

導電潤滑アルミニウム材の現状

Current Status of Electroconductive Surface-Lubricating Aluminum Sheet

小澤 武廣
Takehiro Ozawa加藤 治
Osamu Kato斎藤 正次
Masatsugu Saito太田 優
Masaru Ohta

概要 近年、ノートパソコンの生産量拡大に伴い、ドライブケースに使用される導電潤滑アルミニウム材の出荷量も増加している。導電潤滑アルミニウム材はアルミニウム板上に化成皮膜を設け、さらに加工性と導電性を有した樹脂皮膜を設けたプレコートアルミニウム材である。加工性は樹脂皮膜の種類、樹脂皮膜中の潤滑剤の種類、添加量などの影響を受ける。導電性の発現には、樹脂皮膜中に導電性フィラーを添加する方法と導電性フィラーを添加しない方法がある。前者はフィラータイプと呼ばれ、フィラーの種類、形状、添加量などを調整することが重要である。後者はノンフィラータイプと呼ばれ、皮膜厚さを制御することが重要である。本稿では前者に属するニッケルフィラーの検討事例を紹介する。

Abstract: Recently, along with the production expansion of notebook computers, the shipment amount of electroconductive surface-lubricating aluminum sheet which is mainly used for the drive case is increasing. The electroconductive surface-lubricating aluminum sheet is a pre-coated aluminum sheet, in which a chemical conversion coating is formed on aluminum, and an electroconductive surface-lubricating resin film provided with both formability and electrical conductivity is coated on the chemical conversion coating. Formability is influenced by the kind of the resin, the kind and amount of the lubricant, etc. There are two methods to obtain electrical conductivity. One is to add electroconductive filler, while the other does not use the filler. The former is called filler type, and it is important to adjust the kind, shape, and content, etc. of the filler. The latter is called no-filler type, and it is important to adjust the film thickness. This article introduces the case study of nickel filler in the former.

1. はじめに

図1に示すように、カラーアルミ材は建設、電気・電子、輸送機器などの分野に使用され、意匠性、高潤滑性、導電潤滑性、高反射性、防汚性などの機能を有する製品が開発されている。近年、携帯用電子機器やノートパソコンなどの軽量化要求が高まり、旧来の重い亜鉛めっき銅板やステンレスに代わり、軽量のカラーアルミ材への置換が進んでいる。図2に示すように、ノートパソコンの生産台数は飛躍的な増加が見込まれ、これに伴い、カラーアルミ材の需要拡大が期待される。中でも図3に示すドライブケースに使用される導電潤滑アルミニウム材は急成長を示している。

昨今の環境問題への対応により、製造現場においては加工油の有機洗浄工程が省略され、アルミニウム材には

自己潤滑性が求められてきており、さらに、ドライブケース用のアルミニウム材には静電気や電磁波ノイズによる誤動作を防ぐため、表面の導電性を確保し、アース機能を付与する必要もある。導電潤滑アルミニウム材はこのような要求に対応するものとして開発された。

本稿では、まず、導電潤滑アルミニウム材の構成と特徴について簡単に述べ、さらに、フィラータイプとノンフィラータイプの特徴について詳述する。

2. 導電潤滑アルミニウム材の構成と特徴

導電潤滑アルミニウム材は、図4に示すようにアルミニウム板の上に化成皮膜を設け、さらに加工性と導電性を有した樹脂皮膜を片面または両面に設けたプレコートアルミニウム材である。

