

環境負荷軽減のための洗浄に関する基礎研究 (第8報)

Basic Study of Detergency for Reducing Environmental Pollution (Part VIII)

尾畑 納子
OBATA Noriko

本研究は身近な暮らしの視点から環境問題の解決に向けた取り組みの一つとして、家庭洗濯における水環境への負荷軽減、省エネルギーや省資源型洗濯として、洗剤を使用しない洗濯システムの構築を目指している。特に水に着目し、機能水としてアルカリ電解水を利用した種々の洗浄液系で洗浄試験を行い、アルカリ電解水に洗浄能が優れていることを確認した。本報告では、節水対応型市販洗剤とアルカリ電解水とを、洗浄性、水質負荷量など総合的な観点から調べ、アルカリ電解水の洗浄システムへの応用と課題を明確にした。

キーワード： アルカリ電解水，水環境，湿式洗濯，人工汚染布，COD

1. 緒言

近年、地球温暖化をはじめとする地球環境問題や資源の枯渇問題など私たちを取り巻く環境はますます深刻化してきている。第5次 IPCC の発表では海水温が以前より上昇していると報告されており温暖化に歯止めがかからない。私たちの身近な暮らし、とりわけ家庭洗濯に着目すると、利便性や快適性を失うことなく、環境への負荷を軽減するための製品や研究が今後ますます必要である。洗濯機に関しては、洗濯から乾燥まで可能なドラム式洗濯機が二酸化炭素排出量を増やさないヒートポンプ方式で節水機能を備えている。しかしながら価格が高いため市場での普及率はまだ低く、全体としては水使用量が多く二酸化炭素排出量が高い従来型のものが一般的である。また、洗剤に関しては大量の洗濯物を短時間で洗濯するために従来一般的であったコンパクト型粉末洗剤から浸透力の強い濃縮型液体洗剤の利用率が50%以上を占めるようになり、その容器も省資源化のための詰め替え包装が普及している。こうした洗濯に関する汎用品への取組みに加え、繊維製品自身の改良にも目が向けられ、超親水化による汚れにくい衣料の開発も進んでいる。

一方、家庭洗濯においては、二酸化炭素の排出削減に加えて水資源や水質汚濁の問題も重要な課題と考える。節水型洗濯機が普及してきているとはいえ、洗濯回数が増加すれば洗濯に使用する水量は必ずしも減少しないといえる。そこで、実態を踏まえ、将来にわたって持続可能な水環

境を保つために、洗浄システムの在り方、特に洗濯に使用する水と洗浄の関係に着目した。

ここでは、水自身に洗浄機能を付与した機能水（アルカリ電解水）を用いて衣服洗浄への可能性を探り、水質汚濁と節水の両面を視野に入れた水資源保全型の洗浄システムを実現するための開発研究を行うものである。

これまでの洗浄と水に関する研究では、硬水と洗濯の関係が報告されているのみである。一方、食品や農業、医療、化粧品などの分野ではすでに電解水が利用されているケースも見られるが、衣類の洗浄に用いた報告はほとんどない。本報告では、様々な処理によって得られる機能水¹⁾の中で、電解処理水（電解機能水）を用いて衣類の洗浄に対する効果を検討した。これまでの洗浄性の結果を踏まえ²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾、近年発売されている市販洗剤とアルカリ電解水を、国内外の各種人工汚染布などを用いて洗浄性を比較した。さらに、アルカリ電解水の洗浄性を向上させるための洗浄液組成の開発を目指す⁶⁾。

2. 実験方法

2-1 試料

洗浄に使用した水は、有隔膜タイプのアmano強電解水製造装置（AMANO α -900, アmano社製）により製造された強アルカリ電解水、Millipore製のMilli-Q Academic A10で製造されたイオン交換水を使用した。これらの水質は表1に示す。

表1 洗浄水の水質

水の種類	pH	電気伝導度($\mu\text{S}/\text{cm}$)	酸化還元電位 (mV)	溶存水素量 (ppb/ppm)
イオン交換水	6.45	3.71	304	0.01
アルカリ電解水	11.5	1.81×10^3	-353	0.08

