

様 式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

科学研究費助成事業 研究成果報告書



平成 30 年 6 月 26 日現在

機関番号：31306

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00760

研究課題名(和文)大豆加工時の廃液や残留物の洗浄剤への利用に関する研究

研究課題名(英文)Study on Using Wastewater of Soybean Works as Detergent.

研究代表者

井上 美紀 (INOUE, MIKI)

東北生活文化大学・家政学部・准教授

研究者番号：60316411

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、大豆加工時の廃液や残留物の洗浄剤への利用を目的とした。この結果、煮汁の洗浄力は水よりも高く中性洗剤と同程度であった。また繰り返し洗浄による被洗物の着色やくすみ等は観察されなかった。溶液物性では、乳化力は低い、水より表面張力が低く、特に高い起泡性があり界面活性剤と類する性質が示され、大豆由来のサポニン水溶液も同様であった。さらに種皮部では顕著な作用や洗浄力が見られず、主に実から抽出された成分が洗浄に関与すると推察された。以上から抽出工程なく利用できる新たな洗浄剤として期待でき、廃棄されていたものを有用なものに転化する本研究は、環境に配慮した衣生活の向上に繋がるものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The detergents are required to be considerate to the environment. In a factory processing a soybean, a large quantity of the water is used and it is discharged. I tried to study the possibility to use the wastewater of a soybean for detergent. By the result of the artificially soiled cloths, the detergency value of soybean stock was higher than that of water. In addition, the detergency value of soybean stock was at the same level as synthetic detergents. The surface tension of the sample obtained from soybean stock in hot water and saponin solution were lower than water. Furthermore, high foaming properties were seen. The solution properties of soybean stock have properties similar to surfactant in detergent. The above findings show the possibility soybean wastewater can be effectively used as detergent. It is hoped that this research into converting waste into something useful will help to improve people's clothing life so they are more considerate to the environment.

研究分野：被服整理・染色加工

キーワード：大豆 煮汁 洗浄剤 界面活性 サポニン

1. 研究開始当初の背景

家庭洗濯での生活排水が水環境汚染の一要因であり、今後も環境への配慮はより一層求められる。植物由来の界面活性剤の使用、界面活性剤量の削減、洗剤使用量の削減、すすぎ性向上等である。さらに容器包装のコンパクト化や詰め替え包装の普及も進んでいる。しかし、環境への負荷を低減することを目的に使用量の削減や原料の見直しも重要であるが、根本的な解決には繋がらない。わが国では、古い時代からコメのとぎ汁や灰汁による洗浄、糞の糞によるしみ抜き等、様々なものが洗浄剤として用いられてきた。特に「聞書秘伝抄」¹⁾の中では、白小豆を小袖の洗濯に利用する方法が記されている。化学製品一辺倒になった現在、このような古人の知恵は忘れ去られた感があるが、天然製品を使用する意識が強くなってきた今だからこそ、これらを再認識し、環境の意識に沿うようにする事はとても重要であり、本研究の実施意義がここにある。また、環境負荷が低い天然植物原料の洗浄剤としての天然原料の界面活性や洗浄性に関する研究も見られるが、これらの原料の入手の困難さや簡便性に問題がある等、課題もある。食品加工場では大豆等の加工工程で大量の水を使用する。また、工程中に分離された種皮部等も廃棄物として多量に残る。このような食品の廃棄物は、ただ廃棄処理していた状況から活用する事で有用なものに転化できる可能性があり、処理操作が容易であれば幅広い展開が期待できる。本研究では洗浄成分が抽出されていると考えられる大豆煮汁そのものを洗浄剤に有効利用し、天然原料を用いた新たな洗浄剤として利用することを確立する。

