などに優れることが知られる。

Mgに関して、しばしば発火特性が問題視されることがある。しかしながら、Mgの燃焼は切粉や粉塵にならないかぎり、通常の使用では問題とならない。図1に市販Mg合金と難燃性Mg合金の発火温度を示す。難燃性Mg合金とは、合金元素にカルシウム (Ca) を数%添加することで、発火温度を飛躍的に高めた合金である。ここで言う「難燃性」とは、車材燃試における「難燃性」ではないことに注意が必要である。純Mgの融点は650℃であるに対し、市販Mg合金の発火温度は530℃である。一方、難燃性Mg合金は市販Mg合金より発火温度が約300℃向上しており、融点を上回っているのがわかる。つまり、これまでの市販Mg合金より、燃えにくくなったという意味から「難燃性Mg合金」と呼ばれている。現在、車両内装部品には車材燃試における「不燃性」の判定が求められているが、この水準は難燃性Mg合金でなくても市販Mg合金で十分に達成できるレベルである。

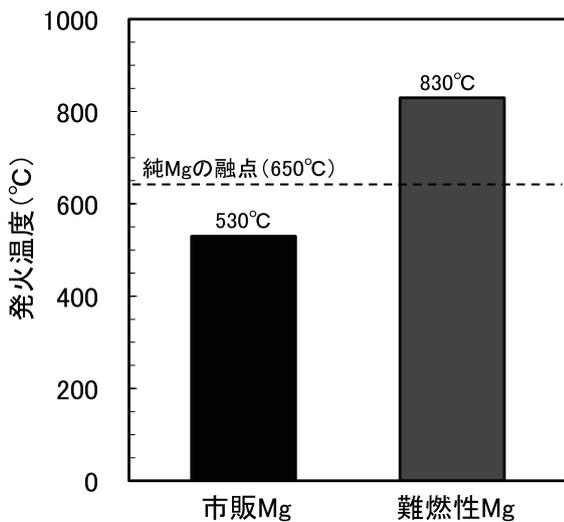


図1 Mg合金の発火温度<sup>(1)</sup>

## 2. 2 軽量化と剛性確保

材料費の低減とテーブル本体の軽量化を図るために、従来テーブルの板厚4.6mmから2.0mmに薄肉化し、重量を1.75kgから0.91kgに低減した(約50%の軽量化)。また、テーブルの剛性を確保するために、裏面に特殊形状の複数の凸部を備える構造とした。

## 2. 3 製造方法と開発した車両用テーブル

一般に、車両用テーブルのような小型品はダイカスト製法を用いて製造される。図2にダイカスト製法の模式図を示す。離型剤を塗布した金型を締め付け(1. 型締め工程)、湯を精密な金型の中に高圧力を加えて射出・充填する(2. 射出工程)。その後、金型を開き、製品押出し(3. 型開き・製品押出し工程)を経て完成となる。ダイカスト製法の特徴として、表面の美観に優れること、量産性に優れること、高い製品品質が得られることなどが挙げられる。図3に完成した車両用テーブルの外観(塗装後のもの)を示すが、美観に優れ、また高い表面硬度も達成している。



