

# カチオン界面活性剤とノニオン界面活性剤 混合系の洗浄性

— 粒子汚れ除去・再汚染・油脂汚れ除去・殺菌・脱臭および安全性 —

宮本 葉・張 梁奕<sup>1</sup>  
(2006年10月5日受理)

Detergency of Mixture of Cationic Surfactant and Nonionic Surfactant: Removal of Particle Soil, Soil Redeposition, Oily and Fatty Soil Removal, Sterilization, Deodorization and Safety

Shiori Miyamoto and Liangyi Zhang

The detergency of the mixture of hexadecyl trimethylammonium bromide (HTAB) and dodecyl polyoxyethylene ether (DPE) was studied using cotton and polyester fabric. The critical micell concentration of the mixture determined by surface tension method was  $4 \times 10^{-4}$  mol/dm<sup>3</sup>. Polystyrene latex particle removal and redeposition, removal of liquid paraffin and oleic acid, sterilization of *staphylococcus aureus*, deodorization of stench of cigarette and safety were examined through SEM observation, spectrophotometry, culture, a smell meter and a skin model. The effect of HTAB/DPE combination ratio on these six detergency indexes was investigated. The most effective mixing ratio of the mixture for detergency except oily and fatty soil removal was 90:10. When the combination ratio of HTAB was more than 90 %, the detergency reduced for reason of the increase of the surface tension of the mixture. The more DPE content was in the mixture, the more the oily and fatty soil was removed. The survival rate of the cells of the skin model was from 90 % to 100 % same as water. Therefore it was cleared that the mixture of HTAB and DPE used this study was safety.

Key words: cationic surfactant, nonionic surfactant, detergency, sterilization, safety

キーワード：カチオン界面活性剤, ノニオン界面活性剤, 洗浄性, 殺菌, 安全性

## 1. 緒言

衣類の汚れは外観を損ねるばかりでなく、素材の吸湿性を増やし、通気性、保温性、強度および人体への安全性の低下や臭気の発生等の保健衛生面にも悪影響を及ぼし、繊維の性能劣化や疲労を促進し、着心地を悪くする場合がある。また、衣類が着用される環境によってはタバコ等の匂いが付くこともある。したがって高い水準で保健衛生面を維持しながら耐用期間の延

長を図るように日常生活において家庭などで努力しなければならない<sup>1)</sup>。衣類の日常の手入れとして洗濯があげられ、それに使われる洗剤は汚れ除去のために主要な働きをする。しかし、洗濯作業中、あるいは衣類の着用による残留洗剤の皮膚との接触、経皮吸収等が肌荒れのような皮膚病を引き起こすこともある。さらに、汚れのひどい物を洗濯すると、洗濯によって除去された汚れが再び布に付着する現象（再汚染）が起こりやすい。再汚染は繊維の種類、洗剤の濃度および温度等の洗浴の条件によって変わる。それを防ぐことが洗浄効果を一層高くすることに繋がる。

<sup>1</sup> 東洋株式会社

一方、病院や高齢者施設などでは排泄物等の汚れや細菌が付着した衣類を取り扱わなければならないので、衣類の殺菌が日常の衛生管理として行われている<sup>2)</sup>。入院患者や高齢者施設の老人が着用している服の素材は綿とポリエステルが主である。綿の特性は、水分の吸収、発散、通気性、保温性などが大きく、構造による独特の肌触りの良さ、着心地の良さを持っている<sup>3)</sup>。ポリエステルの特性は皺になりにくい、耐熱性が優れ、洗濯が容易で、形くずれしない、耐薬品性が優良、虫、カビに侵されない等があげられ、各種繊維と混紡、混織して使用される<sup>3)</sup>。寝たきりの高齢者は、病気、老衰による身体の不自由さのために苦しむだけでなく、着用している被服に付着している細菌から新たに別の皮膚病になる可能性が非常に高い。しかし、市販の洗濯用洗剤には漂白剤を配合した軽い除菌作用をもつものはあるが、殺菌作用をもつ界面活性剤が配合された洗剤は未だにない。

