



炭の洗濯効率に関する検討

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 宮崎大学教育文化学部 公開日: 2008-03-06 キーワード (Ja): キーワード (En): environmental loading, charcoal washing, component analysis, Schulze-Hardy's law 作成者: 岡村, 好美 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10458/1314

炭の洗濯効率に関する検討

岡村 好美

Study on Detergency of Charcoal

Yoshimi OKAMURA

Abstract

In order to reduce environmental loading such as water pollution, a possibility is raised to substitute charcoal for detergent. Therefore, we study the efficiency of charcoal washing by examining detergency and performing component analysis of water that charcoal had been immersed. Effectiveness of added salt was also examined. In this report we showed that 1) detergency of charcoal was an order of synthetic detergent, compound detergent, charcoal, but was significantly higher than water; 2) the water immersed with charcoal was alkaline, and contained cation based on surface activity and phosphoric acid; 3) NaCl added into water dispersed the soil particle following Schulze-Hardy's law and resulted in the effective adsorption by charcoal. These results indicate that soil redeposition is lowered by charcoal washing.

Key Words : environmental loading, Charcoal washing, component analysis, Schulze-Hardy' s law

1 緒 言

古代ローマ時代に発見されたといわれる石けんが日本にもたらされてから100年にも満たないが、それが合成洗剤に変わり、今や洗剤は日常生活になくてはならないものになっている。以来、洗剤の高性能・少量化に向かった開発・改良はめざましい。このような開発研究には、環境負荷の軽減を図る目的も含まれており、自然志向・天然志向が強く提唱されてからは、石けん・洗剤以外にも様々な手法や洗剤が注目されてきた。そしてこのような情報は近年めざましく発達した通信技術によって極めて短時間のうちに広く伝えられ、この情報が消費者の購買行動にも大きく影響しているようである。自然志向のもとに洗剤として情報が伝達され、商品化されたものの一つに「炭」がある。石けんが伝えられる以前の日本で洗濯に用いられていた灰汁についてはアルカリ性を利用したものである¹⁾ことが報告されている。しかし既に洗剤として商品化された「炭」の洗濯における効果について研究した報告はみられない。

本研究では洗浄作用があると報じられ、商品化も行われた2種類の炭を用いて洗浄性を調べ、炭から溶出する成分の分析、塩添加による洗浄性の変化の検討など炭洗濯の効果を明らかにするための実験を行った。なお本研究は多くの器機を使用することなく、身近な題材を簡便な手法を用いて検討することが可能であることを示すという教育的立場ならびに意図から、身近な手法を用いて検討を加えた。

2 実 験

(1) 試料と試薬

炭は備長炭と竹炭を用いた。いずれも炊飯・水浄化用の市販品である。洗剤は衣料用コンパクト洗剤（標準使用量：25 g / 30 l、界面活性剤：21%、酵素配合）と洗濯用複合石けん（標準使用量：25 g / 30 l、界面活性剤：57%-純石けん分52%・その他の界面活性剤5%）の2種類である。

汚染布は湿式人工汚染布（洗濯科学協会）を用いた。

炭洗濯で用いる塩には、塩化ナトリウム（片山科学、試薬品）を用いた。洗濯後の汚染布に残留している成分抽出は、油脂にはベンゼン（和光純薬）、タンパク質には水酸化ナトリウム（米山薬品）を使用し、検出はタンパク成分分析にはアンモニウム体窒素検出パック（共立理化、WAK-NH₄-N）、リン酸分析にはP測定パック（共立理化、LR-PO₄）を用いた。界面活性性能測定には、カチオン界面活性剤（ドデシルトリメチルアンモニウムクロライド、東京化成）、酢酸（和光純薬）、酢酸ナトリウム（片山化学）、オレンジII（和光純薬）、クロロホルム（和光純薬）を用いた。水は洗濯機試験には水道水を、その他の試験にはイオン交換水を用いた。

