様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

平成 ３０ 年　 ６ 月 ２５ 日現在

機関番号：３２６０４
研究種目：基盤研究(B)（一般）
研究期間：2014～2017
課題番号：２６２８２０１４

研究課題名（和文）消臭抗菌抗アレルギー繊維の機能性評価と介護医療分野への応用

研究課題名（英文）Evaluation of the functional effect of deodorant/antibacterial/antiallergic fiber and its application to the nursing care/medical field

研究代表者
水谷　千代美（Mizutani, Chiyomi）

大妻女子大学・家政学部・教授

研究者番号：００２６１０５８

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　9,000,000円

研究成果の概要（和文）：近年、衣服着用時にかゆみやあかみなどのアレルギー症状を訴える人が増えてきた。皮膚科医はアレルギー性皮膚炎患者に対して化学繊維ではなく綿の着用を推奨する。本研究は、接触する着衣と皮膚との関係に着目して、アレルギー症状を発症する原因を布帛の力学的特性、皮膚のｐH、常在菌、汗を可能な外部皮膚刺激因子として相関を調べた。さらに、これらの外部刺激因子の軽減を目的として、消臭抗菌抗アレルギーポリエステルを調製し、汗臭に対する消臭効果、黄色ブドウ球菌に対する抗菌性およびアレルギー性皮膚炎患者の皮膚に与える影響などを調べた。これらの結果をまとめ、アレルギー性皮膚炎患者の着衣に必要な布帛の機能について検討した。

研究成果の概要（英文）：More people are suffering from allergy symptoms such as itching and wiggling in recent years when wearing clothes. Dermatologists recommend wearing cotton instead of chemical fiber for allergic dermatitis patients. In this research, we examined the correlation of the potential external skin stimuli including the mechanical properties of fabrics, skin pH, skin resident bacteria and sweat with the skin irritation and other allergic symptoms. In order to reduce the potential external skin stimuli factors, the deodorant/antibacterial/antiallergic polyester was prepared, the deodorant effect on sweat odor, the antibacterial effect on Staphylococcus aureus and the antiallergic effect on skin of allergic dermatitis patients. The results are summarized to elucidate the functions of the fabric necessary for clothes of allergic dermatitis.

研究分野：被服学

キーワード：消臭抗菌性繊維　抗アレルギー化学繊維　アレルギー性皮膚炎患者　皮膚ｐH　皮膚常在菌

１．研究開始当初の背景

近年、地球の温暖化に伴い、アレルギー性皮膚炎患者が増えてきた。アレルギー性皮膚炎患者は、アトピー性皮膚炎と接触性皮膚炎に大別され、アトピー性皮膚炎はかゆみの強い慢性の湿疹で増悪や軽快を繰り返すのに対して、接触性皮膚炎は金属や衣服などが触れることで一時的にかゆみなどが発症し、原因物質を取り除くことで症状を緩和することができる。化学繊維アレルギーは、繊維に含まれる化学物質に反応して発症する接触性皮膚炎のひとつである。皮膚科医はアレルギー性皮膚炎患者に対して、化学繊維の着用を控え、綿繊維の着用を勧めている。しかし、なぜ綿が良いのか明確にされていない。

通常，健康な人間の皮膚は弱酸性の皮脂膜に覆われ pH4.4～5.5 の弱酸性を示す。皮膚表面が弱酸性の状態では皮膚のモイスチャーバリアが正常に機能するが，発汗等によって皮膚 pH が上昇すると、皮膚表面の常在菌である黄色ブドウ球菌が増殖し，モイスチャーバリアを崩し，皮膚に赤みやかゆみを発症する。アレルギー性皮膚炎患者の皮膚は，健常者と比較して水分が低く，黄色ブドウ球菌量が多く，モイスチャーバリア機能が低いと言われている。これらのことから、アレルギー性皮膚炎患者の皮膚状態と接触衣服との関連を明らかにする必要がある。

