

衣類の泡沫洗浄に関する研究（第2報）

泡沫洗浄装置の試作について（2）

大矢 勝*・皆川 基

Studies on the Foam Washing of Clothes (Part II)

—With Special Reference to the Trial Manufacture of the Foam Washing Machine (2)—

MASARU ŌYA* and MOTOI MINAGAWA

序 論

衣服の洗浄においては水が繊維表面から汚れを除去するのにきわめてすぐれた性質をもつ媒体として、また身近に最も豊富に存在する安価な媒体として使用されてきた。

しかし最近の衣類の洗浄では衣類素材の複合化、加工技術の発展などともなう、水を媒体とする水系洗浄のほか、塩素系およびフッ素系の合成有機溶剤と石油系の天然溶剤を媒体とした非水系洗浄（ドライクリーニング）や、桐、かえでなどの油分の比較的少ない木の鋸屑、または粒子の細かい上質のケイ藻土などの固体を媒体とした非水系洗浄（パウダー洗浄）なども応用されている。¹⁾

一方、電気洗濯機のめざましい普及ともなう合成洗剤による家庭洗濯においては、依然として水を媒体とする水系洗浄であるため、水が大量に使用されている。家庭洗濯に使用される水は生活水にしめる割合が著しく多いため、水資源の不足に大きな関連をもつばかりでなく、また多量の洗剤を含む洗濯排水は環境汚染に大きなかわりをもっている。²⁾³⁾

特に、人口密度の高い都市は地盤沈下防止のため、地下水の取水制限が年々厳しくなることが予測され、都市用水の大部分を、今後河川水に頼らざるを得ない状況にある。したがって都市用水の供給原価は、条件のわるい遠隔地のダムから送水しなければならず、また水質汚濁の進行ともなう浄水施設の財源の拡大などによって、大幅な上昇がみこまれている。⁴⁾⁵⁾

このように、生活用水の25～30%をしめる家庭洗濯においては大幅な節水を考慮した洗浄方式の改善が必要で、貴重な水資源を有効に活用した豊かな生活を維持するように努力しなければならないものと思われる。

そこで本研究では前報⁶⁾にひきつづき、まず泡沫式電気洗濯機（4号機）のシャワー式消泡装置、洗濯槽の内部構造および送泡方式などにさらに改良を加え、実用化をめざした大型機種（被洗物6～10kg）の泡沫式電気洗濯機（5号機）を試作検討するとともに、空気流量、洗濯槽の内槽の形状および開孔率や、被洗物を湿潤させるためのシャワー水量などの洗浄条件が天然衾汚染布ならびに人工複合汚染布の洗浄性におよぼす影響についても合わせ検討した。

泡沫式電気洗濯機（5号機）の試作について

泡沫式電気洗濯機5号機（図-1、2、表-1、写真-1）は前報に示した4号機をさらに改良した大型の機種で、洗液を入れる洗液槽（図-3、写真-2）、6～10kgの被洗物を入れる洗濯槽（図-4、5、写真-3）、洗濯槽の外側に汚れた泡沫をオーバーフローさせて破泡するジェット式消泡装置、洗液槽に熱風を送り込む空気加熱箱付送風ファン（写真-4）、および洗濯槽蓋部に取り付けられたすすぎ用シャワー（図-6、写真-5）から構成され、また洗液槽、泡沫、洗濯槽（被洗物）の温度を自動的に測定する熱電対温度記録計と使用水量を



