



小さな侵略者!?
マイクロファイバー
による海洋汚染

-今、私たちにできること-

岡山県立倉敷工業高等学校
テキスタイル工学科3年
安原なつみ 渡谷結衣



1 目的

私たちが生まれ育った岡山県倉敷市は、図1に示したように、美しい瀬戸内海に面している。また、倉敷市は、国産ジーンズ発祥の地で、今も「倉敷デニム」として、多くの工場やショップで生産・販売され、多くの人たちから愛されている。そして、私たちは、倉敷工業高校のテキスタイル工学科で「繊維」に関する勉強に取り組んでいる。

もしも、服を洗濯するだけで、海が汚れるとしたら、多くの人たちはどのように思うだろうか？授業の中で、洗濯で放出されるマイクロファイバーが、深刻な海洋汚染の原因となっていることを、私たちは学んだ。1回の洗濯で、最大70万本という大量の「マイクロファイバー」が放出され、下水を通過して、川や海へ流れ出てしまうという事実、私たちは驚いた。

マイクロファイバーとは、とても細い繊維のことである。その直径は約 $8\mu\text{m}$ で、ヒトの髪の毛の約6分の1の細さだ（図2）。プラスチックを含んだ合成繊維から放出されるマイクロファイバーは、海洋プラスチック問題の主な原因の一つになっている。木綿などの天然繊維や、レーヨンなどの植物由来の再生繊維から出たマイクロファイバーも、様々な化学物質を含んでいたり、分解速度が遅く、海底に堆積したりするため、深刻な海洋汚染を引き起こしている（参考文献[1]）。

私たちが取り組んだ本研究では、どうすれば、マイクロファイバーの放出量を抑えられるか、その方法を見出すことを目的とした。倉敷の特産品である、倉敷デニムや倉敷帆布などを用いて、洗濯したときに布から放出されるマイクロファイバーの放出量の変化を調べた。具体的な進め方としては、まず、布の織り方に着目して、洗濯回数と放出量の関係を調べた。その後、マイクロファイバーの放出量が多かったデニムについて詳しく調べたいと考えて、「経糸（たていと）の撚り（より）の向き」と「綾目の向き」による影響と、その仕組みに注目して研究を進めた。

身近な海と繊維（背景）



図1 研究の背景



図2 マイクロファイバーの実体顕微鏡写真（右の黒い線はヒトの髪の毛）

2 研究方法

実験方法は次のような手順で行った。

- ① 倉敷で製造された、縦50cm×横125cmの同じサイズのデニムや帆布を用意し、布の端4辺を2.5cm幅で2回折り、ほつれを防ぐためにミシンで縫った。
- ② 洗濯機に18Lの水（洗濯機を動かす最低水量）を入れ、10分間洗濯した。
- ③ 洗濯の排水をフィルターでろ過し、取り出した洗濯くずをろ紙の上で乾燥させた。
- ④ 最後に、乾燥させた洗濯くずの重量を電子天秤で計測した。前半の布の織り方とマイクロファイバーの放出量を調べた研究段階では、0.01g単位で計測できる天秤しかなかったが、後半に行った、デニムを織った経糸の撚りと綾目とによるマイクロファイバーの放出量を研究したときは、0.0001g単位で計測できる天秤を利用できたので、そちらの電子天秤を用い、より詳細なデータを入手した。
- ⑤ 各布の洗濯を5回まで繰り返し、洗濯回数とマイクロファイバーの放出量の関係を調べた。

なお、厳密には、洗濯くずにマイクロファイバー以外のものが含まれている可能性もあるが、計測した重量はマイクロファイバーの指標となるので、この重量を用いて放出量とした。

また、今回の研究では、洗濯排水をろ過するフィルターを選ぶことが大変であったが、たまたま参考文献[2]の中に、パタゴニア社とサムスン社が洗濯排水中のマイクロファイバーを98%除去できるフィルターを開発したという記事を見つけ、私たちが直接、パタゴニア社に研究に使いたいことを相談したところ、日本

