

ナノ材料の車両用床材への適用評価

材料技術研究部 防振材料

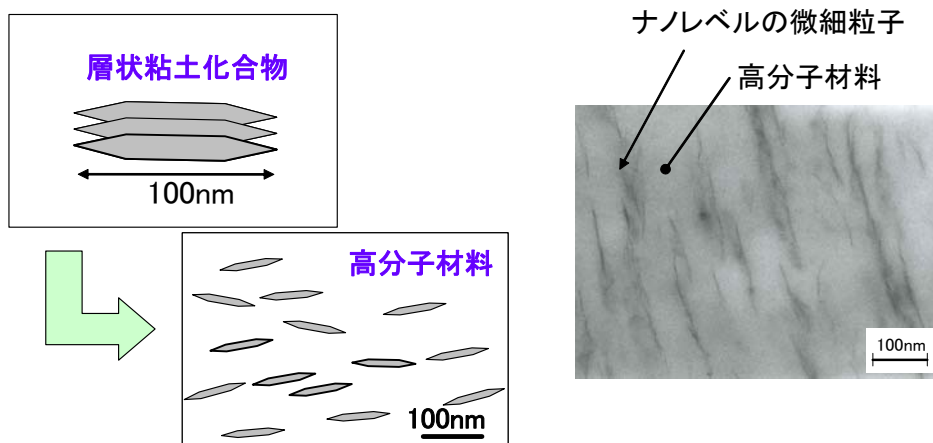
主任研究員 伊藤幹彌

1.はじめに

鉄道車両用の材料には火災時の乗客の安全性を確保する目的で一定以上の難燃性が要求されている。一般的にプラスチック、ゴム等の高分子材料の難燃性を確保するためには難燃剤として塩素、臭素などのハロゲンを含む化合物が添加される。これらの化合物は高分子材料に少量添加することで高い難燃性を得ることができるため広く使用されてきたが、燃焼時に有害ガスを発生する特徴がある¹⁾。近年、欧州規格などでは材料燃焼時の発生ガスの安全性に対する検討も進んでおり、高分子の難燃化対策としては脱ハロゲン化が求められている。しかし、脱ハロゲン化と難燃化を両立させるためには無機系添加物を従来以上に添加する必要があり、重量増加、柔軟性低下、脆性増加を招き、高分子材料の利点を損なう問題があった²⁾。ナノ材料はナノコンポジットとも呼ばれ、少量の無機物添加で性能の大幅な向上が得られるなど期待される新材料であり、難燃性の向上についても報告がある³⁾。そこで、こうした特長を活かすべく、ナノ材料の車両用床材への適用を検討した。

2.ナノ材料とは

ナノ材料とは図1に示すように高分子材料中にナノレベル(10^{-9}m)の超微粒子が分散した複合材料をいう。一般的な分類においては微粒子の種類は無機物、有機物の違いがあっても区別しない。このように超微細な粒子が分散した系では粒子の濃度が数%と低くても、粒子の全表面積は非常に大きくなり、粒子間距離は非常に短くなる。このため、粒子間の相互作用が増大し、粒子の間にある高分子材料は大きく拘束される。このことがナノ材料の各種性能発現の基本的な要因となる。



(a)ナノ材料の概念図

(b)ナノ材料の顕微鏡写真

図1 ナノ材料(ナノコンポジット)の概念図および顕微鏡写真

3. ナノ材料の基礎特性

ナノ材料の鉄道車両用床材への適用に向けて、ナノ材料単体の基礎特性を把握した。ナノ材料としてはナイロンをベースとした材料が最も先行しており、製品として流通している段階にある。そこで、それらの製品からナイロン-6に粘土化合物の一種であるモンモリロナイト（以下、MMTとする）を配合したナノコンポジットを用いて基礎特性を評価した。

その結果、鉄道車両用材料燃焼試験⁴⁾においても、「難燃性」の評価を得ることができた。また、ナノ材料は規格値と比較して高い機械強度を有していることが明らかとなり、鉄道車両用材料として使用できる性能を有することが明らかとなった。

4. ナノ材料を用いた床材試験品の作製と燃焼試験の実施

先に示したナイロン-6/MMT ナノコンポジットを用いて厚さ 200 μm のフィルムを作製して車両用床材への積層を行い、試験品を作製した。

ナノ材料は、MMT 配合の効果を評価することを目的として、老化防止剤や熱安定剤などの他の配合剤は添加しないものを作製した。作製したナノ材料を既存のオレフィン系床材の基材に積層した床材試験品を作製し、後述する燃焼試験を実施した。ナノ材料の床材への積層方法は加熱接着とし、積層した床材の厚さは約 2mm となるようにした。また、ナノ材料の積層位置としては図 2 に示すように積層構造 I~III を作製した。試験品の仕様を表 1 に示す。