写真1 泡沫式電気洗濯機（5号機）

* Kenmei Women's Junior Collage, Himeji
（賢明女子学院短期大学）

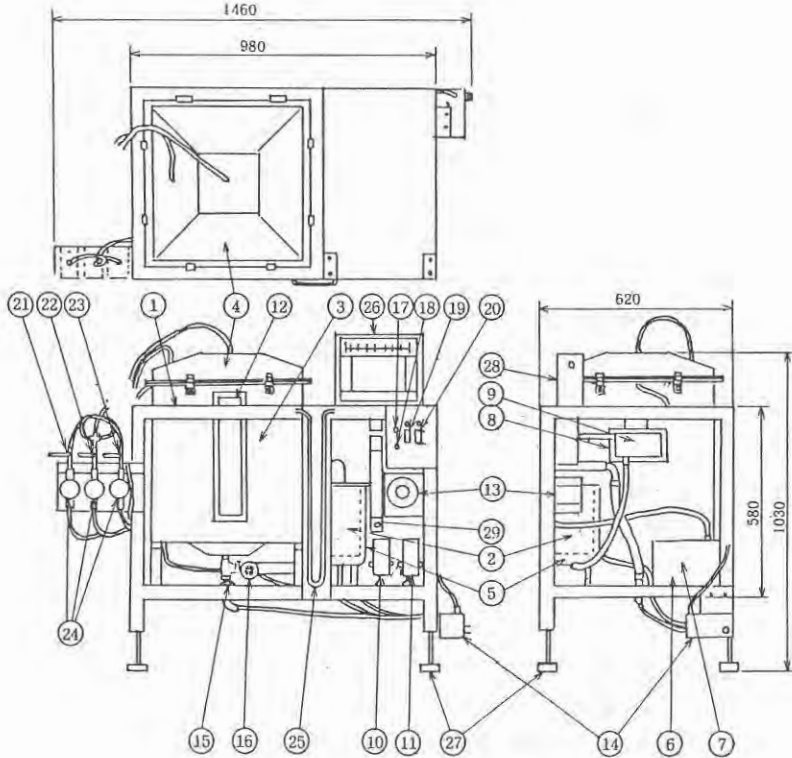


図1 泡沫式電気洗濯機（5号機）総組立図

表-1 泡沫式電気洗濯機（5号機）の仕様

番号	部分名	材質, 寸法, その他
1	本体骨組	40×40mm角パイプ
2	洗液槽 (起泡部)	SUS304, t1.0, 内容積 4.6 ℓ
3	洗濯槽 (洗浄タンク)	SUS304, t1.0
4	洗濯槽蓋	SUS304, t1.0
5	洗液加熱ヒーター	700W
6	ファンモーターケース	SS, t4.5
7	ファンモーター	100V, 500W
8	空気加熱箱	SUS304, t1.0
9	空気加熱ヒーター	500W
10	空気用サーモ	液膨式, SWS, 2120, 40~120°C
11	洗液用サーモ	液膨式, SWS, 2090, 45~90°C
12	観察窓	アクリル, t5.0
13	スライダック	モーターコントロール用, 130V, 5 A
14	集中ドレン	SS, t4.5~6.0
15	タンク排水弁	東洋バルブ, 125HBS
16	送泡切換弁	"
17	メインスイッチ	サトーパーツ, SW110
18	ヒューズ	15A
19	タンクヒータスイッチ	サトーパーツ, SW58
20	エアモータスイッチ	"
21	消泡ジェット切換弁	東洋バルブ, 600PBBT
22	周辺シャワー切換弁	"
23	中央シャワー切換弁	"
24	積算流量計	
25	マンメータ	500mmH ₂ O用
26	熱電対温度記録計	横河北辰電機, 12打点式
27	脚	φ16, 調節式
28	記録計取付金具	SPC, t3.0
29	流量計	東京フローメータ, 100&150 ℓ / min

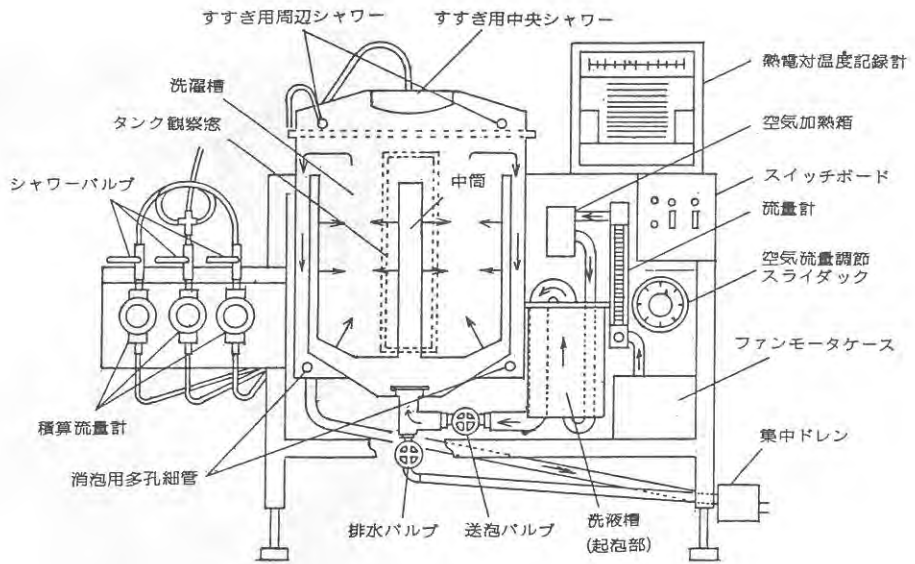


図2 泡沫式電気洗濯機試作装置 (5号機)

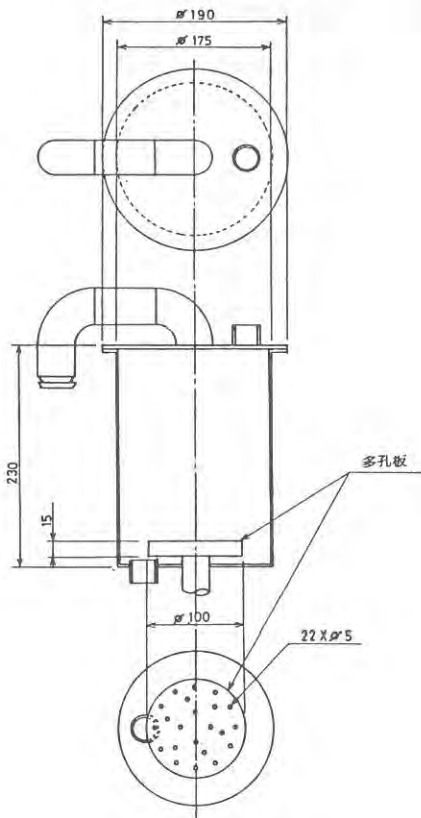


図3 洗液槽 (起泡部)



写真2 洗濯槽 (W. L. S.)

