

衣類の泡沫洗浄に関する研究

—泡沫洗浄装置の試作について—

皆川 基・大矢 勝

Studies on the Foam Washing of Clothes

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

MOTOI MINAGAWA and MASARU OYA

序 論

合成繊維および合成洗剤の発展や生活様式および生活意識の変化や所得水準の向上に伴ってめざましく普及した家庭用電気洗濯機は主婦の家事労働に対する軽減に大きな役割を果たしてきたが、その反面、洗濯の機械化は従来からの手洗いに比し、大量の水と多量の洗剤を消費する方向に転換してきた。

最近では水資源の不足は慢性化し、また生活環境をとりまく河川、湖沼、内海、地下水などの水質汚濁は年々深刻な社会問題にまで発展している。自然環境は自然界における物質循環によって常に安定した状態に保たれて

いるが、合成化学の進歩によって人工的に、しかも効率的につくり出される新しい物質のなかには大量に使用されると環境破壊につながるものも決して少なくない。

日本電気工業会統計資料（1981年）および日本石鹸洗剤工業会年報（1980年）により電気洗濯機と洗剤（注：セッケンは浴用、固形、粉末などを含む）の生産推移についてみると、合成洗剤は昭和38年にセッケンの生産量を追抜き、電気洗濯機のめざましい普及に伴って生産量を著しく増大している（図-1）。

日本における家庭用電気洗濯機の製作は昭和5年にはじまったが、第二次大戦で一次期中断され、再び昭和26年から攪拌式（agitator-type）の洗濯機が出現した。しかし昭和28年には噴流式（pulsator-type）の一槽洗濯機が、昭和31年には渦巻式（modified pulsator-type）の普通二槽洗濯機と攪拌式の一槽全自動洗濯機が、昭和37年には渦巻式の自動二槽洗濯機がそれぞれ生産された。^{1,2)} 現在日本の洗濯機は全自動洗濯機をおさえ、渦巻式の二槽洗濯機が依然として主流を占め、全洗濯機の80%の普及率を示している（図-2）。

また最近では単なる家事労働の軽減や便宜さのみでは消費者の要求が満たされなくなったため、布傷み、布絡み、洗浄むらなどを少なくする目的で回転翼の大きさ、型や回転数および反転数などに改良が加えられた新しい水流の渦巻式の二槽洗濯機および全自動洗濯機も開発されている。

家庭用電気洗濯機は国民性、国民所得の水準、洗濯の習慣、水質、生活様式、住環境などによって大きく異なり、アメリカでは洗濯容量の大きい湯洗いの攪拌式的全自動洗濯機が主流を占め、またヨーロッパでは布傷み、使用水量の少ない回転ドラム式（rotary drum-type）の高温洗濯機が主流を占めている。

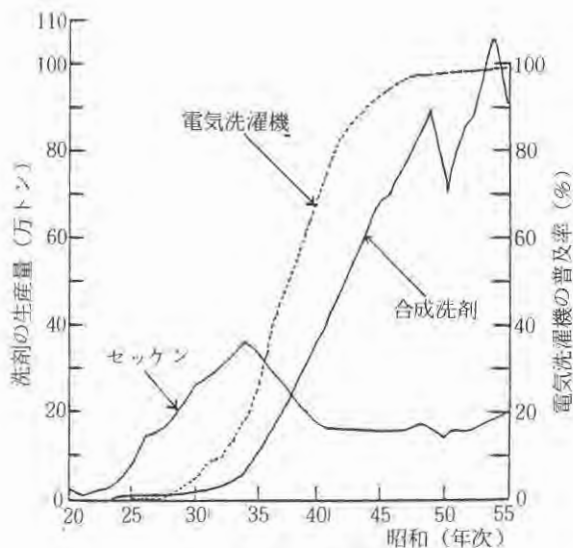


図-1 電気洗濯機と洗剤の生産推移
（日本石けん洗剤工業会年報，1980）
（日本電気工業会統計，1981）

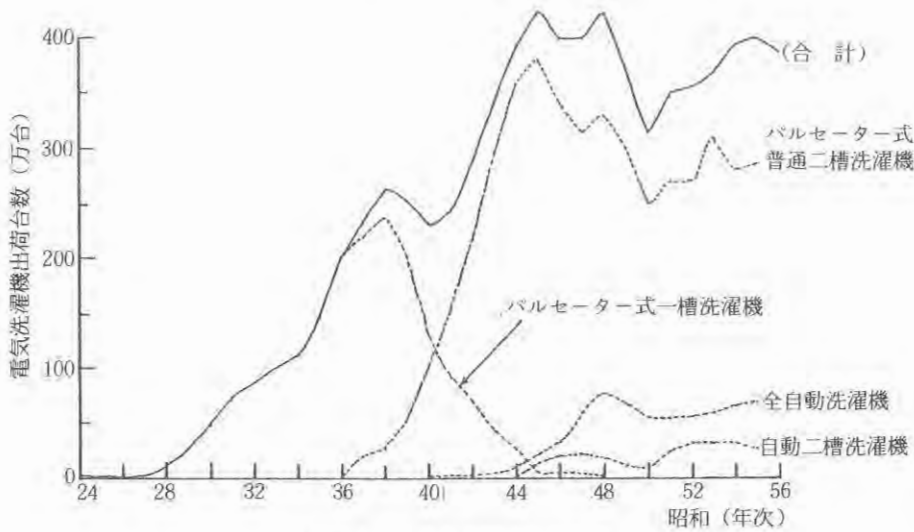
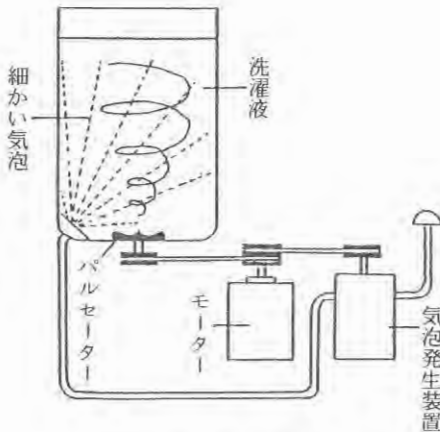


図-2 電気洗濯機の生産推移
(日本電気工業会統計, 1981)



早川清一：特願昭53-16949

図-3 水中気泡洗濯機

このほか液流式洗濯機、振動式洗濯機、圧縮式洗濯機³⁾、超音波洗濯機および水中気泡洗濯機^{4~11)}(図-3)などの種々の洗濯機が考案され、試作されているが、いずれも現在の渦巻式、攪拌式および回転ドラム式洗濯機と同様に被洗物を洗浄液中に入れて洗浄する浸せき型の洗濯機である。

現在日本の市場を完全に掌握している渦巻式洗濯機(パルセーター式普通二槽洗濯機)は洗濯槽内の底部に取り付けたパルセーター(回転翼)を1分間に400~800回転させ、水流に渦巻きを起し、その渦で被洗物の汚れをmondari、こすったりして落す方式であるため、布に加わる機械力が攪拌式洗濯機や回転ドラム式洗濯機に比

べると著しく大きい。したがって渦巻式洗濯機では他国の洗濯機(攪拌式洗濯機では15~25分間、回転ドラム式洗濯機では20~30分間の洗浄時間を必要とする)と異なり、5~10分間の短時間洗浄で所定の洗浄率が得られる利点が強調されている。また渦巻式洗濯機では機械の構造が簡単で廉価であり、しかも小型軽量で洗濯容量が2~3.6kgと比較的小さいことなども特徴の一つにあげられている。しかしその反面、渦巻式洗濯機では被洗物に対する浴比が大きいため、水および洗剤の使用量が多くなる欠点や被洗物の布傷み、布絡み、洗浄むらなどがおこりやすくなる欠点など種々の問題をかかえている。

最近の衣料は合成繊維素材の量的発展の限界や繊維消費量の伸び悩みによって再び天然繊維と合成繊維との複合素材など高級品に移行する傾向を示し、色、柄、形、ドレープ性などの外観的な特性や手触り、感触などの風合い特性を重視した製品の開発に方向を見出しているため家庭での洗濯が益々むずかしくなっている。

衣料の洗濯においては製品の種類や汚れの性状を十分に考慮した適切な洗剤、洗浄方式と条件を選ぶことが大切であり、また汚れ落ちと同時に衣料の色落ち、再汚染、損傷、収縮、伸びなどの事故の多発を防ぎ、高い水準で保健・衛生面を維持しながら耐用期間の延長をはかるように努力しなければならない。しかし実際の洗濯においては洗濯機の機械力、繊維の膨潤などによって毛羽立ち、収縮、伸び、型くずれ、ほつれなどの障害を生じやすい薄地の製品、毛あしの長い製品、ニット製品ではむしろ事故防止の方が優先し、洗浄本来の目的が軽視される傾