カチオン界面活性剤の中には殺菌力が極めて強く、表面張力が低く、浸透力が大きいため被消毒物体によく浸潤浸透し、短時間に完全に消毒することができるものがある。洗濯に通常用いる濃度では金属、ゴム、プラスチック等を腐食しないので、これらで作られた各種の器具の消毒に使用でき、従来のような長時間の加熱滅菌を必要とせず、優れた殺菌性能を持ち、毒性が少ない。カチオン界面活性剤は高濃度では皮膚粘膜を侵すが、洗濯のような通常の使用濃度の範囲では皮膚、創傷面、粘膜に対し無刺激であり、不快な臭いがなく無色で衣類その他を汚染しないし、衣類や肌に対して優しい等の性能を持っている。また、安定性がきわめて良好で、煮沸、冷水などによっても効果が変わらず、光線、空気等による影響も少なく、長期の保存に耐える<sup>4)</sup>。一方、ノニオン界面活性剤は古くから利用され、水溶液は中性を示し、硬水や酸性液に優れた安定性を示す。乳化分散力が高いので洗浄力は低濃度でもきわめて高い。ノニオン界面活性剤は繊維への吸着性が少なく、低起泡性であるので、すすぎが簡単に済む。工業用には羊毛や合成繊維の精練・洗浄用として、また家庭用の洗剤としてはアニオン系洗剤に若干配合されて市販されている<sup>5)</sup>。

したがって、洗浄力が高く、その上、安全性が高い洗剤の開発は現代の衣生活における課題の一つであるといえる。そこで、本研究では家庭、病院、高齢者施設において簡便で衛生的な洗濯が行われるようにするために洗浄力が高いノニオン界面活性剤に殺菌作用の高いカチオン界面活性剤を種々の比率で混合した洗濯用洗剤を調製し、その洗剤の洗浄力、殺菌力、脱臭性、再汚染性及び生体に対する安全性等の洗浄性能につい

て調べ、得られた結果をもとにしてカチオン界面活性剤とノニオン界面活性剤のそれぞれの特徴を活かした上で被服と身体に優しく、洗浄性能が優れたカチオン/ノニオン界面活性剤混合系の混合比を求めることを目的とした。

カチオン界面活性剤として殺菌力の大きいヘキサデシルトリメチルアンモニウムプロミド（以後HTABと略す）、ノニオン界面活性剤として汚れ除去性能の高いドデシルポリオキシエチレンエーテル（以後DPEと略す）を用いた。固体粒子汚れとして球形で著しく単分散性を示すポリスチレンラテックス粒子を用いることとした。油脂汚れは水に不溶性で有機溶剤に溶解する油性物質で、主として皮脂や塵埃中の油脂成分、あるいは機械油、化粧品、食品油脂等である<sup>6-9)</sup>。そこで、本研究では油脂汚れとして流動パラフィンとオレイン酸を用いた。

病院や高齢者施設では洗濯の際に行われる衣類の殺菌の必要性和重要性について上述したが、実際には家庭生活においても着用した衣類に付着した多くの細菌が洗濯によって他の一般的な汚れとともに除菌されることが衛生学的視点から見てきわめて大切であり、また洗濯本来の目的の一つでもある<sup>2), 8)</sup>。日本における衣類洗浄では中・高温洗浄を生活習慣とする欧米諸国と異なり、冷水洗浄が行われ、また水の節約にとまなう洗浄後のすすぎ不足や住宅事情などによって直射日光が避けられ室内で衣類を乾燥する場合が多くなる等それらの諸因が重なって衛生上の見地からは多くの問題を残している<sup>10), 11)</sup>。一般に衣服に付着する汚染菌は繊維を劣化するいわゆる衣類かびから病原性が強く薬剤耐性の強い菌にまで及んでいる<sup>8), 11)</sup>。そこでHTAB/DPE混合系の殺菌効果について検討するために細菌として身近に存在して化膿や食中毒を起こしやすい黄色ブドウ球菌を用いることとした。

衣類洗浄においては外観的な美しさを取り戻す、いわゆる視覚的な効果や洗浄後の衣類の手触りなどをよくする仕上げを中心とした感覚的な効果等に重点が置かれてきた。実際社交的な面では人々が着用している服についている臭い特にたばこの臭いによって自身形象への悪い影響も軽視することができない。したがって、洗剤の脱臭効果も重要であるとされている<sup>11)</sup>。本研究では臭い成分として衣類に吸収されやすく完全に除去することが難しいタバコの臭いを使用することとした。さらに、洗剤の中の界面活性剤は基本的に皮膚を刺激しないものが望ましい<sup>12)</sup>ので、人体に対する安全性について皮膚モデルを使って検討することとした。

## 2. 実験方法

### 2.1 試料

カチオン界面活性剤としてヘキサデシルトリメチルアンモニウムブロミド (HTAB) (SIGMA-ALDRICH CO.) およびノニオン界面活性剤としてドデシルポリオキシエチレンエーテル (DPE) (シグマアルドリッチジャパン(株)) を用いた。

試験布には綿カナキン (中尾フィルター工業(株)) とポリエステルタフタ (中尾フィルター工業(株)) を使用した。試験布は使用前に予め脱イオン水、蒸留水、超純水で順次精練を行って油脂分を除去した。浴比は1:80とし、水温は60~70℃に保った。

