

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：12611

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K14030

研究課題名（和文）においストレスのない生活空間創造のための消臭布の開発および機能の「見える化」

研究課題名（英文）Development of deodorizing fabrics and "visualization" of their functions for the creation of living environments free from odor stress

研究代表者

雨宮 敏子（AMEMIYA, Toshiko）

お茶の水女子大学・基幹研究院・助教

研究者番号：80750562

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、天然繊維に対し、特別なバインダー等を必要とせず比較的平易に調製可能な媒染染色の手法で消臭機能を付与するとともに、悪臭物質の酸化による除去により繰り返し使用可能な消臭布の開発および機構の解明を行った。また、染料や繊維高分子へのイオンの吸着による除去を行う消臭布を調製し、酸化型の消臭布との併用による効果を検討した。さらに、実用の観点から、使用者が視覚的にも消臭機能を認識し、より安心感や満足感を得られる付加価値を得ること目的として、消臭前後で布色が変化する条件を調べ、消臭機能の可視化（見える化）を追究した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、天然繊維に媒染染色の手法で銅塩や鉄塩を担持させ、その酸化作用により悪臭除去を行う消臭布、加えて染料や繊維高分子のイオンの性質を利用した吸着型の消臭布を調製した。異なる除去機構をもつ消臭布を併用した悪臭除去について、除去量だけでなく分解や吸着速度に着目し、詳細な機構解明を行った点で学術的意義をもつ。また、単一臭にとどまらず、チオールとアンモニアなど、除去機構の異なる混合臭に対しての検討など、実環境を見据えた複雑な系においての研究は希少である。さらに、消臭効果の可視化を図ることで、機能の効果に対する消費者の安心感や満足感に繋がる付加価値を与えたことは、大きな社会的意義を有する。

研究成果の概要（英文）： In this study, deodorant functions are provided to natural fibers by mordant dyeing, which is relatively easy to prepare and does not require special binders, and deodorant fabrics that can be used repeatedly by removing malodorous substances through oxidation are developed and the mechanism is elucidated. In addition, deodorant fabrics that remove odors by ionic adsorption on dyes and fiber polymers have been prepared, and their effectiveness in combination with oxidized deodorant fabrics has been investigated. Furthermore, from the viewpoint of practical use, the conditions under which the color of the cloth changes before and after deodorization were investigated to visualize the deodorant function, with the aim of adding value to the cloth by enabling users to visually recognize the deodorant function and to feel a sense of comfort and satisfaction.

研究分野：被服科学，生活機能材料

キーワード：消臭 見える化 可視化 機能性繊維 媒染染色 におい 銅 天然繊維

1. 研究開始当初の背景

(1) 高齢社会の加速に伴い、医療福祉施設や家庭における介護環境のにおいの問題は、介護者・被介護者双方の生活の質(QOL)に関わる問題として、注目が高まっていた。また、国内外で頻発する災害後の避難所等の生活空間の環境悪化も切実な問題として捉えられるようになった。さらに、快適性への要求の高度化により、通常的生活臭や衣服の汗臭などを気にする人も増加し、においに対するストレスの少ない生活環境が万人に求められる社会的背景であった。

(2) 五感に関する研究の中で、においに関する精密な研究は最も遅れている。消臭関連製品の研究開発についても、その消臭効果が優先され、環境負荷の低い製品作りや、消臭機構についての詳細な研究は不十分であった。学術的背景として、環境負荷を考慮し、簡易な手法で調製でき、繰り返し使用可能であること、様々なにおいの環境に過不足なく対応可能な機能をもつ消臭布の開発や、その詳細な機構解明が必要であった。また、消費者の視点からすると、機器分析による専門的な評価のみならず、消臭効果を視覚的に認識できれば、使用時の安心感や満足感に繋がる付加価値となり、消臭のインジケータとしての利用も期待できる。これらのことから、消臭機能の可視化(見える化)は有用であると考え、本研究の申請に至った。

