

博士論文

天然界面活性成分を活用した  
ナチュラルクリーニングの洗浄力要因の推定と  
関連消費者情報の分析

Estimation of the detergency factor of ecological  
cleaning with natural surfactants and analysis of  
the related consumer information

国立大学法人 横浜国立大学大学院

環境情報学府

坂本 ゆか

Yuka SAKAMOTO

2022年3月

March, 2022

# 目次

<b>第1章 緒論</b> .....	<b>1</b>
1-1 はじめに.....	2
1-2 ナチュラルクリーニングとは.....	2
1-3 洗淨に関する消費者情報学的研究.....	4
1-4 本論文の目的および構成.....	7
1-4-1 本論文の目的.....	7
1-4-2 本論文の構成.....	7
1-4-3 本論文を構成する公表論文.....	8
1-5 文献.....	8
<b>第2章 関連消費者情報の分析と課題</b> .....	<b>11</b>
2-1 緒言.....	12
2-2 方法.....	12
2-2-1 ビールを活用した洗淨に関する収集情報の分析 2018.....	12
2-2-2 ビールを活用した洗淨に関する収集情報の分析 2021.....	13
2-2-3 米のとぎ汁を活用した洗淨に関する一般消費者情報の収集と分析.....	13
2-3 結果及び考察.....	13
2-3-1 ビールを活用した洗淨に関する収集情報の分析 2018.....	13
2-3-2 ビールを活用した洗淨に関する収集情報の分析 2021.....	17
2-3-3 米のとぎ汁を活用した洗淨に関する収集情報の分析.....	20

2-4 結 言 .....	23
2-4-1 ビールを活用した洗浄に関する収集情報の結言 .....	23
2-4-2 米のとぎ汁を活用した洗浄に関する収集情報の結言 .....	24
2-5 文 献 .....	24
<b>第3章 ビールの洗浄メカニズム .....</b>	<b>27</b>
3-1 緒 言 .....	28
3-2 方 法 .....	29
3-2-1 試 料 .....	29
3-2-2 汚染布の作成 .....	29
3-2-3 洗浄試験 .....	30
3-2-4 洗浄力評価 .....	30
3-2-5 表面張力と pH 測定 .....	31
3-3 結果及び考察 .....	31
3-3-1 各試料を用いた洗浄力試験 .....	31
3-3-2 表面張力と pH 測定 .....	33
3-3-3 ビールの洗浄力要因の特定 .....	35
3-4 結 言 .....	36
3-5 文 献 .....	37
<b>第4章 米のとぎ汁の洗浄メカニズム .....</b>	<b>39</b>
4-1 緒 言 .....	40

4-2 方 法.....	40
4-2-1 汚染布の作成.....	40
4-2-2 洗浄試験.....	41
4-2-3 洗浄力評価.....	42
4-2-4 溶液の物性測定.....	42
4-2-5 粒度分布測定.....	43
4-3 結果及び考察.....	43
4-3-1 各試料を用いた洗浄力試験.....	43
4-3-2 各種洗浄液の物性.....	45
4-3-3 各種溶液の洗浄力.....	46
4-3-4 溶解成分の存在.....	48
4-4 結 言.....	50
4-5 文 献.....	50
<b>第5章 総 括.....</b>	<b>53</b>
5-1 ビールを活用した洗浄に関する収集情報の分析と実験的検証の総括.....	54
5-2 米のとぎ汁を活用した洗浄に関する収集情報の分析と実験的検証の総括...	55
5-3 本研究の天然界面活性剤に関する収集情報の分析と実験的検証の総括.....	56
5-4 今後の課題.....	58
5-5 文 献.....	62
<b>謝 辞.....</b>	<b>64</b>



# 第 1 章

## 緒 論

## 1-1 はじめに

洗剤類は人体に直接接触する代表的な化学物質であり、また使用後に大量に環境中に排出されるものでもある。必然的に、洗剤および洗浄剤を用いる操作である洗浄は、環境・安全面で大きな関心を寄せられる対象となる。たとえば日本では合成洗剤は環境・安全面で有害性が高いため石けんを使用すべきとする石けん推進運動が活発に展開されてきた経緯がある。その運動自体は近年勢いを失ってきたが、環境・安全面で優れた洗浄方法を模索する推進力は消費者の中に残っており、それが具現化したものの一つとしてナチュラルクリーニングは位置づけられるであろう。消費者の中のひとつの流行現象であるが、その洗浄方法論の有効利用の可能性や、また消費者情報としての問題点に着目した研究例等は過去にみられない。今回は天然系界面活性物質を活用したナチュラルクリーニングに着目し、その代表的事例としてビール、および米のとぎ汁をテーマとして決定した。そしてこれらの素材を用いた洗浄メカニズムについても過去に研究例が見当たらないため、それらを明らかにするとともに、関連する消費者情報を分析することで消費者情報の問題点や有効利用の在り方等について検討する。

## 1-2 ナチュラルクリーニングとは

ナチュラルクリーニングとは、ナチュラルライフ研究家として活躍している佐光紀子氏がキッチンの材料等を用いて掃除を行うノウハウについて解説した著作「キッチンの材料でおそうじする ナチュラル・クリーニング」（ブロンズ出版、2002年）で使用したのが始まりであると推察され、現在では日本国内で幅広く使用されている用語である。但し、英語の Natural Cleaning とは直接的には関係しない。英語での Natural Cleaning は、原油で汚染された海岸が自然に洗浄される現象<sup>1)</sup>、真珠貝表面がチョウチョウオによって浄化される現象<sup>2)</sup>、および太陽光パネルが降雨によって洗浄される現象<sup>3)</sup>などを指す場合が多く、日本で用いられている「ナチュラルクリーニング」に関連の強い用語としてはホタ

テガイの成分を洗浄剤として用いる場合<sup>4)</sup>の Natural Cleaning Products が挙げられる。また学術用語としてはあまり見かけないが、WEB 検索による一般情報では Natural Cleaning Products も同様の意味で多数用いられている。いずれも石油等を原料とした合成物というのではなく、動植物材料、或いは動植物原料から合成した物質を指しており、日本語の「ナチュラルクリーニング」、つまり食材等を利用する洗浄とはややニュアンスが異なる。よって、「ナチュラルクリーニング」は和製英語の一種とみなすことができる。

このような背景もあり、用語「ナチュラルクリーニング」を対象とした研究は非常に少ない。合成洗剤等は使わないで、酢、クエン酸、重曹等の食材にも共通するものを利用する点と、それがエコロジカルであるという好印象を強調する点が特徴的であるが、用語の定義はあまり明確ではないため、これまで学術研究の対象とはなり得なかったのであろう。

