

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年3月31日現在

機関番号：17101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500717

研究課題名（和文）

重曹使用による衣類汚れ除去と環境負荷軽減のための水系洗濯最適条件に関する基礎研究

研究課題名（英文）

Fundamental studies on the optimum condition of sodium bicarbonate to remove soil from clothes and reduce environmental burden in laundry

研究代表者

長山 芳子（NAGAYAMA YOSHIKO）

福岡教育大学・教育学部・教授

研究者番号：00117045

研究成果の概要（和文）：重曹は「人にも環境にもやさしい」洗浄剤として普及し始めたが、被服の洗濯に対する記載が少ない。本研究では、衣類の水系洗濯における重曹の効果について、湿式人工汚染布を用いた洗浄実験、モデル油性汚れを用いた乳化・可溶化実験、モデル固体微粒子汚れカーボンブラックに対する分散性実験を行った。その結果、重曹は単独で用いるより、石けんと併用することにより、油性汚れおよび固体粒子汚れのいずれの除去に対しても洗浄効果を高めることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：Sodium Bicarbonate began to spread as an "ecologically-friendly" cleaning agent, but the useful information on laundry is less. In order to find the effect of Sodium Bicarbonate on laundry, detergency washing tests were studied with artificially soiled fabrics, emulsification and solubilization of model oily soil/Oleic Acid, and dispersibility of model solid particulate soil/carbon black in sodium bicarbonate-sodium oleate coexistence aqueous solutions. It is suggested that detergency of sodium bicarbonate in laundry will be enhanced to the removal of oily soil and solid particulate soil by combination with the soap.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：生活科学・生活科学一般

キーワード：衣生活、重曹、石けん、洗濯、洗浄効率、乳化、可溶化、固体粒子汚れ

1. 研究開始当初の背景

(1) 研究の位置づけ

環境問題のうち、工場や事業場の排水などは法的規制もあり、企業では「持続可能な消費」に向けて環境負荷を軽減するための取り

組みが進んでいる。一方、家庭からの排水は規制が難しく、水質汚濁原因の60%がこの生活排水と言われている。そのような中、重曹（炭酸水素ナトリウム）がベーキングパウダーや食品添加物など食用だけでなく、洗浄剤として着目されてきた。インプラント試料表面の細菌除染効果、自動食器洗い機の洗浄、建築物や道路壁面などの表面洗浄における油脂分除去効果などの報告がある。

近年、重曹は家庭洗濯でも使用され始め、角田氏や佐光氏による重曹の使い方が紹介されている。しかし、衣類洗濯に対する汚れの種類と洗浄効果などの客観的数値情報は乏しい状況にあり、実用洗濯の基礎データとなる重曹使用による最適な洗濯条件を得て、環境負荷軽減を図ることが必要であった。

(2) 着想および研究動機

「持続可能な消費社会」のための洗濯は洗浄効果に加えて環境配慮の視点が重要である。本研究室では、洗剤の主成分である界面活性剤や市販石けん・合成洗剤・多用途洗剤などの洗浄力試験およびCOD測定を行い、学会等で発表した。市販洗剤の場合、配合成分情報が公表されておらず、どの成分が洗浄に寄与しているか不明であった。

そこで成分が明確な界面活性剤を重曹と組み合わせ、油性汚れと固体微粒子汚れに対する効果的な洗浄基礎データを蓄積することが必要と考えた。さらに重曹を使用した水系洗濯では洗浄力と環境負荷量の両面から検討し、家庭洗濯の使用方法を提案することが重要であると考えた。

2. 研究の目的

生活における安全や環境負荷軽減に関心が高まる中、「人にも環境にもやさしい」台所や住まいの洗浄剤として、重曹が使用し始めている。重曹を用いた衣類および繊維製品の手入れ方法、使用量、手順について、研究報告や市販図書を調査した結果、手入れ方法で重曹の記載が多いのは、洗濯(主に手洗い)、しみ抜き、部分洗い、脱臭、パウダークリーニングの順であった。洗濯では、重曹のみの使用が最も多く、次いで石けんとの併用、重曹水に浸漬後の石けん洗いなどもあった。しかし、重曹使用量の記載は様々であり、「適量」あるいは未記載などであり、正確な記載がほとんど無い。繊維や汚れの種類に合わせた重曹の使用法の把握が必要である。