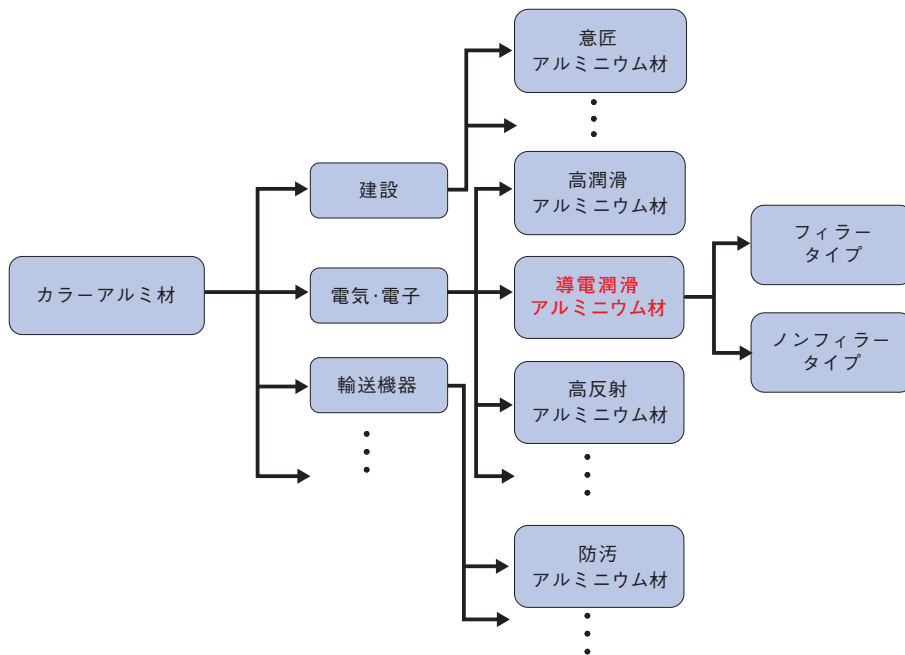


図1 カラーアルミ材の用途と種類(導電潤滑アルミニウム材の位置づけ)
 Fig.1 Usage and kind of painted aluminum sheets and coils (positioning of electroconductive surface-lubricating aluminum sheet).

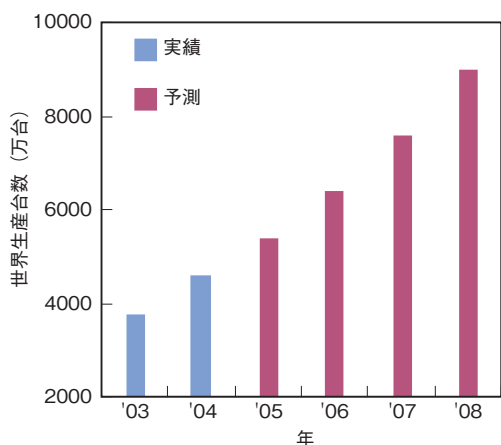


図2 ノートパソコンの生産量¹⁾
 Fig.2 Production of notebook computers.¹⁾



図3 ドライブケースの外観
 Fig.3 Appearance of a drive case.

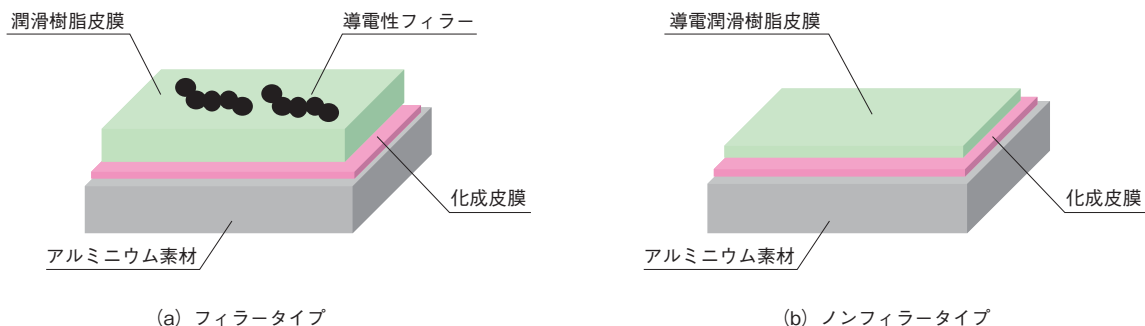


図4 導電潤滑アルミニウム材の構成
 Fig.4 Structure of electroconductive surface-lubricating aluminum sheet.

