

導電性フィルムを付与したサポータの開発

生活資材開発課 早苗徳光、吉田 巧 生活科学課 佐々木克浩

1. 緒言

健康に対する意識が高まっている中、通常の衣服として着用するだけで心拍や心電などの生体情報をモニタリングできるスマートテキスタイルが注目されている。スマートテキスタイルには各種センサや配線、電極などが施されるが、それらによってテキスタイルの伸縮性が失われたり、配線自体が破断してしまうなど課題も多い。

そこで、サポータをターゲットとして、配線や電極として加熱融着可能な、伸長性・柔軟性に優れたポリマー系導電性フィルムについて検討した。

2. 実験方法

2.1 使用材料

フィルムのベース材にはポリエステル系ホットメルト樹脂(HM)を3タイプ(HM1~HM3、融着温度 130°C 以下、ユニチカ(株)製)、導電フィラーには膨張化黒鉛(GR、伊東黒鉛工業(株)製)および高導電カーボンブラック(CB、ライオン・スペシャルティ・ケミカルズ(株)製)を用いた。HMの溶媒として試薬の酢酸エチル(EAc、富士フィルム和光純薬(株)製 特級)をそのまま使用した。剥離試験用のPETフィルムには市販の厚さ 125 μ mのもの、試作用サポータには市販のポリエステル製ひざ用を使用した。

2.2 試験および測定方法

所定の割合でHM、導電フィラー、EAcを混合してペーストを作成し、それをガラス板上にキャストして室内雰囲気下 24 時間以上乾燥させフィルム試料を得た。

得られたフィルム試料について、導電性、伸長特性、接着性を評価した。導電性は抵抗率計(ハイレスターUP およびロレスターGP、(株)三菱化学アナリテック)により体積抵抗率を測定し評価した。試験片寸法は 5cm \times 5cm とした。伸長特性は精密万能試験機(AGS-5kNX、(株)島津製作所)により引張応力、伸び率を測定し評価した。試験片形状は JIS K6251 ダンベル 8 号形状、試験条件はつかみ間距離 30mm、つかみ移動速度 200mm/min とした。接着性は JIS K6854-2 に準拠し、上記万能試験機により剥離時の最大荷重を測定し評価した。試験片は長さ 100mm \times 幅 10mm、塗布長さ約 10mm とし、厚さ 125 μ m の PET フィルム同士を被着材に用いて、温度 140°C、加熱時間 30 秒、加重約 3kg/cm² の条件下で作成した。試験時のつかみ移動速度は 100mm/min とした。

3. 実験結果および考察

図 1 に、フィルム試料の体積抵抗率と導電フィラー配合割合の関係を示す(以下、試料名を HM タイプ・導電フィラー重量% で表記する)。図より、どちらの導電フィラーも配合割合の増加に伴い体積抵抗率が急激に低下する領域があり、それ以降は緩やかに低下する傾向を示した。ただし、その割合は両者で大きく異なり、CB は GR の 1/3 ~ 1/4 程度で同じ体積抵抗率が得られた。GR 粒子がバラバラに HM 中に分散するのに対し、CB 粒子は微粒子が樹枝状に繋がった凝集体構造を持つことから、HM 中ではネットワークを形成するように分散し、導電経路を発達させるものと思われる。

図 2 に、HM1-CB 系フィルム試料の引張試験結果を例示する(図は CB 配合割合と伸び率の関係となるようプロットしている)。図より、CB 配合割合が少し増加するだけで急激に伸びにくくなるのがわかる。前述のように、樹

