

NO. 109 タオル生地洗濯による力学的性質の変化に関する研究

井上研究室（アパレル分野） A20AB080 中條真綾 A20AB138 吉田真優

1. 緒言

タオルは、長い歴史を持つ繊維製品である。日本では主に布面にパイル（ループ状のもの）を持つものを「タオル」と呼ぶのが一般的である。[1]

明治5年に英国から輸入されたと大阪税関の諸輸入品目の中に残されているのが最初の公式な記録で、日本での歴史は130年と意外にも短い。[2]

輸入された当時高級品であったタオルは幅45cm長さ160～190cmであったこと、その温かさと肌触りの良さから襟巻きとして使用されるのが主流であったが、その用途は広がりを見せ、今日まで私たちの生活を支えてきた。[3]

軽く、優れた吸水性、吸・放湿性、保温性を備えていることからタオルやパジャマ、衣服、寝具として使用されたり、入浴や洗顔からスポーツ時に至るまでと使用される場面は幅広い。このようにタオルは現代の生活と密接な関わりを持ち、私たちの生活において必要不可欠な繊維製品であると言える。繊維製品は、繰り返し使用・洗濯されることにより糸や繊維の構造が変化し、風合いや肌触りが変化し、製品の品質・性能も変化が見られる。そこで本研究ではタオル地を用いて洗濯を繰り返す過程において、布の寸法や力学的性質、風合いの変化を比較・検討する。そして、繰り返し洗濯を行うことが布にどのような影響を与えるかを明らかにすることを目的とする。

2. 実験方法

2-1 試料

本研究では表1に示す5種類の試料を用いて洗濯を行なった。洗濯回数を1回、2回、5回、10回、20回、40回、60回、80回、100回の9段階で行なった。洗濯回数については“家庭洗たくによる乳幼児肌着の寸法変化”[4]を参考に設定した。本研究に使用したのはいずれも綿100%のタオル地で両面ループ地のある試料と片面はカットパイルでもう片方はカットパイルの試料である。試料の写真を図1に示す。

表1 試料詳細

試料番号	製品名	繊維名	重量 (g)	厚み (mm)	平面重 (mg/cm ²)
1	少し厚手のフェイスタオル	綿100%	10.26	3.29	25.4
2	テンドライライトカラーフェイスタオル	綿100%	9.94	3.52	24.6
3	パイル織り薄手フェイスタオル	綿100% (オーガニックコットン100%)	9.78	2.76	24.6
4	今治シャーリングタオル	綿100% (片面カットパイル地)	16.13	3.69	40.1
5	ホテル仕様レギュラー級フェイスタオル	綿100%	15.70	4.19	39.2

2-2 洗濯方法

各試料につき9枚の試験片を洗濯1、2、5、10、20、40、60、80、100回の9段階で洗濯を行い、各測定回数後に5種類の試料から各1枚ずつ力学量測定用として取り除

いた。

洗濯条件はJIS L 1930:2014 繊維製品家庭用洗濯試験方法のC型基準洗濯機（パルセータ式）の洗濯方法仕様書規定の方法N0.C3Mを用いる。洗剤についてはJIS K3371 規定の合成洗剤を1.33g/Lで使用する。洗濯方法の条件については表2に示す。[5]

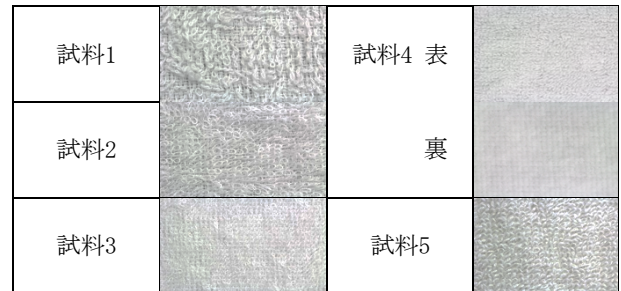


図1 試料写真

表2 洗濯方法の条件

機種	Hisennse-HW-T55H型（全自動） 日立全自動電気洗濯機 NW-R705型
方式	洗浄6min-脱水3min-すすぎ1回目 -脱水3min-すすぎ2回目-脱水3min
水流	渦巻き
洗剤	合成洗剤
浴比	1:30
水温	常温
乾燥	吊り干し