アルカリ電解水の洗浄性と比較するため使用した洗濯用市販洗剤は、通常タイプの粉末洗剤A（ライオンkk製）、節水対応型洗剤の濃縮型液体洗剤B（花王kk製）、濃縮液体洗剤C（ライオンkk製）、濃縮液体洗剤D（P&Gkk製）の計4種類を用い、いずれも標準使用濃度に調製して洗浄試験を行った。また、性能向上剤として用いられる、特に洗浄性に影響を及ぼす油脂分解酵素、リパーゼ（Novozymes社製）を使用して、洗浄性を比較した。

洗浄試験に用いた試験布は、すべて混合タイプの人工汚染布で、日本で一般に洗濯試験用にJISで指定されている湿式人工汚染布（洗濯科学協会製）、スイスの標準汚染布 EMPA116、EMPA117、ドイツの標準汚染布 wfk10c をいずれも5cm×5cmの大きさに裁断して使用した。再汚染を調べるための添付白布は染色用白布（中尾フィルターkk製）を前処理洗浄し、汚染布と同様5cm×5cmの大きさに裁断して使用した。

2-2 洗浄方法

各種人工汚染布（5cm×5cm）5枚と添付用白布（5cm×5cm）5枚、計10枚をアルカリ電解水、（1000ml）中に投入し、攪拌式洗浄力試験機（TM-4 tergot-o-meter DAIEIKAGAKU SEIKI MFG. CO.LTD）で回転数を100r.p.m.とし、20°Cで10分間洗浄した後、イオン交換水ですすぎを1分間、バッチ式で2回繰り返し、自然乾燥後に各汚染布、添付白布の反射率を測定した。

2-3 洗浄性評価

洗浄性の評価は、白色度計 (NW-1、日本電色製) を用いて試験布の表・裏の表面反射率を測定した。これらの反射率は Kubelka-Munk の式(1)が適用できる範囲であることから、k/s 値を(2)式に代入し、洗浄率 (D) とした。

$$k/s = (1-R)^2 / 2R \quad (1)$$

$$D(\%) = \{(k/s)_s - (k/s)_w\} / \{(k/s)_s - (k/s)_o\} \times 100 \quad (2)$$

また、再汚染率 (DS) として、添付白布の反射率を測定し、(3) 式に代入し、再汚染率とした。

$$DS(\%) = \{(k/s)_o - (k/s)_w\} / (k/s)_o \times 100 \quad (3)$$

$$DS(\%) = R_o - R_w / R_o \quad (3)$$

R : 洗浄に用いた布の反射率 k : 吸光係数 s : 光散乱係数

(k/s)_o : 原白布の K/S 値 (k/s)_s : 汚染布の K/S 値 (k/s)_w : 汚染布洗浄後の K/S 値

2-4 洗濯排水の汚濁度測定

洗浄によって発生する排水の汚濁量については、多項目迅速水質分析計 (OdysseyDR/2500) を用いて、COD_{Mn} 法により、洗浄後とすすぎ 2 回分の排水の COD を測定してこれらの総計を洗浄の汚濁度とした。

3. 結果

3-1 アルカリ電解水中での酵素 (リパーゼ) 濃度と洗浄性

湿式人工汚染布に対する酵素の活性化について、振とう洗浄時間の変化から調べた結果を図 1 に示す。酵素濃度 0.005% ではイオン交換水では振とう開始直後から 7 分程度までは洗浄率が低下し、その後洗浄挙動が始まることわかった。一方、アルカリ電解水では時間と共に洗浄率は上昇し、アルカリ電解水とリパーゼによる相乗効果が認められた。

次にリパーゼの濃度を 0.005%、0.01%、0.02% に調製し、10 分間の振とう洗浄を行ったところ、図 2 に示すようにアルカリ電解水、酵素濃度 0.02% の系が最も洗浄効果があらわれた。

