

家庭用電気洗濯機による衣類の洗浄について (第2報)

——布の組成・形状を統一した場合の洗浄効果——

天 木 桂 子*・池 田 揚 子*

(1990年10月11日受理)

緒 言

家庭用電気洗濯機の普及率は現在ほぼ100%で、日常生活の必需品である。

筆者らは、前報¹⁾で家庭用電気洗濯機の洗浄効果を、布のサイズや形状、温度、浴比など洗濯時の条件に着目して、その違いを明らかにした。その結果、同形状(平面型)の場合は、大サイズ(100g) > 小サイズ(50g)、同一サイズの布では、袋型 > 筒型 > 平面型の順に、また洗浄温度は高い方が洗浄効率が高いなどの結論を得た。さらに、浴比に関しては1:20 > 1:30となり、「浴比が大きいほど洗浄効率も高い²⁾」という一般論とは異なる結果を示した。

しかし、前報では、組成の異なる2種の布、すなわち綿およびポリエステル・綿混紡を併用した実験であったことや、浴比調整のための補助布は、被洗布(汚染布を縫いつけた布)のサイズや形状に関係なく、すべて50gの平面型を使用したことなど、1回分の洗濯物の条件を統一しなかった。すなわち、ある条件では綿布の割合が多く別の条件では混紡布が多くなったことや、1回の洗濯物に占める50g布の枚数にも差があり、これらの要因が実験結果に少なからず影響を与えている可能性が考えられた。

そこで本研究では、使用布の組成を綿100%ブロード1種類とし、補助布を被洗布と同一形状、同一サイズのものとして、1回分の洗濯物の内容を統一して実験を行った。さらに、布のサイズは前報の50g、100gに加えて200gを作成して3種に、浴比も1:20、1:30に1:60を加えた3条件として、それぞれの条件が洗浄効果に及ぼす影響を、洗浄効率と洗いムラの2点から明らかにし、前報の結果と比較した。

実 験 方 法

1. 試験布

(1) 被洗布および浴比調整用補助布

被洗布、補助布とも、前報で補助布に用いた綿ブロードを使用した。諸元を表1に示す。これを1枚あたり50g(縦45cm×横91.5cm)、100g(縦90cm×横91.5cm)、200g(縦180cm×横91.5cm)に裁断し、さらに50g布、200g布は平面型・筒型・長筒型・袋型・長袋型の5種、100g布は平面型・筒型・袋型の3種に縫製した(図1参照)。

* 岩手大学教育学部家政科

表1 試験布の諸元

組成	綿ブロード(綿 100%)	厚さ (mm)	0.23
組織	平織	平面重 (g/m ²)	128.5
糸密度 (本/インチ)	(縦) 136.0 (横) 71.7	吸水性 (mm)	(縦) 32.0 (横) 29.0

なお、200g布は50g布の長さ2倍(面積4倍)の大きさで、形状はほぼ同じである。

(2) 汚染布

日本油化学協会法による標準人工汚染布を作成し、縦5cm×横10cmに裁断して用いた。

2. 汚染布の縫いつけ位置

汚染布は、前報と同様幅のせまい一端の上から0.5cmの所を木綿糸で被洗布の所定位置に縫いつけた。それぞれの被洗布への縫いつけ位置を図1に示す。

>50g布、200g布(()内数字は200g布の寸法、()内語句は200g布に追加した縫いつけ位置)

