

形状記憶ポリマの 衣料への応用

Applications to the Textile Field of Shape Memory Polymers (SMP)

執筆者プロフィール



林 俊一
Shunichi HAYASHI

■1972年 金沢大学工学部工業化学科卒業, 2001年 金沢大学大学院自然科学研究科機能開発専攻博士課程修了, 工学博士, 2008年 機械系メーカー定年退職後, 下記エンジニアリング会社を熟年起業

■主として行っている業務・研究
・形状記憶ポリマの技術開発と当該材料・技術の事業化に従事

■所属学会および主な活動
世界中の先進材料系の各種学会活動を通じて, 形状記憶ポリマ技術の普及活動を推進

■勤務先
株式会社 SMP テクノロジーズ 代表取締役社長
(〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿 1-22-8 エビスファーストプレイス 301号 /
E-mail : hayashi@smptechno.com)

1. はじめに

筆者は衣料・衣服の技術開発・マーケティング・販売等の分野の専門家ではなく、むしろこの分野は「素人」である。専門は形状記憶ポリマを中心とした高分子化学、高分子材料工学であり、同時に、現在高分子の分野で事業を推進している者である。

後述のように、形状記憶ポリマは、衣料に限らず、医療、家電、自動車、印刷、航空・宇宙、等ほぼすべての分野にその用途を見いだすことができるが、約10年前に、本ポリマの衣料分野への進出を検討したときには「魍魎魍魎（まじまじ）が住む、近寄り難い（近寄らないほうがよい）世界である」、「この分野は歴史も古く新規参入余地はほとんどなく、かつ、ファッション・流

行に代表されるように理論だけでは説明のつかない感性・官能依存部分が多く存在する」など多くの危惧する声が寄せられた。

2. 衣料分野適用可能な ポリマの機能

事実、本衣料分野進出にはいくつもの困難さもあり、一部、繊維関連企業との co-work を実施しながら、あくまでも、当方からの企画・提案は Based on Science, Based on Technology であり、かつ Patent 等、独自性を有することを必須条件に、大別して下記の三つの機能を活用した用途展開がなされてきた。

- (1) 形状記憶ポリマの名称の由来ともなっている、ポリマの持つガラス転移点（以下 T_g ）前後での変形固定・変形回復機能を利用した用途。
- (2) 形状記憶ポリマの T_g 近傍の温度域での力学的損失正接（力学的 $\tan\delta$ ）を始めとした動的粘弾性挙動を人体の皮膚およびその近傍の挙動と類似させた機能を利用した用途。
- (3) 形状記憶ポリマの T_g 前後の物理化学的特性の大きな差異を利用した用途。とくに、無孔質膜（均質膜）の T_g 前後のガス（多くが水蒸気）透過性の温度依存性の差異を利用した用途。

以下に、それぞれの機能別に具体的な用途とその効能について述べる。

3. 具体的用途例

3.1 形状固定・形状回復機能の利用

この特性を利用した用途は当該ポリマの開発当初の10年以上前より数多くアイデア提案されており、実用化例も多い。「カール、ストレートが自在なカツラ（Wig）に使用する人造毛髪（図1）に人形の例で示す」「調整可能なめがねフレーム」「所望の形状にアジャスト可能な肩パッド、襟パッド

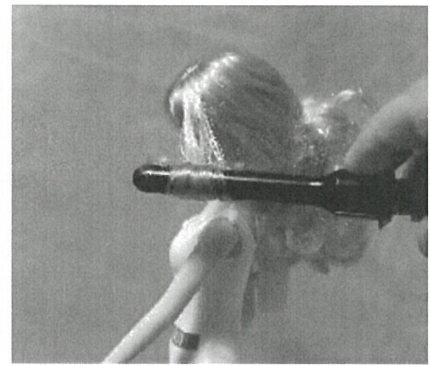


図1 形状記憶毛髪⁽¹⁾

等パッド類、同様の目的で「靴の中敷」「医療用、運動用の保護具・固定具」、広義の衣料になるが、「身体障害者・高齢の方の握りやすいよう形状が自在に創れる、スプーン・フォーク類の柄（図2）」等があげられる。いずれも本ポリマが部分的にあるいは全体的に使用されている。

