

## 市販弱アルカリ性洗剤の性能評価 (2)

上西朋子・牛腸ヒロミ

生活環境学科 アパレル管理研究室

### Performances of Weakly Alkaline Powder Detergents (2)

Tomoko UENISHI and Hiromi GOCHO

*Department of Human Environmental Sciences, Jissen Women's University*

Washing efficiencies were studied for four kinds of commercial detergents; two were mainly composed of linier alkylbenzene sulfonate (LAS) and the other two mainly of sodium salt of fatty acids. The concentration range was set to 0-0.4% and the temperatures to 30, 40 and 60°C. The mechanical contributions to the efficiency were compared with a Terg-O-Tometer and a Launder-O-Meter.

With the concentration of the detergents, the efficiencies became high to the maximum ones close to the recommended usage concentrations. Generally the efficiencies were maintained or slightly lowered at higher concentrations. Within the temperature range, and the efficiencies showed maxima at 40°C except B composed of sodium salt of fatty acids which showed increasing trend in the efficiency with temperature. With Terg-O-Tometer, the efficiencies were higher by almost 30% than those with Launder-O-Meter.

**Key words :** washing efficiency (洗浄効率), detergent (洗剤), detergent concentration (洗剤濃度), mechanical power (機械力)

### 1. はじめに

家庭での洗濯は水／洗濯機を用いた湿式洗濯がほとんどである。近年、環境意識の高まりに応じて、洗濯機は節水や省エネを考えたパルセータ型から回転ドラム型に変化してきている。洗濯用洗剤も同様に多様化しており、高濃縮により洗剤が少量で効率的に洗浄できるものや、すすぎ回数が少なくすすむといった省資源、省エネルギーを考えたものや、漂白剤や柔軟剤を配合して、新しい機能を与えたもの、仕上がりの風合いや香りなど消費者のニーズや好みに合わせたものなど様々な商品が発売されている。

衣生活も変化し、消費者の清潔志向の高まりにより、直接肌に触れる肌着以外の外衣も1～2回着用する毎に洗濯される傾向がある。汚れがあまり蓄積しないうちに洗濯するため、汗汚れや軽い皮脂汚れが落とせる程度の洗浄力で、かつ衣服の布地を傷めにくい中性洗剤が日常洗濯で多く使用されるようになってきた。しかし中性洗剤は、弱アルカリ性洗剤よりは洗浄力が劣

る。それぞれの利点はあるが、洗濯の基本的な目的は汚れを落とすことであり、洗剤の種類や性質、洗濯機の種類が洗浄効率に及ぼす影響を見逃す事はできない。

これまで界面活性剤、洗剤濃度、洗浄温度などの洗浄効率に及ぼす影響は数多く報告されてきた<sup>1) 2) 3)</sup>。また洗濯機の種類が洗浄効率に大きな影響を及ぼすという報告もある<sup>4)</sup>。我々も前報<sup>5)</sup>では、ラウンドオメーターを用いて、木綿・ポリエステルなどの洗濯に用いられる市販弱アルカリ性洗剤の洗剤濃度、洗浄温度の洗浄効率に及ぼす影響を調べ、市販洗剤は種類によって、使用質量に約9倍の違いがあり、洗浄効率で30%程度の違いがあることを報告した。本報告では、前報での知見の上に、JIS K 3362 で洗濯評価の試験機として採用されているターゴトメーターを使用した場合の洗浄挙動の結果を中心に議論し、機械力の影響を検討したので報告する。

## 2. 実験方法

### 1) 試料

試料は洗濯科学協会製湿式人工汚染布を使用した。汚染布の組成は綿 100%で、大きさは 5 cm × 5 cm である。汚染布に付着された污垢成分と配合量を表 1 に示す。衣類の汚れとなる、皮脂、タンパク質、固体粒子の汚れのモデルが配合されている。