向もある。

また家庭における衣料の洗濯は今後益々大きな制約を受ける水資源や洗濯排水による水質汚濁、環境汚染とのかわり合いまで考慮しなければならない。

そこで本研究では水資源の不足や水質汚濁、環境汚染や衣料の損傷・劣化などの軽減を目的として、現状の機械力に大きく依存した高浴比、低濃度、低温の洗浄方式（浴比1：30、洗剤40～50g/30ℓ、常温～40℃）の水中浸せき型の電気洗濯機とは全く異なる泡沫を利用した機械力の著しく弱い超低浴比、高濃度、加温式の新しい洗浄方式（浴比1：2～3、洗剤5～10g/2～3ℓ、50～70℃）を採用した泡沫式電気洗濯機の試作装置を検討した。^{12～14)}

泡沫式電気洗濯機の試作装置について

泡は少量の液体に多量の気体が熱力学的に準安定な状態で分散した系で、通常分散法または濃縮法によってつくることができる。泡沫による洗浄においては使用する界面活性剤の起泡力（表一）、気泡の大きさと分布、泡沫の最大発生量、安定性、硬さ、粘度および密度など泡の挙動が有効に応用される。

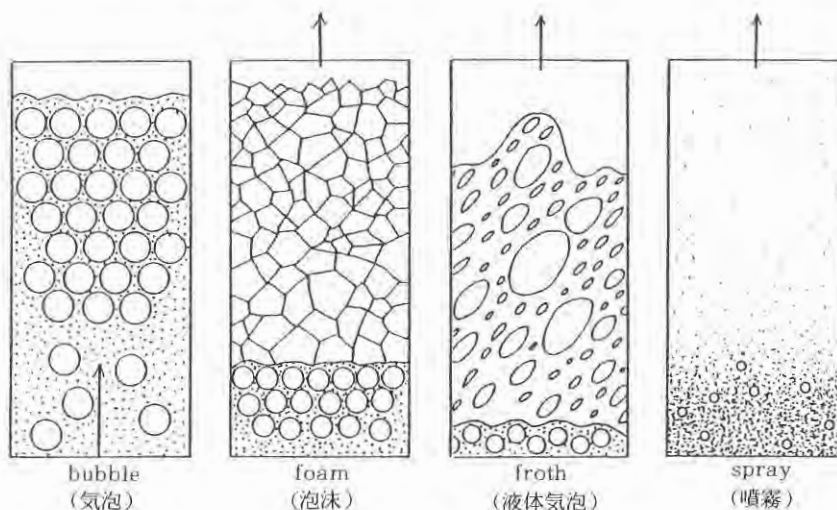
界面活性剤の起泡力は界面活性剤自体の構造、疎水基の炭素鎖長および親水基の種類や濃度、温度、水の硬度、pHなどに大きく左右される。不溶性の気体を機械力によって界面活性剤水溶液中に送り込むと気体の分散系が得られるが、液体中に気体が粗く分散した系のうち特に相体積の大部分を気体が占め、気泡（bubble）間に泡膜が形成されているような状態を一般に泡沫（foam）とよ

表一. 各種脂肪酸塩の起泡力(60℃)

セッケンの種類	高(㎜)	
	直後	5分後
テウリン酸ナトリウム	287	264
ミリスチン酸ナトリウム	387	357
パルミチン酸ナトリウム	377	351
ステアリン酸ナトリウム	308	286
オレイン酸ナトリウム	333	305
ラウリン酸カリウム	192	172
ミリスチン酸カリウム	385	352
パルミチン酸カリウム	379	347
ステアリン酸カリウム	314	290
オレイン酸カリウム	343	318
ラウリン酸モノエタノールアミン	375	343
ミリスチン酸モノエタノールアミン	384	357
パルミチン酸モノエタノールアミン	353	317
ステアリン酸モノエタノールアミン	30	28
オレイン酸モノエタノールアミン	315	291

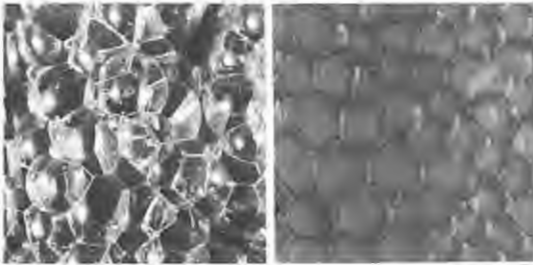
んでいる。なお泡沫は通常気・液2相からなる2相泡沫（foam）であるが、実際の洗浄過程にある泡沫は気・液・固（粒子汚れ）3相（あるいは多相）からなる3相以上の泡沫（froth）である²⁰⁾（図一4）。

泡沫は弾性と剛性をもった半固体膜で閉まれた多数の気泡が集合して互いに泡膜を隔てて密接した状態に詰まり、5角12面体にはほぼ近い蜂の巣状の層状構造を示して系全体に連なっている（写真一1）。



H. Hartland : Tenside Detergents, 18 (1981) 4

図一4 気/液分散状態の型

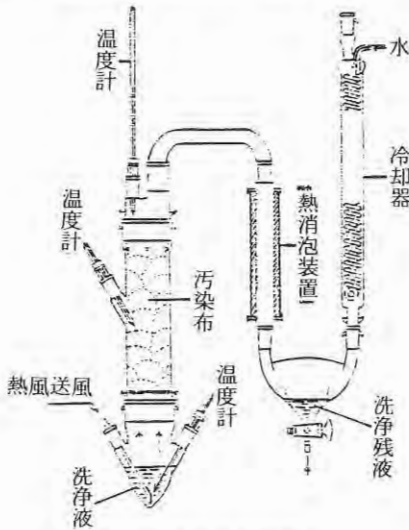


写真一1. Bubbles in a foam

界面活性剤水溶液の泡沫は重力または表面張力によって過剰の液体が下方へ流下する排液現象 (drainage) が起こり、泡膜の厚さが低下して破泡し多くの液滴に分裂する性質をもっている。

低濃度のアニオン界面活性剤水溶液では配列した2つの帯電単分子層間に液層がはさまれた系の泡膜のモデルが通常示されるが、実際の泡沫洗浄系では濃度の高いアニオン界面活性剤水溶液から形成される厚い泡膜(2分子層膜が層状に重なった)の泡沫が使用される。

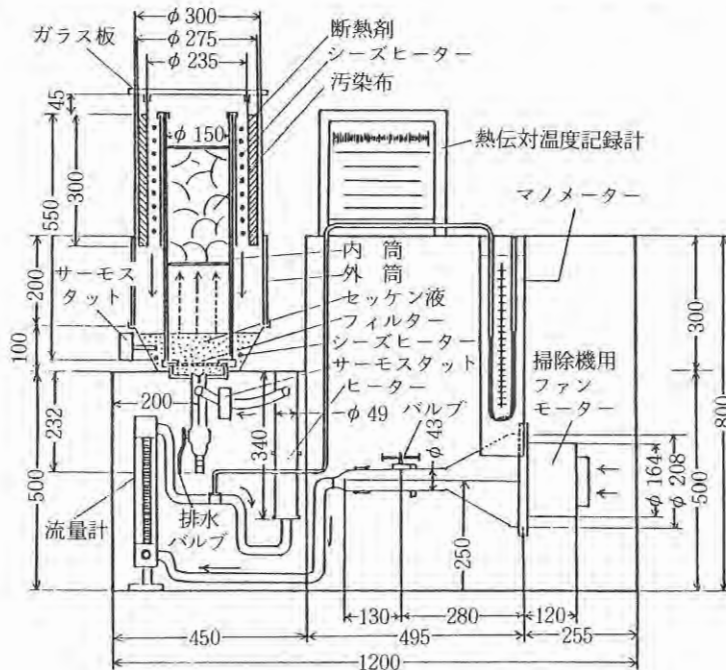
泡沫洗浄に使用する基礎実験装置(1)は洗浄液を入れる



図一5 泡沫洗浄装置(1)



写真一2 泡沫洗浄装置(1)



図一6 泡沫式電気洗濯機試作装置 (2号機)

