

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：34517

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25870964

研究課題名(和文)日本の技法を応用した天然素材の表面改質による快適性新素材の研究

研究課題名(英文) Study of the New Comfortable Natural Material by Surface Modification and Applying Japanese Traditional Techniques

研究代表者

竹本 由美子 (TAKEMOTO, Yumiko)

武庫川女子大学・生活環境学部・助教

研究者番号：90581926

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：天然繊維で優れた接触冷感と清涼感を有する麻の汎用を妨げている硬さや染色性を改善するため、繊維の表面改質と日本古来の技法を活用した柔軟性及び染色性の改善について検討した。

小千谷縮みの技法である「湯もみ」と空気プラズマ処理をおこなうことによって麻に柔軟性を付与できたが、条件によって染色性が低下することが判明し引き続き研究を継続中である。一方、海水に浸漬させ日光曝露する「海晒し」を実験的に試みたところ、色味の濃さが増し色止めの効果が示唆された。さらに、雪上で曝露する「雪晒し」によって、空気プラズマ処理をおこなった場合に色味を鮮やかにする効果が強まることが期待される。

研究成果の概要(英文)：In this study, the effect of various techniques using for Japanese traditional fabric, and surface modification of fibers by air plasma processing was investigated to improve bending stiffness and dyeability of linen textiles. As the results, the flexibility could be increased by doing the air plasma processing and "YUMOMI", one of the traditional techniques to make "Ojiya-chijimi". But the difference in dyeing was observed by changing the plasma processing condition. From the color measurement results of the dyed linen textile exposed while soaking in salt water following "UMIZARASHI", it was suggested that the faded color was suppressed and the color intensity was increased. The color intensity of the linen processed air plasma can be expected to increase by exposing on the snow as procedure called "YUKIZARASHI".

研究分野：繊維材料学、材料科学

キーワード：麻 表面加工 接触冷感 柔軟性 染色性

## 1. 研究開始当初の背景

近年、熱帯夜や猛暑日、さらに大雨の日数も増加しているなど、地球温暖化の影響は肌で実感できるほどに顕著となってきている。この危機感は社会全体により浸透し、節電や節水による省エネルギー対策が積極的に取り組まれ始め、各自での貢献も求められる社会となってきた。日本のような高温高湿の気候において、節電を意識しながら自ら快適に過ごすためには、まず着用する衣服に優れた快適性が求められる。例えば、衣服内のムレ感を軽減する吸湿性・透湿性、汗などを吸収する吸水性、衣服内の空気の流れを良くするための通気性、濡れてもすぐに乾く速乾性によってもたらされる清涼感、肌に接すると冷たく感じる接触冷感などである。それらすべての特性を併せ持つ優れた天然素材として「麻」がある。

麻は、日本の蒸し暑い気候に最も適した素材として、古くから多用されてきたが、近年の新機能性素材にみられる接触冷感素材や吸湿性・吸水性・速乾性素材には、麻ではなくポリエステル合成繊維と吸水性の高い綿や接触冷感を有する化学繊維キュプラ、レーヨンなどを組み合わせ、さらに表面に凹凸ができやすい編地や織組織にすることで汗などによるベタつきを抑えて清涼感を付与している。しかし、このような様々な繊維を使用せずとも、天然素材の麻を用いれば清涼感や接触冷感をすべて備えた快適性素材が得られるはずである。では、なぜ麻が使用され難くなってしまったのか。やはりそれは、麻特有のハリ感や硬さなどの風合い、しわの付きやすさ、染まりにくさ、加工の難しさによって、現代の衣料素材に見合った汎用性が乏しいためであると考えられる。よって、麻素材に柔軟性を持たせ、さらに染色性を改善することができれば、高温高湿に適した快適性素材として、より多くの利用が期待できる。

