

洗浄における機械力について

Mechanical Action in Washing

落合 綾, 駒城 素子

Aya OCHIAI, Motoko KOMAKI

(お茶の水女子大学大学院 人間文化研究科 ライフサイエンス専攻)

1. はじめに

洗濯の目的は汚れ除去であることは言うまでもない。我々は、洗剤を使用して洗濯すれば水だけで洗うよりも汚れがよく落ち、また、十分な洗浄を行うには洗剤だけでなく、布地に加わる機械力が必要不可欠であることを経験的に知っている。機械作用は付着した汚れを繊維から引き離し、さらにはそれが再付着しないよう洗液中に運び去るためのエネルギー源である。最近、洗濯物に加わる機械力に様々な工夫を凝らし、洗浄力を高めた洗濯機が次々と売り出されている。

本稿では、洗浄における機械力の研究について概要を紹介する。

2. 被洗物の変形や衝撃による洗浄効果

衝撃による洗浄効果は、「たたき洗い」や「踏み洗い」において顕著にみられる。多田¹⁾はこの衝撃の効果に着目し、「たたき洗い」の洗浄特性を実際の方法に近い状態で観察した。すなわち、布地を層状に積み重ね、層間にカーボンブラック人工汚染布を挿入させた積層被洗布を、たたき棒(図1)で繰り返し叩いて洗浄した。その結果、上中下層の洗浄力は一様でなく、最表層>>最下層>中間層の順になり、最表層の洗浄力は家庭用洗濯機よりも高いという結果が得られた(図2)。

また、金属製の円柱の側面をたたき面とするモデルたたき棒を、高さ150mmの位置から、落下回数を1~10回まで変化させて、30枚重ねの積層被洗布に落下させた²⁾。この場合、1回の衝撃での表層布の洗浄効率は30%で、2回目以降の洗浄効率の上昇はきわめて緩やかになり、洗浄においては最初の衝撃が有効であるという結果が得られた。さらに、側方からの高速度写真撮影により、円柱が落下してから積層被洗布に衝突し、布地を圧縮・変形させ、液流をおこさせる様子を観察した。その結果、円柱と被洗布の最初の衝撃時に、布地に含まれた洗液は円柱曲面に添って斜め上方に激しく噴出し、次いで下

方へ集中的に流出、布地層には横ずれ・変形が生じた。これらより、初期の液流・摩擦・変形の効果は、著しく洗浄力を発揮するということが明らかとなった。また、落下円柱が衝突した部分は白く洗浄されるが、その中央部には細い黒線が現れるという現象が起こった。この中央部は左右への液流が小さく、このため汚れが除去されず、細い黒線が残ったと考察している。

3. 流体力による洗浄効果

洗浄機構に関わる基本的要因は、主に洗剤の化学的作用に基づくものと、被洗物に外力として与えられる機械エネルギーによる物理的洗浄作用の2つであると考えられる。天木ら³⁾は流体力の洗浄機構に対する効果について着目し、汚れモデルを想定した微小円柱(ワイヤー)を装置内の壁面に付着させ(図3)、水、界面活性剤(LAS, AE)水溶液、希薄高分子(PEO)水溶液の層流せん断流を直角に当てることにより生ずる圧力損失を測定し、円柱一本の抗力係数(C_D)を算出した。高分子PEOの希薄水溶液は水、界面活性剤よりも高い C_D 値を示し、水より汚れ除去に有効であるという結果が得られた(図3)。また、溶液の粘度はPEO希薄水溶液、LAS1.0%水溶液、水の順に高かったが、これは C_D の傾向とは一致していなかった。

4. 遠心力による洗浄効果

固体表面への微小粒子の付着力 F_A は、これと反対方向に作用する遠心力 F_C に等しい時に除去されると仮定して、直接見積もることができる。球形粒子では F_C は次式で与えられる⁴⁾。

$$F_C = \frac{4}{3} \pi r^3 (\rho_p - \rho_m) (\omega^2 x - g)$$

r は粒子半径、 ρ_p と ρ_m はそれぞれ粒子と媒質の密度である。 ω は回転速度、 x は粒子の中心と回転軸間の距離である。重力加速度 g は、粒子の大きさが $100 \mu\text{m}$ より小さいという条件下では無視できる。

この方法では、最大加速度が $10^5 \sim 10^6 g$ のオーダーとなるので、直径 $1 \mu m$ 以上の高密度物質（例えば金）の粒子でなければ、これを除去することができないが、ローターの角度を $2^\circ \sim 14^\circ$ 増すと粒子除去率が急激に減少する⁵⁾。その他の研究でも、接線方向の力による粒子除去が、垂直方向の力よりもはるかに容易であることが見出されている⁵⁾。

