

令和元年6月17日現在

機関番号：14602

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2016～2017

課題番号：16H06979

研究課題名(和文)天然素材と皮膚の界面における物質の挙動の表面分析を用いた研究

研究課題名(英文) Mechanism of toxic substance transfer from human body in natural fabrics using surface analysis techniques

研究代表者

佐野 奈緒子 (Sano, Naoko)

奈良女子大学・生活環境科学系・准教授

研究者番号：30781851

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：皮膚から排出される物質の衣服への移動が老廃物等の除去促進として作用し健康に貢献する可能性があるかの基礎研究として、本研究ではさまざまな繊維と着目物質との組み合わせについて物質移動の振舞いの違いを調べた。質量分析により、重金属を含んだ疑似汗を用いたサンプル系では積層する布の組み合わせにより着目重金属の移動の挙動が異なることが判明し、その傾向は布の水分率とは異なることが観察された。これは金属の布層中の移動における動力は布の積層の組み合わせにより違いが生じ、最高層の布に金属イオンを引き付ける量に差が生じたことが推察された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

文化的生活者は衣服の重ね着(肌着も含む)をして生活をしており、衣服内気候の研究としては繊維中の水分の移動については様々な研究がされてきたが、人体から排出する老廃物の被服(繊維)中の移動および吸収の研究はされていなかった。本研究では繊維中の老廃物の挙動は現在汎用されている繊維の重ね合わせの組み合わせの違いだけで老廃物が体側ではなく外側の層により吸着されるという結果が得られたことから、着合わせにより効果は小さいながらも薬を服用せずにより健康になる可能性が示唆され、今後繊維への機能化を検討することで、人類の健康増進に役に立つと考える。

研究成果の概要(英文)：This work for the first time has attempted to understand the effect on the property of commodity fabrics as multiple layers with the heavy metals with moisture absorption effect. This study shows that heavy metal indeed transfer from the substrate (a wet skin with artificial sweat including a heavy metal) to upper fabric layers and the concentration of heavy metal ions differing degrees in each layer. Some combinations of the fabrics indicated highly effective adsorption of heavy metals, more heavy metal ions were observed being preferentially remained on the top layer of particular sets of different fabric assemblies than others. They have no significant correlation with the standard moisture regain. This indicates that specific combinations of different fabric layers enhance molecular absorbency rather than single material layers although each fabric possesses no particular function to absorb purposely.

研究分野：生活工学

キーワード：老廃物の吸着 汎用繊維 重ね着 被服 汗

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

環境汚染問題が取りざたされ、環境基準が年々厳しくなっているものの、未だ土壌・水中(河川・海)には人体に有害とされている化学物質が存在し、水産物からは水中の重金属、農産物では農薬といったものが日常的に摂取されている。通常は人体から排泄されるが体内に蓄積する物質もあり、人間の健康に影響を及ぼす可能性があることが議論されている。有害化学物質を大量に摂取した中毒においては解毒剤を用いて尿や便として体外への排泄を促し効果を発揮している。しかし、腎臓機能がうまく働いていない人やこの解毒剤に対し副作用の影響を多く受けてしまう人にとっては理想的な手法ではない。また、中毒ではなくとも体内に蓄積されている有害物質を排出し健康的な生活を送ることは理想である。そこで薬剤ではない方法での排泄の可能性について考えたところ、腎臓はその人体の老廃物を除去するための主要な臓器ではあるが、少ないながらも汗からも老廃物が排出されていることが報告されている。また、汗を排出する皮膚は臓器としては人体で一番大きい器官である。そこで日常生活で皮膚密接な関係のある被服に着目し、汗からの老廃物排泄を効果的に吸収できる被服機能があれば、薬剤の効果には及ばないものの副作用ない薬剤の補助または促進でき、人類の健康に貢献できるのではないかと考えた。

水分の皮膚から被服への吸収・熱移動といった研究は多く行われているが、老廃物の物質の観点での研究はされていない。そこで食物等より経入した重金属や有害化学物質)を吸収し、かつ排泄物を皮膚に接触させない機構をもつ天然素材由来のテキスタイルの研究・開発が深まれば、着衣するだけで健康維持・促進ができる環境を構築することができ、人類の健康維持向上に役立つものと考えられる。