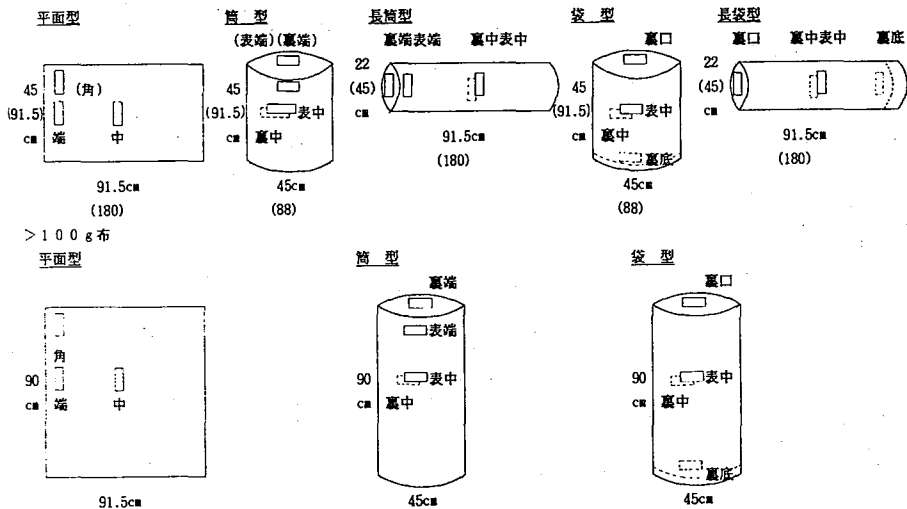


図1 被洗布の形状および汚染布の縫いつけ位置

3. 洗浄方法

家庭用二槽式電気洗濯機を用いて洗浄を行った。1回の洗浄には同じ型の被洗布を5枚用い、残りは被洗布と同サイズ、形状の補助布で所定量に調整した。

実験は、1条件につき3回行い、1か所の汚染布枚数は15枚とした。ただし、200g布浴比1:60の場合は7回行い、汚染布枚数を14枚とした。

洗浄条件を以下に示す。

洗濯機……家庭用二槽式電気洗濯機 (東芝銀河 VH-1515型)
 洗 剤……洗濯用合成洗剤 (弱アルカリ性, 粉末, 花王ザブ)
 洗剤濃度……標準使用量0.13% (水30ℓに40g)
 水 量……30ℓ
 洗浄温度……20±2℃, 40±2℃
 浴 比……1:20 (布1.5kg), 1:30 (布1.0kg), 1:60 (布0.5kg)
 洗浄手順……注水→洗剤投入→1分駆動→布投入→洗い10分→脱水1分→ためすすぎ
 3分→脱水1分→ためすすぎ3分→脱水1分

洗浄後, 被洗布から汚染布 (洗浄布) をとりはずして風乾し, あて布をしてアイロンをかけた。

4. 洗浄効率の算出

東京電色社製反射率計 (TC-6D型) にグリーンフィルターを用いて洗浄前後の表面反射率を測定し, 下式により洗浄効率 (D%) を算出した。

$$D(\%) = (R_w - R_s) / (R_0 - R_s) \times 100$$

R₀: 原白布の表面反射率

R_s: 洗浄前 (汚染布) の表面反射率

R_w: 洗浄後 (洗浄布) の表面反射率

結果および考察

1. サイズの影響

平面型50g布, 100g布および200g布の各条件下での洗浄効率を図2に示す。各サイズとも汚染布縫い付け位置 (図1参照) “端”と“中”2箇所の平均値で示した。

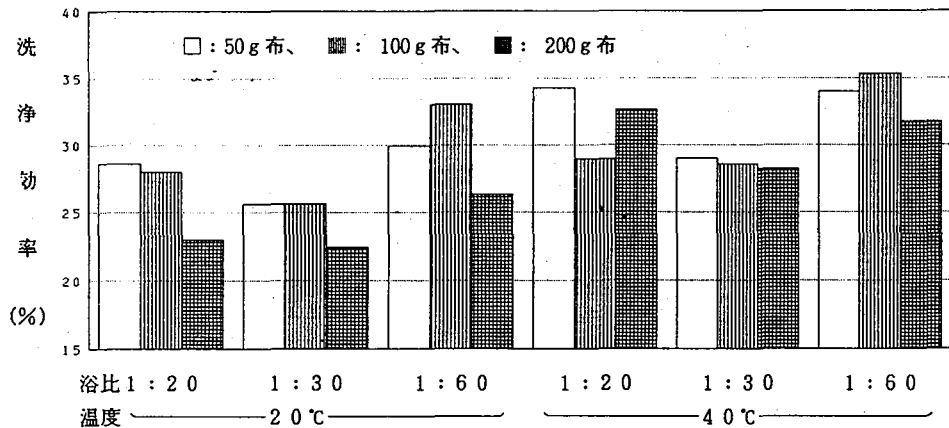


図2 被洗布サイズの影響 (平面型)