岩崎ら^{6~8)} は 40000rpm の超遠心機に取りつけたローターの角度を変化させて実験を行い、垂直分力と水平分力が粒子除去に及ぼす影響を調べた。垂直分力（遠心力）のみでは除去できない粒子が、水平分力を作用させると除去できるようになること、垂直分力に対する水平分力の比を大きくすると除去率が大きくなること、を明らかにした⁷⁾。

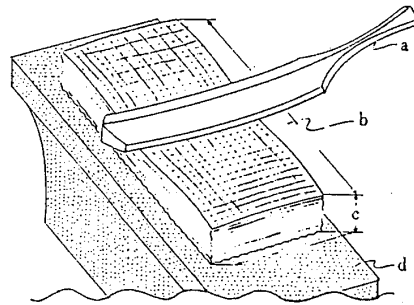


図1 実験的叩き洗いの状態図（被洗布の積み重ね方：積層）¹⁾

a : 叩き棒 A_2 (日本製品, ラワン材質, 重量: 165 g),
b : 最表層の補助白布, c : 補助白布と汚染布を層に積み重ねた被洗布層の厚さ (この厚さは, 布地の重ね枚数により異なる), d : 叩き台 (コンクリートブロック)

5. おわりに

身近な環境からグローバルな環境へと目を向ける時、地球規模で環境負荷を低減したライフスタイルが切に求められている。我々の日常生活に深く関わる洗濯において、洗剤・水の節減、省エネルギーを実現するには、機械力の適切な投与が必要となる。そのためにも、洗浄における機械力の研究は早急に推進しなければならない。

本年5月 Strasbourg で開かれた国際洗浄会議⁹⁾ では、ヨーロッパ（ドイツ、オランダ、ベルギー、スウェーデン他）の洗浄関係の研究機関、業界が真剣に省エネルギー、節水に取り組んで、活発に研究成果を発表していた。新しい洗浄方法、洗濯機の発展・展開が望まれている。

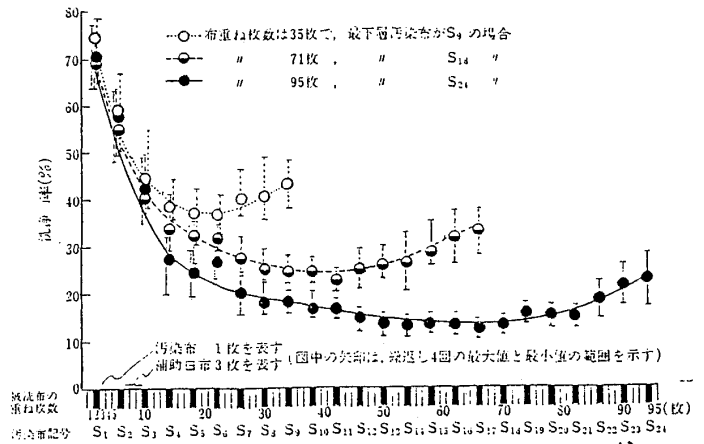


図2 実験的積層叩き洗いにおける、被洗布層内上下の洗浄効率分布¹⁾

洗浄の共通条件
 洗濯液：供給洗剤の0.28%液
 総叩き回数：225回
 同一箇所叩き回数：75回
 叩き棒： A_1

<引用文献>

- 1) 多田千代, 「第20回洗浄に関するシンポジウム」, p97-103, 1988
- 2) 多田千代, 「昭和61年度科研費(総合A)研究成果報告書」, p73-83, 1986
- 3) 天木桂子, 長谷川富市, 近野正昭, 日本レオロジー学会誌, 21, 41-45 (1993)
- 4) Visser, J., "Surface and Colloid Science", vol.8, p6, 1976
- 5) *ibid*, p.14.
- 6) 岩崎芳枝, 日景弥生, 矢部章彦, 油化学, 36, 254 (1987)
- 7) 岩崎芳枝, 矢部章彦, 油化学, 39, 654 (1990)
- 8) 岩崎芳枝, 李相姫, 矢部章彦, 油化学, 40, 24 (1991)
- 9) Proceedings of 40th wfk International Detergency Conference, April 30 to May 3, 2001, Strasbourg

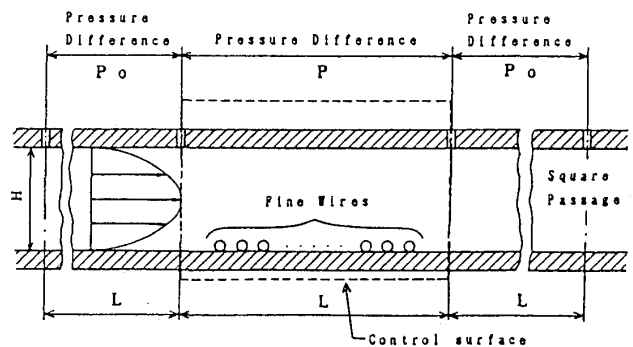


図3 実験装置の模式図³⁾