繊維製品への新規染色加工法及び機能性付与に関する研究

明歩谷　英樹*　五十嵐　宏*　毛利　敦雄*　山﨑　武*　森田　渉*

Research of New Dye Processing Method and Functionality Giving to Textile Goods.

MYOUBUDANI Hideki*,IKARASHI Hiroshi*,MOURI Atsuo*,
YAMAZAKI Takeshi* and MORITA Wataru*

抄　録

本研究ではナノファイバーの紡糸を簡単な設備により可能にするエレクトロスピニング法に注目し，この技術を用いて布への加工を試みた。加工方法や使用する素材によってどのような加飾形態になるか試験し，試作品を作製した。

1．緒　　言

近年，中国や台湾などの技術力向上に伴い，単一素材製品，単純製品は輸入により需要を満たすこととなり，さらに日本国内の繊維業界が得意としてきた中・高級品市場をも脅かす状況となっている。そのような中，県内繊維業界はアクションプランや独自の取り組みにより，更なる技術力向上を目指し挑戦し続けている。

我々は，県内繊維業界へ様々な技術シーズを提供することを目的に，新規染色加工及び機能性付与加工についての研究を行った。ここではエレクトロスピニング法[1) - 7)]と呼ばれるナノファイバーを手軽に製造する技術を用いて，布に模様形状を付与するための手法を検討したので報告する。

2．エレクトロスピニング法

エレクトロスピニング法とは，次に挙げる工程によりナノファイバーを形成する手法である。①高電圧を高分子溶液の入ったノズルの先端と陰極の間に印加することにより，ノズルの先端にできた溶液滴が電場中で陰極側に引っ張られ，やがて陰極側に溶液の一部（ポリマージェット）が飛び出す。②ポリマージェットは陰極側に達するまでに溶媒が蒸発し，その結果繊維が陰極側に不織布状で形成される。これがエレクトロスピニング法と呼ばれる手法であり，簡単に直径がナノオーダーサイズの繊維を作成することができるといわれている（図 1，2 参照）。

この技術自体は 1880 年代の Rayleigh が電場中での液滴の形態変化を観察したのが起源とされ[8), 9)]，また，1971 年にデュポン社の Baumgarten により発表された論文[10)]が有名である。近年のナノテクノロジーブームにより再注目され，欧米はじめアジア各国，国内では信州大学や滋賀県立大学，新潟大学などで盛んに研究されてきている技術である。

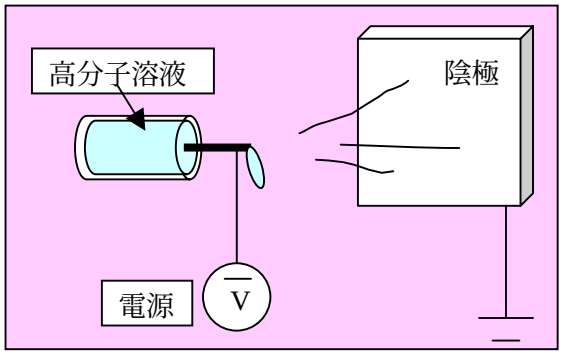

図 1　エレクトロスピニング装置

*　素材応用技術支援センター

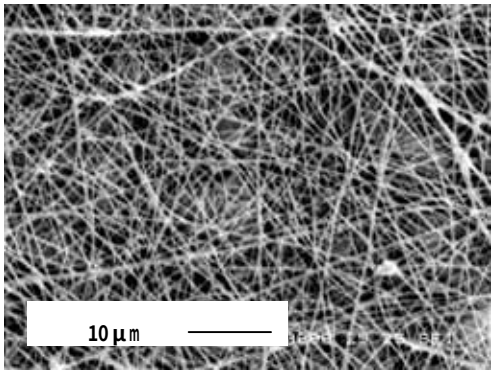

図 2　エレクトロスピニング法による加工糸

現在，この技術が多方面で応用されており，単なるフィルターとしての利用からリチウムイオン二次電池や電気二重層キャパシター用セパレーターへの利用，細胞培養用基材などへの展開が図られている。

我々はこの技術を織物や編み物といった衣料分野へ，布の加飾といった観点で提案できないか検討を行った。

3.　エレクトロスピニング法による布加工の開発

3.1　基本加工条件

当研究で行った基本加工条件を以下に示す。

（印加電場）4kV/cm

：直流電源にて 20kV を 5cm の電極間に印加した。

（陽極側）5mℓ シリンジ

（陰極側）銅板

：銅板の一端よりアースを取った。

（加工時間）模様が視認できるまでに約 3 分以上の加工が必要である。

3.2　加工法の検討

エレクトロスピニング法を使って布へ加工するに当たり，①電極間に加工布を挿入する方法，②金属細線を用いた布を陰極とする方法の 2 つの方法について検討を行った。

3.2.1　電極間に加工布を挿入する方法

電極である注射針の先端と陰極（今回は銅板を用いた）の間にターゲットである布を挿入した。電界が遮断される織物は加工ができないが，県内繊維業界が取り扱っている織り，編み物の厚み，組織であれば何ら問題はないと思われる。この方法を用いたモデルを図 3 に示す。