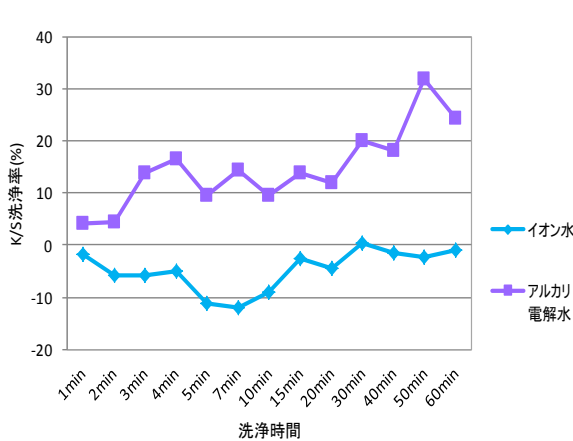


図 1 洗浄時間と洗浄性

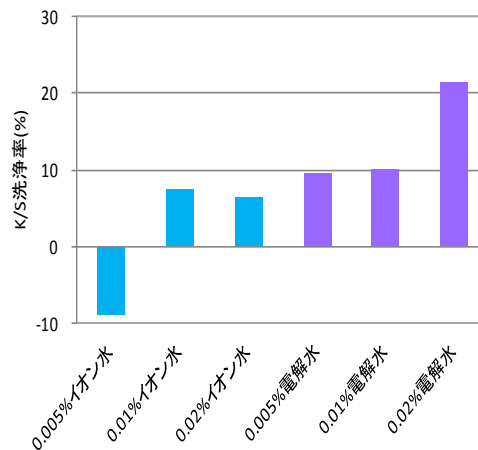


図 2 酵素濃度と洗浄性

3-2 各種市販洗剤とアルカリ電解水との洗浄性比較

3-2-1 湿式人工汚染布と wfk10c の洗浄性

日本での洗浄力試験に使用される湿式人工汚染布とドイツなど水の硬度が高い地域での洗浄性試験

用として使用される wfk10c 汚染布を用いて、アルカリ電解水、各種市販洗剤の洗浄性を調べた結果を図 3 に示す。粉末タイプの従来型洗剤は洗浄力に差はあるものの、いずれの汚染布に対しても効果が認められた。これに対して節水対応の液体洗剤はメーカーにより多少の差はあるもののアルカリ電解水に比べ同等もしくはやや低くなる傾向を示した。一方、再汚染性については湿式人工汚染布ではいずれも認められなかったが、wfk10c では、イオン水で若干汚染が認められた。

