

電気分解水の洗濯に及ぼす影響

宮本 栞・鶴田 貴子¹

(2003年9月30日受理)

Effect of Electrolyzed Water on Washing

Shiori Miyamoto and Takako Tsuruta

The detergency, that is the effect on removal of particle soil, on soiling prevention and on deodorization etc., of the electrolyzed water was compared with that of the pure water. The electrolyzed water, i.e. the alkaline ion liquid and the acid ion liquid, was produced using an electricity resolution production device. The wet artificially soiled cloths were washed at 40 °C in each liquid for 10 minutes by a Terg-O-tometer. Sodium dodecyl sulfate (SDS) was used as detergent. The removal efficiency of carbon black was demanded by applying an expression of Kubelka-Munk on the basis of the surface reflection rates of the test cloths. The soiling rates of the test pieces of white polyester were calculated on the surface reflection rates after they were washed with the wet artificially soiled cloths. The smoke of a cigarette (tar 12 mg, nicotine 1.0 mg) was absorbed by the test cloths of wool muslin in a glass container sealed up for 24 hours, and they were washed only with water afterwards. The stench of the specimens was measured with a smell meter, and the deodorant efficiency of the stench was calculated afterwards. The detergency was all good in order of the alkaline ion liquid, the pure water, the acid ion liquid. The property of dispersing solid particles of each liquid was dependent on the ingredients included in each liquid, the pH of the liquid and the hardness of water. The power of dispersing particles of the alkaline ion liquid was the biggest in three kinds of liquids used.

Key words: electrolyzed water, alkaline ionized liquid, acid ionized liquid, detergency, soiling, deodorization

キーワード：電気分解水，アルカリイオン水，酸性イオン水，洗浄性，汚染，脱臭

1. 緒 言

私たちの生活に洗濯は欠かせないものであり、洗濯方法は幾多の変遷を経て現在に至った。その歴史的過程において産業革命後の科学技術の進歩並びに生活様式の変化、都市化、社会的・政治的・経済的要因などが洗濯方法に影響を及ぼしてきた。洗濯の要素には洗濯物、洗濯用水、洗剤、漂白剤、機械力、洗濯場及び洗濯者などがあり、それらは相互に関連しながら変

化してきた¹⁾。これらの洗濯の要素のうち洗濯用水に着目した。洗濯に使用する水は清浄透明で洗剤の作用を妨げる成分因子を含まないことが望ましいとされ、水道水はその心配が殆どなく、雨水、井戸水、河川水などは金属などの成分を溶かし込んでおり、洗濯に好ましくないものもある²⁾。近年、特殊機能を有するとされる様々な飲料水などが出回り、また、アルカリイオン水や酸性イオン水のような電気分解水、磁気処理水などを製造する装置が幾種類か市販されている。アルカリイオン水はプラスチック製品、金属、ガラス、ゴムなどの洗浄に使用され、また、酸性イオン水は医

¹愛媛県松山市立雄郡小学校

療機関で消毒用として用いられている。このような機能水を衣類の洗濯に用いた場合、どのような洗浄効果が現れるのであろうかと関心を抱き、本研究を着想するに至った。アルカリイオン水の洗浄力については研究例があり、イオン交換水よりもアルカリイオン水の方が洗浄性が優れているという結果が報告されている³⁾。一方、洗浄中に洗濯用水を電気分解して改質するという電気洗濯機も昨今、登場している。

本研究では、電気分解水製造装置より採取したアルカリイオン水及び酸性イオン水を用いて洗濯した場合の粒子汚れ除去効果、再汚染防止効果、脱臭効果などについて超純水の場合と比較して検討することとした。

2. 実験方法

(1) 試料

用いた電気分解水は、電気分解水製造器(松下電工(株)アルカリミズトピア TK781)から採水した。その製造器に予め電気分解促進剤として乳酸カルシウムを添加しておき、水道水を流し入れてアルカリイオン水及び酸性イオン水を製造した。超純水は、次のような手順で採取した。まず、水道水を脱イオン蒸留水製造装置(ヤマト科学(株)オートスチル WG-21)を用いて陽イオン交換樹脂と陰イオン交換樹脂により脱イオンし、活性炭フィルターに通した後、パイレックス製蒸留器で蒸留して脱イオン蒸留水を得た。その水を、さらに、超純水製造装置(オルガノ(株)ピューリック-Z)のイオン交換樹脂(純水中の極微量イオンと有機物の除去性能)と特殊ろ材により精製して超純水を採取した。