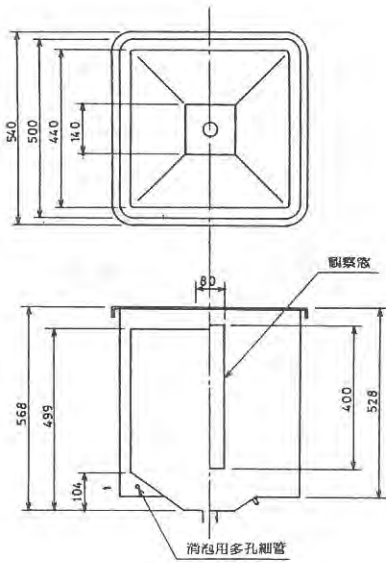
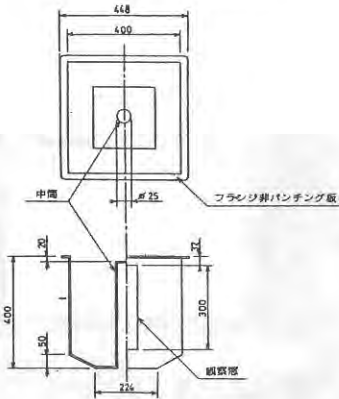


図4 洗濯槽



材質：SUS304鋼パンチング板
(孔径φ8, 開孔率50%)

図5 洗濯槽内の内槽

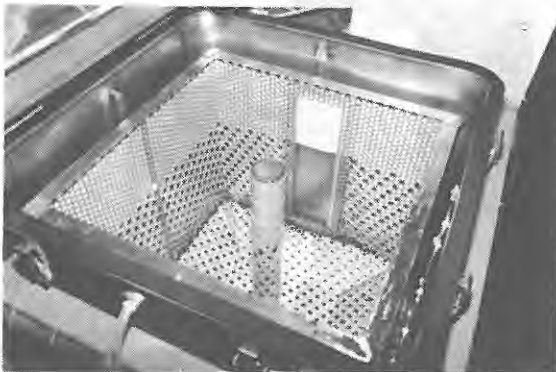


写真3 洗濯槽内部（内槽）



写真4 送風用ファンモーター (F. M)
および空気加熱箱 (A. H)

測定する積算流量計(写真-6)とが設備されている。

5号機は洗濯槽下部から洗液槽を分離し、洗液槽で生成した泡沫が送泡管を通して洗濯槽に送り込まれるように試作されている。被洗物を入れる洗濯槽下部から洗液槽を分離することにより被洗物を洗浄前にあらかじめ水で湿潤させることが可能になる。泡沫洗浄においては被洗物の湿潤が洗浄むらの防止や洗浄時間の短縮にきわめて有効な手段となるためである。また5号機は多量の被洗物をむらなく洗浄する目的で、さらに洗濯槽の中央部に泡沫を横方向に吹き出すことのできる中筒(開孔率・12.5~50%, 写真-7)と洗濯槽の内槽壁部にも泡沫を吹き出すことのできる多孔板(開孔率12.5~50%)を使用している。

ジェット式消泡は洗濯槽の外壁部を利用し、洗濯槽下部の多孔細管で行われる。

本装置ではまず中央上部のすすぎ用シャワーで被洗物をあらかじめ湿潤させたのち送風用モーターを作動して空気流量と温度を調節し、50~70℃に調温した洗液槽内の洗液に熱風を吹き込む。生成されたバルク洗液の泡沫



写真5 洗濯槽 (L. S) およびすすぎ用シャワー
(中央シャワー=C. S, 周辺シャワー=S.S)

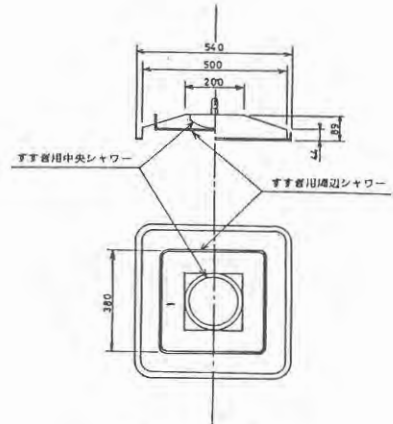


図6 洗濯槽蓋

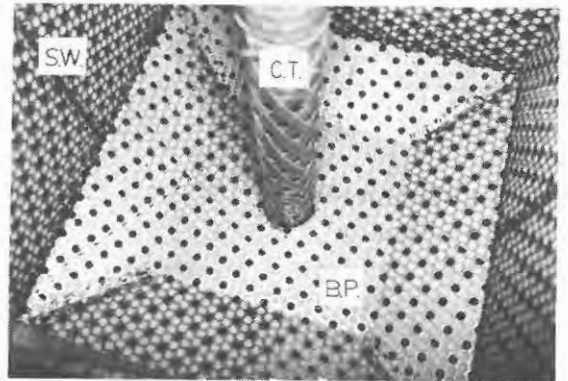


写真7 洗濯槽の内槽 (中筒:C. T, 側壁:S. W,
底板:B. P)



写真6 積算流量計

は送泡管を通して洗濯槽内の内槽の底部, 中筒部および側面部から吹き出し, 被洗物を湿潤させながら連続的に上昇する。被洗物を通過して汚れた泡沫および被洗物から新たに発生した汚れた泡沫は洗濯槽の外壁部にオーバーフローして流れ込み, 外壁下部の消泡用細管でジェット方式によって破泡されて排出される。

このように泡沫式電気洗濯機は現在の液浸型の低温洗浄 (常温~40°C) 方式とは全く異なる機構の洗濯機で, 被洗物を直接洗液に浸せきすることなく洗濯槽中の被洗物と洗液槽中の洗液とがそれぞれ別々に分離され, パルク洗液で生成された泡沫により中温 (50~70°C) 洗浄を行うように考案されている。