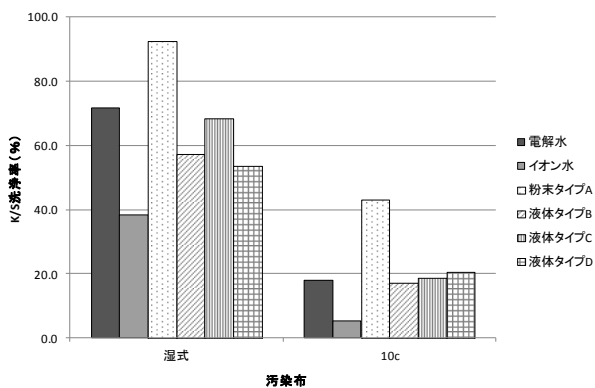


図 3 各種洗剤の洗浄性

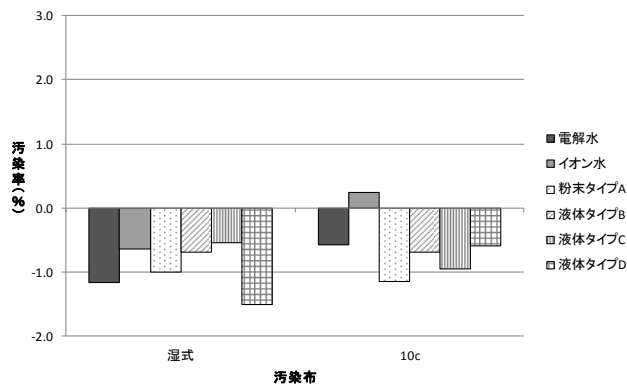


図 4 各種洗剤の再汚染性

3-2-2 EMPA116,117 に対する各種洗剤の洗浄性

スイスで標準汚染布として使用されている混合汚染布綿 100%の EMPA116 と同じ汚れをポリエステルと綿 (35 : 65) の混合繊維に汚染した EMPA117 を使用して洗浄性を調べた結果を図 5 に示す。最も除去率の高かったのは粉末タイプ A の洗剤であった。次いでアルカリ電解水、液体洗剤と続く。また、繊維の違いで比較すると、綿 100%の EMPA116 に対しては粉末タイプとアルカリ電解水であったが、液体洗剤の 3 種のうち 2 種タイプ B、タイプ C とイオン水ではポリエステル・綿の混紡布に対してやや洗浄性が高くなった。再汚染性では、いずれの洗剤も再汚染性は認められなかったものの、アルカリ電解水で綿 100%・混紡布のいずれも再汚染が起きることが分かった。

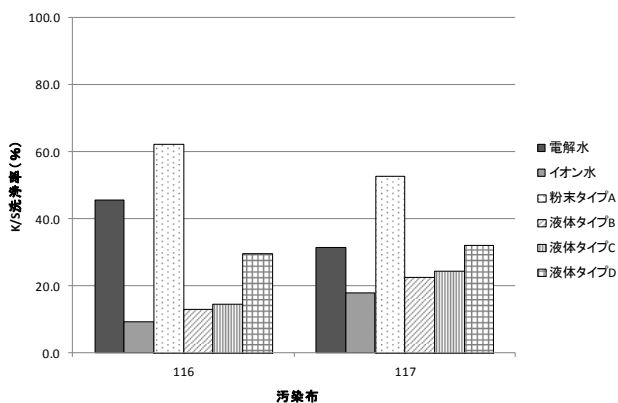


図 5 各種洗剤の洗浄性

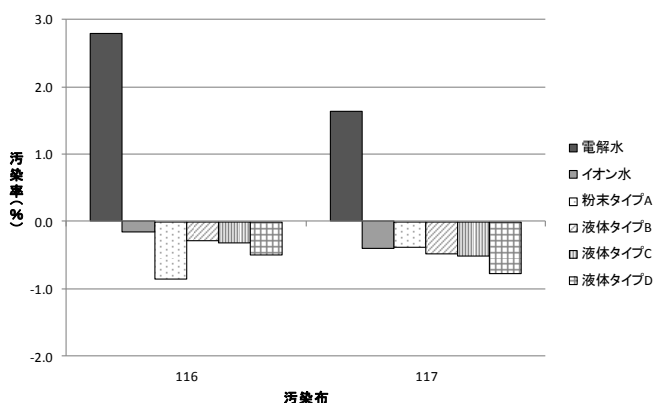


図 6 各種洗剤の再汚染性

3-3 洗濯排水の汚濁度 (COD)

アルカリ電解水、各種洗剤による洗浄後のそれぞれの過程で発生する水質汚濁量を洗浄のプロセスごとにプロットした湿式人工汚染布の洗浄時の結果を図 7 に示す。通常の水道水の COD は

0~2ppm、洗剤自身が発生する COD は洗剤によって異なり、粉末洗剤に比べ液体洗剤は高い。洗浄時に発生した汚れが布から脱離することにより洗浄直後の COD はさらに上昇する。すすぎ時ではほとんど汚れは検出されず、1 回目で 6ppm 程度であった。アルカリ電解水では洗浄時でも 50ppm 未満であり、洗浄性が高いにも関わらず汚濁量が低く、水環境への負荷が低いことがわかる。

図 8 において、各種汚染布の洗浄における全プロセスから排出される水質の汚濁量を示す。概して液体洗剤の値が高くなった。一方、洗浄性と比較すると、必ずしも液体洗剤の除去性がよくないことから、これらの商品は水環境への負荷からみると好ましくないことが示唆された。