## 2. 研究の目的

麻は、日本の蒸し暑い気候に最も適した素材として古来より幅広く使用されてきたが、近年は新機能性繊維が多く使用され、麻の汎用性は乏しくなっていく一方である。麻は吸湿性、透湿性、吸水性、通気性、速乾性、シャリ感、ハリ感、接触冷感などいくつもの優れた性能を併せ持つ天然繊維であるが、欠点となる手触りの硬さや染まりにくさを改善する方法は、未だ確立されておらず、また他の繊維のように風合いや機能性を付与する加工方法もほとんどなされていない。しかし、これからの省エネルギー対策として節電のために冷房等の使用頻度を控えることや弱冷が求められる中で、暑さへの対応策として私たちが着用する衣服の快適性の向上が有望される。そこで、麻素材への柔軟性の付与及び染色性が改善され、優れた清涼感や接触冷感を有する麻素材をより扱いやすく様々なものに汎用し、快適性素材の活用がより一

般的になれば、節電による省エネルギー対策にも貢献できると考えられる。

本研究では、天然繊維で優れた接触冷感と清涼感を有する麻を用いて、その汎用を妨げる硬さ、染まりにくさなどを改善すべく、繊維の表面改質をおこなうと共に、日本古来の技法を活用した柔軟性及び染色性の改善について検討することによって、天然素材の優れた特性を活かすことで、省エネルギー対策に有用な快適性素材としての活用を目指すことを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 麻織物の物性

夏物衣料素材として古くから使用されてきた麻の中でも、表面にシボ(皺)の加工が施された小千谷縮及び近江縮は、適度なシボがあることによって通気性が増すことから、涼感ある夏の衣料として珍重されてきた。また、小千谷縮のシボをつけるためにおこなう「湯もみ」は、麻を柔らかくする効果があるとされている。それらの縮布が一般的な麻白布とどのような違いがあるか、物性試験として剛軟度や接触冷感測定をおこない、さらに洗濯による寸法変化とシボの形状変化についても観察をおこなった。

### 試料

小千谷縮は、新潟県小千谷市の水田株式会社よりご提供いただき、こんにやく糊及びPVA糊を用いた機械織りの各縮布を、近江縮は滋賀県麻織物工業協同組合より購入したこんにやく糊を用いた手織りのものと機械織りの縮布を用いた。比較試料として、一般的な衣料素材として使用される麻白布を用いた。

### 剛軟性試験

JIS L 1079 に準拠し、45°カンチレバー法及びクランク法によって測定した各結果から剛軟度を算出した。

### 接触冷感測定

カトーテック株式会社製のフィンガーロポットサーモラボ(HFT-07TL)を使用し、20に保持した試料を40の接触子に接触させた場合の接触冷感評価値(Q-max) W/cm<sup>2</sup>を測定することによって検討した。

### 洗濯による寸法変化

洗濯を繰り返した場合に、小千谷縮布ではどの程度の寸法変化が生じるのか、またシボの状態も観察するため、洗濯試験をおこなった。試験方法はJIS L 0217(105法)に準拠し、市販の全自動洗濯機で弱アルカリ性洗剤を用いて洗濯後、日陰にて吊干し乾燥をおこなった。

### 試料の形態的観察

株式会社ハイロックス製のデジタルマイクロスコープKH-1300を使用し、試料の織りや糸の状態、織密度の測定、シボの形状の観察をおこなった。また、株式会社日立製作所の走査型電子顕微鏡(SEM)S-310を用いて高倍率で繊維表面を観察した。

## (2)麻への柔軟性付与

小千谷縮の技法である「湯もみ」を活用した柔軟加工の方法を検討した。まず初めに、ただ単に強靱な麻を湯もみするのではなく、繊維表面にプラズマ処理をおこなうことで表面が削られクラックを発生させることが可能であることから、麻繊維の表面に空気プラズマ処理によって極小のクラックを発生させた後、布を揉むことで柔軟性にどのような違いが現れるのかについて検討をおこない、溶剤を用いない柔軟加工法への応用を試みることにした。