泡沫洗浄の 2, 3 の実験例

材 料

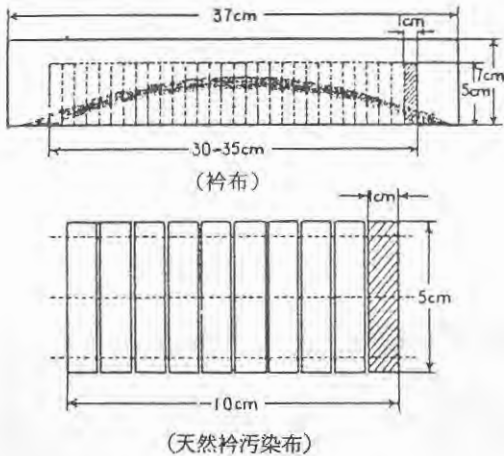
汚染布としては油化協標準綿カナキンを使用した。なお試布は使用に先だって今一度仕上げのり抜きを行って調整し, 汚染に供した。

洗剤としてはオレイン酸ナトリウム (化学試薬) を使用した。

実 験 方 法

I. 天然衿汚染布の作製⁷⁾

天然衿汚染布としては3日間着用した7cm×37cmの衿布150~200枚をそれぞれ1cm×5cmに細かく裁断し任意の10枚を縫い合わせて5cm×10cmの試布を作製し0~5℃の冷暗所に貯蔵する。



II. 人工複合汚染布の作製⁸⁾

人工複合汚染布は表-2に示すオレイン酸, トリオレイン, コレステロールオレート, 流動パラフィン, スクアレン, コレステロールなどの6種の油を含む合成皮脂, 赤黄色土壌, カーボンブラックなどの固体粒子, ゼラチンなどのたん白質などの污垢分散液を用いる奥村らの方法に準じて調整した。

表-2 人工複合汚染布の汚れ組成

汚 れ の 種 類		配合濃度(%)
油 性 汚 れ	オレイン酸	28.3
	トリオレイン	15.6
	コレステロールオレート	12.2
	流動パラフィン	2.5
	スクアレン	2.5
	コレステロール	1.6
たん白質汚れ	ゼラチン	7.0
固体粒子汚れ	カーボンブラック	0.1
	赤黄色土壌	29.8

汚染布の表面反射率:40±2%

III. 固体粒子汚れの洗浄率

洗浄前・後の布の表面反射率 (R) を平沼製 REFLECT-METER SPR-3 型により測定し, Kubelka-Munk 式に換算して求めたそれぞれの K/S 値より洗浄率 (D%) を算出した。

$$D(\%) = \frac{P_s - P_w}{P_s - P_o} \times 100$$

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R}$$

ここに, P_s , P_w および P_o は洗浄前の汚染布, 洗浄後の汚染布, および原白布の K/S 値である。

IV. 油性汚れの洗浄率

洗浄前・後の汚染布に付着する油性汚れをエチルエーテルで4時間ソックスレ抽出し, 重量法により洗浄率 (D%) を求めた。

$$D(\%) = \frac{A-B}{A} \times 100$$

A: 洗浄前の布の汚れ量 (mg/g布)

B: 洗浄後の布の汚れ量 (mg/g布)

V. たん白質汚れの洗浄率⁹⁾

洗浄前の布および洗浄前・後の汚染布から0.1N水酸化ナトリウム溶液で熱抽出 (Incubator を用い, 95±2℃, 120分間, 100±2回/分振盪する) した検体液を銅-Folin 試薬により呈色し, その吸光度を750nmで測定し次式によりたん白質汚れの洗浄率 (D%) を求めた。

$$D(\%) = \frac{D_s - D_w}{D_s - D_c} \times 100$$

D_c : 汚染前の布 (1g当り) の抽出液の吸光度

D_s : 洗浄前の汚染布 (1g当り) の抽出液の吸光度

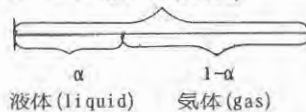
D_w : 洗浄後の汚染布 (1g当り) の抽出液の吸光度

実験結果およびその考察

1. 空気流量の影響

1cmの気/液分散系が, 図-7に示すように α cmの液体と $1-\alpha$ cmの気体を含むとすると, その系は α が0.1よりも小さいときには泡沫 (foam), α が0.9よりも大きいときにはガスエマルジョン (gas emulsion) とよばれ, $0.1 < \alpha < 0.9$ の範囲の α は "gray zone" とよ

1cmの泡沫 (foam) またはガスエマルジョン (gas emulsion)



液体 (liquid) 気体 (gas)

$1-\alpha$: ホールドアップ (hold-up)

α : 潤度 (wetness)

$1/\alpha$: 膨張率 (expansion factor)