洗浄効率が比較的低いのは200g布である。これは、大サイズの布は、水を含むと1枚当たりの重量が増すため洗濯槽内での動きがにぶり、その結果として布同志の摩擦力や液流作用を十分に受けられなかったことが原因だと考えられる。また、被洗布がかたまりになった場合には、中心部に洗剤分子が行きわたらずその部分の洗浄効果が得られなかったことも予想される。

50g布と100g布では、浴比1:60を除いて50g布の洗浄効率がわずかに高い。小サイズの布は、大サイズ布に比べて洗濯槽内での動きが活発だった結果であろう。1:60の場合は、布の全重量が少ないため50g布、100g布とも比較的自由に移動でき、小回りがきく50g布の特徴を活かせなかったと考えられる。

以上のことから、洗濯1回分の全重量が同じならば、大サイズ布より小サイズ布の方が高い洗浄効率が得られると推察できる。

これらを50g布および100g布に関して前報の結果と比較すると、明らかな違いが認められる。すなわち、前報の図2では、同じ平面型のすべての浴比で50g布より100g布の洗浄効率が高く、今回の結果とは逆であった。この原因としては、以下の2点が考えられるだろう。第1に、前報の実験では100g布の洗浄に平面型の50g布を補助布として用いたため、2種類のサイズが混じっていたことである。浴比の小さい1:20、1:30では100g布より50g布の方が洗濯槽内で動きやすいことから、100g布の結果に50g布が影響を及ぼした可能性がある。

第2に、使用した布の組成、すなわち、前報では被洗布にポリエステル・綿混紡を、補助布に綿を用い、その割合は洗浄条件により異なっていた点である。疎水性繊維であるポリエステルとの混紡布は、綿布に比べて含水量が少なく、水中でも軽いため動きやすい。洗浄条件別に混紡布と綿布の割合を示すと、50g布では、浴比1:20の場合1:6、1:30は1:4であるのに対し、100g布では、浴比1:20の場合1:2、1:30は1:1となり（いずれも混紡布を1とした時の綿布の割合）、50g布の方が綿の占める割合が多い。このことから、綿を多く含む50g布の実験では水中で洗濯物全体の重量が増加し、100g布に比べて動きが制限され、その結果として洗浄効率が低くなったと考えられる。

2. 形状の影響

被洗布の形状および部位別の洗浄効率を図3（50g布）、図4（100g布）、図5（200g布）に示す。図3～5とも全浴比の平均値とした。

(1) 洗浄効率

50g布、100g布、200g布とも平面型、筒・長筒型に比べて袋・長袋型の洗浄効率が低い。袋・長袋型は、表のみを比較しても他より低いが、特に裏“中”“底”が低いため全体として洗浄効率を下げている。

平面型と筒・長筒型では目立った差は見られないが、表部分にのみ着目すると筒・長筒型がわずかに高い。筒・長筒型は、1枚の重量は同一でも見かけの大きさが平面型の半分になるため、洗濯槽内での移動が自由で布同志が接触する機会も多く、摩擦力を大きく受けた結果であろう。

50g布、200g布において筒・袋型と長筒・長袋型を比較すると、縦横比の大きい長筒・長袋型にわずかに高い傾向が認められた。

これらの結果を前報と比較すると、今回は、平面型、筒・長筒型に比べて袋・長袋型が高い傾向が認められた前報とは異なる結果となった。この原因は、やはり補助布にあると考えられる。

2種類の布を用いた前報では、袋・長袋型の洗浄効率が高かった原因として、袋内部に水が入って太くなり移動しやすかった事を挙げた。しかし、袋・長袋型1種のみを使用した今回、同様の結果が得られなかったことから、自身も動きやすい50g布平面型の補助布が袋・長袋型の動きを妨げず、摩擦力などを上昇させたと考えられる。さらに、サイズの影響と同様、布の組成の違い

