

導電繊維のファブリック設計技術に関する調査研究

本庄 恵美* 平山 勝登** 中村 勇斗**

1. はじめに

導電繊維は電気を通す性質を持ち、繊維の種類では、表面に銀や銅などの金属を被覆しためっき糸やカーボンを合成繊維等に練りこむ、もしくはコーティングした繊維、導電性ポリマーを使用したものなどが、主に流通している。静電気防止、電磁波シールドなどの用途を想定して、多様な導電繊維が開発されている。導電繊維の市場は、高機能化・軽量化ニーズを背景に、2030年代にかけて高い成長率が見込まれており、従来の用途に加え、IoTや医療、航空宇宙分野などのインフラを支える基幹技術としての普及が期待されている。

そこで、導電繊維や高機能繊維を使用した製品開発に関する県内企業のニーズや課題をヒアリングしたところ、特に設計・試作加工と機能性評価に関する要望が多いことがわかった。

2. 目的

企業ニーズの1つに、導電繊維の設計・試作加工に関する課題があることを踏まえ、本調査研究では、導電繊維の混用割合や、編組織等のファブリックの設計条件の違いが、導電性能（電磁波シールド性、導電性）に与える影響を調査し、課題解決を図る。また、材料コストや生産コストが高いという導電繊維特有の課題もあり、社会実装に向けて大きな障壁となっていることから、最小の使用で最大の効果を創出する設計条件の探索や、設計条件の異なるファブリックサンプルの物性を把握することで、あらたな用途探索に活かすことを目的とした。

3. 研究内容及び結果

3.1 導電繊維ファブリックの設計と試作

3.1.1 供試材と加工装置

導電糸は、ナイロン100%の糸に銀めっきを施したミツフジ（株）のAGPOSS（100d/34f）を用いた。混用繊維には、綿糸80番双糸の非導電糸を用いた。

ニットファブリックの編成には、ホールガーメントコンピュータ横編機15ゲージ（SWG091N2、（株）島精機製作所製）を用い、繰返機（久保田兄弟鉄工所製）で糸の分割、合糸を実施した。

3.1.2 設計条件

表1に9種類の設計条件を示す。編組織は天竺とメッシュの2種、針数は総針と針抜の2種、度目は3種、導電繊維の混用割合を変えたものは天竺組織を3種、メッシュ組織を3種設計した。これらにより編密度、編組織、導電繊維の混用割合の影響を検証した。また、データはSDS-ONE APEX3ニットペイントにより袋状のデザインとして作成し、ニットサンプルを試作した。

表1 設計条件

No.	編組織	針数	度目	導電/非導電繊維	
				本	本
①	天竺組織 【総針】	総針	28	4	0
②		総針	32	4	0
③		針抜	28	4	0
④		総針	28	3	1
⑤		総針	28	2	2
⑥	メッシュ組織 【針抜】	総針	28	1	3
⑦		針抜	35	3	0
⑧		針抜	35	2	1
⑨		針抜	35	1	2

3.2 電磁波遮蔽効果の確認

3.2.1 電磁波遮蔽試験方法

試作サンプルの電磁遮蔽効果を簡易的に確認する試験を行った。図1に示す電界センサー（EP-600 東陽テクニカ製）を、試作した導電性ファブリックで覆った試験体に対し、簡易電波暗室内において10V/mの電磁波を印加し、電界センサーからの出力を測定した。

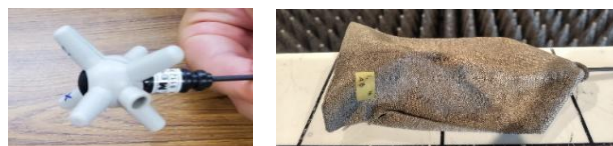


図1 電界センサー（左）と試験体外観（右）

3.2.2 電磁波シールド効果

試作サンプルで覆った場合の測定電界は、被覆なしの測定電界を基準として、おおむね-40dBを下回っており、導電性ファブリックの電磁波遮蔽効果が確認できた。図2に、被覆なしの測定電界を基準とした測定結果を示す。導電繊維が1本で混用率25%のサンプル⑥や、メッシュ組織で導電繊維が1本のサンプル⑨など、導電繊維の使用量が少ないものは、他のサンプルと比べて-40dBを上回る傾向がみられ、減衰効果が

