

家庭洗たくにおける最適な洗たく条件の検討

(2) 洗浄効率と臨界ミセル濃度との関係

牛腸ヒロミ 佐藤美雪

Suitable Condition for Domestic Washing

(2) Relation of Critical Micelle Concentration to Detergency

HIROMI GOCHO and MIYUKI SATO

Fabrics soiled by carbon black were washed with a laundry detergent. The effect of detergent concentration and temperature on detergency was discussed with respect to critical micelle concentration.

Although the detergent efficiency varied slightly, it was independent of temperature in the range from 20 °C to 40 °C. It was seen that the detergent efficiency depended on detergent concentration, and the plot of the efficiency against the concentration passed through a maximum value. The maximum value related to the critical micelle concentration.

前報¹⁾では、家庭洗たく条件での洗浄実験を、市販合成洗剤Tと人工汚染布、家庭用電気洗たく機を用いて行い、若干の知見を得た。即ち、洗浄効率は洗剤濃度が増すほど増加するが洗剤濃度0.1%から0.3%付近で最大値を示し、それ以上濃度が増しても効果がなかった。つけおきの効果は低濃度ではほとんどみられなかったが、高濃度(0.5%)では効果があった。洗たく温度は20℃から40℃程度ではほとんど影響がないようにみえた。しかし、汚染布のモデル汚れとして粒子汚れを用いているので、測定値のバラツキが大きく、洗浄効果の傾向をつかむにとどまったため、本研究では、測定回数を増やしバラツキを抑え、洗剤濃度も増やして更に多くの情報を得、家庭洗たくにおける最適な洗たく条件を設定するための基礎データを得ることを目的として行った結果、特に、最大洗浄効率と臨界ミセル濃度との関係を明らかにすることが

できた。

実験方法

洗浄実験に用いた人工汚染布は前報¹⁾と同じ方法で調製した。洗剤は市販酵素配合洗剤Aを用い、洗浄効率は(1)式から算出した。

$$\text{洗浄効率(\%)} = \frac{(R_w - R_s)}{(R_o - R_s)} \times 100 \quad (1)$$

ここでは R_o は原白布の表面反射率、 R_s は汚染布の表面反射率、 R_w は洗浄布の表面反射率である。

1. 洗浄実験(A)

前報¹⁾の洗浄実験(a)と同じ方法で行い、試料布の表面反射率を測定した。但し、洗浄温度は20℃、30℃、40℃の3種類で、洗剤濃度は0.02%、0.05%、0.1%、0.15%、0.3%、0.5%の6種類である。

Key words: washing, detergent efficiency, critical micelle concentration, detergency