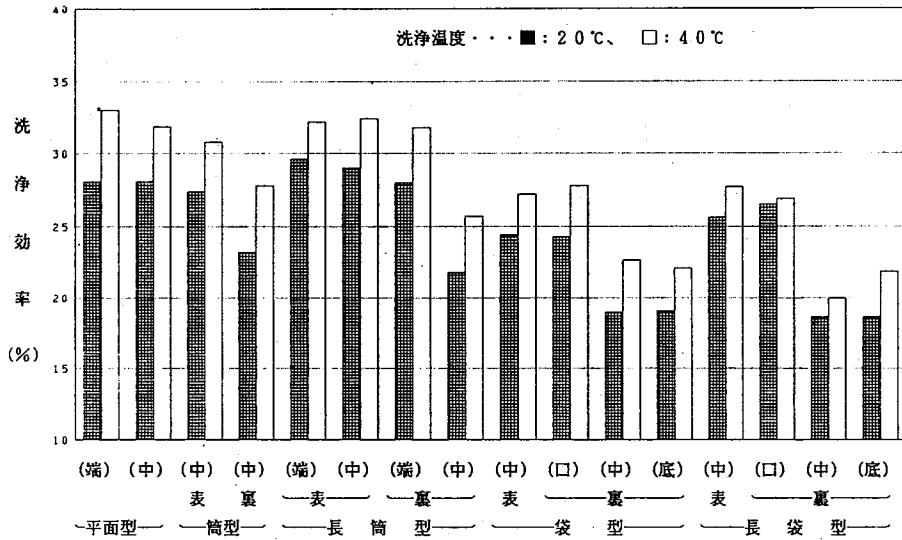


図3 被洗布形状の影響 (50g布)

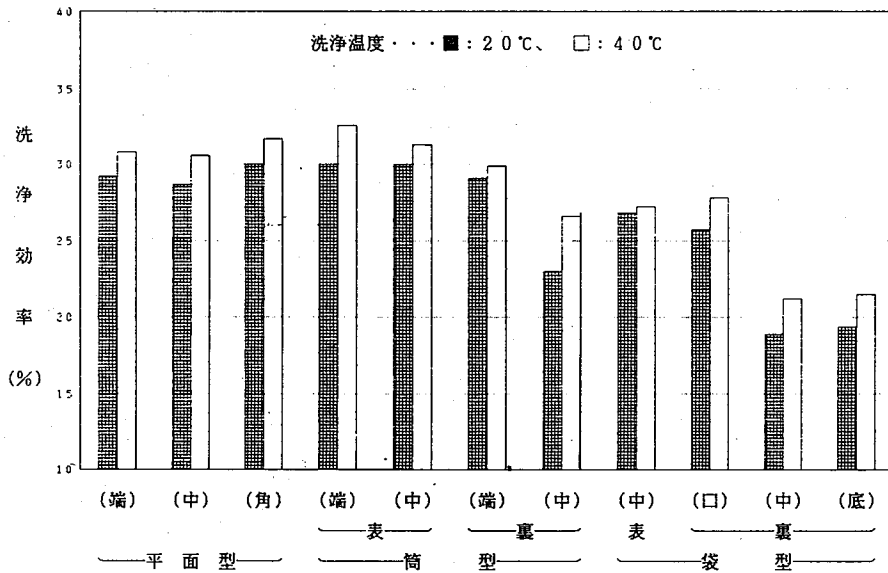


図4 被洗布形状の影響 (100g布)

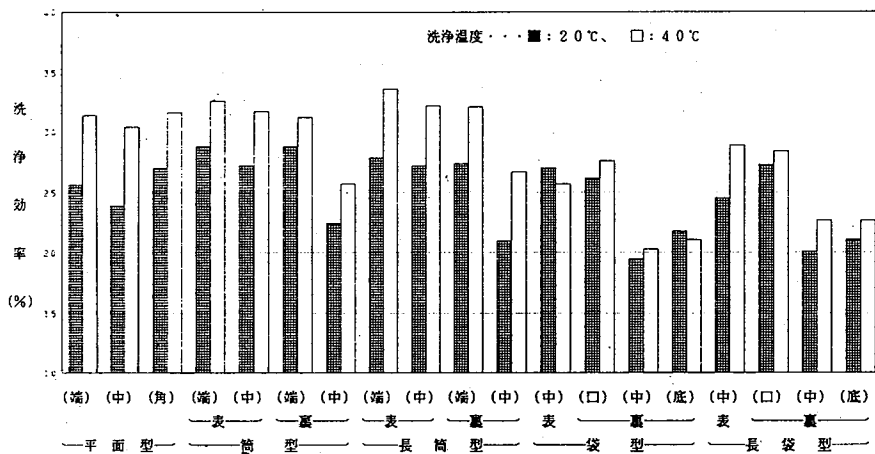


図5 被洗布形状の影響 (200g布)