(2) 方法

1) 洗濯試験

炭は約50 g（備長炭1本、竹炭2本）を1包みとして、洗濯にはそれぞれ2包みを使用した。包み方は、炭の端が開いた状態にエアークッキングで2重に巻き、あらかじめ作成した仕上がり10cm×38cmの洗濯ネットにいれ、2重にして口を閉じた。炭洗濯の場合には同時に小さじ1～2杯から大きじ1～2杯の塩を入れて行うという情報があることに従い、この濃度に相当する0～0.106%の塩濃度（33 lの水に塩0 g～35 g）で各洗濯を行った。市販洗剤の使用濃度は表示されている標準使用量に従った。

洗濯は、全自動洗濯機（TOSHIBA 銀河）を標準洗濯（洗い10分、すすぎ5分2回）に設定し、浴比を1：30に調整して行った。汚染布は浴比調整用の平織り綿布（50cm×50cm）の中央に1枚ずつ粗く縫いつけた。汚染布は洗濯1条件につき4枚を1回として、条件毎に5回ずつ試験した。

またビーカー法（J I S L1045 B C号）でも洗浄試験を行い、洗浄性および汚染性を調べた。現在のJ I Sにはビーカー法は記載されておらず、この方法が洗濯試験に用いられることは少ないが、ラウンダーメータやタゴトメータを用いると硬球や攪拌羽根によって炭が砕かれることが予想されるためビーカー法を採用した。ビーカー法では1包みが8 g程度の備長炭、竹炭を使用した。

2) 洗浄力の評価

洗濯前後の汚染布の表面反射率を色差計（日本電色、NF777CE）により測定し、常法に従っ

て洗浄率を算出した。

洗濯後の汚染布に残留している油分はベンゼンで48時間抽出し、オレイン酸量として単分子膜レンズ法によって検出した。また洗濯後の汚染布をNaOH (1/10N) で72時間抽出し、アンモニア体窒素検出パックを利用して分光光度計 (SHIMADZU, UV-1600) によりタンパク成分を検出した。なお各抽出時間は事前に行った実験により決定した。これらの成分量をもとに、各種洗濯による洗浄効果を評価した。

3) 炭浸漬液の水質調査

備長炭・竹炭それぞれを炭重量の30倍の水に静置の状態に浸漬し、浸漬液の30日間の pH・リン酸濃度・界面活性性能の変化を調べた。浸漬および測定は25°Cの条件下で行った。各測定の方法は以下に述べるとおりである。

pH は、炭を1、2、4、10、30日間浸漬した水について、pH メーター (ハンナインスツルメンツ、HI991300型) により測定した。

リン酸はモリブデンブルー法を利用した測定パックにより、1、2、4、7、14、30日間炭を浸漬した水について測定した。

界面活性性能は、オレンジII法²⁾によるカチオン界面活性剤の分析法により測定した。すなわち、濃度調整した一定量のカチオン界面活性剤 (ドデシルトリメチルアンモニウムクロライド、DTAC) を各炭浸漬液に加えて溶液全体のDTAC濃度を測定し、調整濃度を基準にDTAC濃度の変化を調べることにより、炭から溶出した界面活性剤の種類とその濃度を求めた。

3 結果および考察

(1) 洗浄力評価

各種洗濯による洗浄率の変化を図1に示す。備長炭・竹炭のいずれについても炭を用いない場合より洗浄率は良好で、備長炭の場合には低塩濃度で洗浄率は低い値を示したが、塩濃度の増加によっていずれの炭の場合も洗浄率は僅かに上昇した。洗浄効果は竹炭と備長炭で若干の差は認められるが、ほぼ市販の合成洗剤の場合の45%、複合石けんの場合の70%の効果であった。