粒子汚れ除去効果及び再汚染防止効果を調べるための汚染布として湿式人工汚染布〔(財)洗濯科学協会〕を用いた。汚染布1枚の大きさは5cm×5cmであり、汚染布に付着された汚れ⁴⁾は、赤土・カーボンブラック・皮脂である。再汚染用白布としてポリエステルタフタ(中尾フィルター工業(株))を用い、使用に先立ち脱イオン水、超純水をにより70°Cで順次精製した。タバコの臭いを付着させるための試験布として羊毛モスリン(関西衣生活研究会)を用いた。

洗剤として硫酸ドデシルナトリウム(半井化学薬品(株)難溶性蛋白質検出試薬, 以下 SDS と略す)を用いた。SDS は酸, Ca^{++} , Mg^{++} などに安定であり⁵⁾, 硬水中でも金属石けんを生じない。

臭い付着のために用いたタバコは Marlboro (タール 12mg, ニコチン 1.0mg) である。

各種の水の固体粒子に対する分散力を調べるために、固体粒子として玉川圧縮カーボンC級を用い、使用に先立ち、105°Cで3時間乾燥させた。

水の硬度測定に用いた試料は石けん(玉の肌石けん(株), 脂肪酸ナトリウム98%), エタノール(片山化学(株)試薬特級), 塩化バリウム(片山化学(株)試薬特級, 二水和物)である。

(2) 湿式人工汚染布の洗浄方法

SDS 濃度0.2%, 洗濯温度40°C, 浴比1:30でターゲットメーター(株)興亜商会)により補助布に縫いつけた湿式人工汚染布を10分間洗浄した。すすぎはターゲットメーターで1分間を3回繰り返した。また、SDSを使用しないで水のみによる洗浄も行った。この場合、すすぎは行わなかった。洗浄後、室内で試験片を乾燥させた。

(3) 再汚染の方法

再汚染用白布と湿式人工汚染布を補助布に別々に縫いつけ、SDSを添加しないで水のみで洗浄を行った。再汚染の実験条件は2. 実験方法(2)湿式人工汚染布の洗浄の方法と同様にした。

(4) 脱臭効果の測定法

試験布に付着した臭いの測定にポータブル型ニオイセンサ(新コスモス電機(株)XP-329)を用いた。測定の基準値はすべて200に統一し、試験布の臭いの測定値から基準値(200)を差し引いたものをその試験布の臭い値とした。

羊毛モスリンの試験片1枚の大きさを9cm×9cmとし、タバコの臭い付着前の臭い値を測定した。デシケーター(内径20.4cm×深さ13cm)の底に火をつけたタバコ1本を入れて煙を充満させ、試験片24枚をその容器の上部から吊して蓋をして密閉し、24時間放置して臭いを試験布に付着させた。

水の脱臭効果を調べるために SDS は添加しないで水のみで洗浄した。洗浄試験機はターゲットメーター(上記と同様)を用い、洗浄条件は洗浄温度40°C, 浴比1:30, 洗浄時間10分間、濯ぎはしないこととした。洗浄後、試験片を室内で乾燥させた。

(5) 水の pH の測定

ガラス電極式水素イオン濃度計(東亜電波工業(株)HM-20E)により25°Cにおける各種の水の pH を測定した。

(6) 水の硬度の測定

石けん法⁶⁾⁷⁾により種々の水の硬度を液温25°Cで測定した。

(7) カーボンブラック分散液のろ液の透過率の測定

各種の水100 mlにカーボンブラック0.5gを添加し、それぞれに超音波発生器(ヤマト科学(株)Yamato 8510 BRANSON)により超音波を3分間照射してカーボンブラック分散液を調製した。その後、分散液をろ紙(東洋ろ紙 No.2)でろ過し、ろ液の680nmにお

