

市販洗濯用洗剤の洗浄効率に及ぼす界面活性剤含有量の影響

牛腸ヒロミ・恒川弥子・上西朋子・稲垣サナエ

生活環境学科 アパレル管理研究室

Influence of surfactant contents on detergency

Hiroimi GOCHO, Hisako TSUNEKAWA, Tomoko UENISHI and Sanae INAGAKI

Department of Human Environmental Sciences, Jissen Women's University

The efficiencies of the detergency of seven commercial detergents were measured by the standard method of detergency measurement. It was found that the efficiency was determined solely by the total concentration of the surfactants contained in respective detergents, e. g., LAS, AE, fatty acid salt and others.

Key words : detergency (洗浄効率), detergent (洗剤), soil (汚れ), surfactant (界面活性剤)

1. はじめに

洗濯用洗剤の主成分は界面活性剤で、多種類の界面活性剤の中には汚れを落とす性質を持つものがある。界面活性剤は、特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律である化学物質管理促進法 (PRTR 法) で規制されている。従って、洗濯用洗剤には、少量で洗浄効率の高い界面活性剤を使う必要がある。

洗濯用洗剤に配合されている代表的な陰イオン界面活性剤は直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩 (LAS) で、原料が比較的安価で洗浄能力が高いため、従来から多量に用いられてきた。天然の油脂を原料にする石鹼は、洗浄力が高く、生分解性が良好であるが、低温では溶解性が低下し、洗浄力も低下する。また、硬度成分のカルシウムイオンやマグネシウムイオンと反応して水に不溶の金属石鹼を生成するため洗浄力が低下する。非イオン界面活性剤で多量に使われているのはポリオキシエチレンアルキルエーテル (AE) で、親水基と親油基のバランスを幅広く変えることが可能であるため多用されている。洗濯洗剤用界面活性剤としては、LAS と共に、最も使われている。ヤシ油、パーム油を原料とする非イオン界面活性剤のポリオキシエチレン脂肪酸メチルエステル (MEE) は耐硬水性に優れ、低濃度での洗浄力が高い。LAS と AE は

PRTR 法に指定¹⁾ されている 4 種の界面活性剤のうちの 2 種である。

洗剤の実用性能の評価には、実際に着用、使用した天然汚染布の使用が望ましいが、天然の汚染布は汚染に時間がかかり、再現性にも問題があるので、その研究目的に応じた様々な人工汚染布があり、現在も研究が進んでいる。

洗浄効率には洗剤の種類²⁾、濃度²⁾、洗浄温度²⁾、時間、浴比、機械力³⁾ が影響するので、これらの条件を整えて比較検討する必要がある。

本研究では、2014 年 7 月から 2015 年 5 月の期間での売り上げ上位 5 位に入った最新の人気洗濯洗剤 5 種とそれ以前に一般家庭で使用されていた典型的な洗濯洗剤 1 種とマルセル石鹼の合計 7 種の洗濯用洗剤の洗浄性を、湿式人工汚染布と洗浄機ターゲットメーターを使って洗浄し、その表面反射率から評価した。さらに洗浄効率に及ぼす界面活性剤含有量の影響を検討し、家庭用洗剤として実効性があり、かつ環境負荷の小さな洗濯用洗剤の評価を行った。

2. 実験方法

2-1. 人工汚染布

布試料として、洗濯科学協会製の湿式人工汚染布を用いた。綿布に付着された汚れ成分は表 1 のとおりで

表1 洗濯科学協会製湿式人工汚染布の污垢成分とその配合量

| | | 成分 | 配合量 / % |
|-------|----------|-------------|---------|
| 有機質成分 | 油性污垢成分 | 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 | 2.6 |
| | | コレステロール | 1.6 |
| | タンパク質 | ゼラチン | 7.0 |
| 無機質成分 | 赤黄色土 | 29.8 | |
| | カーボンブラック | 0.5 | |

ある。衣類の汚れ成分は、体内からは、体表にある皮脂腺から分泌される皮脂と、皮膚表面の表皮層からの脱落細胞であるタンパク質と外部からの固体粒子汚れなどから成っており、人工汚染布の成分はこれらをモデル化したものが使われている。関東ローム層土とカーボンブラック粒子から成る固体粒子汚れにより人工汚染布の表面は灰色を呈している。洗浄により除去された固体粒子汚れの量は、汚染布の表面反射率により汚れ量の減少として評価される。