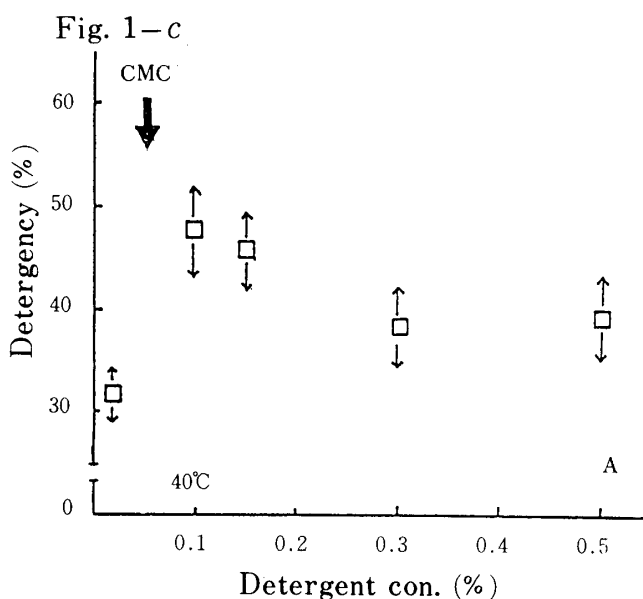
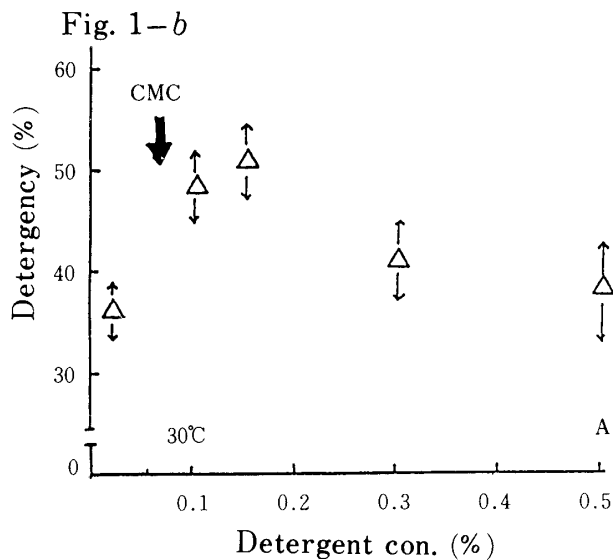
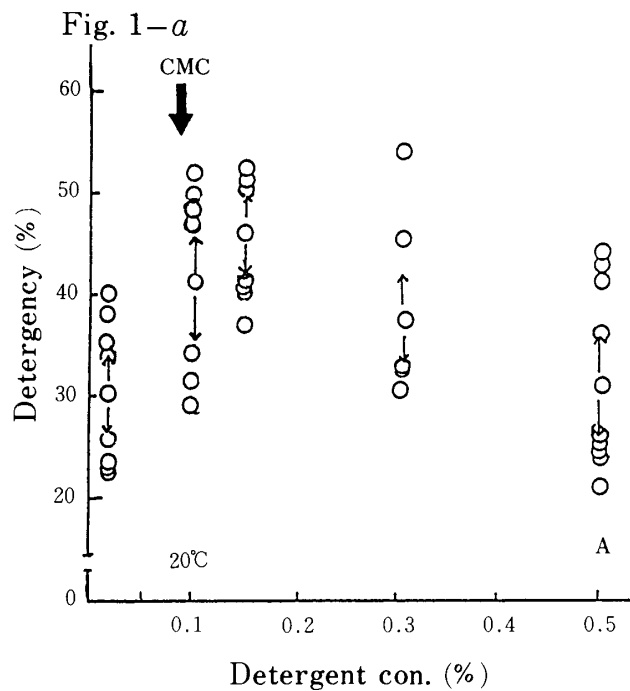


Fig. 1 Effect of detergent concentration on detergency (A) washing without pretreatment

2. 洗浄実験(B)

前報¹⁾の洗浄実験(b)と同じ方法で行い、試料布の表面反射率を測定した。

3. 表面張力の測定

滴数計を用いる液滴法²⁾により測定した。

0.01%, 0.02%, 0.05%, 0.07%, 0.1%, 0.2%に調製した洗剤液が所定温度になったことを確認して、所定温度に調節した恒温器中で滴数計の一定容量分を滴下する洗剤液の滴数を測定した。滴数計からの洗剤液落下速度は1分間に 12 ± 2 滴程度となるよう調節した。測定温度は20°C, 30°C, 40°Cである。測定は繰り返し4回行い、(2)式を用いて各温度での洗剤液の表面張力を算出した。

$$\gamma = \gamma_{\theta} (n_{\theta} / n) \quad (2)$$

ここで γ は洗剤液の表面張力(dyne/cm), γ_{θ} は蒸留水の表面張力(dyne/cm), n は洗剤液の滴数, n_{θ} は蒸留水の滴数である。蒸留水の表面張力は化学便覧³⁾を参照した。