2. 研究の目的

1. に示した背景から、本研究では天然繊維に対し、媒染染色により担持させた金属塩の酸化作用を用い連続的に使用可能な化学的消臭布や、染料や繊維高分子にイオンの吸着する消臭布を開発した。そして、これらの消臭布について、悪臭物質の分解速度および吸着速度や、異なる除去機構をもつ悪臭モデル物質の混合臭への対策を追究することで機構の解明を行い、多様な悪臭物質および使用環境に対応可能な高機能性消臭繊維の設計指針を得ることを目指した。さらに、消臭前後に布色に変化する調製条件を検討し、本来嗅覚に訴える消臭機能の可視化(見える化)を試みた。実用において、消費者が消臭機能の効果を視覚的に実感できれば、より安心感や満足感に繋がる。その実現により、衣住環境を含む生活空間において、においに関するストレスのない快適な生活環境の創造に貢献することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 2019 年度

綿布に対して、銅塩のみ、直接染料と銅塩、カチオン染料、カチオン染料と銅塩、クエン酸塩によるカルボキシ基導入、カルボキシ基導入後に銅処理を行った試料を調製し、エタンチオール、アンモニア、酢酸に対する消臭特性を、気体検知管法および炎光光度検出ガスクロマトグラフ(FPD-GC)法により調べた。試料布側のモデル染料として、直接染料およびカチオン染料を使用した。特に、チオラートアニオンの吸着性が期待されるカチオン染料の構造依存性を調べるため、トリアリルメタン系、アジン系、アゾ系の構造をもつ染料各2種類について検討した。

銅塩による酸化分解型の消臭布とカチオン染料を用いた吸着型の消臭布を併用し、エタンチオールの除去特性を調べた。

(2) 2020 年度

前年度までに検討した銅塩の酸化作用によるエタンチオール除去に関する成果をもとに、より毒性が低く安価である鉄塩を用いて調製した媒染染色布の消臭特性の追究を行った。鉄塩には硫酸鉄(III)を用いた。鉄媒染溶液のpH依存性、さらに、湿度20%RHおよび50%RH雰囲気下で調湿した試料布を用いて、湿度の消臭特性に対する影響を調べた。

また、計画当初の予定にはなかったが、タンパク質定量法の一つであるBCA法を応用し、エタンチオールの酸化による除去に伴う銅の還元を、布色の変化から可視化することを試みた。

(3) 2021 年度

これまでに得た基礎的知見の発展的位置づけとして、消臭過程で布の色が変化するインジケータ機能をもつ消臭布の開発を検討した。実際の生活空間で生じるにおいの問題は混合臭であることから、エタンチオールとアンモニアによる混合におい物質を悪臭モデルとした。試料布は、化学構造既知の直接染料4種(C.I. Direct Red 28, C.I. Direct Violet 39, C.I. Direct Violet 1, C.I. Direct Blue 1)と銅塩で媒染染色した試料布を調製した。消臭実験は主に気体検知管法で行った。消臭前後での布色の評価は、積分球を備えた紫外可視分光光度計による表面反射スペクトルの測定から算出したK/Sスペクトルおよびカラーソフトウェアを用いたL*a*b*などの測色により行った。

(4) 2022 年度

前年度において、エタンチオールとアンモニアとの混合臭を悪臭モデルとして実験を行い、ア

ンモニア共存下での消臭前後で染料構造と銅塩との組み合わせ次第で、布色の変化に有無が生じることをK/Sスペクトルより見出した。引き続き、前年度と同じ直接染料と銅塩を用いた媒染染色布を調製し、エタンチオールとアンモニアの混合臭の消臭における布色の変化について、その機構を詳細に調べた。

2020年度に見出したBCA法を用いた布上の銅の価数変化の可視化について、消臭に伴う布色の経時変化やその定量性について、より詳細に検討した。

4. 研究成果

(1) 2019年度

いずれのカチオン染料を用いた場合も布への吸着によるエタンチオール除去が行われた。消臭実験開始24h後におけるエタンチオール除去量で比較すると、トリアリルメタン系>アジン系>アゾ系の順で除去能が高く、染料構造による違いが見られた。消臭の対象とするにおい物質の種類や用途に応じて、銅塩を用いた場合の酸化分解による消臭と、布への吸着による消臭機構との使い分けや併用、反応速度の制御が可能となることがわかった。