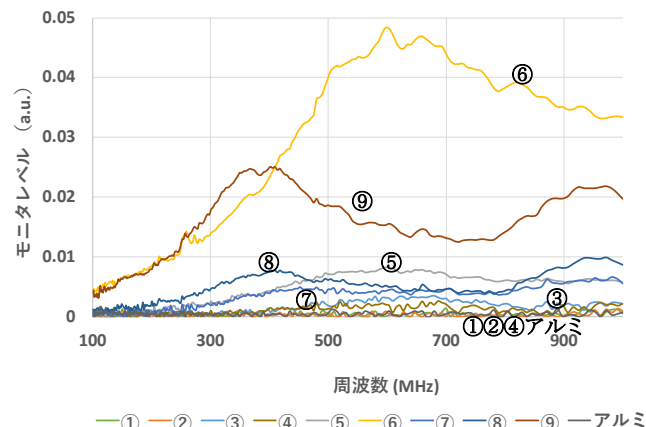


図2 電界強度（被覆なしで測定した結果を1とした比）

小さいことが分かった。図3に、今回試作した各サンプルの単位面積当たりの導電繊維重量の結果を示す。サンプル⑥、⑨以上の導電繊維を含む場合、遮蔽効果は-60dBを下回る傾向がみられるものの、電界センサの測定限界以下であり、正確な測定はできない。導電繊維量の増加に応じて遮蔽効果が大きくなる傾向は得られているので、導電繊維ファブリック設計における電磁遮蔽効果の目安となる可能性は確認できた。

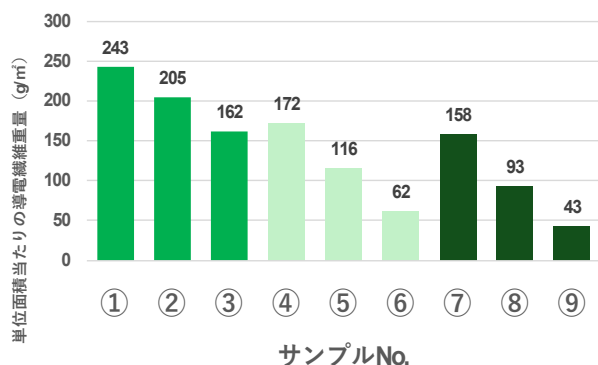


図3 各サンプルの導電繊維重量

3.3 体積抵抗率の測定

抵抗率と導電率は、逆数の関係性がある。導電性を評価するために、三菱化学（株）の低抵抗率計ロレスタ GP により、体積抵抗率を測定した。各サンプルから 100×60 mm を切り出して試料とし、プローブを試料の長辺と平行に、試料の中心に重ねて、1 か所測定した。

図4に、体積抵抗率と各サンプルに使用されている導電繊維重量との関係性を表した結果を示す。50g 前後の導電繊維使用量が少ないサンプルは、体積抵抗率が低く、導電性は低い結果であり、繊維同士の接触点が少ないためと考えられる。メッシュ組織によるサンプルは、天竺組織より抵抗率が若干高くなることから、編組織の差異による違いを確認できた。また天竺組織の密度条件では、密度によって抵抗率に変化は認められず、導電繊維の使用量が一定の重量以上であれば、十分な接触点が確保されていると考えられる。

