

環境負荷軽減のための洗浄に関する基礎研究（第7報）

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

富山国際大学
尾畑 納子
OBATA Noriko

1. 緒言

清潔で快適な衣生活を維持するための衣服の洗浄（以下洗濯ともいう）は日常生活を送る上で極めて重要であることから、生活者は、汎用品である洗剤や洗濯機などの多くの製品の評価に関して、利便性ばかりでなく環境負荷への低減を視野に入れて選択しなければならないことはいままでもない。ここでは、学生や生活者に被服整理学分野における正しい情報を提供し、さらに製品の性能評価やメカニズムを理解するための試験方法について総合的に研究するための分担課題として、将来への環境負荷低減を目指した洗浄システムの在り方を模索するため、洗濯水を水道水以外の洗浄性を付与した機能水を用いて各種人工汚染布系での半実用モデル試験を試みた。これらを通して、安全な試験方法と環境に負荷を掛けない洗浄方法の開発に活用することを提案したい。

これまでの洗浄研究では、界面活性剤の構造や洗剤成分と除去性のメカニズム、機械力と洗浄に関する内容が多く、水自身では硬水との関係が報告されている程度である。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との報告もみられるが、衣類の洗浄に用いた研究報告はほとんど見られない。そこで、様々な処理によって得られる機能水に着目し、環境に配慮した洗浄方法としてこれらを活用することを提案したい。各種機能水の生成に関して、その処理方法は殺菌や軟水化などを簡単に行うための煮沸・蒸留法、おいしい水の精製法として行われるセラミック接触法や電場・磁場処理法、水による効率低下を防ぐための減圧脱気法、膜分離法などがあげられる¹⁾。ここで扱う機能水はこれらのうち電気分解によって得られる電解処理水（電解機能水）に着目して衣類の洗浄に対する有用性について検討した。

本報告では、これまでの洗浄性の結果を踏まえ^{2) 3) 4) 5)}、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条件として、種々の酵素を添加して各種人工汚染布に対する洗浄効果について調べ、アルカリ電解水と効果的な相互作用を示す酵素を見出すための検討を行った。

2. 実験方法

2-1 試料

洗浄に使用した水は、有隔膜タイプのアマノ強電解水製造装置（AMANO α -900、アマノ社製）により製造された強アルカリ電解水⁶⁾ mol/l 水酸化ナトリウム（和光純薬工業製）Millipore製の Milli-Q Academic A10 で製造されたイオン水、比較のために実験室で使用している水道水（富山市大山地区上水道）の3種類で、これらは、実験する直前に採水して使用した。

界面活性剤は生分解性の高いラウリル硫酸塩 (SDS、和光純薬製、c.m.c.8.3mmol/l) を精製した後使用した。性能向上剤として、タンパク質分解酵素のカンナーゼ、エスペラーゼ、サビナーゼ (Novozymes 社製) をそのままの状態に適宜濃度を調製したものを使用した。洗浄試験に用いた試験布は、すべて混合汚染布で、湿式人工汚染布 (洗濯科学協会製)、EMPA116、EMPA117 (EMPA 製) をいずれも 5cm×5cm の大きさに裁断して使用した。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 1000ml の洗浄液中に投入し、攪拌式洗浄力試験機 (TM-4 tergot-o-meter DAIEIKAGAKU SEIKI MFG. CO.LTD) で 10 分間洗浄した後、すすぎを 1 分間、バッチ式で 2 回繰り返した後、自然乾燥後に各汚染布、添付白布の反射率を測定した。洗浄条件は表 1 の通りである。

表 1 洗浄条件

項目	条件
洗浄温度	20°C, 30°C, 40°C
洗剤濃度	0 mmol/l
酵素濃度	0.1mg/l
機械力	40, 80, 100, 120 rpm

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。

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

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

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。

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

ここで、R : 洗浄に用いた布の反射率 k : 吸光係数 s : 光散乱係数

3. 結果

3-1 各洗浄水の基本的な性状

まず洗浄の供した各溶媒自身の性状として pH ならびに電気伝導度、酸化還元電位を測定した結果を表 2 に示す。pH をほぼ同一にしたアルカリ溶液のうち、洗浄性が比較的認められたアルカリ電解水は、電気伝導度が著しく高く、酸化還元電位でも、他の水に比べて極端に電位が低いことがわかった。洗浄性への関与については今後詳細に検討する必要があるが、水自身の還元性が汚れに対して何らかの影響を及ぼしているものと考えられる。