2-2. 洗剤

洗剤試料は、表2に示した6種類の市販の洗濯用合成洗剤、A、B、C、D、E、Fと脂肪酸石けんGの計7種を用いた。

洗濯用洗剤の標準使用濃度と含まれる界面活性剤の種類と含有量を示す。一般に市販洗濯用洗剤の標準使

表2 洗剤試料の標準使用濃度と洗剤中の界面活性剤の種類と含有量

| 市販洗剤試料 | 標準使用濃度 / % | 界面活性剤 | |
|---------------|------------|--------------------|---------|
| | | 種類 | 含有量 / % |
| A | 0.08 | LAS、AE | 25 |
| B | 0.08 | AE、LAS、脂肪酸塩 | 33 |
| C | 0.03 | AE、脂肪酸塩、第4級アンモニウム塩 | 58 |
| D | 0.07 | AE、LAS、脂肪酸塩 | 35 |
| E | 0.03 | MEE、LAS、脂肪酸塩 | 35 |
| F | 0.07 | LAS | 17 |
| G (マルセル石鹸) | 0.10 | 脂肪酸ナトリウム | 100 |

LAS：直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム
 AE：ポリオキシエチレンアルキルエーテル
 MEE：ポリオキシエチレン脂肪酸メチルエステル

用濃度は、界面活性剤がミセルを形成する濃度である臨界ミセル濃度 (cmc) に、汚れや被洗物に吸着して損失する界面活性剤量を加えた濃度が基本となる。従って表2から、界面活性剤のAEやMEEはcmcが小さく、次いでLAS、脂肪酸ナトリウムと推定できる。生成するミセルは順に非荷電、非荷電、荷電、非荷電/荷電となっている。cmcが小さいということは、低濃度で良好な洗浄性を示すということなので、1回の洗濯に使われる界面活性剤が少なくてもよいことになる。それぞれの市販品に表示されている界面活性剤の含有量から、標準量を使用した際の洗浄浴中の界面活性剤濃度は、A、B、C、D、E、F、Gの順に0.02、0.03、0.02、0.03、0.01、0.01、0.10%となる。Gの界面活性剤濃度が飛びぬけて大きいのは、成分がcmcの最も大きい脂肪酸塩(マルセル石鹸)であることによる。また、一般に二種の界面活性剤の混合物は、混合ミセルを形成するが、その場合主成分のcmcが、やや大きくなる場合や、やや小さくなる場合があることが知られている。また陰イオン界面活性剤は塩を加えるとcmcが低下する⁴⁾ことが分かっている。FとGを除いてAからEまでの洗剤はすべて界面活性剤が2~3種入っている混合物だが、LASや脂肪酸塩にAEを加え、cmcを低下させ、界面活性剤量を減らすことをねらっている。前報³⁾で使用した市販洗剤の界面活性剤は1種か2種の混合物であったことを考えると、最近の洗剤はより多くの界面活性剤を組み合わせ、よりよい相乗効果を考えていることが分かる。最新の洗剤ではないFは界面活性剤成分がLASのみである。

2-3. 洗浄条件

洗浄装置として、大栄科学精器製作所製ターゴトメーターTM-4を用い、洗浄時間10分、すすぎ3分を2回繰り返した。洗浄温度は、30±2℃で浴比1:20、洗剤濃度、0.01、0.03、0.05、0.10、0.20%で洗浄した。

2-4. 洗浄効率の測定

2-3の条件で洗浄した布を乾燥して、洗浄前後の人工汚染布の表面反射率を、コニカミノルタ社製白色度計COLOR READER CR-14で測定した。測定されるK/S値はカーボンブラック等による光の吸収量に

あたり、人工汚染布の汚れの除去と対応する。K/S 値は(1)式から計算できる。

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

人工汚染布、洗浄後の人工汚染布、原布の K/S 値から、(2)式で洗浄効率 $D_{K/S}$ が求められる⁵⁾。

$$D_{K/S} = \{ (K/S)_s - (K/S)_w \} / \{ (K/S)_s - (K/S)_0 \} \times 100 \quad (2)$$

ここで、K は吸光係数、S は光の散乱係数、R は表面反射率、 $(K/S)_s$ は(1)式から算出した人工汚染布の K/S 値、 $(K/S)_w$ は洗浄後の人工汚染布の K/S 値、 $(K/S)_0$ は原布の K/S 値である。

3. 結果と考察

3-1. 各市販洗剤の洗浄効率の比較

図 1 に、市販洗剤 A ~ G の $30 \pm 2^\circ\text{C}$ での洗浄効率を示す。洗浄試験機はターゲットメーターである。洗剤 F を除いた A ~ E と G は、洗剤濃度 0.01% の時の洗浄効率は 25% 前後とほとんど変わらないが、洗剤濃度が濃くなるにつれ洗浄効率が上昇し、0.10% あたりでは洗浄効率で最大 30% 以上の差になった。洗剤 B が最も洗浄効率が高く、C、D、E、G がそれに続き、その差はほとんどなかった。A と F は濃度が濃くなっても洗浄効率はほとんど上昇しなかった。

図 2 に標準使用濃度で洗浄した時の、洗浄効率を示す。標準使用濃度とは、洗剤試料に表示されている使用濃度のことである。洗剤濃度が小さくて洗浄効率が高い洗剤が環境にやさしい洗剤と言える。洗浄効率が最も高いのは洗剤 B と G で D がそれに続く。次いで A、C、E で、最も低いのが F であった。洗剤濃度を見ると、B と A は 0.08% と同じであるのに、洗浄効