また、これまで綿布に対して銅を担持させる場合、担持サイトとなるカルボキシ基は綿高分子の末端にしか存在しないため、染料との配位を形成することにより銅の担持サイトを得ていたが、染料を使用せずに銅を十分に担持させる簡便かつ新たな手法を開発した。クエン酸塩などの多価カルボン酸塩を用いて綿繊維にカルボキシ基を大量に導入後、銅処理を行う方法である。染料廃液が生じず、また、カルボキシ基導入のためによく用いられるTEMPO酸化による方法に比して非常に簡便で処理時間が短いことから、環境配慮の観点からも利点がある。酸による繊維の脆化が生じないように、カルボン酸溶液濃度や浸漬時間の調整は必要であるが、カルボキシ基の導入により担持銅量を増加し、チオール除去能を向上させる新たな手法として有効であることがわかった。さらに、カルボキシ基増加の結果、イオンの酸塩基中和によるアンモニア除去にも大きな有効性を示した点でも意義深い成果である。

エタンチオールに対し、酸化型および吸着型の異なる除去機構をもつ消臭布を併用した結果、酸化型消臭布のみの場合に反応後期で低下した除去速度が、吸着型消臭布を併用することで除去速度の低下を抑制できることがわかり、エタンチオールを効率よく除去できることが示唆された。

(2) 2020年度

鉄媒染浴をpH12に調整し、水酸化物が沈殿した状態で試料布を調製すると、エタンチオール除去性が得られた。FPD-GC法で調べたところ、銅塩の場合と比較してエタンチオールの酸化生成物であるジエチルジスルフィドの生成量が少なく、布への吸着による除去が優位であることがわかった。布上の水酸化鉄(III)がエタンチオール吸着サイトとなっていると考えられる。

湿度による影響を調べたところ、低湿度の方が高い除去性を示した。吸着サイトに対して水とチオールとの競合が起こるためと考えられ、鉄塩で調製した場合は吸着によるチオール除去が主として行われるとした結果が支持された。この湿度に関する結果は、銅塩の場合と逆の傾向を示したことから、異なる金属種を用いることで広範囲の湿度条件に対応可能な消臭繊維の開発が可能となることがわかった。また、タンパク質定量法の一つであるBCA法を応用し、エタンチオールの酸化に伴う布上の銅の二価から一価への価数変化を可視化できることが示唆された。

銅塩が染料と配位的に結合あるいは繊維高分子のわずかなカルボキシ基にイオンの結合していることに対し、高pH下で鉄塩による処理を行った場合は物理的な吸着により担持されていることが推察できたことや、銅塩と鉄塩ではチオール除去特性が異なること、系の湿度が消臭性に与える影響について銅塩とは逆の傾向があることを見出したこと、さらに、エタンチオール除去に伴う銅の還元を可視化することに成功し、エタンチオール除去機構に対する詳細な解明が進んだ。

(3) 2021年度

エタンチオール単一臭に対する除去と比べて、アンモニアとの混合臭とした場合、布色に変化したものとしなかったもの、除去能が高くなる場合と低くなる場合があることがわかった。一方、アンモニアは単一臭と混合臭における除去能は同等であった。用いた4種類の染料構造や金属の担持形式を検討した結果、混合臭におけるエタンチオール除去能は、アンモニア除去により布上の染料から金属が外れ布色の变化する試料布が高いことが示唆された。銅のアンモニアへの親和性が染料との親和性よりも高い条件の方が、混合臭におけるチオール除去能が高いものと考えられる。試料布に使用する染料のタイプにより、消臭による布色の変化が異なることがわかってきたことから、消臭機能および機構の「見える化」の実現につながると考えられる。

染料構造と銅塩との組み合わせにより、混合臭の消臭前後で布色に変化した条件としなかった条件が得られ、さらに布色の变化の有無が混合臭におけるエタンチオールの除去能と関わることがわかったことは、次年度に繋がる成果となった。

(4) 2022年度

前年度はエタンチオールとアンモニアとの混合臭を悪臭モデルとして実験を行い、アンモニア共存下での消臭前後で染料構造と銅塩との組み合わせ次第で、布色の変化に有無が生じることを *K/S* スペクトルより見出した。その後、直接染料 C.I. Direct Red 28 や C.I. Direct Violet 39 を用いた場合など、アンモニア配位により染料から脱離した銅はエタンチオール酸化機能が向上する一方、C.I. Direct Violet 1 や C.I. Direct Blue 1 を用いた場合など、染料から脱離しない銅は酸化機能が低下することがわかり、アンモニアよりも銅への配位力が小さい染料の選択が有効であることが示唆された。また、BCA 法を応用し、エタンチオール除去に伴う布上の銅の還元を経時的に可視化することにも成功した。定量性に課題は残るものの、FPD-GC 法で既に確認できているエタンチオールの酸化と合わせ、銅の還元を実験的に明らかにすることができた。