2-3 測定方法

洗濯による寸法変化は図2に示すように、たて方向3か所、よこ方向3か所の洗濯後の寸法を測定した。曲げ特性には曲げ試験機 KES-FB2 を使用し、測定項目は曲げ剛性 B (gf・cm³/cm) と曲げヒステリシス 2HB (gf・cm/cm) である。圧縮測定には圧縮試験機 KES-FB3 を使用し、測定項目は厚み T0 (mm)、直線性 LC、圧縮仕事量 WC (gf/cm・cm²)、圧縮レジリエンス RC (%) である。洗濯前と各洗濯後に実験を行なった。

2. 結果及び考察

3-1 寸法変化

試料の各辺のたて方向の寸法の平均値を求め図3に、たて方向の収縮率を図4に示す。図3では試料1を●、試料2を○、試料3を□、試料4を■、試料5を▲で示した。図3に示すたて方向の洗濯回数による寸法変化の結果から、試料4を除く他4つの試料で洗濯回数10回までにたて方向に縮んでいることが分かった。80回洗濯後までは寸法が回復する試料も見られるものの、100回洗濯後には全ての試料が洗濯前より寸法が縮む結果となった。図4に示すたて方向の洗濯回数による寸法変化率の結果から、たて方向へは100回洗濯後に最も収縮しているのは試料2であり、縮尺差は90%であることが分かった。図5に示すよこ方向の洗濯回数による寸法変化

の結果から、よこ方向には洗濯前と比較して伸びの見られる試料、縮みの見られる試料、ほとんど変わらない試料があることが分かった。図6に示すよこ方向の洗濯回数による寸法変化率の結果から、100回洗濯後のよこ方向への寸法変化はわずかであり、よこ方向よりたて方向の寸法変化の方が大きくなることが分かった。これは試料をたて方向に吊り干しているために、よこ方向への影響はほとんどないことも考えられる。

