

PCM 材料の基本性能および衣服への用途開発に関する研究

製品科学課 中橋美幸, 高松周一*

株式会社ゴールドウインテクニカルセンター 商品開発 水島 浩, 坂田由美子

1. 緒言

PCM (相転移材料) は、環境温度の変化により相変化することが知られており、融解熱として周囲の熱を奪ったり、また、凝固熱として熱を放出したりする。このような性質をもつ PCM を衣服等へ適用し、素材の表面温度を人の快適域に維持できると謳った製品が数多く市販されているが、その効能をなかなか体感できないという現状がある。

そこで本研究では、温熱的に快適な衣服設計を行うことを目的として、PCM の基本性能を明らかにし、衣服等への有効な活用が可能かどうか検討を行った。

2. PCM 材料の性能試験

2.1 PCM 材料の基本性能について

マイクロカプセル化された PCM 材料 (市販品) の中から、プレサーモ C-31 およびプレサーモ C-25 (大和化学工業(株)製) を選択した。これらは、蓄熱剤である高級脂肪酸炭化水素を芯物質としたマイクロカプセル剤で、高級脂肪酸炭化水素が周囲の熱変化により吸熱と放熱を繰り返して温度制御する機能を有すると謳われている。

C-31 および C-25 において、示差走査熱分析 (DSC) を行い、両者の融解・凝固反応の温度特性を測定した。結果を表 1 に示す。

表 1 C-31 および C-25 の融解・凝固反応温度

サンプル	反応	温度 (°C)		
		オンセット	ピーク	エンドセット
C-31	凝固 (放熱)	33.0	31.0	26.5
	融解 (吸熱)	33.0	35.5	38.0
C-25	凝固 (放熱)	24.0	21.0	15.0
	融解 (吸熱)	19.0	26.0	30.0

これらの結果から、C-31 では夏季の温度上昇を抑制する効果、C-25 では、年平均温度範囲内での温度下降を抑制する効果として製品への展開が可能ではないかと思われた。

2.2 PCM 加工布の表面温度特性について

試験用サンプルとして、未加工布 blank (MH2690)、この表面にバインダーのみを塗布したもの、同様に、PCM を塗布したもの (MH2690 に 34g/m²塗布) を用いた。環境 10°C35%RH の人工気象室内において、40°Cの熱板および発砲スチロール (10°C) を用いて、サンプルの温度上昇・下降試験を行った。サンプル表面の温度測定には赤外線サーモグラフィを用い、

インターバル 1 秒で行った (TVS-500EX, NEC/AVIO 赤外線テクノロジー(株)製)。結果を図 1, 2 に示す。

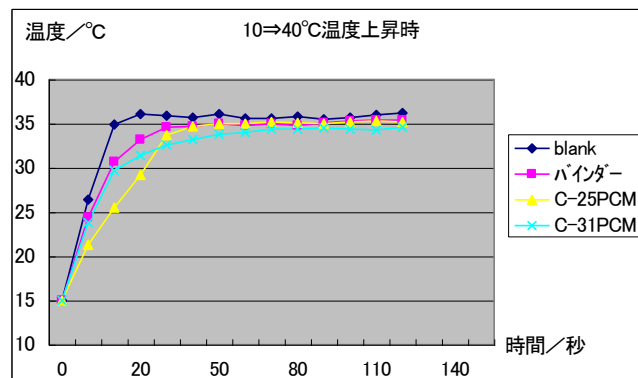


図 1 サンプル表面の温度変化 (吸熱反応)

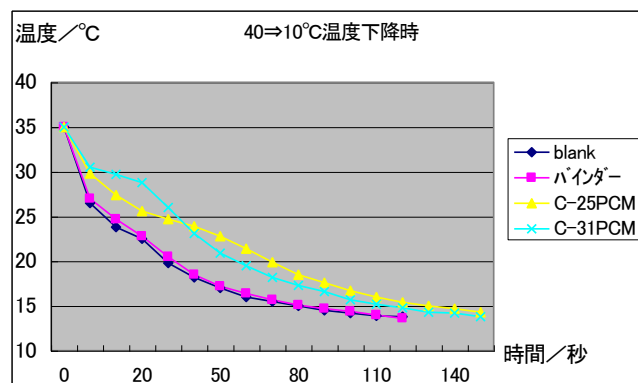


図 2 サンプル表面の温度変化 (放熱反応)

温度上昇試験では、サンプルを 10°Cの発砲スチロール上で環境温に十分馴染ませた後、40°C一定温に保つ熱板上に移動させ、表面温度を測定した (図 1)。その結果、プレサーモ C-31 で加工したサンプルは、バインダーのみのもものと比較して、温度上昇時の吸熱反応により、環境温度 30-35°C付近で温度上昇を 2-3°C抑制する効果が確認できた。プレサーモ C-25 では、環境温度 25-35°C付近で温度上昇を 5-6°C抑制する効果が確認できた。

温度下降試験では、サンプルを 40°Cの熱板上で十分安定させた後 (PCM が確実に液体状態)、10°Cの発砲スチロールの板上に移動させ、サンプル表面の温度変化を赤外線サーモグラフィで測定した (図 2)。その結果、C-31 ではバインダーのみのもものと比較して、温度下降時の放熱反応により、環境温度 30-20°C付近で温度低下を 5-6°C抑制する効果が確認できた。C-25 では、環境温度 25-15°Cで温度低下を 5-6°C抑制する効果が確認できた。

