

# 界面活性剤がタオルに及ぼす影響

The influence that surfactants gives to a towel

帯包 もも 寒川 柚月 高田 結菜 沼 冨香

OBIKANE Momo SANGAWA Yuzuki TAKATA Yuina NUMA Saeka

## 1. 要旨

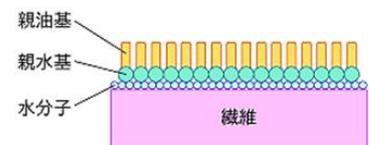
柔軟剤を使用して洗濯を行うと、タオルの柔軟性は向上するものの、吸水性は低下することが分かっている。そこで、柔軟剤の量や洗濯回数、洗濯方法を変えて実験を行い、柔軟剤がタオルに及ぼす影響について調べた。その結果、柔軟剤で洗い続けるのではなく、柔軟剤と洗剤を交互に使用し洗濯することで吸水性の低下を防げることが分かった。

## 2. 先行研究について

界面活性剤は、陽イオン界面活性剤・陰イオン界面活性剤・非イオン界面活性剤などさまざまな分類に分かれ、それぞれ親油基と親水基を持っている。

繊維の表面は水にぬれると負の電荷を帯びる。柔軟剤を加えると、そこに含まれる陽イオン界面活性剤の親水基が繊維の表面に吸着し、親油基を外側にして繊維の表面にきれいに並んだ状態になる。\*1

柔軟剤に含まれる柔軟成分は、繊維の表面に油膜を形成し、繊維どうしの滑りをよくすることで柔らかな風合いを得ることができる。しかし、油性表面となった繊維は疎水性となり、布の吸水性を下げる要因となる。\*2



## 3. 研究目的

先行研究から、柔軟剤を使用すると柔軟剤に含まれる陽イオン界面活性剤が原因となり、タオルの柔軟性は向上するものの、吸水性は低下することが分かった。そこで、タオルの柔軟性を高くするという柔軟剤の効果は保ちつつ、少しでも吸水性の低下を防ぐ洗濯方法を見つけることを目的とする。

## 4. 実験方法

全自動洗濯機(Panasonic NA-F50B11)を使用し(水の量 32L)、本来柔軟剤を入れるタイミングで、柔軟剤を投入し、洗濯を行った。全自動乾燥機 (TOSHIBA ED-45C(W)) に約 1 時間かけ、タオルを乾燥させた。タオルは綿 100%のもの(大きさ 84 cm×30 cm 質量約 81 g)を使用した。

市販のタオルは柔軟剤の加工が施されているため、それらが実験に影響を及ぼさないように洗濯洗剤のみで 40 分間洗い、乾燥機で 55 分間乾かす前処理を行った。タオルは下記の(i)~(iv)の方法で判定する。

### (i) 吸水性

沈降法(JIS)\*3 と吸い上げ実験の 2 つの方法で評価した。

沈降法は、1.0×1.0 cm の試験片を 5 枚採取し、水を入れた水槽に浮かべた後、試験片が湿潤して水中に沈降し始めるまでの時間を測定する。沈降するまでの時間が短いほど、吸水性が優れていることを示す。

吸い上げ実験は、タオルの縦繊維・横繊維にあわせて 5 cm×30 cm でタオルを切る。図 1 のように食紅で色を付けた水にタオルの先端を付け、3 分間で吸い上げた距離を測る。吸い上げた距離が長いほど吸水性が優れていることを示す。

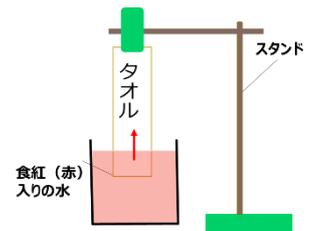


図 1 吸い上げの実験の様子

### (ii) 弾力性

長辺方向に 6 つ折りし、さらに短辺方向に半分に折ったタオル(図 2)の中心に 1 kg のおもりをのせて、元の厚さからどれだけ沈むかを測定する。1 枚のタオルにつき各 4 方向の値を計測し、平均をとる。沈んだ距離が長いほど、弾力性に優れていることを示す。