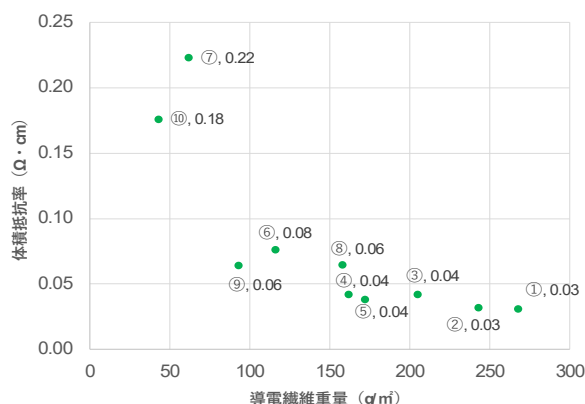


図4 体積抵抗率

3.4 圧縮特性と熱伝導率測定

3.4.1 圧縮特性評価

図5に、圧縮仕事量と圧縮後の回復性の結果を示す。試料は天竺組織の総針①、針抜③、メッシュ組織⑦の3サンプルで、圧縮試験（KES-G5、カトーテック（株）

製）を実施した。メッシュ組織のように密度が粗くなると、圧縮しやすいが、押した後の回復性は低い。逆に、総針のように編密度が高いと、圧縮しにくいけれども、回復性は高い結果となった。編組織や編密度によって、圧縮特性が異なることが示された。ファブリック設計によって、特性がコントロールできる評価軸として、導電設計に活用できる可能性が確認できた。

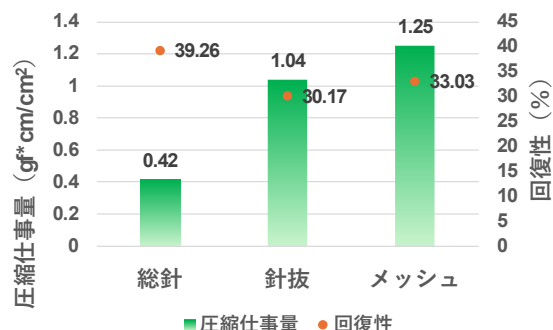


図5 編組織の異なるサンプルの圧縮特性

3.4.2 平均熱流量の測定

図6に、KES-F7 サーモラボ（カトーテック（株））による熱伝導率測定時の平均熱流量を示す。導電繊維の混用率でみると、天竺組織、メッシュ組織ともに、混用率が高いものは熱伝導が良い傾向が見られ、100% 導電繊維のサンプルは、密度の高いものほど熱伝導が高い。空隙の影響を受けにくいと考えられる。

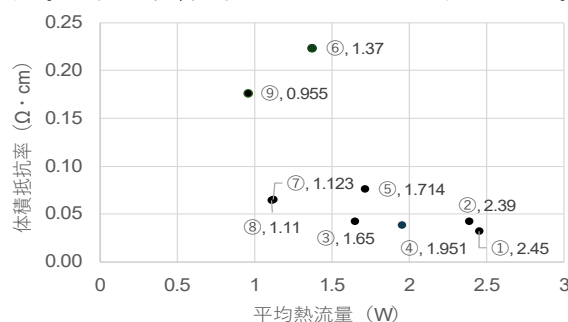


図6 平均熱流量

4. まとめと今後の課題

- ・電磁波シールド性、抵抗率、圧縮特性、熱伝導率について測定を行い、設計条件による差異を把握した。
- ・天竺組織、メッシュ組織ともに、導電繊維の混用割合が30%以下になると、電磁波遮蔽効果や抵抗率の面で性能が低下する傾向があることを確認した。
- ・圧縮特性がファブリック設計により調整できる可能性が示されたことから、厚みや他繊維との混用など、設計におけるパラメーターの関係性を検証することで、目的にあった導電設計への応用に活用したい。
- ・導電繊維の効果を維持しながら、導電糸の使用量を最小限に抑えて設計できる可能性が高いことから、編地以外のファブリック構造（織物、組物等）についても検証し、設計技術の指針としたい。