

快適性を求めて ～潜熱蓄熱材の装具への応用～

潜熱蓄熱材 中空構造板 サーモグラフィ

○関口 岳人(P0)¹⁾、金森 晴香(P0)¹⁾、南 安晃(P0)¹⁾、
高橋 啓次(P0)¹⁾
1)有限会社 ピー・オー・テック

1. はじめに

現在、熱可塑性プラスチックは装具の主構成材料として不可欠なものとなっている。しかし、装着において、プラスチックと生体の密着による装具内の温度上昇が使用者の不快の原因となることが多くある。特に夏場にはその問題は顕著に現れる。我々は、より快適な装具の開発を目指し、近年注目を浴びている潜熱蓄熱材〔Phase Change Materials 以下、PCM〕と4層中空ハニカム構造板を使用し、装具を試作した。今回、比較・検証を行ったので、第一報として報告する。

2. 使用材料

2-1. 潜熱蓄熱材 (Phase Change Materials) とは

PCMとは、熱を吸収・発散することで、一定の温度を保つ性質を持つ素材である。身近な『氷』もPCMの一種である。例えば、氷が入った水は氷がとけ切るまで、0℃近辺を保ち続ける。同様に、仮にPCMが溶けて、個体から液体になる温度、すなわち融解温度が25℃とすると、外部から熱を与え続け、PCMが溶け切るまでは、25℃近辺を保ち続ける。つまり、温度レベルを一定時間、一定に保つことができる。その特性から、建物の空調システムなど様々な分野に応用され、商品開発がおこなわれている。

夏場の快適な体感温度は25℃～27℃と言われているため、本研究では、融解温度25℃のPCMを使用した。

2-2. 4層中空ハニカム構造板

4層中空ハニカム構造板(unk社製ツインコーン[®]以下、中空構造板)は地球環境を守りながら、経済性と作業効率の向上を目指し開発された産業資材で、軽量ながら平面圧縮や曲げにも強い。円錐台形状の山が千鳥格子状に配置された2枚のポリプロピレンシートを中間体とし、さらにその表面を画材が覆った構造を持つ(図1)。中空部が連続しているため、板内部にPCMを流し込むことが可能である。また、その圧縮に強い性質から、パイプ状構造体へ形状変化させることも可能であり、本研究において、PCM装具の基本材料として採用した。

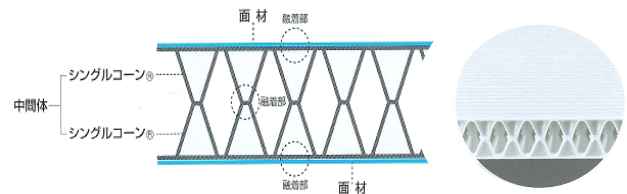


図1 4層中空ハニカム構造板の内部

3. 計測

3-1. 方法

同一被験者の左右の大腿部を使用し、一方はPCMを中空構造板に封入した装具(以下、PCM装具)、もう一方はレストラ4mmを成形した装具(以下、プラ装具)を製作し、装具の温度および、生体の温度を計測した。

計測機器は、FLIR社製 赤外線サーモグラフィE40を使用した。

なお、両装具とも生体に接触する表面積は同一として製作を行っている。

3-2. 手順

室内温度30℃に設定した部屋にて、被験者の左大腿部にPCM装具を、右大腿部にはプラ装具を装着し、装着0分、10分後、20分後、30分後、40分後の大腿部の温度変化を計測した(図2)。

それぞれの時間で、装具を装着した状態の装具表面温度(以下、装具温度)と、装具を外した直後の生体の大腿部温度(以下、生体温度)を、それぞれサーモグラフィを用いて計測した。

なお、計測前には、両装具とも14℃の同条件の場所で十分冷やしてから実験を行っている。



図2 装着方法

4. 結果

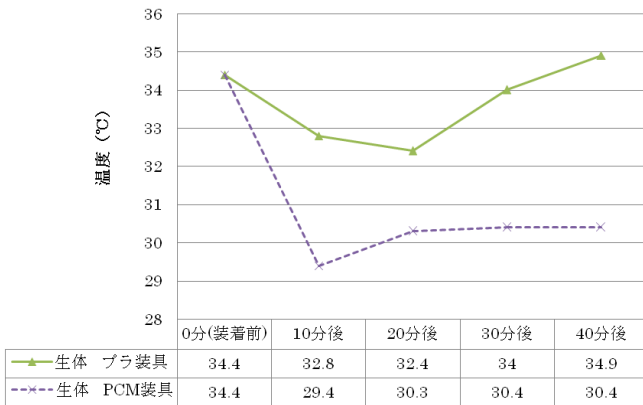
時間経過に伴う温度変化を生体温度と装具温度で、それぞれ表1、表2に記す。サーモグラフィ写真による温度変化を図3に記す。

4-1. 生体温度

表1より、装具装着前では、生体温度は34.4℃と左右ともに同じである。しかし、実験開始10分後、20分後、30分後、40分後と時間が経過するに従って、プラ装具の生体温度は32.8℃、32.4℃、34.0℃、34.9℃と上昇し、30分後には、実験開始前とほぼ同温度になった。

