「感性と繊維製品」特集

感性に訴える商品開発 形状記憶樹脂応用商品「あぜくら」について

山口 宗 英

1. はじめに

近年、生活の豊かさ、余暇時間の拡大、高齢化社会の到来など、私たちを取り巻く社会環境が大きく変化し、物の豊かさから心の豊かさを求める意識変化に伴い、スポーツと健康への国民的ニーズの高まり、それに関わるスポーツ、スポーツカジュアル素材の発展は目覚ましいものがある。スポーツウェアの用途は、スキー、登山、ゴルフ、サッカー、テニス、野球、釣りなどがあり、ウィンドブレーカー、防寒衣、雨衣、トレーニングウェアなどは多くのスポーツに共通して用いられる。とりわけ、最も高度な機能、すなわち防水性、透湿性及び保温性が要求されるスキー、ゴルフ及び登山用ウェアは透湿防水素材が用いられる。透湿防水素材とは、発汗による水蒸気 ($0.00035 \mu\text{m}$) を透過でき、雨や霧 ($100 \mu\text{m}$ 以上) を防ぐという機能を持つものであり、この分野におけるこれまでの技術的進展は、ムレの解放というニーズに対する高透湿化への科学的技術開発が続けられてきた。しかし、発汗による水蒸気に対して衣料素材本来の快適性とは、低温寒冷環境では、保温性が高く、暖かい高温温暖環境では、ムレにくく、涼しいという両機能を持つことが理想であり、この顕在ニーズに対する素材の開発は実現されていない。

2. 形状記憶樹脂応用商品「あぜくら」

「あぜくら」は形状記憶樹脂の特性を応用した世界初、着用環境の変化に応じて発汗による水蒸気透過量をコントロールできる機能を持つ環境対応型快適透湿素材である。「あぜくら」のブランドは東大寺正倉院に代表される校倉造りをもじったもので、形状記憶樹脂独自の水蒸

気透過機能特性を生かし、三菱重工業(株)のポリマー重合技術と小松精練(株)の超薄膜塗工技術、東レ(株)のテキスタイル開発力とが融合して、92年8月に上市した。

「あぜくら」の製造は形状記憶ポリマーをナイロンやポリエステルなど生地裏側に $5 \sim 15 \mu\text{m}$ の膜厚にコーティングしたものであり、運動前や運動開始直後の体が暖まっていない状態、言い換えると低温寒冷着用環境で保温機能を、また運動中や運動直後発汗量の多い状態、言い換えると高温温暖着用環境では積極的に汗による水蒸気を透過し、蒸れにくい。すなわち、着用環境に対応して保温と水蒸気透過の両機能を備えた画期的な素材であるので、アスレチックウェア、スキーやゴルフレインウェアなどのスポーツウェアとして最適である。

写真

"AZEKURA"-The Material That Acts Like the Human Skin

著者紹介 MUNEHIDE YAMAGUCHI

Komatsu Seiren Co., Ltd.

小松精練株式会社研究開発センター 企画開発グループ研究員

著者は合成繊維の染色・加工を御専門とされている。趣味はスキー、ゴルフ。

本稿では、形状記憶樹脂機能を、繊維素材の透湿コントロールに応用した「あぜくら」について解説して頂いた。

3. 形状記憶樹脂による水蒸気透過メカニズム

衣服内環境変化に応じて水蒸気透過量をコントロールする機能は「あぜくら」に使用される形状記憶ポリマー特性に依る。使用される形状記憶ポリマーはポリウレタン樹脂系による形状記憶樹脂であり、一般ウレタン樹脂同様に結晶相、非晶相から成る。そのメカニズムを図1で示す（ここで、2本の線は分子鎖をイメージしており、名々1本の線のウレタン結合にあたる部分が結晶相であり、真ん中のエステル結合にあたる部分が非晶相である）。たとえば、結晶相を「手」、非晶相を「縄」、透過する水蒸気を「人」と考えて、人が縄跳びを通過する状態を想定していただきたい。運動前の体の暖まっていない状態、すなわち低温時、ポリマーのガラス転移点下の環境では結晶相、非晶相ともに分子運動が少なく分子-分子間の隙間が狭く、水蒸気の透過を抑えるので水蒸気による潜熱移動を少なくなることで保温性が高まる。逆に、スポーツなどで体温が上がると、言い換えると、ポリマーがガラス転移点以上になると結晶相の運動は変わらないものの非晶相がミクロブラウン運動を始め分子-分子間の隙間が開いて衣服内の汗による水蒸気を外に逃がす。つまり、低温時、縄がピンと張った状態で人が通過しにくく、高温時には手を起点に縄が回り始めることにより人が通過し易くなる現象である。ちょうど発汗による体温調節のために寒暖によって人間の皮膚の毛穴の開閉機構が作用している現象に似ている。また、雨滴分子平均径は水蒸気分子の3.5Åのオングストロームオーダーに比べ、約1万~200万Åと非常に大きいので、その侵入を防げる。