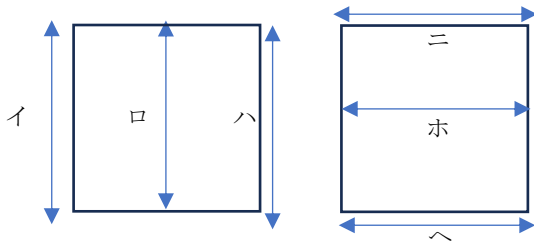


図2 試料辺の計測箇所

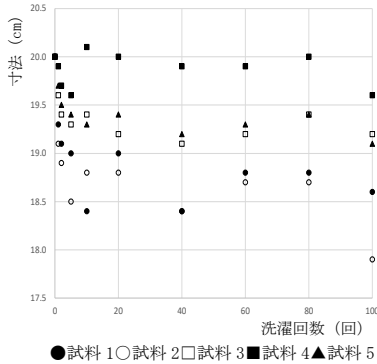


図3 たて方向の洗濯回数による寸法変化

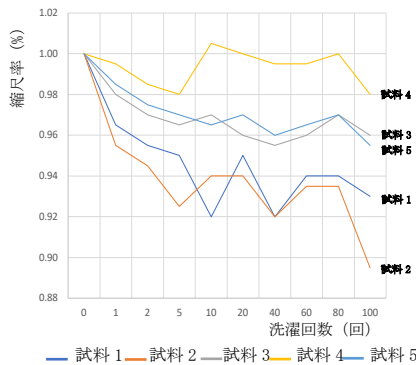


図4 たて方向の洗濯回数による寸法変化率

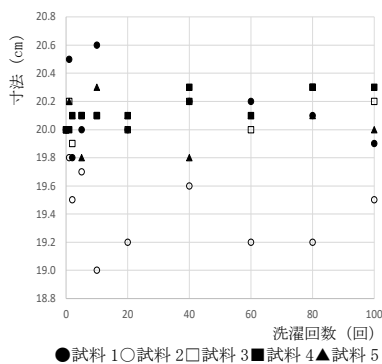


図5 よこ方向の洗濯回数による寸法変化

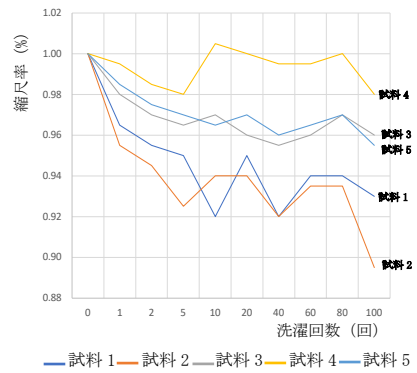


図6 よこ方向の洗濯回数による寸法変化率

3-2 平面重

各試料の9段階の洗濯後の平面重をまとめたものを図7に示す。各試料は試料1を●、試料2を○、試料3を□、試料4を■、試料5を▲で示した。図7に示す平面重の結果から、全ての試料が5回洗濯後までにわずかに平面重の値が増加することが分かった。また、平面重の値が一度増加しても、その後洗濯を繰り返す中で平面重の値は減少したり増加し、100回洗濯後の平面重の値を洗濯前の値と比較すると、それほど大きな変化は見られなかった。収縮率の結果から、試料の寸法は洗濯前と比較して縮んでいる。これにより平面重は増加し、その後増減を繰り返しほとんど変化していないことが考えられる。これは繊維の脱落も考えられる。

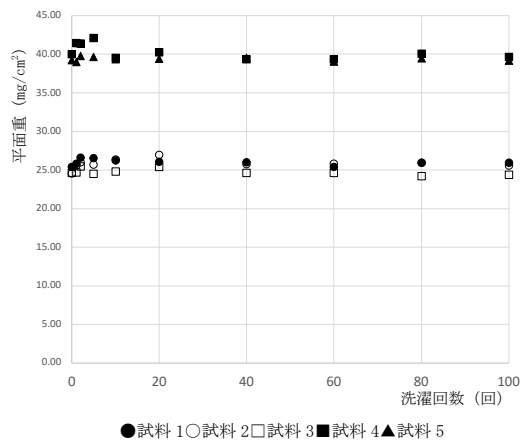
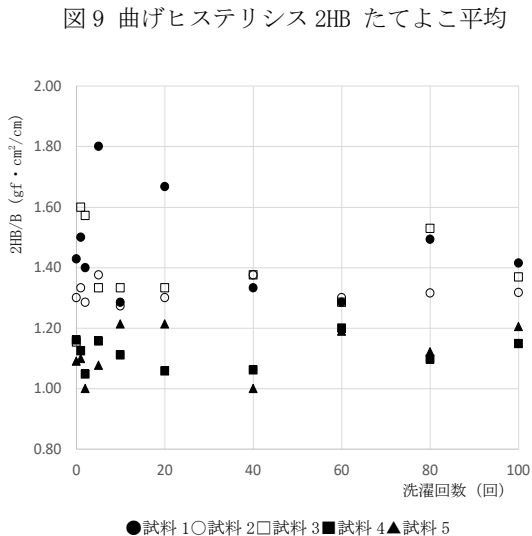
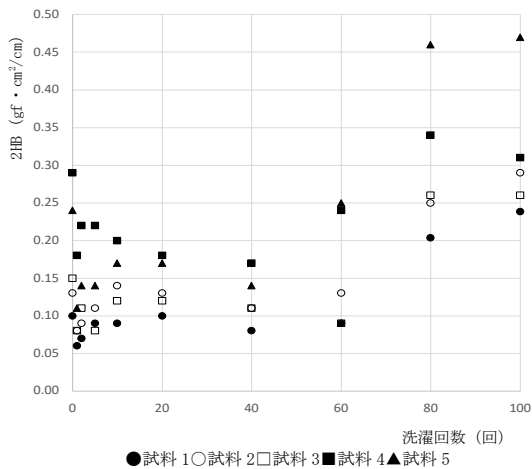
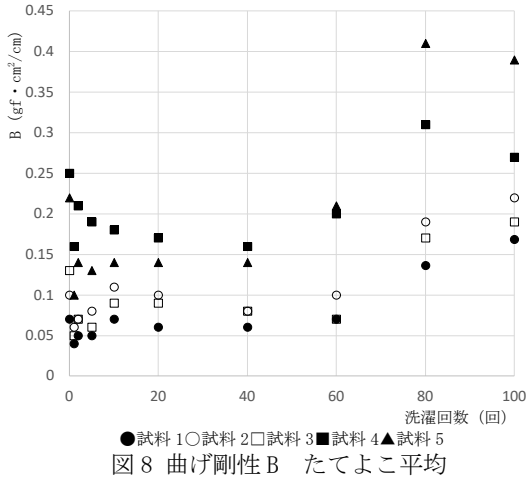