### 試料

先の実験で比較試料とした、一般的な衣料素材でも使用される組成の麻白布を用いた。

### 空気プラズマ処理

International Plasma 社製の低温灰化装置 IPC-1005-248AN を用い、Air 流量 100 ~ 300cc/min、50W または 100W、真空度 45 ~ 60torr、処理時間 1 ~ 5min の条件でプラズマ処理をおこなった。

### 湯もみ加工

小千谷縮を提供していただいている水田株式会社にて、湯もみの工程を見学させてもらい、その作業を参考にして、本試験での湯もみ加工を次のように設定した。試料を約 40 の温浴中に浸漬しながら、湯もみを 2 分おこなった後、しっかりと絞り、この作業を 5 回繰り返して湯もみ加工とした。

### 剛軟性試験

前述と同様の方法でおこなった。

### 防しわ性試験及びしわ回復試験

JIS L 1059 に準拠し、モンサント式クリーズレカバリテスターを用いて測定をおこない、各測定結果から防しわ率を算出した。さらに、独自の方法として、試料を折り曲げ 5 分間荷重を加えた後に、試料の折り目を解放して元の状態とし、折り目となった部分の上に荷重を再び 5 分間加え、その後の開角度を防しわ性試験と同様に測定し、次式を用いて算出した値をしわ回復値とした。

しわ回復 (%) = 開角度 / 180 × 100

## (3)麻の染色性の改善

麻の上布である「八重山上布」の技法の 1 つである「海晒し」は、色止め効果があるとされている。この「海晒し」に習い、本研究では染色した麻布を塩水中に浸漬することによる色止めの効果について、塩分濃度及び日光の有無によって染色された麻布の鮮やかさに違いが生じるのではないかと考え実験的に試みた。

また、プラズマ処理によって絹や羊毛の染色性に改善効果がみられたという報告<sup>1)</sup>から、まだ明らかになっていない麻へのプラズマ処理効果を検討し、染色性の改善を試みた。麻は表面への染色性は良好であるが、繊維内部まで染料が浸透せず、摩擦等による白化現象によって色褪せた状態となる。プラズマ処理はエッチング作用によって繊維表面にク

ラックを発生させることから、強靱な麻繊維の表面においても有用であると考えられ、そのような表面のごく一部の間隙から繊維内部へと染料を浸透させることで、染色性が改善されるのではないかと考えた。

そこで、空気プラズマ処理をした試料と未処理の試料に藍染をおこない、それらの染色性について、デジタルマイクロスコープによる繊維の観察と、分光光度計によって染色性の違いを検討した。

さらに、小千谷縮は「雪晒し」をおこなうことで有名であり、「雪晒し」による寒冷中での曝露によって、オゾンの作用による漂白や、さらに色味の鮮やかさが増すなどの効果があるとされていることから、染色後の加工法としてこの「雪晒し」に習い、雪上で曝露した場合の染色の変化についても検討した。

### 試料

先の実験で比較試料とした、一般的な衣料素材でも使用される組成の麻白布を用いて、藍染をおこない試料とした。また、空気プラズマ処理試料は、先の述べた条件でおこなったものと同様の試料を用いた。

### 人工海水による海晒し

西宮市武庫川女子大学 5 階南側屋外にて、実際に海晒しがおこなわれる 3 月 ~ 5 月の気候に近い条件である西宮市の 9 月 ~ 10 月に試験を実施した。気温は 21 ~ 25 、水温は 16 ~ 17 、晴天の 9 時 ~ 16 時半までの 7.5 時間、人工海水、各種海水及びイオン交換水中に試料を浸漬させ海晒しをおこなった。また、暗室にて日光を遮断し人工海水に浸漬した場合についても実験をおこなった。

### 反射率の測定

株式会社島津製作所の自記分光光度計 UV-260 を使用し、最大吸収波長である 635nm の反射率を実験前後で比較した。

### 表面元素分析

島津 X 線光電子分析装置 ESCA-850 及びデータ処理装置 ESPAC-1000 を使用し、Mg-K X 線 8KV・30mA、走査速度は 0.05V/s として、試料表面の元素分析をおこなった。