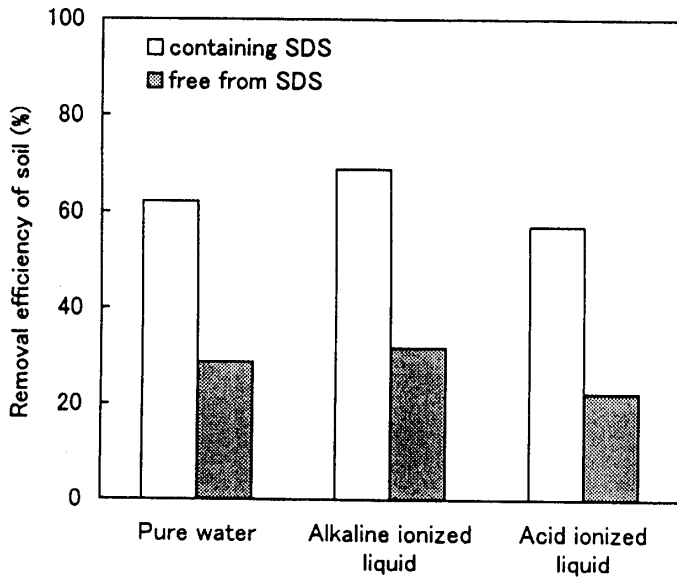


Fig. 1. Removal efficiency of soil by washing with various liquids.

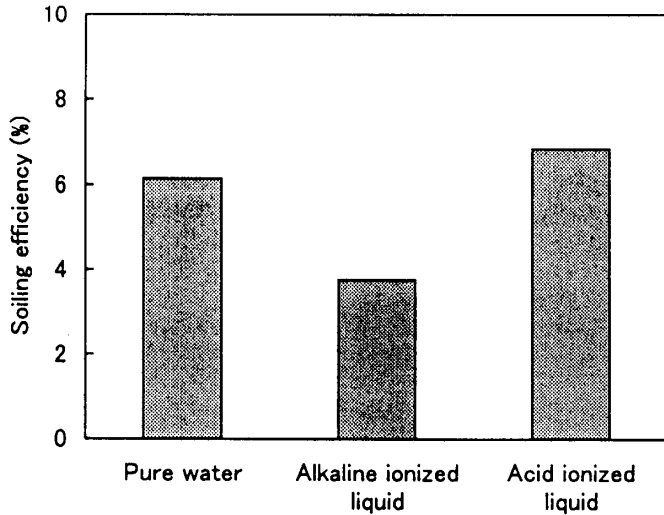


Fig. 2. Soiling efficiency to white polyester taffeta by washing with various liquids.

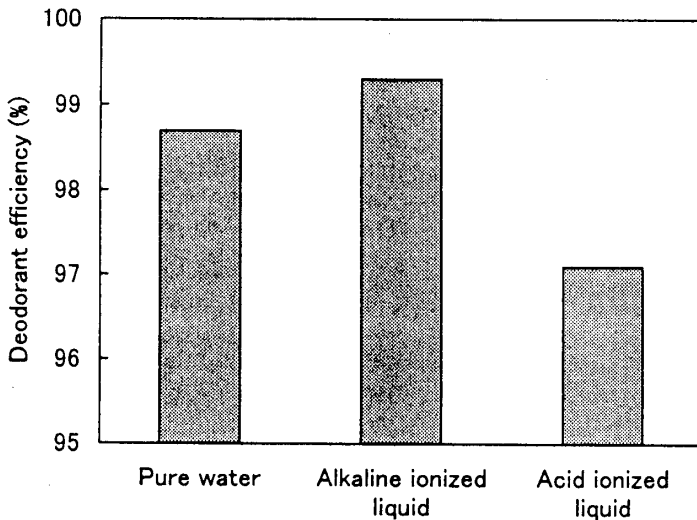


Fig. 3. Deodorant efficiency of the stench of cigarette by washing with various liquids.

ける透過率を分光光度計(日本分光(株) Ubest-50H)を用いて25°Cで測定した。

(8) 種々濃度の SDS を含む水溶液の電気伝導度の測定

電気伝導度計(東亜電波工業(株) CM-30ET)を使用して種々濃度の SDS を含む各種水溶液の25°Cにおける電気伝導度を測定した。用いた電極(東亜電波(株) CG7001PL)のセル定数は0.990×0.1である。

pH と電気伝導度の測定に際し、恒温水槽(大洋科学工業(株), 記憶用温度設定器 Lt-80 サーモミューンダー-Lt-100)を使用して被検液の温度を25°Cに設定した。