洗剤試料として、市販粉末弱アルカリ性洗剤 4 種類を用いた。市販洗剤に含まれている界面活性剤の種類と配合量および配合剤と標準使用濃度を表 2 に示す。直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム (LAS と略記する) は陰イオン界面活性剤で、洗濯用洗剤として最も多く使用されている界面活性剤である。ポリオキシエチレンアルキルエーテル (AE と略記する) は非イオン界面活性剤で、臨界ミセル濃度 (cmc と略記する) が小さく、少量で洗浄効率が高くなることから洗濯用洗剤によく使用される。脂肪酸ナトリウム (石

けん) は動植物油脂から生成され古くから使われてきた洗剤であり、陰イオン界面活性剤に分類される。一般に洗剤にはこれらの界面活性剤の他にその働きを助ける洗浄補助剤 (ビルダー) が配合されている。炭酸塩やケイ酸塩などはビルダーとしてよく用いられるアルカリ剤であるが、洗浄液の pH をアルカリに保つ作用や汚れの分散作用、また水軟化の目的として配合されることが多い。また汚れの分解を補助する目的として酵素が配合されることがある。本実験の洗剤試料では A と C には酵素が配合されている。

### 2) 洗浄条件

洗浄機として大栄科学精器製作所製ラウンダーメーター LS-20 とターゴトメーター TM-4 の 2 種を用いた。ラウンダーメーターは回転ドラム式の洗濯機の、また、ターゴトメーターは攪拌式の洗濯機の機械力に対応すると考えられる。洗濯評価の試験機としては通常、ターゴトメーターが用いられている。

石けん、合成洗剤試験方法 JIS K3362,3304 に準じ、ラウンダーメーターでは洗浄 20 分およびすぎ 10 分、ターゴトメーターでは洗浄 10 分の後にすぎ 3 分を 2 回繰り返し行った。

洗濯条件は、浴比 1 : 100、洗浄温度は 30,40,60℃で、洗剤濃度は 0, 0.0063, 0.013, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4% の 8 種類である。なお本実験で使用した水はすべてイオン交換水である。

### 3) 洗浄効率の測定

ミノルタ製白色度計 CR-14 を使い、人工汚染布の表面反射率 R を測定し、R を (1) 式に代入して K/S

表 1 湿式人工汚染布の污垢成分と配合量<sup>5)</sup>

成 分		配合量 (%)	
有機質成分	油性汚垢成分	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	2.5
	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

表 2 試料洗剤の成分、界面活性剤の種類と含有量および標準使用濃度

洗剤試料	界面活性剤と配合量	配合剤	標準使用濃度 (%)
市販洗剤 A	25% 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム (LAS)、ポリオキシエチレンアルキルエーテル (AE)	アルミノけい酸塩、炭酸塩、硫酸塩、分散剤、蛍光増白剤、酵素	0.07
市販洗剤 B	70% 脂肪酸ナトリウム	炭酸塩	0.13
市販洗剤 C	20% ポリオキシエチレンアルキルエーテル (AE)、脂肪酸ナトリウム	アルミノけい酸塩、炭酸塩、分散剤、蛍光増白剤、酵素	0.05
市販洗剤 D	18% 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム (LAS)	炭酸塩、硫酸塩、苛性ソーダ、香料、ベントナイト	0.08

値を求める。洗濯前後の K/S 値と汚染布の原布の K/S 値を (2) 式に代入して洗浄効率  $D_{K/S}$  を求めた。K は吸光係数、S は光の散乱係数、R は表面反射率、(K/S)<sub>s</sub> は (1) 式から算出した人工汚染布の K/S 値、(K/S)<sub>w</sub> は洗浄後の人工汚染布の K/S 値、(K/S)<sub>o</sub> は原布の K/S 値である。