一方、発汗量の多いスポーツウェアにはポリエステルが用いられている。ポリエステル製スポーツウェアには汗臭が染みつき、洗濯しても汗臭が消えることがなく、ウェアの臭いが差別の原因になっている。このような背景から消臭抗菌抗アレルギー繊維を、弱者を対象とした衣服に応用し、その身体保護効果を調べるとともに、臭いや皮膚疾患による社会的差別の心理的圧迫を取り除くための基礎的知見を得ることを目的とする。

２．研究の目的

（１）着衣がアレルギー性皮膚炎患者の皮膚に与える影響

皮膚科医は、アレルギー性皮膚炎患者に対して化学繊維の着用を勧めていない。しかし、市販の衣服は多くの化学繊維が使われているために、アレルギー性皮膚炎患者は着用する衣服を購入する際に、まず触って着用の可能性を探っている。アレルギー性皮膚炎患者は衣服の風合いを評価して着用の可否を模索していると考えられる。そこで、布帛の風合いの基礎となる力学的特性値と着用の可能性の指標を好感度として、これらの関係を調べることにより、アレルギー性皮膚炎患者の着衣によるアレルギー症状の原因は何かを明らかにすることを目的とした。さらに、アレルギー性皮膚炎患者は、汗を主因とするかゆみ等の症状悪化が指摘されている。汗中のかゆみ成分であるヒスタミンがかゆみを誘起することが分かっていることから、アレルギー性皮膚炎患者の皮膚の状態と汗中のヒスタミン含有量を測定し、かゆみとの関係を調べた。

（２）消臭抗菌抗アレルギー性ポリエステルの調製とその効果

ポリエステル自体は中性であり、健康な皮膚（弱酸性）の状態とは異なる。このためにポリエステルを弱酸性にすると健常な皮膚の状態に近付けることができると考えられる。また、ポリエステルに吸着した汗臭や体臭などの不快臭が問題視されている。これらのことから、ウェアの臭いおよびアレルギー対策を目的として、リンゴ酸のような酸を導入したポリエステル加工布（弱酸性ポリエステル）を調製した。弱酸性ポリエステル繊維の消臭抗菌効果および皮膚に与える影響を調べた。

３．研究の方法

（１）アレルギー性皮膚炎患者にアレルギー症状が発生する繊維の種類、発生する身体の部位、発生時期および発生するまでの時間などについて質問紙調査法によって調べた。

アレルギー性皮膚炎患者および健常者を被験者とした。被験者の皮膚状態は人工気候室でエルゴメータを用いて運動してもらい、身体 8 か所の皮膚の水分、油分、弾力およびｐH を測定した。また、同時に汗を採取した。皮膚の水分、油分、弾力は、トリプルセンス（MORITEXK10229）を使用し、皮膚ｐH はｐH メーター（(株）佐藤商事 YK-21PH）を用いて測定した。採取した汗の中のヒスタミン量は、微量なたんぱく質を定量するのに適した ELISA 法を用いて測定した。まず、PBS Buffer を蒸留水に溶かした溶液に汗サンプルを加えた。この溶液 50μℓを抗体が付着した容器に入れ、Histamine-HPR を加えて、4 倍希釈後、室温 25℃の暗室で 45 分間反応させた。次に、汗サンプル容器を洗浄し、TMB150μℓを加えて 30 分暗室で発色させた。1N 塩酸を加えて反応を終了させ、カードリーダーで吸光度を測定し、ヒスタミン量を算出した。

アレルギー性皮膚炎患者は着衣の可否を好感度として触覚により評価した。試料布は、6 種類の編み構造が異なる未加工ポリエステルと弱酸性ポリエステルおよび綿の合計 17 枚の編地を用いた。試料布の力学的特性は曲げ特性、せん断特性、表面特性を KES-FB2 と KES-FB4（カトテック製）を用いて測定した。さらに、この結果をもとに試料布を選定し、アレルギー性皮膚炎患者に着用してもらい、着心地を評価した。