燃焼試験は図 3 に示すコーンカロリメータを用いて実施した。本試験は水平に配置した試験品が燃焼時に発生する熱量を測定する方法である。試験条件として輻射熱量 35kW/m²、試験品形状は長さ 100mm×幅 100mm×厚さ約 2mm とした。試験は 3 回実施し、試験結果の平均値をそれぞれの結果とした。

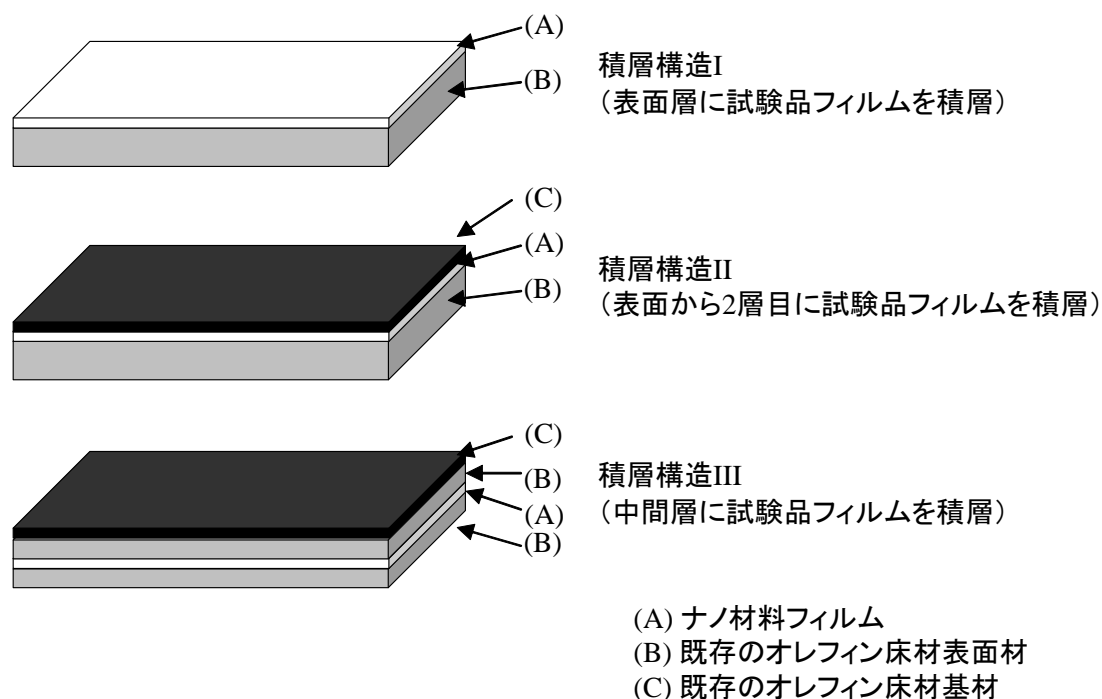


図 2 試験品の積層構造

表 1 試験品の詳細

試験品番号	MMT配合量 (wt%)	ナノ材料フィルム厚さ (μm)	積層構造
1	0	200	I
2	1.15	200	I
3	2.3	200	I
4	0	200	II
5	1.15	200	II
6	2.3	200	II
7	0	200	III
8	1.15	200	III
9	2.3	200	III

