

研究論文

自己組織化単分子膜(SAM)による消臭性付与

村井美保*¹

Deodorant Finishing with Self-Assembled Monolayer

Miho MURAI*¹Owari Textile Research Center*¹

自己組織化単分子膜(SAM)形成技術を利用した消臭性付与技術に関する研究開発を行った。ポリエステル織物に消臭性能を付与するためのSAM処理条件について検討し、処理布の性能を評価した。その結果、最大のSAM形成量が得られる熱化学蒸着(CVD)条件を見出した。また、処理布の性能として、ホルムアルデヒド、酢酸及びイソ吉草酸に対して消臭効果が得られることを確認し、5回洗濯後も消臭率90%以上を保持していることを確認した。

1. はじめに

私達の身の回りには、ペットやタバコをはじめ、シックハウス症候群の原因物質であるVOC等、不快と感じる臭いは様々ある。これらの臭いは生活環境を害し、心身の健康状態にも悪影響を及ぼす可能性がある。そのため、最近是不快臭の原因物質を取り除き、生活環境を向上させたいという消費者ニーズも高く、衣類やインテリア等の繊維製品にも消臭加工が行われた製品が多数市販されている。従来の繊維への消臭加工は、消臭効果のある機能剤を紡糸過程で繊維中に練り込む方法や、樹脂加工により塗布する方法が行われている。しかし、こうした加工方法では、機能剤が繊維や樹脂中に埋もれてしまうと、悪臭の原因物質と機能剤が効率よく接触することができず消臭効果が低減するため、いかに繊維表面に機能剤を介在させるかが課題であった。

そこで、「自己組織化単分子膜(SAM)形成技術」を活用した消臭加工について検討した。SAM膜は末端に反応基となる官能基を持つ分子が材料表面に整列して薄膜を形成するため、悪臭の原因物質を効率よく吸着することができる。当センターでは、平成20年度からこの技術を織物の機能性加工へ活用するための技術開発に取り組み、はっ水加工について研究を行ってきた^{1)~5)}。

本研究では、その成果を活用して、ポリエステル織物に消臭性を付与するための処理条件について検討し、処理布の性能を評価した。

2. 実験方法

2.1 試料

実験用ポリエステル織物には、JIS L 0803 に定められた染色堅牢度試験用添付白布を用いた。

2.2 真空紫外光(VUV)照射

SAMをポリエステル織物に固着させるための前処理としてVUV照射を行った。キセノンエキシマランプ(Model: MEBF-380BQ、波長172nm、光強度50mW/cm²以上(メーカー公称値)、(株)エム・ディ・エキシマ製)を搭載したVUV照射装置(株)エヌ工房製)を用い、試料をステージに載せ、点灯したランプ下部を往復させることによってVUVを照射した。試料とランプとの距離は約5mm(装置構成上ほぼ最も接近した距離)、試料搬送速度は約1mm/sec(装置構成上最も遅い速度)、往復回数を2回とした。

2.3 熱化学蒸着(CVD)

2.3.1 SAM形成試薬

SAM形成には、3-aminopropyltrimethoxysilane((CH₃O)₃SiC₃H₆NH₂)、信越化学工業(株)製)を用いた。

2.3.2 熱CVD処理

VUV照射をしたポリエステル織物(長さ28cm×幅20cm)と200μLのSAM形成試薬を入れたガラス瓶6本をステンレス容器に入れ密閉し、これを150℃に維持した熱処理装置に入れ120分間処理した。

2.4 蛍光X線分析

エネルギー分散形蛍光X線分析装置(EDX-900HS(株)島津製作所製)により、織物上に形成されたSAMに含まれるケイ素(Si)の蛍光X線(Si-Kα線)Net強度(ピーク面積)を測定して、SAM形成量の指標とした。測定条件は、印加電圧50kV、電流1000μA、照射面積φ10mm、測定時間200秒、真空雰囲気とした。なお、SAM形成していない未処理のポリエステル織物では、ピークは検出されなかったため、蛍光X線Net強度を0(cps/μA)とした。

*1 尾張繊維技術センター 機能加工室

2.5 消臭性試験

一般社団法人繊維評価技術協議会が定める SEK マーク繊維製品認証基準による消臭性試験に準じて行った。詳細な試験条件及び臭気成分減少率の算出方法を表 1 に示す。