2. 研究の目的

近年、環境問題の観点から人体や環境に優しい天然素材が見直されている。繊維製品としても新たな天然繊維の研究開発が活発であり、染色にも天然の染料が見直されてきている。家庭洗濯の廃水は水環境汚染の一要因であり、繊維製品の洗浄剤にも環境への配慮は一層求められている。今回廃棄物を有効利用する観点で着目した食品加工場で排出される廃液としての煮汁は、抽出工程なく洗浄剤として利用でき、濃縮された状態にまでして普及を図るなどの応用面で期待ができる。天然原料として大豆廃液を洗浄剤として利用することを確立し、さらに洗浄水の削減にもつながると思われるのでその可能性を検証する。さらに、煮熟工程で排出される残留物等の利用も視野に入れ、本研究では、新たな洗浄剤としての有効利用を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 試料は大豆(北海道産、黄大豆)を用いた。大豆の煮汁(水抽出液=廃液、以下SB)は、食品として大豆を加工する際に用いられ

る一般的な方法で調整した。乾燥大豆を水に一昼夜浸漬後に煮熟し、冷却後にろ過して得た。実験では得られた煮汁、希釈した煮汁、加熱せず水に一昼夜浸漬した溶液(以下SB浸漬溶液)を用いた。残留物には、大豆を煮熟し煮汁をろ過した後、表面の薄い皮と実に分け、種皮部を水で加熱抽出した溶液、または種皮をグラインダーで粉碎後そのまま水の中に入れて洗浄に用いた。比較試料は市販洗濯用洗剤とし、おしゃれ着用途の中性洗剤(液体、以下N)、石けん洗剤(粉末、以下S)の2種を取り上げ、企業指定の標準使用量を基準に用いた。さらに、サポニン(大豆由来)も比較試料として用いた。

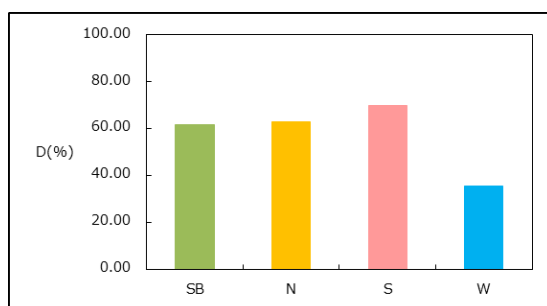
(2) 洗浄力評価のため、人工汚染布等を用いて素材別、汚泥成分別の洗浄力、また洗浄温度や時間、硬度などの洗浄条件別の洗浄力、等、洗浄剤としての可能性を検討した。汚染布には湿式人工汚染布(綿、洗濯科学協会製)とEMPA(101綿と104綿・ポリエステル混紡、102綿、EMPA製)を用いた。汚染布は10枚1組(EMPA102のみ1枚)として洗浄に用い、浴比を1:30に綿布で調整した。洗浄実験の攪拌式洗浄試験機にはターゴトメーターを用いた。洗浄時間は10分間、洗浄温度は15~40℃、回転速度は50~120rpmとした。洗浄水の硬度は硬度20~180ppmとし、塩化カルシウム2水和物で調整した。洗浄力は洗浄前後の汚染布の表面反射率をホトボルト光電光度計で測定し、クベルカームンク式より求めた。

(3) すすぎ後の着色性等を目視と色差計での測色により評価し、洗浄剤としての実用性を評価した。さらに、洗浄作用をもたらす要因について、洗浄機構、特に界面科学的特性の観点から詳細に検討するため、溶液物性としてpH、輪環法による表面張力、接触角を測定した。また、オレイン酸に対する乳化力、起泡性もそれぞれ振とう法を用い、乳化力はさらに超音波法により測定した。

