

## 洗浄における物理的作用の寄与

Contribution of Physical Action on Fabric 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

洗浄機構において、汚れの除去に関わる基本的要因は、界面活性剤や各種ビルダーによる化学的作用と、外部から被洗物に与えられる機械的な物理的作用の二つであると考えられる。物理的作用の寄与率は、4～5割を占めると推定されている<sup>1)</sup>。こうした物理的作用の解明は、これまでもいくつか行われており、例えば、直径の均一な球形粒子の遠心力による除去、洗浄機構に関わる流体力の検討、布地の曲げ変形と摩擦力の効果、洗液流に置かれた人工汚染布の洗浄性、「叩き洗い」の洗浄性に関する研究などがある。本稿では、これら洗浄における物理的作用に関する研究について紹介する。

### 2. 遠心力による球状粒子汚れの除去<sup>2), 3)</sup>

岩崎らは最大回転数 4000rpm、遠心加速度  $12.34 \times 10^4 g$  の超高速遠心機に  $30^\circ$  の傾きをもつ角度型ロータを用いて、ガラス基質に付着した固体粒子の除去を試みた。さらに、角度型ロータに装着する基質ホルダーを工夫することにより、遠心機の回転軸に対する基質表面の角度を  $20 \sim 40^\circ$  に変化させて、遠心力の水平分力と垂直分力の比を変えて洗浄し、粒子除去力と除去率との関連、および除去力の方向の影響について検討した。なお、実験装置を Fig.1 に示す。

その結果、ロータ角度  $\theta$  が小さくなるほど、除去率が増大し、垂直分力(遠心力)のみの場合には除去できない  $1.01 \mu m$  以下の微粒子でも、 $\theta = 30^\circ$  以下にして水平分力を作用させると除去できるようになった。

粒子除去力  $F_c$  が一定の場合、垂直分力に対する水平分力の割合 ( $F_h/F_v$ ) が、除去率に及ぼす影響を Fig.2 に示す。これより、 $F_h/F_v$  の値が大きいほど、すなわち、水平分力の寄与が大きいほど、除去率も大きいということが明らかとなった。

### 3. 洗浄機構に関わる流体力の検討<sup>4)</sup>

天木らは流体力の洗浄機構に対する効果に着目し、基質の布モデルとしてポリエステル製とステンレス製のモノフィラメントのメッシュを用い、水、界面活性剤 (LAS, SDS, BC, 23-AE) の水溶液、高分子 (PEO, PAA) の希薄水溶液を通過させた時に生じた圧力損失 (メッシュを含む長さ  $L$  の区間で生じた圧力損失) を測定し、これをメッシュによる圧力損失と考えて抗力  $D$  を算出した (Fig.3)。

その結果、流体力が大きく、さらに抗力  $D$  が高いほど、溶液がメッシュ間隙を通過する際に抵抗を受けやすいことが確認された (Fig.4)。このことより、布に付着した汚れに対しても流体力が大きく働き、汚れを繊維から引き離す作用や洗液中に運び出す作用も高まると考えられる。

### 4. 洗液中における布地の繰り返しの曲げ変形と摩擦の効果<sup>5)</sup>

多田らは、洗液中の汚染布にほぼ一定の曲率による曲げ変形を繰り返させて洗浄を行い、その表面反射率測定から、洗浄における曲げと摩擦の効果を別々に評価した。

Fig.5 にこの実験で用いた装置の原理を示す。布地に一定の曲げ変形を与えるために、直径  $2r$  の円柱の中央部を間隔  $l_0$  だけ細く削り取り、円柱に沿うように布をとり付ける。布に上下の往復運動を与えると円柱に沿って運動する部分 (幅  $l_1$ ) は円柱に接触しない状態 (曲率  $\kappa = 1/r$ ) への変形を行う。したがって中央の円柱に触れない部分 (幅  $l_0$ ) も幅  $l_1$  とほぼ同じ曲げを受けることになる。これにより洗浄実験を行えば、Fig.5 の(b)に示したように、幅  $l_0$  の部分 B では他の固体に無接触で曲げ変形したときの洗浄の効果を、幅  $l_1$  の部分 C では曲げと同時に円柱との摩擦による効果を、また、無変形・無接触で上下運動のみを繰り返す部分 A では液流のみの効果を見ることが出来る。

機械力の加わらない比較試料として、同質の汚染布を洗浄実験と同じ時間だけ洗液に浸漬させた。その結果、各部の洗浄率は  $C > B > A >$  浸漬のみの順であり、往復回数が増すと A・B・C 部は 1000 回付近まで、浸漬のみの汚染布では 200 回付近まで増加し、それ以降はほぼ一定となった (Fig.6)。