も影響を与えたと予想できる。この点に関しては、今後さらに検討する必要がある。

(2) 部位による差 (洗いムラ)

図6に、各条件別の部位による差 (洗いムラ) を示す。それぞれの値は、図3～5における各条件下での洗净効率の最も高い部位と最も低い部位の差である。

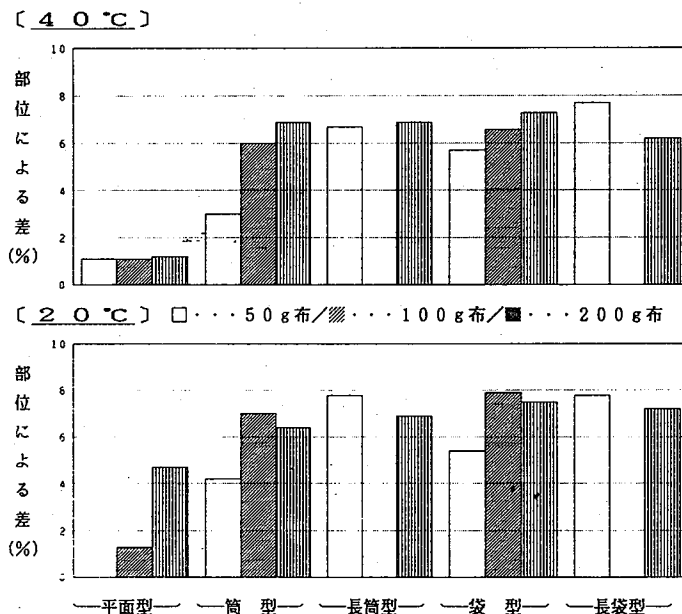


図6 部位による差 (洗いムラ)

洗いムラの小さいのは平面型で、すべての温度、サイズに共通している。平面型の差が20℃ 200g布を除いて2%以下なのに対し（20℃50g布の差は0%）、筒型・袋型は4~8%と2~4倍以上の開きがある。この差は前報に比べてより明確になっている。

筒・長筒型と袋・長袋型を各型ごとに同一サイズ、同一温度に対応させて比較すると、袋・長袋型の差が大きく、これは袋・長袋型の裏（内側）部分の洗浄効率の低さがそのまま表れる結果となった。

同様に筒型と長筒型、袋型と長袋型を比較すると、200g布の袋-長袋型間の差を除いていずれも丈の長い型の洗いムラが大きかった。

洗浄効率の低い部位を図3~5から判断すると、すべてのサイズで裏“中”“底”が低く、前報とほぼ同様の傾向が見られた。

各サイズとも同一形状内で部位別に比較すると、筒型は、100g布、200g布とも表端・表中・裏端の3箇所は高く、また相互に目立った差がないものの、裏中は極端に低い。また、50g布でも表中に比べて裏中が低い。長筒型は、50g布、200g布とも筒型と同様裏中のみ低く、それに比べて他の3箇所は高く相互の差も見られない。

袋型では、各サイズとも表中・裏口の洗浄効率が高く相互の差も見られないが、やはり裏中・裏底の2箇所は極端に低い。50g布、200g布の長袋型も同様に表中・裏口に比べて裏中・裏底が低い。

以上のことから、被洗布の裏側内部の汚れは落ちにくく、それに比べて表や、裏側であっても端の部位は汚れが落ちやすいことが前報に引き続き確かめられた。そのため、汚れの付着している方を表にしたり、裏側内部は部分洗いをするなどして均一に汚れを除去する必要性が感じられた。

3. 浴比の影響

前報では洗浄効率が1:30より1:20が高い傾向が見られたため、今回1:60を追加して実験を行った。図2にその結果を示した。

これを見ると、20℃では各サイズとも1:60>1:20>1:30の順に、40℃ではおおむね1:60≒1:20>1:30の順に高い。この傾向は、平面型以外でもほぼ同様に認められた。前報と同様1:30の洗浄効率は他の浴比に比べて低く、今回も「浴比が大きいかほど洗浄効率が高い」という一般論とは異なる結果を示した。