そこで本研究では、衣類汚れとして油性汚れおよび固体微粒子汚れを用い、水系洗濯における重曹使用の除去効果を検討し、重曹の効果的な衣類洗濯使用条件を明らかにすることを目的とした。さらに、家庭洗濯における適正な重曹-石けんの使用法を検討することにより、洗濯排水による水環境負荷の

軽減を目的とした環境配慮型衣生活のための、実践可能な洗濯の提案が可能となる。

3. 研究の方法

衣類に付着する汚れ除去に対して、水系洗濯における重曹使用の効果について、モデル汚れとして、湿式人工汚染布、油性汚れ、固体微粒子汚れを用いて、実験を行うこととした。

(1) 重曹および石けん併用による洗浄実験 —人工汚染布—

ここでは、重曹水溶液単独の場合、石けん水溶液単独、重曹と石けんを併用した水溶液について、湿式人工汚染布による洗浄効率の変化など基礎データを収集する。

攪拌型洗浄試験機は、洗濯機洗いを想定した試験機である。この試験機による洗浄実験を行うことにより、家庭用洗濯機で洗う場合の洗浄効果を推測することとした。

①洗浄剤として炭酸水素ナトリウム（試薬特級、以下重曹）、洗剤としてオレイン酸ナトリウム（試薬特級、石けん）を用いた。被洗物は、湿式人工汚染布（(財)洗濯科学協会）を用いた。この汚染布は、衣類に付着する汚れをモデル化したものであり、汚垢組成は油性成分としてオレイン酸、トリオレイン他、タンパク質としてゼラチン、無機成分として泥、カーボンブラックであり、水分散媒方式で作成され、電気洗濯機の洗浄力評価用としてJISに規格化されている。

②洗濯試験方法は、攪拌型洗濯試験機（Terg-0-Tometer）を用い、洗浄温度20～40℃、洗浄時間10分、3分間すぎ2回とし、ドラフト内で自然乾燥した。

③洗浄効率は、表面反射率測定からKubelka-Munkの式により算出した。

④各洗浄水溶液の表面張力は、自動表面張力計（協和界面科学(株)製DY-301FK）を用い、恒温恒湿室で測定した。pHはpHメーター（東亜DKK HM-25R）で測定した。

(2) 重曹および石けん併用による油性汚れの洗浄 —乳化および可溶化—

(1)の洗浄実験では混合された汚れに対する重曹の効果を明らかにしたが、ここでは、油性汚れに焦点を絞り、洗浄効率を乳化および可溶化作用の面から重曹の効果を検討した。

①被洗物はモデル油性汚れとして、オレイン酸（試薬特級）、油性染料スダンIIを用いた。洗浄剤は重曹濃度1～950mM、洗剤として石けん濃度0.01～100mMとした。

②乳化方法は、洗浄水溶液20mLが入った共栓遠沈管にオレイン酸を0.1mL投入し、乳化温度20℃～40℃、10分～24時間、恒温

振とう機で往復 120rpm 振とうした。500nm における透過率を測定した。

- ③可溶化方法は、水溶液に過剰な油性染料を投入し、可溶化温度 20~40℃、12~60 時間、恒温振とう機で往復 120rpm 振とうした。

可溶化後の濾液にエタノールを加えた水溶液について、可視部吸収スペクトルおよび λ_{\max} 501nm における吸光度を、分光光度計（日本分光株式会社 V-660DS）で測定した。エタノール水溶液におけるスタン II の検量線を作成し、可溶化量を算出した。

(3) 重曹および石けん併用による固体微粒子汚れの洗浄 ー分散性ー

固体微粒子汚れに対する重曹の効果について、カーボンブラックを用い、分散性を吸光度法により検討した。

- ①被洗物としてカーボンブラック（(財)洗濯科学協会）を用いた。重曹および石けんの濃度はいずれも 10mM とした。
- ②分散方法は、水溶液 250mL あたりカーボンブラック 5~35mg を投入し、恒温水槽温度 30℃、ホモジナイザー（IKA、T25 デジタル）により 3400rpm~10000rpm で分散させた。
- ③分散性は、分光光度計により波長 550nm の吸光度を測定した。