フラスコ、汚染布を入れるガラス筒、汚れた泡沫を破泡して液化する加熱式消泡装置、破泡液を貯留するフラスコおよび水流冷却器を組み合わせた装置とフラスコ中の洗浄液に空気を送り込む送風装置とから構成されている(図-5, 写真-2)。

まず水槽用エアープンプ(REI・SEA Co, LTD, AP-115RN型)を作用してあらかじめ50~70°Cに調温した洗浄液(0.25~0.5%のセッケン液)に一定流量(3 l/min)の空気を機械的に送り込むと、50~70°Cのセッケン液の泡沫が汚染布を湿潤させながら連続的に上昇する。汚染布を通過した汚れた泡沫は加熱式消泡装置で破泡されて液化し、貯留フラスコに受ける。なお本装置では20~100gの汚染布を洗浄することができる。

つぎに泡沫式電気洗濯機試作装置(2号機)についてみると、図-6, 写真-3のように、洗浄液を入れる槽、気泡の大きさをコントロールするフィルター、被洗物を入れるアクリル製内筒、汚れた泡沫を破泡する加熱式消泡装置(A型, B型およびC型)などの洗浄部と50~70

に気泡の大きさを調節するフィルターを通して空気を送り込むと、50~70°Cのセッケン液の泡沫が内筒(内径150 mm, 高さ550 mmのアクリル製洗槽部)内の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は加熱式消泡装置で破泡されて液化し排出される。なお本装置では約500gの被洗物を洗浄することができる。

加熱式消泡装置は下記に示すA型, B型およびC型の3種を試作した。

加熱式消泡装置A型は図-7, 写真-4に示すように、頂部から突出した内径30 mmの4本の消泡管がある。消泡

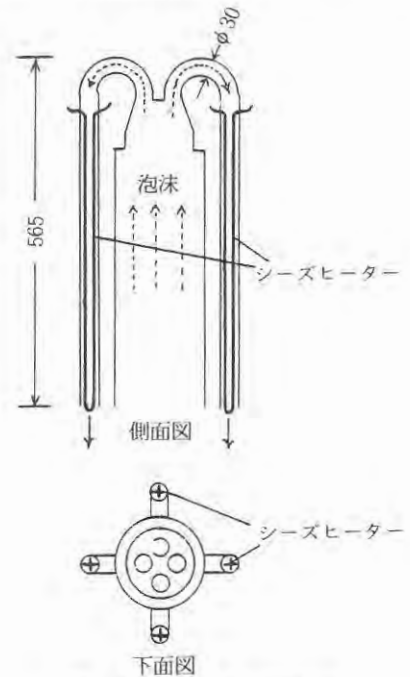


図-7 加熱式消泡装置A型



写真-3 泡沫式電気洗濯機試作装置(2号機)

°Cに調温した空気を種々の流量で洗浄液中に送り込む送風部とから構成されている。なお本装置は洗浄過程における洗浄液ならびに泡沫の温度を自動的に測定できる熱伝対温度記録計(横河電気製作所ER-180)を設備している。

本装置ではまず送風用モーター(掃除機用ファンモーター, 30V-360W)を作用して空気の温度(20V-36Wの気体用ヒーターを用い、液膨式サーモスタットで空気温度調節する), 流量(東京フローメータ研究所FM-P-50-BNの流量計使用)を調整し、あらかじめ50~70°Cに調温した洗浄液(例えば0.25~0.5%セッケン液)



写真-4 加熱式消泡装置A型

管内部には抵抗33.3Ωのシーズヒーターがそれぞれ2本ずつ組み込まれている。本装置は空気流量が少ない場合には比較的良好な破泡操作が行われるが、消泡管内径が小さいため内筒内部に圧力が加わり、泡沫の進行に支障をきたす欠点がある。

加熱式消泡装置B型はA型装置の欠点を改良した装置で内筒より上昇した泡沫を抵抗33.3Ωのシーズヒーター6本から構成された網目状破泡部（空気流量によって3段まで重ねることができる）を加熱して破泡操作が行われる（図-8、写真-5）。

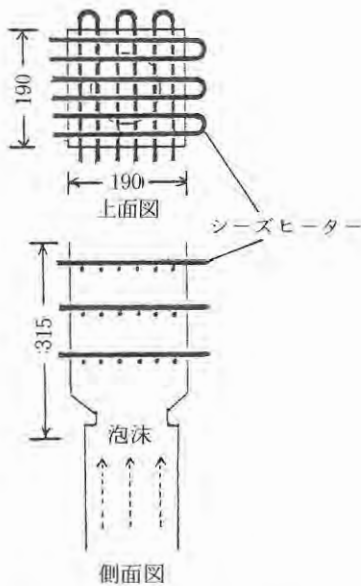


図-8 加熱式消泡装置B型



写真-5 加熱式消泡装置B型

本装置はすぐれた消泡機能を有する反面、破泡により液化したセッケン液が内筒内へ流れ込み泡の進行を妨げる欠点や水の蒸発が大きい欠点などがある。

加熱式消泡装置C型はA型およびB型装置の欠点をさらに改良した装置で、泡沫を下方へ導くA型装置の機構に、内筒内圧力を除いたB型装置の機構（泡沫通過部分の面積を内筒より大きくする）を組み込んでいる。また本装置は断熱材で熱効率を高め、水の蒸発を少なくしたもので、10Ωのシーズヒーターが内筒を取り巻く形で9段取り付けられている（図-9、写真-6）。

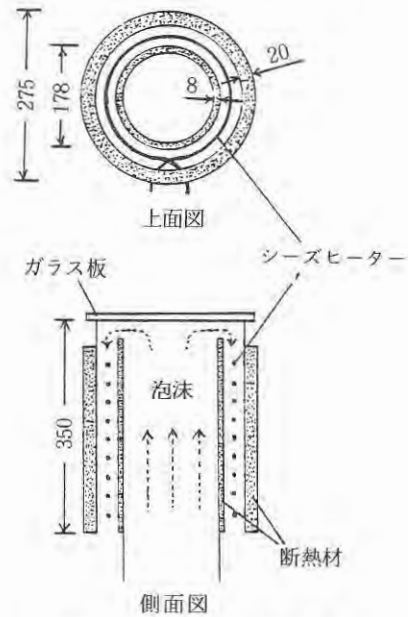


図-9 加熱式消泡装置C型



写真-6 加熱式消泡装置C型

0.5%オレイン酸ナトリウム溶液使用の際は流量30 l/minで40V×2段(約300W)の消泡が可能になる。本装置は泡沫の進行状態が良好で消泡調節に幅をもたせることができる特徴を有している。

つぎに泡沫式電気洗濯機試作装置(3号機)および同(4号機)は新たにシャワー式消泡装置をとり入れて実用化をめざした試作機で、3号機では1~1.5kgの被洗物を、また4号機では4~4.5kgの被洗物を洗浄するこ