1:60の洗浄効率が高かったのは、1回分の布量が少ないため、洗濯槽内での動きが活発になり液流作用を受けやすかったこと、汚れや繊維への洗剤分子の吸着量も増加して洗剤の化学的作用が十分に得られた結果だと予想される。1:20に関しては、前報と同様、布同志が接触する機会が多く摩擦力を大きく受けたためだと考えられる。

それに対して1:30は、液流作用や洗剤の化学的作用は1:60ほど寄与せず、布同志の摩擦力も1:20ほど得られなかったため、各要因の影響が中途半端であったことが考えられ、全体として洗浄効率が低かったと推察される。

以上のことから、家庭用電気洗濯機では浴比の増加と洗浄効率の上昇が必ずしも一致せず、洗濯機により最適浴比が異なる可能性のあることが、前報に引き続き確かめられた。

一方、浴比を1:60より大きくした場合はさらに高い洗浄効率が期待できる。しかし、洗濯槽内での布の動きが激しくなるために繊維の損傷も予想され、また洗濯物が多く出る家庭にとって

は非経済的であることなどから、浴比をあまり大きくするのも望ましくないと言える。日常生活では、使用している洗濯機や汚れの度合い、各家庭の状況などを考えて、洗浄性と経済性の2面からその場に相応しい浴比で行うことが大切であろう。

4. 洗浄温度の影響

(1) 洗浄効率

図2の各浴比において、また図3～5のうち一部を除く各形状・部位で、20℃より40℃の洗浄効率が高く、前報の結果を裏付けた。

温度の上昇は洗剤分子を活性化させ、より大きな化学作用が得られるため有効である。しかし、高温すぎると再汚染の増加、繊維の損傷とともに、現在ほとんどすべての衣料用洗剤に配合されている酵素の働きを阻害することから、日常の家庭洗濯では30～40℃が適当であると言えよう。

(2) 部位による差 (洗いムラ)

図6から、20℃と40℃で同一形状、同一サイズどうしを比較すると、一定の傾向は見られず、前報の10℃と40℃ほどの差は認められなかった。

5. 分散分析による検定

今回の実験に関して、洗浄効果に影響を及ぼしている条件を明らかにするため、分散分析による検定を行った。結果を表2に示す。表2において、A・B・D以外は分散比 $F_0 < 1$ であるため、これらを誤差項に加えて再び検定した結果が F'_0 である ($V'_E = 32.76$)。

表2 分散分析表

要因	変動 S	自由度 ϕ	分散 $V = S/\phi$	分散比 $F_0 = V/V_E$	分散比 $F'_0 = V/V'_E$	純変動 $S' = S - V_E$	寄与率 $\frac{S'}{S_T} \times 100$ (%)
A: 温度	422.67	1	422.67	5.20*	12.90**	341.34	2.370
B: 浴比	342.13	2	171.07	2.10	5.22**	260.80	1.810
C: サイズ	80.68	2	40.34	0.50	1.23	-0.65	-0.005
D: 形状	3,135.21	18	174.18	2.14*	5.32**	3,053.88	21.230
A×B	24.36	2	12.18	0.15	0.37	-56.97	-0.396
A×C	63.47	2	31.7	0.39	0.97	-17.86	-0.124
A×D	93.03	18	5.17	0.06	0.16	11.70	0.081
B×C	7.53	4	1.88	0.02	0.06	-73.80	-0.513
B×D	207.51	36	5.76	0.07	0.18	126.18	0.877
C×D	705.01	36	19.58	0.24	0.60	623.68	4.340
A×B×C	23.92	4	5.98	0.07	0.18	-57.41	-0.399
A×B×D	85.76	36	2.38	0.03	0.07	4.43	0.031
A×C×D	201.77	36	5.60	0.07	0.17	120.44	0.837
B×C×D	3,134.01	72	43.53	0.54	1.33	3,052.68	21.220
E	5,855.77	72	81.33			6,994.39	48.630
計 (T)	14,382.83	341				14,382.83	99.989