図7 気/液分散系の外観特性

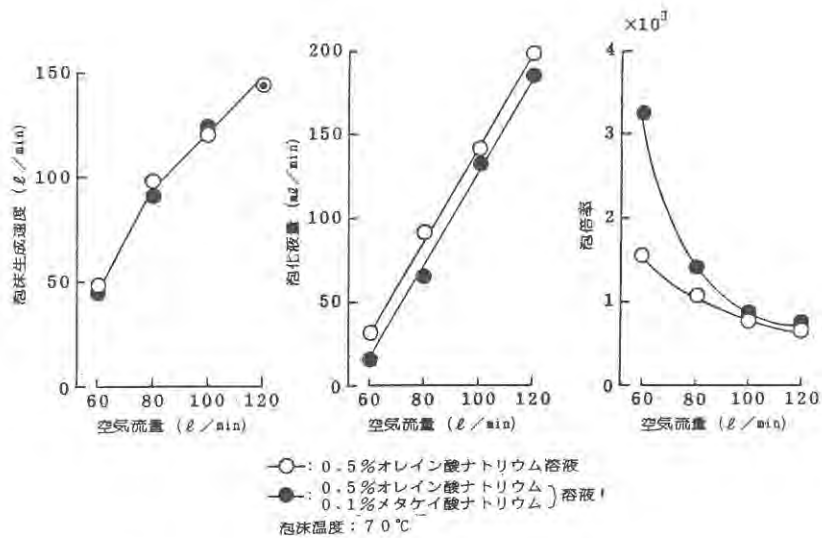


図8 空気流量が泡沫式電気洗濯機（5号機）の泡沫生成速度、泡化液量ならびに泡倍率におよぼす影響

ばれる。¹⁰⁾

泡沫中の液体容積に対する泡沫容積の割合、すなわち $1/\alpha$ は通常、膨張率 (expansion factor, expansion ratio) と表現されているが¹¹⁾ 泡加工分野などでは特に泡倍率 (blow ratio) とよばれ¹²⁾ 泡沫の外観特性を示す重要なパラメーターとなっている。

本研究で用いる送気法で連続的に生成する泡沫では常に動的な移動状態にあるので、泡倍率は泡沫の生成速度 (泡沫が洗濯槽をみだすのに要する時間と洗濯槽容積から求める) と泡化液量 (一定時間起泡操作を行った後、ドレンから捕集した洗液量) から間接的に、泡沫生成速度/泡化液量の比で求めた。

泡沫式電気洗濯機 (5号機) における空気流量が泡沫生成速度、泡化液量および泡倍率におよぼす影響についてみると、図-8 に示すように空気流量 80 l/min 以上の条件では泡沫の生成速度は空気流量との間に比例関係を示すが空気流量 80 l/min 以下の条件では泡沫の生成速度がやや低下する傾向が認められる。一方、泡化液量は空気流量に対して直線関係を示すが、空気流量 80 l/min 以下の条件では泡沫の生成速度および泡化液量から導かれる泡倍率の著しく大きい不安定な泡沫が、また空気流量 80 l/min 以上の条件では泡倍率が 1000 以下の比較的安定な泡沫が発生する。

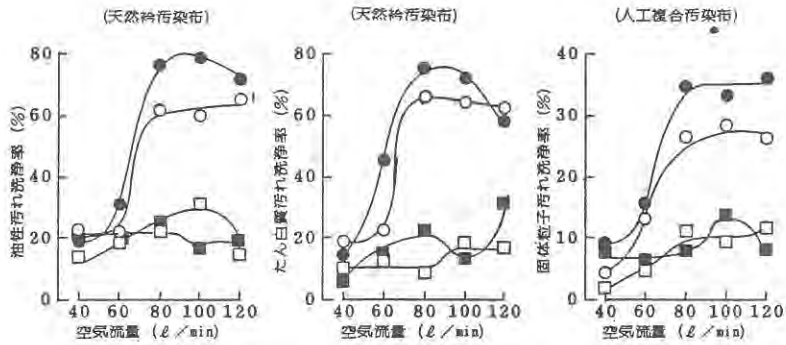
泡沫の生成においては一般に空気流量を増すと発生気泡の容積が増し、また膜が厚くなることなども定性的に

広く認められている。発生気泡の容積の増大は泡膜面積を減少し泡倍率を高める効果を、また膜厚の増大は泡倍率を低下させる効果をもっている。このように泡倍率は気泡の大きさ (泡膜面積)、膜の厚さなどによっても決定される。

本装置では空気流量を高めることにより泡倍率が低下する傾向が認められるので膜厚の増大効果が著しく影響をおよぼしたものと考えられる。泡膜の厚さは排液の進行状態に大きく左右されるが、排液速度は液の粘度、液の密度、重力加速度、泡沫中の測定点の高さなどの関数として表わされると考えられている。同一起泡方法で、しかも同一組成液から発生する泡沫の排液量は泡膜が形成された後に経過した時間によって最も大きな影響を受けると考えられる。そこで本装置による泡沫洗浄では空気流量が増すと排液が十分に進行しないうちに泡沫がドレンへ排出されるため泡倍率が低下するものと考えられる。

なお空気流量 40 l/min 付近においても泡沫の形成が認められるが洗濯槽内において泡沫の生成速度と泡沫の自然破壊速度が一致するいわゆる定常状態に達するため泡倍率は算出していない。

空気流量が天然衾汚染布ならびに人工複合汚染布の洗浄性におよぼす影響についてみると図-9 に示すように中筒を有する内槽 (開孔率=25%) を使用した場合に空気流量 80 l/min 付近で洗浄率が著しく高まる傾向が認



内槽中筒の有無		洗液組成
○	有	0.5%オレイン酸ナトリウム
□	無	
●	有	0.5%オレイン酸ナトリウム 0.1%メタケイ酸ナトリウム
■	無	

洗浄時間：15分間 泡沫温度：70℃

図9 泡沫洗浄（5号機）における空気流量が天然衾汚染布ならびに人工複合汚染布の洗浄性におよぼす影響

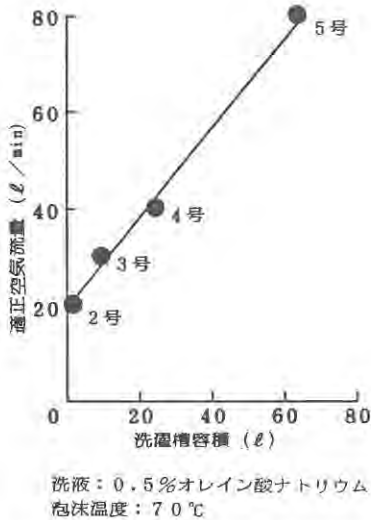


図10 泡沫式電気洗濯機の洗濯槽容積と適正空気量との関係

められる。これは前述したように空気流量80ℓ/min以上の条件で泡沫が安定化するためと考えられる。一方、空気流量が100~120ℓ/minに増すと洗浄率がやや低下する傾向も認められる。これらの結果から泡沫式電気洗濯機（5号機）を用いた洗浄実験では以下空気流量を80ℓ/minと一定にした。