では販売されていないフィルターを、韓国から無償で空輸してもらうことができた（図3）。フィルターに取り付けられた、メッシュの大きさは、日立ハイテク社から無償貸与を受けている卓上型SEM（TM4000）で確認したところ、10～20μmであった（図4）。



図3 研究に用いたフィルター



図4 メッシュ部分のSEM画像

3 結果と考察

3.1 布の種類と洗濯回数によるマイクロファイバーの放出量について

倉敷で織られた帆布、デニム、ストレッチデニムの洗濯回数とマイクロファイバーの放出量との関係を表1に示す。

布の種類	布の重量	洗濯1回目	洗濯2回目	洗濯3回目	洗濯4回目	洗濯5回目
帆布	199g	0g	0g	0g	0g	0g
デニム	251g	0.03g	0.03g	0.03g	0.03g	0.03g
ストレッチデニム	180g	0.02g	0.02g	0.02g	0.02g	0.02g

表1 布の種類と洗濯回数によるマイクロファイバーの放出量の変化

この実験から分かったことは、次のことである。

- ① 帆布では、洗濯が1回から5回まで全くマイクロファイバーが検出され無かった。
- ② デニムでは、1回から5回まで0.03g と数値が変わらなかった。
- ③ ストレッチデニムは、デニムより少ない0.02gで、デニムと同様に、1回から5回まで数値は一定だった。
- ④ デニムのマイクロファイバーは青色のものが目立っていた。

私たちは、得られた結果を、帆布が平織り、デニムが綾織りであることから考察した（平織りと綾織りの模式図と特徴を図5に示す）。平織りとは、経糸（たていと）と緯糸（よこいと）が1本ずつ交互に交差する織り方である。摩擦に強く頑丈で、生地が硬いので、洗濯回数を重ねてもマイクロファイバーを放出しないと考えた。一方、デニムとストレッチデニムは綾織りで、主に経糸がマイクロファイバーとして放出されやすいと考えた。その根拠は、綾織りとは、経糸が緯糸を2～3本飛ばして交差する織り方で、経糸が表面に多く見えること、そして、デニムの緯糸は着色していなくて、経糸は藍で染めているので、青いマイクロファイバーがでてきたことから、洗濯によって、一定量のマイクロファイバーが、経糸から放出されると考えた。またデニムの方がストレッチデニムより多く放出されたのはオンス（布1平方ヤードあたりの重量）の違いによるものと考えた。そして、これらのことから、ス



図5 平織りと綾織りの模式図と特徴（青色が経糸、黄色が緯糸を表す）

ストレッチ性を高めるためにポリウレタンの化学繊維を含んだストレッチデニムでは、緯糸のみに化学繊維を含めば、化学繊維を含んだマイクロファイバーの放出を抑えられると考えた。

3.2 「経糸の撚り」と「綾目」の影響について

次の研究段階で、私たちは、放出量の多かったデニムについて、対策を考えた。綾織りが特徴であるデニムで、注目したのは、糸の撚り（より）の違いである。糸には「撚り」というねじれがあり、その方向には「左撚り」と「右撚り」の2種類があることを授業で教わった（図6に模式図を示す）。そして、一般的な糸は左撚りが多く使われていることも教わった。

また、ジーンズソムリエという資格を取得するための勉強の中で、デニムは「綾織り」で織られているため、生地表面に綾目という斜めの線が見え、この綾目の向きによって、左綾デニムと右綾デニムに分かれることを学んだ（参考文献[4]）。さらに、綾織りの布では、この経糸の撚り方向と綾目の向きとの組み合わせが、布の風合いに影響することも学んだ。経糸の撚りと反対方向の綾で織ると、糸の撚りがやや緩み、やわらかくふくらみのある仕上がりになる。一方、経糸の撚りと同じ方向の綾で織ると、撚りが締まり、綾目がはっきりと立った、ハリのある生地に仕上がるということが分かっている（綾目の模式図と撚りと綾目による布の特徴を図7に示す）。