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

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

### 3. 結果および考察

#### 1) 4 種の市販洗剤の洗浄効率の比較

はじめにターゲットメーターを用いたときの洗浄効率を各温度で比較した。図 1 は洗浄温度 30℃での市販洗剤 A ~ D の洗浄効率に及ぼす濃度の影響を示す。黒く塗りつぶした記号は各洗剤の標準使用濃度での洗浄効率を示している。洗剤 A は標準使用濃度の 0.07% 付近までは急激に洗浄効率が高くなるが、それ以上の濃度になっても洗浄効率はほとんど変わらない。洗剤 B は標準使用濃度が 0.13% であるが、標準使用濃度の 2/3 程度の 0.1% 付近で洗浄効率が 60% 近くとなり、さらに濃度が増すと洗浄効率が少し低くなる。洗剤 C は標準使用濃度の 0.05% で最も高い洗浄効率を示し、それ以上の濃度でもほぼ一定となっている。洗剤 D は標準使用濃度 0.08% より約 2 倍の濃度である 0.2% 付近で洗浄効率 60% 弱と最高値を示し、それ以上の濃度ではほぼ一定となった。

図 2 は同様に 40℃での洗浄効率を比較したグラフである。洗剤 A の洗浄効率に及ぼす洗剤濃度の影響は、30℃の時とほぼ同じであったが、他の 3 種類の洗剤においては、洗剤濃度 0.1% あたりまでの洗浄効率が急激に高くなり、30℃の時に比べ、8 ~ 22% ほど洗浄効率が上がった。洗剤 A と洗剤 C が 0.025% 付近で洗浄効率 70% を超え、洗剤 B と洗剤 D に比べて 10 ~ 15% 高いのは、表 2 に示すように、洗剤 A と洗剤 C に LAS より cmc の低い AE が含まれていることの影響が大きいことを示唆している。各洗剤ともに標準使用濃度付近で最も高い洗浄効率を示し、それ以上の濃度にしても洗浄効率はほぼ一定であった。このことは標準使用濃度より高い洗剤濃度にしても高い洗浄力を得られるわけではないことを示している。

図 3 は 60℃で洗浄した時の洗浄効率を示している。

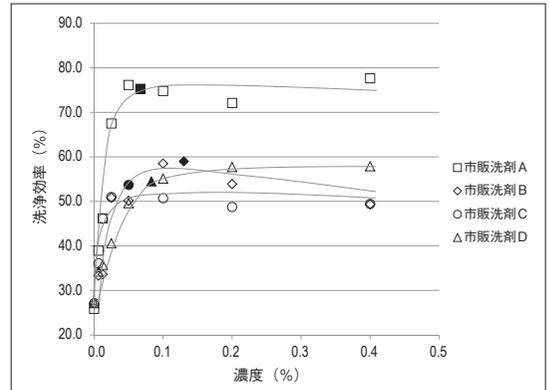


図 1 ターゲットメーターを用いて 4 種の市販洗剤で洗浄した人工汚染布の洗浄効率—30℃  
■, ◆, ●, ▲は各市販洗剤 A, B, C, D の標準使用濃度での洗浄効率

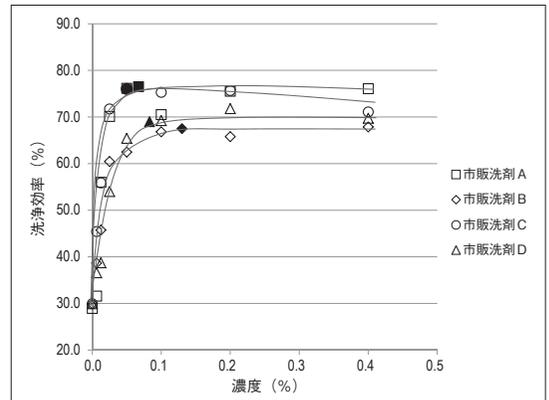


図 2 ターゲットメーターを用いて 4 種の市販洗剤で洗浄した人工汚染布の洗浄効率—40℃  
■, ◆, ●, ▲は各市販洗剤 A, B, C, D の標準使用濃度での洗浄効率