以上の実験により、衣類に付着する混合汚れ、油性汚れおよび固体微粒子汚れの除去方法として水系洗濯を行う場合、重曹の効果的条件について検討する。

さらに、研究結果をもとに、家庭洗濯における重曹の使用方法を検討する。

4. 研究成果

(1) 衣類洗濯に対する重曹の効果

①重曹濃度の影響

重曹濃度は、30℃における溶解度までとした。湿式人工汚染布の洗浄効率は、重曹単独水溶液（以下、重曹単独系）の場合、低濃度側では、水のみの場合より増加し、重曹濃度の増加に伴い漸次増加した。さらに、重曹濃度 36mM 以上における洗浄効率の変化は小であり、この濃度付近ではほぼ洗浄平衡状態に達しているといえる。

②重曹ー石けん共存水溶液の影響

重曹と石けんの共存水溶液（以下、重曹ー石けん共存系）については、重曹と石けんの全モル濃度を一定とし、両者を種々のモル%比に混合した水溶液を用いた。重曹ー石けん共存系の洗浄効率は、重曹：石けんのモル%比が 10：90~40：60 では石けん単独系と同等となった。重曹の配合比率を 50 モル%以上に増加した場合、洗浄効率は漸次低下した。

③表面張力および pH

表面張力は、重曹単独系では濃度増加による変化は認められなかった。石けん単独系の場合は、濃度増加に伴い表面張力は低下し cmc が出現したのに対し、重曹ー石けん共存系の場合は、重曹の配合モル%による変化が認められなかった。

pH は、重曹単独系では 20℃で 8.4 程度であり、濃度増加による変化はわずかであった。石けん単独系の pH は濃度増加により変化し、cmc 以上の 10mM では 10.4 を示した。一方、重曹ー石けん共存系の pH は、重曹の配合モル%の増加に伴い漸次低下する傾向にあった。

これらの結果から、湿式人工汚染布を使用した洗浄実験では、重曹単独系の洗浄効率は水のみでの洗浄よりも増加し、重曹の配合比率により変化することが明らかとなった。また、重曹は、表面張力への影響は低く、石けん水溶液の pH 低下による緩衝作用が推察された。

(2) 油性汚れに対する重曹の洗浄効果

①乳化について

重曹単独系の場合、振とうにより白濁が生じており、オレイン酸との反応が観察された。20℃3 時間振とう後の透過率は、重曹の低濃度 5mM から漸次減少した。30℃と 40℃では、低濃度側の透過率は著しく低下し、高濃度側では上昇する傾向にあった。

オレイン酸の乳化作用の測定方法として、米沢・大塚らは水溶液中におけるグリチルリチンによるオレイン酸の乳化について乳濁液の透過率を測定して濁度を算出していた。本実験でも同様の手法により透過率を測定した。本実験の全濃度範囲について、乳濁液の乳化状態を把握するためには、今後の検討が必要であるが、重曹低濃度において、透過率は濃度とともに直線的に低下しており、乳化の進行を捉えているといえる。

本実験の結果から、重曹単独水溶液において、油性汚れの乳化作用が確認された。

乳化 30℃24 時間後の表面張力は、重曹単独系の場合、重曹濃度とともに低下した。石けん単独系においても、乳化後の表面張力は、石けん濃度とともに低下した。

重曹単独系では、乳化前の表面張力はいずれの濃度においても低下していなかったが、乳化後は石けんと同等程度に著しく低下した。乳化後の重曹水溶液は、振とうにより起泡が観察された。これらのことから、モデル油性汚れとして用いたオレイン酸は重曹によりケン化され、重曹石けんを生成していることが示唆された。

乳化 30℃24 時間後の pH は、重曹単独系の場合、濃度 10mM において 7.7 となり、乳化

により pH は低下した。石けん単独系の場合、濃度 10mM の乳化後の pH は 8.8 であった。石けんのみを 30°C 24 時間振とうしたブランクテストの pH 低下は 0.1 以下であり、これを勘案すると石けん単独系の乳化による pH 低下は 1.5 である。石けん単独系の乳化による pH 低下は、重曹単独系に比べて大であった。重曹-石けん共存系では、重曹の配合モル%の増加に伴い、乳化による pH 低下量は減少する傾向を示した。

