

# 環境負荷軽減のための洗浄に関する基礎研究（第1報）

## Basic Study of Detergency on the Reduction of Environmental Pollution (PART 1)

尾畑 納子

OBATA Noriko

### 1. 緒言

洗浄は健康で快適な衣生活を営むうえできわめて重要である。家庭洗濯に関しては、近年、ライフスタイルの多様化に対応した7kg～8kg容量の大型全自動洗濯機が一般家庭でもかなり普及している。また、著者らが2001年に行った調査によれば、大型化によってまとめ洗いも可能になっているにもかかわらず、「着替えたら洗う」という習慣が定着化しており、70%以上の家庭では毎日洗濯していることがわかった(図1、図2)<sup>1)</sup>

一方、富山県の水環境は図3に示すように、河川や湖沼においては比較的きれいであるが、海域での汚染がここ2年から3年深刻な状況にある<sup>2)</sup>。こうした点からも、家庭から出る洗濯排水による水環境への影響は無視できない課題といえる。家庭洗濯に用いる機材では、現在環境対応型の少量タイプの洗剤や節水型、多機能型の洗濯機など多くの商品が市場に出回っている。生活者が環境に負荷をかけず、かつ安全で快適な衣生活を営むには、こうした商品の環境への影響を知ることや効果的な利用法に関する適切な情報を得る必要があると考えられる。

洗濯と環境に関する研究では、これまで洗剤成分の生分解性や毒性といった洗剤に

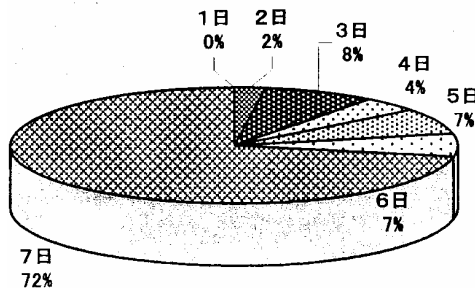


図1 洗濯の頻度

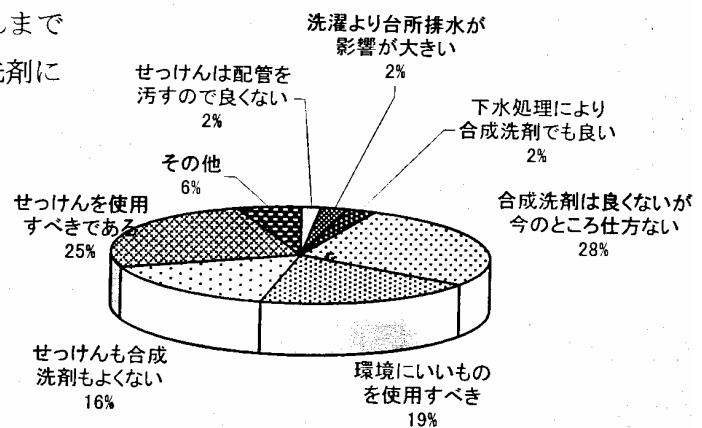


図2 洗剤と環境

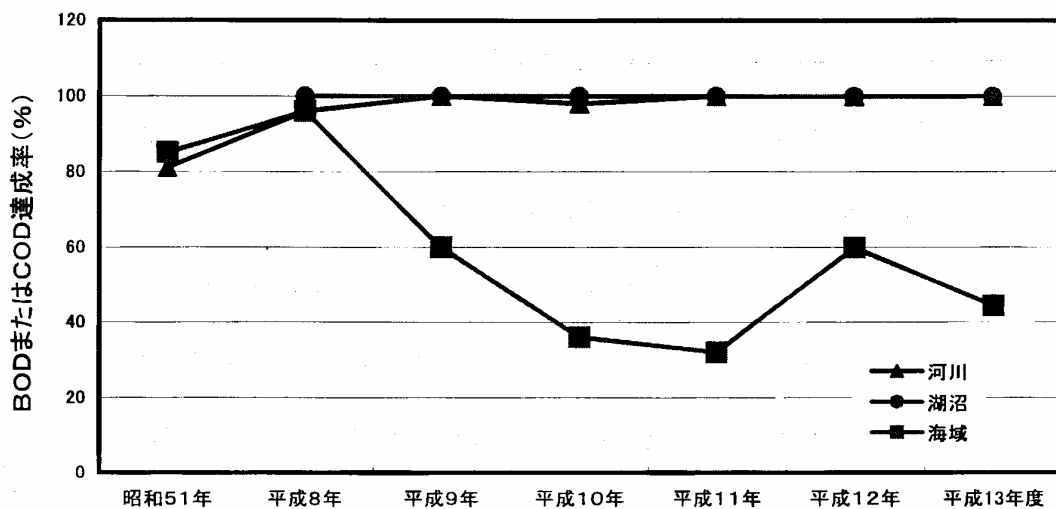


図3 富山県の水環境

関する報告が数多くみられ、洗剤自身は従来に比べてかなり改善されてきた。しかし、洗剤が水環境系に排出されることによる水質汚濁の影響は避けることができない問題である<sup>3)</sup>。