使用したポリスチレンラテックス粒子は、ペルオキソ二硫酸カリウムを重合開始剤として乳化剤不在系でスチレンモノマーを重合させ、これを1週間静置透析の後イオン交換樹脂により精製したものである。透過型電子顕微鏡により決定した粒子形は638nmであり、球形であった<sup>13)</sup>。

細菌として黄色ブドウ球菌 (独立行政法人製品評価技術基盤機構 *Staphylococcus aureus subsp.* NBRC No.12732) を用い、ブドウ球菌用マニット食塩培地 (日本製薬(株)) で培養した。

Marlboro (日本たばこ産業(株)、タール12mg/本、ニコチン1.0mg/本) を用いてタバコの臭いを試験布に付着させた。

皮膚モデルは Cell culture plate (ニッピ(株)) を用い、色素反応剤として Crystal Violet (シグマアルドリッチジャパン(株) 試薬1級) を用いた。色素反応剤は超純水で100倍に希釈した液を原液とし、皮膚モデルには原液を16倍に希釈して用いた。

水はすべて超純水 (オルガノ(株) ビューリックZで採水) を使用した。

### 2.2 表面張力の測定

界面活性剤水溶液の表面張力を Wilhelmy の表面圧計 (協和界面化学(株) 自動表面張力計 CBVP-A3) を用いて25℃で測定した。界面活性剤濃度に対する表面張力測定値をプロットし、そのプロットの屈曲点から臨界ミセル濃度 (cmc) を求めた。

### 2.3 粒子汚れ除去および再汚染に関する洗浄実験

汚染布の作成は、つぎのようにして行った。5cm×5cmに裁断した綿布とポリエステル布を別々のバットに所定の枚数敷き、そこへ濃度1g/dm<sup>3</sup>のポリスチレンラテックス粒子懸濁液を布の重さの十倍加えて布を浸漬した。25℃の恒温器 ((株)日本医化器 NK 式電

気低温恒温器 LP-200-S 型強制対流方式) の中で40時間放置して粒子を試験布に付着させた後、濾紙の上で乾燥させた。

洗浄試験機としてマグミキサー (ヤマト科学(株) MG120型) を使用し、ビーカーに界面活性剤水溶液と試験布を入れ、スターラーを120rpmで回転させて3分間洗浄した。洗浄ビーカー1個に洗剤液100mlと試験用綿布、あるいはポリエステル布を1枚ずつ入れた。また綿布の入ったビーカーにはポリエステル再汚染試験布を1枚ずつ入れた。用いた洗剤液は種々の混合比の HTAB/DPE 混合系界面活性剤水溶液であり、全濃度を  $4 \times 10^{-4} \text{mol/dm}^3$  (HTAB/DPE 混合系の cmc) に保った。洗浄終了後超純水100mlを入れたビーカー中で1分間振りすぎを行い、濾紙の上で自然乾燥させた。

洗浄効果の評価は、ポリスチレンラテックス粒子の試験布上における付着状態の観察及び付着粒子数をカウントして行った。汚染布および洗浄布のほぼ中央部から各約5mm×5mmの試料を切り取り、走査型電子顕微鏡 ((株)日立製作所 S2460形) でポリスチレンラテックス粒子の付着状態を観察した。平均値に近い付着状態の箇所の写真撮影をし、その写真1枚あたりのポリスチレンラテックス粒子数を数えた。

粒子除去率 (D) を次の式 (2) から求めた。

$$D = R_1 / R_2 \quad (1)$$

$$= (R_2 - R_3) / R_2 \quad (2)$$

ここで  $R_1$  は除去された粒子数、 $R_2$  は洗浄前の付着粒子数、 $R_3$  は洗浄後の付着粒子数である。

再汚染率 (D') は次の式 (4) から求めた。

$$D' = R'_4 / R'_1 \quad (3)$$

$$= R'_4 / (R'_2 - R'_3) \quad (4)$$

ここで  $R'_1$  は綿汚染布から脱離した粒子数、 $R'_2$  は綿汚染布の洗浄前の付着粒子数、 $R'_3$  は綿汚染布洗浄後に残留した粒子数である。 $R'_4$  はポリエステル再汚染布に付着した粒子数である。

### 2.4 油脂汚れの除去性能に関する洗浄実験

一人一日当たりの皮脂分泌量は1~2gといわれている<sup>14)</sup>。そこで、油脂汚れとして流動パラフィンとオレイン酸を用い、流動パラフィン14.28mlに対して0.1gの C. I. Solvent Orange を加え、また、オレイン酸 11.25ml に対して0.04gの C. I. Solvent Orange を加えて着色した。50mlの超純水に着色した油汚れ0.06mlを滴下し、15分間超音波照射して汚染液を調製した。その中に5cm×5cmに裁断した綿試験布を広げて入

