

第1章 導電性フィラーの種類，特性と活用法

吉武 正義*

1 はじめに

高分子材料は金属材料に比べて軽量で、しかも電気絶縁性や耐食性に優れ、成形性も良いことからエレクトロニクス分野で広く利用されている。一方、電子機器の普及や高密度化が進む中で、電磁波シールド対策や静電気による電子部品の破壊防止対策として、絶縁性の高分子に導電性を付与する技術が求められている。さらに、導電性フィラーをポリマーに配合した導電インクや導電接着剤が、電子部品の必須材料となってきた。導電性をもつ高分子材料としては、ポリマー自体が固有の導電性を有する共役系ポリマーと呼ばれるものやイオン伝導性ポリマーが開発されているが、本稿では不導電性ポリマーに導電性フィラーを配合する複合材料に絞って述べる。

2 導電性フィラー

高分子に配合、分散して導電性を付与する代表的な導電性フィラーを表1に示す。導電性フィラーは金属系、炭素系、金属酸化物系に大別することができる。形状としては粉末、繊維、箔片状があり、一般に繊維状が粉末状より少量で導電性が発現しやすい。

表1 導電性フィラーの種類

分類	形状	導電性フィラー
金属系	粉末	銀、銅、ニッケル、錫、銀メッキ銅粉など
	繊維	銅、ステンレス鋼、アルミニウム、黄銅、鉄繊維など
	箔片	アルミニウム、亜鉛箔片など
炭素系	粉末	カーボンブラック、黒鉛など
	繊維	ナノチューブ、炭素繊維など
金属酸化物系	粉末	酸化錫、酸化インジウム、酸化亜鉛粉など
金属メッキ	粉末	ガラスビーズ、マイカ粉などにメッキ
	繊維	ガラスファイバー、炭素繊維などにメッキ

2.1 金属系フィラー

金属系は金属の種類で導電性や取り扱い方法が異なる。主な純金属の比抵抗を表2に示す¹⁾。

* Masayoshi YOSHITAKE 吉武技術士事務所 技術士（金属部門）

銀, 銅, 金, アルミニウム, 亜鉛, ニッケルが $10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ レベルの良導体金属として挙げられる。通常, 金属は表面に酸化膜が形成され, この酸化膜は不良導体なのでフィラー同士の接触抵抗が大きくなり, 初期導電性や環境信頼性試験で導電性を悪くする場合がある。金属表面の酸化膜の厚さや緻密さを考慮する必要もあるが, 200°C における酸素 1 グラム原子あたりの酸化に伴う自由エネルギー変化量を表 3 に示す²⁾。マグネシウムやアルミニウムは非常に酸化しやすい金属で, 金や銀は酸化物生成エネルギーが正なので, 酸化しにくい金属であることを示している。銀は貴金属で高価であるが, これらの特性から銀粉が導電性フィラーとして多くの電子部品に使用されている。銅粉は優れた導電性を示すが, 緻密な表面酸化膜を形成しやすいので酸化防止対策が必要である。銅粉は銀粉やニッケル粉より安価で, 銅は配線素材の代表的金属であることから, 導電性フィラーとして期待されている。金は優れた導電性と極めて安定した素材であるが高価である。したがって, 銅粉やニッケル粉に金メッキして高信頼性が必要な個所に使用されている。アルミニウムは軽くて導電性に優れているので電線材料に用いられている。しかし, 緻密な絶縁性酸化膜が金属表面に形成されているので, アルミニウム粉を導電性フィラーとして利用するには酸化膜除去の課題を解決する必要がある。

表 2 純金属の比抵抗

金属	比抵抗 ($10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$)	密度 (g / cm^3)	熱伝導度 ($\text{W} / \text{m} \cdot \text{K}$)
銀	1.63	10.49	425
銅	1.69	8.93	397
金	2.20	19.26	315.5
アルミニウム	2.67	2.69	238
亜鉛	5.96	7.13	119.5
ニッケル	6.9	8.9	88.5
鉄	10.1	7.87	78.2
錫	12.6	7.3	73.2
鉛	20.6	11.34	34.9

表 3 金属の酸化物生成のエネルギー変化

金属	自由エネルギー変化 ΔG (200°C , O 原子あたり, kcal)
マグネシウム	- 131
アルミニウム	- 121
チタン	- 101
亜鉛	- 71
鉄	- 56
銅	- 32
銀	+ 0.6
金	+ 11

2.2 炭素系フィラー

炭素系はアセチレンブラックやケッチェンブラックなどのカーボンブラックや黒鉛を樹脂やゴム, ポリマーに混練, 分散して静電防止や導電材, 抵抗器などに利用される。金属系より高抵抗で, 黒く着色するが, 安価で低比重で取り扱いも容易であることから多くの用途に使用されている。少ない配合量で導電性が発現するカーボンブラックは, 一次粒子径が小さく, 連鎖状に凝集した集合体構造(ストラクチャー)が発達した, 比表面積の大きいフィラーとされ

複製・再配布等の二次利用はご遠慮ください。

フィラー用途	種類	製品名
導電性フィラー	酸化錫	SN-100P

n型半導体である SnO_2 にドナーとして Sb^{5+} をドーピングしたアンチモンドープ酸化錫(以下 ATO)は、物理的・化学的安定性が高く、湿度や温度などの雰囲気によって導電性能が左右されないことからコストパフォーマンスの高い導電性材料として広く知られています。