3.2 人体に類似の力学的 $\tan\delta$ 機能の利用

当該ポリマの力学的 $\tan\delta$ の人体との類似性に着目し、より強く、より広範囲の温度域で、この特性を発現させるべくポリマ設計・材料設計がなされ、3~4年前より用途開発が着手され始めた。その結果、次に示す用途例が開発された。代表例は「ブラジャーのカップ状パッドがあげられる。乳房の動的な力学特性（ $\tan\delta$ も含め）に類似した力学的特性を有する形状記憶ポリマを発泡体で実現させ、実用に供している（図3）」ものである。同様に人体に類似の力学的特性を利用した開発例は、めがねの鼻当て、各種下着類のバンド類、圧縮製・筋肉補強下着（運動時に使用されるコンプレッション下着）、靴用インソール、医療用ストッキング等枚挙にいとまがない。これらの用途展開を支えるものとしては、発泡体以外にも、織編物用の糸（Yarn）や、印刷性の良好な極薄フィルムが開発が先行して行われている。

3.3 ガス（主に水蒸気）透過係数の温度依存性の差異の利用

本質的に、 T_g を境にしたポリマ分子の運動性の差異により発現する本特

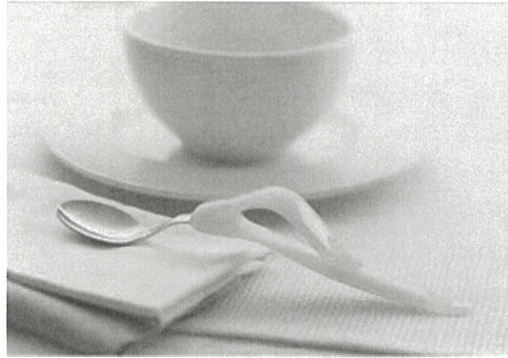


図2 身障者用食器柄 Will1.2⁽²⁾



図3 発泡体の形状記憶ポリマーを利用した下着⁽³⁾



図4 薄膜状ポリマーを利用した登山用雨具⁽⁴⁾

表1 形状記憶ポリマの特性と応用⁽¹⁾

特性	主な適用素材	主な応用例
弾性率の温度依存性 	板・棒 フィルム 射出・押出成形品 発泡体 (スポンジ)	・医療用留置針 ・温度センサ ・保護具・矯正・固定具
形状記憶性 (形状固定・回復) 	射出・押出成形品 フィルム フィラメント (形状記憶糸)	・パッド類 ・自助ハンドル (スプーン・はさみ・歯ブラシ) ・人造毛髪 ・玩具 ・宇宙構造物
エネルギー散逸特性 (高 tan δ) 	ヤーン (織・編物) フィルム 発泡体 チューブ (中空) 各種成形品	・各種医療用カテーテル ・眼鏡部品 ・靴中敷 ・下着
ガス透過率の温度依存性 	透湿メンブレン 透湿生地	・各種アパレル素材 (雨具, 手袋, 防寒具等) ・冷蔵庫野菜室調湿膜 ・シューケースナイトカバー

性をより強調すべく、透過分子との親和性・拡散性コントロール等の材料設計により開発された当該ポリマに加え、既存の薄膜製造技術、多層化技術を利用することによって、均質膜（高分子量気体・液体・固体は透過しない）で物質移動を T_g 前後で制御可能な特異的な薄膜状ポリマが得られた。この機能を利用して、防水性があり、暖かなときには蒸れにくく、寒冷時には熱が逃げにくい生地が開発され「登山・ジョギング等屋外運動時の雨具（図4）」「水陸兼用服」「防水手袋」「クリーンルーム用作業服・手袋」等の用途に利用されている。

4. おわりに

形状記憶ポリマ (Shape Memory Polymer : SMP) の基本特性・機能とその用途例について表1. にまとめるが、記載していないものも含めると、その用途数は60以上を数える。衣料以外では、JAXAの国際宇宙ステーション (ISS) での自己展開性材料 (Inflatable Material) 実験に採用され、成功裏に推移⁽⁵⁾ (形状固定・回復機能の利用)、3D-TVのめがねへの採用 (力学的 $\tan\delta$ 機能の利用)、冷蔵庫内野菜室の保鮮用メンブレン (特異的水蒸気透過係数の利用)、また、著名国際学会での形状記憶ポリマの

セッションの設置等、技術・用途とも市民権を得つつある。今後は現技術・材料のさらなる改良・改質により、衣料分野に限らず大きな展開が期待される。

文献

- (1) (株) SMPテクノロジーズのホームページ, <http://www.smptechno.com>
- (2) (株) 青芳製作所カタログより
- (3) Victoria's Secret Store社カタログより
- (4) Phenix社カタログより
- (5) JAXAホームページ, http://iss.jaxa.jp/kiboexp/news/simple_imp_120921.html