表 1 消臭性試験条件

試験方法	検知管法	ガスクロマトグラフ法
体積	5L	0.5L
試料サイズ	20cm×20cm (約 2.3g)	10cm×10cm (約 0.6g)
測定温度	室温	
測定時間	2 時間	
臭気成分減少率の算出方法	臭気減少率(%) = (X-Y)/X × 100	臭気減少率(%) = (X-Y)/X × 100
	X: 臭気成分初期濃度 Y: 臭気成分残存濃度	X: 臭気成分の初期ピーク面積 Y: 一定時間経過後の臭気成分のピーク面積

2.6 洗濯試験

洗濯に対する消臭効果の耐久性を検討するため、ランダムオメーター（㈱東洋精機製作所製）を用いて、モノゲン 5g/L、浴比 1:40、試験温度 40±2℃で 30 分間洗濯試験を行った。洗濯後は水洗し、自然乾燥した。

2.7 耐光性試験

光に対する消臭効果の耐久性を検討するため、紫外線カーボンアーク式フェードメーター（FAL-5H 型 スガ試験機㈱製）を用いて、耐光促進試験を行った。照射条件は、ブラックパネル温度 83±3℃、照射時間 20 時間とした。

3. 実験結果及び考察

3.1 SAM 形成条件の検討

ポリエステル織物（7cm×7cm）に SAM 処理を行い、SAM の形成状態を蛍光 X 線分析により評価した。

熱 CVD の処理条件と蛍光 X 線分析の測定結果との関係を図 1～3 に示す。その結果から、処理温度が高くなるほど SAM 形成量（蛍光 X 線強度）は大きくなる（図 1）、処理時間が長くなるほど SAM 形成量が大きくなる（図 2）ことがわかった。また、薬剤使用量を変えて 28cm×20cm の試料を処理した場合、1000 μL 以上で、SAM 形成量はほぼ一定になる傾向があることがわかった（図 3）。

以上の結果から、熱 CVD の処理条件を SAM 形成量が最大となる処理温度 150℃、処理時間 120 分、薬剤使用

量 1200 μL とすることとした。

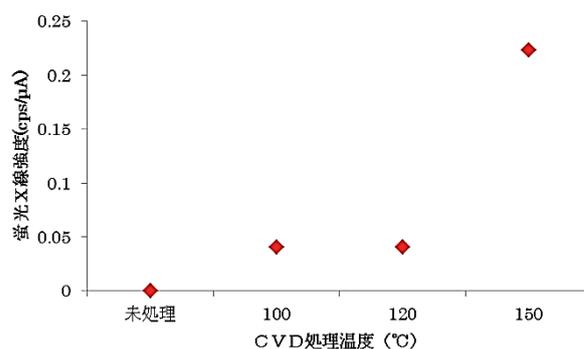


図 1 熱 CVD 処理温度と SAM 形成量との関係



図 2 熱 CVD 処理時間と SAM 形成量との関係

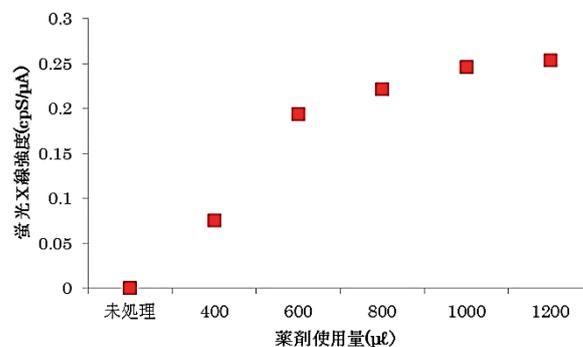


図 3 熱 CVD 時の薬剤使用量と SAM 形成量との関係

3.2 消臭効果の検討

アンモニア、ホルムアルデヒド、酢酸、イソ吉草酸、アセトアルデヒドの 5 種類を対象として、SAM 処理布の消臭性能を検知管法により評価した。

その結果、ホルムアルデヒド、酢酸、イソ吉草酸については消臭効果が確認できたが、アンモニア、アセトアルデヒドは効果が認められなかった。ホルムアルデヒド、イソ吉草酸に対する試験結果を図 4、5 に示す。臭気成分により吸着速度に多少差はあるが、いずれに対しても