日本でナチュラルクリーニングとして扱われている洗浄について、(1)用いられている洗浄剤の種類と、(2)予想される主な洗浄機構の2次元でまとめた各洗浄剤・材料を Table 1-1 に示す。この中で、クエン酸や酢酸などの有機酸と、重曹を代表とする炭酸塩は最も代表的なナチュラルクリーニングの手法として定着しているが、有機酸によるカルシウム塩等の金属類の除去については駒津らがその洗浄機構と消費者情報の問題についてまとめており<sup>5,6)</sup>、アルカリ剤についても大矢らがまとめている<sup>7)</sup>。酸やアルカリ剤以外で比較的良好に言及されるものに界面活性物質がある。天然物質の中のサポニンが洗浄に寄与するという情報や、牛乳、米のとぎ汁や米ぬか等も界面活性で汚れを除去できるとする情報等が見受けられる。その中でも米のとぎ汁や米ぬかは古くから洗浄用途に用いられてきたが、その洗浄メカニズムについては不明な部分が多い。その他、アルコール飲料の中でもビールには他のアルコール飲料よりも洗浄力が優れているとする情報もあり、界面活性物質が関与している可能性もある。よって、本研究ではナチュラルクリーニングの中の天然界面活性物質に着目し、特にビールと米のとぎ汁に焦点を当ててそのメカニズムについて検討することを目的とする。



Table1-1 Organizing materials and methods for natural cleaning by classifying them in two dimensions: material type and cleaning mechanism.

	分離	溶解	分解
薬品	重曹（研磨・アルカリ） 食塩（研磨） サボニン（界面活性）	クエン酸・酢酸・シュウ酸：金属類溶解 エタノール（親水性・親油性） 灯油（親油性）	過酸化水素 次亜塩素酸 次亜塩酸塩
食材	米ぬか（研磨・界面活性） デンプン粉類（吸着） 米飯（吸着） じゃがいも（研磨・吸着） おから（研磨） 卵白（界面活性）	柑橘類果汁（酸・親油性） 食用油（親油性） ビタミン含有類：鉄さび（還元溶解） ケチャップ（金属類溶解） マヨネーズ（乳化・親油性） 梅干し（酸）	大根（酵素）
飲料 ・ ゆで汁	米とぎ汁（界面活性） 牛乳（界面活性） 麵ゆで汁（アルカリ） 野菜ゆで汁（界面活性）	米とぎ汁（乳化） アルコール飲料（親水性・親油性） 炭酸水（親水性・弱酸） 野菜ゆで汁（酸） 牛乳：銀黒ずみ溶解	
食材残り	卵殻（研磨） 野菜くず（研磨） パンくず（研磨） 茶・コーヒー殻（研磨・吸着） バナナ皮（研磨・吸着）	柑橘類皮（親油性） りんご皮（酸）	
その他	炭（吸着・アルカリ） 紙片 軍手	炭・ラップによる湿布法	太陽光（紫外線） 熱湯（熱変性） 蒸気：悪臭対策
組合わせ	塩（研磨）＋酢酸/レモン汁（酸） 塩（研磨）＋炭（研磨・アルカリ） 酢酸（酸）＋小麦粉（吸着）	塩（研磨）＋アルミホイル（還元溶解） 野菜ゆで汁（界面活性）＋アルミホイル（還元溶解） 食用油（親油性）＋灰（研磨・吸着・アルカリ）	など

### 1-3 洗浄に関する消費者情報学的研究

本論文は、ナチュラルクリーニングの中のビールと米のとぎ汁による洗浄に関する洗浄メカニズムについて検討すると共に、関連する消費者情報の分析から消費者情報の問題点や利用の可能性等について検討することを目的としている。このように洗浄・洗剤類に関する消費者情報の分析は、これまでは主として不良情報の拡散や非科学的直情報をもととした悪質商法等の側面から検討されてきた。

日本での洗浄・洗剤関連の消費者情報の問題点に関する研究としては、1960年代から2000年頃まで非常に活発であった合成洗剤追放運動に関する研究が多くみられる。歴史的な流れがまとめられ<sup>8,9)</sup> (Table1-2)、消費者向けの一般書籍の記述内容分析から必要以上に界面活性剤等の化学物質の有害性を強調するものの割合が高いことが明らかにされた<sup>10)</sup>。その経緯等をまとめた解説等<sup>13-16)</sup>もある。

Table1-2 Chronology of detergent controversy (洗剤論争年表)

1951	合成洗剤国産第1号製品発売
1961	山越邦彦(横浜国立大学)によりABSの発泡問題が指摘される 石けん販促用のパンフレットに合成洗剤の危険性が指摘される
1962	柳沢文正(東京都立衛生研究所), 柳沢文徳(東京医科歯科大学)がABSの溶血性・酵素阻害作用等の危険説を発表 厚生省が通常の使用では心配ない旨の公式見解を発表 合成洗剤誤飲により男性が死亡したとされる庵島事件発生(後に合成洗剤の死因説は裁判において否定される)
1967	合成洗剤による自殺未遂事件が発生。入院後特に体調に異常なし
1968	メーカー主体でABSのソフト化路線が本格化する
1969	三上美樹(三重大学)によりABSの催奇形説が発表される
1975	小説「複合汚染」(有吉佐和子)が出版され、柳沢らの合成洗剤危険説が平易に説明される
1976	LASの催奇形性を否定する合同研究班(厚生省依頼)の公式発表
1977	合成洗剤反対派リーダーにより「合成洗剤研究会」が結成される
1979	滋賀県にて有リン洗剤の販売と使用を禁じる富栄養化防止条例が公布される
1980	合成洗剤研究会が分裂 無リン洗剤が発売される
1982	洗剤の毒性に関するデータ集である「洗剤の毒性とその評価」が厚生省より発行される
1986	粉石けん運動の風化がマスコミで伝えられる
1987	スプーン計量の超小型コンパクト洗剤が発売される
1992	滋賀県が手作り石けんの自粛を要請
1994	石けん原料の天然植物油の採取が東南アジアで環境破壊の原因になるとの情報が石けん推進派にショックを与えたと報道される
1996	APEが合成洗剤に含まれる環境ホルモン原因物質としてマスコミで注目される
1997	石けんの有機物汚濁負荷の問題を指摘した学習資料(水環境と洗剤)が日本生活協同組合連合会から発行される
1998	コープとうきょうの一部店舗で合成洗剤(含LAS)を取り扱う方向に転換
1999	PRTR法でLAS, AEなどの主要界面活性剤が対象に指定される
2000	環境庁の環境基準化学物質にLAS, AEなどが含まれる