ここで洗濯槽容積の異なる4種の泡沫式電気洗濯機

（2~5号機）の洗濯槽容積と適正空気量との関係についてみると、図-10に示すように両者の間にほぼ直線関係が認められる。また各装置についての適正空気流量は泡沫の生成速度の屈曲点および泡倍率の急激な変化がみられる流量に一致する。つまり送気法により発生させた泡沫を利用する泡沫洗浄においては安定な泡沫を生成する最小の空気流量が各装置についての洗浄率からみた最適空気流量となる。

このように送気法により発生させた泡沫を利用する泡沫洗浄においては空気流量が洗浄性を大きく左右する。5号機による泡沫洗浄においては、泡倍率が低下して安定な泡沫を形成する最小の空気流量80ℓ/minで最高の洗浄率が得られる。

II. 洗濯槽内槽の開孔率の影響

洗濯槽内槽の中筒、側壁および底板の開孔率が人工複合汚染布の固体粒子汚れおよび油性汚れの洗浄性におよぼす影響についてみると、図-11, 12に示すようにいずれの汚れにおいても中筒の開孔率が洗浄性に大きな影響をおよぼし、中筒の開孔率25%付近、側壁の開孔率25~50%で最大の洗浄率を示すが底板の開孔率は中筒および側壁の開孔率に比し洗浄性におよぼす影響が比較的小さい。

泡沫式電気洗濯機（5号機）の洗浄においては洗濯槽の中筒、側壁および底板の開孔率が汚染布の洗浄性に大きな影響をおよぼすが洗濯槽開孔率が小さくなると被洗

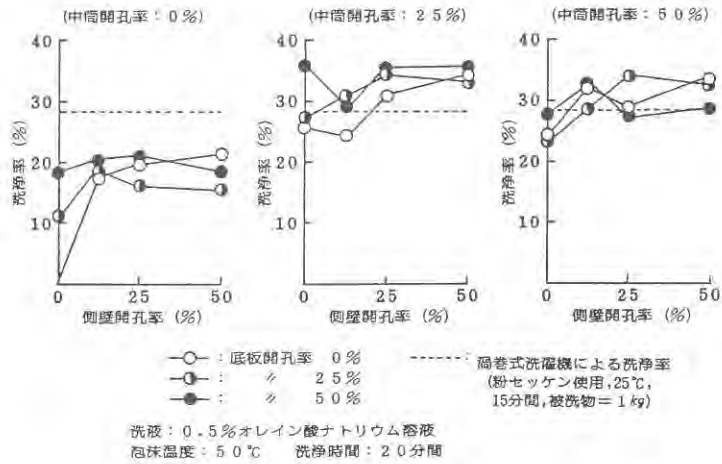


図 11 泡沫洗浄における洗濯槽開孔率が人工複合汚染布の固体粒子汚れの洗浄性におよぼす影響

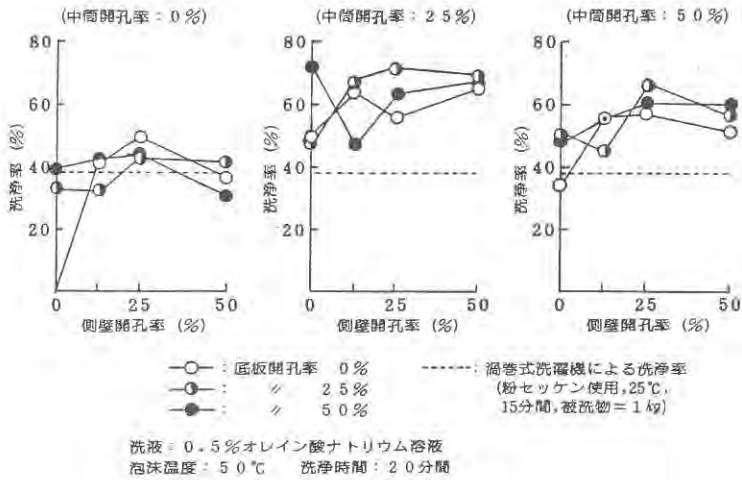


図 12 泡沫洗浄における洗濯槽開孔率が人工複合汚染布の油性汚れの洗浄性におよぼす影響

物に対する泡沫の接触が不均一になる傾向が生じ、また50%付近と開孔率が大きくなるとムダな泡沫の流れが生じるため洗濯槽の内槽の開孔率は空気流量とともに洗浄性に大きな関連を有している。

一方、開孔率を変化させて洗浄した上記人工複合汚染布の平均洗浄率と洗浄むらを示す変動係数 ($n=25$) の関係についてみると、図-13, 14に示すように固体粒子汚れおよび油性汚れの平均洗浄率がそれぞれの変動係数に対して高い負の相関性を示し、洗浄むらが洗浄性を大