2. 研究の目的

天然素材を再着目し「自然にやさしい「健康になる」被服材料」の開発の基礎研究として、人体の老廃物(有害化学物質)の素材への吸収・拡散の挙動に関して評価・検討し、どの素材が有害化学物質を人体からより吸収できる能力がほかの繊維よりあるかの影響・挙動を考察する。

3. 研究の方法

汗の着衣している被服への移動挙動において空気(流体力学)、熱(熱力学)、蒸気・水分(吸収・吸着)が関係するが、本研究においては水分が着目物質の挙動に最も影響を与えると仮定して着目化学物質の挙動を観察することにした。また、文化的生活を送るにあたって通常被服は一枚ではなく重ね着、つまり布帛を多層状にして着衣していることから、素材だけではなく層状にした状態にて実験を行った。今回の実験では水分を主力動力とした着目物質の挙動を検討するため、水分が多い=蒸れ状態にある靴内環境に似せた環境を構築した。

(1) 実験環境

平均日本人女性(身長:153cm、体重:53.2kg)が座位で靴下を履いた座位での靴内環境を想定した。外温が30℃、湿度60%RHの時の靴内温度・湿度は平均37℃、80%RHのデータをもとに温湿度設定を37℃80%RHと設定、体重から靴下(以下布帛試料)にかかる重さは平均日本女性の足の接地面積85.10cm²と足の重さ(体重の1.8%)より足圧として11.25g/cm²を算出した。

(2) 試料

有害重金属の鉛およびヒ素をそれぞれ超純水で調整し疑似汗とし、疑似皮膚に発汗状態の量を滴下、多層に重ねた布帛片(4枚を1セット)を静置し、上記環境にて24時間保管したものを試料とした。試料素材は着目の天然繊維と比較のために汎用人工繊維(毛、絹、綿、レーヨン、ポリエステル)を用い、層の組み合わせを変え計36セットを疑似汗の種類に応じてそれぞれ作成し、重金属原子の移動をレーザー脱離イオン化法および誘導結合プラズマ質量分析で確認、電子顕微鏡にて分布を観察した。また物質の布帛層中の移動メカニズム解明にあたり、電子の移動について考察するためにX線光電子分光法を用いて検討した。

有機化合物においても汗として排出されていることから水系で同様な検討を行いたかったが、分析機器の検出下限以下の濃度になったため、皮脂に着目し環境ホルモンとして議論されているビスフェノールAを調整した疑似皮脂を皮脂の成分に近い馬油を用いて作成し水系と同様に試料調整をした。着目分子の移動量の確認は紫外・可視分光法を用い、分子の挙動は固体核磁気共鳴を使用して検討した。

4. 研究成果

(1)水系(鉛/ヒ素・汗系)

質量分析により、同じ素材の布帛を積層した場合の金属分子の吸収量は水分吸収率に基いた量になったが(ただし毛を除く。毛は表面に油膜があるため本実験設定量では飽和量まで疑似汗は水分率に見合った量は吸収されなかった)、異なる素材同士を積層した場合は、組み合わせ素材の種類・積層順によって吸収量に大きな違いがでることが判明した(Table1)。このよう

な現象については報告例がなく、化学修飾等による機能化をせずに金属分子の吸着量の違いを見出したことはその素材そのものに潜在的な機能性があることが示唆されこの学術的な価値は大きい。

また、同じ布帛の組み合わせでも積層する順が逆になると重金属物質の布帛への吸着量が異なることから、素材の吸水力および布帛の構造だけではない力が影響しているものと考えられる。

Table 1 The fabric combinations which metal ions (Pb²⁺, As³⁺) were observed on each layer by LDI and ICPMS.