4. 「あぜくら」の商品特徴

4.1 低温寒冷環境、高温温暖環境下で透湿量をコントロールする機能

「あぜくら」の衣服内環境変化に対する水蒸気透過率の変化を「あぜくら」と従来透湿品と比較したのが図2である。

衣服内環境変化とは衣服内の温度、湿度変化すなわち衣服内水蒸気分圧の変化であり、衣服内環境における水蒸気量の変化である。素材の持つ水蒸気透過能は、素材間の水蒸気分圧差（ $P_1 - P_2$ ）がドライビングフォースとなり決定され、通常、発汗による水蒸気は水蒸気分圧の大きい衣服内から外環境に移動する。素材間では、水蒸気の吸着、拡散をくり返し、素材の水蒸気透過能が決定する。従って、衣服内の温度が上がれば、衣服内の水蒸気量が増加するので、どんな素材でも、その素材の透湿

図1 「あぜくら」の水蒸気透過機構図

図2 水蒸気透過率と衣服内環境の関係

図3 素材を透過する発汗による水蒸気の移動

度の環境依存性は、右上がりの傾向を示す。これでは、素材の本来の水蒸気透過能を論じることができない。そこで、素材の透湿度に大きく影響を及ぼしている衣服内の水蒸気分圧 P_1 の影響を取り除いた水蒸気透過率を式 1 で導入し、水蒸気透過率の環境依存性を図 2 に示した。

$$\text{水蒸気透過率} \quad \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{mmHg}} \right) = \frac{\text{透湿度} \quad (\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day})}{\text{衣服内環境} = \text{衣服内水蒸気分圧 } P_1 \text{ (mmHg)}} \quad (\text{式 } 1)$$

従来透湿品や高透湿品と言われる市販品は寒暖の変化に対してその水蒸気透過率は一定を示しているのに比べ、「あぜくら」は低温寒冷環境から高温温暖環境の変化に対して水蒸気透過率が異なり、S 字カーブを描く。これは発汗量の少ない低温寒冷環境では水蒸気を持つ潜熱移量を抑えており保温性を高め、逆に発汗量の多い高温温暖環境では透湿能が高く蒸れにくいことを意味する。一般に蒸れを感じる衣服内の水蒸気分圧は 20mmHg 前後と言われており、「あぜくら」はこの環境範囲以上では高透湿性能を発揮する。また水蒸気透過率の変曲点は水蒸気分圧 10mmg 前後の範囲であり、現在この範囲で形状記憶ポリマーのガラス転移点を設定している。

4.2 高透湿素材であるためにスポーツなどで汗をかいても蒸れにくい

Fig. 4 は東レテクノラマ（人気象室）でのウェア試着テストによる衣服内湿度変化を従来透湿品と比較した結果である。室温 10℃、湿度 60% の外環境条件下で安静から運動に至るまでウェア内の湿度を 26~28% に保持している。また、運動から回復の間も最大湿度 55% に抑えており、従来のウェアに比べ衣服内湿度の立ち上がりが遅く、湿度を低く抑え、水蒸気の放出が高い。

4.3 結露抑制能力が極めて優れること

汗によるウェア内の結露は気温が高い時はベタツキ、極寒時は凍傷に陥る危険もあるため、ウェアの機能にとっては重要な要素である。「あぜくら」は優れた高透湿性能のために結露抑制能力にも優れている。ウェア内の水蒸気の結露については図 5 のように、「あぜくら」の結露量は市販透湿品の約 1/9、市販高透湿品に比べ約 1/3 ~ 1/4 になっており、従来にない極めて優れた結露抑制能力がある。

ゴルフウェア試験による衣服内湿度変化

図 4 「あぜくら」の快適性

図 5 「あぜくら」の結露抑制性

5. 今後の展開について

現在、高耐水性に優れた「あぜくら」を開発した。高耐水性に優れた「あぜくら」はニット地などの伸縮性基布にも展開可能であり、アウトドア衣料、ゴルフシューズやスポーツ衣料のインナー材、オムツカバー用途などに展開中である。

以上、環境対応型快適透湿素材「あぜくら」について紹介した。「あぜくら」はこれまでの透湿防水素材にない人間の皮膚に似たハイテクな水蒸気透過機能を持つために、特にスポーツ分野の衣料やゴルフシューズなどの用途でアパレルからの上市が始まっている。今後、更に多くの分野でのニーズが高まっていくものと期待される。

(平成 6 年 4 月 6 日受理)