

繊維の吸湿発熱効果の解析

1.はじめに

近年、寒さ対策として冬場に活躍する機能性インナーには、繊維の吸湿発熱効果が利用されており、その効果が化学繊維と天然繊維にもあることを知った。

吸湿発熱反応は水蒸気の水が変化するとき発生する熱のこと、これが繊維内で起こるとき発生した熱を吸着熱という。

繊維の種類は、主に化学繊維と天然繊維の2つに分類され、さらに図2のように分けられる。本実験では化学繊維である合成繊維のポリエステル、天然繊維である植物繊維の綿を使用して実験を行った。

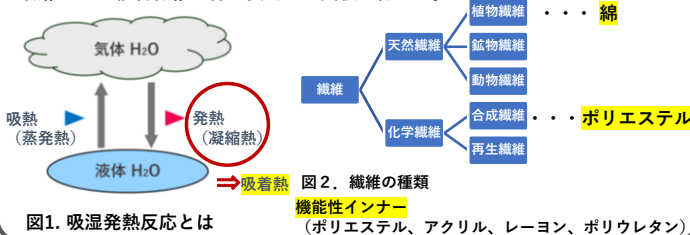


図1. 吸湿発熱反応とは

2.目的

綿やポリエステルにおいても吸湿発熱反応が起こることからその反応を機能性インナーと比較する

3.研究内容 <実験1・2 方法>

3種類の布を使用し、それぞれ加湿の有無に分けて実験を行う。布は4つ折りにし、布が2枚重なった間で内部温度を測定した。
実験1 使用済み（3年前以上に購入）
実験2 使用済みおよび未使用（令和7年2月購入）
実験1は2回、実験2、使用済み加湿ありは5回それぞれ以外にそれぞれ3回行った。

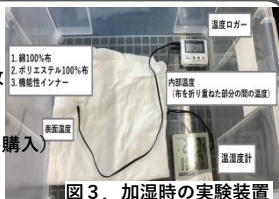


図3. 加湿時の実験装置

<実験1 結果>

表面と内部にわずかな温度差しか見られなかった

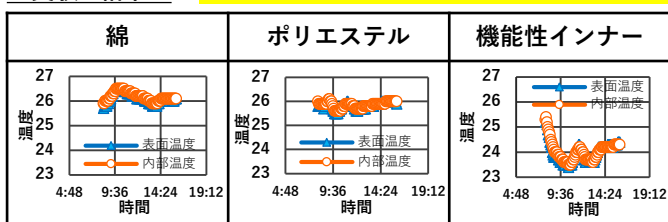


図4. 加湿あり実験1回目の3種類の布の温度と時間の関係

<実験1 考察>

傾向は見られなかった



図5. 加湿あり実験1回目の3種類の布の表面温度と内部温度の相関のグラフ

表1. 近似直線の傾きの平均（2回）の値の比較

	加湿無 平均値	加湿有 平均値	差
綿	0.92	0.93	0.00
ポリエステル	0.88	0.81	-0.07
機能性インナー	0.94	0.89	-0.04

表2. 近似直線のY切片の平均（2回）の値の比較

	加湿無 平均値	加湿有 平均値	差
綿	2.19	2.03	-0.15
ポリエステル	2.94	4.77	1.83
機能性インナー	1.62	2.62	1.01

加湿の有無で傾きに差は無い

吸湿発熱反応が起きているとき

$$y = x + a$$

ポリエステル・機能性インナーは加湿により1℃以上上昇した

相関の近似直線の傾きの値において加湿なしから加湿ありの値を引いた差は加湿の有無により傾きに差はほとんどない。また、傾きは1に近い。このとき、y切片が変動すれば、吸湿発熱反応の状態を表すのではないかと考えた。y切片の値を比較すると、綿は0に近い数字が得られた。しかし、機能性インナーとポリエステルにおいては、加湿により1℃以上の温度上昇をする吸湿発熱反応があったと考える。

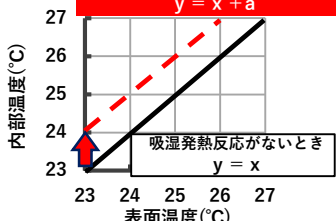


図6. 吸湿発熱反応があるときの相関のグラフの変化予想

<実験2 結果・考察>

綿の表面温度は上昇し、内部温度は減少した。機能性インナーは内部温度が最も高い。機能性インナーは加湿により1℃以上した。

綿は表面温度の方が高い傾向があり、吸水性がいいといえる。ポリエステルと機能性インナーはデータが得られなかったところがある。しかし機能性インナーは加湿により内部温度がいちばん高かった。