そこで、本研究では、洗浄に有効な水を用いた系での衣類の洗浄に関する報告例が少ないことから、洗濯排水からの水影響への負荷を軽減する目的で、洗浄性を有する機能水に着目し、種々の機能を有する水を用いて衣類の洗浄に応用するための検討を行った。ここでは近年、農業生産の分野で用いられるようになってきている電解水<sup>4)</sup>やその他の機能水に着目し、これらの中からいくつかを洗濯水として、モデル的な洗浄条件で衣類の洗濯を試み、それらの洗浄性能及びその際に出る洗濯排水の汚濁負荷量などから洗浄性能を一定に保ちつつ、かつ水環境に負荷をかけない洗濯システムを構築するため、まずは基礎的な検討を行った。

## 2. 実験

### 2.1 試料

洗浄には、水道水、イオン交換水、強電解水（強酸性水、強アルカリ水）を用いた。なお、強電解水は図4に示すアマノ社製の強電解水生成装置（AMANO  $\alpha$ -900）により隔膜分離法で生成される強酸性液、強アルカリ性液をそれぞれ洗濯ごとに取水し、pHをチェックの後洗浄に用いた。なお、これらの洗濯水の液性は表1に示す。

洗浄力試験用汚染布は綿カナキンを用いた洗濯科学協会製湿式人工汚染布を使用した。洗浄に用いる洗剤は、界面活性剤として和光純薬工業（株）製のラウリル硫酸ナトリウム（以下SDS）、ライオン（株）製のポリオキシエチレンアルキルエーテル（以下PEO<sub>n</sub>7）、市販洗剤はL社製の高級アルコール系洗剤（以下A洗剤）、高分子ビルダー用として日本合成化学工業（株）のアニオン変性ポリビニルアルコール（以下S-PVA）、純度100%のPEOとA洗剤はそのまま、SDSとS-PVAは十分精製して用いた。

表1 各種洗濯水の性質

洗濯水	洗浄液のpH	伝導度(10 <sup>-6</sup> ・ms/cm)
水道水	7.18	145
イオン交換水	7.63	3.71
酸性電離水	2.46	307000
アルカリ電離水	11.03	273000

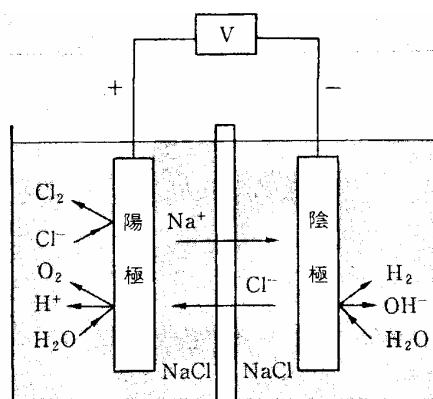


図4 電離水製造装置の原理

## 2. 2 洗浄条件

標準洗浄力試験は JIS K - 3362 の試験法に準拠し、洗浄力試験機（大栄科学精機製ターゴトメータ TM4）に 900 ml の液量で標準使用量となるように各種界面活性剤を調製し、さらに汚染布を 10 枚を投入して 120r.p.m. で 10 分間洗浄し、イオン交換水ですすぎを行った後、自然乾燥した。洗浄性は表面反射率計（平沼光電反射率計 SPR3）で洗浄前後の汚染布の反射率から以下の式により求めた。

$$D_s = (R_w - R_s) / (R_o - R_s) \times 100$$

ここで、 $D_s$  : 洗浄率 (%)  $R_s$  : 汚染布の反射率  $R_w$  : 洗浄後の反射率  $R_o$  : 白布の反射率

## 2. 3 洗濯排水の水質汚濁度

通常の洗濯の際に排出される洗濯排水の汚染負荷量については、市販の家庭用電気洗濯機（S社ASW-ZR700）を用いて通常の方法で洗濯を行い、これらの過程で出る洗濯排水を採取し、pH（堀場製作所製F23Ⅱ型）、電気伝導度（東亜電波株式会社製CM-15）、COD（多項目迅速水質分析計、DR/2500型、セントラル科学製）を測定した。