樹脂皮膜の主要な成分は樹脂と潤滑剤であり、フィラータイプはさらに導電性フィラーを含有するものである。一方、ノンフィラータイプは導電性フィラーを含有

せずに、皮膜厚さを薄くしたものである。

導電潤滑アルミニウム材の加工性と導電性に及ぼす主な影響因子を図5に示す。

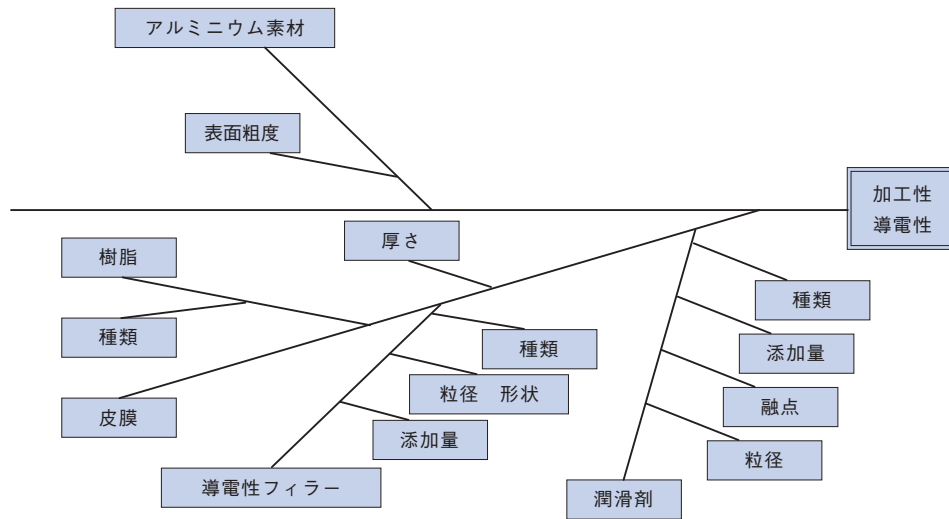


図5 導電潤滑アルミニウム材の加工性と導電性に及ぼす主な影響因子

Fig.5 Main influencing on formability and electrical conductivity of electroconductive surface-lubricating aluminum sheet.

加工性は樹脂の種類や潤滑剤の種類などの影響を受ける。導電潤滑アルミニウム材に用いられる樹脂はポリエステル系やアクリル系などの熱硬化性樹脂であり、樹脂皮膜は架橋構造を有している。樹脂皮膜の分子量が大きくなり破断されにくい。潤滑剤は樹脂皮膜の表面に析出し、摩擦抵抗を小さくする作用があり、一般的には、カルナウバロウ、ラノリン、パラフィンワックス、ポリエチレンワックス、ポリテトラフルオロエチレンワックス、ポリプロピレンワックスなどが使用される。導電潤滑アルミニウム材には、加工性向上効果の高いポリエチレンワックスやポリテトラフルオロエチレンワックスなどが用いられる。後述するように、導電性フィラーの形状や添加量なども加工性に影響を及ぼす。また、皮膜厚さも加工性に影響を及ぼし、樹脂皮膜の厚さが極めて薄いノンフィラータイプでは傷が付きやすく外観品質上の問題となる場合がある。

一方、導電性に影響を及ぼす因子にはアルミニウム素材の表面粗度、皮膜の厚さ、樹脂の種類、フィラーの種類、形状、添加量などがあげられる。板バネなどの金属片を接触させるだけでアルミニウム材表面の樹脂皮膜の上から導通をとるにはフィラータイプでは導電性フィラーを添加する。ノンフィラータイプではアルミ素材の表面粗