②可溶化について

重曹単独系の場合、油性染料を加え振とう後の吸光度は、ほぼ 0 であった。このことは、重曹単独水溶液中では油性染料は溶解されないことを示唆している。

石けん単独系の場合、振とうにより吸光度は増加しており、可溶化が認められた。振とう 12 時間まで可溶化量は漸次増加し、その後の変化は緩慢となった。

重曹-石けん共存系においても可溶化が生じ、重曹：石けんのモル%比が 25：75～50：50 の範囲では、石けん単独水溶液よりも可溶化量が大きくなった。このモル%比の範囲において、重曹の共存により、石けんの可溶化能を向上させる働きがあると考えられる。

これらの結果から、重曹-石けん共存系によるモデル油性汚れの乳化作用および可溶化能は、重曹への石けん配合比率によって、重曹単独系よりも高くなり、衣類の油性汚れ除去に効果があることが明らかとなった。前述の湿式人工汚染布による洗浄効率において、重曹-石けん共存系が重曹単独系よりも高くなった要因の一つが、油性汚れ除去にあることが明らかとなった。

(3) 固体粒子汚れに対する重曹の洗浄効果

①重曹単独系の分散性

重曹単独系の場合、濃度、分散回転数および時間を変化させても、カーボンブラックの分散は全く生じていないことが観察された。

②重曹-石けん共存系の分散性

重曹-石けん共存系では全モル濃度 10mM とし、カーボンブラック 0.025 g/250mL を分散させた。重曹-石けん共存系の吸光度は、モル%比 10：90～50：50 の範囲において、石けん単独系よりも高くなる傾向にあり、重曹の配合比率が 25 モル%の時に最も高くなった。

重曹は、それ自体に固体粒子汚れであるカーボンブラックの分散性が無いこと、さらに石けんに配合することにより、分散性が向上することが明らかとなった。

重曹を石けんに配合すると、石けんの分散性を高める補助作用があると考えられる。

(4) 重曹の汚れ除去効果

本研究で行った湿式人工汚染布の洗浄実験、油性汚れの乳化および可溶化、固体微粒子汚れカーボンブラックの分散の結果から、重曹：石けんのモル%比が 40：60 程度であれば、石けん単独系と同等あるいはそれ以上の除去効果が得られるといえる。

本研究により、重曹は石けんと併用することにより、油性汚れおよび固体粒子汚れのいずれに対しても、除去効果を高めることが明らかとなった。

(5) 今後の展望

本研究で設定した重曹-石けん共存系の全モル濃度 10mM、重曹：石けんのモル%比 40：60 の条件について、衣類汚れの除去場面を想定した。

重曹分子量 84.01、オレイン酸ナトリウム(石けん)分子量 304.45 として、質量比 (g/L) に換算すると、0.3360：1.8267 となる。

洗濯機洗いの水量を 30L とした場合、重曹 10.08g：石けん 54.80g、重曹の量は石けん重量の 18.4wt% となる。さらに、同等の汚れ除去効果が予想される石けん単独系モル濃度 10mM に比べ、石けん 40.0wt% の削減となる。

本研究により、重曹を石けん重量の 18wt% 程度までの配合により、石けん単独で洗う以上の洗浄効果が期待できることを発信する。

今後、石けん濃度を減少させた重曹-石けん共存系について、種々の汚れ除去に関する基礎データを蓄積して、重曹使用条件を提案し、石けん使用量の削減および環境負荷の軽減に取り組んでいく。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 3 件)

- ①長山 芳子、岡本 祐季、天本 旬子、重曹および石けん共存系におけるカーボンブラック汚れの分散性、(社)日本家政学会第 65 回大会、2013. 5. 19、昭和女子大学
- ②長山 芳子、菅原 明日実、重曹のオレイン酸ナトリウム共存水溶液における油性色素の可溶化および表面張力の変化、(社)日本家政学会第 63 回大会、2011. 5. 29、和洋女子大学
- ③長山 芳子、深田祐子、重曹の油汚れに対する洗浄力の検討-オレイン酸の乳化-、(社)日本家政学会第 62 回大会、2010. 5. 29、広島大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長山 芳子 (NAGAYAMA YOSHIKO)
福岡教育大学・教育学部・教授
研究者番号：00117045