## 3. 結果

### 3. 1 各種洗濯液の洗浄性

洗剤を添加しない洗濯水のみで、20℃と40℃でそれぞれ標準洗浄力試験を行った結果を図5に示す。各洗濯水での20℃と40℃の洗浄性についてそれぞれ比較すると、これらの中でもっとも除去性がよかったのは強アルカリ性電離水で洗浄した場合で、洗剤が未添加であるにもかかわらず、比較的良好的な洗浄効果を示した。しかし、除去性と温度の間にはほとんど差はみられなかった。このことは、温度よりもアルカリによる汚れの分解がより強く影響したためと考えられる。これに対して、水道水、イオン交換水、強酸性水のいずれの系においても洗浄性は低く、20℃では10%前後であった。40℃になると、水道水とイオン交換水で除去率が若干上昇したが、強酸性水では逆に温度が高くなると除去率が低下する傾向がみられた。中性から酸性領域では、汚れの除去が温度に影響を受け、脂質やタンパクの汚れが何らかの影響を受け、除去性に影響を及ぼしたものと考えられる。

次にこれらの洗濯水に界面活性剤を添加した系について調べた結果を図6、図7に示す。いずれの洗濯液についてもアニオン性のSDS添加により洗浄性が現れた。また、SDS濃度の増加と共に洗浄率も増加した。アルカリ液では標準濃度以下で効果が現れ、アルカリ効果と界面活性剤の効果との相乗作用が認められた。

また、非イオン系界面活性剤のポリオシエチレンアルキルエーテルの添加系でも強酸性水で若干低いものの界面活性剤の添加によって洗浄率は上昇した。中でも、SDSほどの効果は現れなかったが、アルカリ液での効果が高かった。

次に、著者らが洗剤配合用高分子ビルダーとして試作しているアニオン性ポリビニルアルコールを添加した系での洗浄性の結果は図7に示す<sup>5)</sup>。

アルカリ液以外の洗濯液ではいずれも無添加系に比べ効果は除去効果が低下した。しかし、アルカリ液では著しい効果が認められ、 $5 \times 10^{-3}\%$ の濃度では界面活性剤を添加した系場合とほぼ同程

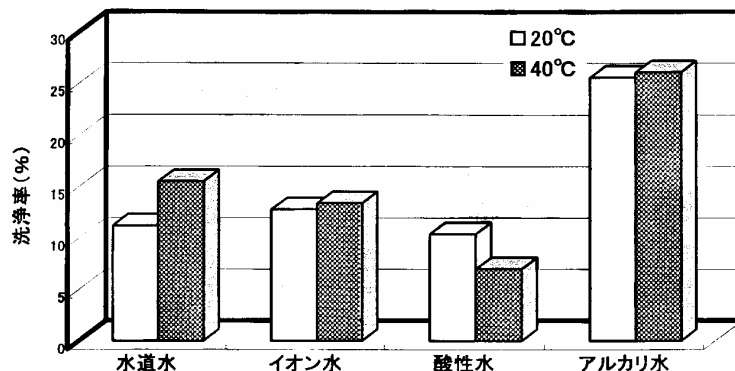


図5 各種洗濯水の洗浄性と温度依存性

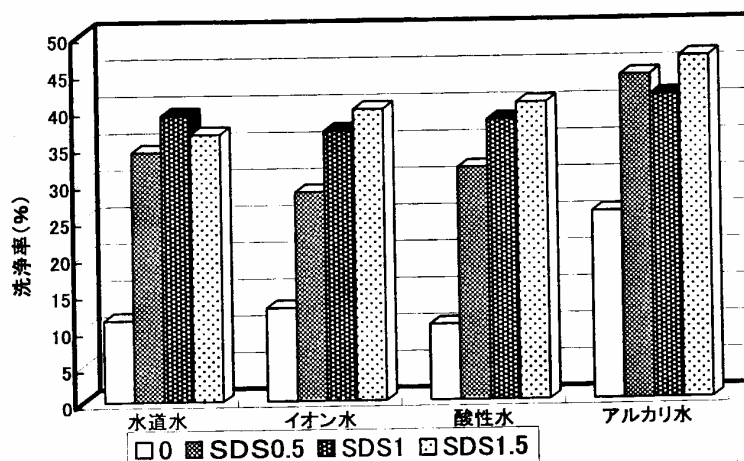


図6 各種洗濯水の洗浄性 (SDS系)