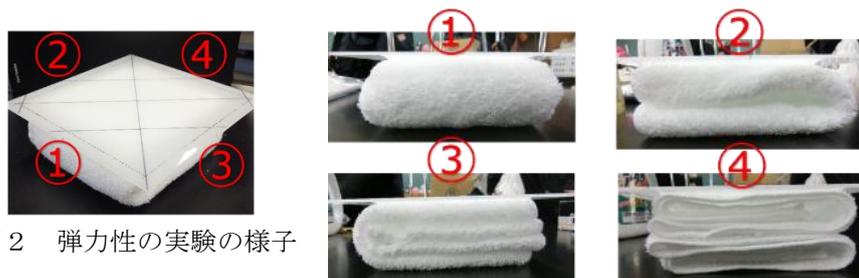


図 2 弾力性の実験の様子

(iii) 剛軟性

カンチレバー法(JIS)\*4 を用いて、測定した。45°の斜面をもつ水平台の上に試料片を置き、屈折しないように静かに滑らせる。試料片の先端の中央部分が斜面に接するまで押し出し、押し出された長さを求めた。(図3) 押し出した距離が短いほど、剛軟性に優れていることを示す。

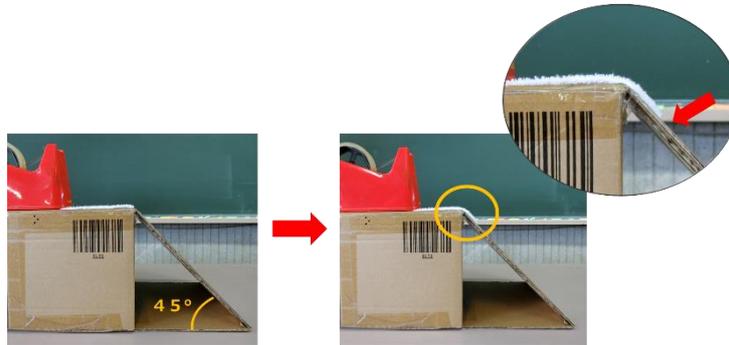


図3 カンチレバー法の実験の様子

(iv) 最大摩擦力

タオルを巻きつけた木片を乗せて引っ張り、タオル同士の最大摩擦力を力センサーで計測した。1つのタオルにつき4方向で計測した。(図4) 最大摩擦力が小さいほど、タオルが滑らかであることを示す。

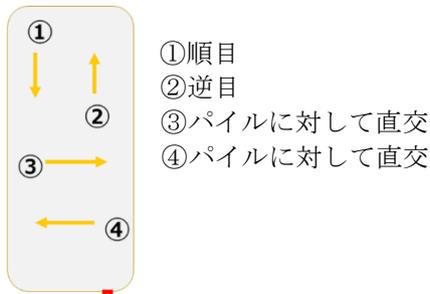


図4 最大摩擦力の実験の様子

以下のように条件を変えて実験した。なお、すべての洗濯に洗濯用洗剤(25mL)を使用した。また、実験の条件ごとに新品のタオルに前処理を行ったものを使用した。

実験①

柔軟剤の量を変えて比較をする。柔軟剤の量を 5 mL, 10 mL, 15 mL と変え、上記の4つの観点で比較を行った。メーカーが推奨している柔軟剤の量は、水の量 32 L に対し 10 mL である。

実験②

同じ条件で洗濯を繰り返し、洗濯回数によるタオルへの影響を調べる。実験材は柔軟剤 (10 mL) を使用した。

実験③

以下のように条件を変えて比較する。柔軟剤 (10 mL) を使用した。

	柔軟剤の使用		
	1回目	2回目	3回目
A	有り	有り	有り
B	有り	無し	有り

以降は、柔軟剤を3回続けて使用し洗濯したものをA、2回目に柔軟剤を用いず洗剤のみで洗濯したものをBと表記する。

## 5. 結果

### ・実験①

#### (i) 吸水性

沈降法による 5 回分の測定結果を表に示した (表 1)。柔軟剤の量が多いほど、沈降し始めるまでの時間が長くなった。このことから、柔軟剤の量を増やしていくにつれて吸水性が悪くなったことが分かった。