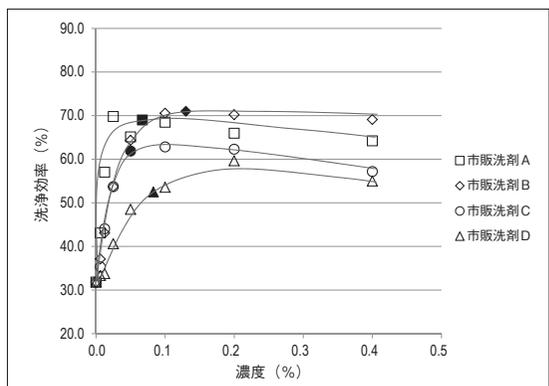


図 3 ターゲットメーターを用いて 4 種の市販洗剤で洗浄した人工汚染布の洗浄効率—60℃  
■, ◆, ●, ▲は各市販洗剤 A, B, C, D の標準使用濃度での洗浄効率

主成分に脂肪酸ナトリウムが70%使用されている洗剤Bは30℃と40℃の時よりも洗浄効率が上がったが、他の3種の洗剤は60℃の時の方が低い結果となった。また洗剤D以外は標準使用濃度以上の高濃度にしても、逆に洗浄効率が低くなる結果となった。この結果は市販合成洗剤を使用するのであれば、洗浄温度を60℃まで高くする必要は必ずしもないことを示唆している。または、人工汚染布に用いられている表面反射率に大きな影響を与える無機成分であるカーボンブラックの水中への移行が高温では制限されるのか、分散状態が変化しているのではないかと推定している。

ここまで3種類の温度での洗浄効率を見てきたが、3種類のすべての温度において、標準使用濃度付近までは濃度が高くなるにつれ急激に洗浄効率が上がり、標準使用濃度より高い濃度になると洗浄効率はほぼ一定、もしくは若干低下することが共通して見出された。このことは既に広く知られていることである。しかし本実験の結果では、標準使用濃度より若干低い濃度でも洗浄効率にほとんど差がない洗剤があるということが分かった。標準使用濃度より10%から大きいもので40%ほど洗剤量を少なくしても洗浄効率がほとんど変わらない洗剤も見られる。表示の標準使用量より少ない使用量で洗濯できるということは、環境面の配慮からも再考すべきと考える。ただし、実際の洗濯では、使用する水はイオン交換水ではなく、ある程度の硬度成分が含まれている水道水であることから、多めにしておくことの妥当性もあると言える。

## 2) 洗浄温度の影響

図4は各洗剤の標準使用濃度における洗浄効率を洗浄温度に対して示したものである。30℃の時の標準使用濃度付近でのA～Dの洗浄効率は、約54%から75%までで、高いものと低いものでは20%ほどの差が見られた。40℃では、4種類の洗剤において30℃の時とほぼ同じか、30℃の時よりも洗浄効率が上がり、洗剤A、C、Dでは最高値を示した。60℃では洗剤Bのみ洗浄効率がさらに高くなったが、ほかの3種類は洗浄効率が低くなることがわかった。洗剤Bは界面活性剤に脂肪酸ナトリウムを70%使用しているため比較的親水基の効果が強く、温度が高くなるほど洗浄効率が上がったものと考えられる。通常は、綿など