銅媒染染色布によるエタンチオールとアンモニア混合臭の除去において、除去前後で布色に変化し消臭機能が可視化されたものは、アンモニア共存下でエタンチオール除去能が向上することがわかったこと、さらに、BCA 法の応用によりエタンチオール除去に伴う銅の還元を分光的に可視化できたことは、本研究において大きな成果といえる。本研究を遂行する中で、消臭布の環境に配慮した調製方法の検討や、実用に際し消費者の視点から消臭機能の可視化を試みたことで、今後展開すべき研究へ繋げることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 仲西 正・雨宮 敏子・畑崎 小波	4. 巻 72
2. 論文標題 銅塩媒染染色布とカチオン染料染色布の併用によるエタンチオール除去	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本学術振興会繊維・高分子機能加工第120委員会年次報告	6. 最初と最後の頁 41-44
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 雨宮 敏子	4. 巻 73
2. 論文標題 消臭繊維による悪臭除去	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本家政学会誌	6. 最初と最後の頁 218-223
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11428/jhej.73.218	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 雨宮 敏子	4. 巻 33
2. 論文標題 消臭繊維を用いた悪臭除去	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 クリーンテクノロジー	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計17件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 雨宮 敏子
2. 発表標題 酸化型消臭繊維の機能回復特性
3. 学会等名 日本繊維製品消費科学会2023年年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 雨宮 敏子
2. 発表標題 銅媒染染色布のエタンチオールに対する消臭機能の回復
3. 学会等名 日本家政学会第75回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 雨宮 敏子
2. 発表標題 混合におい物質除去における銅媒染染色綿布の銅担持状態
3. 学会等名 日本繊維製品消費科学会2022年年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鎌倉 遥・雨宮 敏子・仲西 正
2. 発表標題 銅媒染染色綿布の混合におい物質除去と拡散反射スペクトル
3. 学会等名 2022年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 雨宮 敏子
2. 発表標題 含銅消臭綿布における銅の還元のBCA法を用いた可視化と定量性
3. 学会等名 日本家政学会第74回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 雨宮 敏子
2. 発表標題 異なるチオール除去機構をもつ消臭繊維の併用における湿度の影響
3. 学会等名 日本家政学会第73回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 雨宮 敏子
2. 発表標題 異なるチオール除去機構をもつ繊維の併用による消臭速度への影響
3. 学会等名 日本繊維製品消費科学会2021年年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 雨宮 敏子
2. 発表標題 含銅消臭綿布における銅の価数変化の可視化
3. 学会等名 2021年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鎌倉 遥・雨宮 敏子・仲西 正
2. 発表標題 混合におい物質の銅媒染色布による除去
3. 学会等名 2021年度繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 雨宮敏子
2. 発表標題 カチオン染料を用いた消臭繊維の機能性に対する染料構造依存性
3. 学会等名 日本繊維製品消費科学会2020年年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 雨宮敏子
2. 発表標題 含銅消臭繊維における銅の還元の可視化についての検討
3. 学会等名 2020年度繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 雨宮敏子
2. 発表標題 クエン酸塩処理綿布の銅媒染におけるpHがチオール除去に与える影響
3. 学会等名 日本家政学会第71回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 雨宮敏子, 仲西正
2. 発表標題 異なるチオール除去機構をもつ消臭繊維の併用効果
3. 学会等名 2019年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中居寿々子, 雨宮敏子, 仲西正
2. 発表標題 比色法とGC法を用いた水溶液系における銅塩によるチオール除去過程の追跡
3. 学会等名 2019年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平井知子, 雨宮敏子, 仲西正
2. 発表標題 鉄を含む媒染染色綿布のチオール除去機構
3. 学会等名 2019年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 雨宮敏子
2. 発表標題 2種類のチオール除去機構をもつ消臭繊維の併用効果と繰り返し使用の検討
3. 学会等名 日本繊維製品消費科学会2019年年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshiko Amemiya
2. 発表標題 The Combined Effect of Deodorant Fibers with Different Thiol Removal Mechanisms
3. 学会等名 Comfort and Smart Textile International Symposium 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

お茶の水女子大学 研究者情報
https://researchers2.a.o.ocha.ac.jp/html/200000170_ja.html
お茶の水女子大学 研究紹介検索
https://www.ics-com.biz/ocha_research/researches/detail/search/300

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------