蓄熱加工繊維「エスサンプレ」

Heat Storage Fiber「S SUNPRE」

馬 場 俊 之

1. はじめに

衣服内の状態が暑くもなく寒くもない快適な条件は、皮膚と衣服との間の空気層の温度が $32\pm1^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度が $50\pm10\%$ 、気流が $25\pm15\text{cm/秒}$ といわれている¹⁾。衣服は人の肌が直接外気に触れるのを防ぐことで、暑さや寒さから体を保護する役割があり、特に寒さから体を守ることは重要である。この寒さにより低くなった衣服内温度を快適な状態まで高めるためには、昔から衣服の重ね着をする、厚手の衣服を着るなどの方法があるが、これらの方法では、重くかさばることで、動きにくくなり、肩がこるなど身体的な影響をうけるといったデメリットがあった。また、現在話題となっている地球温暖化問題と関連し、クールビズとともにウォームビズが提唱されていることも相まって、近年では軽くて薄い蓄熱素材が要求され、数多く開発されてきている。この蓄熱素材は、メカニズムによって次のようなものに分けることができる。

①断 熱

衣服内部の熱を外部に逃さないように遮断させる、または衣服外部の冷気を遮断して内部に入れないようにする素材であり、熱伝導率の低い材料を利用している。低熱伝導物質の最も代表的なものとして空気が挙げられる。この空気は衣服内に存在すると保温性を発揮するが、外部に逃げてしまうと保温性も失われてしまうため、衣服内にとどめておく、すなわち不動空気層を形成させる必要がある。この観点から、空気を繊維内部に封じ込めたものが中空糸であり、東洋紡績(株)の「エアキューブ」²⁾などがある。また、糸を構成する材料自体に低熱伝導率材料を用いる方法もある。例えば、低熱伝導物質のひとつであるPP繊維を使用したダイワボウノイ(株)の「ウォームプロPP」³⁾などがある。

TOSHIYUKI BABA

サカイオーベックス株式会社 テクニカルセンター 新商品開発グループ 係長
工学博士

〒918-8530 福井県福井市花堂中2-15-1

②吸湿発熱

繊維は人の体から発生される汗や水蒸気などの水分子と吸着すると、吸着熱と呼ばれる熱を発生する。この原理を利用したものが吸湿発熱繊維であり、吸湿率が高いほど発熱性も高くなる傾向があるため、吸湿率の高いウールやアクリル繊維を利用することが多い。日本エクスラン工業(株)の「エクス」⁴⁾はこの吸湿発熱性能の高いアクリル繊維を利用した製品である。

③遠赤外線反射・放射

人体から発生する輻射熱(放射熱)を外に逃がさない繊維素材。赤外線を反射するか、または吸収したのち再放射する材料を利用する。遠赤外線は、波長が $4\sim100\mu\text{m}$ の波長をもつ電磁波であり、水分に吸収されやすい性質をもっているため、これを利用して体を温めることができる。反射素材としては、銀やアルミニウムなどの金属を繊維にコーティングや蒸着、めっきをしたものがある。(株)ミューファンの「ミューファン」⁵⁾は純銀をポリエステルフィルムに真空蒸着し、 $150\mu\text{m}$ と $230\mu\text{m}$ の幅にスリットした糸である。吸収・再放出素材としては珪酸ジルコニウム系セラミックスを練り込んだ帝人ファイバー(株)の「ウォーマル」⁶⁾などがある。

④相変化

ある温度で液体から固体へ変化する相変化物質(Phase Change Materialの頭文字をとってPCMという)を繊維に配合した素材。周囲の温度が下がる際、PCMが液体から固体へと変化した時に凝固熱を放出し、暖かくなる。相変化物質としては、有機物(パラフィンワックスなど)や無機物、無機水和物(硫酸ナトリウム・10水和物)などがあり⁷⁾、繊維製品としては有機物を使用することが多い。KBセーレン(株)の「サーマルアシスト」⁸⁾は相変化物質を芯物質として含有したマイクロカプセルを繊維に配合させた商品である。