### 新潟県での雪晒し

新潟県で実際に雪晒しがおこなわれる 2 月下旬の晴天の日に、雪上にて雪晒しをおこなった。但し、日照時間が確保できず、今回は合計 5 時間程度となった。

### 試料表面の測色

日本電色工業株式会社の簡易型分光色差計 NF333 を用いて測色し、実験前後 L\*、a\*、b\* 値と、色差 E\*ab 値から、色味の変化を検討した。

## 4. 研究成果

### (1)麻織物の物性

適度なシボがあることによって通気性が増し、涼感ある夏の衣料として珍重されてきた小千谷縮や近江縮は、一般的な麻白布とどのような違いがあるのか、デジタルマイクロスコープによって繊維や糸の状態を観察す

るとともに、剛軟度を測定した。縮布の縦と横方向それぞれの剛軟度を測定したところ、縮布のシボが布の縦方向に平行に形成されているため、方向によって大きく異なり、やはりシボと平行である横方向の方が柔らかさを示した。表1に、各試料の横方向の剛軟度を示した。PVA糊で加工した糸を使用して織った小千谷縮(P)と、こんにやく糊を使用した小千谷縮(K)また、機械織りの近江縮の剛軟度はどれも同じ程度の数値となり比較試料とした麻白布よりも柔らかく、近江縮の手織りの試料のみ、かなり硬く張りのある布であった。

次に、各縮布の表面をデジタルマイクロスコプで観察し、織密度と糸の撚りの角度(糸の中心軸を基準にした繊維の傾斜角度)を測定した。織密度は表1のように、小千谷縮(K)と近江縮(手織り)の横糸の本数が多く、小千谷縮(K)が最も密度が高いことがわかったが、どの試料も糸の太さにばらつきが見られたため、糸の太さを測定し標準偏差を求めたところ、近江縮の方が小千谷縮よりも低く、糸の太さのばらつきが少ないことがわかった。縮は、その特徴であるシボを出すため、織られた後の反物を湯もみする。それによって、かなり糸は摩擦され、そして撚りの戻りも生じる。この撚りの変化によってシボが付与されるため、糸の太さのばらつきも大きくなる。シボの形状を近江縮と小千谷縮で比較すると、小千谷縮の方がとてもしっかりとシボが出ており、近江縮は上品で細かいシボが特徴であった。このようなシボの出し方が糸の太さのばらつきに現れたものと考えられる。さらに、機械ではなく伝統技法にならった手織りと縮み加工によって作られた近江縮(手織り)において、糸の太さだけでなく、糸の撚りの角度もばらつきが少なく整った織組織であったことは、人の手による精密で丁寧な作業と、その技術の高さを再認識させられた。

表1 各種麻織物の剛軟度と防しわ率

	密度 (本/cm)	厚み (mm)	重さ (g/m <sup>2</sup> )	剛軟度
麻白布	24.2×22.6	0.295	134.7	A:0.27 B:4.62
小千谷縮 (P)	26.3×22.8	0.434	117.6	A:0.12 B:2.24
小千谷縮 (K)	27.4×25.5	0.348	120.0	A:0.11 B:2.34
近江縮 (機械織)	25.4×22.8	0.342	108.4	A:0.05 B:2.12
近江縮 (手織り)	26.4×25.2	0.339	114.0	A:0.40 B:6.06

剛軟度 A:カンチレバー法、B:クラーク法  
(よこ方向の試料を用いた測定結果)

これらの試料の接触冷感評価値を測定したところ、縮布は 0.42~0.53 W/cm<sup>2</sup> の値を示し、特に手織りの近江縮が最も高く、4 種

類の縮布の中でも織りや糸の撚りの状態が最も整っており綺麗に繊維が並列していたことから、このような表面の状態が影響していると思われる。麻白布が 0.41W/cm<sup>2</sup> であったことから、縮布はやはり接触冷感が良いように思えるが、この接触冷感評価値 Q-max はあくまで1つの指標であって、その他にも通気性や吸水速乾・吸湿放熱など様々な要素が影響する。よって、縮布の吸放湿性についても実験をおこなったところ、放湿速度が他の繊維よりも速いことがわかった。これは縮布には苧麻が使用されており、麻の中でも苧麻が特に放湿性に優れているためである。小千谷縮や近江縮が涼感素材として使用されるのは、その接触冷感と、やはり放湿性などの他の要素との相乗効果によるものと言える。