* 危険率5%で有意差あり

** 危険率1%で有意差あり

検定の結果、A温度、B浴比、D形状に危険率1%で有意差が認められ、影響を受けていることが明らかとなった。これとは逆に、Cサイズは有意差が認められず、被洗布1枚あたりの重量はそれほど影響していなかった。寄与率を見ると、D形状が21.23%と大きな値を示した。

また、交互作用もすべての場合で有意差が認められなかったことから、それぞれの要因は互いに影響を及ぼし合わず、それぞれ独立していることが確かめられた。

ま と め

家庭用二槽式電気洗濯機を用いた衣類の洗浄に関して、洗浄効果に影響を及ぼす要因を明らかにするため、洗濯布のサイズ・形状・浴比および洗浄温度に着目してより効果的な洗浄条件を検討した。

すなわち、被洗布、補助布として綿100%ブロードを用い、1枚あたり50g、100g、200gの3種類に裁断し、それぞれについて50g布、200g布は平面型・筒型・長筒型・袋型・長袋型の5種類に、100g布は平面型・筒型・袋型の3種類に縫製した。これを、浴比1:20、1:30、1:60、洗浄温度20℃、40℃の各条件下で洗浄し、洗浄効率と洗いムラの2点から検討した。

その結果、以下の結論を得た。

1. (サイズ) 全体として50g布 \geq 100g布 $>$ 200g布の順に洗浄効率が高かった。このことから、1回分の洗濯物が同一重量ならば小サイズ布の方が高い洗浄効果が得られると推測できるが、有意差が認められるほどではなかった。

2. (形状) 各サイズともに筒・長筒型 \geq 平面型 \geq 袋・長袋型の順に洗浄効率が高かった。さらに、筒型・袋型に比べて縦横比の大きい長筒型・長袋型の方がわずかに高い傾向が見られた。

また、洗いムラの小さいのは平面型で、次いで筒・長筒型、袋・長袋型の順であった。部位別では、表側の洗浄効率が高かった。それに対して、筒・長筒型の内(裏)側中央部、袋・長袋型の内側中央部および底部は極端に洗浄効率が低く、内側であっても端・口は、表側とほとんど差が見られなかった。

3. (浴比) 全体として1:60 \geq 1:20 $>$ 1:30の順であった。このことから、低浴比でもそれなりの洗浄効果が得られ、浴比が大きいほど効果的だとは言えないことが前報に引き続き確かめられた。

4. (洗浄温度) 20℃に比べて40℃が高く、前報と同様に高温ほど有効であることが確かめられた。洗いムラには明確な違いは認められなかった。

以上より、洗浄効果は洗濯布のサイズ・形状、浴比、洗浄温度により異なり、特に形状、浴比、洗浄温度は有意に影響を及ぼしていた。

今回の目的であった前報との比較では、布の組成や洗濯1回分の内容を統一させたことにより、サイズ・形状といった結果の一部に違いが認められた。前報で用いた補助布が、設定した洗浄条件の影響を素直に受けるような単純な形で小回りのきく平面型の50g布であったことは、結果に少なからず影響を及ぼしていたと判断できる。また、前報の被洗布であったポリエステル・綿混紡布は、水を含みにくく水中でも軽かったのに対し、今回の綿100%布は水を多く含み重くなることから、洗濯槽内での動きに違いがあったと考えられ、機械作用の受け方に違いがでたと推察される。

このように、さまざまな条件設定が相互に微妙な影響を及ぼし合っていることがわかった。実際の家庭洗濯では布のサイズ・形状が同じであることはほとんどなく、より複雑に影響を及ぼし合っていると予想され、今後は実態に即した条件設定を行うべきであろう。また一方では、より単純化した条件下で実験を行い、洗浄効果に影響を及ぼす要因をさらに具体的に明らかにすることも必要であると考えられる。

終わりに、本研究を行うにあたり、御協力いただいた岩手大学教育学部昭和63年度卒業生畠山幸子氏、平成元年度卒業生高橋由加子氏に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 天木桂子・池田揚子：岩手大学教育学部研究年報 49-1,79(1989)
- 2) 例えば、花崎正子・原田悠三：繊維製品消費科学会誌 26,385(1985) など