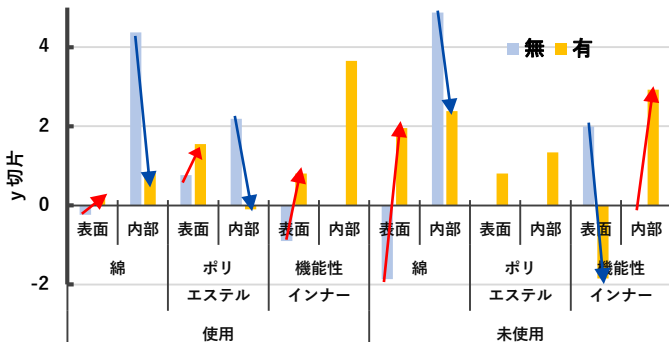
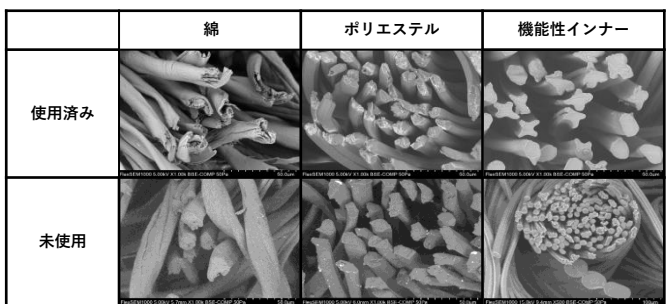


図7. 気温と表面温度および内部温度の相関のグラフの近似直線の値の比較

<実験3 方法・結果・考察>

走査型電子顕微鏡を使用し、綿100%、ポリエステル100%、機能性インナーの3つの布の繊維の表面と断面を観察した。



【綿】
繊維の表面に凹凸
未使用は密度が高い
→ 水分を吸着しやすく、吸着熱も発生しやすい

【ポリエステル】
繊維の表面が滑らか
→ 水分を吸着しづらく、吸着熱も発生しづらい
劣化しない耐久力

【機能性インナー】
複雑な繊維を組み合わせることで表面積大
→ 吸着熱も発生しやすい成分の違い、開発の進行

図8. 走査型電子顕微鏡による繊維の断面（協力:日立ハイテック）

4.結論

実験1・2より綿は加湿により吸着熱が発生するが吸水しやすいため保温性が低下した。純粋に加湿による吸着熱が高いのは機能性インナーだった。実験3より綿の表面は凹凸している。使用するにつれて内部に空洞ができた。ポリエステルは長期間使用しても劣化しない。機能性インナーは3年前のものは十字型の繊維が見られた。未使用のものは沢山の繊維が束になったものが確認できた。どちらも表面積を大きくする工夫があった。

5.今後の課題

機能性インナーにおいてデータが取れなかったのは複数の繊維で構成されているため吸着熱の発生にばらつきがあったからと考える。そのため、実験方法と温度の測定方法に再検討が必要である。

6.謝辞

本研究を行うにあたり、株式会社日立ハイテックCTソリューション開発部 塩野正道博士、坂部精奈様、株式会社日立ハイテックフィールド解析装置部 篠塚奈瑠美様に各繊維の構造の走査型電子顕微鏡による撮影とご指導をいただきました。心より感謝申し上げます。

7.参考文献

- 合繊系高吸水性繊維の繊維構造と湿潤熱（閲覧 2024年5月29日）
https://www.shinshu-u.ac.jp/faculty/textiles/db/seeds/descente21_10_mizutani.pdf
- 共立女子大学家政学部紀要 第58号（2012）（閲覧 2024年5月29日）
https://kyoritsu.repo.nii.ac.jp/record/2179/files/kasei58_5tanaka.pdf
- SEN'I GAKKAISHI(繊維と工業)vol.57, No.12(2001)（閲覧 2024年6月4日）
https://www.jstage.jst.go.jp/article/fiber/57/12/57_12_P_320/_article-char/ja/
- ウールの秘密 ウールは発熱する（閲覧 2024年6月6日）
<https://wool-blog.com/wool/20220402/>
- 吸湿発熱素材とは？あたたかくなる仕組みとデメリットを紹介（閲覧 2024年6月6日）
<https://www.bedroom.co.jp/contents/21053>