れ、汚染布（油脂汚れ付着布）を作製した。

洗浄実験は実験方法2.3と同様にして行った。洗浄終了後布を取り出し、洗浄残液を15分間超音波照射し、分光光度計（日本分光(株) U-best）を用いてその液の吸光度を流動パラフィンでは630nm、オレイン酸では500nmで測定した。油脂汚れの除去率は予め作成した検量線を用いて残液の定量により求めた。

## 2.5 界面活性剤の殺菌力試験

滅菌した爪楊枝で黄色ブドウ球菌をシャーレ（アズワン(株) シックシャーレ EOG 滅菌済、内径85mm）に入れた寒天培地に付けL字型ガラス棒で均等に塗りつけ、その上に5cm×5cmの試験布を4枚ずつ置き、蒸留水の霧を振りかけた。これを37℃に設定した電気低温孵卵器（東洋科学(株)）に入れて21時間培養した。黄色ブドウ球菌を付着させた綿布とポリエステル布を実験方法2.3と同様にして洗浄した。洗浄終了後生理食塩水20mlが入った試験管に洗浄布を入れ、オートバランス遠心機（久保田商事(株) KN-70）に3600rpmで30分間かけた。その試験管から菌液を15μl採取して、寒天培地に撒き、37℃で48時間培養し、形成したコロニー数を数えた。殺菌率（S）は式（5）により算出した。

$$S = (L_1 - L_2) / L_1 \quad (5)$$

ここでL<sub>1</sub>は洗濯前の布から採取した菌液の培養により形成されたコロニー数、L<sub>2</sub>は所定の混合比の界面活性剤混合液で洗濯した布から採取した菌液の培養により形成されたコロニー数である。求めたコロニー数を式（6）に代入して静菌活性値（B）<sup>2)</sup>を算出した。

$$B = \log(Q / P) \quad (6)$$

ここでQは48時間培養後の試験布のコロニー数、Pは48時間培養後の試験布を洗浄した後のコロニー数である。

## 2.6 脱臭実験

臭いの測定には臭い測定器（新コスモス電機(株) ポータブル型ニオイセンサー XP-329COSMOS）を使用した。センサーは金属酸化物半導体表面にニオイ分子が吸着すると、その電気伝導度がよくなり抵抗値が下がり、その抵抗値の変化をブリッジ回路の偏差電圧として取り出す。臭いをニオイセンサーの吸引口から吸引させると、臭いの強弱に応じた指示値が表示される。まず、指示値が安定するまで清浄な空気を吸引させ、安定した数値をある一定の値に統一する。これを基準値とする。本実験では基準値を200に統一した。

次に実験布の臭いを吸引させ、変化した指示値の最大値を測定値とした。測定値から基準値を引いたものにおい値である。また、活性炭フィルタを通して清浄な空气中で実験を行った。

5cm×5cmの綿布9枚とポリエステル布9枚をデシケーターの中に吊るし、タバコ1本に火をつけて密封し、24時間放置した。タバコの臭い付着前後の試験布の臭い値を測定した。臭いを付着させた綿とポリエステルの試験布を実験方法2.3と同様にして洗浄した。乾燥後の試験布の臭いを測定し、洗濯前後のにおい値の変化を比較した。脱臭効率（W）は式（7）により算出した。

$$W = (T_1 - T_2) / (T_1 - T_3) \quad (7)$$

ここでT<sub>1</sub>はタバコの臭い付着後の試験布のにおい値、T<sub>2</sub>は洗濯後の試験布のにおい値、T<sub>3</sub>はタバコの臭い付着前の試験布のにおい値である。

## 2.7 安全性試験

種々混合比のHTAB/DPE混合系、cmcのHTAB、cmcのDPEおよび超純水をそれぞれ300μlずつ皮膚モデルに入れ、25℃で24時間放置した。その後、対照の皮膚モデルとともに各皮膚モデルの中に色素反応剤を200μlずつ添加し、さらに超純水を10mlずつ入れて試験液とした。その液をピペットで採取し、分光光度計で吸光度を測り、細胞の死亡率（Y）を式（8）により算出した。

$$Y = (X_1 - X_2) / X_1 \quad (8)$$

ここでX<sub>1</sub>は色素反応剤のみを入れた液の吸光度であり、X<sub>2</sub>は各々の皮膚モデルに入っている試験液の吸光度である。

黄色ブドウ球菌の培養以外の実験はすべて25℃で行った。また、実験は殺菌力に関しては6回繰り返し行い、他の実験はすべて4回繰り返し行った。

# 3. 結果および考察

## 3.1 界面活性剤溶液の表面張力

測定により得られた表面張力-濃度曲線からHTABのcmcは $9.53 \times 10^{-4} \text{mol/dm}^3$ となり、DPEのcmcは $8.7 \times 10^{-5} \text{mol/dm}^3$ となった。いずれも文献値<sup>15),16)</sup>とほぼ一致した。また、両界面活性剤の混合比を1:1として種々濃度の混合系を調製し、各水溶液の表面張力を測定した結果をFig. 1に示す。Fig. 1から求めた混合系のcmcは $4 \times 10^{-4} \text{mol/dm}^3$ となった。