4. 界面活性剤濃度の測定

エプトン法⁴⁾にて測定した。

陰イオン界面活性剤であるドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム(LAS)と洗剤Aの0.05%, 0.1%, 0.15%, 0.2%水溶液を調製し、メチレンブルー指示薬を用いて、陽イオン界面活性剤である塩化セチルピリジニウム0.05%水溶液で滴定して(3)式により、洗剤A中の陰イオン界面活性剤含有率を算出した。洗浄実験の手順にしたがって調製した0.02%, 0.05%, 0.1%, 0.15%, 0.3%, 0.5%の洗剤A水溶液についても同様に行い、界面活性剤含有率を算出した。

$$\text{界面活性剤含有率(\%)} = b / a \times 100 \quad (3)$$

ここで a はLAS0.2%に対する陽イオン界面活性剤滴下量(ml)であり、 b は洗剤0.2%に対する陽イオン界面活性剤滴下量(ml)である。

結果及び考察

1. 洗剤濃度及び洗浄温度の効果

洗浄実験(A)の結果から算出した洗浄効率を洗剤濃度に対してプロットしたものを図1に

示した。図1-aに示したように、一回の洗浄実験に汚染布3枚を用いて反射率を求め、これを4回繰り返して所定濃度での洗浄効率を得た。この値に統計処理を施し、洗浄効率の値のパラッキを矢印で表した。以下、平均値と矢印のみで表示する。どの洗浄温度でも、洗剤濃度が低い領域では、洗剤濃度が増すにしたがい、洗浄効率は増していき、極大を経た後は、洗剤濃度の増加とともに、洗浄効率は減じている。洗浄温度20℃では洗剤濃度0.15%あたりで最大の洗浄効率を示し、洗浄温度30℃では0.1%から0.15%あたりで、そして洗浄温度40℃では0.1%付近で最大の洗浄効率を示している。つまり、洗浄温度が高くなるほど最大洗浄効率が洗剤濃度の低い方へ移動していることを示している。しかし、図2に示したように、洗剤濃度が同じ場合は、洗浄温度が変わっても洗浄効率にあまり大きな影響を与えなかった。

洗浄実験(B)の結果から算出した洗浄効率対洗剤濃度のプロットを図3に示した。どの洗浄温度でも洗剤濃度の小さい領域では洗浄効率は小さく0.1%あたりで最大の洗浄効率を示し、それ以上の濃度になると洗浄効率は低下し、0.3%以上になると一定になった。この系では洗浄実験(A)のような、最大洗浄効率を示す洗剤濃度の温度依存性はみられなかった。しかし、図1-aと図3-aから、つけおきにより、最大洗浄効率を示す洗剤濃度が低濃度側に移動していることが分かり、図2にも示されているように20℃における洗剤濃度0.1%及び高濃度の0.5%濃度では、洗浄効率が大きくなっており、つけおきの効果は洗浄温度の10℃から20℃上昇の効果と同じであることを示唆している。

2. 臨界ミセル濃度と洗浄効率

一般に、界面活性剤水溶液は、ある濃度に達するとその物理的性質に特異性を示すことが知られている。この限界濃度はその界面活性剤の臨界ミセル濃度(cmc)と呼ばれており、洗浄力とも大きく関係している。表面張力、界面張力は濃度の増加とともに低下し、cmc