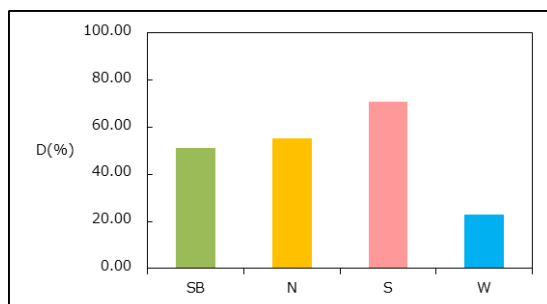
4. 研究成果

(1) グラフ1の湿式人工汚染布での洗浄実験では、SBの洗浄力は62%で、水35%と比較して高い値を示した。N63%、S70%であり、SBとNは同程度であった。SBを煮熟後に2~8倍に希釈した所、希釈率が高くなるにつれて洗浄力は低くなったが、いずれも水より高い値を示した。EMPA101でのSBの洗浄力は40%であり、Nも同程度であった。洗浄力は水、SB、Sの順に高くなり、湿式人工汚染布の結果と同じ傾向にあった。SBの希釈率別では、8倍に希釈すると水と同程度の洗浄力であり、汚染布による汚れ成分と付着量の違いによるものと考えられる。さらにグラフ2のEMPA104での洗浄実験から、洗浄力は水、SB、N、S洗剤の順に高く、SBとNは約5%の差が見られた。これはポリエステルが汚染布組成に含まれ、より油溶性の汚れが強固に結びついているためであり、洗浄作用に関わる

乳化力等の油污除去作用についてNよりも低いためと考えられる。希釈率別では、いずれも水より高い洗浄力が見られたが、大豆の状態や煮熟の状態によって洗浄力に大きな影響があるものと考えられたため、さらに、SB 試料と煮熟ポットを変えて繰り返し行い検証した。湿式人工汚染布での結果、最も高い値では64%、最も低い値では55%であり、ある程度安定した洗浄力が得られるものと考えられた。これら条件別の洗浄力実験の結果から、SB には洗浄作用に関わる成分が浸漬煮熟工程中に抽出された事によるものと予想され、一定の洗浄作用を有するものと推察された。さらに洗浄条件別として温度別、機械力別で比較した所、温度別でも S、N、SB の順で SB は N に近い値を示した。機械力別では市販洗剤より機械力の影響を受けやすい傾向にあった。



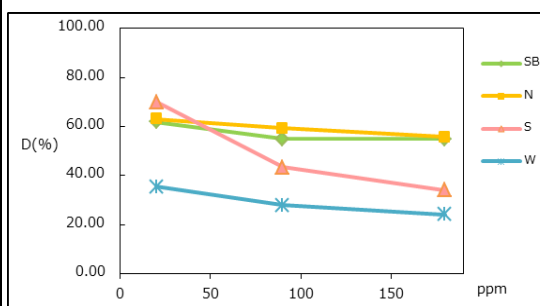
グラフ 1．洗浄力の比較
(湿式人工汚染布, 30 , 120r.p.m)



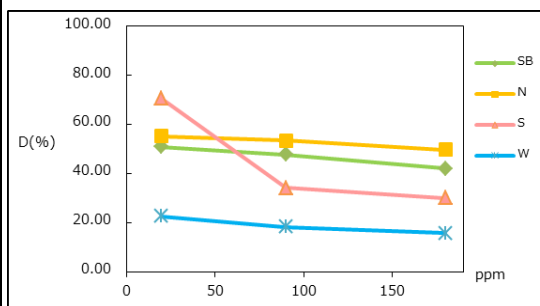
グラフ 2．洗浄力の比較
(EMPA104, 30 , 120r.p.m)

硬度別の洗浄結果グラフ 3、4 より、全体的に洗浄力は低下したが、S の洗浄力低下が最も大きく、SB は N と同様に洗浄力低下はわずかであった。EMPA104 の結果も同様で、SB は硬度成分による洗浄力低下の影響を受けにくいことが明らかとなった。湿式人工汚染布でも EMPA104 でも大幅に洗浄力が低下した S は、脂肪酸ナトリウムである陰イオン界面活性剤が主成分であり、硬度が高いほど洗浄力が低くなる傾向にある。一方、N の主成分はポリオキシエチレンアルキルエーテルの非イオン界面活性剤で硬度成分の影響を受けにくい。SB も N と同様に硬度による洗浄力低下がわずかであったため、SB 中に含まれる成

分としてサポニン等が関係していると予想した。汚れ別汚染布 EMPA102 の洗浄結果、洗浄後に SB は水での洗浄布と比較して汚れの色が薄くなっており、全体的に汚れが落ちていた様子が観察された。一方で、血液やエンジンオイル等、色素成分が多いものや油性成分が多い汚れでは S や N よりもやや劣る傾向にあった。