曲げ(B-A)と摩擦(C-B)が全体の反射率に占める割合を洗浄比  $\rho$  とすると、往復回数の少ないところでは摩擦による洗浄比が大きく、曲げによるそれは小さいが、往復回数が 1000 回以上になると両者ともほぼ同じ比となっていた (Fig.7)。つまり、摩擦の効果は洗浄の初期の頃に顕著であり、曲げの効果は摩擦の効果より時間的に遅れて現われるが、時間が経過すると (例えば、この実験では回数 1000 回以上)、両者とも同じ割合に落ちつくことがわかった。およそ、曲げの効果が 30%、摩擦の効果 30%で残りのほぼ 40%が水流と洗剤による効果であるということが示唆された。

<引用文献>

- 1) 柏一郎, 平林隆, 角田光雄, 大場洋一, 油化学, 20, 304 (1971)
- 2) 岩崎芳枝, 日景弥生, 矢部章彦, 油化学, 36, 254 (1987)
- 3) 岩崎芳枝, 矢部章彦, 油化学, 39, 654 (1990)
- 4) 天木圭子, 長谷川富市, 第 30 回洗浄に関するシンポジウム, 25 (1998)
- 5) 多田千代, 長谷川富市, 油化学, 32, 397 (1983)

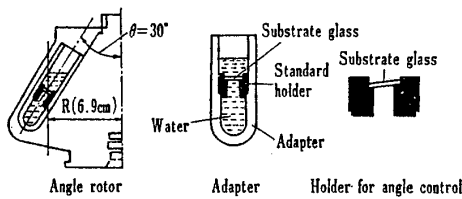


Fig.1 Schematic diagram of centrifugal washing device.<sup>2)</sup>

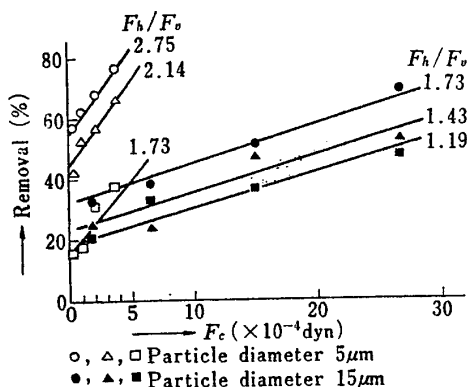


Fig.2 Effect of centrifugal force ( $F_c$ ) and  $F_h/F_v$  on particle removal.<sup>2)</sup>

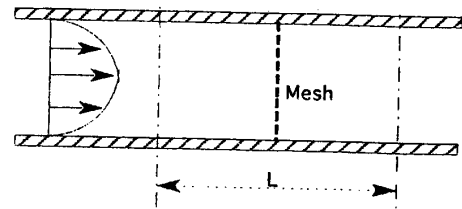


Fig.3 Principle of Experimental device<sup>4)</sup>

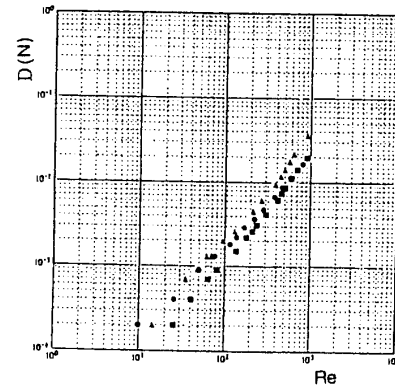
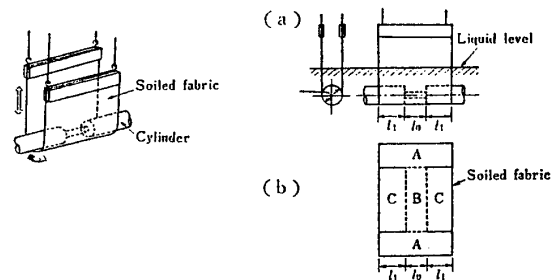


Fig.4 Drag force with mesh<sup>4)</sup>  
(LAS 0.5%, Stainless mesh)

Thread count/inch : ●200, ■250, ▲300



(a) Schematic arrangement  
(b) Washed parts of soiled fabric

Fig.5 Principle of experimental washing device.<sup>5)</sup>

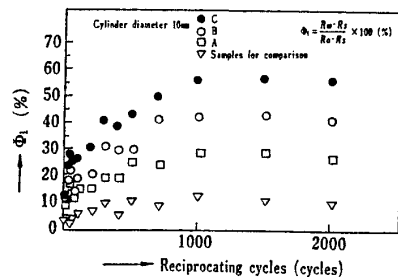


Fig.6 Detergency vs. reciprocating cycles.<sup>5)</sup>

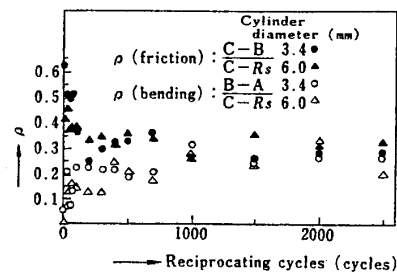


Fig.7 Ratio of repeated bending and friction effect to detergency.<sup>5)</sup>