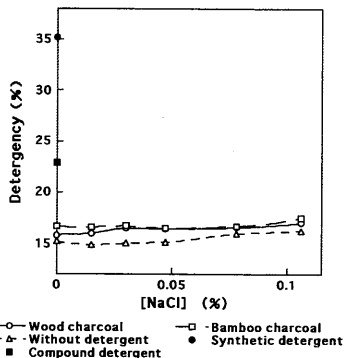


Fig. 1. Comparison of detergency of various detergents

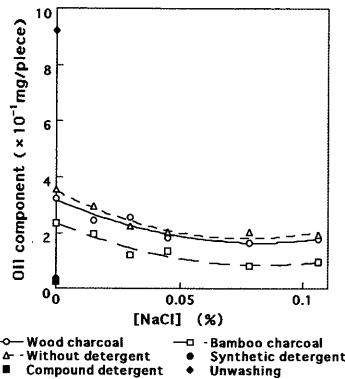


Fig. 2. Effect of various concentrations of NaCl on washing of oil soil

洗濯後の汚染布に残留している油脂分の検出結果を図2に示す。塩の添加によって油脂の残留量は減少傾向を示し、その作用は炭を用いた場合により明瞭で、また、竹炭の効果が備長炭に勝る傾向が認められた。炭洗濯による洗濯汚染布から抽出した油脂量は、未洗濯汚染布から抽出した油脂量のほぼ20%を示し、水洗いの場合より少ない量であった。またこの残留量は市販洗剤による結果と比較すると5倍程度多い量であった。

洗濯後の汚染布に残留しているタンパク成分の検出結果を図3に示す。塩の添加は汚染布に残留するタンパク質成分の減少をもたらした。なお炭洗濯によるタンパク成分の最低残留量は市販洗剤の場合の残留量の1.6~1.9倍であり、水洗いの場合には2.1~2.5倍であった。またこの残留タンパク成分量は未洗濯の汚染布から抽出したタンパク成分量の15~16%、水洗いでは20%に相当した。以上のことから、市販洗剤ほどではないが、炭洗濯は水洗いよりタンパク成分の除去にも効果があると判断された。これまでに木炭の水質浄化機能として竹炭による窒素の除去速度が優れていることが報告されている³⁾。この事実は本実験におけるタンパク質残留量が竹炭を用いた洗濯の場合に低い値を示した結果を裏付けるものと考えられる。

ビーカートテストによる結果を図4に示す。白抜きマークが洗浄率(D)を、塗りつぶしのマークが再汚染率(R)を示す。炭を用いた場合には図1の結果と同様に、水洗いの場合より洗浄性は僅かに向上し、再汚染も幾分押さえられた。しかし洗剤を使用した場合より洗浄・再汚染ともに効果は小さく、これは洗濯機による洗濯の場合とほぼ同じ傾向であった。

以上、洗剤の代わりに炭を用いた洗濯では水洗いより高い洗浄効果が得られるものの、その差は僅かであり、また洗浄効果は市販の洗剤類には遙かに及ばないことが明らかであった。

(2) 炭浸漬液の性質

1) 炭浸漬液の液性

図5に備長炭と竹炭を浸漬した水のpHの変化を示す。両者とも浸漬日数の増加によってpH値は高くなった。炭は炭化させる温度によって酸性炭素と塩基性炭素に分類され、700度以上でやいた木炭は酸を吸収して溶液はアルカリ性を示す。本実験で用いた炭の炭化温度は不明であるが、浸漬した水がどちらもアルカリ性を示したことから塩基性炭素に当たるとと思われる。洗濯にこのような炭を用いた場合には、炭は脱落した酸性の汚れを吸着してアルカリを保つ働きがあると考えられる。一般に洗濯効果が得られる条件の一つとして液性がアルカリであるこ