但し、1998年、2002年、2007年の日本のWEB情報の分析から、過激に合成洗剤を否定する情報の割合は2000年以降には少なくなってきたと推定される<sup>17)</sup>。その他に、日本の洗剤有害説は中国等にも影響を及ぼしていることを示す研究もある<sup>18-20)</sup>。そして、それらの非科学的な消費者情報の流過程において、消費者情報から専門家情報への誤情報の逆流現象等も問題になることも示されている<sup>21)</sup>。つまり、Table1-3のように学術誌等に掲載された元データを含む論文を1次情報と位置づけ、学術誌の解説等を2次情報、

一般書籍を3次情報，個人WEBページ等を4次情報とした場合，望ましいのは Fig.1-1 のように1次情報→2次情報→3次情報→4次情報のように順次下流に向かって情報が伝わっていく流れであるが，実際には2次情報と3次情報の間が断絶されている場合が多く，場合によっては誤情報を含む2次情報が，分野が少し異なる専門家の2.5次情報に逆流し，それが専門家情報として広まっていくという問題もあることを指摘している。

Table1-3 Classification of physics and chemistry information (理化学系情報の分類)

	提供者	情報媒体
1次情報	研究者	学術誌(論文), 実験研究報告書など
2次情報	研究者	学術誌(解説・総説), 調査報告書, 専門書, 一般書籍(難解)など
3次情報	消費者リーダー	一般書籍(平易), 消費者教育用教材など
4次情報	一般消費者	消費者教育用教材, 個人WEBページなど

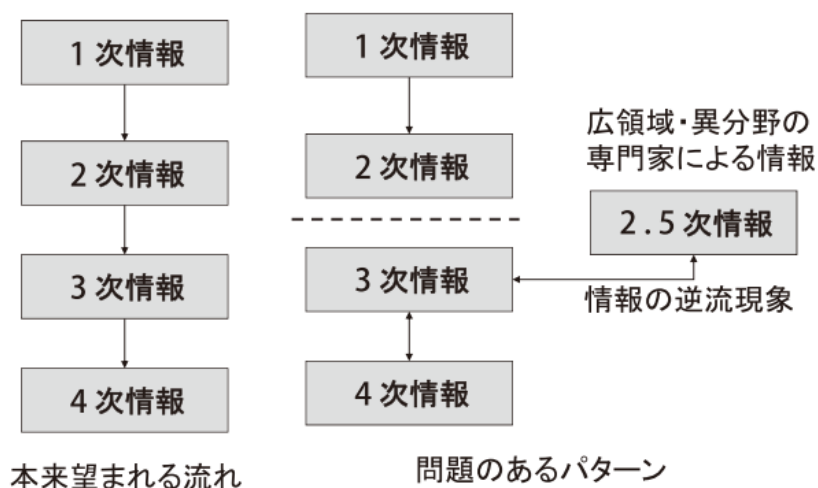


Fig.1-1 2.5-order information backflow problem of information

(2.5次情報による情報逆流の問題)

しかし、合成洗剤をめぐる論議は、保守系は合成洗剤擁護でリベラル系は石けん支持というイデオロギーに影響を受ける部分も多かったため、純粋な情報学的な観点、つまり消費者情報の中の科学的情報がどのような影響力を有し、非科学的情報がどのように発生して広まるのかといった観点からの研究題材として適切だとは言えない。

#### **1-4 本論文の目的および構成**

##### **1-4-1 本論文の目的**

本論文の目的は、天然界面活性物質を用いるナチュラルクリーニングの中でビールと米のとぎ汁を対象とし、その洗浄力はどの程度であるかを明らかにするとともに、その洗浄メカニズムについて種々の観点から検討する。その成果によって、今まで未知の洗浄メカニズムが解明されるという洗浄科学的な側面からの貢献だけでなく、新たな洗浄用商品の開発に結びつくヒントを得ることも期待できる。

また、本論文で扱うナチュラルクリーニングは、自然派志向ということでリベラル系の要素を一部含むと言えなくもないが、基本的にはイデオロギー的影響等を受けにくい題材であると考えられる。関連する消費者情報の分析の過程で非科学的情報が見出されたならば、それは消費者情報の特徴を示すものになるであろう。更に、自然派志向の消費者情報を科学分野の学習や商品開発等に結びつく新たな研究テーマ開拓等のシーズになる可能性もある。このように、関連消費者情報の問題点を明確にして消費者情報環境の整備に寄与することと、消費者情報を有効利用して洗浄技術の向上に役立てる可能性を探るのが本研究の目的である。

##### **1-4-2 本論文の構成**

第 1 章は緒論で、ナチュラルクリーニングとは何か、また洗浄に関する消費者情報の研究について概説するとともに、本論文の目的および構成について記す。

第 2 章では、関連消費者情報の分析と課題について述べた。今回焦点をあてたビール、米のとぎ汁を活用した天然界面活性剤の洗浄に関する一般消費者情報を一般書籍と WEB サイトから収集し、その情報の特徴や傾向について分析を行い、課題や活用法について考察した。さらにビールを活用した洗浄に関する収集情報の分析では、インターネット上で得られた 2018 年の WEB 情報と、論文発表後の 2021 年の WEB 情報とで変化があるか比較を行った。

第 3 章では、ビールの洗浄メカニズムについて述べた。実験的検証により、ビールの洗浄力試験や表面張力の測定、洗浄力要因を特定した。

第 4 章では、米のとぎ汁の洗浄メカニズムについて述べた。実験的検証により、米のとぎ汁の洗浄力試験や表面張力の測定、洗浄力要因を特定した。

第 5 章では、本研究の総括を述べた。

#### 1-4-3 本論文を構成する公表論文

- 1) 坂本ゆか, 大熊俊稀, 大矢勝; ビールを活用するナチュラルクリーニングに関する消費者情報の分析と実験的検証; 繊維製品消費科学会誌 61(1), 38-45, (2020)
- 2) 坂本ゆか, 中村竜也, 大矢 勝; 米のとぎ汁の洗浄力要因の推定と関連消費者情報の分析; 繊維製品消費科学会誌 62(8), 528-534, (2021)