柔軟剤の量	沈降し始めるまでの時間 [s]				
5mL	0.39	0.62	0.69	0.85	0.81
10mL	112.66	119.51	238.97	237.78	381.35
15mL	3077.43	800.77	1420.91	2678.17	3577.66

表 1 柔軟剤の量に対する沈降し始めるまでの時間の関係

吸い上げの実験による 3 回分の測定結果を表に示した (表 2)。柔軟剤の量が多いほど、吸い上げる高さが高くなった。このことから、柔軟剤の量を増やしていくにつれて吸水性が悪くなったことが分かった。

柔軟剤の量	縦繊維の方向 [cm]			横繊維の方向 [cm]		
5mL	1.00	1.21	1.48	0.29	0.44	0.62
10mL	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
15mL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

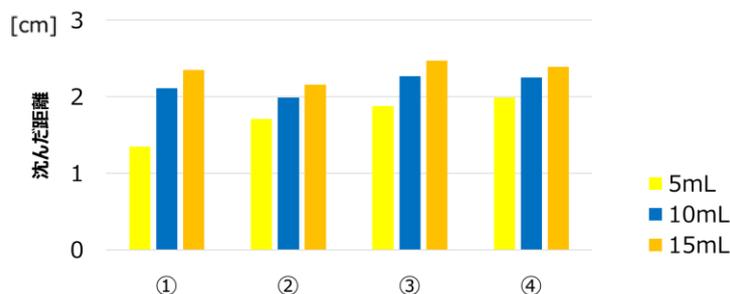
表 2 柔軟剤の量に対する、3 分間での吸い上げの距離の関係

#### (ii) 弾力性

弾力性の実験による 3 回分の測定結果を表に示した (表 3)。また、実験結果の平均を取りグラフで表した (グラフ 1)。柔軟剤の量が多いほど、沈んだ距離が大きくなった。このことから、柔軟剤の量を増やしていくにつれてタオルが柔らかくなったことが分かった。

柔軟剤の量	方向① [cm]			方向② [cm]		
5mL	1.91	0.95	1.42	1.73	1.85	1.54
10mL	2.33	1.87	2.14	2.10	2.18	1.68
15mL	2.38	2.48	2.18	2.18	2.09	2.21
柔軟剤の量	方向③ [cm]			方向④ [cm]		
5mL	2.05	1.94	1.65	1.82	2.28	1.88
10mL	2.51	1.94	2.36	2.48	2.22	2.04
15mL	2.79	2.38	2.24	2.69	2.13	2.34

表 3 柔軟剤の量に対する、沈んだ距離の関係



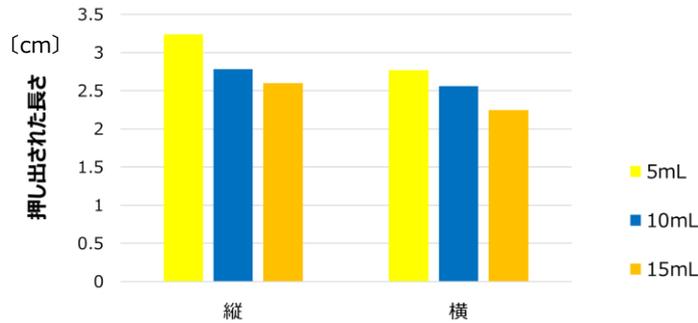
グラフ 1 柔軟剤の量に対する、沈んだ距離の関係

#### (iii) 剛軟性

剛軟性の実験による 3 回分の測定結果を表に示した (表 4)。また、実験結果の平均を取りグラフで表した (グラフ 2)。柔軟剤の量が多いほど、タオルが斜面に接するまでに押し出した長さが短くなった。このことから、柔軟剤の量を増やしていくにつれてタオルが柔らかくなったことが分かった。

