電磁波シールド繊維の開発と応用展開

Development and Application of Shielding Fabrics

高 木 進

1. はじめに

20 余年前、当社は導電性繊維『プラット®』の開発に着手した。当時はコンピューターを代表とする OA 機器が普及し始めた時期で、電磁波の人体への影響や他通信機器の誤作動等がクローズアップし始めた頃である。

社会環境の変化は新事業創出のチャンスであり、技術面では無電解メッキの手法を使えば導電性、電磁波シールド性を繊維に付与でき、電磁波対策素材として用途開拓が期待できると考えた。

用途開拓には時間を要し、導電性繊維がパソコンの電磁波シールド材として特徴を認められてからは、パソコンを中心とする情報機器の進展に伴い順調にそのマーケットを拡大してきた。

2. 導電性繊維『プラット®』

2.1 電磁波と電磁波障害

電磁波とは何か。表 1 に示すように、1Hz 以下の超長波から赤外線、可視光線、紫外線、放射線に至るまですべてが電磁波であるが、情報機器においては長波からマイクロ波が最も重要視される。

電磁波障害は、人体への影響と情報機器間における誤作動の二つに大別される。人体への影響については、未だ定説はないようだが何らかの影響を人体に与えているとの認識は一致しているようである。電磁波の有害を唱える図書も多く見うけられ、また公的機関でも、調査、対策に乗り出しているとの報道が幾度も新聞にぎわせている。

一方電子機器間のノイズによる誤作動も心臓ペースメーカーの動作不全、航空機の機器の誤作動等々が報告され、航空機に搭乗の際とか、病院内では、携帯電話の電源を切めることは常識になっている。

この例が示すように、電磁波には善悪二つの側面がある。

携帯電話は電磁波が存在することにより成り立ち、非常に便利である反面、航空機、病院、通信機器の誤作動を引き起こす可能性があり、大変な惨事の原因になり得、人体への影響も懸念されている。

このことからからも、電子機器における電磁波対策は単に電磁波を機器外に出さないだけでなく、電磁波の善悪のバランスを考える必要がある。具体的には、電子機器から他に悪影響を与える様な電磁ノイズを発生させないことと、様々な電磁環境においても機器システムが影響されずに正常に機能することが必要である。

表 1 電磁波の種類と利用分野

名 称	周波数帯	主な利用分野
ULF 超超長波	0.03 ~ 3Hz	
ELF 超長波	3 ~ 3,000Hz	家庭電気製品、高圧電線
VLF	3 ~ 30KHz	電磁調理器、無線航行
LF 長波	30 ~ 300 KHz	無線、気象通報
MF 中波	300 ~ 3,000KHz	放送、無線、船舶通信
HF 短波	3 ~ 30MHz	航空機通信、短波放送
VHF 超短波	30 ~ 300MHz	TV 放送、航空管制通信
UHF 極超短波	300 ~ 3000MHz	TV 放送、携帯電話、無線
SHF マイクロ波	3 ~ 30GHz	衛星放送、通信、LAN
EHF ミリ波	30 ~ 300GHz	各種レーダー、衛星通信
サブミリ波	300 ~ 3000GHz	光通信システム
赤外線	~ 384THz	加熱
可視光線	~ 789 THz	
紫外線	~ 30,000THz	レーザー
X 線	~ 3,000 万 THz	医療機器
γ 線	3,000 万 THz ~	科学観測機器

2.2 電磁波シールド性

本題でもある電磁波シールド性に付いて若干触れておく。物体に入射した電磁波(E0)は物体の表面での反射(R)、内部吸収(A)、内部反射損失(B)及び透過波(E1)に分かれる。

シールド効果(SE)との関係は

$$SE = A + R + B$$

シールド効果は次の式で求められる。

$$SE(\text{dB}) = 20 \log E0/E1$$

* 磁界波に付いては省略

E0 : シールド材が無い時の電界強度(V/m)

E1 : シールド材を透過した電界強度(V/m)