この手法を用いて PVA(ポリビニルアルコール)を加工した綿布を図 4 に示した。この加工法により安定して加工ができることがわかった。

また，加工布のしわ状態に変化を付けたり，マスクを掛けるなどすれば様々な模様が表現できることがわかった。

3.2.2　陰極に金属細線を用いる方法

陰極自身を導電性のある布にすることで加工が可能であるか試験を行った。このモデルを図 5 に示した。

金属細線（φ30μm）とポリエステル加工糸を引き揃え, 編み地としたターゲットに加工を行った。この編み地を用いるとクモの巣状にナノファイバーが付着し，立体的な加工ができた。このクモの巣状態を図 6 に示した。

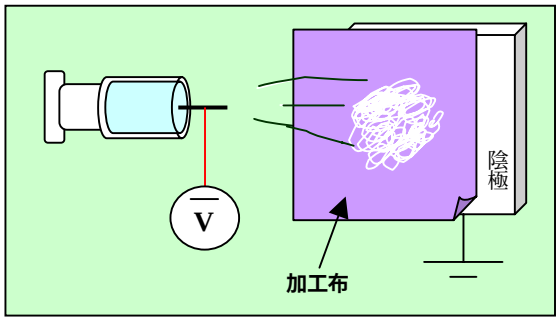

図 3　電極間に加工布を挿入する方法

図 4　PVA を加工した綿布

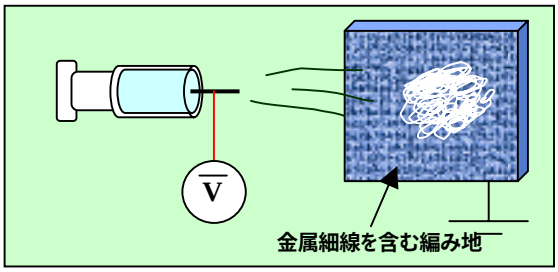

図 5　陰電極に金属細線を用いる方法

図 6　PVA を加工した金属細線入り編み地

以上加工法を検討した結果，電極間に加工布を挿入する方法や導電性素材を陰極にすることにより，布へエレクトロスピニング加工ができることがわかった。

3.3　各種素材による効果

エレクトロスピニング法を適用できる高分子素材と溶媒の関係については Zheng-Ming Huang らの論文[11]が詳しく示している。我々は，高分子溶液や加工布，印加電場を変化させることによって生じる布への影響を調査した。

3.3.1　高分子溶液による効果

表 1 に今回行った高分子溶液の組み合わせと濃度を示した。

表 1　高分子溶液の組み合わせ

高分子	溶媒	濃度
PVA	水	10wt%
ナイロン	蟻酸	10wt%

3.3.1.1　高分子溶液に PVA/水を用いた場合

形成される不織布状の模様は柔らかく，拡大すると綺麗なナノファイバーが形成されることが分かった。しかし，PVA が水溶性であることから，水分により剥離してしまうことや，基布との結合の弱さから摩擦などに弱いといった点が挙げられる。

3.3.1.2　高分子溶液にナイロン/蟻酸を用いた場合

加工布に十分結合し水洗いにも耐えるが，加工後の素材が固い風合いを示した。

図 7 に示すように加工布のナイロンフィラメント表面に加工で付着したナイロンナノファイバーが確認できる。

3.3.2　加工布素材による効果

高分子溶液と加工布との組み合わせによって，どのような効果が発現するのか検討した。ここではターゲットを綿布，ナイロン布と変えてナイロンを加工した時の形状を比較した。

綿布に加工した場合，加工布はフラットであるのに対し，ナイロン布に加工した場合はターゲットのナイロン布が溶媒である蟻酸によって収縮し立体的な織物になった。（図 8，9 参照）