柔軟剤の量	縦繊維の方向 [cm]			横繊維の方向 [cm]		
5mL	3.40	3.22	3.10	2.75	2.83	2.72
10mL	2.91	2.82	2.61	2.93	2.10	2.65
15mL	2.51	2.52	2.78	2.31	2.22	2.21

表 4 柔軟剤の量に対する、押し出された長さの関係



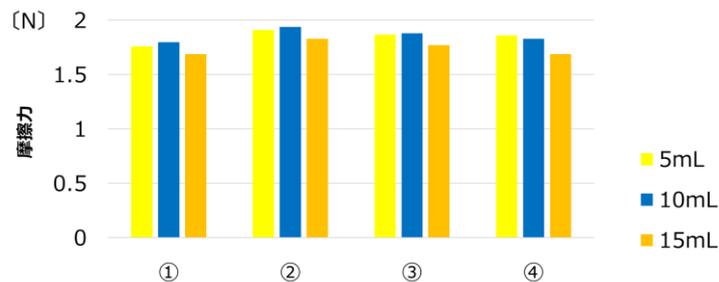
グラフ 2 柔軟剤の量に対する、押し出された長さの関係

(iv) 最大摩擦力

最大摩擦力の実験によるタオル 3 枚分の測定結果を表に示した (表 5)。なお、表の値は 1 つのタオルにつき 3 回測定し平均を取った値を示している。また、実験結果の平均を取りグラフで表した (グラフ 3)。柔軟剤の量が多いほど、摩擦力は小さくなる傾向が見られた。このことから、柔軟剤の量を増やしていくにつれてタオルが滑らかになったことが分かった。

柔軟剤の量	①順目 [N]			②逆目 [N]		
	5mL	1.83	1.76	1.85	1.98	1.82
10mL	1.79	1.77	1.84	1.89	1.97	1.96
15mL	1.73	1.69	1.66	1.90	1.80	1.78
柔軟剤の量	③パイルに対して直交 [N]			④パイルに対して直交 [N]		
5mL	1.94	1.79	1.87	1.84	1.81	1.92
10mL	1.83	1.93	1.87	1.77	1.84	1.89
15mL	1.80	1.75	1.77	1.76	1.69	1.61

表 5 柔軟剤の量に対する、最大摩擦力の関係



グラフ 3 柔軟剤の量に対する、最大摩擦力の関係

◎実験①の結果まとめ

柔軟剤を増やしていくと吸水性は悪くなったが、弾索性、剛軟性、最大摩擦力の観点では良くなった。

・実験②

(i) 吸水性

沈降法による 5 回分の測定結果を表に示した (表 6)。洗濯回数を重ねると、沈降し始めるまでの時間が長くなった。このことから、洗濯回数を増やしていくにつれて吸水性が悪くなったことが分かった。3 回目の洗濯で、吸水性が 2 回目よりも良くなった理由については良く分からないが、洗濯回数の増加によってタオル繊維自体に何らかの変化が出たのではないかと考えている。

洗濯回数	沈降し始めるまでの時間 [s]				
1回目	112.66	119.51	238.97	237.78	381.35
2回目	415.42	425.31	707.78	788.99	966.53
3回目	135.78	178.62	205.92	239.72	22.98

表 6 洗濯回数に対する、沈降し始めるまでの時間の関係

吸い上げの実験による 3 回分の測定結果を表に示した (表 7)。洗濯回数を重ねると、タオルが水をまったく吸い上げなくなった。このことから、洗濯回数を増やしていくにつれて吸水性が悪くなったことが分かった。

洗濯回数	縦繊維の方向 [cm]			横繊維の方向 [cm]		
1回目	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
2回目	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3回目	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