#### 1-5 文 献

- 1) Owens, EH; Humphrey, B and Sergy, GA, Natural Cleaning of Oiled Coarse Sediment Shorelines in Arctic and Atlantic Canada, Spill Science & Technology Bulletin, 1 (1), pp.37-52 (1994)
- 2) Bertucci, F; Legraverant, Y; () ; Lecchini, D, Natural cleaning, of the black-lip pearl oyster *Pinctada margaritifera* by butterflyfishes (*Chaetodon*) in French Polynesia, Estuarine Coastal and Shelf Science, 182, pp.270-273 (2016)

- 3) Smith, MK; Wamser, CC; O; Rosenstiel, TN, Effects of Natural and Manual Cleaning on Photovoltaic Output, J. Solar Energy Engineering-Transactions of the ASME, 135(3) 034505 (2013)
- 4) Lin, YB and Xu, X, Development and utilization of natural detergent of Pesticide residues in vegetables, International Conference on Environmental Biotechnology and Materials Engineering, PTS 1-3 183-185, pp.1446-1450 (1994)
- 5) 駒津順子, 田母神礼美, 大矢勝 ; クエン酸によるカルシウム系汚れの洗浄に関する消費者情報の実験的検証, 日本家政学会誌, 70(10), 643-652 (2019)
- 6) 駒津順子, 大矢勝, 洗浄における酸・アルカリ中和説の問題点 ; 日本家政学会誌, 72(4), 197-205 (2021)
- 7) 大矢勝, 甲斐義明 ; 炭酸水素ナトリウム (重曹) の洗浄力と環境影響の評価, 繊維製品消費科学, 52(8), 510-517 (2011)
- 8) 大矢勝 ; 洗剤論争に関する歴史的考察, 横浜国立大学教育人間科学部紀要第Ⅲ類 (社会科学), 1 : 1-18 (1998)
- 9) 大矢勝 ; 合成洗剤と環境問題～地球環境時代の消費者教育の指針として～, 大学教育出版, (2000)
- 10) 大矢勝 ; 合成洗剤論争に関連する消費者情報の分析 (第 1 報) —一般消費者向け洗剤関連書籍の有害性記述得点—, 繊消誌, 39(3) : 188-195 (1997)
- 11) 宮脇英彰, 大矢勝 ; 合成洗剤問題に関連する消費者情報の分析 (第 2 報) —美容・化粧品関連一般書籍中の関連記述表現の分析—, 繊消誌, 41(7) : 624-630 (1999)
- 12) 寶金悠子, 大矢勝 ; 合成洗剤問題に関連する消費者情報の分析 (第 3 報) —一般環境書籍, 水環境書籍の分析—, 繊消誌, 44(4) : 213-222 (2002)
- 13) 大矢勝 ; 合成洗剤問題に関する消費者の情報源, 洗濯の科学, 40(2), 2-8 (1995)

- 14) 大矢勝；消費者情報の問題点－石けん，合成洗剤問題について－，繊維製品消費科学，40(3)，151-156 (1999)
- 15) 大矢勝；合成洗剤・石けん論争のその後，繊維製品消費科学，42(8)，503-508 (2001)
- 16) 大矢勝；最近の石けん運動と今後の課題，洗濯の科学，47(1)，2-8 (2002)
- 17) 大矢勝；久野智子，大島紀子；インターネット普及期の洗剤関連 WEB 情報の推移，織消誌，50(7)：553-558 (2009)
- 18) 小島祐也，大矢勝；中国における美容・化粧品関連一般書籍中の化学物質有害性関連記述表現の分析，織消誌，54(9)：838-845 (2013)
- 19) 武藤祐子，小林政司，大矢勝；美容・化粧品関連化学物質に関する消費者情報のリスク強調度を判定する日中共通「基準スケール」の作成，織消誌，57(8)：614-620 (2016)
- 20) 大矢勝，宋亮；中国における洗剤のリスク情報に関するフロー分析，織消誌，56(1)：61-70 (2015)
- 21) 大矢勝；安全・環境問題に関する消費者情報の課題－2.5 次情報中の誤情報に対応するため－，日本家政学会誌，61(8)：511-516 (2010)

## 第 2 章

### 関連消費者情報の分析と課題



## 2-1 緒 言

ナチュラルクリーニングが一部の消費者の間で流行しており、関連する情報が多数使われている。しかし、それらの情報の中には科学的に誤った内容も含まれているように思われる。ところが、消費者情報としての問題点に着目した研究例等は過去にみられない。そこで、本研究では天然界面活性剤物質として考えられ得る次の2つの素材を用いた洗浄を選定し検討した。1つ目は、近年キッチン周りを掃除する際、ナチュラルクリーニングの素材の一つとしてメディアなどで取り上げられているアルコール飲料の中でもビールを用いた洗浄、2つ目は古来より洗顔、洗濯に用いられたという記載があり、現代では床や食器類の洗浄に用いられることでよく知られている米のとぎ汁を用いた洗浄に着目し、消費者情報の一般的傾向を一般書籍やインターネットのWEBサイトから探るとともに、各種情報の真偽を検証した。

また、ビール活用した洗浄に関する収集情報の分析については、多くの情報が得られ、伝達の速いインターネット上において、論文発表前と後ではWEBサイトから得られる関連消費者情報にどのような変化があったかを検討した。具体的には、2020年1月に発表した論文<sup>1)</sup>の内容である2018年の収集情報の分析と、2021年の収集情報の分析である。

## 2-2 方 法

消費者が情報を得るために用いる一般的な手段として、書籍とインターネットから情報収集を行った。

### 2-2-1 ビールを活用した洗浄に関する収集情報の分析 2018

ビールを用いた洗浄方法に関する情報を書籍とインターネットで収集し、洗浄力要因に関する記述を分析した。

書籍としては、掃除のカテゴリーにあった「ナチュラルクリーニング」や「昔ながらの知恵」などにまつわるものを対象に、図書館や書店で情報を収集した。インターネット検

索には、Google を使用し、キーワードを「ビール 掃除」、「ビール 汚れ」と設定し検索を行い、ビールの洗浄性や要因を記している WEB サイト上位 100 件を分析対象とした。検索期間は、2018 年 12 月 13 日時点のものである。

### **2-2-2 ビールを活用した洗浄に関する収集情報の分析 2021**

ビールを用いた洗浄方法に関する情報をインターネットで収集し、分析を行った。

検索には Google を使用し、キーワードを「ビール 掃除」、「ビール 活用法」、「ビール 活用」と設定して検索を行い、各上位 200 件、計 600 件の中から、ビールの洗浄性や要因を記している WEB サイト 49 件を分析対象とした。検索期間は、2021 年 11 月 12 日～2021 年 11 月 15 日時点のものである。