一般に電磁波シールド材には最低 40dB、つまり 99% 以上の遮蔽効果が求められる。

繊維とかプラスチックは電磁波に対し透明であり照射さ

SUSUMU TAKAGI

セーレン(株)技術開発部門開発研究第二部
部長、工学士

〒918-8560 福井市毛矢 1 丁目 10-1

Tel : 0776-35-2112 Fax : 0776-35-2115

E-mail : takagi@seiren.co.jp

専門 繊維の機能化、複合化

趣味 スポーツ観戦、球技

図 1

れた電磁波は物質を透過する。一方金属を代表とする導電性物質はその界面で電磁波のインピーダンス不整合により、あたかも光に対する鏡の様に反射する性質がある。

つまり導電性物質は電磁波シールド性も併せ持つており、金属との複合材である導電性繊維『プラット®』は、電磁

図 2 KEC 法セル構造と測定の様子

波シールド繊維でもある。

素材のシールド性能評価法としてはアドバンテスト法や KEC 法が知られている。この測定法は図 2 に示すように、シールドボックスの中央を試料で遮り前後での発信電波の減衰を評価する方法である。

2.3 導電性繊維『プラット®』の特徴

導電性繊維『プラット®』の構造は図 3 に示すように、繊維の糸一本一本の表面が金属化された構造をしている。繊維一本一本に金属薄膜を形成することにより繊維の特徴を生かしたまま金属の特性を付与することが出来る。従来のフィルムラミネート、樹脂コーティング手法では繊維繊維全体を導電化することはできず、柔軟性も損なわれる。

図 3 導電性繊維の構造

蒸着、スパッタリング等の気相系処理では繊維の表裏全体を導電化することは困難であり、またその導電性のレベルは低い。凹凸のある複雑な形状の繊維布帛の金属化処理は溶液系処理である無電解メッキ手法が最良の手法であり、『プラット®』は本法を採用している。

繊維に無電解メッキにて金属薄膜を密着性良く複合化することにより、金属箔並の導電性を得ることができる。当社で生産している平均的な導電布の電気抵抗値は 10 ~ 50 mΩ/ である。

金属を複合することにより繊維に電磁波シールド性が付与される。当社では市場の要求する電磁波シールド性を満たすべく商品を開設計製造しており、その商品の多くは 40dB (遮蔽率 99%) ~ 100dB (遮蔽率 99.999%) の性能を有している。

繊維の第一の特徴は柔軟でフレキシビリティに富むことにあり、この点で繊維に勝る素材は他に見あたらない。また軽量で強いという特徴も他素材の追随を許さない。同一断面積の糸で支えられる重量は衣料用のポリエステル、ナイロンの糸でも鋼材を上回っている。

構造の多様化も他素材を圧倒している。ポリエステル、ナイロン、アクリル等々糸組成の多彩さ、様々な形状の糸断面、織物、丸編み、トリコット、不織布等々多種多様なシート化手法とその構造等々……。長年繊維業界が培ってきたこれら技術は他の素材、他の業界では到底考えられない世界といえる。

当社はこの多様性に富む繊維素材と金属とを複合製造するに当たっては、100 余年にわたり培ってきた繊維加工技術をフルに活用している。布帛設計、金属と繊維の密着性、製造装置、管理技術、評価技術のいずれもが従来の繊維加工を基に深化、展開した技術である。

『プラット®』はシールド材として必要な性能、耐久性をはじめユーザーの要求特性を盛り込んだ商品を開設計し市場に供給している。(商品性能例 図 4)

当社では、繊維の特徴を最大限に生かし、他素材では出来ない特性の導電布を開設計することで、従来素材に打ち勝ち、新たな市場の開創と事業拡大をはかってきた。その代表が情報機器類の電磁波シールド材市場である。