このように、独特の風合いを与えている縮のシボであるが、使用していく間にシボが消失してしまうと、その特性も失われてしまうことから、洗濯によってどの程度保持されるのか、消費性能に関する試験もおこなった。

小千谷縮を家庭洗濯機で繰り返し洗濯をおこなった場合の、縦及び横方向の寸法変化率を算出したところ、縦方向では、小千谷縮の寸法変化は少なく、横方向は縦方向よりも収縮する傾向がみられ、変化にもばらつきがみられた。しかし、綿素材のように洗濯回数に伴って徐々に収縮することはなく、小千谷縮は、1回目の洗濯による変化はみられたものの、その後はそれほど変化することなく、特有のシボを保持した状態で、何度も使用し続けることが可能であることが示唆された。

さらに、洗濯によるシボの形状変化や糸密度の変化について、デジタルマイクロスコプによる撮影画像を用いて測定をおこなったところ、洗濯回数に伴ってシボの幅は若干狭まる傾向にあるが、シボの高さや布の糸密度もそれに伴って増加しており、よってシボは洗濯によって消失することなく、形状を維持していることが確認できた。

## (2)麻への柔軟性付与

麻の白布に空気プラズマ処理をおこなった場合の、剛軟性やしわの回復を測定したところ、表2のとおりとなった。ここで、空気プラズマ処理後の条件1は、最も処理効果が低い条件(Air流量100cc/min、電力量50W、処理時間1min)であり、条件2は最も処理効果が高い条件(Air流量300cc/min、電力量100W、処理時間5min)の試料の各結果である。

空気プラズマ処理をおこなうことによって、試料布の厚みや重さにも変化が見られた。これは、プラズマ処理によるエッチング効果によって繊維表面が削られているためである。また、剛軟度はプラズマ処理をおこなうことによって下がったが、防しわ性の測定をおこなったところ、プラズマ処理をおこなうことによって防しわ率は低下し、しわが付き

やすいという結果となった。これは、麻特有のはり感がなくなり柔らかくなったことによって、逆にしわの回復が難しくなったのではないと思われる。そこで、一度付いたしわ部分が元の状態に近づくように荷重を加えた場合に、どの程度のしわの回復がみられるかを検討してみた。すると表 2 のように、プラズマ処理をおこなった試料の方がしわが回復することが明らかになった。このことから、空気プラズマ処理によって、麻の布は柔らかくなり、しわが付きやすくなるものの、元の状態に戻すように付加を加えると、しわは回復しやすくなることが確認された。

表 2 プラズマ処理後の構造及び物性変化

	厚み (mm)	重さ (g/m <sup>2</sup> )	剛軟度	しわ回復 (%)
未処理	0.295	134.7	A:0.49 B:7.56	77.7
処理後 (条件 1)	0.282	132.5	A:0.31 B:6.66	83.3
処理後 (条件 2)	0.261	126.4	A:0.28 B:5.02	86.1

剛軟度 A:カンチレバー法、B:クラーク法

剛軟度及びしわ回復は、共にたて方向の測定結果

また、同様の試料を湯もみした後に測定した結果が表 3 である。試料及び測定方法は前述と同じである。このように、湯もみ後にはさらに剛軟度が低下し、湯もみによって柔らかさが付与されることが確認できた。

表 3 湯もみ後の構造及び物性変化

	厚み (mm)	重さ (g/m <sup>2</sup> )	剛軟度	しわ回復 (%)
未処理	0.311	129.6	A:0.45 B:7.15	82.2
処理後 (条件 1)	0.305	128.6	A:0.31 B:6.51	86.1
処理後 (条件 2)	0.307	127.4	A:0.29 B:5.11	91.6