度を大きくし、樹脂皮膜を薄くして、アルミ素地の露出を増やす方法がとられる。

3. フィラータイプ導電潤滑アルミニウム材の特徴

3.1 各種フィラーの特徴

表1に導電性フィラーの種類とそれを添加した樹脂皮膜の特徴および用途を示す。導電性フィラーとしては、主に、ニッケルフィラー、銅フィラー、カーボンブラックフィラー、銀フィラーが知られている^{2), 3)}。銅フィラーは導電性に優れ比較的安価であるが、化学的に不安定である。カーボンブラックフィラーは安価で化学的に安定であるが、導電性が劣る²⁾。銀フィラーは極めて優れた導電性を有し化学的にも安定であるが、コストが高い²⁾。ニッケルフィラーは導電性、化学的安定性およびコストのバランスがよく、広く使われている^{4), 5)}。

3.2 加工性に及ぼすニッケルフィラーの添加量および形状の影響 (単独添加)

検討した4種類の形状(球状、スパイク球状、鎖状、鱗片状)のニッケルフィラーの外観を図6に示す。各形状におけるニッケルフィラーの平均粒径を比較すると、鱗片状(23 μm)、鎖状(10 μm)、球状(9 μm)、スパイク球

表1 導電性フィラーの種類とそれを添加した樹脂皮膜の特徴および用途^{2), 3)}

Table 1 Kind of electroconductive filler, and performance and use of the coating including the filler.^{2), 3)}

導電性フィラーの種類	特徴			用途
	導電性(体積固有抵抗 ^{*1)} Ω・cm)	化学安定性	コスト	
ニッケル	○(10 ⁻³)	○	○	EMI(電磁障害)シールド
銅	○(10 ⁻³)	×	○	EMI(電磁障害)シールド
カーボンブラック	×(10 ⁻² ~10 ⁵)	◎	◎	静電防止, 抵抗体
銀	◎(10 ⁻⁵ ~10 ⁻³)	◎	×	電子部品一般