そこで、左撚りの糸を用いたデニムについて、綾織りの織り方が右綾と左綾とで、洗濯の回数によるマイクロファイバーの放出量を比較した。なお、この実験では、データの精度を上げるため、先に述べたように、0.0001g単位で測定できる電子天秤を用いたとともに、一槽式よりも、マイクロファイバーの放出量が多かった二槽式の洗濯機を用いた。

表2に、洗濯の回数ごとのマイクロファイバーの放出量を示す。そして、この変化を図8のグラフに示す。この表とグラフから、回数を重ねるごとにマイクロファイバーの放出量は減る傾向にあることが分かり、5回目には、右綾と左綾との布でほぼ同じ値になることも分かった。また、1回目からの累計の放出量を示したのが図9のグラフである。このグラフからは、累計では、右綾の方が多くのマイクロファイバーを放出していることが分かった。

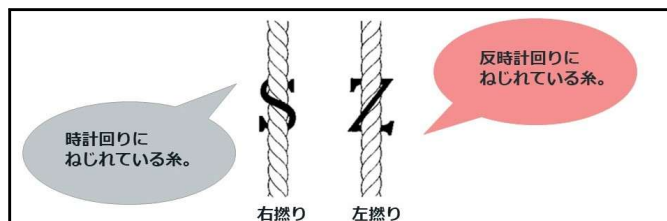


図6 糸の「右撚り」と「左撚り」の模式図と特徴
撚りの図は参考文献[3]より引用



図7 綾目と、撚りと綾目の関係による布の特徴

デニムの綾目	布の重量	洗濯1回目	洗濯2回目	洗濯3回目	洗濯4回目	洗濯5回目
右綾	242g	0.0708g	0.0660g	0.0500g	0.0576g	0.0399g
左綾	281g	0.0582g	0.0385g	0.0424g	0.0302g	0.0395g

表2 デニムの綾目と洗濯回数ごとのマイクロファイバーの放出量の変化

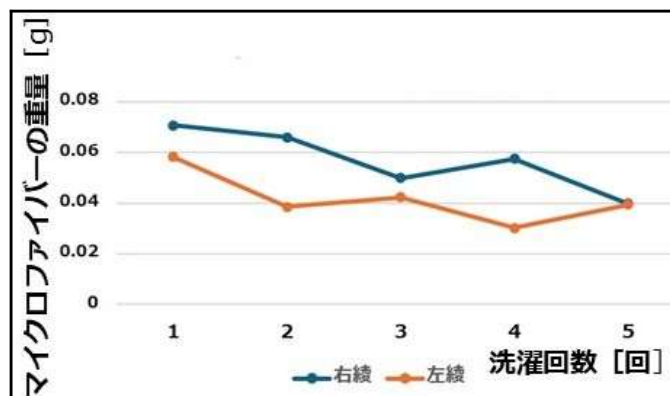


図8 綾目と洗濯回数ごとのマイクロファイバーの放出量の変化

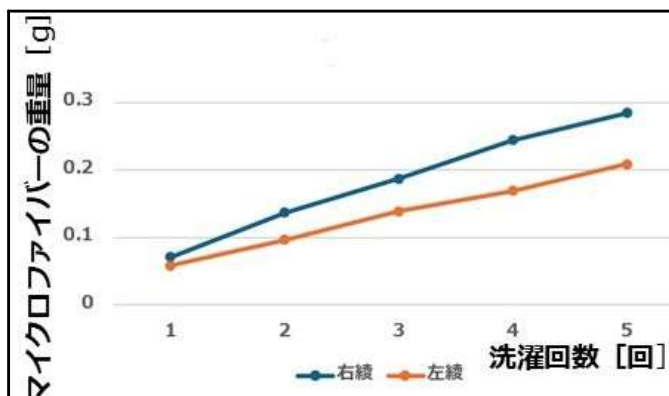


図9 綾目と洗濯回数ごとのマイクロファイバーの累計放出量

この実験から得られた結果を考察する。左撚りの経糸は緊張がほぐれると、図10のように左下に向けて緩もうとする性質があり、この向きに緩もうとする力が糸に生じる。右綾ではその緩もうとする力が緯糸で遮られないために布全体に伝わり（図11）、図12に示したように「斜行」といって、布全体が斜めにゆがもうとする。その過程で、撚った経糸も緩んでほぐれ、多くのマイクロファイバーが放出されると考えた。