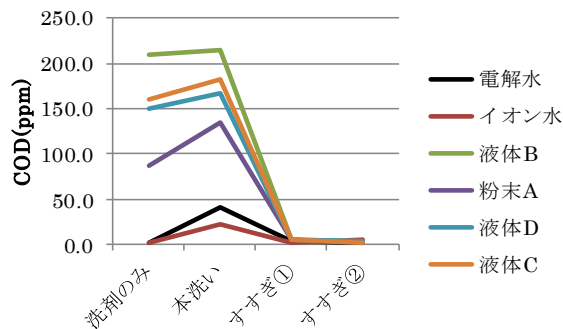


図 7 洗浄プロセスごとの COD 発生量

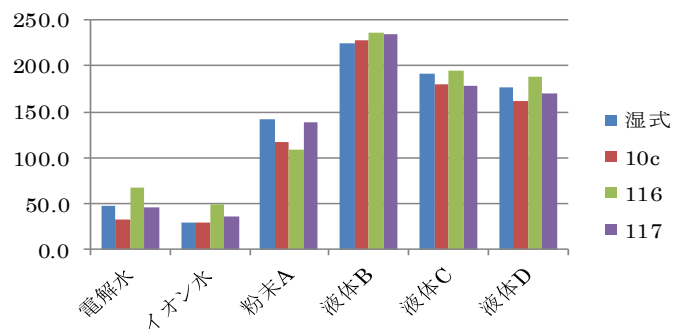


図 8 各種洗剤の洗浄における COD 量

4. 総括

水環境への負荷軽減と省エネルギーの双方から効果的な洗浄システム開発を目的として、今回は各種人工汚染布に対する洗浄性を近年市販されている節水型市販洗剤、アルカリ電解水について調べた。さらに、これらが洗濯時に排出する汚濁量を測定し、洗浄性と水質汚濁度の両者から洗剤としての有効性を比較した。

1) 市販洗剤とアルカリ電解水との洗浄性の結果を比較すると、日本の湿人工汚染布は EMPA や wfk の汚染布に比べ、いずれの洗浄液においても良好な除去性を示した。特に粉末タイプ A で高い洗浄性を示し、次いでアルカリ電解水であった。いずれの濃縮型の液体洗剤もアルカリ電解水には及ばなかった。これは、日本と異なり高温洗浄が一般的なヨーロッパの人工汚染布であるため、今回のように 20℃での洗浄試験ではいずれも脱離が難しかったと考えられる。

2) 再汚染性を測定すると、湿式人工汚染布では、アルカリ電解水、市販洗剤はいずれの場合も再汚染率はほとんど起きない。しかし、EMPA や wfk の汚染布に対してアルカリ電解水のみが著しい再汚染が起きた。

3) 水質汚濁量に関しては、合成洗剤の中の節水タイプの洗剤がいずれも汚濁値が高くなった。

以上から、市販洗剤のような界面活性剤添加系の液体洗剤では、洗浄率がそれほどよくないにもかかわらず、水質汚濁量も高くなるという結果が出た。すなわち、従来型の粉末洗剤やアルカリ電解水が有用な洗剤として評価できることがわかった。さらに、アルカリ電解水は再汚染性が高いことから洗剤として今後の課題であろう。

[謝辞]

本研究を遂行するにあたり、本実験に対して惜しみなく協力して下さった高橋美千代さん、学生の放出恵実さんに感謝いたします。

本研究は、平成 23～24 年度科学研究費助成金・基盤研究A23240101（代表奈良女子大学後藤景子教授）の分担者として助成を受けて行ったものであり感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) 西本右子：Fragrance Journal, **27 (3)** 23 (1999)
- 2) 尾畑納子：富山国際大学現代社会学部紀要, **2**, 59～65 (2010)
- 3) 尾畑納子：富山国際大学現代社会学部紀要, **4**, 35～39 (2011)
- 4) OBATA Noriko: The 5th International Consumer Sciences Research Conference, “A proposal of a new washing system that reduces the contamination of the water environment” (Bonn, Germany, July 18th-20th, 2011)
- 5) 尾畑納子：産業洗淨, **10**, 33～38 (2012. 10)
- 6) 久保田昌治：知っておきたい新しい水の基礎知識, 81, オーム社 (1999)