

氏名	うちまる もとこ 内丸 もと子
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	博甲第797号
学位授与の日付	平成28年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻
学位論文題目	色をベースにした繊維リサイクルシステムに関する研究
審査委員	(主査)教授 木村照夫 教授 鋤柄佐千子 教授 佐藤哲也 教授 森本一成

論文内容の要旨

現在、我が国における繊維製品のリサイクル率は極端に低く、繊維廃材全体の20%位であると言われている。既存のリサイクルシステムでは、繊維廃材の一部は古着として再利用されたり、素材分別出来るものは資材としてリサイクルされている。しかし、繊維廃材の有効なリサイクル方法はまだまだ不足しているのが現状である。その理由としてはいくつか挙げられる。例えば一般に、繊維製品には様々な素材が使われており、繊維廃材を素材別に分別するのは容易ではない。また、繊維および繊維製品の複雑な構造は、リサイクルを困難なものとしている。さらに、廃棄された繊維製品では素材識別のタグが褪せたり消失している場合が多くあることである。一般的に、繊維を反毛化してリサイクルする際、様々な色の廃棄繊維が混在し、繊維の色は考慮されていない。そのため、反毛の色は暗いグレイッシュな色となり、人目につくリサイクル製品の表面での使用は難しく、産業資材などの用途に限られ、日用品などの一般的な製品としての使用を困難にしている。

そこで、本論文では、繊維廃材のリサイクル率向上と一般の製品にも使用可能なより魅力的な素材および製品作りのため、素材分別や分離が難しい繊維廃材を、色によって分別してリサイクルする“カラーリサイクルシステム”を提案し、その可能性を追求している。このシステムが確立されると、種々の繊維廃材は反毛にしてカラフルなフェルトやヤーンに、粉碎すれば顔料にすることも可能となり、繊維廃材の用途が大幅に広がることが期待できる。

本論文は6章から構成されており、第1章の序論では前述のような研究の背景や現状を述べ、繊維リサイクルの新しい考え方として“カラーリサイクルシステム”を提案した。第2章では、従来の繊維リサイクルの方法では、繊維廃材をカード機などでわた状(反毛)にして再利用することが多いことから、繊維廃材を開繊してわた状にする場合に、異なる色の繊維廃材が混合しても高い好感度を維持するための色の組み合わせ、すなわち色分別基準を明らかにした。第3章では、第2章で述べた色分別基準に及ぼす繊維形状の影響を考察した。すなわち、繊維廃材の色の観点からマテリアルリサイクルする用途としてはわた状のみならず、繊維を粒状にしてカラフルな顔料として使用できる可能性がある。また、わた状の繊維廃材の用途展開としてわたから糸を作成してカラフルな糸としての使用の可能性がある。そこで本章では繊維廃材を細かく粉碎して粒状にした場合の色の組み合わせに対する好感度を求め、わた状の好感度の結果と比較するとともに

わた状試料を撚ることによって糸を作り、糸状とわた状に対する好感度と分別基準の相違について明確にした。

一方、“カラーリサイクルシステム”の考え方に基づいた有効なアップサイクルとして、色分別した繊維廃材を強化材として用いるカラフルな廃棄繊維強化プラスチックとしての用途が考えられる。そこで、第4章および第5章ではポリプロピレン樹脂をマトリックス材料として複合材料の押出成形品を作成し、繊維含有率と成形品の表面温度の関係を明確にした。すなわち、第4章では繊維廃材が押出成形品の強化材として十分効果を発揮する含有率として先行研究によって明らかにされている10～30wt%の範囲を考察対象として、とくに強化素材として用いた繊維の色から成形品の色を推察できることを明らかにした。また、第5章では、繊維廃材の中でも多くの量が生じ、広く一般消費者に愛されているデニム素材に着目し、デニムをプラスチックの強化材としてだけでなく、顔料（色材）として用いることを考え、押出成形品のデニム含有率と表面色の関係を調べ、特に成形品の色相はデニム含有率の大きさによって2つに分類できることを明らかにした。第6章では、第2章から第5章までの総括と今後の課題および将来の展望をまとめている。

本研究により、従来技術では素材分別が難しくリサイクルを困難にしている繊維廃材を色によって分別してリサイクルする新しいリサイクルシステムである“カラーリサイクルシステム”の可能性と有効性が示され、繊維リサイクルの発展に大いに寄与するものと考えられる。

論文審査の結果の要旨

持続可能社会形成の重要性から繊維製品のリサイクルシステムの構築が強く求められている。本申請論文は素材分別や分離が難しく、リサイクル率が低迷している繊維廃材を、全く新しい発想である色により分別してリサイクルする“カラーリサイクルシステム”を提案し、繊維廃材の分別基準を明確にすることによって新しいリサイクルシステムの可能性を見出した。すなわち、繊維廃材を再利用状態であるわた状、粒状、糸状にした場合に、異なる色の繊維廃材が混在しても高い好感度を維持するための色の組み合わせ、すなわち色分別基準を官能試験ならびに測色実験を行うことによって確立した。また、色分別した繊維廃材をプラスチックの強化材として用い、カラフルな繊維強化複合材料として有効活用する場合に、使用した繊維廃材の色と、これをプラスチック材料と複合化して押出成形した成形品の表面色との関係を種々の繊維含有率に対する実験により見出し、成形品の表面色を、使用する繊維廃材の色から予測する予測式を導き出した。さらに、色分別した繊維廃材のプラスチック材料の顔料としての応用の可能性を追求するために、デニム廃材を用いて広範囲の繊維含有率で押出成形品を作成し、測色実験を行うことによって、デニム廃材の含有率と成形品の表面色との関係を明確にし、成形品表面の色合いは低含有率と高含有率で大きく異なることを見出した。

申請者は本論文で得られた分別基準に基づき実際に繊維廃材を色分別して種々のプロダクトを作成し、その一部は商品化に至っている。このように、本論文の内容は学術的にも産業的にも高く評価できる。

本論文の内容は以下に示す査読中1編を含む3編の査読付き論文を基礎としており、すべて申請者が筆頭著者となっている。

1. Uchimaru Motoko, Kimura Teruo and Sato Tetsuya, “Study on Recycling System of Waste Textiles based on Colour”, *Journal of Textile Engineering*, Vol.59, No.6, p.159-164, 2013
2. 内丸もと子、木村照夫、佐藤哲也、“色分別した繊維を複合化したプラスチックの押出成形時の色変化”、*繊維製品消費科学*、Vol.56, No.10, p.39-45, 2015
3. 内丸もと子、木村照夫、佐藤哲也、“混色繊維廃材のリサイクルにおける繊維形状が好感度に及ぼす影響”、*Journal of Textile Engineering*, (投稿中)

以上から、本論文の内容には十分な新規性と独創性および高い工学的価値があり、本論文は博士論文として十分な内容を備えていると審査委員全員が判定した。