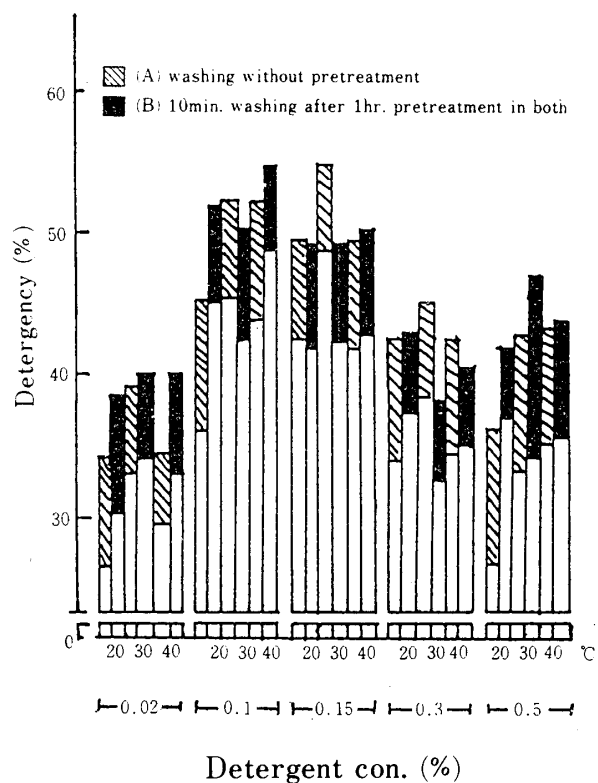


Fig. 2 Effect of temperature on detergency

を過ぎたあたりではほぼ一定になり、洗浄力、浸透圧などは濃度の増加とともに増大し、cmc以上の濃度ではほとんど変化がみられず一定になるが、水に不溶な油溶性物質の溶解度は、cmc以上の濃度で急激に大きくなるといわれている。そこで、この系でのcmcの測定を行った。cmcの測定は洗剤溶液の表面張力を測定することにより求めた。図4に(2)式により算出した表面張力を各洗剤濃度の対数プロットで示した。各温度とも2つの直線領域に分かれ、屈曲点が存在することを明示している。この屈曲点がcmcに相当するわけである。各測定点から、最小二乗法により直線式を求め、その交点を算出することにより屈曲点濃度を求めた。屈曲点濃度は、20℃、30℃、40℃と測定温度が上がるほど、0.082%、0.054%、0.050%と低濃度側に移動している。これは図1において最大洗浄効率が洗浄温度の上昇と共に低濃度側に移動しているのに対応しており、cmcを越したあたりで最大洗浄効率を得られていることがわかった。

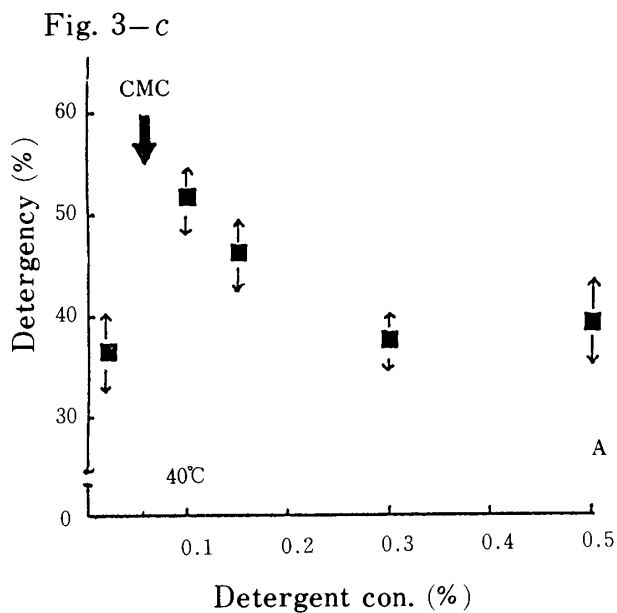
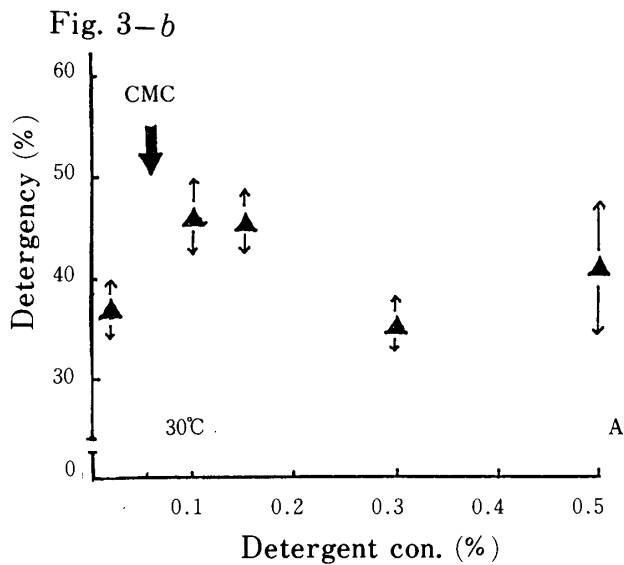
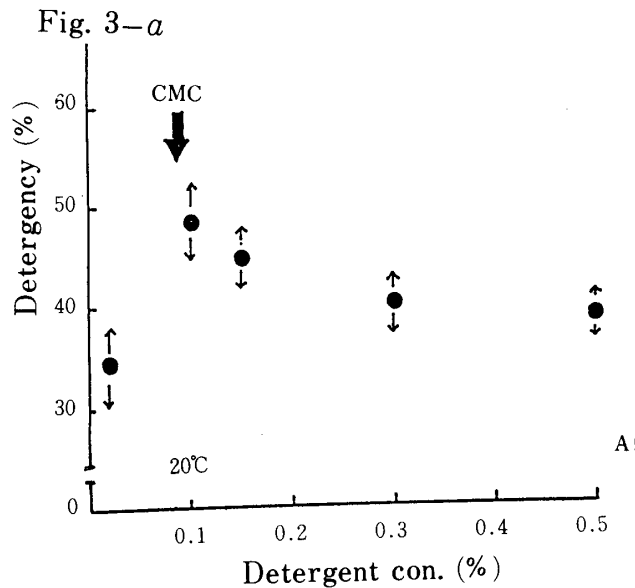