表 2 洗浄水の性状

水の種類	pH	電気伝導度(μS/cm)	酸化還元電位 (mv)
水道水	6.68	145	527
イオン水	6.45	3.71	304
1mmol/lNaOH 溶液	11.3	209	85
アルカリ電解水	11.5	1.81×10 ³	-353

3-2 洗浄水の違いによる酵素の洗浄効果

これまで湿式人工汚染布で行ったカンナーゼの添加濃度と洗浄性のデータを参考にして、最も効果が高かった濃度でイオン水、アルカリ電解水にカンナーゼ、エスペラーゼ、サビナーゼを0.01%に調製し、EMPA116、117 に対して洗浄性を調べたところ、イオン水へ酵素を添加した洗浄性の結果は、図 1、図 2 に、アルカリ電解水へ酵素を添加した結果を図 3、図 4 に示す。いずれの EMPA 汚染布もイオン水の系では、機械力の増加に伴い洗浄性は向上した。特に、サビナーゼが最も効果があらわれ、次いでエスペラーゼ、カンナーゼの順であった。汚染布の繊維別では綿 100%に比べ、ポリエステルが混紡されている汚染布の方が洗浄性は若干良くなった。

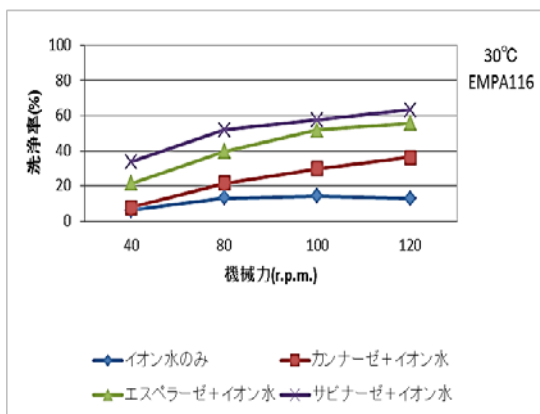


図 1 イオン水系での各種酵素の洗浄性(EMPA116)

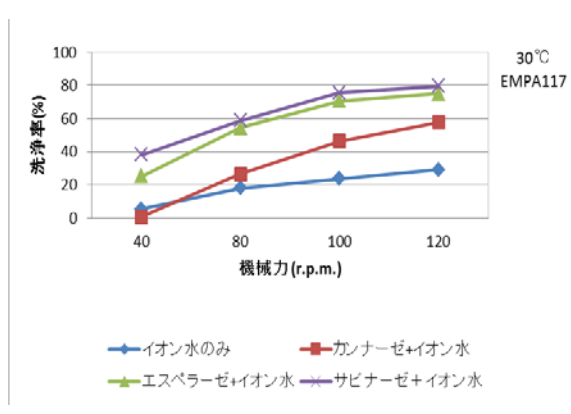


図 2 イオン水系での各種酵素の洗浄性(EMPA117)

一方、アルカリ電解水での酵素添加系での結果では、機械力の小さい 40ppm~80ppm の範囲で、他の酵素に比べて、サビナーゼの添加効果が認められた。イオン水への添加系に比べて全体的に洗浄性は良かったが、サビナーゼとの組み合わせが顕著であった。また、繊維組成による洗浄性の差はイオン水の結果ほど大きくはなかった。湿式人工汚染布の洗浄試験の結果を比較のために図 5 に示す。機械力が弱い場合は日本製の湿式人工汚染布の除去性は低いですが、酵素に対する洗浄性は EMPA 汚染布の結果とよく似た傾向を示した。