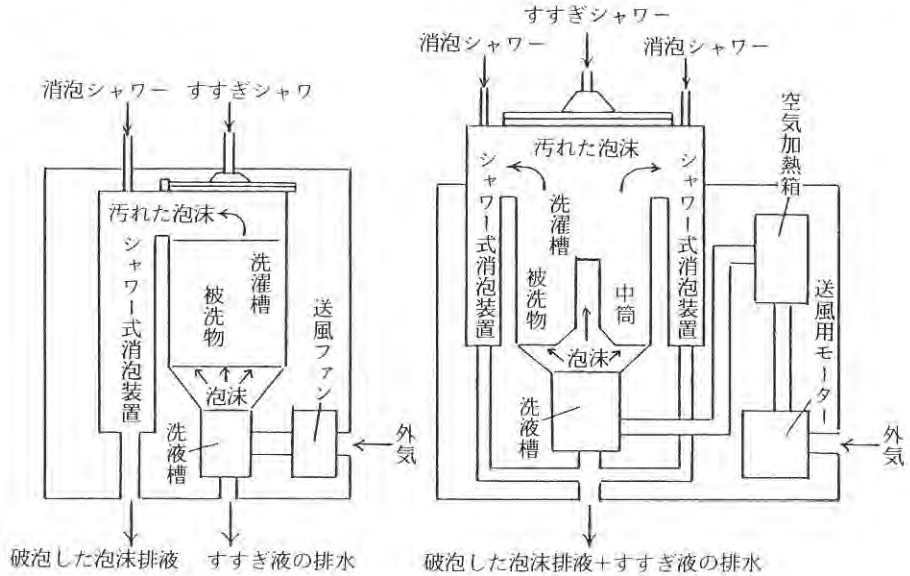


図-10 泡沫式電気洗濯機の模式図

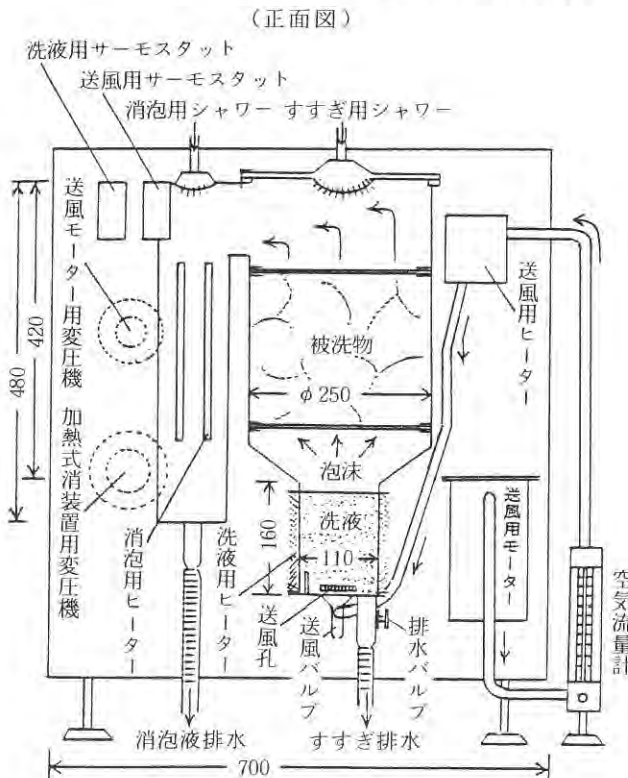
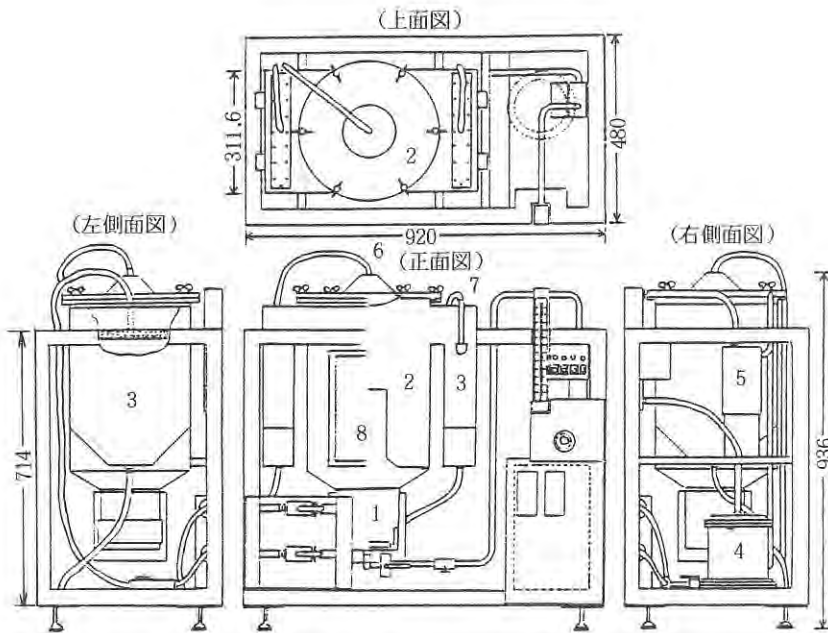


図-11 泡沫式電気洗濯機試作装置(3号機)



写真-7 泡沫式電気洗濯機試作装置(3号機)



図—12 泡沫式電気洗濯機試作装置（4号機）総組立図
 1. Wash liquid sink 2. Laundry sink
 3. Shower type defoaming apparatus 4. Fan
 5. Heating 6. Rinsing shower
 7. Defoaming shower 8. Inside tube with hole

とができる（図—10）。

3号機は洗浄液を入れる槽（wash liquid sink）、1～1.5kgの被洗物（laundry material）を入れる洗濯槽（laundry sink）、洗濯槽の片側に汚れた泡沫を破泡する加熱式消泡装置（heating type defoaming apparatus）を併用したシャワー式消泡装置（shower type defoaming apparatus）、洗液槽に熱風を送り込むヒーター付送風ファン（fan with heater）およびすすぎ用シャワー（rinsing shower）などの5部から構成されている（図—11、写真—7）。

4号機は3号機をさらに改良した機種であり、洗浄液を入れる洗液槽、4～4.5kgの被洗物を入れる洗濯槽、洗濯槽の両側に汚れた泡沫を破泡する2基のシャワー式消泡装置、洗液槽に熱風を送り込む送風ファン（空気加熱箱付）およびすすぎ用シャワーの5部から構成され、また洗液槽、泡沫、洗濯槽（被洗物）の温度を自動的に測定できる熱伝対温度記録計を設備している。また本装置は洗浄むらをなくすため洗濯槽部中央に泡沫を横方向に吹き出す中筒やシャワー消泡装置からの排水とすすぎシャワーの排水をまとめた排水の集中方式を採用している（図—12）。

本装置ではまず送風用モーターを作動して空気の流量



写真—8 泡沫式電気洗濯機試作装置（4号機）

と温度を調節した後、あらかじめ50～70℃に調温した洗液槽内の洗浄液（例えば0.25～0.5%のセッケン液）に熱風を吹き込むと、50～70℃のセッケン液の泡沫が洗濯槽の底部と中筒から発生し、被洗物を湿潤させながら連続的に上昇する。被洗物を通過した汚れた泡沫は洗濯槽両側の2基のシャワー式消泡装置で破泡されて排出される（写真—8）。

以上のように泡沫式電気洗濯機は従来からの水中浸せき型の洗浄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、洗液中の水の大部分を空気に置換えた泡沫による加温型の洗浄方式を特徴と

している。

泡沫洗浄の 2, 3 の実験例

材 料

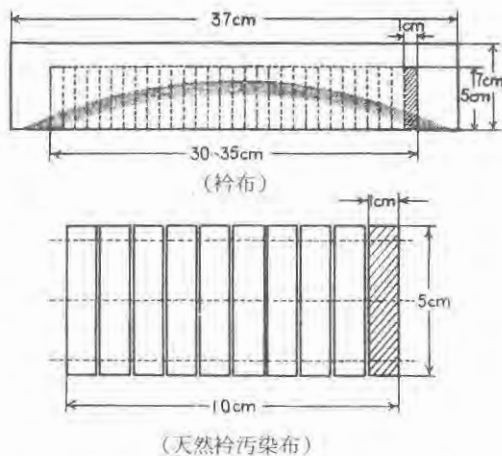
汚染布としては油化協標準綿カネキとポリエステルモスリン布を使用した。なお試布は使用に先だって今一度仕上げのり抜きを行って調製し、汚染に供した。

洗剤としてはラウリン酸、ミリスチン酸、パルミチン酸、ステアリン酸、オレイン酸などの 5 種の脂肪酸のナトリウム、カリウムおよびモノエタノールアミン塩など 15 種の単体脂肪酸セッケンを使用した。

実験方法

I. 天然汚染布の作製¹⁵⁾

天然汚染布としては 3 日間着用した 7 cm × 37 cm の衿布 150 ~ 200 枚をそれぞれ 1 cm × 5 cm に細かく裁断し



任意の 10 枚を縫い合わせて 5 cm × 10 cm の試布を作製し、0 ~ 5 °C の冷暗所に貯蔵する。

II. 人工複合汚染布の作製¹⁶⁾

人工複合汚染布はオレイン酸、トリオレイン、コレステロールオレエート、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製した。

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。

$$K/S = (1 - R)^2 / 2R$$

$$D(\%) = (P_s - P_w) / (P_s - P_o) \times 100$$

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。

$$D(\%) = (A - B) / A \times 100$$

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¹⁷⁾

汚染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 °C, 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 750 nm で測定し、次式によりたん白質汚れの洗浄率 (D%) を求めた。

$$D(\%) = (D_s - D_w) / (D_s - D_c) \times 100$$

D_c : 汚染前の布 (1 g 当り) の抽出液の吸光度

D_s : 洗浄前の汚染布 (1 g 当り) の抽出液の吸光度

D_w : 洗浄後の汚染布 (1 g 当り) の抽出液の吸光度

VI. 走査電子顕微鏡による繊維ならびに布表面の観察¹⁵⁾

日本電子製 JEM100B-ASID 型走査電子顕微鏡を用い、オスミウム酸で固定した洗浄前・後の試料を銀接着剤により支持台に固定し、Au-sputter coating を行った後、加速電圧 10 kV, 70 ~ 100 μA で繊維ならびに布表面を観察した。