### **2-2-3 米のとぎ汁を活用した洗浄に関する収集情報の分析**

米のとぎ汁を用いた洗浄方法に関する情報をインターネットで収集し、分析を行った。

検索には Google を使用し、キーワードを「洗浄 OR 掃除 OR 洗濯 米ぬか OR とぎ汁」とし、洗浄・掃除・洗濯のうちのいずれか、および米ぬか・とぎ汁のどちらかが含まれる条件設定で検索を行い、上位 200 件の WEB サイトを調べた。そして収集したサイトに記された洗浄場面や洗浄対象、および洗浄力要因別に整理した。検索期間は、2020 年 11 月 1 日～2020 年 11 月 13 日のものである。

## **2-3 結果及び考察**

### **2-3-1 ビールを活用した洗浄に関する収集情報の分析 2018**

消費者が情報を得るために用いる一般的な手段として、書籍とインターネットから情報収集を行った。

まず、図書館や書店で収集したナチュラルクリーニングに関連する 43 種の書籍の記述内容を分析した結果、ビールによる洗浄について触れられていたのは、Table2-1 に示す 5 種のみであった。

Table2-1 Results of obtaining consumer information on beer cleaning at bookstores

Title	Author	Publisher	Year	Factor
おばあちゃん知恵袋:お掃除,洗濯,収納の知恵300 (Grandma's Wisdom on House cleaning, laundry, and storage)	スタジオダーク (Studio dunk)	宝島社 (TAKARAJIMASHA,Inc)	2008	Non
おばあちゃんの知恵袋絵本 (Illustrated book for Grandma's Wisdom)	おばあちゃんの生活の知恵研究会 (Research Group for Grandma's Wisdom)	宝島社 (TAKARAJIMASHA,Inc)	2008	Non
おばあちゃんの知恵袋再利用大事典 (Encyclopedia for Reusing Grandma's Wisdom)	宝島社 (TAKARAJIMASHA,Inc)	宝島社 (TAKARAJIMASHA,Inc)	2008	Alcohol
保存版一生モノの知恵袋 暮らしのコツと裏ワザ700 (Lifelong Wisdom 700)	主婦の友社 (SHUFUNOTOMO Co., Ltd)	主婦の友社 (SHUFUNOTOMO Co., Ltd)	2018	Alcohol, Sugar
一生モノの知恵袋737 (Lifelong Wisdom 737)	主婦の友社 (SHUFUNOTOMO Co., Ltd)	主婦の友社 (SHUFUNOTOMO Co., Ltd)	2016	Enzyme

また、その洗浄メカニズムについては寄与原因としてアルコール（2件）、糖分（1件）、酵素（1件）を挙げているものがみられたが、ビールがナチュラルクリーニングの素材として掲載されている数としては、非常に少なかった。

一方、インターネット上の情報は非常に多くの情報がヒットしたが、上位100件を内容別に整理するとTable2-2のようになった。

そして、Table2-2の複数の洗浄力要因説を別項目ごとに集計しTable2-3の結果を得た。

インターネット上でビールの洗浄力要因説について記されているもので最も多いものは、アルコール+ビタミンEが33件で、「ビールの成分であるビタミンEとアルコールが油汚れを分解する」といった複合的な要素を挙げながら洗浄力要因説を解説する記載が見られた。次に多かったものは、アルコールの14件で、表の18番目「アルコールが汚れの油分を溶かす」といったアルコールの持つ親油基の特性を示したような表記も見られたが、「アルコール分に油を分解する力がある」といった記述も見られた。そこに酵素の働きが加わったとする情報も多くみられた。天然の界面活性物質としてタンパク質が挙げられるが、タンパク質を寄与原因として挙げている情報は少数であった。

インターネットと書籍から得られた情報を比べると、インターネットはビールを用いる洗浄法に関する件数も莫大で、説明に写真やイラストなどを載せ、洗浄力要因説に関する記載も多かった。一方、書籍では洗浄法が記載されているものも少なく、説明も文字のみで150字以内でまとめられているようなものが多かった。

インターネット上での洗浄力要因説で最も多かったのは、「アルコール+ビタミンE」の複合要素であるが、書籍では「アルコール」の単体が挙げられていた。「ビタミンE」が洗浄力要因であるという説がいつ頃出始めたかを調べるため、「ビタミンE」を洗浄力要因説として記載していたWEBサイトの表記の年代を調べた結果、最も古いのは表の34番目のWEBサイトの2011年であった。つまり、「ビタミンE」が洗浄力要因説として寄与しているという情報は、近年広まった情報であると考えられる。しかし、情報の出典などは見当たらず、どこから広まった情報かの特定にまでは至らなかった。また、「ビタミンE」単体のみの洗浄力要因説は、インターネット上で1件のみであり、書籍では見当たらなかったことから、「ビタミンE」単体だけでは洗浄力要因だとは認識されていないことがうかがえる。

これらのことから、「アルコール+ビタミンE」の複合効果が洗浄力要因であるという見解が、インターネット上から消費者間に広まり影響力を有するようになったと考えられる。

Table2-2 Detergency factor theories for beer cleaning from Internet consumer information 2018

Et-OH:Ethanol, VitE:VitaminE, Enz.:Enzyme, Prot:Protein, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>:Carbonicacid beverages

	Et-OH	Vit E	Enz.	Prot	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Non	I or C *1
1	○	○	○				C
2	○						C
3	○	○	○				C
4	○	○	○				I
5	○	○	○				I
6	○	○					C
7	○	○		○	○		I
8	○	○		○			I
9	○						I
10	○	○	○				I
11	○						C
12	○	○	○		○		I
13	○	○	○				I
14	○	○					C
15	○	○					C
16	○	○					C
17						○	I
18	○				○		C
19	○	○					C
20		○					I
21	○				○		I
22	○	○					C
23						○	C
24	○	○					I
25						○	I
26	○	○					C
27						○	C
28	○	○					C
29	○	○	○				C
30	○	○					C
31						○	C
32	○	○					C
33	○						I
34	○	○					C
35						○	C
36	○			○	○		I
37	○	○	○				C
38	○			○	○		C
39	○	○					C
40	○				○		C
41	○						I
42	○		○				C
43	○	○	○				C
44	○	○					I
45	○	○					C
46						○	C
47	○						C
48	○						C
49	○	○					C
50	○						C