Up to 4 th	Up to 3 rd	Up to 2 nd	Up to 1 st	
SSSS	CCCC		PPPP	
	RRRR		WWWW	
PCPC	←→	CPCP		
RCRC	←→	CRCR		
WSWS	←→		SWSW	
		SPSP	PSPS	
	SCSC	←→	CSCS	
	WCWC (Up to 3 rd down)	←→	CWCW	
	WPWP	←→	PWPW	
	PRPR	←→	RPRP	
		RSRS/SRSR		
		RWRW	←→	WRWR

C: Cotton, P: Polyester, R: Rayon, S: Silk, W: Wool

さらに現象の理解を深めるために電子顕微鏡を用いて試料表面の観察をしたところ、溶媒（水）が蒸発した後の結晶化した重金属の状態分布が分かった（Figure 1）。金属イオンとして存在していたものは布帛へ吸着した後水分が蒸発することで結晶化を起こすが、布帛中の空隙部近くに多く析出しているのではなく、繊維糸の面に部分的に析出していることが伺える。このことから疑似汗は空隙部を通じて移動したのではなく、繊維に浸透した上で上階の布帛層に移動していると考えられる。

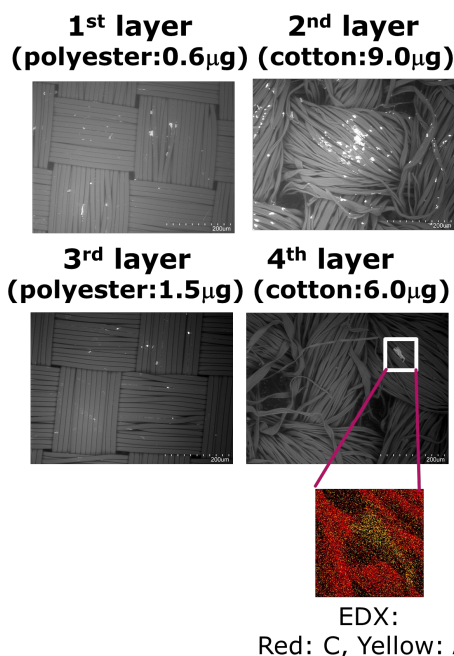


Figure 1 SEM images, EDX image of polyester-cotton layers with As model sweat. (The metal weights are calculated from ICP-MS results).

また XPS 分析により、金属の布帛層中の移動における動力は各繊維の誘電率の違いが電気回路のキャパシタのようにふるまい、布帛の積層の組み合わせにより金属イオンを引き付ける量に差が生じたことが推察された。

また、鉛・ヒ素と異なる重金属においても同様な挙動であることが確認された。この結果から

汗中の重金属をより吸収させるには、素材間の誘電率の差が寄与するのではないかと考えられる。このメカニズムをより詳細に検討することによって重金属の吸収率を上げる機能化処理を行い、着衣のみに行える健康促進だけでなく規模を拡大して重金属の汚染処理にも応用できるのではないかと考える。

(2)有機系（ビスフェノールA・皮脂系）

一方、有機系は挙動が水系とは異なり、同じ布帛の積層セットにおいて吸水率には関係せず、最上層におけるビスフェノールA濃度が一番高い現象がUV-VISにて観察された。この結果は動力が水系とは異なっていることを示し、毛細管現象の原理で皮脂が展開溶媒の役割をはたし、化学化合物が皮膚に近い層よりも皮膚から遠い上階層に多く存在すると考えられる。異種の布帛片組み合わせにおいては本実験では実行できていないが、水系と同様に組み合わせで吸収量が異なることが推察され、今後の予定としてこの結果と合わせてさらなるメカニズムの解明と応用を考えていきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1件)

雨宮敏子, 橋本朋子, 佐野奈緒子, XPS 測定による試験用白布表面の夾雑物分析-精練処理に関する検討- 繊維学会誌, 査読有, 巻号 79 ページ 196~201.
Doi.10.2115/fiberst.2018-0029

〔学会発表〕(計 2件)

佐野奈緒子, Transfer behaviours of chemicals in sweat through multiple layered fabrics, 繊維学会秋季発表会, 平成 29 年度 繊維学会秋季研究発表会, 2017.11.2, シーガイヤコンベンションセンター(宮崎県)

佐野奈緒子, Investigation of the Highly Effective Adsorption of Toxic Heavy Metals in Sweat through Multiple Fabric Layers, VASSCAA - 9-The 9th Vacuum and Surface Science Conference of Asia and Australia, 2018.8.14, シドニー(オーストラリア)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(2)研究協力者

氏名: 黒子 弘道、橋本 朋子、雨宮 敏子

ローマ字氏名: KUROSU Hiromichi, Hashimoto Tomoko, Amemiya Toshiko

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。