⑤太陽光の蓄熱

太陽光に含まれる赤外線や可視光線などを吸収し、その吸収した光エネルギーを効率的に熱エネルギーに変換して放出・発熱する物質を繊維に含有させた繊維素材。炭化ジルコニウムをポリエステル(PET)繊維に封入さ

せたユニチカトレーディング(株)の「サーモトロン」⁹⁾や特殊粒子を含有した三菱レイヨン(株)のアクリル繊維「コアブリッドサーモキャッチ」¹⁰⁾などがある。

2. 蓄熱加工繊維「エスサンプル」

地球上に照射される太陽の放射エネルギーの分布は0.5マイクロメートル付近にピークがあり、0.3~2.5マイクロメートルの波長領域内に全エネルギー量のほとんどが集中しており、それ以外の波長領域に分布するエネルギー量は極めて少ない¹¹⁾。この0.3~2.5マイクロメートルの波長の太陽光は、可視光や赤外線と呼ばれている。

このように日照中、絶え間なく豊富に地球上へ降りそそがれる0.3~2.5マイクロメートル領域の太陽光を自らが効率的に熱エネルギーとして変換できるような繊維構造物(繊維編物や不織布)を実現できるならば、移動性を制約することなく、衣類に暖房機能を付与することができる。そして、このような繊維構造物があったとするならば衣料用素材としてだけでなく、建築などその他の分野にも産業的に利用することが可能である。その発想から生まれたのが当社の蓄熱加工繊維「エスサンプル」である。この「エスサンプル」は、後加工により付与した繊維表面に局在する近赤外線吸収物質が、0.5~1.5マイクロメートルの波長領域の太陽の放射エネルギーを効率的に熱エネルギーに変換して放出することができるため、光が当たり続ける限り暖かさが持続する商品である。特長を以下に挙げる。

①繊維構造物への加工である

現在PET繊維素材において、このような太陽光を熱エネルギーに変換させて蓄熱保温性を付与するには、さきほどの章で紹介したユニチカトレーディング(株)の「サーモトロン」のように近赤外線吸収物質を紡糸段階で、糸に練り込んだものが主流である。しかし、当社の「エスサンプル」は繊維構造物に対し加工する商品であるため、糸に練り込んだものと異なり、素材が限定されず、また低コストで提供できるといったメリットがある。

②耐候性や耐熱性に優れている

近赤外線吸収物質は無機系であるため、有機色素などの有機系赤外線吸収物質¹²⁾と比較すると耐候性や耐熱性に優れている。このため、繊維表面からの近赤外線吸収物質のブリードアウトがなく、また近赤外線吸収性能の劣化がほとんどない。

③透明性が優れている

近赤外線吸収物質の平均粒径が1.0マイクロメートル以下である。これは可視光の波長より小さいサイズであるため、繊維表面に付与させても透明性に優れており、生地の色合いを変化させることがない。

④撥水・防汚加工の併用が可能である

水をはじく撥水性や油污れなどをはじく防汚性能を併用させることができるため、衣料分野だけでなく、資材分野などにも用途展開が可能である。

実際に「エスサンプル」加工したPET布帛の性能を紹介する。図1は、陽光ランプの光を「エスサンプル」加工布に照射し、25分間の試験片内部の温度をモニタリングした結果であり、図2は評価試験方法の概略図である。ここで、陽光ランプとは太陽光に近い分光スペクトル分布を有する演色性に優れたメタルハライドランプであり、(株)東芝製の反射形陽光ランプ(屋外用DR125/T(L))を用いた。試験は温度20℃、相対湿度40%の環境下で行い、試験片を水銀温度計に巻き付け固定し、試験片から10cm離れたところに陽光ランプを設置した。試験片は濃紺に染色したPET100%の織物を用い、「エスサンプル」加工した布帛と、比較として普通加工を施した布帛を用いた。また、洗濯に対する耐久性を確認するため、「エスサンプル」加工布は洗濯をしていない初期布(L-0)とJIS L 0217 103法に準じ20回(L-20)および50回(L-50)洗濯した布帛を評価した。光の照射は、照射前に試験片内部の温度が20℃になっていることを確認したのち行った。図1の結果からわかるように、普通加工布は試験片内部の温度が25分後で39.4℃であったのに対し、「エスサンプル」加工布は42.2℃であり、普通加工布と比較して2.8℃の温度上昇が認められた。また、「エスサンプル」加工布を家庭洗濯で50回洗濯したL-50布でも、試験片内部の温度が25分後で41.4℃になっており、洗濯によって、若干の機能低下は認められるものの、普通加工布と比較すると2.0℃の温度保持効果があった。当社で種々のPET布帛に「エスサンプル」加工を実施したところ、1.4℃から3.0℃の温度上昇が認められ、洗濯耐久性も良好であった。