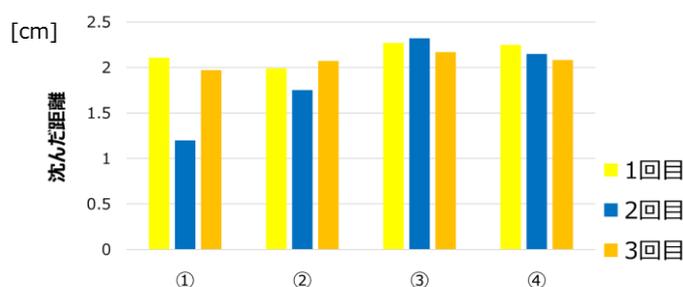
表 7 洗濯回数に対する、3 分間での吸い上げの距離の関係

### (ii) 弾力性

弾力性の実験による 3 回分の測定結果を表に示した (表 8)。また、実験結果の平均を取りグラフで表した (グラフ 4)。洗濯回数を重ねると、沈んだ距離が小さくなった。

洗濯回数	方向① [cm]			方向② [cm]		
1回目	2.33	1.87	2.14	2.10	2.18	1.68
2回目	0.78	0.88	1.95	1.84	1.59	1.83
3回目	2.19	1.62	2.10	2.19	2.00	2.02
洗濯回数	方向③ [cm]			方向④ [cm]		
1回目	2.51	1.94	2.36	2.48	2.22	2.04
2回目	2.99	2.50	2.17	2.31	2.09	2.04
3回目	2.22	2.20	2.00	2.20	2.57	2.42

表 8 洗濯回数に対する、沈んだ距離の関係



グラフ 4 洗濯回数に対する、沈んだ距離の関係

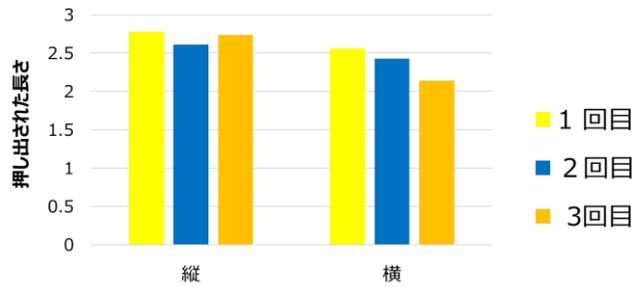
### (iii) 剛軟性

剛軟性の実験による 3 回分の測定結果を表に示した (表 9)。また、実験結果の平均を取りグラフで表した (グラフ 5)。洗濯回数を重ねると、押し出された長さが短くなった。このことから、タオルがやわらかくなったと考えられる。

洗濯回数	縦繊維の方向 [cm]			横繊維の方向 [cm]		
1回目	2.91	2.82	2.61	2.93	2.10	2.65
2回目	2.68	2.62	2.53	2.75	2.21	2.32
3回目	2.71	2.69	2.81	2.23	2.20	1.98

表 9 洗濯回数に対する、押し出された長さの関係

[cm]



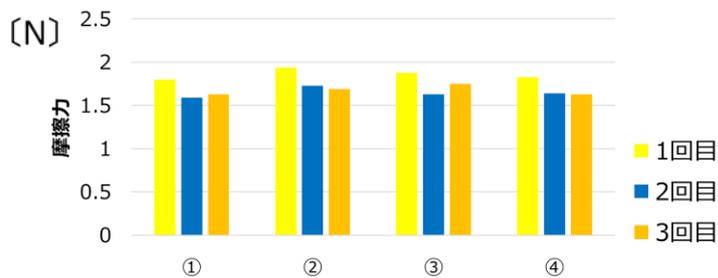
グラフ 5 洗濯回数に対する、押し出された長さの関係

(iv) 最大摩擦力

最大摩擦力の実験によるタオル 3 枚分の測定結果を表に示した (表 10)。なお、表の値は 1 つのタオルにつき 3 回測定し平均を取った値を示している。また、実験結果の平均を取りグラフで表した (グラフ 6)。洗濯回数を重ねると、摩擦力は小さくなった。このことから、タオルがやわらかくなったと考えられる。

洗濯回数	①順目 [N]			②逆目 [N]		
1 回目	1.79	1.77	1.84	1.98	1.97	1.96
2 回目	1.60	1.57	1.59	1.77	1.75	1.68
3 回目	1.66	1.63	1.63	1.71	1.70	1.66
洗濯回数	③パイルに対して直交 [N]			④パイルに対して直交 [N]		
1 回目	1.83	1.93	1.87	1.77	1.84	1.89
2 回目	1.68	1.59	1.63	1.66	1.59	1.68
3 回目	1.75	1.69	1.81	1.71	1.63	1.54