2.4 電磁波対策と電磁波シールド繊維

今や必須となった情報機器の電磁波対策としては次の手

シールド性評価結果

耐久性評価結果

図 4 導電性繊維の性能

法がよく用いられる。

基盤と筐体を電氣的に一体化することにより電磁波発生の低減をはかる。

筐体本体、その隙間、ケーブルからの電磁波の漏れを、電磁波シールド材で被覆する。

ディスプレイ等の窓材に付いては可視光線が透過可能な電磁波シールド材で覆う。

はいわゆるアース(グラウンディング)と呼ばれ、基盤と基盤、基盤と筐体を導電性物質でつなぎ電氣的な一体化で電磁波の低減をはかる手法である。パソコンのグラウンディング部材としては次に示すような特性が要求される。

i) 接触抵抗が小さい。

基盤に挟むだけで導通が取れる。(図5)

図5 グラウンディング

ii) 残留応力が小さい。

基盤のストレスが小さくこと。

iii) 基盤間の隙間が一定でなくてもアース(電氣的な一体化)が可能なこと

従来はスプリングフィンガーストリップと呼ばれる金属製のスプリングとか、ワイヤーメッシュと呼ばれるゴム製心材に金属製ワイヤーメッシュを被覆したものを基盤同士及び基盤と筐体の隙間に挿入していたが、隙間が一定しないこと、基盤に強いストレスが加わる等の問題があった。

柱状のウレタンフォームに柔軟性の高い導電性布帛を巻いた、いわゆる導電性布巻きガスケット(図5)と呼ばれるものが提案されると、その柔軟な弾性と表面導電性が高く評価され、この用途では他を圧倒しこの市場を完全に制覇した。

パソコンでの実際の使用例を図6に示す。

一方筐体とかケーブル等からの電磁波の漏れに対しては、

図6 パソコンの基盤
(部が導電性布巻きガスケット)

図7

その隙間やケーブル自体を電磁波遮蔽材で覆う方法が用いられる。従来筐体の隙間には導電性ゴム等を充填する方法により、ケーブルからの漏れに対しては金属箔をケーブルに被覆することにより対策するのが一般的であった。しかし筐体の隙間対策も導電性布巻きガスケットがその使いやすさ、性能等で他を圧倒してきた。ケーブルの電磁波対策は、高い電磁波シールド性と高度なフレキシビリティを併せ持つ導電性繊維製の導電性テープが作業性、性能の両面で高く評価され、金属箔から市場を奪ってきた。

ディスプレイは可視光透過性が必須であり、その用途に用いる電磁波シールド材は可視光透過性と不用電磁波遮蔽性の両立が必要である。

この特性を持つ電磁波シールド材として導電性薄膜をフィルム上に形成した透明導電膜と呼ばれるもの、銅箔をフォトリソ法を用いフィルム上にメッシュを形成したエッチングメッシュと呼ばれるものそして表面を金属化した繊維メッシュの三種の商品が存在する。

最近、薄型の大型テレビが従来のブラウン管テレビに替わり家電商品販売店頭をにぎわしている。この中で40インチを超える大型テレビはPDP(プラズマディスプレイパネル)が優位であり市場を伸ばしている。

このPDPは300万個を超えるプラズマ発光セルを持ち、原理的に多量の不用電磁波が放出され、必然的に電磁波対策が必要となる。(図7)

透明導電膜は、メッシュ素材に比べ電磁波シールド性が劣り、電磁波規制の厳しい民生用、輸出用にはメッシュが使用される。

当社は、メッシュ繊維物が可視光透過性を持ち、メッキすることにより電磁波シールド性との両立が可能であることに着目、数年前からPDP用電磁波シールド材に特化して、製造販売している。図7にシールド材として使用されている状態を拡大写真で示した。