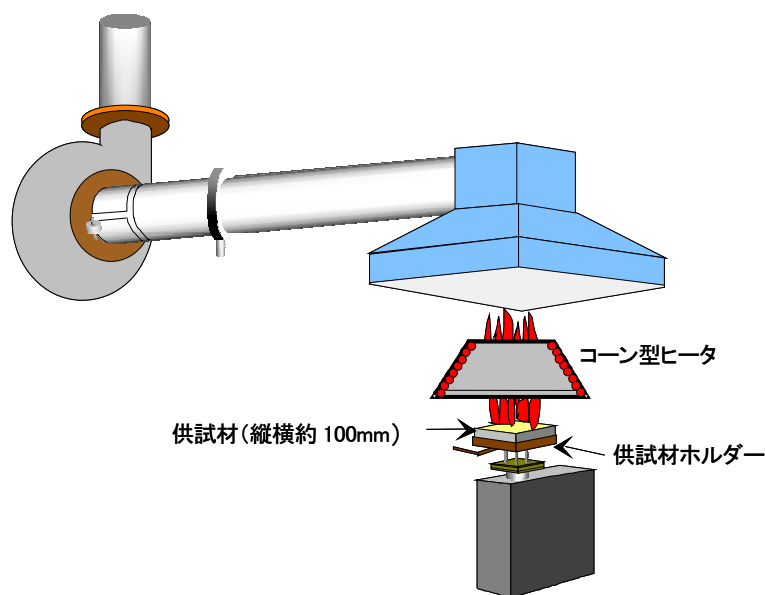
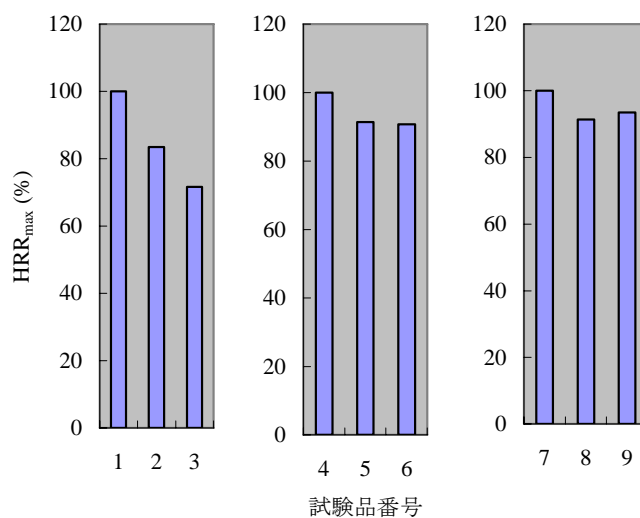


図 3 コーンカロリメータ

5. 燃焼試験の結果

試験における評価項目のうち、ここでは最大発熱速度 (HRR_{max}) に基づいて結果を述べる。 HRR_{max} の試験結果を図 4(a)~(c)に示す。通常のナイロンを積層した試験品番号 1、4、7 と比較してナノ材料を積層した試験品の HRR_{max} は低い傾向が見られた。これらの結果から、ナノ材料を用いることで急激な燃焼拡大を抑制する効果があるものと考えられる。また、 HRR_{max} 低下の割合としては表面層に積層した試験品が最も大きく、難燃性向上のためには表面層への積層が高い効果を示すことが明らかとなった。



(a) 積層構造 I (b) 積層構造 II (c) 積層構造 III

図 4 最大発熱速度 (HRR_{max}) の測定結果

6. 鉄道車両用材料燃焼試験の実施と床材への適用性評価

コーンカロリメータの試験結果から、ナノ材料の積層方法として表面への積層が難燃性向上の効果が高いことが明らかとなった。そこで、表面積層の試験品番号3を用いて鉄道車両用材料燃焼試験を実施し、鉄道用材料として必要とされる燃焼性の評価を行い、さらに、車両用床材の規格値を基に試験品の物性を評価した。その結果、試験品はハロゲン系難燃剤を使用せずに規格に定める難燃性を得ることができた。さらに、表2に示すように試験品の引張強さは規格値の3倍以上の値を示し、所定時間の加熱老化試験後の物性変化についても規格値を満足でき、車両用床材としての適用性が確認された。

表2 床材試験品の規格値との比較

項目	試験品番号3	床材の規格値
引張強さ ¹ (MPa)	27MPa	5.88MPa以上 (旧JRS)
破断時伸び ¹ (%)	125%	100%以上 (旧JRS)
耐加熱老化性 ²	-17%	±30%以内 (旧JRS)
燃焼性 ³	難燃性	「難燃性」以上 (省令)

1: JIS K 6251

2: 引張強さ変化率(100℃ 48時間加熱老化試験後)

3: 国土交通省令第151号第8章第5節第83条解釈基準

7. 今後の課題

ナノ材料は製品として流通段階にあるが、新材料であるため入手できる製品のバリエーションが少ない点が課題として挙げられる。現在製造される車両用床材は定格寸法として幅 2m が必要だが、ナノ材料ではこうした大きな寸法の製品を製造する設備が整備されておらず、実用に供する製品の製造には現時点では対応できない状況にある。今後は床材構成の最適化や規格に定める条件の他、多様な使用環境を想定した各種試験を実施して性能向上を行う計画である。

参考文献

- 1) 伊藤幹彌：高分子材料の難燃性評価，日本ゴム協会誌，83，1，6，2010
- 2) 皆川源信：プラスチック添加剤活用ノート，93，1996
- 3) J. W. Gilman et al.：Flammability properties of polymer-layered-silicate nanocomposites. Polypropylene and polystyrene nanocomposites, Chem. Mater., 12, 1866, 2000
- 4) 国土交通省令第151号第8章第5節第83条，平成16年12月