きく左右していることが認められる。これらの洗浄結果から得た洗浄率の差は主として開孔率の差によって生じる洗浄むらの大小に起因していると考えられる。

なお図中の×印は過巻式洗濯機による洗浄結果(市販粉セッケン0.133%水溶液使用、洗浄温度: 25℃、洗浄時間: 15分間)の洗浄結果を示しているが、同一水準の洗浄むらを生じる泡沫洗浄と比較すると、その平均洗浄率がかなり低いことが認められる。これは洗浄むらなどの二次的要因を除いた本来の洗浄力を比較した場合に加

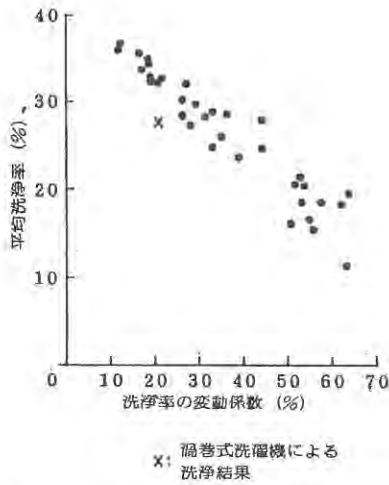


図 13 泡沫洗浄における固体粒子汚れの平均洗浄率と洗浄むら (変動係数) との関係

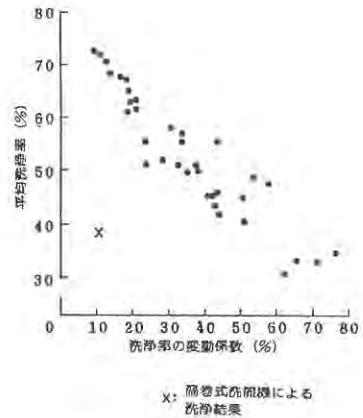


図 14 泡沫洗浄における油性汚れの平均洗浄率と洗浄むら (変動係数) との関係

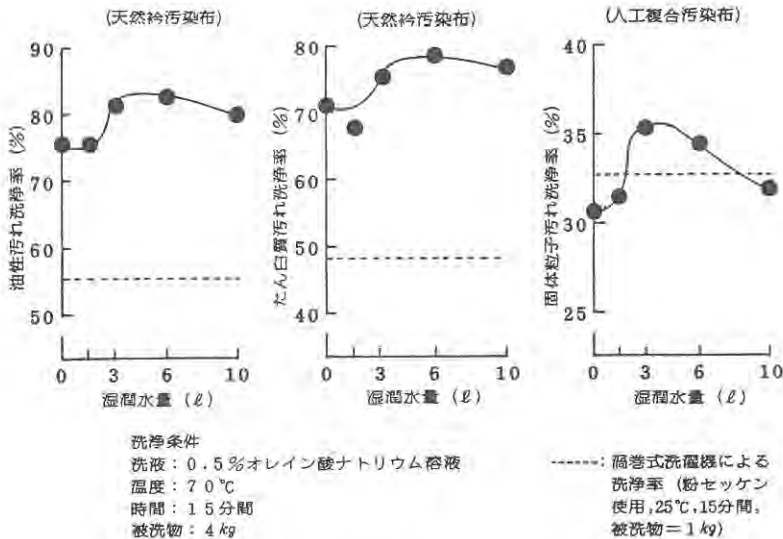


図 15 泡沫洗浄における洗浄前の被洗物への湿潤水量が天然衾汚染布ならびに人工複合汚染布の洗浄性におよぼす影響

温型の泡沫洗浄の方が現状の過巻式電気洗濯機による低温浸せき型洗浄を大きく上回ることを示唆している。

このように洗濯槽内槽の中筒、側壁および底板の開孔率は洗浄むらおよび洗浄性に大きな影響をおよぼすが、5号機による泡沫洗浄では中筒の開孔率を25%付近に、また側壁の開孔率を25~50%にすると洗浄率が最大になり、洗浄むらが小さくなる傾向が認められる。

Ⅲ. シャワーによる被洗物の湿潤が洗浄性におよぼす影響

泡沫式電気洗濯機(5号機)では前述のように洗濯槽下部から洗液槽を除去しているため泡沫洗浄を行う前に被洗物をあらかじめシャワー水で湿潤させることが可能である。そこで洗浄前の被洗物(4kg)へのシャワー水量が天然衾汚染布ならびに人工複合汚染布の洗浄性にお

よぼす影響についてみると, 図=15に示すように天然衿汚染布の油性汚れおよびたん白質汚れの洗浄ではシャワー水量3~6ℓに, また人工複合汚染布の固体粒子汚れの洗浄では3ℓ付近にそれぞれ最高の洗浄率が認められる。

このように少量の洗浄液を用いる泡沫洗浄においては洗浄前にシャワー水を用いて被洗物をあらかじめ湿潤させておくことが洗浄に有効である。被洗物の湿潤は泡沫によるぬれを促進する効果や泡沫によって発生するデッドスペース¹³⁾の発生(乾燥した布が通過する泡沫によって片方向に押しえられ, 押し込まれた部分の泡沫通過が困難となる現象)の防止などに関連し, 洗浄効果を高める効果がある。しかし被洗物に対するシャワー水量が多すぎると洗浄時に有効な泡膜中のセッケン濃度を低下させるため, かえって洗浄率が低下する現象も認められる。

総 括

本研究では, まず泡沫式電気洗濯機(4号機)のシャワー式消泡装置, 洗濯槽の内部構造および送泡方式などにさらに改良を加え, 実用化をめざした大型機種(被洗物6~10kg)の泡沫式電気洗濯機を試作するとともに, 空気流量, 洗濯槽の内槽の形状および開孔率や, 被洗物を湿潤させるためのシャワー水量などの洗浄条件が天然衿汚染布ならびに人工複合汚染布の洗浄性におよぼす影響についても合わせ検討した。