（２）弱酸性ポリエステルは、ポリエステルフィラメント表面を部分的に加水分解し、カチオン染色を可能にした後、染色工程でリンゴ酸を導入した。

消臭効果は、テドラーバック（アズワン社製）に試料布（1g）と悪臭ガス(酢酸 30 ppm またはアンモニアガス 100 ppm)2L を入れて密閉し、気体採取器（GV100Ｓ、ガステック社製）とガス検知管を用いて一定時間経過後

にテドラーバッグ中の残留ガス濃度を測定した。悪臭残存率は以下の式で算出した。

$$悪臭残存率＝\frac{試料投入後の悪臭残存濃度(ppm)}{ブランクの悪臭濃度(ppm)}\times 100$$

抗菌性は、JIS L1902 繊維製品の抗菌性試験方法及び抗菌効果定量試験（菌液吸収法）に基づき、黄色ブドウ球菌に対する抗菌性を評価した。

ウェアに吸着した臭気テストは運動部部員に約２時間練習時に、試料ウェアを着用してもらい、その後、合成洗剤を用いて家庭用洗濯機で洗濯して屋外で乾燥した。このサイクルを繰り返し、２週間着用してもらった後試料ウェアの背中、首、脇のにおいを評価した。においは、T&T オルファクトメーター試薬による臭覚テストに合格した 22～26 歳の女性によって、6 段階臭気強度法による臭いの強さと 9 段階快不快度表示法による快・不快度を評価した。

４．研究成果

（1）布帛の力学的特性と好感度との関係を調べた。アレルギー性皮膚炎患者に試料布の好感度を指標として順位づけしてもらった。その結果、薄い布は好感度が高く、布帛の厚みが厚くなるほど好感度は低くなり、繊維の種類や加工の有無とは無関係に試料布の厚みと好感度は高い相関関係（相関係数 R2=0.8472）があった。この結果から、布帛の厚みがアレルギー性皮膚炎患者の着用可否の判断要因の一つであると考えられる。布帛の曲げ剛性(B)および曲げヒステリシス(2HB)と好感度との関係は、図 1 に示すようによい比例関係が得られた。曲げ特性値（B）(2HB) ともに相関係数が 0.9 以上であることから、曲げ特性が着用可否判断の要因であることが分かった。

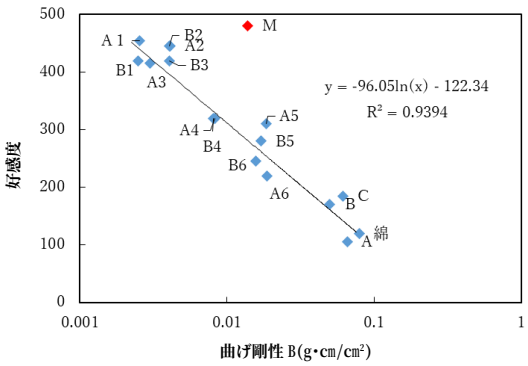

図１　曲げ特性値と好感度との関係

せん断特性値（G，2HG，2HG5）と好感度の相関係数は、それぞれ 0.83，0.85，0.83 と高い相関を示した。このことから、着用時の布帛のせん断方向への変形のしやすさと回復性を着心地の良さとして記憶されているといえる。表面特性値（MIU，MMD，SMD）と好感度の関係は、布帛の厚みが一定以上薄くなると自分の指の影響が強く反映され、布帛の凹凸や滑りやすさ等の人間の感覚として判断できなくなるため、一定の厚さ以上（閾値を 0.5mm とした)の布帛を対象に調べた結果、表面粗さ(SMD)が関係していることが分かった。

アレルギー性皮膚炎患者に、表１のような力学的特性値を示す硬い綿と硬いポリエステル(A6，B6)を着用してもらい着用感を比較した。その結果、図２のように「ごわごわした」「かたい」等の着用評価に顕著な差がみられ、曲げ剛性 B 値が低い試料布であれば綿よりもポリエステルが好まれた。弱酸性ポリエステルの方が、未加工ポリエステルよりもなめらかで肌触りがよいという結果となった。たとえ綿であっても曲げ剛性、せん断剛性が大きいほど皮膚刺激が強くなり不快となることがわかった。