VII. 起泡力の測定法

起泡力は 0.25% の洗剤液を調整し Ross & Miles 法に準拠した日本工業規格「合成洗剤試験法」JIS K-3362 (1978) 法により規定された起泡力測定装置を用いて流下直後の泡高 (mm) を測定した。なお泡の安定度は 5 分間後の泡高 (mm) で表わした。

実験結果およびその考察

布の洗浄は一般に界面活性剤水溶液中で行われ、浸透、湿潤、乳化、分散、可溶化、起泡、および機械的な作用などの複雑な作用が総合されている。

泡沫による布の洗浄は現状の洗浄と異なり、被洗物を静止した状態で加温した高濃度の界面活性剤水溶液の泡沫を移動させる方式を採用している。布上を移動する泡沫はまず布を湿潤させ、繊維から汚れを引離す作用が強く、また泡沫は汚れ粒子を吸着する作用が強く、特に小さな固体粒子を系外に運び出す特徴を有している。

まず泡沫の移動に対する汚染布の角度 θ (0 → 90°) を変化させ固体粒子汚れ、油性汚れおよびたん白質汚れの洗浄効果におよぼす影響についてみると、図-13, 14 の

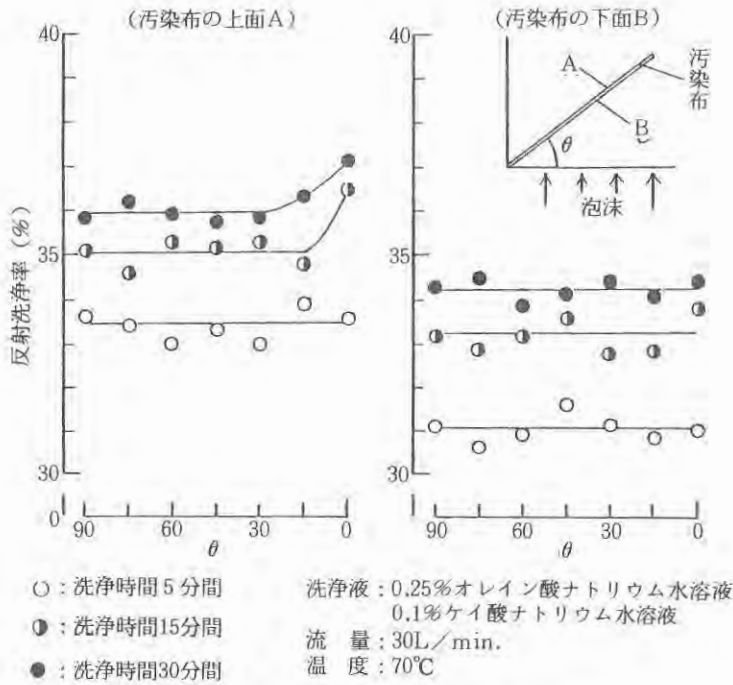


図-13 泡沫洗浄による人工複合汚染布の固体粒子汚れの洗浄 —汚染布の固定角 θ の影響—

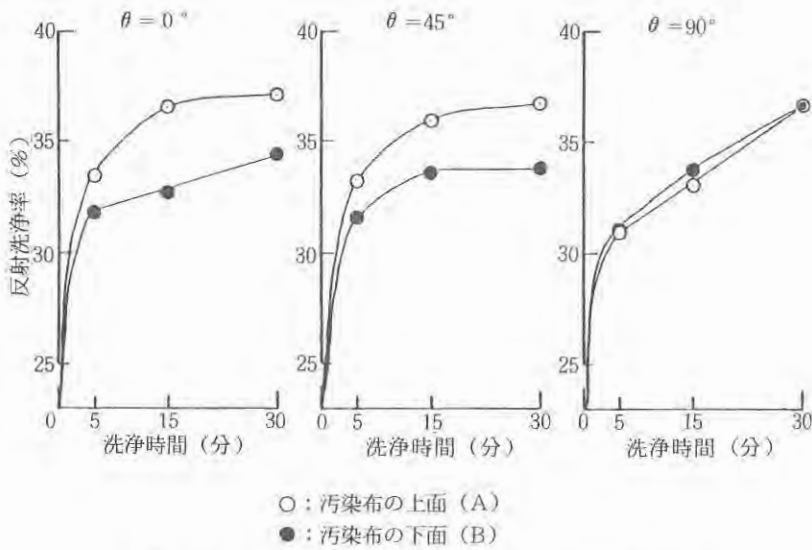


図-14 泡沫洗浄における人工複合汚染布の固体粒子汚れの洗浄 —汚染布の固定角 θ の影響—

ように、固体粒子汚れの泡沫洗浄では泡沫の直接接触しない汚染布の上面の反射洗浄率が泡沫の接触面（汚染布の下面）に比し、一般に高くなり、また垂直 $\theta = 90^\circ$ に固定した汚染布の表面反射率が両面ほぼ等しくなる。

一方汚染布の固定角 θ の洗浄率におよぼす影響は汚れの種類によって多少異なるが、 $\theta = 45 \sim 95^\circ$ 範囲では洗浄率にはほとんど差異は認められない。しかし $\theta = 0 \sim 30^\circ$ では洗浄率が一般に高くなる傾向が認められる。

泡沫による布の洗浄過程においては泡沫の吸着作用や濃厚なセッケン液による乳化作用、可溶化作用や泡沫の移動による繊維基質からの汚れの離脱作用などのほかに泡沫の破泡で湿潤した布内部から汚れを外部に運び出すのに有効と思われる起泡作用なども含めてきわめて複雑な作用が総合されている（図-15）。