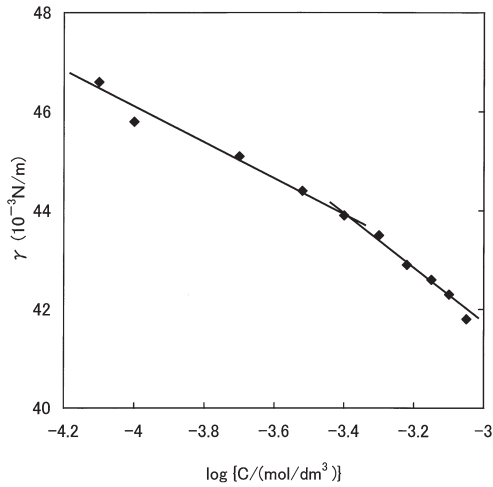


Fig. 1 The relation between surface tension and concentration of the mixture of HTAB and DPE  
 [HTAB]:[DPE]=1:1

### 3.2 固体粒子汚れの除去と再汚染

種々混合比の混合系を用いた洗浄試験による綿布およびポリエステル布からのポリスチレンラテックス粒子の除去率を Fig. 2 に示す。図の横軸は、界面活性剤混合系の HTAB の混合比率を示す。綿では HTAB の混合比率が95% のとき除去率が最も高く、HTAB の混合比率がそれ以上高くなると、除去率が低くなった。ポリエステルの場合も HTAB の混合比率が95% のとき除去率は最大値を示した。これらより繊維の種類が相違しても HTAB:DPE = 95:5 のとき固体粒子汚れの除去率が最大になることが認められた。また、綿とポリエステルの比較すると、混合系のどの混合比率においても綿の除去率の方がポリエステルより大きい値を示した。このことは、ポリスチレンラテックス粒子が疎水性であり、綿が親水性繊維、ポリエステルが疎水性繊維であるため、粒子と繊維の相互作用が異なることに起因する。

綿布に付着したポリスチレンラテックス粒子のポリエステルへの再汚染率を Fig. 3 に示す。混合系の HTAB の混合比率が0% から90% まではその比率が増加するにつれて再汚染率は僅かに増加し、HTAB の混合比率が90% 以上になると、再汚染率は急激に増大した。

固体粒子除去と再汚染の実験結果から混合系の DPE は粒子汚れ除去と再汚染防止に寄与するが、HTAB は寄与しないと考えられる。

### 3.3 油脂汚れの除去

流動パラフィンとオレイン酸の除去の結果を Fig. 4

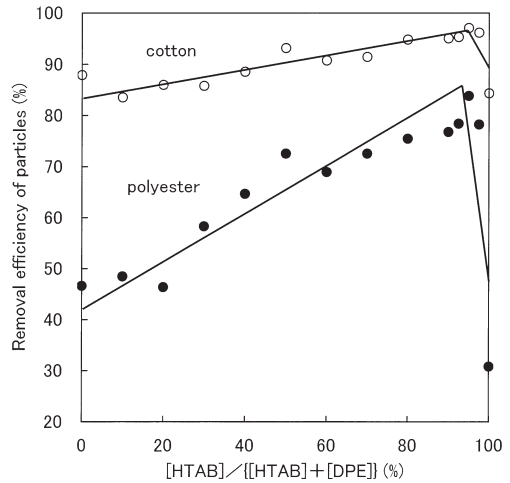


Fig. 2 The removal efficiency of polystyrene latex particles from cotton and polyester fiber  
 Total concentration of the mixture of HTAB and DPE:  $4 \times 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$