表１　試料布の力学的特性値

	曲げ剛性 B (g･cm²/cm)	せん断剛性 G (g･cm/degree)	表面粗さ SMD (micron)
未加工ポリエステル(A6)	0.0185	0.702	5.63
弱酸性ポリエステル(B6)	0.0131	0.700	5.07
綿	0.0792	1.540	5.62

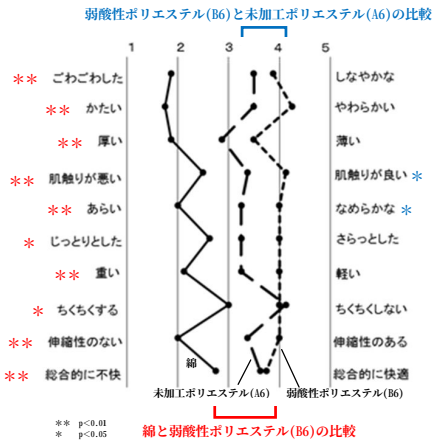

図２　着用６時間後の試料ウェアの着用感比較

質問紙調査法による調査結果からアレルギー性皮膚炎患者のかゆみの発症は、汗と密接に関係していた。かゆみの症状が現れる部位は手、腕が最も多く、次いで首、背中、胸元であった。アレルギー性皮膚炎患者と健常者の汗中のヒスタミン量を測定した結果を図３に示す。図のように、汗中のヒスタミン量は、アレルギー性皮膚炎患者の方が健常者よりも高い値を示した。また、かゆみが出やすい首、腕、肘部分の汗は、その他の部分の汗よりもヒスタミンを多く含んでいることが分かった。また、見た目の症状が重くかゆみがひどい人は汗中にヒスタミンが多く含まれており、ヒスタミン量とかゆみの度合が比例していることがわかった。かゆみを感じる箇所が首や胸元であることから、衣服と汗が摩擦されるためだと考えられる。親水性繊

維を被服材料に用いると汗を吸水するが、疎水性繊維を用いると汗を吸水せずに衣服が汗と摩擦されてさらに症状が悪化すると考えられる。疎水性繊維には、吸汗加工が必要であることを示唆している。

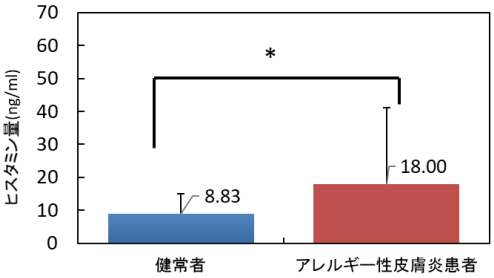

図3　アレルギー性皮膚炎患者と健常者の汗中のヒスタミン量の比較

次にアレルギー性皮膚炎患者の皮膚状態を調べた。アレルギー性皮膚炎患者の皮膚水分は健常者と比較して低かった。また、皮膚pH は図4のように健常者よりも高く、運動後は健常者の皮膚pH が時間とともに下がるのに対してアレルギー性皮膚炎患者はほぼ一定値を示した。

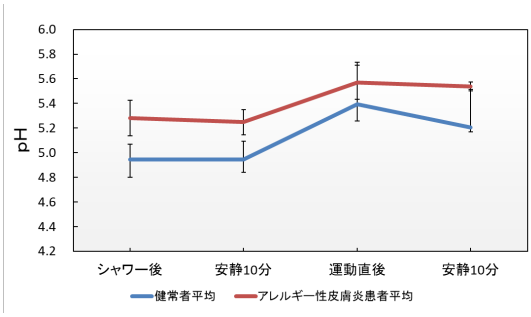

図4　アレルギー性皮膚炎患者と健常者の皮膚pH の比較

皮膚常在菌のうち黄色ブドウ菌は、発汗による皮膚pH が上昇すると増殖する。また、アレルギー性皮膚炎患者の皮膚pH が高く、黄色ブドウ球菌が多いことを報告されている[1)]。黄色ブドウ球菌はかゆみの原因となる細菌であり、衣服には黄色ブドウ球菌に対する抗菌性が必要な機能である。