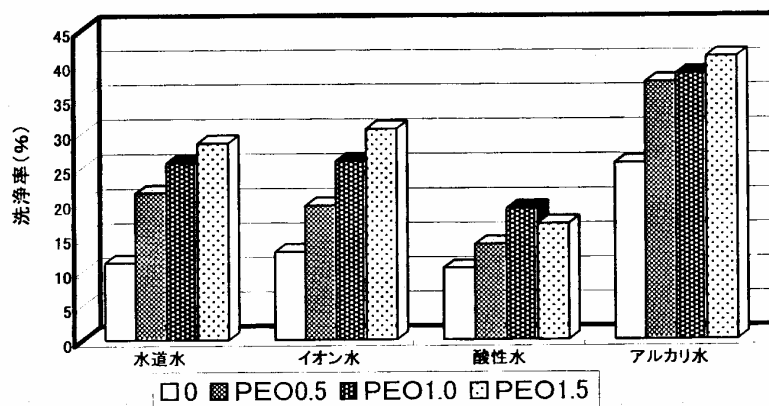


図7 各種洗濯水の洗浄性 (PEO系)

度の除去効果を示すことがわかった。これらのことから、洗濯液をアルカリ性にするにより、ビルダーとして使用するS-PVAの添加のみでも効果が得られることがわかった。

### 3. 2 洗濯液の汚染度

家庭における生活排水は一般には、生活雑排水とし尿とに分けるが、し尿(BOD 13 g/l)を除く生活雑排水の汚濁量は、一人

一日当たり、平均的な家庭で排出される汚濁量は、BODでおよそ 30 g/lといわれ、その内訳からみると、特に汚染度の高い排水としては台所から出る排水のBODが 17 g/lで全体の半分程度を占め、次いで、風呂 9g/lや洗濯 4g/lである。この数値は、通常の河川などの環境基準値として用いられるBODの数値に比べるとかなり高い汚染度を示している<sup>4) 7) 8)</sup>。これらが下水処理場で処理されたり、河川中の微生物によって生分解され、10ppm/l以下の数値で下流域に放出されている<sup>9)</sup>。従って、下水処理施設の敷設は水環境にとって重要な意味をもつのである。

また、界面活性剤の分解に関して、下水処理場での除去率について調べると春・夏季と秋・冬季を比較すると、秋・冬季の河川水の界面活性剤の残留量が高く、水温等の影響を受けるため分解効率に変化することがわかっている<sup>9)</sup>。また、界面活性剤の構造によっても、分解率が異なるため完全な分解を目指すには現状の処理以外の方法の検討が必要である。

本実験では比較的分解性の高い市販の高級アルコール系洗剤を用い、これらの標準使用濃度に対して、その0.5倍、1.5倍基準の濃度で洗濯を行い、その際に出る洗濯排水のCODを測定し、水の汚染度とした。洗濯排水の採水にあたっては、洗濯機によりコース設定が異なるので排水ごとに採取してCODを測定しその合計を表2に示す<sup>10)</sup>。表2 洗濯排水のCOD

洗剤を投入しない場合、CODは通常のコースよりゼロコースにおける値が高くなった。

また、洗浄性も若干ゼロコースが高くなった。従って、このCODの違いは汚染布からの汚れの除去が起因していると考えられる。

次に、同じ洗濯機の洗剤投入

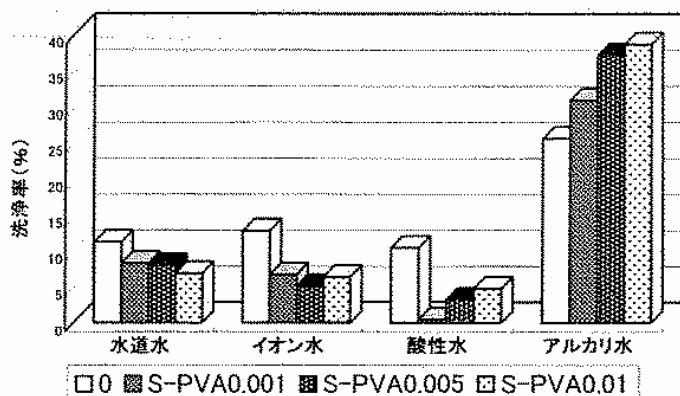


図8 各種洗濯液の洗浄性 (S-PVA系)

洗濯条件	COD(mg/l)	洗浄率(%)
水道水	8.8	8
水道水(電解水)	19.7	13.3
水道水+アクリロン0.5	14.1	12.8
水道水+アクリロン1.0	29.4	18.8
水道水+アクリロン1.5	61.9	17.2