図7 平面重

3-3 曲げ特性

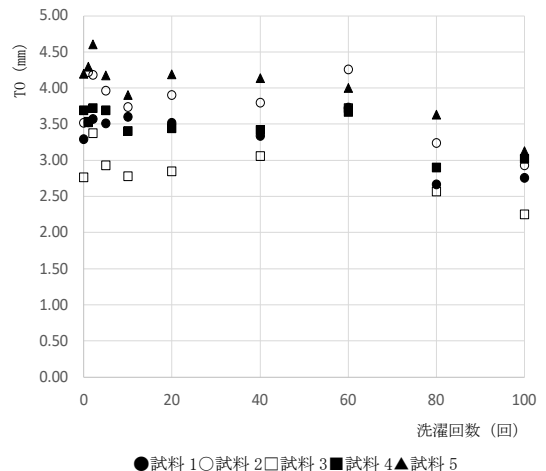
各試料の曲げ剛性B ($\text{gf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$)、曲げヒステリシス2HB ($\text{gf} \cdot \text{cm}/\text{cm}$) のたて方向とよこ方向の測定結果の平均をまとめたものを図8、図9に示す。また曲げ戻り性を図10に示す。各試料は試料1を●、試料2を○、試料3を□、試料4を■、試料5を▲で示した。図8に示す曲げ剛性Bの結果から、一度洗濯をただけでも、全ての試料の曲げ剛性の値が洗濯前より高くなることが分かった。その後洗濯回数を重ねていくと、曲げ剛性の値は小さくなり曲げ柔らかくなる。しかし、洗濯回数40回以上になると曲げ剛性の値は再び大きくなり、曲げ難くなることが分かった。100回洗濯後の曲げ剛性の値は、全ての試料が洗濯前より高くなっていった。図9に示す曲げヒステリシス2HBの結果から、一度洗濯をただ

けでも、全ての試料の曲げヒステリシスの値が洗濯前より高くなることが分かった。その後洗濯を繰り返すと、曲げ剛性と同様に曲げヒステリシスの値は小さくなる。その後洗濯回数40回以上になると曲げヒステリシスの値は再び大きくなる。100回洗濯後の曲げヒステリシスの値は全ての試料が洗濯前より高くなっていった。図10に示す曲げ戻り性の結果より、曲げ戻り性は試料によって異なる結果が表れていることが読み取れる。曲げ戻り性が悪くなっている試料もあるものの、全体の傾向として曲げ戻り性の値は洗濯前と比較して大きく変わっていないと言える。