*現 企画管理部

今回の測定結果では、PCMの融解、凝固による吸熱、発熱反応は確認できたが、PCMを相変化させるための条件として、最低でも5°C以上の環境温度変化が必要であることがわかった。完全に相変化させるためには10°C以上の温度変化が必要となる。また、PCMの温度変化に対する抑制作用は、今回の試験では、15~60秒間程度であり、効果時間として短いと思われた。効果時間を少しでも延長させるためには、今後、PCMの塗付量・方法についても検討する必要があると思われる。

3. PCM加工布を用いた被験者試験

今回の被験者による官能試験では、環境温度変化40°C→10°Cの温度下降時のみの試験を行った。

試料はアームカバーとグローブを用いた。表面にバインダーのみを塗付したアームカバーとグローブを右腕に、C-31を塗付したものを左腕に着用し、40°C 50%RHの人工気象室内に5分間安静にした(PCMが完全に液体状態)。その後、10°C30%の人工気象室へ移動し、左右のアームカバーおよびグローブの表面温度を赤外線サーモグラフィで測定した。次に、左右の試料を逆転させ、右腕にC-31を塗付したものを、左腕にバインダーのみのものを着用して同様に温度測定を行った。

アームカバーの表面温度変化については、バインダーのみのものとC-31加工のものとはほとんど差がみられなかった。このことは、アームカバーが上腕部にフィットしているため皮膚温の影響を大きく受け、10°Cの環境下でもアームカバーの表面温度が低下せず、PCMの相変化による放熱反応が起こらなかったことが原因と考えられた。これに対して、グローブの表面温度変化では、バインダーのみのものに比べてPCM加工したものの方が、温度下降曲線がゆるやかとなることが確認できた(図3)。このことは、グローブと手の間にわずかな空間があることにより手甲の皮膚温が直接グローブに伝わらず、環境温度変化に伴うPCMの凝固(放熱)反応が起こったことによるものと思われた。また、図4に示すとおり、グローブ内の皮膚表面温度においてもバインダーのみのものよりPCM加工のものを着用した方が温度下降曲線はゆるやかとなることがわかった。しかしながら、被験者による官能評価では、左右各腕にバインダーのみのもの、PCMのものを着用した場合の温感評価に有意な差はみられなかった。

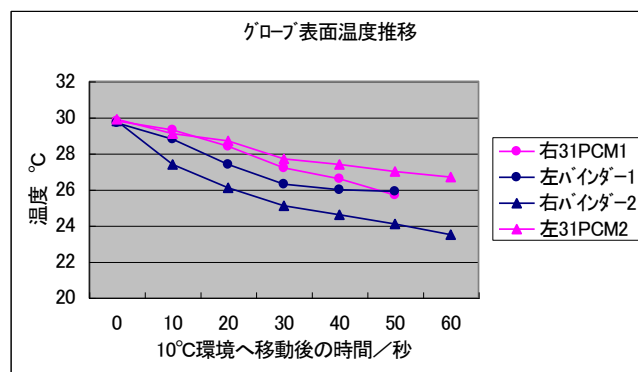


図3 グローブ表面の温度変化

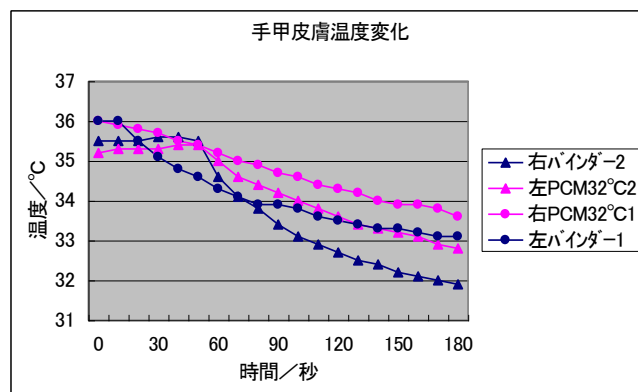


図4 手甲の皮膚表面温度の変化

4. まとめ

今回の実験では、プレサーモ C-31 および C-25 を用いた試験用サンプルの温度特性評価において、環境温の変化(40°C⇔10°C)に伴いPCMの相変化による発熱・吸熱反応は確実に確認できた。しかしながら、被験者試験ではPCMの相変化に伴う温度変化への抑制効果を官能評価において確認することは難しかった。これらの結果から、今回用いたC-31およびC-25のような反応温度域をもつPCM材料を用いて衣料への展開を検討した場合、インナーなどの肌に密着して着用するものでは皮膚温の影響によりPCMが相変化することは難しいと考えられる。また、アウターなどで相変化が起こる条件下でも、効果時間、肌やインナーとの空間を考えると体感しにくいと考えられる。したがって、PCM材料を用いた衣服への展開は、既存品と同程度の反応温度域をもつものでは難しいが、人間の皮膚温と環境温との間の温度域で相変化するPCMを用いることにより、より温熱的に快適な衣服設計が可能であると思われた。

キーワード：PCM、相転移材料、吸熱反応、放熱反応

Study on the Development of Thermal Comfort Clothing with Phase Change Material (PCM)

GOLDWIN Technical Center; Hiroshi MIZUSHIMA, Yumiko SAKATA
Product Development Section; Miyuki NAKAHASHI, Shuichi TAKAMATSU

This study investigated the thermal properties of the phase change material (PCM) by differential scanning calorimetry in order to develop the thermal comfortable clothing. PCM moderated changes of the clothing temperature and skin temperature against sudden changes of temperature (10-40°C) in chamber.