60 分後には減少率はほぼ 100% になった。

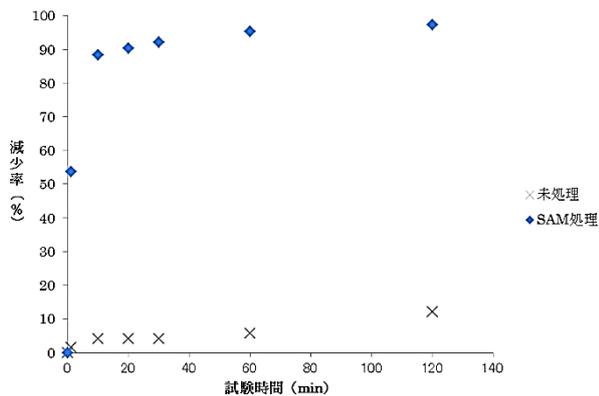


図 4 ホルムアルデヒドに対する消臭効果

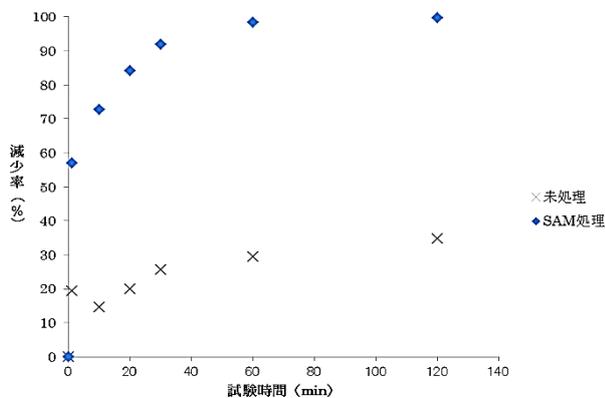


図 5 イソ吉草酸に対する消臭効果

また、上記消臭性試験において効果のあったホルムアルデヒド及びイソ吉草酸で繰り返し消臭性試験を行った。繰り返し試験は、約 20ppm のホルムアルデヒドガスまたは約 38ppm のイソ吉草酸ガスを注入し、2 時間後の残存量を測定した後、再び初発濃度に調整したガスを注入することを 5 回繰り返した。その結果を図 6、7 に示す。ホルムアルデヒドは 1 回試験後の減少率 100% が、5 回繰り返し試験後も 98.7% であった。また、イソ吉草酸については、5 回繰り返し試験後も減少率は 91.1% と 1 回目と同等の値であった。以上の結果から、5 回繰り返し試験後も消臭率 90% 以上を保持していることが確認できた。

3.3 耐久性の検討

洗濯に対する耐久性を検討した結果を図 8、9 に示す。ホルムアルデヒドは初期性能として減少率 99.4% が 5 回洗濯後も 96.9% であった。イソ吉草酸については、初期性能として減少率 100% が 5 回洗濯後も 91.1% であった。この結果から、SAM 処理は洗濯後も消臭効果が持続していることを確認できた。