（2）弱酸性ポリエステルの黄色ブドウ球菌に対する抗菌性を表 2 に示す。培養 18 時間後、未加工ポリエステルは生菌数が増えているのに対して、弱酸性ポリエステルは生菌数が減少した。また、静菌活性値は 2.2 以上で抗菌性があることから、弱酸性ポリエステルは静菌活性値が 5.6 で黄色ブドウ球菌に対して抗菌性があることがわかった。次に、弱酸性ポリエステルの消臭効果を調べた。脂肪酸やイソ吉草酸の模擬臭である酢酸に対する消臭効果は、悪臭残存率 78%と高くないが汗臭や尿臭の模擬臭であるアンモニアに対しては、悪臭残存率 13%で優れた消臭効果があることがわかった。この結果は、弱酸性ポリエステル中に導入されたリンゴ酸とアンモニアとの中和反応により、高い消臭効果が得られたと考えられる。

表2　試料布の黄色ブドウ球菌に対する抗菌性

試料	生菌数の対数値（数）		静菌活性値*
	菌液接種培養前	培養 18 時間後	
弱酸性ポリエステル	4.3	1.3	5.6
未加工ポリエステル	4.2	6.3	0.5
標準試料	4.3	6.9	-

試験方法：JIS L1902 菌液吸収法、供試菌：黄色ブドウ球菌
＊静菌活性値＝(Mb-Ma) -(Mc-Mo)
Mb-Ma ： 標準試料布の 18 時間後の生菌数の常用対数値の差
Mc- Mo ： 試料布の 18 時間後の生菌数の常用対数値の差

運動部に試料ウェアを 3 週間着用してもらい、1 週間ごとに試料ウェアの臭気評価を行った。未加工ポリエステルは、着用 1 週間で 10 人中 7 名から背中、首、脇の部分から汗臭が感知でき、発汗量が多い人ほど汗臭が強かった。未加工ポリエステル、弱酸性ポリエステルウェアを着用 2 週間後の臭気の結果は、未加工ポリエステルの場合、臭いの強度が 2 で汗のにおいが感知でき、不快度が-1.5 で不快であった。一方、弱酸性ポリエステルは、未加工ポリエステルよりも臭気強度が弱く、不快な臭気でないことがわかった。これは、汗が繊維中の酸成分と中和して、臭いの軽減や汗の分解が阻止できた結果だと考えられる。

汗はアポクリン汗腺とエクリン汗腺を通して皮膚表面に出てくる。アポクリン汗腺は、腋の下に存在し、エクリン汗腺からでる汗とは異なりたんぱく質、アンモニア、脂質などを含む。この成分が、皮膚表面の黄色ブドウ球菌などの細菌によって分解されたときに、わきが独特のイヤなニオイを発する[2)]。汗自体の色は若干白めでネバネバしており、衣服に着くと黄色いシミができる。わきがの人は、弱酸性ポリエステルと未加工ポリエステルの間で臭い強度と快不快度に差が認められなかった。この結果は、ポリエステルはもともと疎水性であるために、汗中に含まれる脂質が繊維中に吸着して酸化して悪臭を発生すると考えられる。

＜引用文献＞

1）Dysbiosis Staphylocccus aureus Colonization Drives inflammation in Atopic Dermatitis, Tetsuro Kobayashi, Martin Glatz, Keisuke Horiuchi, Hiroshi Kawasaki, Haruhiko Akiyama, Daniel H.Kaplan, Heidi H.Kong, Masayuki Amagai, and Keisuke Nagao, Immunity 42 p.756-766 (2015)

2）Steve Van Toller and George H.Dodd, Perfumery, the psychology and biology of fragrance,pp.50-54 (1991)