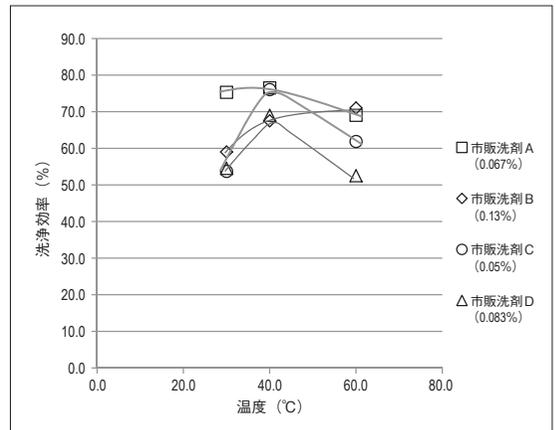


図4 ターゴトメーターを用いて4種の市販洗剤で洗浄した人工汚染布の標準使用濃度での洗浄効率

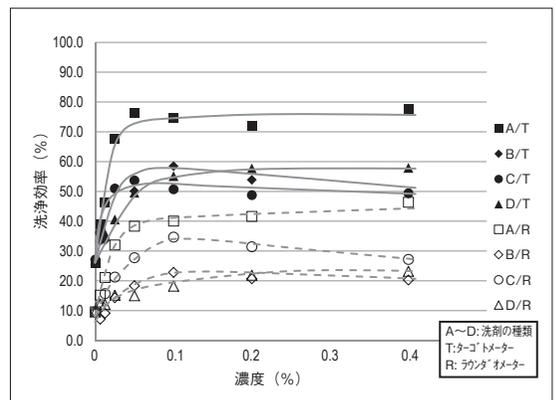


図5 市販洗剤4種を用いた30℃での洗浄効率(機械力の比較)

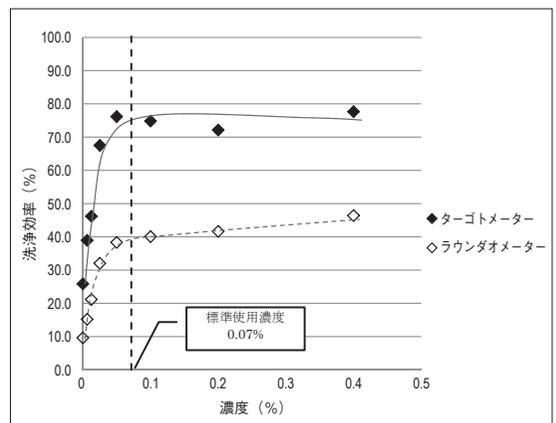


図6 市販洗剤Aを用いた30℃での洗浄効率(機械力の比較)

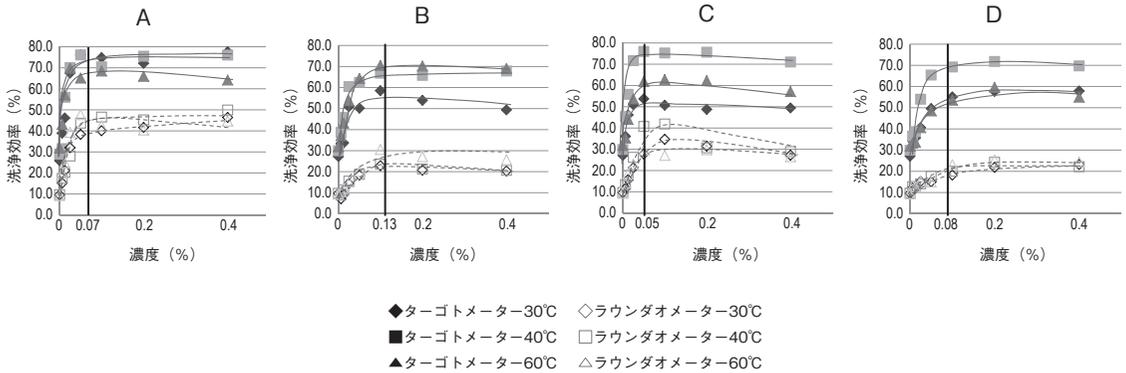


図7 市販洗剤A, B, C, Dの洗浄効率に及ぼす濃度, 温度, 機械力の影響

のセルロース繊維においては高温洗浄の方が低温よりも高い洗浄効率を示す<sup>6)</sup>。しかしすべての市販洗剤において温度が高くなるほど洗浄効率が上がるというわけではないことが分かった。60°Cで洗浄効率が下がっているものがあるのは、汚れ成分であるカーボンブラックの分散状態の変化を反映している可能性と、40°Cあたりで最も顕著になると言われる疎水結合の相互作用の効果が寄与していると推定される。市販洗剤に含まれる酵素の失活の効果とも考えたが、表2に示すように、酵素が配合されている市販洗剤A, Cだけでなく、酵素が配合されていない洗剤Dも洗浄効率が低下していることから、十分に説明できない。