図3 開発した車両用テーブルの外観

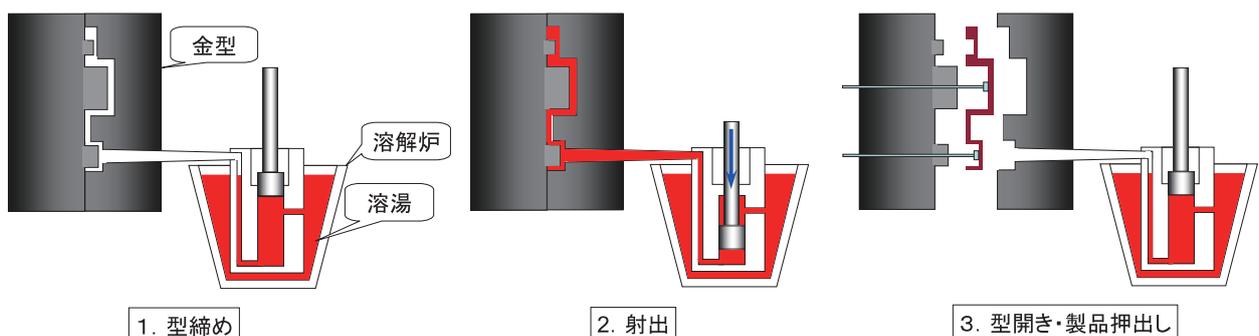


図2 ダイカストの模式図

## 2. 4 不燃性の確認

### (1) 鉄道車両用材料燃焼試験（車材燃試）

鉄道車両内装品には、鉄道輸送の安全を確保するために、火災防止対策・延焼防止対策が必要となる。鉄道車両に用いられる材料は、車両の部位によって不燃化・難燃化が義務づけられているため、その燃焼性の評価として、車材燃試をおこなった。

### (2) 判定基準と試験結果

表2に示すように、燃焼性は車両に使用できる「不燃性」, 「極難燃性」, 「難燃性」の他、車両に使用できない「緩燃性」, 「可燃性」の5段階にクラス分けされている。また、燃焼判定はアルコールの燃焼中に、供試材の着火、着炎、発煙状態、炎の状態等観察し、燃焼後に、残炎、残塵、炭化、変形状態を調査される。試験結果は、図4の試験成績書に示すように、最上位クラスの「不燃性」の判定であった。

試験成績			
温度 23℃		湿度 75%	
アルコール燃焼時間 1分 41秒			
アルコール燃焼中		アルコール燃焼後	
着火	なし	残炎	—
着炎	なし	残じん	—
煙	なし	炭化	変色 60mm
火勢	—	変形	なし
備考			
判定 不燃性			
耐溶融滴下性試験			
判定		アルコール燃焼後	
		平滑	

一般社団法人 日本鉄道車両機械技術協会

図4 車材燃試の試験成績書

表2 鉄道車両用材料の燃焼性判定基準<sup>(2)</sup>

級別	アルコール燃焼試験				アルコール燃焼後			
	着火	着炎	煙	火勢	残炎	残塵	炭化	変形
不燃性	なし	なし	僅少	—	—	—	100mm 以下の変色	100mm 以下の表面的変形
極難燃性	なし	なし	少ない	—	—	—	試験片の上端に達しない	150mm 以下の変形
	あり	あり	少ない	弱い	なし	なし	30mm 以下	
難燃性	あり	あり	普通	炎が試験片の上端を超えない	なし	なし	試験片の上端に達する	縁に達する変形, 局部的貫通孔
緩燃性	あり	あり	多い	炎が試験片の上端を超える	30秒未満	60秒未満	1/2を越す面積	1/2を越す面積の焼失
可燃性	あり	あり	多い	炎が試験片の上端を超える	30秒以上	60秒以上	放置すればほとんど焼失	

## 3 マグネシウムのリサイクル

Mg合金は、FRPと比較して、原理的にリサイクルしやすい材料である。FRPは材質がきわめて多岐にわたるため、分別回収が難しく、また燃焼させるとダイオキシン等の有毒ガスを発生する等の問題点がある。一方で、Mg合金は、溶解により容易に原料として再生可能である。スクラップ溶湯中からの不純物除去は、相対的に重い不純物を沈降させて分離する手法等が用いられている。

## 4 おわりに

鉄道車両全般に関わるメンテナンスの省力化は、大きな課題であり、また社会的に循環型社会の構築が求められている。今回、車両用テーブルの材質として、難燃性Mg合金ではなく市販Mg合金を採用し、車材燃試で「不燃性」の判定であることを確認した。今後、試作したテーブルの耐荷重試験等をおこなっていく予定である。

### 参考文献

- (1) 秋山茂, 他: 「難燃性マグネシウム合金の開発」, まてりあ, Vol.39, No.1, 72-74, (2000)
- (2) 「鉄道車両新指導書—車両用材料編—」, 343, (2002), 社団法人日本鉄道車両機械技術協会

## 著者紹介

---



橋本健司  
生産本部  
技術部（接合技術センター）



河田直樹  
博士（工学）  
生産本部  
技術部（接合技術センター） 主査



石川 武  
博士（工学）  
生産本部  
技術部（接合技術センター） 課長



松村 寛  
生産本部  
技術部（車体設計） 主任技師