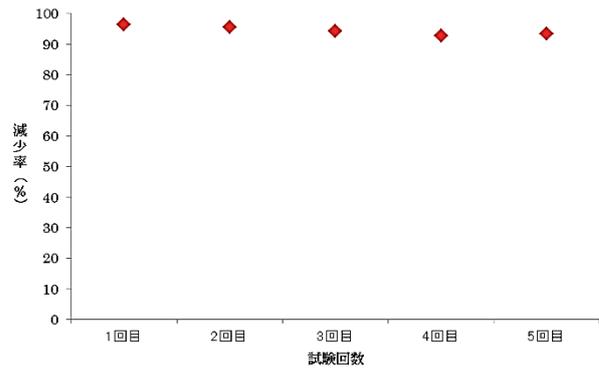


図 6 ホルムアルデヒドに対する繰り返し試験結果

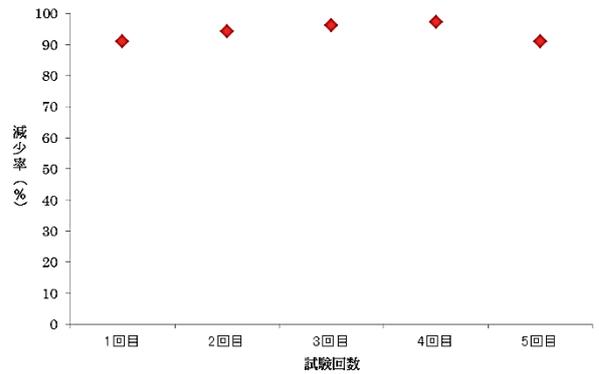


図 7 イソ吉草酸に対する繰り返し試験結果

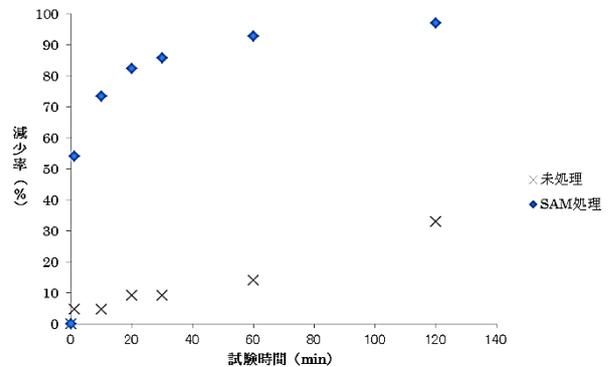


図 8 SAM 処理布の洗濯耐久性 (ホルムアルデヒド)

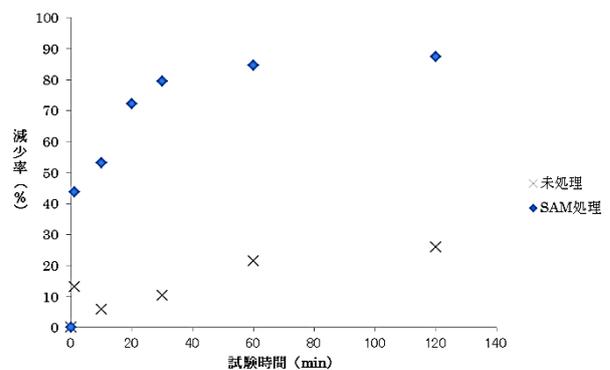


図 9 SAM 処理布の洗濯耐久性 (イソ吉草酸)

また、光に対する耐久性について検討した結果を図10に示す。消臭試験の対象ガスはホルムアルデヒドとした。耐光試験後のSAM処理布の消臭性能は、2時間後の減少率が85.4%と耐光試験前(図4)と比較して低くなり、吸着速度も緩やかになっている。この結果から、長時間太陽光などに曝されることで、消臭性能が低下することが懸念される。

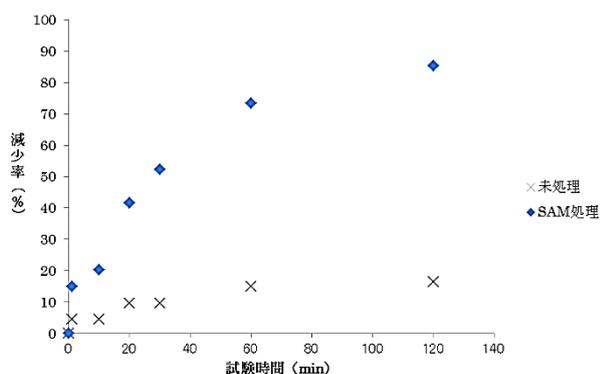


図10 SAM処理布の耐光性(ホルムアルデヒド)

4. 結び

SAM形成技術を利用してポリエステル織物に消臭性能を付与するための処理条件及び処理布の性能について検討した。その結果、ホルムアルデヒド、酢酸及びイソ吉草酸について消臭効果が得られることを確認できた。

また、洗濯に対する耐久性として、5回洗濯後も初期性能を維持していることがわかった。このことから、SAM形成技術の消臭加工への可能性を示唆することができた。

謝辞

本研究を実施するにあたり、ご助言・ご協力いただいた竹田印刷㈱に深く感謝いたします。

付記

本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構 平成26年度第2回研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP) フィージビリティスタディ【FS】ステージ探索タイプの研究開発にて実施した内容の一部である。

文献

- 1) 杉本貴紀, 金山賢治, 村井美保, 吉村 裕: 愛知県産業技術研究所研究報告, **9**, 108 (2010)
- 2) 杉本貴紀, 山田圭二, 村井美保, 吉村 裕: 愛知県産業技術研究所研究報告, **10**, 90 (2011)
- 3) 山田圭二, 藤田浩文, 池上大輔: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **1**, 110 (2012)
- 4) 山田圭二, 岡田光了, 村井美保: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **2**, 98 (2013)
- 5) 村井美保: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **3**, 92 (2014)