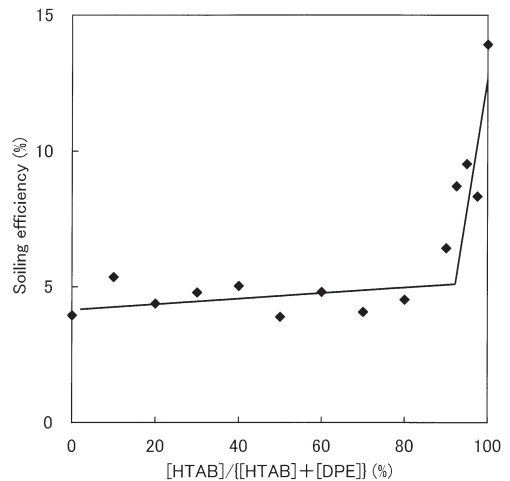


Fig. 3 The soiling efficiency of polystyrene latex particles to polyester fiber  
 Total concentration of the mixture of HTAB and DPE:  $4 \times 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$

に示す。流動パラフィンの除去率は DPE の混合比率の増加とともに増加し、DPE の混合比率が80% 以上になると、除去率は100% になり、高い洗浄効果が得られた。オレイン酸の除去率の場合も DPE の混合比率に比例して増加した。混合系における DPE の混合比率が90% 以上になると、最大の油脂汚れ除去効果が発揮された。HTAB が100% のとき油脂汚れ除去率はほぼ0% である。したがって DPE には油脂汚れの除

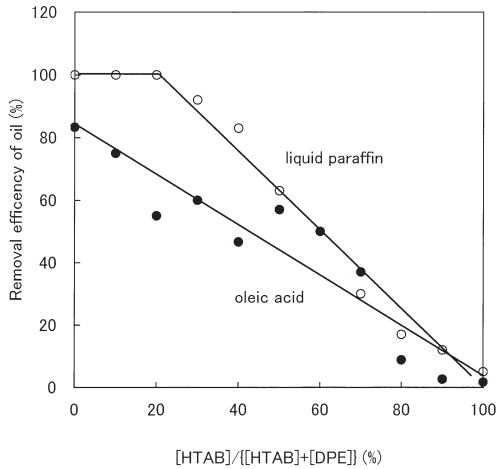


Fig. 4 The removal efficiency of liquid paraffin and oleic acid from cotton fiber  
Total concentration of the mixture of HTAB and DPE:  $4 \times 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$

去効果があるが、HTAB には油脂汚れの除去性能がないと見なすことができる。

### 3.4 殺菌効果

種々混合比の界面活性剤混合系で洗浄した細菌付着布の殺菌率を Fig. 5 に示す。綿の場合は混合系の HTAB の混合比率が92.5%から100%まで殺菌率が100%であり、HTAB の混合比率が90%以下になると殺菌率が低下した。ポリエステルの場合は HTAB の混合比率が100%のとき殺菌率が90%近くになり、HTAB の混合比率が減少するにつれて殺菌率が低下した。いずれの繊維の場合も混合系の HTAB の混合比率が0%から約90%までは HTAB の混合比率の増加にともない殺菌率が徐々に増大し、HTAB の混合比率がおよそ90%を超えると、殺菌率は急激に増大した。綿の方は100%の殺菌が期待できる。

以上の実験結果から、綿の方がポリエステルより殺菌されやすいことが分かった。このことは繊維の種類や特徴の相違に依るものであり、綿はポリエステルより吸水性が高いので、界面活性剤水溶液が綿繊維の奥まで浸透して殺菌効果が発揮されたと考えられる。一方、ポリエステル繊維は疎水性であるので、界面活性剤水溶液が繊維表面に付着した菌だけに作用したと考えられる。また、ポリエステル繊維内部に黄色ブドウ球菌が入り込んだ場合、界面活性剤水溶液は黄色ブドウ球菌と接触することができず、殺菌されないで繊維に残り、繁殖したと考えられる。

ここで、界面活性剤混合系の混合比がどの程度であ

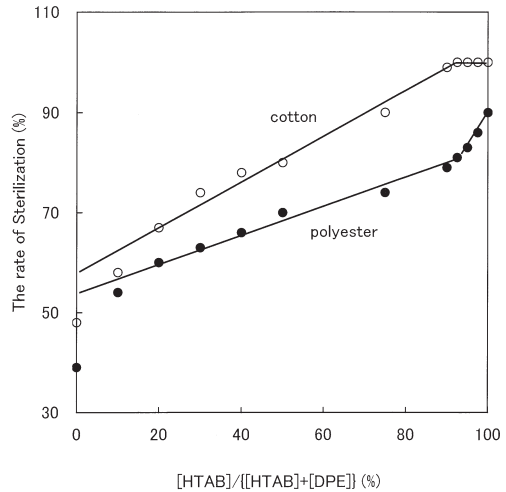


Fig. 5 The effect of the mixture of HTAB and DPE on sterilization  
Total concentration of the mixture of HTAB and DPE:  $4 \times 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$