つぎに泡沫洗浄の機械力となる空気流量と汚染布の洗浄率との関係についてみると、図-16のように、泡沫温

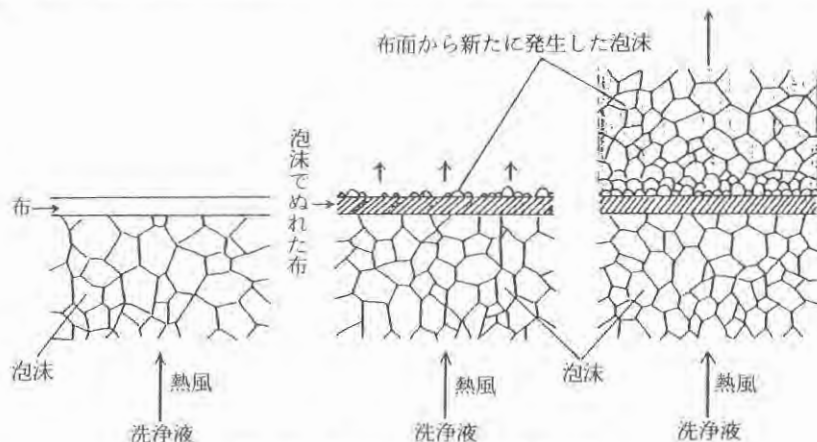


図-15 泡沫による汚染布の洗浄過程

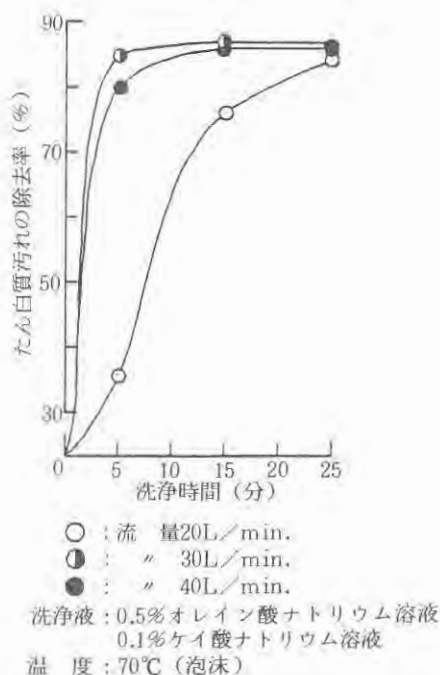


図-16 泡沫洗浄における流量が汚染布のたん白質汚れの洗浄効果におよぼす影響

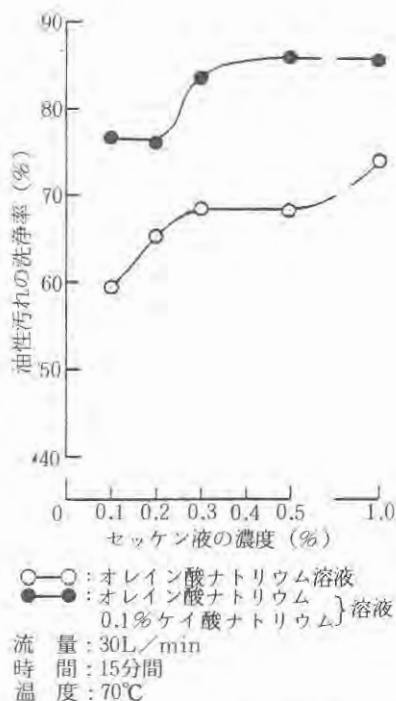


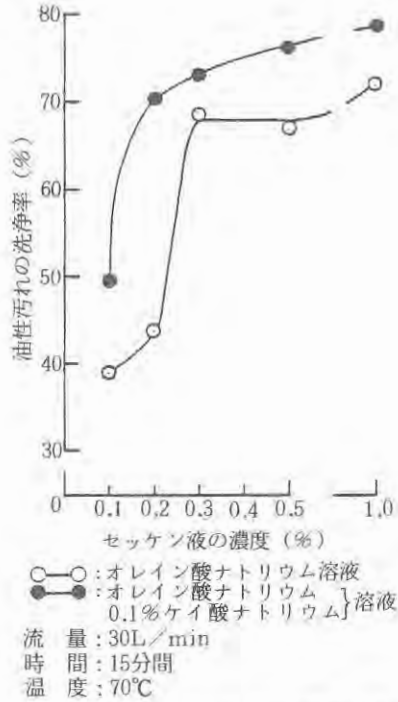
図-17 泡沫洗浄におけるセッケン液の濃度が綿衾汚染布の油性汚れの洗浄効果におよぼす影響

度50~70℃の範囲では空気流量30~40 l/min の5~15分間洗浄で一般に高い洗浄率を示すことが認められる。

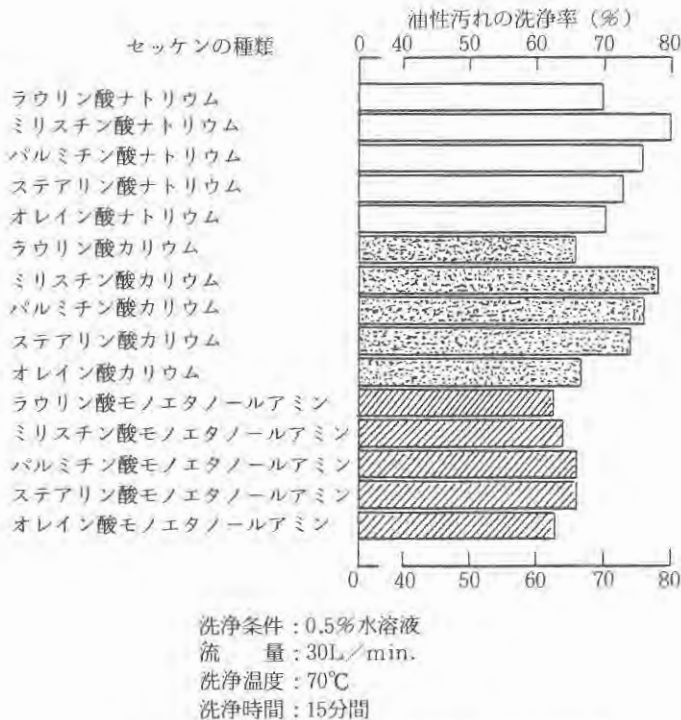
また綿およびポリエステル衿汚染布を用い、泡沫洗浄におけるセッケン濃度が油性汚れの洗浄効果におよぼす影響についてみると、図一17,18のように、汚れの付着状態、量などによって必ずしも一定しないが、一般にcmcよりかなり高い0.25~0.5%濃度のセッケン液を使用するのが好適と思われる。

このように泡沫洗浄においては現状の洗浄に比し、浴比が著しく低いため、少量の洗剤を用いても高濃度洗浄を行うことができる利点がある。また濃厚なセッケン液は油性汚れの可溶性能が大きくなるため汚れが強く付着している衿、カフスなどの洗浄ではきわめて有効である。

つぎに各種脂肪酸のナトリウム、カリウムおよびモノエタノールアミンセッケンによる衿汚染布ならびに人工複合汚染布の泡沫洗浄についてみると、図一19のように、汚れの種類などによって多少異なるが、固体粒子汚れではステアリン酸、パルミチン酸、ミリスチン酸などのカリウムセッケンおよびミリスチン酸のモノエタノールアミンセッケンなどが高い洗浄効果を示し、また油性汚れではミリスチン酸、パルミチン酸、ステアリン酸などのナトリウムおよびカリウムセッケンがそれぞれ高い洗浄



図一18 泡沫洗浄におけるセッケン液の濃度がポリエステル衿汚染布の油性汚れの洗浄効果におよぼす影響



図一19 各種脂肪酸塩による天然衿汚染布の泡沫洗浄

効果を示している。一方たん白質汚れではオレイン酸のナトリウムセッケン、オレイン酸、ステアリン酸、パルミチン酸のカリウムセッケンなどが高い洗浄効果を示す傾向が認められている。

このようにきわめてすぐれた湿潤、起泡および分散能を有するセッケンによる泡沫洗浄においては現状のセッケン液中で行われる洗浄と同様に一般に高級脂肪酸のセッケンほど高い洗浄率を示すことが認められる。

つぎに泡沫洗浄における洗浄温度が綿およびポリエステル衾汚染布の油性汚れの洗浄効果におよぼす影響についてみると、図-20,21のように、一般に泡沫の温度を高めると洗浄率が增大し、またセッケン液中のケイ酸ナトリウムなどのアルカリビルダーを添加した泡沫による洗浄ではいずれの汚染布においても洗浄率がさらに増大する。

綿衾汚染布においては皮脂汚れの融点35~37°C付近で洗浄率が連続的に変化し、低い洗浄率を示すが、ポリエステル衾汚染布においては皮脂汚れの融点付近で洗浄率が急激に増大する。

また綿衾汚染布のたん白質汚れの洗浄においては泡沫の温度を高めると、一般に洗浄率が著しく増大し、流量40 l/minの70°C洗浄で最も高い洗浄率を示すことが認められる(図-22)。

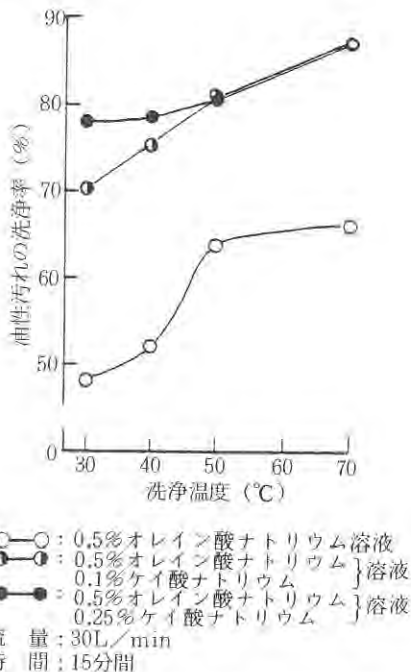


図-20 泡沫洗浄における洗浄温度が綿衾汚染布の油性汚れの洗浄効果におよぼす影響

一方綿人工複合汚染布の固体粒子汚れの洗浄においては図-23のように流量40 l/minの55°Cの洗浄で最も高い洗浄率を示すが、流量を増すと洗浄率が大きく低下し、最高洗浄率は高温側に移行する傾向が認められる。