*1) 体積固有抵抗が小さい程、導電性に優れる。

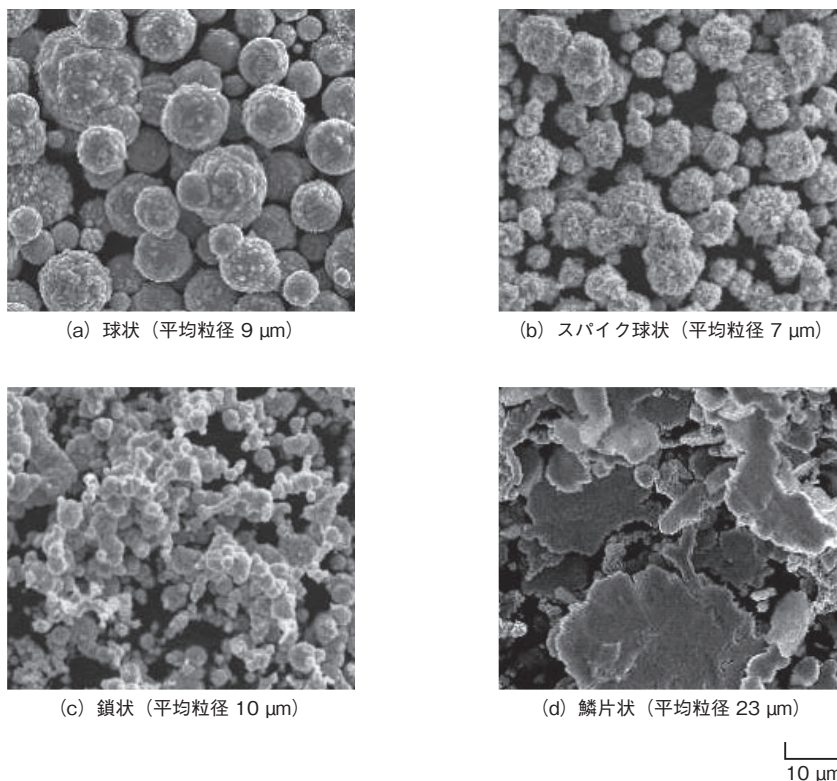


図6 ニッケルフィラーの外観⁶⁾
Fig.6 Appearance of nickel fillers.⁶⁾

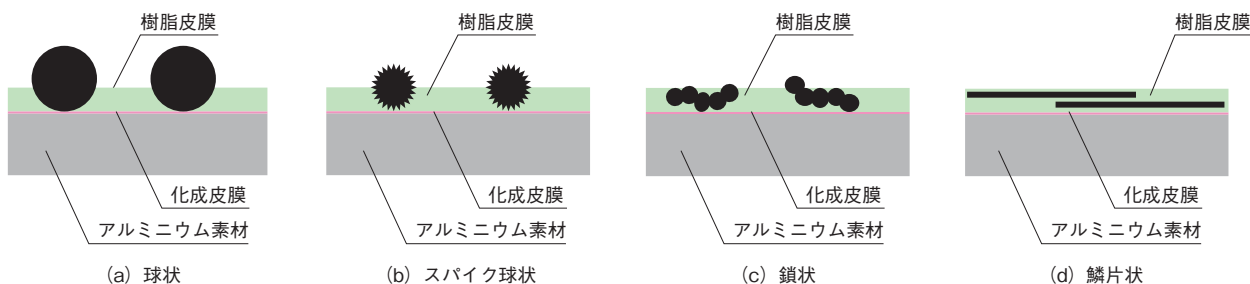


図7 ニッケルフィラータイプの樹脂皮膜の断面模式図
Fig.7 Schematic illustration of the cross section of nickel filler type coatings.

状 (7 μm) の順に小さいものを用いている。

厚さを 3 μm 程度 (塗布重量 4 g/m²) としたモデル樹脂皮膜のニッケルフィラータイプの樹脂皮膜の断面模式図を 図7 に示す。

加工性に及ぼすニッケルフィラーの添加量および形状の影響を 図8 に示す。加工性は円筒深絞り試験により破断高さを測定することにより求めることができる。破断高さが高いほど、加工性がよい。ニッケルフィラーを添加すると、無添加と比較して、加工性は劣る傾向にある。ただし、成形破断高さが 11.0 mm 以上であれば、実使用上問題はない。

一方、形状の影響をみると、鱗片状の加工性が最も優れ、球状、スパイク球状、鎖状の加工性は劣る。図7 に示すとおり、鱗片状は樹脂皮膜中に埋め込まれている部分

が多く、他の形状と比較して、表面の凹凸が小さく、潤滑性が優れていると考えられる。円筒深絞り試験では、アルミニウム材の流入抵抗が小さいほど、破断高さが高くなるため、潤滑性のよい鱗片状の場合に、加工性が優れるものと考えられる。

3.3 導電性に及ぼすニッケルフィラーの添加量および形状の影響 (単独添加)

導電性に及ぼすニッケルフィラーの添加量および形状の影響を 図9 に示す。導電性は樹脂皮膜に電極を接触させ電気抵抗値を測定することにより求めることができる。導電性はニッケルフィラーの形状によらず、添加量の増加とともに向上する。ニッケルフィラーの添加量が増加すると、樹脂皮膜中の密度が増加し、相互に接触しやすくなるため、導電性が向上すると考えられる。

一方、形状の影響をみると、球状が最も導電性に優れる。次いで、スパイク球状と鎖状で、鱗片状が最も劣る。これは樹脂皮膜表面のニッケルフィラーの露出量と関連づけられる。図7に示すとおり、球状の場合、樹脂皮膜厚さと比較して粒径の大きいものが存在するため、樹脂皮膜表面に露出しやすく、電極と接触する確率が高くなり、導電性が優れる。スパイク球状は球状と比較して平均粒径が小さいために導電性がやや劣る。鎖状は露出量が少ないため、電極と接触する確率が小さくなり、導電性がやや劣る。鱗片状は樹脂皮膜中に埋め込まれやすいため、電極と接触する確率が小さくなり、導電性が劣る。