PCM装具では、29.4℃、30.3℃、30.4℃、30.4℃と、40分経過しても、実験開始前の温度に比べ、約4℃低い値を維持し続けた。

表1 生体温度変化

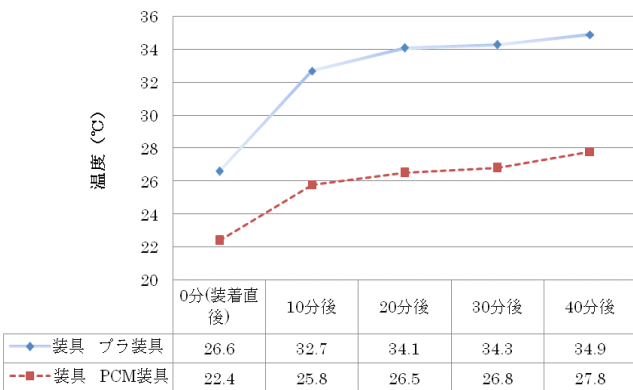


4-2. 装具温度

表2より、PCM装具とプラ装具を比較すると、装着開始直後から時間が経過するにつれて、プラ装具では26.6℃、32.7℃、34.1℃、34.3℃、34.9℃と温度は次第に上昇している。実験開始20分後には、プラ装具の温度が実験開始前の生体温度とほぼ同じにまで上昇した。

プラ装具に対し、PCM装具では22.4℃、25.8℃、26.5℃、26.8℃、27.8℃と温度は緩やかに上昇しているが、40分経過しても実験開始前の生体温度に比べ6.6℃低い結果となった。

表2 装具温度変化



4-3. サーモグラフィ写真

図3では、右側に装具温度、左側に生体温度を示している。被験者の右脚はプラ装具、左脚はPCM装具である。

装着後10分経過した時点で、プラ装具は装具温度・生体温度ともに、装着前の生体と同色となっている。それに対し、PCM装具は低い温度を維持していることが見てとれる。

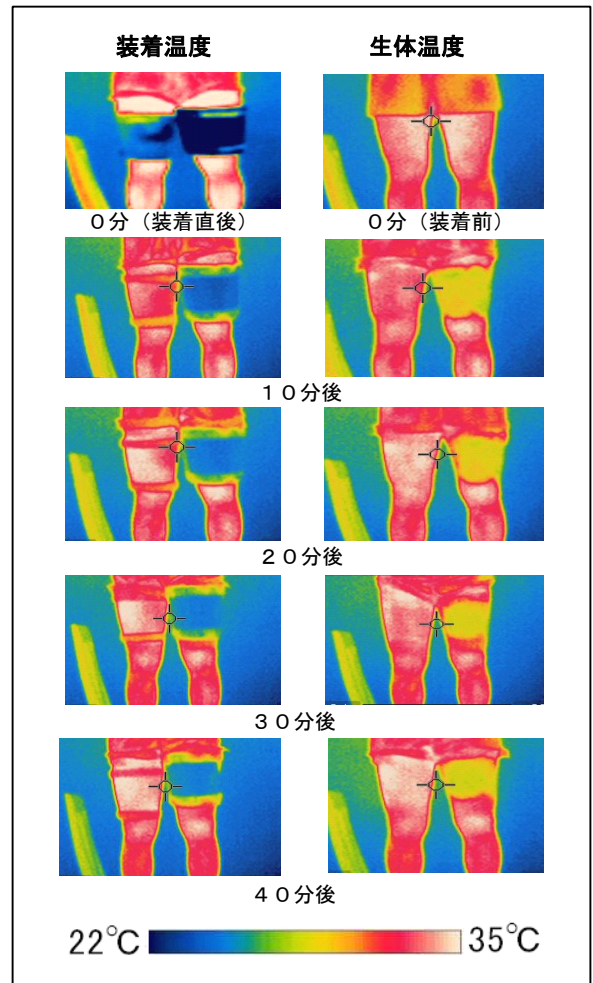


図3 サーモグラフィ写真

5. 考察

結果より、時間経過とともに温度上昇が著しいプラ装具に対し、PCM装具では温度上昇は僅かであった。

生体温度を見てみると、プラ装具は装着20分後から徐々に温度が上昇し続け、40分後には34.9℃と、装着前の体温以上にまで上昇している。これに対し、PCM装具は40分を経過しても約30℃の生体温度を保っている。これらは、PCMが融解温度の25℃を保ち続け、生体に対し有効に作用した結果であると言える。

装着者の主観的評価でも、プラ装具では開始直後ですでに「プラスチックの冷たさを感じない。」ということだった。それに対し、PCM装具では40分経っても「冷たさを感じる」としている。

6. まとめ

本研究では、装具と生体の密着による装具内の温度上昇が使用者に与える不快感を取り除くために、PCMを使用し、試作装具を製作、検証を行った。その結果、PCM装具の有用性を科学的に証明することができた。今後はこの結果を踏まえ、より実用的な装具として使えるように改良を加えて行きたい。