グラフ 3．硬度別洗浄力の比較
(湿式人工汚染布, 30 , 120r.p.m)



グラフ 4．硬度別洗浄力の比較
(EMPA104, 30 , 120r.p.m)

(2) 洗浄時に汚染布と一緒にいれた被洗物の表面反射率を測定し被洗物への影響を推察した。10 ポットで別々に洗浄したが、洗浄前後の表面反射率の差は 10 ポット平均で約 0.5 であり、最も差が大きいもので 1.2 であった。また、分光色差計で測色したが、洗浄前 (平均 $L^*96.78$, $a^*-0.10$, $b^*1.81$) と洗浄後 (平均 $L^*95.88$, $a^*-0.59$, $b^*2.25$) に大きな変化が見られなかった。洗浄液としての SB が濁っており、被洗物を溶液から取り出した際に黄色っぽく見え、繰り返しの洗浄においても被洗物が徐々にくすんでくることが予想されたが、すすぎ工程を経るとくすみや着色が見られなかった。大豆はほとんどが水溶性のたんぱく質であり、影響はほとんどないものと考えられる。匂いの点も考慮したが、同様の結果であった。

(3) SB の pH は平均して 6.6 で、S は 10.8 であった。また SB の表面張力は、2 種類の洗剤と同様に、水の表面張力よりも低い値を示し、平均 47.4mN/m であった。試料別では、S が最も低く、次いで N、SB であった。また、SB の希釈率を高めるとわずかに表面張力は高くなったが、SB 浸漬溶液でも水よりも低い値を示し表面張力が低下する作用を有する

ことを確認できた。また、接触角が 90°より小さくなるほど濡れ性や浸透作用が高くなると評価できるが、洗剤と SB はともに水より接触角が小さく SB は 70°であった。この結果から SB は洗剤溶液と同様、つまり界面活性剤水溶液と類似の物性を有することが明らかとなった。そこで界面活性作用に関わる成分を大豆サポニンと仮定しサポニン水溶液の表面張力を測定した。水より低い値を示し、濃度別では 0.02%まで大きく低下し、さらに 0.06%まで徐々に低下しその後わずかに高くなった。また、大豆の煮熟時にも相当量の泡立ちが目視で観察されたが、実験でも SB、SB 浸漬溶液には共に起泡性が見られた。起泡力は煮熟した SB が高くなり、煮熟により多くの洗浄成分が溶液に抽出されるものと考えられた。また、泡の安定性を測定したところ、SB が 98.6%、S が 99.8%と高い安定性を示した。また、硬度 20ppm 時と 90ppm 時の起泡力を比較したところ、S は 90ppm の起泡力が 20ppm 時より半減したが、SB の変化はわずかであった。先の硬度別洗浄実験の結果と合わせて硬度の影響を受けにくいと言える。オレイン酸に対する乳化力は、振とう法でも超音波法でも乳化力は S、N、SB、SB 浸漬溶液の順であり、SB の乳化力は低い傾向にあった。起泡力が高く乳化力が低いことから、レシチンのような乳化力の高い成分ではなく、サポニンのような起泡力の高い成分が多く抽出されて界面活性作用を示し、ある程度洗浄作用に寄与しているものと推察された。一方でサポニンの洗浄力は水よりも高い値を示したものの、SB と比較して低い結果となった。このことから、煮汁中のサポニン濃度がもっと高いのか、あるいは大豆たんぱくや脂肪酸が何等かの状態で作用すること等、他の要因が関連するものとも考えられる。