2.5 繊維、素材の特徴を生かした商品例

導電性繊維事業を今後さらに拡大するには、従来他の素

材では満たされなかったニーズに対して繊維の特性を生かし解決するか、全く新たな市場を創生するしかない。この市場では異業種、異素材と競合するのが常でありこの中で勝ち残って行くには、繊維の他にない特性、多様性を十分に生かす必要がある。時には従来の概念をうち破る商品設計、工程設計が必要となる場面もある。以下繊維、素材の特徴を生かした『プラット®』の商品例を示す。

i) 繊維の断面形状を生かした例

図 8

非常に薄い導電布の要求に対して、開発した導電布の例を図8に示す。通常の丸断面の繊維を扁平系に変えることにより導電布の厚みを30%薄くすることができた。導電布の厚みを薄くすることにより柔軟性が向上し電磁波シールド性も向上することができた。

ii) 素材の特徴を生かした例

布巻き導電性ガスケットがグランディング材、筐体隙間の遮蔽材として優れた特性を有していることを述べたが、顧客ニーズを全て満たしているわけではない。

導電性布巻きガスケットは導電布をウレタンフォームに巻く必要があるので製造できる形態に制限が生まれる。例えば、円盤状とか星形のものを作ることはできない。厚さ1mm程度の薄い物を作る事も製造する上で大変厄介である。一方コネクタ部のガスケットを製造する場合、布巻

きガスケットを作った後打ち抜く為製造工程が長く、コストも高くなる。(図9参照)

これらの課題を解決すべく導電性ウレタンフォームを開発した。これはウレタンフォームと繊維布帛をフレームラミ技術で強固に張り合わせた上でメッキ加工することにより素材全体が均一に金属化され、上記課題を一気に解決できた。(図9参照)

この商品開発に於いては、ウレタンの劣化対策がポイントであった。

劣化対策は、ウレタンの組成、改質剤、フォーム構造の改良、めっき手法の改良で目標をクリアした。2年以上に及ぶ耐久促進試験をクリアしており、耐久性には自信をもっている。

iii) PDP 用電磁波シールド材

PDPは原理的に不用電磁波が放出され、ディスプレイに電磁波対策が必要であり当社では繊維メッシュを特化させ供給していることはすでに述べた。

PDPではパネルの保護、電磁波対策、色調整、光反射防止、赤外線カット等を目的に本体の前に前面板が装着される。(図10)

前面板に用いられる電磁波シールド材は 可視光透過性 色再現性、反射防止性(画像識別、コントラスト向上)が必要である。

この開発において最も大きな課題は、我々が従来培ってきた繊維加工技術、設備では市場ニーズを満たすことが出来ないことであった。

当時、繊維メッシュは市場に存在したが、市場が求める可視光透過率と電磁波シールド性を十分両立させることは出来なかった。それを実現する方法は、繊維を細くした上で糸間を広くしたメッシュの実現とそれをメッキ加工する製造技術の開発しかなかった。

当時の概念ではその様なメッシュでは“目ヨレ”と呼ばれる織物の組織崩れが避けられないと思われた。また大型ディスプレイとして40~50インチサイズの商品が無欠点であることが求められることも従来の繊維織物の概念とは大い

図9 導電性ウレタンフォームの特徴

図 10

図 11 評価風景

にかけ離れていた。

シールド材の新たな用途を開拓したいとの強い思いで、当社は繊維メーカー、製織メーカーの多大な協力も得てこの課題を乗り越えることが出来た。今では繊維メッシュならではの手法で、反射率低減を実現し、市場でもその優位性が認められている。

繊維メッシュを装着しての評価の様子、及びその結果を図 11～図 13 に示す。

3. 終わりに

導電性繊維開発に当たっては常に次の三点を意識してき

た。

繊維、繊維加工という基盤技術に立脚した開発で異業種との競合に勝つ

市場要求を満たす最適設計、開発

素材、加工、設備、評価技術

中国市場でも戦える競争力

特化技術と徹底した原価低減

開発を開始してから、二十余年を経過し、数年前から電磁波シールド材の市場も膨らみ、当社の電磁波シールド材事業も急成長してきた。今後も繊維の特徴を生かし商品開発、用途開発を続けてゆく所存である。

図 12 シールド材無し

図 13 シールド材装着