コースを使用して、標準使用量の0.5倍量、標準使用量、1.5倍量の濃度でのCODと洗浄性を比較すると、洗剤の濃度が高くなるとCODは比例的に増加することがわかった。またこのときの洗浄性は標準使用濃度の時がもともとよく、1.5倍であっても必ずしもその効果が現れない。このように、洗浄性と汚染性のみ観点からいえば汚れの程度によって異なるが、水溶性のきわめて少量の汚れの場合には洗剤の使用しないゼロコースでも除去が期待できる可能性が示唆される。また、洗剤を使用した場合、濃度が高くなると水は汚れるが除去性必ずしも向上しないことがわかった。しかし、洗剤を使用する場合と比較して、返し洗濯することによって染色物の色落ち、繊維の損傷などが起こることがあり、問題となる繊維もある。また、ポリエステルのように繰り返し洗浄を行うことによって再汚染が起こり易くなることも予想されるため、今後さらなる検討が必要である。

次に、実際の系では消費電力、水使用量などコスト面等様々な観点から総合的に評価する必要があるので、きわめて汚れの少ない場合を想定し、同じサンヨーの洗濯機（ASW-ZR700）を使用し、洗剤の有無で洗濯した場合のコストを計算した結果を表3に示した。

1.5 kgの衣料を洗濯した場合では、洗濯1回当たりのコスト計算（下水道料金を除く）をすると、洗剤ゼロコースの洗濯機の使用はコストではやや低く抑えられることがわかる。ただし、洗濯物が増えれば必ずしもこの限りではない。

表3 洗濯1回当たりのコスト比較

洗剤	水	電力	コスト	コスト・布 kg
0g	137 l	130kwh	28.2 円	6.3 円/kg
24g	128 l	50kwh	34.1 円	7.6 円/kg

日本石鹼洗剤工業会資料を参考に作成<sup>11)</sup>

#### 4. 総括

1990年代になって、地球の持続可能な社会のシステム作りが提唱されるようになり、産業排水に関してはもちろんのこと、生活排水の面にも一層の負荷低減化が必要である。本研究では洗浄、特に家庭生活によって排出される生活排水に着目し、水環境への負荷を軽減することを目指し界面活性剤の使用量をはじめとして負荷の高い物質の削減をはかるため、各種機能水の洗浄性について基礎的な検討を行い以下の結論を得た。尚、今後は様々な汚れや繊維製品に対する洗浄性についても調べるとともに、洗浄水として深層水の利用方法についても検討を進める予定である。

- 1) 洗剤を添加しない洗浄系では、水道水、イオン交換水、強酸性電離水、強アルカリ電離水のうち、強アルカリ電離水がもっとも洗浄効果を示した。
- 2) 洗浄性を向上させるため、生分解性の高い界面活性剤、少量で効果を発揮する高分子ビルダーなどを添加した系では、界面活性剤のSDSではアルカリ水ととの共存によって標準濃度の0.5倍程度で効果を示した。また、同じく $0.5 \times 10^{-3}\%$ のS-PVAをアル

- カリ水に共存させることで、界面活性剤を投入した系とほぼ同程度の洗浄性を示した。
- 3) 家庭用に市販されている洗剤ゼロコースの洗濯機での洗浄性の結果と洗濯排水のCODの値から総合判定を行ったところ、きわめて少量で落ち易い汚れの場合には洗剤を使用しない場合、コスト的には低くなり水質汚濁も軽減される。

#### 謝辞

本研究を行うに当たり、界面活性剤等の試料の提供を賜りましたライオン kk ファブリック研究所所長 向山 恒二氏に感謝申し上げます。また、本研究を進めるに当たり数多くの便宜とご助言を賜りました地域学部教授 桑原 宣彰教授に深謝申し上げます。

#### [参考文献]

- 1) 尾畑納子, 桑原宣彰: 2002年度日本繊維製品消費科学会研究発表会要旨集 p114 (東京)
- 2) 平成14年度版環境白書: 富山県 (2002.9)
- 3) 平成14年度版環境白書: 環境庁 (2002.5)
- 4) 本田善文: 農機誌, 65, 27 (2003)
- 5) たとえば、尾畑納子, 桑原宣彰, 吉川清兵衛: 油化学, 35, 25(1986)
- 6) 水環境学会編: 環境と洗剤, 日本水環境学会, (1995)
- 7) 2001 産業と地球環境: 産業技術会議 2001
- 8) 生活科学シリーズ1 清潔と洗浄の基礎: ライオン家庭科学研究所 1998.9
- 9) 山口順士: Fragrance Journal, 28(6) フレグランスジャーナル社 2000
- 10) 尾畑納子, 桑原宣彰: 第15回繊維連合研究発表会要旨集, p128 (2002)
- 11) 環境年報: 26 (2001) 日本石鹼洗剤工業会 2001.12