3-4 圧縮特性

各試料の厚み T_0 (mm)、直線性LC、圧縮仕事量WC (gf/cm \cdot cm 3)、圧縮レジリエンスRC (%)を3回測定した結果の平均を図11～図14に示す。各試料は試料1を●、試料2を○、試料3を□、試料4を■、試料5を▲で示した。図11に示す厚み T_0 の結果から、1回洗濯後には試料4を除いた他4つの試料の厚み T_0 の値が洗濯前より増加していた。その後厚み T_0 の値には増減があるものの、洗濯を繰り返す中で厚み T_0 の値は小さくなっていく傾向があることが分かった。図12に示す直線性LCの結果から、1回洗濯後には試料1を除いた他4つの試料の直線性LCの値が洗濯前より低くなっていった。洗濯を繰り返す中で直線性LCの値の増減にばらつきはあるものの、ほとんどの試料が10回洗濯後までに緩やかに値は増加し、洗濯回数10回目以降は減少する傾向が見られることが分かった。直線性LCの値が小さくなるほど圧縮されやすくなることから、10回洗濯後までは圧縮されにくく、それ以降は圧縮されやすくなっている傾向が表れていると言える。100回洗濯後の直線性LCの値を洗濯前の値と比較すると、試料1、試料2、試料3は増加しており、試料4、試料5は減少していた。これより、100回洗濯後の各試料を洗濯前と比較すると、試料1、試料2、試料3は圧縮されにくくなっている、試料4、試料5は圧縮されやすくなっていることが分かる。図13に示す圧縮仕事量WCの結果から、各洗濯後の圧縮仕事量WCの値は洗濯を繰り返す中で、増減にばらつきがあることが分かる。試料2の圧縮仕事量WCの値は1回洗濯後に増加し、その後はほとんど変化が見られなかった。これより試料2は、1回洗濯後の試料と洗濯前の試料を比較すると1回洗濯後の試料の方が圧縮されやすくなっているものの、その後の圧縮のされやすさは洗濯を繰り返してもほとんど変化がないと言える。100回洗濯後の圧縮仕事量WCの値を洗濯前と比較すると、試料5を除く他4つの試料では減少、試料5のみ増加が見られた。これより、試料1、試料2、試料3、試料4は洗濯前より100回洗濯後の試料の方が圧縮されやすく、試料5は圧縮されにくくなっていることが分かる。図14に示す圧縮レジリエンスRCの結果から、圧縮レジリエンスRCの値は洗濯を繰り返す中で増減のばらつきはあるものの、100回洗濯後の圧縮レジリエンスの値を洗濯前の値と比較すると、全ての試料が10%以上小さくなっていることがわかる。これより、洗濯を重ねると試料片の回復性は低くなっていく傾向があると言える。