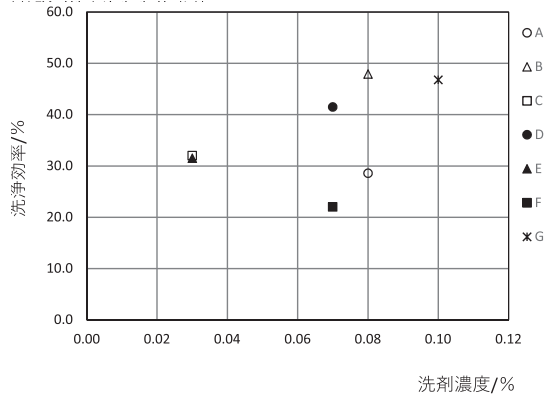


図 2 洗剤試料の標準使用濃度での洗浄効率

率は B が高い。G は、洗浄効率は高いが使用濃度が最も大きく 0.1% である。D と F も 0.07% と使用濃度は同じであるのに洗浄効率は D が高い。A、C、E は、洗浄効率はほぼ同じであるが、A は使用濃度が 0.08% と大きく、C、E は 0.03% と小さい。

3-2. 洗浄効率に及ぼす界面活性剤含有量の影響

前述したように汚れと布間の相互作用を小さくし汚れを除去する働きを持つ界面活性剤であるが、界面活性剤は化学物質として PRTR 法により規制されている。そこで各社は含有量が少なく済むように、cmc の小さな界面活性剤を使用している。

ここでは、市販洗濯用洗剤に含まれる界面活性剤含有量と洗浄効率との関係を調べるために、図 2 の洗剤濃度を界面活性剤濃度に換算して、図 3 に再プロットした。G の脂肪酸ナトリウム (マルセル石鹼) を除

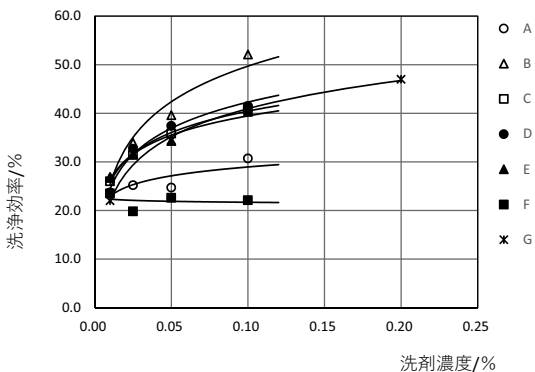


図 1 7 種の洗濯用洗剤の洗浄効率に及ぼす洗剤濃度の影響

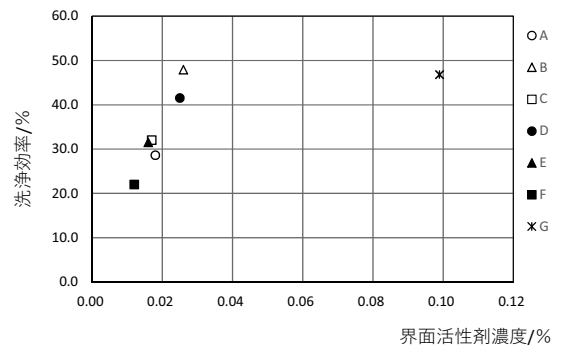


図 3 洗浄効率に及ぼす洗剤溶液中の界面活性剤濃度の影響

き、すべての合成洗剤の洗浄効率と界面活性剤含有量の関係は直線性を示した。このことは、1回の洗濯に使う界面活性剤の量が同じならば、界面活性剤の種類や含有量に関わりなく洗浄効率は同程度になることを意味している。

今回試験をした合成洗剤は6種類と少なかったもので、今後は、洗剤の種類を増やしたり、洗浄条件を変えても、この関係が成り立つことを確認する。

文献

- 1) 日本石鹼洗剤工業会環境委員会編著：環境年報 vol36 (2011年版) p35、日本石鹼洗剤工業会、(2011)
- 2) 牛腸ヒロミ、柚木ふみ、松本朋子、田中美和子、実践女子大学紀要、48、1 (2011)
- 3) Tomoko Uenishi, Hiromi Gocho, Jiro Komiyama, Abstract Book for Research Papers for XX II .World Congress International Federation for Home Economics (2012)
- 4) 大矢勝：よくわかる最新洗浄・洗剤の基本と仕組み 汚れ除去のメカニズム、p74、秀和システム、(2011)
- 5) 増子富美、齋藤昌子、牛腸ヒロミ、米山雄二、小林正司、藤居真理子、後藤純子、梅澤典子、生野晴美：被服管理学、p63、朝倉書店、(2012)