一方で、左綾の方は、左撚りの糸が緩もうとする力が図13のように緯糸で分断されるため、斜行しようとする力も分断されてしまい、斜行が起こりにくく、経糸も緩みにくくなる。そのため、マイクロファイバーの放出が抑えられると考えた。しかし、洗濯の回数を重ねることによって、糸が傷んだり緩んだりすることによって、同程度のマイクロファイバーが放出されるようになると考えた。

以上の考察から、ふくらみやしなやかさを犠牲にしてもよいならば、経糸の撚りと綾目とをそろえた方が、マイクロファイバーの放出を抑えたデニムができることが分かった。

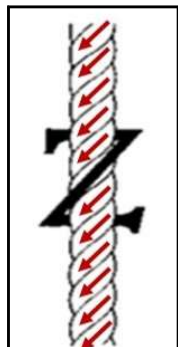


図10 糸が緩む力

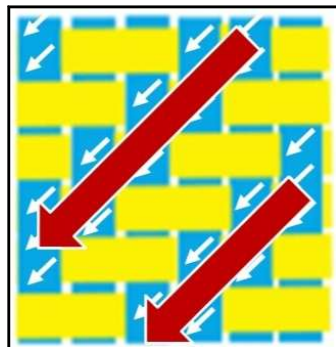


図11 右綾の布にはたらく力



図12 斜行した右綾の布

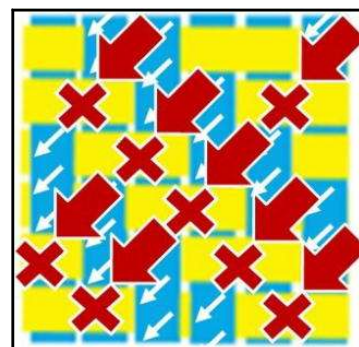


図13 左綾の布に働く力

4 まとめ

今回の研究をまとめる次のようになる。

- ① 平織りの帆布より、綾織りのデニムの方がマイクロファイバーの放出量が多いことが分かった。
- ② 放出されるマイクロファイバーの多くは経糸によるものであることが分かった。
- ③ 糸の撚りと綾目とが、斜行やマイクロファイバーの放出と関係深いことが分かった。

私たちにとって最も大きかった収穫は、マイクロファイバーによる海洋汚染に対して、身近な瀬戸内海と、倉敷デニム、そして学び得た専門的な知識を生かして、できることがあることに気付けたことである。

謝辞

私たちの研究に対してご指導をいただいたリバネス社の滝野翔大様、慶応菊大学の加藤乃絵奈様、中部大学の井上徳之先生に厚くお礼申し上げます。また、ご支援をいただいたリバネス社、日本財団、JASTO、パタゴニア社、日立ハイテク社の皆様にも厚くお礼申し上げます。

参考文献

- [1] MUFG ファースト・センチア サステナブル投資研究所ホームページ（2026）
<https://www.mufig-firstsentier-sustainability.jp/> 【WEB】
- [2] ヴィンセント・スタンリー マイクロファイバー汚染に終止符を打つ（2023）
<https://www.patagonia.jp/stories/planet/our-footprint/toward-an-end-to-microfiber-pollution/story-141340.html> 【WEB】
- [3] 小さな布研究所ホームページ（2024）
<https://www.littlefabrics.jp/posts/52667201?categoryIds=9333606> 【WEB】
- [4] 岡山県アパレル工業組合・一般社団法人倉敷ファッションセンター ジーンズソムリ工資格認定試験 公式テキスト（2018）