れば、実用的な抗菌性のある洗剤が得られるのかを調べるために、各混合比の混合系における静菌活性値を求めた。JAFET の抗菌防臭基準は、静菌活性値が2.2以上と定められている<sup>17)</sup>。本実験結果から得られた静菌活性値は殺菌率が100%の場合に抗菌防臭基準を満たすが、殺菌率90%以下では静菌活性値は1以下となり基準をクリアすることができない。綿では混合系の HTAB の混合比率が92.5%以上の混合系で洗浄した場合に有効な殺菌効果が得られる。

### 3.5 脱臭効果

綿およびポリエステルの脱臭率を Fig. 6 に示す。混合系の HTAB の混合比率が90%以下では綿の脱臭効率は約70%であり、ポリエステルでは100%であり、いずれの繊維もほぼ一定の脱臭率を示した。HTAB の混合比率が約90%以上になると脱臭率は著しく減少した。綿とポリエステルを比較すると、綿がポリエステルより脱臭率が低いのは、綿繊維の表面構造がポリエステルより複雑であるためと考えられる。

### 3.6 安全性

皮膚モデルの細胞生存率は Fig. 7 に示すように90%~100%の範囲内にあり、種々混合比の HTAB/DPE 混合系が皮膚に与える刺激は超純水の値とほぼ一致した。したがって、本研究で調製して用いたカチオン/ノニオン界面活性剤混合系は皮膚に対して安全であることが明らかになった。

以上のように HTAB/DPE 混合系を用いて洗浄し

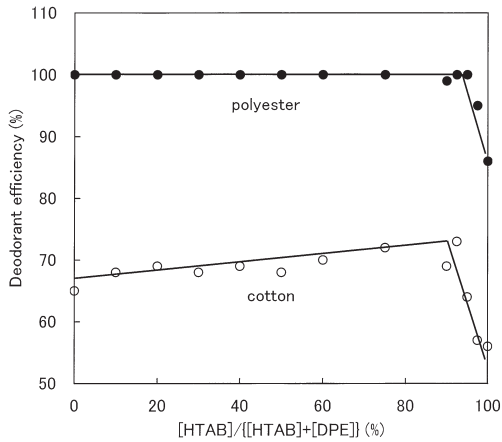


Fig. 6 The effect of the mixture of HTAB and DPE on deodorization  
 Total concentration of the mixture of HTAB and DPE:  $4 \times 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$

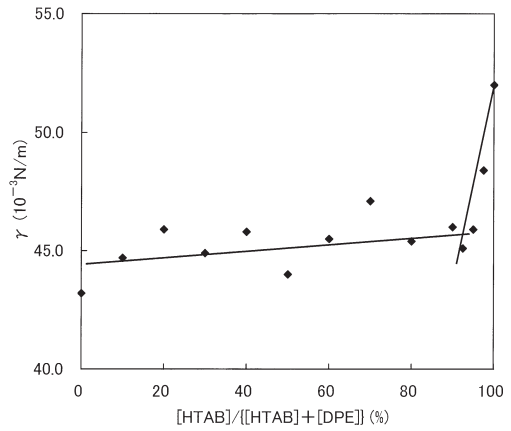


Fig. 8 Surface tension of the mixtures of HTAB and DPE  
 Total concentration of the mixture of HTAB and DPE:  $4 \times 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$

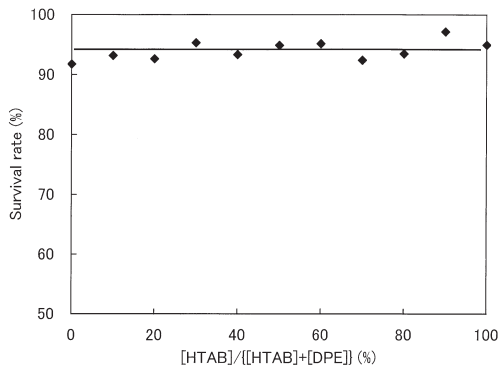


Fig. 7 The survival rate of the cells  
 Total concentration of the mixture of HTAB and DPE:  $4 \times 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$

た場合、固体粒子汚れ除去、再汚染性、殺菌、脱臭等の洗浄性が混合系のHTABの混合比率90%付近で変化した理由について検討した。界面活性剤を用いた洗濯では洗浄性は界面活性剤の界面活性に大きく左右され、その界面活性剤溶液の界面張力あるいは表面張力が小さいほど界面活性が強くなる<sup>3)</sup>。そこで本研究で用いた界面活性剤混合系の表面張力を測定することとした。混合系に含まれる界面活性剤の全濃度を混合系のcmc ( $4 \times 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ ) に保って種々混合比のHTAB/DPE混合系の表面張力を測定した結果をFig. 8に示す。Fig. 8の混合系の表面張力は混合系のHTABの混合比率が0%から95%の範囲ではほぼ一定であり、95%以上になると表面張力は顕著に増加した。Fig. 8に示されるこの傾向は本実験により得られた