	Et-OH	Vit E	Enz.	Prot	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Non	I or C *
51				○			C
52	○	○					I
53	○	○					I
54						○	C
55	○	○					C
56	○			○	○		C
57	○	○					C
58	○						I
59	○	○					C
60	○						C
61	○	○			○		C
62						○	I
63						○	C
64						○	I
65						○	C
66						○	I
67						○	C
68	○	○					C
69	○	○					I
70						○	I
71	○	○					C
72	○						I
73						○	C
74	○	○					I
75	○	○					C
76	○	○		○			C
77	○	○					I
78	○	○					C
79						○	I
80						○	C
81	○	○					C
82	○				○		C
83						○	C
84						○	I
85	○	○					C
86	○						I
87	○				○		C
88	○	○			○		I
89						○	I
90						○	I
91	○	○					I
92	○	○	○				C
93	○						I
94	○						C
95						○	C
96						○	C
97						○	C
98						○	C
99	○	○					C
100	○	○					I
Total	73	50	12	7	12	26	100

\* Individual or Company

Table2-3 Counting each detergency factor theories for beer cleaning obtained from consumer information on the Internet 2018

Detergency Factor Theory	Number
Ethanol	14
Vitamin E	1
Protein	1
Ethanol+VitaminE	33
Ethanol+Enzyme	1
Ethanol + H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	5
Ethanol+VitaminE + Enzyme	10
Ethanol+VitaminE + Protein	2
Ethanol+VitaminE + H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2
Ethanol + Protein+H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3
Ethanol+VitaminE+Enzyme+H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1
Ethanol + VitaminE + Protein+H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1
NON	26
<b>Total</b>	<b>100</b>

### 2-3-2 ビールを活用した洗浄に関する収集情報の分析 2021

得られた検索結果 600 件のうち、ビールを用いた洗浄方法に関する情報を記載していた WEB サイトは 49 件であった。

情報の大半は油汚れに対して有効であるとするものであり、従来と大きな変化はなかったが、新たに水垢汚れに有効であるという情報がごく少数見られた。

情報を記載しているサイト 49 件を内容別に整理すると Table2-4 のようになった。

そして、Table2-4 の複数の洗浄力要因説を別項目として集計すると Table2-5 の結果となった。

Table2-4 Detergency factor theories for beer cleaning from Internet consumer information 2021

H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>: Carbonicacid beverages

	Ethanol	Vitamin E	Enzyme	Protein	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Acidic	NON	I or C *
1	○	○				○		C
2	○	○	○					C
3	○	○			水垢			C
4	○	○						C
5							○	I
6	○							C
7							○	C
8	○	○						C
9	○	○						C
10							○	C
11						○		C
12	○				水垢	水垢		C
13	○	○						C
14	○	○						C
15	○	○						C
16							○	I
17							○	C
18	○	○						I
19	○				○			C
20	○	○						C
21	○	○						C
22	○			○	○			C
23	○							C
24							○	I
25							○	C
26	○			○	○			I
27							○	I
28	○	○						C
29	○	○						C
30							○	I
31							○	C
32							○	C
33	○	○			○			I
34	○	○						I
35	○				○			C
36							○	C
37	○	○	○					C
38	○	○	○					C
39	○	○						C
40		○						C
41	○				○			C
42	○				○			C
43	○			○				C
44	○	○	○					C
45	○	○			水垢			C
46							○	C
47						錆		C
48	○	○	○					C
49	○	○	○					C
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>13</b>	<b>49</b>

\* Individual or Company

Table2-5 Counting each detergency factor theories for beer cleaning obtained from consumer information on the Internet 2021

Detergency Factor Theory	Number
Ethanol	2
Vitamin E	1
Protein	0
Ethanol+VitaminE	13
Ethanol+Enzyme	0
Ethanol + Protein	1
Ethanol + H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	4
Ethanol+VitaminE + Enzyme	6
Ethanol+VitaminE + Protein	0
Ethanol+VitaminE + H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3
Ethanol + Protein+H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2
Acidic	2
Ethanol+VitaminE+Acidic	1
Ethanol + H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> +Acidic	1
NON	13
<b>Total</b>	<b>49</b>

最も多かった洗浄力要因説は「アルコール+ビタミン E」の 13 件で、8 番目のサイトの  
 ように“ビールには、油汚れを分解するアルコールとビタミン E が含まれています。”とい  
 った複合的な要素を挙げていた。次に多かったものは、「アルコール+ビタミン E+酵素」  
 が 6 件で、37 番目のサイトのよう “ビールに含まれるアルコールやビタミン E、酵素な  
 どの成分は油を分解する働きがあります。” という事由を記載していた。

2018 年と比較すると主たる洗浄力要因説は、「アルコール+ビタミン E」、次いで「アル  
 コール+ビタミン E+酵素」であり、そのロジックもアルコールやビタミン E などの成分  
 が油分を「分解」するというものであった。しかし、エタノールには油分を「溶解」させ



る作用があることは一般的な周知の事実であるが、エタノールやビタミン E に油分を「分解」する作用があるとする文献は見当たらない。酵素については、脂質分解酵素としてリパーゼの存在が挙げられるが<sup>2)</sup>、そもそもビールに酵素自体が含まれているとする文献は見当たらず、仮に存在していたとしても加水分解によって失活していることが考えられる。よってこれらの洗浄力要因説は誤りであると推定された。

また、今回ビールによって取り除かれる汚れに 2018 年には見られなかった水垢、錆汚れに関する洗浄力要因説を解説している WEB サイトがごく少数見られた。水垢の洗浄については、12 番目の“ビールに含まれるアルコールが汚れの油分を溶かし、炭酸が残っていれば酸として働き、溶けにくいカルシウム塩などを溶かす働きをしてくれるのでピカピカになりますよ！”という風に炭酸の酸を洗浄力要因説として挙げていた。また、47 番目“銅製品のキッチンツールがくすんでしまったら、洗面器やボウルにビールを張り、その中でしばらく漬けおきすれば、ビールに含まれる酸性成分が黒ずみやサビ汚れを分解し、輝きを取り戻します。”というロジックとともに、錆汚れに対しての洗浄性を取り上げているサイトも見られた。ビールの液性が酸性であればカルシウム塩に対する除去性について駒津ら<sup>3)</sup>が発表した事実に沿っているため、洗浄メカニズムは正しいと言えるが、ロジックについては「分解」ではなく、「溶解」であると言える。