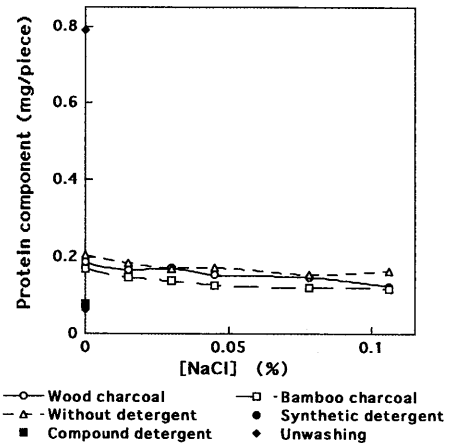


Fig. 3 Effect of various concentrations of NaCl on washing of protein soil

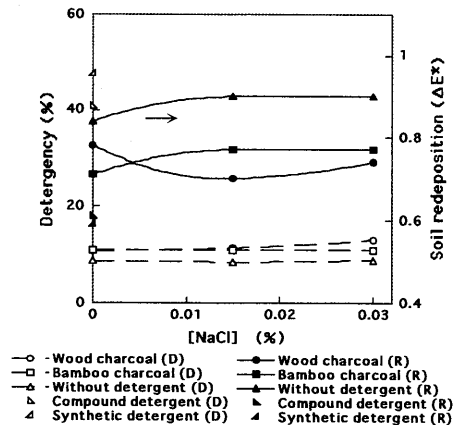


Fig. 4 Correlation of detergency and soil redeposition in the presence of NaCl by Beaker Method

とがあげられており、炭浸漬液の pH は水を循環させることによって上昇する⁴⁾ことから洗濯中の水の pH は浸漬液の pH より高いことが推測されるが、実際の洗濯時間の長さからは急激な pH の上昇は期待できず、従って洗浄効果への pH の影響はさほど大きくない可能性もある。一方竹炭を浸漬した水の pH は備長炭の場合より高い値を示し、この影響が竹炭と備長炭の洗浄効果の違いをもたらしたと推測することは可能である。

2) 炭浸漬液の成分

炭を浸漬した水の界面活性性能の変化を図 6 に示す。浸漬日数が増加するとカチオン界面活性剤濃度は減少し、その減少速度は備長炭、竹炭ではほぼ同様の傾向が示された。静置条件下での炭浸漬液で界面活性性能が認められたこの結果は、攪拌状態で行われる洗濯過程においても炭が界面活性性能をもつことを示すと思われる。カチオン界面活性剤にある程度の洗浄効果があることは一般に認められており、炭洗濯の場合に水洗いより高い洗浄率を示したことは界面活性性能の関与も考え得る。

炭浸漬液のリン酸濃度の変化を図 7 に示す。浸漬する日数が長くなるにつれて炭から溶出する P の量は増加し、特に竹炭の場合に短期間で多量の溶出が認められた。1 昼夜炭を浸漬した水の全硬度（共立理化、パックテスト LR-TH で測定）は、備長炭では 10 ppm であったが、竹炭では検出されなかった。一般の洗濯ではビルダーとしてリン酸が有効に作用すると考えられている。本実験での P は正リン酸での検出結果でありビルダー効果が高いリン酸塩と同等の効果があるとは断定できないが、ある程度の関与は推察できる。水質変化に関する炭の影響は、竹炭が植物への Mg の供給源として優れていることや、竹やウバメガシ（備長炭）を原木とする炭から Mg や P の溶出が多いことが報告⁵⁾されている。一方、木炭によって P の 20%~40% が除去される⁶⁾ことも明らかにされている。本実験ではリン酸濃度の上昇が明らかであった竹炭の場合に、硬度の変化は認められなかった。したがって、本洗濯時には汚染成分である泥中の Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ⁷⁾ にリン酸が作用することにより、

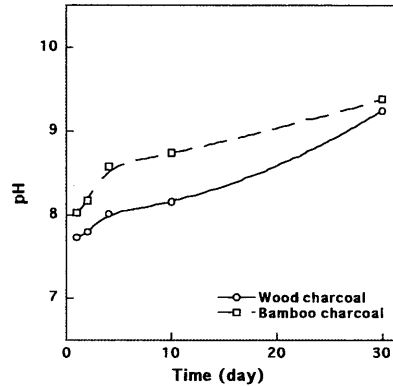


Fig. 5 Change in pH of water immersed with charcoal as elongation of period

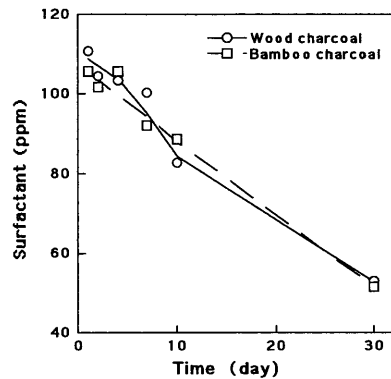


Fig. 6 Change in surfactant concentration of water immersed with charcoal as elongation of period