1) 泡沫式電気洗濯機(5号機)は洗液を入れる洗液槽, 被洗物を入れる洗濯槽, ジェット式(多孔細管式)消泡装置, 空気加熱箱付送風ファンおよびすすぎ用シャワーなどの各部で構成され, また洗液槽, 泡沫, 洗濯槽(被洗物)の温度を自動的に測定する熱電対温度記録計と使用水量を測定する積算流量計とが設備されている。また5号機では被洗物をあらかじめシャワー水で湿潤させるため, 洗濯槽下部から洗液槽を分離した。

2) 5号機による天然衿汚染布および人工複合汚染布の泡沫洗浄においては, 泡倍率が低下して安定な泡沫を形成する最小の空気流量80ℓ/minで最高の洗浄率が得られる。

3) 洗濯槽内槽の中筒, 側壁および底板の開孔率は洗浄むらおよび洗浄性に大きな影響をおよぼすが, 5号機による泡沫洗浄では中筒の開孔率を25%付近に, また側壁の開孔率を25~50%にすると洗浄率が最大になり, 洗浄むらが小さくなる傾向が認められる。

4) 洗浄前の被洗物(4kg)へのシャワー水量が洗浄性におよぼす影響についてみると, 天然衿汚染布の油性汚れおよびたん白質汚れの洗浄ではシャワー水量3~6ℓ(湿潤率75~150%)に, また人工複合汚染布の固体粒子汚れの洗浄では3ℓ(湿潤率75%)付近にそれぞれ最高の洗浄率が認められる。

文 献

- 1) 皆川 基: 表面, 22, 276 (1984)
- 2) 皆川 基, 大矢 勝: 繊維製品消費科学会誌, 24, 310 (1983)
- 3) 皆川 基: 昭和58~60年度科学研究費補助金(試験研究2)研究成果報告書(1986)
- 4) 国土庁監修: 国土統計要覧(1985)
- 5) 戸張真臣: 洗濯の科学, 30, 3, 30 (1985)
- 6) 皆川 基, 大矢 勝: 大阪市立大学生活科学部紀要, 31, 63 (1983)
- 7) 皆川 基他2名: 繊維製品消費科学会誌, 19, 420 (1978)
- 8) 奥村 統他3名: 油化学, 30, 432 (1981)
- 9) 皆川 基他1名: 繊維製品消費科学会誌, 19, 106 (1978)
- 10) J.J.Bikerman: "Foams", Springer-Verlag Berlin, Heidelberg New York, Chap. 1, 1-32 (1973)
- 11) 佐々木恒孝: 実験化学講座7, 界面化学, 丸善, 181-216 (1956)
- 12) 水島春男: 繊維加工, 34, 2, 76 (1982)
- 13) 水島春男: 繊維加工, 34, 3, 124 (1982)

(昭和61年11月11日受理)

Summary

The washing of clothes at home is even a subject which must be discussed in relation to the shortage of water and the contamination of the natural environment by the water thrown away after washing which will definitely impose a greater restriction on the washing of clothes at home in the future.

Under these circumstances, we have studied the trial manufacture of a novel electric washing machine which can improve various problems, such as the shortage of water, the environmental pollution and the damage and deterioration of clothes. It is a foam washing machine which is entirely different from a conventional washing machine of the immer-

sion type characterized by a high degree of reliance on a mechanical force, a high load to volume ratio (1:30), a low concentration of a detergent in a washing solution (40 to 50g/30 liters) and a low temperature (room temperature to 40°C). The foam washing machine is based on a novel washing method which is characterized by the use of foams, an extremely low degree of reliance on a mechanical force, an ultralow load to volume ratio (1:1 to 2), a high detergent concentration (5 to 10g/l to 2 liters) and an elevated temperature (50°C to 70°C).

The fifth machine (Figure 1) is an improvement over the fourth one. It includes a wash liquid sink separated from laundry sink, a laundry sink which can be loaded with 6 to 10kg of laundry material, jet type defoaming tube (the lower part) provided on the outside of the laundry sink, a fan with a heater for supplying hot air into the wash liquid sink and a rinsing shower. It is also provided with a thermocouple thermometer which can automatically measure the temperatures of the wash liquid sink, the foams and the laundry sink (laundry material). The machine further includes a porous tube and the plate provided in the inside of the laundry sink for blowing foams transversely to eliminate any non-uniformity of washing.

The fan motor is driven and the flow rate and temperature of the air are appropriately controlled. The hot air is blown into the wash liquid (e.g., a 0.25 to 0.5% soap solution) having a controlled temperature of 50°C to 70°C so that the solution may form foams. The foams enter the laundry sink through its bottom and its inside tube. They continuously rise and wet the laundry material. The foam which have been contaminated by passing through the laundry material are broken by the jet type defoaming apparatus and the resulting liquid is discharged therefrom. As is obvious from the foregoing, the foam washing machine is entirely different from the conventional washing machine of the immersion type. The material to be washed is not immersed in a washing solution, but is washed by contacting the hot foams which are formed when the greater part of water in the washing solution is replaced by hot air.

The foam washing method can achieve a washing rate which is by far higher than that of washing at room temperature by any conventional washing machine of the vortex type, if it is carried out for a period of 5 to 15 minutes by employing a washing solution having a relatively high concentration exceeding cmc, an air flow rate about 80 liters per minutes and a temperature of 50°C to 70°C.