Fig. 3 Effect of detergent concentration on detergency (B) 10 min. washing after 1hr. pre-treatment in bath

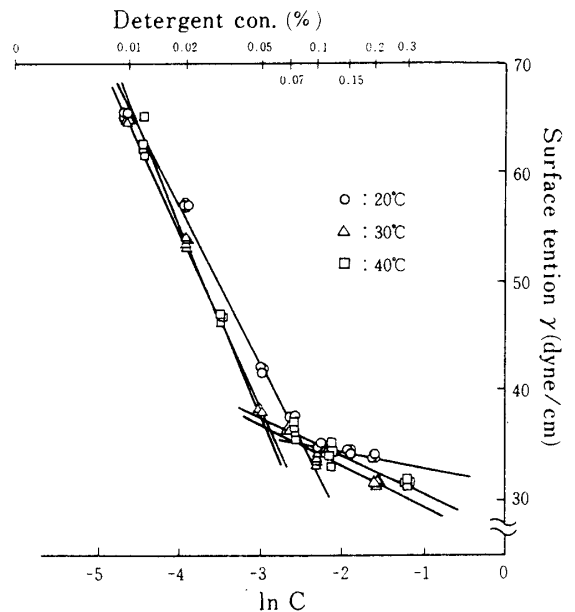


Fig. 4 Effect of temperature and detergent concentration on surface tension

3. 界面活性剤濃度と洗浄効率

前述したように洗浄力はcmc以上の濃度ではほぼ一定と言われているが図1, 図3に示されているように本実験では洗浄実験(A)(B)ともに洗剤濃度0.1%から0.15%付近に極大を持つ曲線が得られcmc濃度以上での洗浄力の一定化がみられない。そこで洗浄過程での洗剤液の不均一化を推定し、各濃度の洗剤が完全に溶解している均一溶液と、洗浄過程で得られる洗剤溶液を用いて、洗剤中の陰イオン界面活性剤濃度を測定した。その結果、加温溶解した洗剤液の陰イオン界面活性剤含有率は、どの洗剤濃度でも約31.4%で、30°Cの洗浄過程で得られた洗剤液の界面活性剤含有率は、どの洗剤濃度でもほぼ一定で22.5%となった。このことは、洗剤の溶解温度及び方法により洗剤液の界面活性剤含有量が異なることを示している。

一例として洗浄実験(A)の30°Cでの洗浄効率を洗剤中の陰イオン界面活性剤濃度でプロットすると図5のようになった。cmc濃度あたりから洗浄効率は一定になり、界面活性剤濃度0.04%過ぎあたりから洗浄効率の低下がみられる。他の温度でも同様な傾向がみられた。この様にcmc濃度以上で洗浄効率が一定にならず低下する現象は立花ら⁵⁾の牛脂汚染系で汚れ除去の絶対量を定量した結果からも報告

