調査・報告

炭素化繊維利用に関する調査研究

古畑　雅弘*　渋谷　恵太*　河原　崇史*　笠原　勝次**
岡田　英樹**　三浦　一真***　桑原　理絵***

Report of Market and Technology Trends of Activated Carbon of Fibers

FURUHATA Masahiro*, SHIBUYA Keita*, KAWAHARA Takashi*, KASAHARA Katsuji**,
OKADA Hideki**, MIURA Kazuma*** and KUWAHARA Rie***

1. 緒　　言

綿，レーヨンなど汎用繊維を炭素化させた「炭素化繊維」は，比表面積が大きく優れた吸着性能や導電性，電磁波シールド性など様々な特徴を持つことが知られている。また，炭素化後も繊維の特徴である軽量・柔軟性を有することもメリットの一つである。昨年度は吸着性能や電気二重層キャパシタへの適用について調査研究を行ったが [1]，今年度も引き続き行うとともに新たに県内企業からニーズの高かった電磁波シールド材への適用について，技術動向や課題，適用の可能性について調査研究を行った。

2. 活動概要

2.1 研究会の開催

炭素化繊維の概要や電気特性を活かした用途として近年注目されている導電性繊維の市場動向および技術的課題について講演会を開催し，25 名の参加を得た。図 1 に講演会の様子を示す。アンケート調査では，導電性繊維の情報収集を目的とした参加者が多く，講演内容には「非常に参考になった」または「参考になった」と概ね好評であった。講演内容は以下のとおり。

開催日：平成 28 年 3 月 9 日

演題：「導電性繊維の開発動向と今後の市場性」

図 1　講演会の様子

講師：東京工業大学　名誉教授　谷岡明彦氏

概要：米国では国家プロジェクトとして兵員向けの軍服や装着品をはじめとした軍事用途で盛んに研究が行われている。人間の利便性・安全性を高める電子ツールとしてウェアラブルデバイスが注目されているが，デバイスが人間を取り巻く環境に入っていくためには，「軽量，薄型，柔軟，大面積，低コスト」が課題である。また，衣料用途へ展開するためにはストレッチ性や耐洗濯性も必要である。国内ではアラミド繊維を活用した切れない電線やヒーター，熱電変換デバイス，電池関連などで実用化され始めている。テキスタイルを活用した事例では，衣料のほかにカーテン，壁紙，カーペットなどへの展開に向けて研究が行われている。

2.2 市場や県内企業の動き

電気二重層キャパシタの電極に賦活化したヤ

*　素材応用技術支援センター
**　下越技術支援センター
***　中越技術支援センター

シ殻活性炭が使用されており，電圧，エネルギー密度の向上など一層の高性能化が求められている。比表面積の大きい炭素化繊維を活用した研究も行われているが，現状では大幅なコスト高となり，新たな機能性の付与や特殊な用途でない限り，ヤシ殻活性炭の代替として活用することは難しい。こうした中で綿炭素化繊維を用いた電気二重層キャパシタ電極が開発されたという報道は注目に値する [2)]。このほかに炭素化繊維を活用した事例としては，比較的発熱量の小さい面状発熱体などがある。

県内企業では，現在使用している電磁波シールド材の代替としての活用や電磁波シールド性を付与した樹脂製品の開発など，電磁波シールド材への適用について強いニーズがあった。

3.　工業技術総合研究所の取り組み

汎用繊維による炭素化処理実験を行い，素材による特徴や課題，吸着性能，電磁波シールド特性などを把握した。ここでは各繊維の炭素化実験について示し，各種機能性の評価を行った結果を報告する。

3.1　繊維の炭素化処理

管状炉を用いて炭素化処理および賦活化処理をさまざまな条件で行い，綿，レーヨン，絹の炭素化繊維を作製した。代表的な炭素化処理条件を図 2 に示す。綿，レーヨンは比較的容易に炭素化することができたが，絹は素材に含まれるタール，不純物が多く，部分的に塊状に固化するなどうまく炭素化することが難しかった。

3.2　炭素化繊維の各種性能評価

前項で作製した炭素化繊維の各種特性を把握するため，吸着特性，電気特性および電磁波シールド特性などについて試験を行った。以下に測定した結果の一部を示す。

3.2.1　液相吸着性能

液相における活性炭の吸着性能を評価する方法としてメチレンブルー溶液の脱色程度を測定する手法があり，試験方法が「JIS K 1474 活性炭試験方法 7.1.2.3 メチレンブルー吸着性能」に規定されている。作製した各種炭素化繊維および市販の活性炭についてこの方法に準拠して試験を行い，吸着性能を評価した。試験を行った中では賦活化処理を行った綿炭素化繊維が最も高い吸着性能を示した。