表 10 洗濯回数に対する、最大摩擦力の関係



グラフ 6 洗濯回数に対する、最大摩擦力の関係

◎実験②の結果 まとめ

洗濯回数を増やすことで吸水性は悪くなるが、弾力性、剛軟性、最大摩擦力のどの観点も良くなる傾向が見られた。

・実験③

(i) 吸水性

沈降法による 5 回分の測定結果を表にした (表 11)。洗剤処理を途中で施すと沈降し始めるまでの時間が短くなった。このことから、洗剤処理を途中で行うことで吸水性が良くなったことが分かった。

	沈降し始めるまでの時間 [s]				
A	135.78	178.62	205.92	239.72	222.98
B	0.65	0.86	1.36	1.17	1.53

表 11 洗濯方法に対する、沈降し始めるまでの時間の関係

吸い上げの実験による3回分の測定結果を表に示した(表12)。洗剤処理を途中で施すと吸い上げる高さが0.00 cmから1.0 cm以上吸い上げるようになった。このことから、洗剤処理を途中で行うことで吸水性が良くなったことが分かった。

	縦繊維の方向 [cm]			横繊維の方向 [cm]		
A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	1.35	1.43	1.25	1.41	1.41	1.29

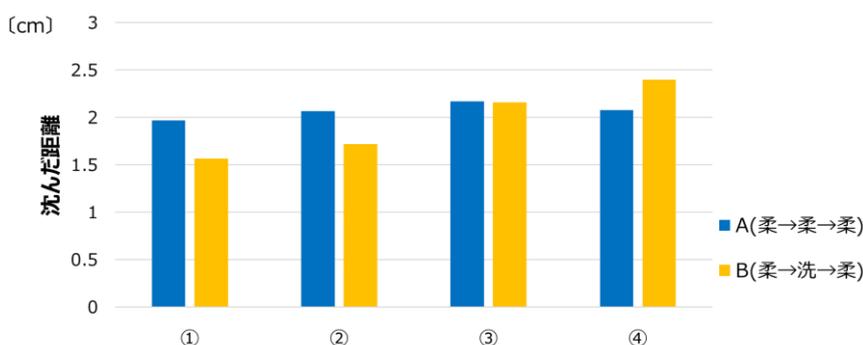
表12 洗濯方法に対する、3分間での吸い上げの距離の関係

(ii) 弾力性

弾力性の実験による3回分の測定結果を表に示した(表13)。また、実験結果の平均を取りグラフで表した(グラフ7)。洗剤処理を途中で行うことで弾力性が良くなったものと悪くなったものがあった。このことから、一貫した傾向は見られなかった。

	方向① [cm]			方向② [cm]		
A	2.19	1.62	2.10	2.19	2.00	2.02
B	2.15	1.66	0.80	1.44	2.00	1.71
	方向③ [cm]			方向④ [cm]		
A	2.22	0.76	2.12	2.33	2.11	1.79
B	2.29	2.20	2.00	2.20	2.57	2.42

表13 洗濯方法に対する、沈んだ距離の関係



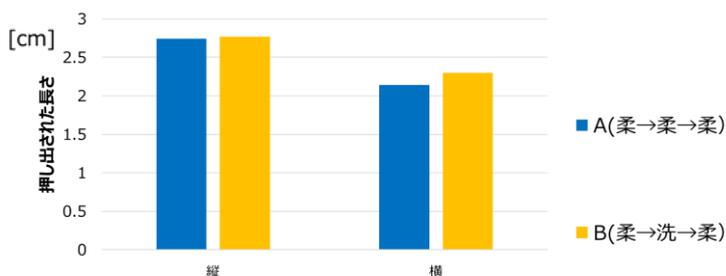
グラフ7 洗濯方法に対する、沈んだ距離の関係

(iii) 剛軟性

剛軟性の実験による3回分の測定結果を表に示した(表14)。また、実験結果の平均を取りグラフで表した(グラフ8)。柔軟剤を続けて使用すると押し出された長さが少し短くなった。このことから、洗剤処理を途中で行うことでタオルが柔らかくなった。