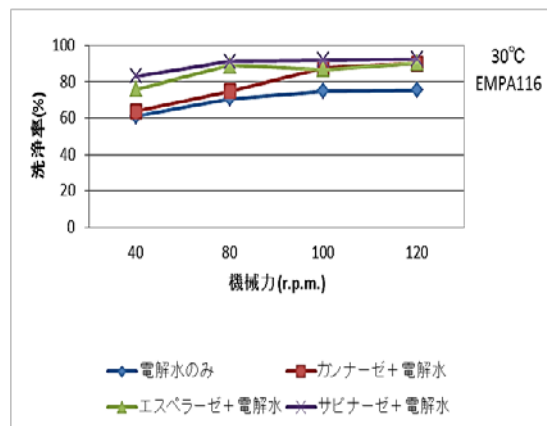


図 3 アルカリ電解水系での各種酵素の洗浄性 (EMPA116)

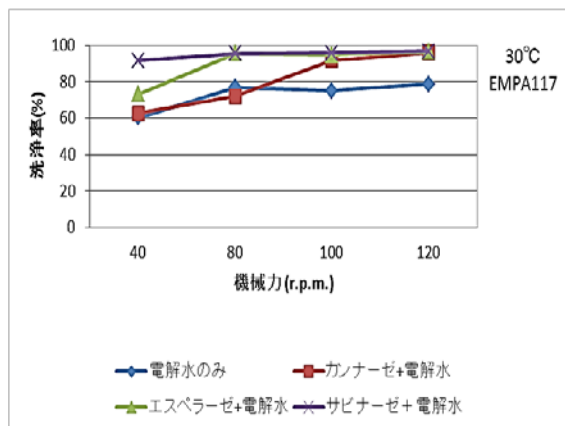


図 4 アルカリ電解水系での各種酵素の洗浄性 (EMPA117)

3-3 アルカリ電解水系での再汚染性

洗浄の際に同時に添加した綿白布の汚染性からそれぞれの洗浄系における再汚染度を求め、最もふさわしい洗浄条件について検討した。図6～図8には綿白布の汚染率と機械力の関係について比較した。まず、機械力ゼロの静止状態ではいずれの汚染布の場合も再汚染が起きた。機械力が増すにつれて徐々に再汚染性は低くなったが、ポリエステルと綿布との混紡汚染布の方が再汚染率が高くなることが分かった。

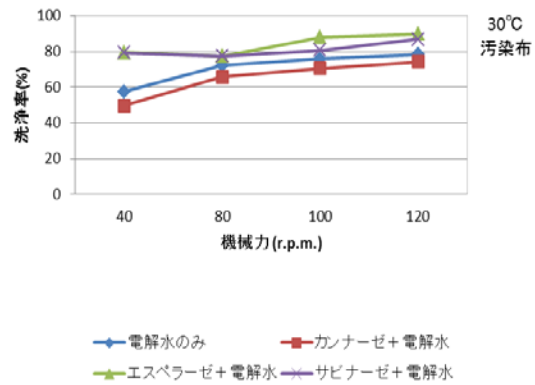


図5 アルカリ電解水系での各種酵素の洗浄性 (湿式人工汚染布)

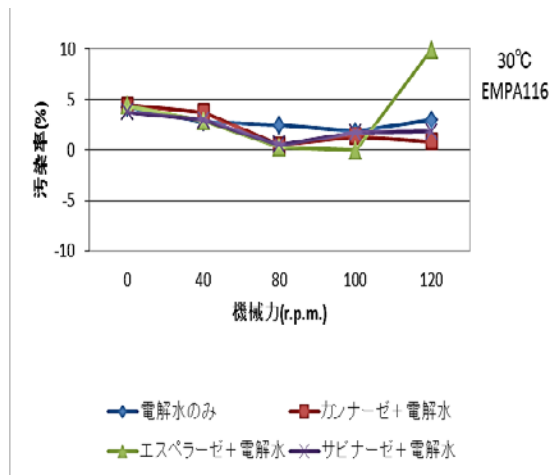


図6 アルカリ電解水系での再汚染性 (EMPA116)

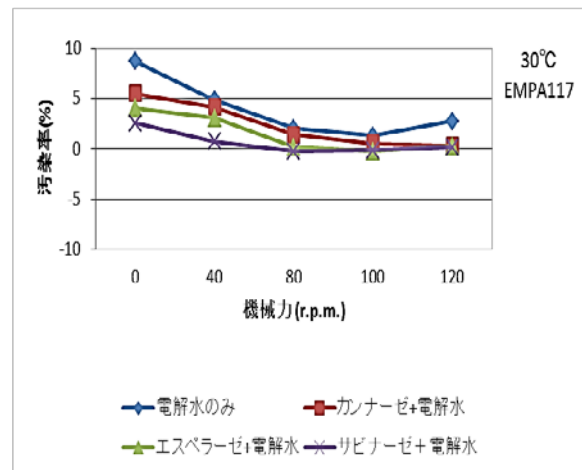


図7 アルカリ電解水系での再汚染性 (EMPA117)