### 2-3-3 米のとぎ汁を活用した洗浄に関する収集情報の分析

インターネット検索で上位 200 件を対象に記述内容を確認したところ、洗浄とは関係のないショッピングサイトや製品紹介などのサイトが 106 件確認できた。それらを除いて、米のとぎ汁を用いて洗浄を行う方法を紹介しているサイトとして 94 件を抽出した。更に同一サイトが表示されるなどの重複が 27 件あったので、それらも除いて 67 件を分析対象とした。

対象場面別に分類した結果、「床・柱」が 62 件、「食器類」が 40 件、「風呂・トイレ・水場」が 22 件、「キッチン・グリル」が 12 件、「洗顔・洗髪」が 24 件、「洗濯」が 9 件、「

その他」が 17 件であった (Table2-6). 1つのサイトに複数の場面の洗浄に関する記載がある場合が多く、特に床掃除等に結びつけられている事例が多くみられた。

また、場面ごとの対象汚れ・洗浄方法に関する情報を記載内容からまとめたところ、「床・柱」では手垢や足の皮脂汚れの拭き掃除、「食器類」では食器の油汚れに対してのつけ置き洗浄、「風呂・トイレ・水場」では皮脂・水垢汚れの掃除、「キッチングリル」では油跳ねや魚グリルの油の掃除、「洗顔・洗髪」では皮脂汚れ、「洗濯」では食べこぼしの洗浄や漂白などに言及したものが多くみられた。「その他」では紙などを湿らせて掃き掃除の際の埃の抑制や消臭効果について触れたものなどが含まれていた。

米のとぎ汁の洗浄力要因説についての記載があるサイトは 37 件であり、「油分」、「タンパク質」、「デンプン」などが挙げられていた (Table2-7) .

「油分」を洗浄力要因説として挙げているサイトは 25 件で、「油分」のみを取り上げているのが 19 件、「油分+タンパク質」、「油分+デンプン」が 2 件ずつ、「油分+アルカリ」、「油分+研磨」が 1 件ずつであった。油分の洗浄力要因説に関する代表的な記述内容は「米のとぎ汁に含まれている油分の作用で油汚れが落ちる」というもので、14 件が該当した。また、油の種類として「オリザオイル」を挙げているサイトが 7 件であった。

Table2-6 Places to clean with washing rice water from consumer information on the Internet

Place	Number
Floor / Pillar	62
Tableware	40
Bath / Toilet / Water place	22
Kitchen grill	12
Face /Hair wash	24
Laundry	9
Other	17

Table2-7 Ingredients that are detergency factor theories for washing rice water obtained from the Internet

Detergency factor theory	Number
Oil	19
Protein	4
Starch	2
Soap	2
Polish	1
Saponin	1
Vitamin	1
Oil + Protein	2
Oil + Starch	2
Oil + Alkali	1
Oil + Polish	1
Protein + Bacteria	1

「タンパク質」説は 7 件あり、「 $\gamma$ -グロブリンが界面活性剤として働くため」という内容が 5 件であった。「デンプン」説に言及するサイトは 4 件だった。

その他に、米ぬかに「脂肪酸ナトリウム」が含まれているとする情報が 2 件あったが、これは脂肪酸と脂肪酸ナトリウム（石けん）との混同が原因だと推察される。他に、「微生物・乳酸菌」説、「アルカリ」説、「サポニン」説、「研磨効果」説などが取り上げられていた。「微生物・乳酸菌」説については、多種のサイトから得た知識を自身でまとめて結論づけた表記であった。「アルカリ」説は、“石鹼同様にアルカリ性なので、肌についた汚れを落とす作用があり、[後略]”とあった。「サポニン」説を挙げているサイトは、「米等を煮て吹きこぼれるのはサポニンが溶け出ていることを示しており、そのサポニンが油を落とす」旨の説明があった。

## 2-4 結 言

### 2-4-1 ビールを活用した洗浄に関する収集情報の結言

ビールを用いた洗浄に関する消費者情報のポイントは、①油汚れの除去に有効、②その主要因説は「アルコール+ビタミン E」によるもの、とする内容が主流であった。

消費者情報の特徴は「ビールにはビタミン E が含まれており、その効果で汚れが除去される。」としているものが多いのだが、ビールの一般的成分<sup>4)</sup>をみると、ビタミン E が含まれているとする文献は見当たらなかった。

「ビタミン E」を洗浄力要因説として扱う情報は書籍情報の中で見当たらなかったの  
で、インターネット上の情報をして拡散したものと推定される。

注目すべき点は、人の健康に関するアルコール飲料の研究の中で、ワインと同様にビールの抗酸化作用を肯定的にとらえているものがみられる点である<sup>5,6)</sup>。また大手飲料メーカーが学会発表<sup>7)</sup>で紹介した結果の中で、ビタミン E 欠乏食を与えたラットを用いた動物実験によってビールの抗酸化作用等の効用を示したものも見られた。この情報はメーカーの WEB サイト<sup>8)</sup>で紹介されている。但し、当該情報の中でビタミン E をビールに含まれる成分であるとは言及していない。また、ある地ビール企業の WEB サイトではビールに含まれる成分としてビタミン B について詳しく説明していた<sup>9)</sup>が、一か所のみビタミン E との記述がみられたが、前後の文脈から判断すると誤記であろうと推定された。

一方でビールを用いた洗浄に関する WEB サイトでは、Table2-2 の 5 番目のサイトのよ  
うに“ビールには、アルコールとビタミン E が含まれています。アルコールとビタミン E  
が油汚れを分解するので、油汚れが気になるコンロ周りをキレイに掃除することができる  
のです。”というロジックが主流になっていた。エタノールやビタミン E 自体に油分を分  
解する作用はないので、おそらくあまり化学系の文書等を読み慣れていない情報発信者が  
勘違いして作成したドキュメントが広まったものであろうと推測される。

そして、論文発表前の 2018 年と発表後の 2021 年のインターネット上の一般消費者情報を比較すると、ビールを天然界面活性剤物質として活用した洗浄方法について紹介している WEB サイトの情報は減少傾向にあり、内容に大きな変化も見られなかった。

#### 2-4-2 米のとぎ汁を活用した洗浄に関する収集情報の結言

米のとぎ汁を用いた洗浄に関する消費者情報では、米のとぎ汁を「アルカリ」だとする情報、および米ぬかに「脂肪酸ナトリウム」が含まれているとするものや、「微生物・乳酸菌」を洗浄力要因説としている情報がごく少数あった。

しかし、そうした成分が米のとぎ汁中に含まれるという文献は見当たらないため、その根拠等で多少の問題を含むものの、消費者情報全体から見れば微細なものであると考えられる。