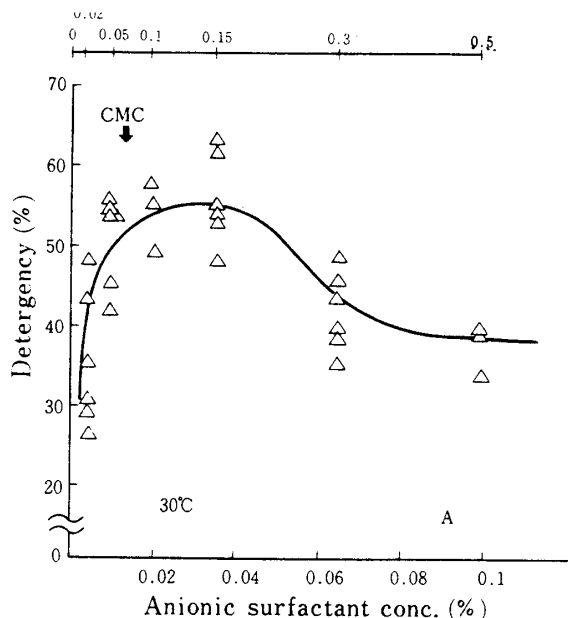


Fig. 5 Effect of anionic surfactant concentration on detergency

されている。PHANSALKAR⁶⁾は放射性カーボンブラックとSDS共存浴における綿布へのカーボンブラック再汚染性を調べ、界面活性剤濃度の増加と共に、固体汚れの分散度が変化して、吸着量は減っても微分散状態となるため、表面反射率が低下することを報告している。

要 約

1) 洗剤濃度が増すほど洗浄効率は大きくなっていくが、20℃から40℃くらいの洗浄温度では、洗剤濃度0.1%から0.15%あたりで最大洗浄効率を示し、それ以上の濃度になると洗浄効率は低下した。

2) 本実験で行った20℃から40℃の範囲では洗浄温度は、洗浄効率に大きな影響を及ぼさなかった。

3) 前処理をすることによる洗浄効率の上昇はみられなかったが、20℃、0.1%と0.5%濃度の洗浄においては洗浄効率が10%ほど上昇した。つまり20℃におけるつけおきは、20℃

での普通洗たくの洗浄温度を30℃から40℃にした効果があるということを示唆している。

4) 表面張力測定から、洗剤液の臨界ミセル濃度 (cmc) を求め、cmcが液温の上昇とともに低濃度側移っていくことがわかった。また、cmcを越えたあたりから洗浄効率の上昇がおだやかになり最大洗浄効率を示し始めることもわかった。よってcmcを少し越えたあたりの濃度での洗たくが最も効果的であるといえる。

5) 洗剤液の界面活性剤濃度の測定から、一定量の洗剤でも、溶解温度、攪判の仕方、溶解時間などの洗剤の溶解条件によって界面活性剤含有量が大きく異なることがわかった。つまり洗剤を完全に溶かしてから使用しないと標準使用量の洗剤を用いても界面活性剤が少ない状態で洗たくをしていることになり洗浄効率が低下する。

文 献

- 1) 牛腸ヒロミ, 佐藤美雪: 聖徳栄養短大紀要, 19, 28 (1988)
- 2) 日本化学会編: 実験化学講座7 界面化学, 丸善 (東京), p.11 (1971)
- 3) 日本化学会編: 化学便覧, 丸善 (東京), p.497 (1962)
- 4) 酒井豊子, 柳許子, 岡村幸子, 渡辺紀子: 被服科学実験, 三共出版 (東京), p.58 (1986)
- 5) TARO TACHIBANA, MICHI TUZUKI and AKIHIKO YABE: J. Colloid Sci., 15, 278 (1960)
- 6) A. K. PHANSALKAR: J. Phys. Chem., 59, 885 (1955)