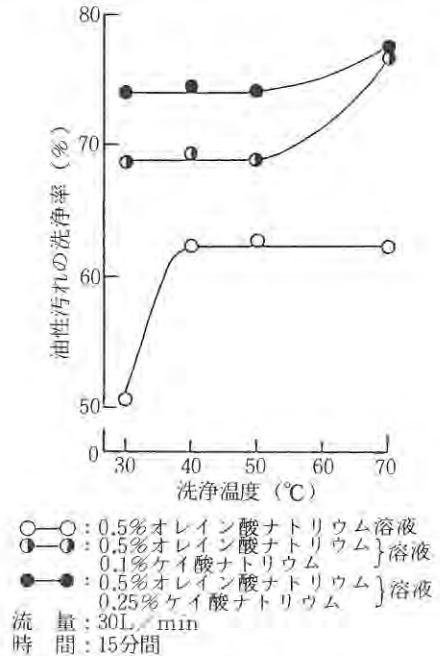


図-21 泡沫洗浄における洗浄温度がポリエステル衾汚染布の油性汚れの洗浄効果におよぼす影響

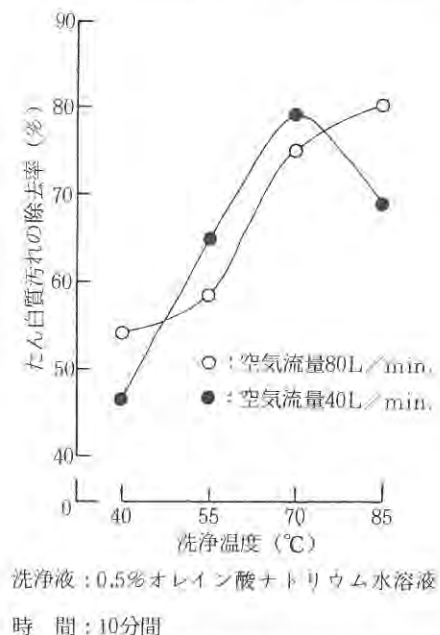
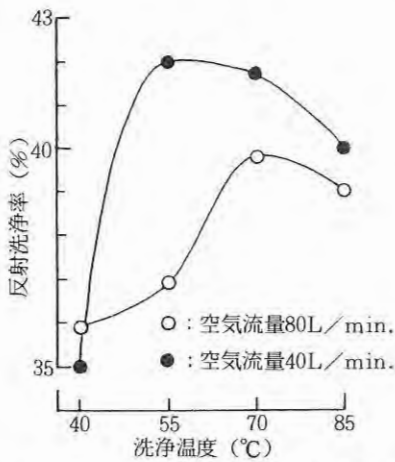


図-22 泡沫洗浄による天然汚染布のたん白質汚れの洗浄



洗淨液：0.5%オレイン酸ナトリウム水溶液
0.2%ケイ酸ナトリウム水溶液
時 間：10分間

図-23 泡沫洗淨による人工複合汚染布の固体粒子汚れの洗淨

つぎに綿衿汚染布ならびに羊毛衿汚染布をセッケンによる泡沫洗淨と中性洗剤による現行の渦巻式電気洗濯機でそれぞれ10回反復洗濯した後、布上の繊維表面を走査電子顕微鏡下で観察すると、写真-9~12のように、綿衿汚染布の泡沫洗淨では表皮角質層汚れ、皮脂、汗などの分泌物汚れ、外界からの塵埃汚れなどが混在した不均一な汚れが除去され、汚染前の布と同様、綿繊維特有のセルロースのフィブリル層構造が観察されるが、渦巻式電気洗濯機による洗淨では布表面部の多くの繊維にマイクロな毛羽状の細繊維が発生している損傷状態や部分的に繊維の崩壊が増進している損傷状態などが観察される。

また羊毛衿汚染布の泡沫洗淨においても上記綿汚染布の場合と同様繊維の損傷がほとんどなく、羊毛繊維特有のスケール構造が観察されるが、現行の渦巻式電気洗濯機による洗淨では布表面部の繊維にスケール構造の破壊や繊維の崩壊などの損傷した状態が観察される。

以上のように泡沫洗淨においてはc m cを越える比較

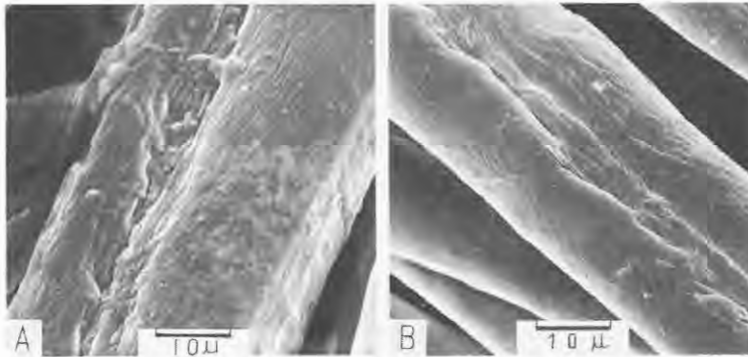


写真-9. 綿カナキン衿汚染布(A)およびセッケンで10回泡沫洗淨した綿カナキン(B)の表面状態 (走査電子顕微鏡)

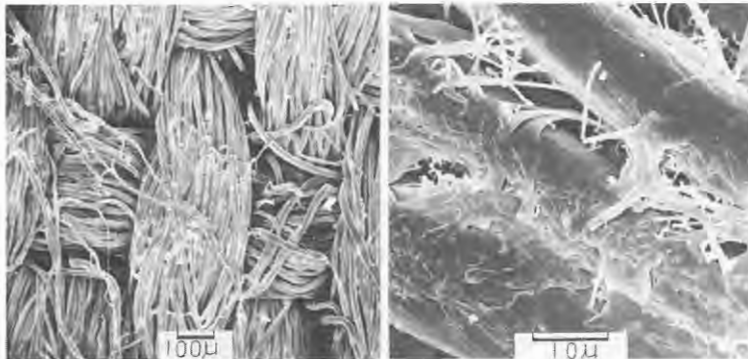
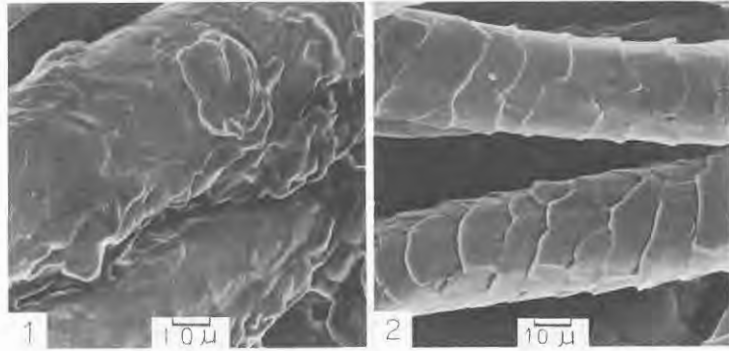
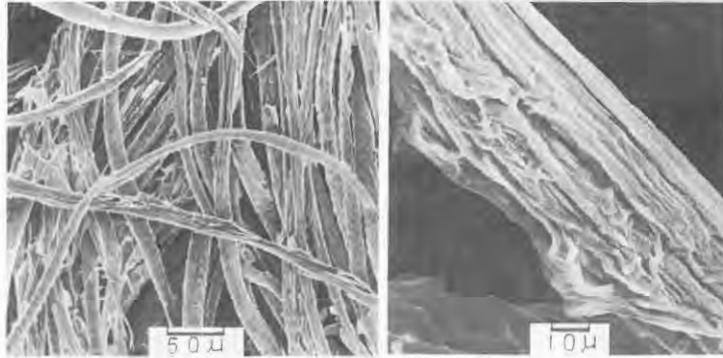


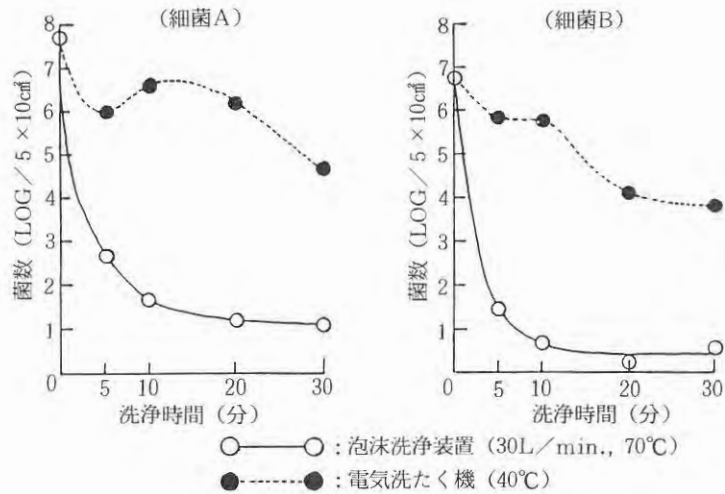
写真-10 LAS系アルカリ性合成洗剤で10回洗淨 (電気洗たく機)した綿カナキンの表面状態 (走査電子顕微鏡)



写真—11 洗浄前羊毛モスリン衿汚染布(1)と泡沫洗濯機で
10回洗浄した羊毛モスリン(2)の表面状態
(走査電子顕微鏡)



写真—12 LAS系中性洗剤で10回洗浄(電気洗たく機)
した羊毛モスリンの表面状態
(走査電子顕微鏡)



細菌A : *Bacillus subtilis* var.