### 3) 機械力の影響

図5はラウンドオメーターとターゲットメーターを用いた30°Cにおける4種類の洗剤の洗浄効率をまとめたグラフである。4種の洗剤のすべての濃度において、ターゲットメーターの方が高い洗浄効率を示した。図6はターゲットメーターとラウンドオメーターを用いた洗剤Aの洗浄温度30°Cにおける洗浄効率を示しているが、標準使用濃度0.07%付近での洗浄効率は、ターゲットメーターでは約75%を示しているのに対しラウンドオメーターでは40%を示し、洗浄効率が約1/2である事が分かる。図7に示すように、洗剤B, C, Dにおいても、標準使用濃度でのターゲットメーターによる洗浄温度30°Cでの洗浄効率は、ラウンドメーターの洗浄効率よりそれぞれ40～35%高かった。40°C、

60°Cにおいてもターゲットメーターを使用した場合の方が約45～20%高い洗浄効率を示した。標準使用濃度以外の濃度においてもターゲットメーターの方が洗浄力が高いことが明らかになり、洗浄効率に及ぼす機械力の影響は極めて大きいことが分かった。

### 4. 結論

4種の洗剤を用い8種類の濃度で標準人工汚染布を洗浄したところ、30、40、60°Cの各温度で洗剤濃度が高くなるにつれ洗浄効率が高くなり、標準使用濃度より高い濃度になると洗浄効率はほぼ一定になるか、若干低下する傾向がみられた。洗剤によっては洗浄効率がわずかに低下するが、洗剤使用量を10～40%減らすことが可能であることが分かった。

30°C、40°C、60°Cの3種の温度では、必ずしも高温ほど洗浄効率があがるわけではないこと、主成分が脂肪酸ナトリウムの市販洗剤では温度と共に、洗浄効率が顕著に上昇することが推察され、また、界面活性剤AEの添加は高温での洗浄効率保持に効果があることが示唆された。洗浄実験を行った結果、40°Cで洗浄した場合に洗浄効率が最大値を示した。

ターゲットメーターとラウンドオメーターを用いた機械力の比較では、標準使用濃度での洗浄効率は大きいもので45～20%ほど前者での洗浄効率が高いことが見出され、機械力の違いが洗浄効率に及ぼす影響は大きいことが分かった。

## 5. 謝辞

本論文をまとめるにあたり、貴重なご助言を頂きました東京工業大学名誉教授小見山二郎博士に深謝申し上げます。

なお、この研究の一部を繊維製品消費科学会 2011 年度年次大会で発表した。

## 文献

---

- 1) 阿部幸子, 渡辺洋江, 片山倫子, 家政誌, 46, (3), 265-269 (1995)。
- 2) 片山倫子, 渡辺咲子, 宮崎伊津子, 小林泰子, 阿部幸子, 家政誌, 46, (12), 1173-1177 (1995)。
- 3) 山田泉, 脇田雅, 黒岩茂隆, 家政誌, 40, (5), 401-405 (1989)。
- 4) 柏一郎, 平林隆, 角田光雄, 大場洋一, 油化学, 20, 304 (1971)。
- 5) 牛腸ヒロミ, 柚木ふみ, 松本朋子, 田中美和子, 実践女子大学生生活科学部紀要, 48, 1-6 (2011)。
- 6) 中西茂子, 岩崎芳枝, 齊藤昌子, 阿部幸子, 増子富美, 被服整理学, p35, 朝倉書店, (1999)。