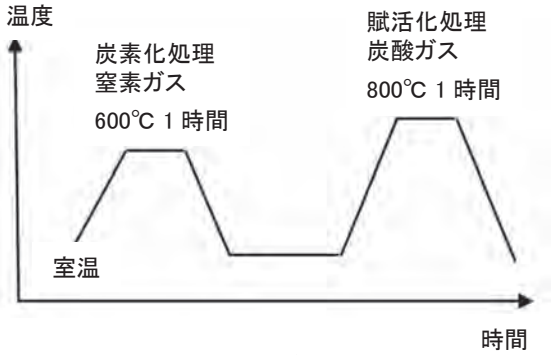

図 2　炭素化および賦活化処理条件

3.2.2　気相吸着性能

気相における吸着性能の評価試験として，悪臭物質である酢酸，酪酸の消臭性能をガスクロマトグラフを用いて測定した。その結果，炭素化繊維の中には市販の活性炭よりも高い消臭性能を示すものもあった。また，液相吸着性能の結果と合わせて考えると，炭素化繊維中の細孔径と捕集物質の分子の大きさの関係が吸着性能の良し悪しに影響を及ぼしている可能性が示唆された。

3.2.3　電気抵抗率

電磁波シールド材や面状発熱体の性能は，炭素化繊維の電気特性に影響を受ける。そこで各素材の炭素化処理温度による表面抵抗率を測定した。あわせて炭素化繊維の厚さを測定し表面抵抗率との関係を求めた。図 3 に結果の一部を示す。表面抵抗率はいずれも 3〜15Ω/□で，厚さと負の相関があった。また，処理温度が高いほど表面抵抗率が小さかった。

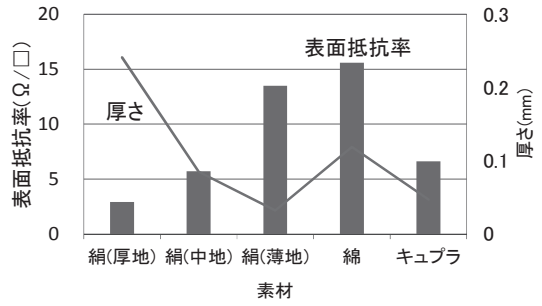

図 3　表面抵抗率と厚さ

3.2.4　電磁波シールド特性

シールド材の性能評価法として同軸管法が知られている。これは図 4 に示すような同軸管にドーナツ型試料を挿入し，ネットワークアナライザを使用して反射特性と透過特性を測定する方法である。測定可能周波数範囲は 45MHz～3GHz である。試料は外径 47mm，内径 5mm のドーナツ状で，その加工精度や治具に装着する際の電気的接触不良などが測定値に大きく影響する。絹を 1,300℃で炭素化した試料の電磁波シールド測定結果を図 5 に示す。減衰率は約 30～35dB で測定範囲全域で比較的平坦な結果が得られた。一般的に電磁波シールド材の減衰率は 30dB 以上必要といわれており，炭素化繊維がシールド材として適用可能であることが分かった。

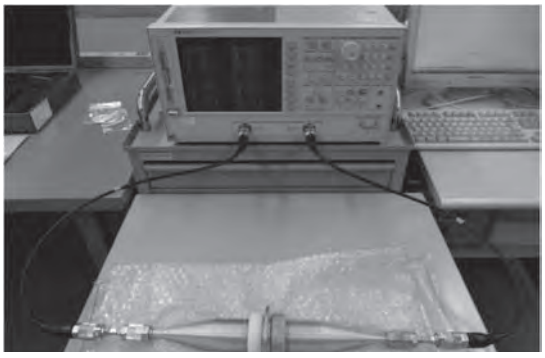

図 4　電磁波シールド測定器の外観

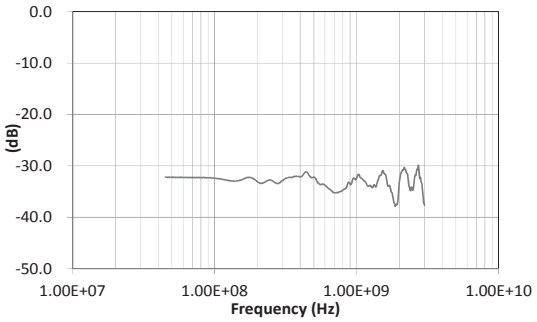

図 5　電磁波シールド測定結果

4.　結　　言

(1) 炭素化繊維の用途について調査し，吸着材，電磁波シールド材，電気二重層キャパシタへのニーズがあることが分かった。特に電磁波シールド材への適用ニーズが高かった。

(2) 吸着材および電気二重層キャパシタへの適用は，市販活性炭に比べコストが高く，炭素化繊維の特徴を活かした用途でなければ活用が難しい。

(3) 絹炭素化繊維の電磁波シールド性能を測定した。その結果，減衰率は 30～35dB で，45MHz～3GHz の広い周波数範囲にわたって比較的平坦な減衰効果があることが分かった。

参考文献

1) 明歩谷英樹，渋谷恵太，笠原勝次，岡田英樹，三浦一真，依田毅，“炭化繊維利用研究会報告”，工業技術研究報告書，No.44，平成 26 年度，pp.71-73.

2) 日刊工業新聞，2014.3.27.