剛軟度 A:カンチレバー法、B:クラーク法

剛軟度及びしわ回復は、共にたて方向の測定結果

### (3)麻の染色性の改善

日光の有無及び異なる濃度の海水と蒸留水を用いて麻布の表面の色味の変化を測定したところ、図 1 のように鳴尾浜の海水より塩分濃度が高い人工海水の色味が濃くなる傾向を示した。また、暗室で浸漬した場合には、浸漬開始時より退色の傾向がみられ、その後も変化がほとんど確認できなかった。このことから、海晒しをすることで、日光と海水中の塩分によってよりはっきりとした色彩になるだけでなく、色止めの効果もあることが示唆された。

一方、麻へのプラズマ処理効果については、プラズマ処理時間や電力量を変化させてエッチングの程度を変えた試料を染色し、その染色性を確認したところ、プラズマ処理時間

を長くすると染色性が低下する傾向が示唆された。しかし、表面元素分析をおこなったところ、表面上の酸素量は増加していることから表面へのプラズマ処理は確認できた。このことから、試料表面からの吸水性は高くなっているものの、何らかの原因によって染色性を改善することには至っていないことがわかり、このことを解明すべく現在も研究を進めているところである。

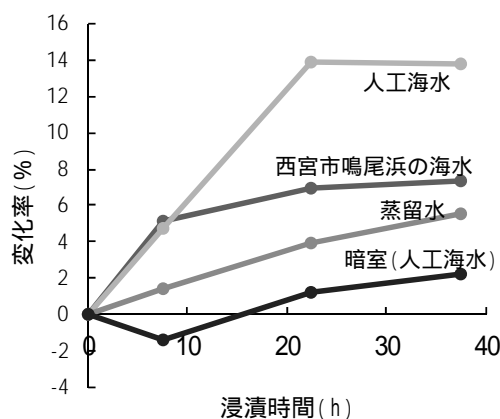


図 1 海水に浸漬前後の反射率の変化

このように、プラズマ処理効果による麻の染色性の改善については、課題が残る結果となったが、これらの試料が雪晒しによって色の鮮やかさに変化が生じるのではないかと考え、実際に新潟県で雪晒しが実施される 2 月に赴き、新潟県越後湯沢にて雪晒しを実施した。今回は天候により日照時間を長く確保することが困難であったため、雪晒し前後の試料表面の色を測色し求めた色差は、表 4 のようにどちらも若干の変化となった。

表 4 空気プラズマ処理による表面の変化

	未処理	処理後 (条件 1)
ESCA	1.28	1.58
O <sub>1s</sub> /C <sub>1s</sub>	1.59(1.47)	1.80(1.64)
色差 (E*ab)	1.22	1.23

O<sub>1s</sub>/C<sub>1s</sub>: 曝露した表面(裏面)

色差: 未処理試料の雪晒し前の値との差

ただし、同じ程度の色差であっても、未処理の試料に比べて、空気プラズマ処理試料の L\*値はより明るさが増す方へ、a\*値はより赤に、b\*値はより青に近づく傾向を示したことから、空気プラズマ処理をおこなうことで、雪晒しによる色味を鮮やかにする効果が強まることが期待され、引き続き雪晒しの効果について定量的に研究をおこなっているところである。

<引用文献>

- 1) 安田武、奥野温子、吉田恭子  
繊維学会誌、42、T-11 (1986).

5 . 主な発表論文等

[学会発表](計1件)

竹本由美子、藤田かおり、新作真美、  
奥野温子

“小千谷縮の表面特性と快適性”

日本家政学会関西支部第35回研究発表会  
2013年10月12日、大阪青山大学  
(大阪府・箕面市)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

竹本 由美子 (TAKEMOTO, Yumiko)  
武庫川女子大学・生活環境学部・助教  
研究者番号：90581926