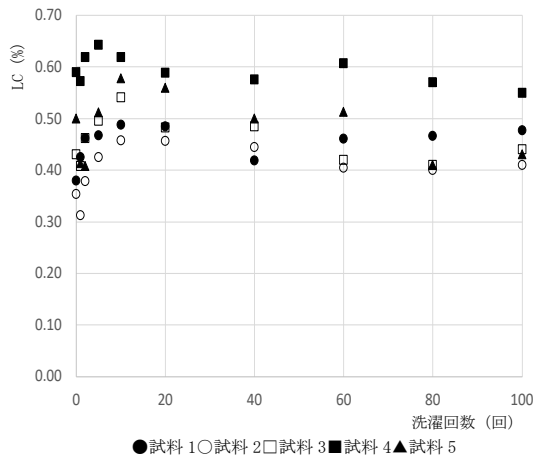


図12 直線性LC

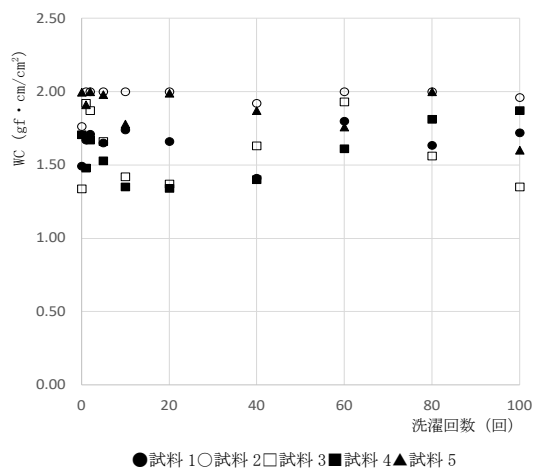


図13 圧縮仕事量WC

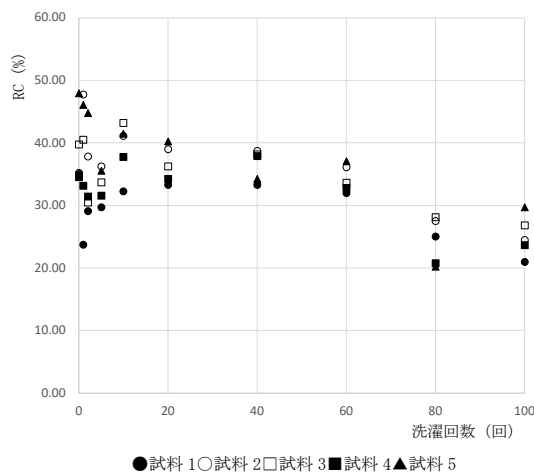


図14 圧縮レジリエンスRC

4. 結論

本研究では日常生活における家庭洗濯でのタオルの劣化を明らかにするために、最大で100回までの9段階で繰り返し洗濯を行なった。タオル生地の物性は収縮率、平面重、力学的特性について検討した。その結果、以下のようなことが分かった。寸法変化に関しては、タオルは洗濯回数が増えていく中で伸び縮みが繰り返される試料はあるものの、100回洗濯後には洗濯前と比べて全ての試料がたて

方向へは収縮することが分かった。よこ方向へは各試料でばらつきはあるが、洗濯前と大きくは変わらなかった。平面重に関しては、5回洗濯後まではわずかに値が増加するが、100回洗濯後と洗濯前を比較しても大きな変化はなく、繰り返し洗濯を行なっても平面重の値にはあまり影響が見られないことが分かった。曲げ特性に関しては、曲げ剛性Bの値と曲げヒステリシス2HBの値の増減が同じように変化しており、関連が見られた。平面重が大きい試料の曲げ剛性B、曲げヒステリシス2HBの値は比較的大きくなっており、平面重が小さい試料の曲げ剛性B、曲げヒステリシス2HBの値は比較的小さくなっている。これより、平面重が大きいとタオルは曲げ難く、平面重が小さいと曲げやすい傾向にあることが分かった。洗濯を100回繰り返すと、全ての試料の曲げ剛性B、曲げヒステリシス2HBの値は共に増加し、洗濯前と比較して曲げ特性値が大きくなることが分かった。曲げ戻り性は試料によって異なる結果が得られたが、全体の傾向として洗濯前と比較して大きな変化はない。これより、今回の実験でタオルの曲げやすさと曲げ戻り性の良さに関連は見られないことが分かった。圧縮特性に関しては100回まで洗濯を繰り返すと、洗濯前と比較して全ての試料の厚みT0の値が小さくなっていった。圧縮仕事量WCの値は、ほとんどの試料が100回洗濯後の方が洗濯前より大きくなっており、洗濯を繰り返すとタオルは圧縮されやすくなることが分かった。これより、厚みT0の値が小さくなると、タオルは圧縮されやすくなると言える。圧縮レジリエンスRCの値は全ての試料が100回洗濯後の方が洗濯前より小さくなっており、洗濯を繰り返すとタオルの圧縮戻り性は悪くなることが分かった。圧縮仕事量WCの値が大きく圧縮されやすくなっているときでも、圧縮レジリエンスRCの値の増減には各試料でばらつきがあり、圧縮のされやすさと圧縮回復性には関連性が見られなかった。

5. 参考文献

- [1] 渋沢逸品館、“タオルの歴史・生産地・種類を知ろう！”
<https://shibusawa-world.net/blog/4888/>
- [2] TOWEL museum、“タオルの歴史”
<https://towelmuseum-shop.jp/blogs/%e3%82%b3%e3%83%a9%e3%83%a0/history-of-towel>
- [3] SUGITA ACE、“タオルの歴史”
<https://www.sugita-ace.co.jp/column/2016/entry1590.html>
- [4] 諸岡晴美・丹羽雅子、“家庭洗たくによる乳幼児肌着の寸法変化” p. 436～443、日本繊維製品消費科学会 (2000)
- [5] 日本規格協会、“JIS ハンドブック ⑩ 繊維” p. 1675、1684～1685、株式会社平文社 (2016)