3.4 導電性に及ぼすニッケルフィラーの複合添加の影響

量産品では、特性の異なる複数種のニッケルフィラーを添加することが主流であり、導電性と加工性のバランスを取っている。

第1成分として、加工性に優れる鱗片状のニッケルフィラーを用い、第2成分として導電性に優れる球状あるいはスパイク球状、鎖状を用いて、導電性に及ぼすニッケルフィラーの添加比率の影響について調査した結果を図10に示す。樹脂皮膜厚さ、ニッケルフィラーの総添加量は一定とした(10 wt%)。

第2成分として、球状またはスパイク球状を添加する場合に導電性が向上する。

また、第2成分として鎖状を添加する場合、添加比率が50%、75%において、鎖状を単独添加する場合と比較して導電性が優れる。また、球状を単独添加する場合と同等の導電性が得られる。

一方、加工性については球状、スパイク球状、鎖状をそれぞれ単独添加する場合よりも、鱗片状と複合添加する場合の方が優れている。

4. ノンフィラータイプ導電潤滑アルミニウム材の特徴

4.1 耐傷付き性に及ぼすポリテトラフルオロエチレンワックスの添加量の影響⁷⁾

加工時に樹脂皮膜に発生する傷の付き難さは皮膜の厚さと相関があり、皮膜の厚さが薄くなるに従い耐傷付き性が低下するといわれている。耐傷付き性はせん断曲げ加工を行い、曲げ加工部分の傷付きの程度を目視で評価することにより求めることができる。一例として、皮膜厚さを0.35 μmとして、粒径0.3 μmのポリテトラフルオロエチレンワックスを添加した場合、樹脂100重量部に対して20重量部添加した皮膜の耐傷付き性が最も良好であることが報告されている。ポリテトラフルオロエチレンワックスの添加量が少なすぎる場合は金型とアルミニウム材の接触機会が十分に減少しないため、効果が十