	縦繊維の方向 [cm]			横繊維の方向 [cm]		
A	2.71	2.69	2.81	2.23	2.20	1.98
B	2.81	2.79	2.71	2.20	2.39	2.31

表14 洗濯方法に対する、押し出された長さの関係



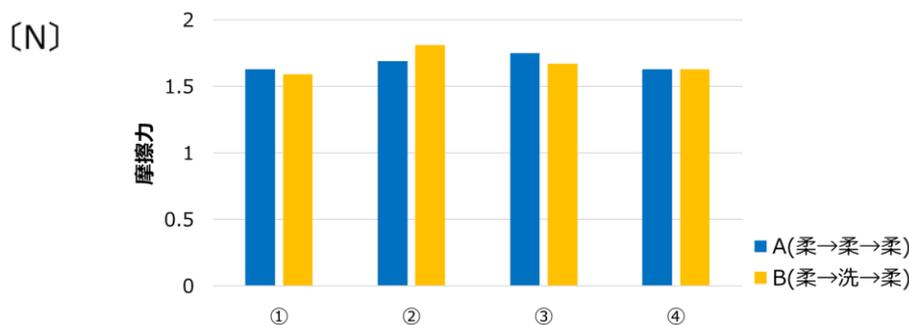
グラフ8 洗濯方法に対する、押し出された長さの関係

#### (iv) 最大摩擦力

最大摩擦力の実験によるタオル3枚分の測定結果を表に示した(表15)。なお、表の値は1つのタオルにつき3回測定し平均を取った値を示している。また、実験結果の平均を取りグラフで表した(グラフ9)。洗剤処理を途中で行うことで最大摩擦力が良くなったものと悪くなったものがあった。このことから、一貫した傾向は見られなかった。

	①順目 [N]			②逆目 [N]		
A	1.66	1.63	1.63	1.71	1.70	1.66
B	1.59	1.59	1.59	1.81	1.82	1.81
	③パイルに対して直交 [N]			④パイルに対して直交 [N]		
A	1.75	1.69	1.81	1.71	1.63	1.54
B	1.68	1.75	1.59	1.63	1.63	1.63

表15 洗濯方法に対する、最大摩擦力の関係



グラフ9 洗濯方法に対する、最大摩擦力の関係

#### ◎実験③の結果 まとめ

洗剤処理を挟むことによって吸水性のみが良くなり、その他の観点ではあまり変化がなかった。

#### 5. 考察・結論

実験①より、吸水性と柔軟性は相反するものであり、柔軟剤を用いて吸水性と弾力性・摩擦の両方を保つのは難しいのではないかと考えられる。

実験②・③の結果から、洗濯回数を重ねるたびにタオルの表面に界面活性剤が残り、洗剤処理を行うことでタオルに付着した界面活性剤を減らせるということがわかった。

吸水性の低下を防ぐためには、柔軟剤を使用する場合と使用しない場合で交互に洗濯すべきである。

#### 6. 今後の課題

今回の実験では綿100%のタオルを使用したもので、他の素材のタオルを用いて実験する。

#### 7. 参考文献

- \*1 花王株式会社 HP 柔軟仕上げ剤の成分と働きは? <https://www.kao.com/jp/>
- \*2 矢中 睦美. 各種柔軟剤処理による布の剛軟性、摩擦特性、表面粗さ、吸水性、吸湿性および風合いの変化の比較. 文化学園大学紀要 服装学・造形学研究. 2012
- \*3 日本工業規格 繊維製品の吸水性試験方法 <https://kikakurui.com//L1907-2010-01.html>
- \*4 日本工業規格 一般不織布試験方法 <https://kikakurui.com//L1913-2010-01.html>

#### 8. 謝辞

今回の研究において、私たちの研究をサポートして下さった伊賀先生をはじめ、高松第一高等学校の諸先生方、本当にありがとうございました。