3. 実験結果

(1) 湿式人工汚染布の粒子汚れ除去効果

洗浄前後の湿式人工汚染布と原白布(湿式人工汚染布作製用白布)の表裏の表面反射率 R を分光光度計(島津製作所(株)ダブルビーム分光光度計 UV-180)により 520nm において測定し、Kubelka-Munk の式を適用して各試験布の洗浄効率(D)⁸⁾を求めた。

$$D = \frac{(K/S)_s - (K/S)_w}{(K/S)_s - (K/S)_0} \quad (1)$$

ここで

$$K/S = (1-R)^2 / 2R \quad (2)$$

K は反射係数, S は光散乱係数であり, (K/S)₀, (K/S)_s, (K/S)_w はそれぞれ原白布, 汚染布, 洗浄布の K/S 関数の値である。

各種の水を用いて湿式人工汚染布を洗浄し、得られた粒子汚れの除去率を Fig. 1 に示す。SDS を添加しないで水のみで洗浄した場合の洗浄効率は、アルカリイオン水がもっとも高く、超純水が次に高い値を示した。酸性イオン水の洗浄効率は 3 種類の水の中で最小であった。SDS を添加した場合の洗浄効率はアルカリイオン水の場合がもっとも高く、SDS 無添加の場合と同様の傾向が Fig. 1 において認められる。

(2) 再汚染防止効果

洗浄前後の再汚染用試験布の表面反射率を測定し、再汚染率(S)⁹⁾を算出した。

$$S = (R_0 - R_d) / R_0 \quad (3)$$

ここで R₀, R_d はそれぞれ再汚染前後の試験布の表面反射率である。

ポリエステル白布への湿式人工汚染布の粒

子汚れの再汚染率を Fig. 2 に示す。アルカリイオン水を用いた場合の再汚染率が最小であり、酸性イオン水の再汚染率が最大である。このことはアルカリイオン水の再汚染防止効果が用いた水の中で最大であることを示している。

(3) 脱臭効果について

洗浄前の試験片の臭い値に対する洗浄前後の臭い値の差の割合を脱臭率として、各種の水の脱臭効果を比較した。各種の水によるタバコの脱臭率を Fig. 3 に示す。どの水もタバコの脱臭率は97%以上であるが、3種類の水の結果を比較すると、アルカリイオン水の脱臭効果が最大であり、超純水がそれに次いでいる。脱臭効果をもっとも低いのは酸性イオン水であった。

4. 考 察

汚れ粒子除去効果、再汚染防止効果、脱臭効果について本研究で得られた結果は、アルカリイオン水、超純水、酸性イオン水の順に良好であった。この理由について、用いた水の硬度、pH、水の固体粒子に対する分散性、SDS 水溶液の臨海ミセル濃度 (cmc) をもとにして考察を試みた。

(1) 水の硬度と pH

用いた3種類の水の硬度と pH を Table 1 に示す。硬度は、アルカリイオン水がもっとも高い。これは、採水に先立ち電気分解水製造器に添加した乳酸カルシウムおよび水道水 (硬度 22.6 ppm) 中の金属化合物の電解によって陰極側に生成したカルシウムなどの影響によるものと考えられる。酸性イオン水の硬度はアルカリイオン水より低い。これは、原料の水道水中の金属成分が電気分解により陰極側に移動し、陽極付近の水中の金属成分が減少したためであると考えられる。超純水は脱イオン蒸留水をさらにイオン交換したものであるため、硬度は0.0ppmであり、pH は約7であった。アルカリイオン水の pH は9.4であり、

この pH 値は陰極側に生成した水酸化カルシウムなどに起因すると考えられる。酸性イオン水の pH は3.1であり、この pH 値は、電気分解により陽極側に集まった次亜塩素酸や乳酸に起因すると考えられる。

したがって、金属化合物は、酸性イオン水よりアルカリイオン水の方に多く含まれ、両者の水の pH 値は、酸性イオン水のイオン濃度の方がアルカリイオン水より高いことを示している。

(2) カーボンブラック分散液のろ液の透過率

種々の水の固体粒子に対する分散性を調べるために、カーボンブラック分散液のろ液の透過率を比較した。そのろ液の透過率を Table 1 に示す。ろ液の透過率が小さいものほど液が黒く濁り、水のカーボンブラックに対する分散力が大きいことを示す。もっとも透過率が小さいのは、アルカリイオン水であり、次が超純水であった。もっとも透過率が高いのが酸性イオン水であった。このような現象は、アルカリイオン水の固体粒子に対する分散性をもっとも大きいことを示している。アルカリイオン水中の水酸イオンが水中で固体粒子の負の表面電位を増大させて静電的に固体粒子を細かく分散させたと考えられる。また、酸性イオン水中の水素イオンは固体粒子の負の表面電位を減少させて粒子を凝集させる力が働いたと考えられる。