種々の洗浄性能の傾向とよく対応している。

#### 4. 結論

殺菌力の強いヘキサデシルトリメチルアンモニウムブロミド (HTAB) と洗浄性の高いドデシルポリオキシエチレンエーテル (DPE) の混合系の固体粒子汚れ除去性能・再汚染性、油脂汚れ除去性能、殺菌性、脱臭性および安全性についてそれぞれ電子顕微鏡写真、分光光度法、細菌の培養、臭い測定器、皮膚モデル等により検討した。各種の汚れを附着させる基質として綿布とポリエステル布を用い、固体粒子汚れ、油脂汚れ、細菌および臭い物質としてそれぞれポリスチレンラテックス粒子、流動パラフィン・オレイン酸、黄色ブドウ球菌およびタバコの煙を用いた。全濃度がcmc ( $4 \times 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ ) になるように種々混合比のHTAB/DPE混合系を調製した。本実験結果から得られた結論を次に示す。

- 1) ポリスチレンラテックス粒子の除去・再汚染防止、黄色ブドウ球菌の殺菌およびタバコの臭いの脱臭に最も有効な混合系の混合比はHTAB:DPEがおおよそ90:10である。HTABの混合比率が90%以上の混合系では殺菌性以外の洗浄性が低下した。これは表面張力の増加に起因すると考えられる。
- 2) 油脂汚れの除去には混合系のDPEの混合比率が高いほど効果的であった。
- 3) 皮膚モデルを用いた安全性テストによりHTAB/DPE混合系のどの混合比においても皮膚に安全であることがわかった。

カチオン界面活性剤とノニオン界面活性剤混合系の固体粒子汚れ除去，再汚染防止，油性汚れ除去，殺菌，脱臭等の優れた洗浄性および安全性が本研究により立証された。

本研究を遂行するにあたり御助言下さいました広島大学大学院教育学研究科教授井川佳子博士，同じく助教授木下瑞穂博士に深謝いたします。

## 【参考文献】

- 1) 皆川基，藤井富美子，大矢勝；洗剤・洗浄百科事典，(株)朝倉書店，東京，479 (2003)
- 2) 内田恵美子，岩田博夫，符義人；ポリエチレンイミン吸着繊維の抗菌性，日本家政学会誌，53，361-367 (2002)
- 3) 軍司敏博；新被服材料学，(株)建帛社，東京，212p (1994)
- 4) 西一郎，今井怡知朗，笠井正威；界面活性剤便覧，産業図書(株)，東京，1149p (1960)
- 5) 平澤猛男，山田寿子，川口美智子，岩本秀雄，加藤敏子；被服整理と染色，(株)建帛社，東京，265p (2000)
- 6) 吉川清兵衛，麗泉，安田武；被服整理学，(株)化学同人，京都，4 (1982)
- 7) 森昇；現代被服整理実験 現代被服学シリーズ，(株)化学同人，京都，44 (1995)
- 8) 麗泉；新版被服整理学 朝倉生活科学シリーズ被服学3，(株)朝倉書店，東京，252p (1982)
- 9) 林雅子；被服管理および実験，文化出版局，東京，70 (1996)
- 10) 奥山春彦，皆川基編集；洗剤・洗浄の事典，(株)朝倉書店，東京，序論1～5 (1990)
- 11) 皆川基，藤井富美子，大矢勝；洗剤・洗浄百科事典，(株)朝倉書店，東京，915p (2003)
- 12) 大矢勝；合成洗剤と環境問題－地球環境時代の消費者運動の指針として－，大学教育出版，96 (2004)
- 13) 宮本栞；伝導度ストップフロー法によるポリスチレンラテックス粒子に対する硫酸ドデシルイオンの吸・脱着の動力学，日本化学会誌，1998，167-173 (1998)
- 14) 奥山春彦，皆川基編集；洗剤・洗浄の事典，(株)朝倉書店，東京，568 (1990)
- 15) 高橋越民，難渡義郎，小池基生，小林正雄；界面活性剤ハンドブック，工学図書(株)，486p (1980)
- 16) 北原文雄，玉井康勝，早野茂夫，原一郎；界面活性剤－物性・応用・化学生態学，(株)講談社，562p (1981)
- 17) 内田恵美子，田中志穂；抗菌性をもつポリエチレンイミンのポリエステル繊維への固定化－高温洗浄での洗濯耐久性－，日本衣服学会誌，48，112-119 (2005)