図3はレフランプの光を「エスサンプル」加工布に照射し、10分後の試験片の表面温度をサーモグラフィーで撮影した結果である。ここでレフランプとは、ランプ内面の半分を反射率の高いアルミニウムで覆った白熱電球のことであり、通常の白熱電球と比べてランプの光を一定範囲に高効率に照射できるといった利点がある。本試験ではパナソニック(株)製の写真用レフランプ(デイトライト用500形PRS-500WB)を使用しており、色温度(光源の光の色を数

図1 陽光ランプを照射したときの布帛内部の温度変化

図2 陽光ランプ照射装置

字で表示したもの)は5500K、照射角度は30度である。サーモグラフィーはNEC三栄(株)製の熱移動解析装置(TH3102型)を用いた。ここで、サーモグラフィーとは、物質表面から放射されている赤外線エネルギーの強度を温度情報として検出・可視化して、温度分布などの画像表示を行なう技術や装置のことであり、一般的には赤外線カメラと呼ばれることもある。試験は温度20℃、相対湿度65%の環境下で行い、試験片(試料の大きさは、たて15cm、よこ12cm程度)を紙に貼り付けた試料を床から1mの高さに吊り下げ、試料後方から50cm離れたところにレフランプを設置し、試料前方から100cm離れたところにサーモグラフィーのカメラを設置した。図3の結果からわかるように、ライ

(a)ライト照射前

(b)ライト照射後5分

(c)ライト照射後10分

図3 サーモグラフィー写真。写真内の左は普通加工布、右は「エスサンプル」加工初期布(L-0)

トを10分照射後の普通加工布は34.0℃であったのに対し、「エスサンプル」加工布は35.8℃となり、普通加工布と比較して1.8℃の温度上昇がみられた。

当社の「エスサンプル」加工には、図4のような商品タグをつけて、防寒衣料素材などの衣料分野に用途展開している。それ以外にも、熱線としての赤外線遮断用の室内カーテンなどのようなインテリア材料の分野、さらにはそのような面状の光熱変換作用を利用して融雪資材としての分野に活用することが期待できる。

図4 「エスサンプル」の商品タグ。左は表面、右は裏面

参考文献

- 1) 原田隆司、土田和義、丸山淳子、織機誌、**35**、350(1982)。
- 2) 東洋紡績(株)ホームページ：製品情報〈<http://www.toyobo.co.jp/seihin/inner/aircube.htm>〉
- 3) 大和紡績(株)ホームページ：製品情報〈http://www.daiwabo.co.jp/ir/pdf/2010_0226.pdf〉
- 4) 日本エクスラン工業(株)ホームページ：製品情報〈<http://www.exlan.co.jp/products/iryo/eks.html>〉
- 5) (株)ミューファンホームページ：純銀の糸ミューファン〈<http://www.mju-func.com/mjufunc/index.html>〉
- 6) 帝人ファイバー(株)ホームページ：素材・製品情報〈<http://www.teijinfiber.com/products/specifics/warmal.html>〉
- 7) 神沢 淳、「蓄熱・増熱技術」、P7、アイピーシー(1985)。
- 8) KBセーレン(株)ホームページ：商品情報〈http://www.kbseiren.com/kbs_products/thermalassist/〉
- 9) ユニチカトレーディング(株)ホームページ：製品紹介〈<http://www.unitrade.co.jp/products/materials/>〉
- 10) 三菱レイヨン(株)ホームページ：製品情報〈<http://www.mrc.co.jp/products/fibers/tharmo.html>〉
- 11) 日本太陽エネルギー学会(編)、「太陽エネルギー読本」、P229、オーム社(1975)。
- 12) 日本特許公開平1-266274号公報