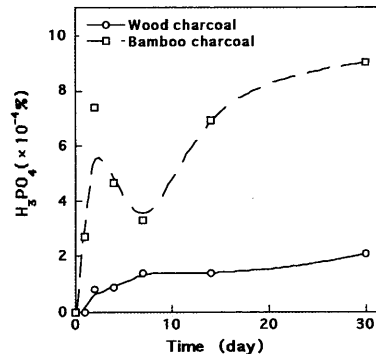


Fig. 7 Change in phosphoric acid concentration of water immersed with charcoal as elongation of period

洗浄効果の増進に関わった可能性も推測される。炭を1昼夜浸漬した溶液および標準使用濃度の洗剤溶液を用いた液洗いをピーカー法で行った。その結果を図8に示す。炭液洗いの洗浄・再汚染への効果は洗剤液の場合より低いが、水洗いより高かった。この結果は先に示した炭から溶出する成分のPやpHの変化が関与していると考えられる。ところが一方、炭液洗いの再汚染は図4の場合に比べて高かった。従って、再汚染防止には溶出成分だけでなく、炭という多孔性構造体の存在をも必要とする可能性が示唆される。

次に、液量の0.1%量のカーボンブラックを水に投入した場合の、塩濃度による透過率の変化を検討した。その結果を図9に示す。塩濃度が増加すると透過率は減少した。この実験系における透過率はカーボンブラックの溶液中への分散を示すものである。そこでこの懸濁液に白布または白布と炭を投入・攪拌して白布の汚染率を調べた。図10の結果に示されるように、竹炭と共に投入した白布の場合に再汚染は最も小さく、次いで備長炭と白布、白布のみの順になった。

分散は遅い凝集であり、一般に分散・凝集に対する電解質の作用として、吸着性のない無機イオンの場合はSchulze-Hardyの法則に従う⁸⁾と考えられている。したがって、炭洗濯における塩の添加は汚染粒子の凝集を促すためのものと考えられる。また、炭の主成分の炭素は汚染成分と共に疎水性を示し、両者の親和力は大きいと推測される。一方、炭を燃料以外の目的で用いるのは炭の多孔性を利用することが多く^{2,9)}、炭の多孔度は原料木材によって異なるが、竹は木材より多孔性であることが知られている。これらを考慮すると、竹炭の場合に最も高い洗浄効果が認められたのは、塩によって凝集した汚染粒子が多孔性の竹炭に吸着されたことにより、再汚染が低く押さえられたためと推論できる。さらに、固体粒子はほとんどの場合に油