3.3.3　印加電場による効果

印加電場を変化させることによって，布への加工にどのような影響が生ずるのか試験した。高分

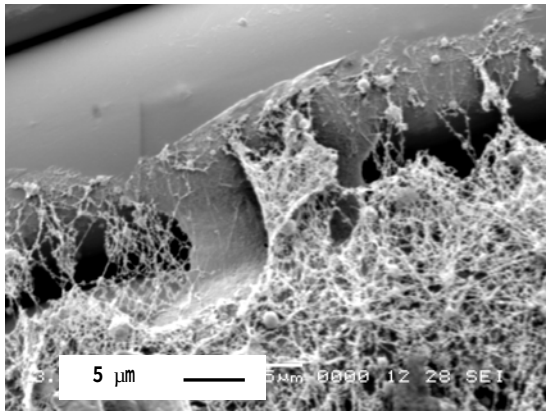

図 7　ナイロンを加工したナイロン布

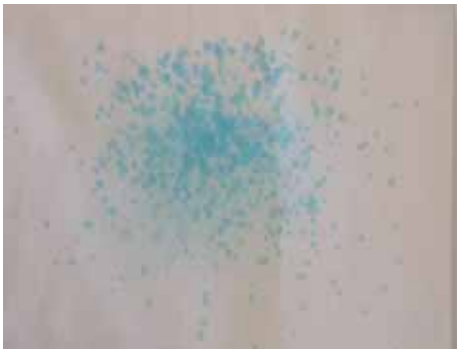

図 8　加工布素材（綿布）

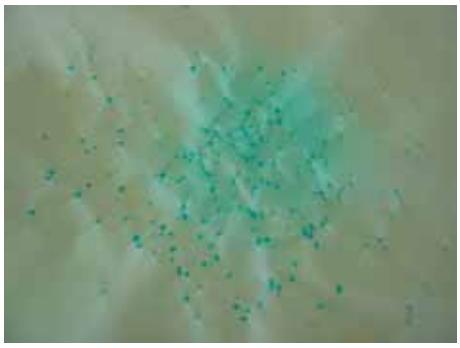

図 9　加工布素材（ナイロン布）

子溶液を PVA/水, ターゲットをレーヨン布として印加電場を変化させた時に形成される不織布状の模様の大きさについて試験し，その結果を図 10 に示す。

印加電場 2kV/cm まではほぼ一定の値を示しているが，それ以降は電圧増加と共に模様の大きさが大きく変化した。このように印加電場を変化させることで模様を変化させることに利用できることがわかった。ある一定以上電圧を掛けすぎると，加工布が絶縁破壊を引き起こし焦げが発生したり，模様部に溶媒が飛びスポット状の欠点が発生することに注意が必要である。

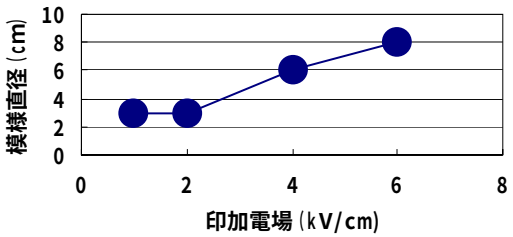

図 10　印加電場による模様直径の変化
（加工時間 3 分）

図 11　試作品

4．試作事例

あらかじめ染色したレーヨン布に PVA を加工し，エレクトロスピニングの特徴的な模様を付与した。（図 11 参照）

5．結　　言

(1) 電極間に加工布を挿入することや，導電性素材を陰極にすることにより，布へのエレクトロスピニング加工が大がかりな装置を用意することなく，容易に可能であることがわかった。

(2) PVA/水，ナイロン/蟻酸などの高分子溶液，およびターゲットの素材を組み合わせることにより，加工布にいろいろな模様や立体感の付与ができた。

謝　辞

当研究を進めるに当たり，多大なるお力添えをいただいた新潟大学　教育人間科学部　鋤柄教授に感謝申し上げます。

参考文献

1) 山下義裕, “ エレクトロスピニング法によるナノファイバーの創製　（その 1）ナノファイバーの作り方－（上）”, 加工技術, 40, 2, 2005, p101～103.

2) 山下義裕, “ エレクトロスピニング法によるナノファイバーの創製（その 1）ナノファイバーの作り方－（下）”, 加工技術, 40, 3, 2005, p167～172.

3) 山下義裕, “ エレクトロスピニング法によるナノファイバーの創製（その 2）エレクトロスピニングで作られたナノファイバーの出口 ”, 加工技術, 40, 4, 2005, p272〜272.
4) 山下義裕, “ エレクトロスピニング法によるナノファイバーの創製（その 3）エレクトロスピニングで機能性ナノファイバーを作る ”, 加工技術, 40, 6, 2005, p365〜369.
5) 山下義裕, “ エレクトロスピニング法によるナノファイバーの創製（その 4）なぜナノファイバーができるのか ”, 加工技術, 40, 7, 2005, p447〜450.
6) 山下義裕, “ エレクトロスピニング法によるナノファイバーの創製(その 5)現状と将来 ”, 加工技術, 40, 11, 2005, p720〜726.
7) 山下義裕, 田中皓, Frank Ko, “ エレクトロスピニング法を用いたナノエラストマーファイバーの作成 ”, 繊維学会年次大会予稿集, 2004, 1F05.
8) L.Rayleigh, Philos. Mag.14,184,1882.
9) 大川浩作, 山本浩之, “ 信州大学 21COE「先進ファイバー工学研究教育拠点」－新規な生分解性高分子材料の開発－ ”, 繊維と工業, 61,11, 2005, p311〜312.
10) P.K.Baumgarten, J.Colloid Sci , 36(1), 71, 1971.
11) Zheng-MingHuang, Y.-Z.Zhang, M.Kotaki, S.Ramakrishna, Composites Science and Technology, 63, 2003, p2223-2253.