(3) SDS 水溶液の電気伝導度と SDS の cmc

水のみ電気伝導度は、超純水では $1.2\mu\text{S}/\text{cm}$ 、アルカリイオン水では $854\mu\text{S}/\text{cm}$ 、酸性イオン水では $4.37\text{mS}/\text{cm}$ である。超純水の電気伝導度の値がもっとも低く、これは、超純水がイオンや有機物をほとんど含んでいないことを示している。次に、種々濃度の SDS 水溶液の電気伝導度の変化から、各水における cmc を求めると、超純水 $8.01 \times 10^{-3}\text{mol}/\text{dm}^3$ 、アルカリイオン水 $5.89 \times 10^{-3}\text{mol}/\text{dm}^3$ 、酸性イオン水 $5.20 \times 10^{-3}\text{mol}/\text{dm}^3$ であった。酸性イオン水の場合の cmc がもっとも低く、アルカリイオン水の場合の cmc がそれよりやや大きい、いずれの電気分解

Table 1. The water hardness, the pH and the transmissivity of filtrate of various liquids.

Liquid	Water hardness (ppm)	p H	Transmissivity (%)
Pure water	0.0	6.98	75.1
Alkaline ionized liquid	39.5	9.35	53.7
Acid ionized liquid	15.5	3.12	90.1

水も超純水に比べると、cmc がかなり低い。まず、電気分解水の cmc が低下した理由について考察すると、イオン性活性剤は、無機電解質の添加によりその界面活性が増大し、無機電解質の陽イオンの価数の効果が顕著であり、この作用は価数の大きい塩ほど大きい。したがって、その cmc は低下する¹⁰⁾。得られたアルカリイオン水の cmc の値は、電気分解水製造器の電気分解を促進するために添加された乳酸カルシウムが電解されて生成したカルシウムイオンなどの影響によるものであり、酸性イオン水の cmc の値は、水道水に含まれていたカルキと電気分解促進剤の乳酸カルシウムが電解されて生成した塩化物イオン、炭酸水素イオン、乳酸により低下したと考えられる。次に、酸性イオン水 (pH3.12) の方がアルカリイオン水 (pH9.35) より cmc が小さい理由は前者の水の方がイオン濃度が高いことによるものと考えられる。

以上のように、アルカリイオン水を用いた洗浄効果をもっとも優れているのはアルカリイオン水の固体粒子分散性が超純水や酸性イオン水より大きいためであると考えられる。

5. 結 論

アルカリイオン水、酸性イオン水、超純水のうち粒子汚れ除去効果、再汚染防止効果、脱臭効果をもっとも良好な水はアルカリイオン水であり、次が超純水であり、もっとも低いのは酸性イオン水であった。この現象は用いた水に含まれる成分に起因し、アルカリイオン水は含まれる電解質の OH⁻ が静電的に汚れを分解したと考えられる。

電気分解製造装置を使わないで本研究に用いたような電気分解水を得るためには、アルカリイオン水の場合は低濃度で人体に無害なアルカリ性物質を水道水に添加し、また、酸性イオン水の場合は水道水に乳酸や次亜塩素酸のような電解質を添加すればよいと考えら

れる。したがって、電気分解水は従来から存在している水に種々の電解質を添加したものと同様の特性を有すると考えられる。

【引用文献】

- 1) 二宮健一：「清潔な暮らしと洗浄」シリーズ 1. 洗浄と清潔の歴史的概観，繊維製品消費科学，**37**，292 (1996)
- 2) 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 (四訂版)』，建帛者，東京，36 (1999)
- 3) 天木桂子：電解アルカリイオン水の洗浄への応用とその効果，第34回洗浄に関するシンポジウム要旨集，19-24 (2002)
- 4) 奥村統，徳山清孝，阪谷武信，鶴田康夫：新しい人工汚こう布に関する研究 (第 1 報) タンパク質を配合した人工汚こう布の汚こう組成及び調製方法の研究，油化学，**30**，432-441 (1981)
- 5) 中垣正幸，島崎斐子：『被服整理学』，光生館，東京，8 (1965)
- 6) 化学大辞典編集委員会：『化学大辞典』，共立出版(株)，東京，587(1981)
- 7) 内田武：『実験・実習 被服整理と染色』，(株)高綾社書店，22 (1968)
- 8) AKIRA WATANABE, MIEKO TAGAWA: On Electro-Osmotic Washing, Journal of Colloid and Interface Science, **75**, 218-229 (1980)
- 9) 中垣正幸編，井上文雄，金沢澄子，島崎斐子，中垣正幸，藤井富美子，水野上与志子，吉永フミ著：『被服整理実験書』，(株)光正館，東京，**65** (1982)
- 10) 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，東京，51-52 (1981)