(4) 残留物としての種皮部は大豆全体の煮汁のような表面張力の低下は見られなかった。また種皮の煮汁には界面活性作用を、種皮そのものには物理的な作用も期待したが、顕著な洗浄力は見られなかった。他の豆の種皮を使った実験を行った際には種子が一部含まれていたが、今回は完全に種子部を排除したための結果と思われる。さらに SB 浸漬溶液を用いた洗浄実験では、水で洗浄を行った場合の洗浄力と比較してわずかに高い値を示した。これらのことから、非加熱でも洗浄に関わる成分が抽出され水溶性が高いと推察された。加えて大豆の洗浄作用は、種皮部ではなく主に実から抽出された成分によるものと確認できた。このような界面活性作用と洗浄作用を有する SB についての実用面も検討した。保管や運搬を考慮し、ロータリーエバポレーターで煮汁を濃縮し、その煮汁を抽出時量と同量になるように水に再度溶解させて洗浄した所、濃縮前の煮汁よりも約 10～15%低い値を示した。

(5) 本研究は、大豆加工時の廃液や残留物の洗浄剤への利用に関する研究を目的とした。このため、本研究では、洗浄実験、被洗物への影響、洗浄作用の 3 点について検討した。各種人工汚染布を用いた洗浄実験では、市販の石けん洗剤よりは洗浄力は劣るものの、水のみでの洗浄力より高く、液体の中性洗剤と同程度であった。また汚れ別汚染布に対しても一定の洗浄力を有することが示されたが、色素成分や油性汚れでの洗浄力はわずかに低いと考えられた。さらに、硬度別での洗浄実験と起泡力測定より、硬度による影響がほとんど見られなかった。被洗物への影響では、大豆煮汁での繰り返し洗浄による被洗物の着色やくすみは観察されず、実用面も評価することができた。次いで洗浄作用の検討では、大豆煮汁は界面活性剤を含む市販洗剤と同様に水の接触角を小さくし、水の表面張力を低下させる作用が見られた。また大豆煮汁は高い起泡性を有することが示された。以上の事から大豆煮汁には大豆から界面活性性を有する物質が抽出され、それが洗浄作用をもたらすものと推察できた。また、大豆は煮熟工程なしで得られた溶液でも表面張力の低下等の界面活性作用が見られたため、抽出された成分の水溶性が高いものと考えられ、大豆に含まれる成分が関与しているものと推察した。さらに部位別で比較した際に、種皮部の抽出液では煮汁のような作用が見られず、また種皮部での洗浄作用も低かったため、洗浄には主に実に含まれる成分が作用しているものと確認した。以上の結果から、今回廃棄物を利用する観点で着目した廃液としての煮汁は、抽出工程なく利用できる新たな洗浄剤としての有効利用が期待できるものと結論づけた。さらに、同じ環境内での利用が可能となれば、洗浄水の削減や輸送エネルギーの削減等も可能で、環境負荷削減につながるものと期待される。サポニン以外の成分や、どのように普及を図るかなどの応用面は今後さらなる検討の必要がある。

<引用文献>

江戸時代女性文庫 15 : (「聞書秘伝抄」, 醍醐散人), 大空社(1994)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計 4 件)

Miki Inoue: Study on Using Wastewater of Soybean Works as Detergent, The 18th ARAHE BIENNIAL INTERNATIONAL CONGRESS、2015、p35-36

井上美紀: 大豆加工時の廃液や残留物の洗浄剤への利用に関する研究、日本衣服学会第 68 回年次大会研究発表および特別講演要旨集、2016、p22-23

井上美紀: 大豆加工時の廃液の洗浄剤への

利用に関する研究 - 洗浄条件、汚染布別洗浄力 -、日本家政学会第 69 回大会要旨集、2017、p78

井上美紀：大豆加工時の廃液の洗浄剤への利用に関する研究 その 2 - 洗浄作用 -、日本衣服学会第 69 回年次大会研究発表及び特別講演要旨集、2017、p16-17

〔図書〕(計 1 件)

井上美紀：大豆加工時の廃液や残留物の洗浄剤への利用に関する研究、東北生活文化大学家政学部家政学科被服科学研究室、2018、43

6 . 研究組織

(1)研究代表者

井上 美紀 (INOUE Miki)

東北生活文化大学・家政学部・准教授

研究者番号：6 0 3 1 6 4 1 1