4. 総括

水環境への負荷軽減と省エネルギー型の洗浄を目的とし、洗浄水としてアルカリ電解水に着目し、種々の酵素混合系における洗浄性について調べたところ、以下の結論を得た。

- 1) 同程度の pH に調製したアルカリ液とアルカリ電解水の水質で大きく異なったのは、酸化還元電位であった。すでに報告^{7) 8)} ように洗浄効果でも電解水の方が優れていた。
- 2) 界面活性剤を減量化しても洗浄効果を維持するために酵素を添加したところ、サビナーゼ

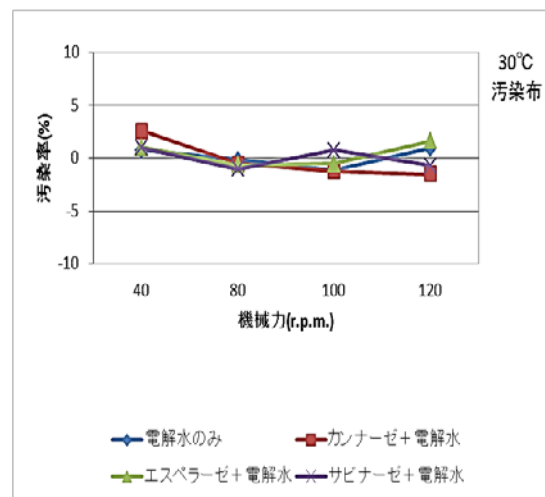


図8 アルカリ電解水系での再汚染性 (湿式人工汚染布)

が最も優れていた。特にポリエステルと綿の混紡汚染布の方が除去性が良かった。

- 3) イオン水に比べアルカリ電解水中に酵素を添加した系の方がより効果的であることが分かった。しかし、ポリエステルと綿の混紡汚染布では除去性は高くなったものの、低い機械力では綿布への再汚染現象も見られた。洗浄性向上のためには、洗浄液組成ばかりでなく、洗浄の際の機械力も洗浄性を決定する大きな要因であることから、洗浄液の組成と機械力の両者が最も効果的な相互作用を示す条件を模索することが今後の課題といえる。

以上から、酵素、洗浄液などを組み合わせた各種の人工汚染布で洗浄を行った結果、市販洗剤のような界面活性剤を添加しなくてもアルカリ電解水に酵素を添加した系で十分な洗浄性が得られることが分かった。また、界面活性剤を添加しない系での洗浄であることから、洗浄後のすすぎも1回程度で十分であり節水効果も十分期待できる。

こうした洗浄研究の実験方法は、既存の人工汚染布を用いて、実用に即した洗浄試験であるため消費者の視点に立った洗浄と環境を関連させる消費者教育として有効な方法であるといえる。また、一方で、洗浄の解析にも何らかの示唆を与えることから今後はさらに実用に即した試験方法の開発も合わせて検討していきたい。

[謝辞]

本研究を遂行するにあたり、貴重なご助言を賜りました現代社会学部桑原宣彰教授、ならびに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に深く感謝いたします。

本研究は、平成 21～23 年度科学研究費助成金・基盤研究 A 21240066（代表大矢勝教授）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**, 23 (1999)
- 2) 尾畑納子：富山国際大学地域学部紀要, **3**, 135 (2003.3)
- 3) 尾畑納子：富山国際大学地域学部紀要, **4**, 121 (2004.3)
- 4) 尾畑納子：富山国際大学地域学部紀要, **6**, 121 (2006.3)
- 5) OBATA Noriko：Journal of the Faculty of Contemporary Society Toyama University of International Studies, **1**, 53-59 (2009)
- 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)
- 7) 尾畑納子：富山国際大学現代社会学部紀要, **2**, 59-65 (2010)
- 8) 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)