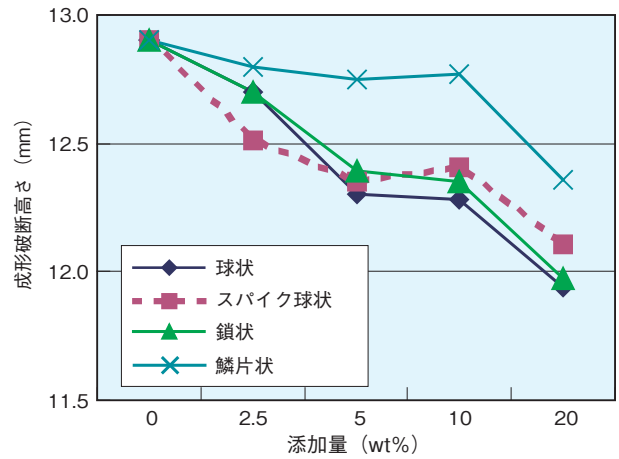


図8 加工性に及ぼすニッケルフィラーの添加量および形状の影響⁶⁾

Fig.8 Effect of the shape and content of nickel filler on formability.⁶⁾

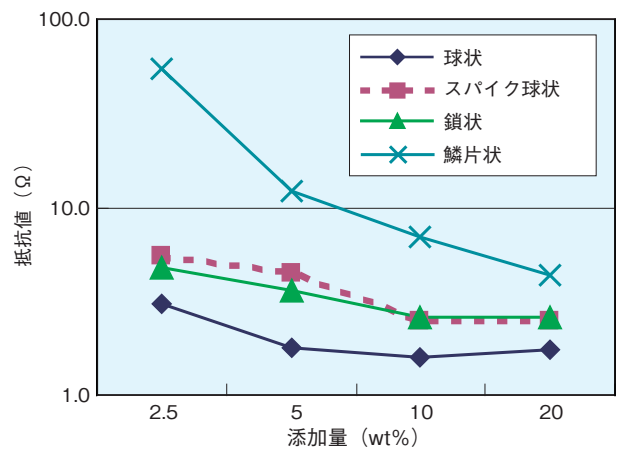


図9 導電性に及ぼすニッケルフィラーの添加量および形状の影響⁶⁾

Fig.9 Effect of the shape and content of nickel filler on electrical conductivity.⁶⁾

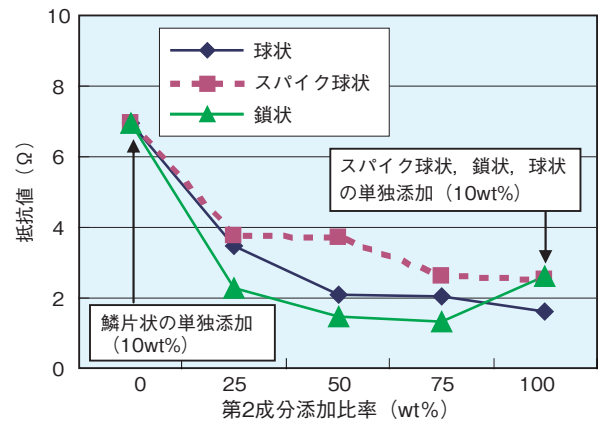


図10 導電性に及ぼすニッケルフィラーの添加比率の影響⁶⁾

Fig.10 Effect of content fraction of nickel filler on electrical conductivity.⁶⁾

分に発現できず、逆に添加量が多すぎる場合はポリテトラフルオロエチレンワックス部分が欠陥となり皮膜強度が低下するため、耐傷付き性が改善しないといわれている。

ノンフィラータイプはフィラータイプと比較して耐傷付き性がやや劣る。

4.2 導電性に及ぼす樹脂皮膜厚さの影響⁷⁾

例えば, ポリエステル系樹脂をメラミン系樹脂で硬化させた樹脂皮膜の導電性は皮膜厚さの減少とともに向上することが報告されている。皮膜厚さが2.5 μm で10 Ω , 1.1 μm で1.8 Ω , 0.7 μm で1.0 Ω である。皮膜の厚さが1.0 μm 以下の薄膜領域においては, フィラータイプ(図10)と比較して同等の導電性を示している。

5. おわりに

以上, 導電潤滑アルミニウム材の構成と特徴, さらに, フィラータイプとノンフィラータイプの特徴について説明した。今後, 導電潤滑アルミニウム材をノートパソコン以外の分野に提案していくためには, 機能の複合化が要求されると考えられる。例えば, 加工性や導電性のほかに, 放熱性などが挙げられる。多種多様なニーズに対応し, さらに他の機能を付加した導電潤滑アルミニウム材の開発を進める考えである。

参考文献

- 1) 富士キメラ総研: ワールドワイド エレクトロニクス市場総調査 2005, (2005), 255.
- 2) 久木元豊: 塗装技術, **23** (11) (1984), 157.
- 3) 山里弘之: 塗装と塗料, **338** (1981), 47.
- 4) 特許第3872234.
- 5) US Patent 6849302.
- 6) 加藤治, 太田優, 難波江元広, 斎藤正次: 軽金属学会 第103回秋期大会講演概要 (2002), 191.
- 7) 藤原直也, 吉川英一郎, 服部伸郎, 塚越智: R & D 神戸製鋼技報, **54** (2004), 29.



小澤 武廣 (Takehiro Ozawa)
技術研究所



加藤 治 (Osamu Kato)
技術研究所



斎藤 正次 (Masatsugu Saito)
技術研究所



太田 優 (Masaru Ohta)
古河カラーアルミ株式会社