これらは、帯電防止レベルの抵抗が必要とされる分野に幅広く使用されており、例えば、フィルムやガラス等の帯電防止塗料、接着剤、繊維、静電記録紙、電荷制御材料、画像記録材料、電極材料 などが挙げられます。又、ATO は近赤外線波長を吸収する性質がある為、フィルムやガラス向けの熱線遮熱材料としても展開されています。

当社が商品化している ATO 単未タイプとしては、SN シリーズを展開しており、SN-100P は一次粒子径が約 $0.01 \sim 0.03 \mu\text{m}$ を有する球状タイプの濃青色の微粉末です。基本物性を表1に透過型電子顕微鏡写真を図1に示します。

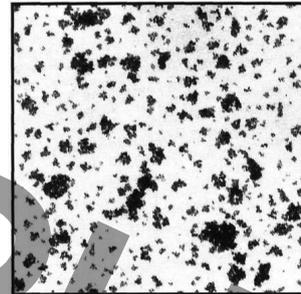
その他、使用形態に応じて水分散体の SN-100D、MEK 分散体の SNS-10M の分散体も取り揃えています。

SN-100P を樹脂中に分散して塗布すると導電性を持つ、透明な膜が得られます。(図2)

表1. SNシリーズの基本物性

	SN-100P	SN-100D	SNS-10M
形態	粉体	水分散体	MEK分散体
粒子径 (μm)	$0.01 \sim 0.03$ ¹⁾	$0.085 \sim 0.120$ ²⁾	$0.100 \sim 0.120$ ²⁾
粉体抵抗 (Ωcm) ³⁾	1~5	5~30 ⁴⁾	
比表面積 (m^2/g) ⁵⁾	65~80	70~100 ⁴⁾	—
pH	2.5~3.5	5.0~7.0	—
濃度 (%)	—	30	30

1) 一次粒子径 2) 二次粒子径(50%粒子径) 3) 9.8MPa圧粉体
4) 蒸発乾固品の値 5) 簡易BET法



SN-100P (×20,000)

図1. 透過型電子顕微鏡写真

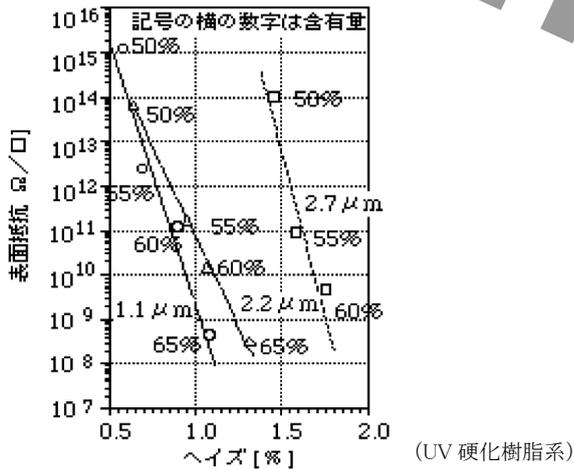


図2. SN-100P の表面抵抗とヘイズ

<問い合わせ先>

石原産業株式会社 無機化学営業本部 機能材料営業部
TEL 03-5844-6200

複製・再配布等の二次利用はご遠慮ください。

フィラー用途	種類	製品名
導電性フィラー	スズ-アンチモン系酸化物	T-1 シリーズ

<製品概要>

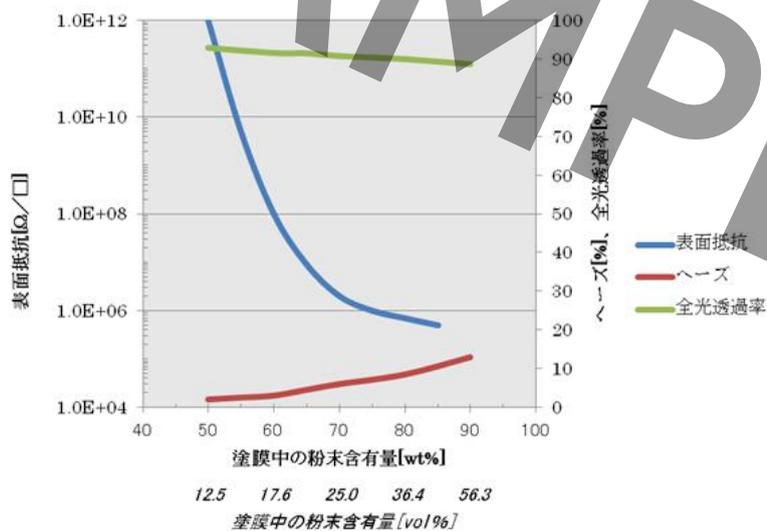
弊社ベストセラーであるATO透明導電性粉末の標準品「T-1」です。また、お客様のニーズに合わせて粒子設計を行った高透明導電用、熱線カット用、触媒用のATO製品をご提供させて頂いております。

<製品の代表物性>

- 性状：灰青色粉体
- 体積抵抗率：1~5Ω・cm(2.0MPa 加圧時)
- 粒子形状：球状
- 一次粒子径：0.02μm
- 比重：6.6
- BET 比表面積：70-85 m²/g
- pH：3-5

○透明導電粉「T-1」の使用例

バインダーとしてポリエステルを使用し「T-1」含有量を変え、15 分散 75μmのポリエステルベースフィルム上に1μm 厚さに塗布した特性を図1に示します。



<問い合わせ先>

三菱マテリアル株式会社 電子材料事業カンパニー 化成営業部
 〒130-0015 東京都墨田区横網一丁目 6 番 1 号 国際ファッションセンタービル 8 階
 TEL 03-5819-7325 FAX 03-5819-7327