細菌B : *Escherichia coli*

図—24 洗浄時間と布の除菌効果

的高い濃度の洗液を使用し、空気流量30~40 l/min, 50~70°Cの洗浄温度で5~15分間洗浄すると、現状の渦巻き式洗濯機による常温洗浄を上回るきわめてすぐれた洗浄率や、欧米の煮洗いに近い除菌効果(図-24)を示し、保健・衛生面で高い水準を維持することができる特徴がある。また泡沫洗浄においてはかさ高な衣類を直接洗液に浸せきすることなく、静止した状態で泡沫を吹き上げるため、布の損傷、布のよじれ、洗浄むらなどがなく、また機械力に弱く型くずれしやすい薄地物でも一般衣類と同時に洗浄することができ、電気洗濯機特有の不快感な騒音から開放される利点も特徴の一つにあげられる。

総 括

合成繊維および合成洗剤の発展や生活様式および生活意識の変化や所得水準の向上に伴ってめざましく普及した家庭用電気洗濯機は主婦の家事労働に対する軽減に大きな役割を果たしてきたが、その反面、洗濯の機械化は従来からの手洗いに比し、大量の水と多量の洗剤を消費する方向に転換してきた。また機械力に大きく依存する現状の衣類洗浄では布傷み、布絡み、洗浄むらなどの欠点の改善が要求されている。このほか外観的な特性や風合い特性などを益々重視する最近の衣類の洗浄では事故防止の方がむしろ優先し、洗浄本来の目的を軽視する傾向もある。

そこで本研究では今後益々大きな制約を受ける水資源の節約や水質汚濁・環境汚染の防止や衣類の損傷・劣化の軽減などを考慮した泡沫式電気洗濯機の試作を試みた。

泡沫式洗濯機は被洗物を直接洗浄液に浸せきすることなく、少量の洗浄液の泡沫を利用する超低浴比、加温型の新しい洗浄方式を採用している。

泡沫式洗濯機は洗浄液に熱風を送り込む送風ファンおよび空気加熱箱(A)、洗浄液を入れるタンク(B)、被洗物を入れる洗濯槽(C)、加熱式またはシャワー式消泡装置(D)、すすぎシャワー(E)、破泡した泡沫排水およびすすぎ液の排水(F)などの各部で構成されている。まず送風ファンを作動してあらかじめ50~70°Cに調温したタンク中の洗浄液に熱風を送り込むと、発生した50~70°Cの泡沫は被洗物に接触しながら布を湿潤させて上昇する。汚れた泡沫は消泡装置で破泡され排出される。洗浄操作を5~15分間行った後、底部のバルブを開放し、上部からシャワー方式ですすぎを行う。被洗物はしわが固定しない程度まで再び送風ファンを作動して熱風で脱水される。

洗浄液から発生する泡量は界面活性剤の種類、濃度、共存物質、空気流量などによって異なるが、起泡性、安

定性および洗浄性のすぐれた0.25%以上のオレイン酸ナトリウム水溶液では効率的な空気流量30~40 l/minで、1 l当り200~220 lの泡沫が形成される。

泡沫洗浄においてはcmcを越える界面活性剤の比較的高い濃度の少量の洗浄液(浴比1:2~3, 洗剤5~10g/2~3 l)を使用し、空気流量30~40 l/min, 洗浄温度50~70°Cで5~15分間洗浄すると、現状の渦巻き式洗濯機による洗浄を上回るきわめてすぐれた洗浄率や欧米の煮洗いに近い除菌効果を示し、保健・衛生面で高い水準を維持することができる特長がある。

また泡沫洗浄においてはかさ高な衣類を直接洗浄液に浸せきすることもなく、静止した状態で泡沫を吹き上げるため、布傷み、布絡み、洗浄むらなどがなく、また機械力に弱く型くずれしやすい薄地物でも一般衣類と同時に洗浄することができ、電気洗濯機特有の不快感な騒音から開放される利点もあげられる。

文 献

- 1) 吉永フミ: 第8回被服整理学夏季セミナー講演要旨集(日本家政学会) 95 (1975)
- 2) 藤 照夫: 繊維製品消費科学会誌, 24, 303 (1983)
- 3) 奥山春彦: 同 上, 522 (1968)
- 4) 早川清一: 特願昭53-16949
- 5) 早川清一: 特願昭53-16950
- 6) 中村君枝: 特願昭53- 5591
- 7) 是川 隆: 特願昭47-50150
- 8) 清原 裕: 特願昭48-23620
- 9) 飯島周治郎: 特願昭49-78758
- 10) 大矢新三: 特願昭47-14879
- 11) 岡田洋司: 特願昭53-61396
- 12) 皆川 基: 第14回洗浄に関するシンポジウム(日本油化学協会), 151 (1982)
- 13) 皆川 基: 繊維製品消費科学会誌, 24, 310 (1983)
- 14) 皆川 基: 大矢 勝: 第15回洗浄に関するシンポジウム, 141 (1983)
- 15) 皆川 基他2名: 繊維製品消費科学会誌, 19, 420 (1978)
- 16) 奥村 統他3名: 油化学, 30, 432 (1981)
- 17) 皆川 基他1名: 繊維製品消費科学会誌, 19, 106 (1978)
- 18) 山地安夫: 表面, 14, 171 (1976)
- 19) 北原文雄他2名: 界面活性剤(講談社) 99 (1979)
- 20) H. Hartland: Tenside, 18 (1981) 4

(昭和58年11月8日受理)

Summary

Together with the development of synthetic fibers and synthetic detergents, as well as with the changes in the life-style and life-sences and also with the betterment of income, the electric washing machine for home use has become very popularized, resulting in a great decrease in the labor of housechores. However, on the other hand the mechanization of washing has led to the use of large quantities of washing water and detergents, as compared to manual washing. In the present day washing, which depends largely on mechanized power, defects such as, unlevel washing, fabric damage and fabric intertwinement by washing requires much improvement. Also, in nowadays washing which lays stress on the appearance and feeling, give priority to the prevention of accidents during washing and neglect the original purpose of washing.

This being the case, in the present study, an investigation was made on the trial manufacture of foam electric washing machine. In this washing machine, consideration is made particularly on the economy of water resources, which in the future will be subjected to further restriction. Also, particular interest was laid on the prevention of water contamination and environmental pollution. Furthermore, due consideration was given to the prevention of damage and deterioration of clothing. In the form washing machine the clothing is not steeped directly in the detergent liquid, but instead, it utilizes small amounts of the foam of the detergent liquid and is an ultra low bath rate and warming type washing method.

The foam washing machine consists of (A) a fan which blows hot air into the detergent liquid, (B) tank which serves as a receptacle of the detergent liquid, (C) laundry sink, (D) deforming apparatus for the heating and shower type, and (E) rinsing shower. First of all, turn on the switch for the fan, which sends hot air to the detergent liquid which is heated beforehand to approximately $50\sim 70^{\circ}\text{C}$ and as a result, foam produced at a temperature of $50\sim 70^{\circ}\text{C}$ dampens the clothing and also rinses. The soiled foam is broken in the defoaming apparatus and discharged. After 5~15 minutes, the valve at the bottom is released and rinsed by the shower. Repeated blowing of hot air within a degree so that the crease will not become fixed is done in order to perform hot air desiccation.

Although the quantity of foam produced in the detergent liquid differ according to the type, concentration, co-existent material, and air weight flow of the surface active agent in the case of sodium oleate solution (0.25%) which possesses excellent foaming, stability, and detergency, the foam production is approximately 200~220 per litre under efficient air weight flow of 30~40 l/min.

In the process of foam washing when a comparatively high concentration of a small amount of the detergent (bath rate 1:2~3, detergent 5~10g/2~3l) is used, and when washed for 5~15 min. at an air weight flow of 30~40 l/min., washing temperature of $50\sim 70^{\circ}\text{C}$, a washing efficiency surpassing that of the presently used whirlpool type of washing machine may be obtained. It also reveals an anti-bacterial effect comparable to that of the boiling type of washing which is commonly done in the U.S. and Europe consequently, a very high hygienic standard is maintained.

Furthermore, in the foam washing method the clothing is not directly steeped in the washing solution, but is blown upward in the stationary state, consequently, there is no washing defect, fabric intertwinement by washing, or uneven washing. Also, thin materials which are easily defoamed by mechanical pressure can be washed together with other ordinary fabrics. Another benefit is the lack of unpleasant noise of the electric washing machine.