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計５　件）

１）土田百恵、水谷千代美、衣服着用時に発生する皮膚障害とその原因　―アンケート調査からの一考察―、大妻女子大学家政系紀要第 54 号（査読無）、p.39-48 (2018)

２）水谷千代美、川之上豊、平野泰宏、弘田量二、ポリエステル製スポーツウェアの臭いと消臭抗菌加工～酸導入ポリエステルが臭いおよび皮膚のｐH に与える影響、デサントスポーツ科学、vol.38（査読有）、p.10-16（2017）

３）Chiyomi Mizutani, Akemi Yahata, Katsusaza Takahashi, Hirofusa Shirai, Takako Tokuyama and Kanji Kajiwara, Human Friendly Application of Functional Fibers in Aging Society, Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Affective and Pleasurable Design, 483（査読有）、p.129-135（2016）

４）水谷千代美、川之上豊、平野泰宏、土田百恵、弘田量二、化学繊維がアレルギー性皮膚炎患者の皮膚に与える影響、Internaitonal Journal of Human Culture Studies, 27（査読無）、p.210-212（2016）

５）弘田量二、土田百恵、皮膚バリア保護的に働く弱酸性ポリエステルを利用した化繊アレルギー原因物質の解明，デサントスポーツ科学，vol.36（査読有）、p.161-167（2015）

〔学会発表〕（計　14　件）

１）水谷千代美、弘田量二、土田百恵、梶原莞爾、着衣がアレルギー性皮膚炎患者の皮膚のかゆみに与える影響、日本繊維製品消費科学会年次大会、2017

２）Chiyomi Mizutani, Kanji Kajiwara, Ryouji Hirota, Momoe Tsuchida, Dose chemical fiber really cause allegic skin diseases?　14th Asian Textile Conference, 2017

３）Chiyomi Mizutani, Momoe Tsuchida Influence of Chemical Fiber on Allergic Dermatitis, Asian Regional Association for Home Economics, 2017

４）土田百恵、水谷千代美、川之上豊、平野泰宏、弘田量二、梶原莞爾、布帛の風合いがアレルギー性皮膚炎患者の皮膚に与える影響、日本繊維製品消費科学会年次大会、2016

５）水谷千代美、土田百恵、川之上豊、平野泰宏、弘田量二、梶原莞爾、アレルギー性皮膚炎患者のかゆみ出現の原因、日本繊維製品消費科学会年次大会、2016

６）Chiyomi Mizutani, Momoe Tsuchida, Ryouji Hirota, Kanji Kajiwara, Effect of Weak Acidic Polyester on Odor and Skin Condition, The International Federation for Home Economics World Congress, 2016

７）水谷千代美、機能性繊維を使った製品開発、平成２７年度繊維技術講習会Ⅰ（招待講演）、栃木県産業技術センター繊維技術支援センター，2015

その他７件

〔図書〕（計　2　件）

① 水谷千代美他59名（第４章第８節１番目）、衛生製品とその材料開発事例集、第４章第８節介護用品や介護器具に求められる消臭性とその付与事例、技術情報協会、349（p.128-134）2016

② 水谷千代美、梶原莞爾、高機能性繊維の最前線～医療、介護、ヘルスケアーへの応用～、シーエムシー出版、241 (p.177-189) 2014

６．研究組織

(1)研究代表者

水谷　千代美（MIZUTANI,Chiyomi）
大妻女子大学・家政学部・教授
研究者番号：00261058

(2)研究分担者

梶原　莞爾（KAJIWARA,Kanji）
信州大学・繊維学部・リサーチフェロー
研究者番号：10133133

弘田　量二（HIROTA, Ryouji）
松本大学・人間健康学部・教授
研究者番号：20448385

細谷　聡（HOSOYA,Satoshi）
信州大学・繊維学部・教授
研究者番号：40293500

(3)連携研究者

土田(宇梶)百恵(TSUCHIDA(UKAJI), Momoe)
元大妻女子大学・家政学部・助手
研究者番号：70726843