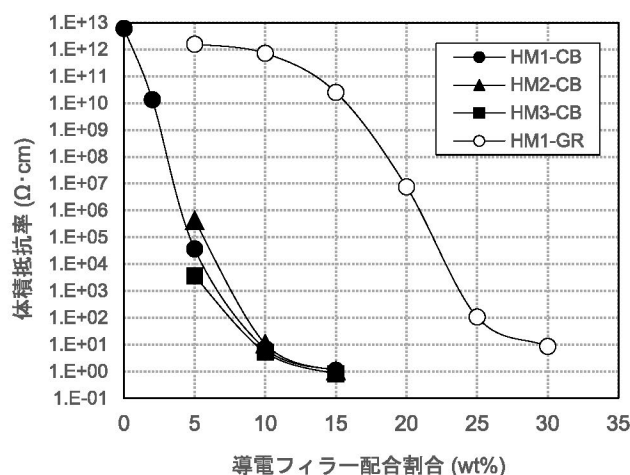


図 1 導電フィラー配合割合とフィルムの体積抵抗率

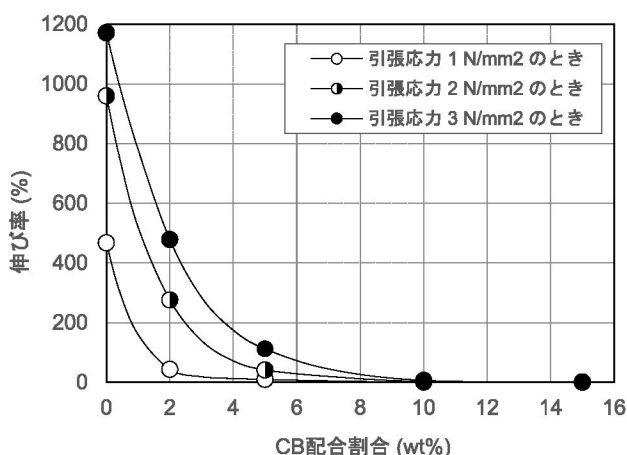


図 2 フィルム試料の引張応力と伸び率

枝状凝集体構造を持つ CB がフィルム全体を網目状に補強するためと考える。この傾向は他の HM タイプでも全く同様であった。従って、CB5%、10%のフィルム試料をウェアに加工した場合、伸びは拘束され、着用感低下が避けられない結果となった。また、HM タイプによる伸びやすさの順序は、HM3<HM2≤HM1 となり、HM1 がベース材として最も優れていた。

図3に、フィルム試料の剥離試験結果を HM タイプごとに示す。ポリエステル製サポータへの接着加工を想定し、被着材は PET フィルム同士とした。図より、いずれの HM タイプでも CB 配合割合の増加により剥離強さは低下したが、とりわけ HM2 ベースのフィルム試料の低下が顕著であるのに比較し、HM3 ベースのフィルム試料は低下の割合が小さかった。HM3 はゴム状弾性を備える熱可塑性エラストマーでもあることから、ハード/ソフトセグメントにより構成されるマイクロドメイン構造を有すると考えられる。各ドメインでの CB の相溶性、分散性が異なるため CB 低含有/高含有ドメインが形成され、低含有ドメインによって接着性の低下が抑えられているのではないかと考える。

以上の結果より、導電性、伸長性、接着性すべてに優れる HM/導電フィラーの配合は見いだせなかったが、各特性において最善と思われる配合のフィルム、導電性・伸長性：HM1-CB10%、接着性：HM2-CB 未配合を積層した複層フィルムを作成し、市販サポータへ模擬配線加工を行った。図4に、加工したサポータの写真を示す。図中 b) に示した加工部分を繰り返し 50%伸長させてもフィルムの破断や剥がれは見られなかったが、c)に示すように伸長による変形が回復せず、シワ・波打ちが発生した。伸長性ととともにその回復性も大きな課題として残った。

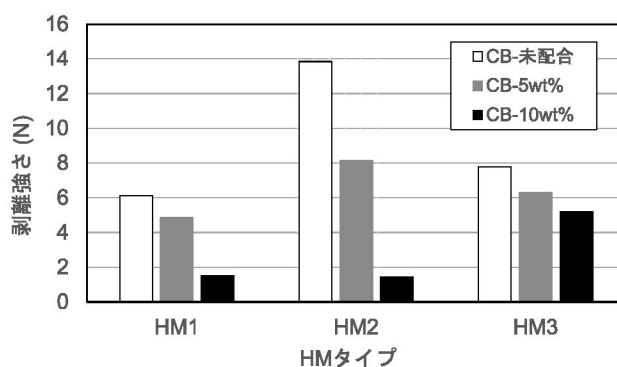


図3 CB 配合割合と剥離強さ

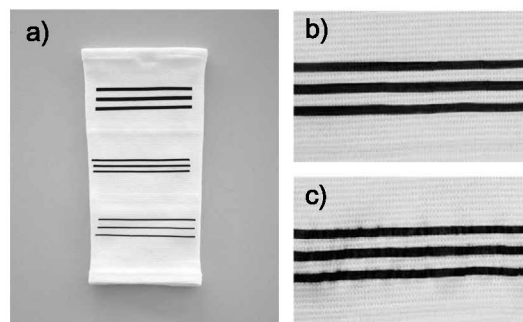


図4 導電性フィルムによる配線加工試作サポータ
a) 全体、b) 配線部拡大、c) 50%伸長後の配線部

4. 結言

スマートテキスタイルの配線や電極として使用可能な熱接着性素材の開発を目的に、ホットメルト樹脂とカーボン系導電フィラーから成る導電性フィルムを作成し特性評価を行った。その結果、高導電性カーボンブラックを 10wt%程度添加することにより $10^1 \Omega \cdot \text{cm}$ オーダーの体積抵抗率は得られたものの、同時に十分な伸長性・柔軟性と接着性を持たせることはできなかった。また、伸長後の伸びの回復も大きな課題として残った。

キーワード：導電性、フィルム、ホットメルト、カーボンブラック、サポータ

Development of supporter with conductive film

Life Materials Development Section; Norimitsu SANAE and Takumi YOSHIDA

Human Engineering Section; Katsuhiko SASAKI

For the purpose of developing the polymer-based conductive material that can be used as wiring and electrodes for smart textiles, we tried to make and evaluated the performance of conductive films in which carbon-based conductive fillers were dispersed in polyester-based hot-melt adhesive resins at a ratio of 2 to 30 wt%. As a result, it was possible to obtain the volume resistivity on the order of $10^1 \Omega \cdot \text{cm}$, by dispersing about 10 wt% of highly conductive carbon black, but not possible to obtain sufficient extensibility, flexibility and adhesiveness at the same time. In addition, improvement of tensile recovery of the conductive film was also remained as the major issue.