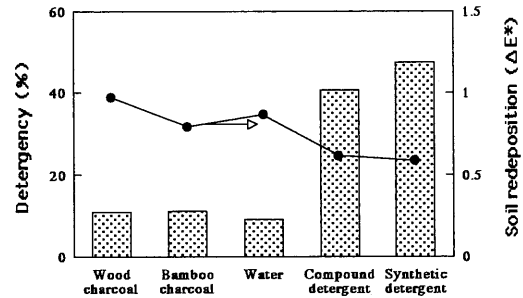


Fig. 8 Effect of cleaning agents on detergency and soil redeposition

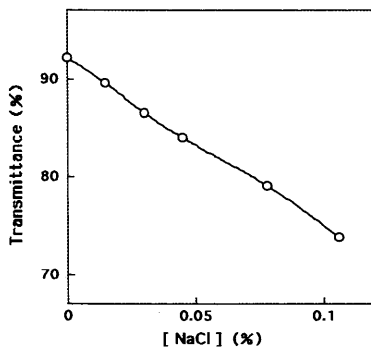


Fig. 9 Change in transmittance of water NaCl

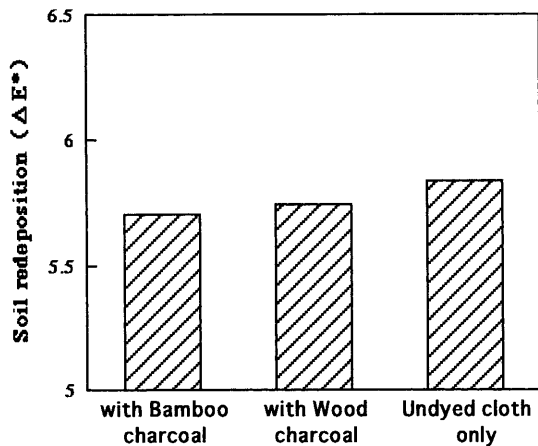


Fig. 10 Effect of charcoal on soil redeposition

脂成分と共に繊維に吸着していることから、固体粒子は洗濯時の機械力によって油脂など他の成分と共に脱落し、ともに炭に吸着されることが推測できる。そして図2はこの推論の妥当性を示唆していると思われる。

以上のことから、炭洗濯の洗浄効果には炭の多孔性構造が深く関与していると考えられる。

4 結 論

環境負荷の軽減が求められるようになって以来、洗剤に換わるものとして「炭」が話題になっている。一方、日常の洗濯の理由は着用したから洗濯をするというものがほとんどで、洗濯本来の目的とは異なるのが近年の情勢である。このように日常の洗濯ではひどい汚れ物を扱うことは少ないと考えられ、従って家庭洗濯では炭を用いた洗濯と洗剤による洗濯の結果に明らかな差が見られないことは予想されるが、商品化されている炭の効果を明らかにした報告は見られないのが現状である。本報では教育的見地より、炭による洗濯の洗浄率および炭より溶出する成分、添加塩の作用から、炭を用いた洗濯の効果を検討した。得られた結果を以下に示す。

- (1) 炭による洗濯の洗浄率は市販洗剤の場合にははるかに及ばないものの、水洗いの場合より良好な洗浄効率を示した。
- (2) 炭を浸漬した水からはリン酸やカチオン界面活性成分が検出され、液性は弱アルカリ性を呈した。
- (3) 洗濯で添加される塩は Schulze-Hardy の法則に従って汚染粒子を分散・凝集させることが認められ、多孔性の炭が汚染粒子を吸着することによって布の再汚染を抑えていると考えられた。

引 用 文 献

- 1) 松沢秀二；繊維の文化、高分子刊行会、京都、209 (1993)
- 2) 界面活性剤分析研究会；界面活性剤分析法、幸書房、東京、317-320 (1987)
- 3) 高村弘人、酒井伸行、南後和寛；、土木学会講演会概要集、2、1288-1289 (1994)、根目澤卓男、久保田正亜、吉武孝；木炭とネズミモチによる水質浄化機能、日本林学会講演集 (2000)
- 4) 森下一男；溜池灌漑地域における水利統合、農業土木誌、63、37-42 (1995)
- 5) 根目澤卓男、久保田正亜、吉武孝；木炭による水質浄化機能、(1)、日本林学会講演集、1、2 (1999)、岸本定吉；炭、丸ノ内出版、東京、176-178 (1976)
- 6) 須藤聖、相沢治郎、大村達夫；接触材水路による河川水の浄化実験、土木学会講演会概要集、2、1012-1013 (1993)
- 7) 国立天文台編；理科年表、丸善、東京、722 (1998)
- 8) 近藤精一、石川達夫、阿部郁夫；吸着の科学、丸善、東京、21 (2001)
- 9) 近藤精一、石川達夫、阿部郁夫；吸着の科学、丸善、東京、5 (2001)、岡村俊邦；ヤナギ類の木炭化による河川生態系再生サイクルの研究、土木学会講演会概要集、168-169 (1995)、北村泰一；杉間伐材木炭の利用による溪流環境の改に関する砂防学的研究、科研研究報告 (1998)