むしろ、「油分」、「タンパク質」、「デンプン」などを個別であっても洗浄力要因として考えられ得る成分を取り上げている情報が大部分を占めており、洗浄メカニズムを探っていくうえで比較的優良な情報環境であると評価できる。

#### 2-5 文 献

- 1) 坂本ゆか，大熊俊稀，大矢勝；ビールを活用するナチュラルクリーニングに関する消費者情報の分析と実験的検証；繊維消誌，61(1)：38-45 (2020)
- 2) 秋元 美由紀，安藤 欣隆；酵素反応速度に着目した油脂分解反応プロセス条件の最適化，品質工学会誌，23(3)：33-40 (2015)
- 3) 駒津 順子，田母神 礼美，大矢 勝；クエン酸によるカルシウム系汚れの洗浄に関する消費者情報の実験的検証，日本家政学会誌，70(10)，：643-652,(2019)
- 4) キリンホールディングス株式会社；原材料名・栄養成分等一覧（ビール・発泡酒・新ジャンル），(2007) <https://www.kirin.co.jp/products/list/nutrition/beer/> (2019.6.12)
- 5) 石川美樹，小島周二ほか；ラットの二価鉄腸管吸収に対するビール酵母の効果，食衛誌，33(4)：355-358 (1992)

- 6) 石渡仁子, 高村仁知, 的場輝佳; 市販アルコール飲料の DPPH ラジカル捕捉活性, 日本調理科学会誌 : 34(4) : 407-417 (2001)
- 7) 金成繁太, 三浦裕ほか; ビールの生体内抗酸化作用の特徴, 日本農芸化学会大会講演要旨集 : 253 (2002)
- 8) キリンホールディングス株式会社; ビールの抗酸化作用に関する研究, [https://www.kirin.co.jp/company/rd/result/report/report\\_004.html](https://www.kirin.co.jp/company/rd/result/report/report_004.html) (2019.3.18)
- 9) 鎌倉ビール; 鎌倉ビールの特徴: 酵母を重ねた 3 つの原材料, <https://www.kamakura-beer.co.jp/kodawari/> (2019.3.18)



## 第3章

### ビールの洗浄メカニズム



### 3-1 緒 言

ナチュラルクリーニングとは、天然成分といわれている食材等を用いて掃除や洗濯に利用する方法であり、自然志向の一般消費者の間で流行している。ビールをはじめとするアルコール飲料もその代表的な素材の一つであり、油污れの掃除等に有効であるとしばしば取り上げられている。

エタノールは比較的親水性の強い有機溶剤であるが、水溶液として用いた場合に油性汚れ等の洗浄性を高めることは、一種の常識的な知識としてとらえられており、研究レベルでもエタノール添加の効果を示すものがある。渡辺<sup>1,2)</sup>は、水/エタノール混合溶剤による油性色素の洗浄性について検討し、水にエタノールを混合することで油性染料の洗浄性を高めることを示すとともに、温度が高まると除去性が高まることや界面活性剤を添加すると洗浄性が高まること等を明らかにした。角田らのグループは、エタノール混合が油性汚れの洗浄性を高めることを前提条件として、フロン代替洗浄剤としてエタノール水溶液の洗浄利用に着目し、シリカ粒子の除去性<sup>3-5)</sup>や超音波洗浄との併用時の効果<sup>6,7)</sup>等について検討した。また、駒城ら<sup>8)</sup>は熱力学的な観点からエタノール水溶液の可能性について検討している。

このようにアルコール水溶液の洗浄への寄与は事実として認められているが、実在するアルコール水溶液の代表的なものであるアルコール飲料の洗浄性については検討された事例がほとんど見当たらない。そこで本研究では、ビールを中心としたアルコール飲料の洗浄利用に関する消費者情報を調べてその傾向を探るとともに、その効果や洗浄メカニズムについて実験的検証を行った。

## 3-2 方法

### 3-2-1 試料

洗浄液に用いる試料として、市販されているアルコール飲料を用いた。

- ・ビール：アルコール度数 5%（原材料：モルト，ホップ）
- ・日本酒：アルコール度数 15%（原材料：米，米こうじ）
- ・ウィスキー：アルコール度数 40%（原材料：モルト，穀物）

### 3-2-2 汚染布の作成

消費者情報から得られたビールによる洗浄に関する情報は、油汚れに効果があるとするものが大部分であったため、以下の 2 種類の油を布に付着させた汚染布を作成した<sup>9)</sup>。

強極性汚染布作成に際して使用した試薬は、オレイン酸（和光純薬）とパルミチン酸（和光純薬）を用いた。無極性汚染布作成に際しては、n-オクタデカン（東京化成）を用いた。溶媒としてはトルエン（純正化学特級）を用いた。また繊維基質として洗濯科学協会の綿カナキン（5 cm×5 cm）を、油溶性染料としてはスダン IV（片山化学）を用いた。

強極性汚染布の作成は、試料布を 2.5 cm×2.5 cmに裁断した基質を用いた。20℃の環境下でオレイン酸とパルミチン酸を重量比 9：1 で混合し、トルエンに溶解させ、10%溶液を作成した。そこへ、スダン IV を重量換算で汚れ成分の 1/500 添加して汚染液とした。マイクロピペットを用いて 125μL の汚染液を基質に付着させて室温乾燥した後、24 時間 20℃のインキュベーター内で保存し、強極性汚染布を作成した。

無極性汚染布は、20℃の環境下で n-オクタデカンをトルエンに溶解させて調製した 10% 溶液に、スダン IV を重量換算で汚れ成分の 1/500 添加し、汚染液とした。作成した汚染液を基質に 500μL 付着させ、n-オクタデカンの熱損失を防ぐため、20℃で乾燥後、インキュベーター内で 24 時間保存し、無極性汚染布を作成した。使用する際に 2.5 cm×2.5 cmに裁断して汚染布として用いた。

実験装置は、乾燥機は東洋エンジニアリング株式会社の DRD320DA、ウォーターオーブン はシャープ株式会社の AX-2000、恒温器は三菱電機エンジニアリング株式会社のクーリングインキュベーターを用いた。

### 3-2-3 洗浄試験

洗浄液として使用する試薬は、ドデシル硫酸ナトリウム (SDS, 和光純薬), エタノール (EtOH, 和光純薬特級), ビタミン B (VB, 和光純薬ニコチン酸), ビタミン E (VE, 和光純薬  $\alpha$ -トコフェロール), タンパク質 (和光純薬ゼラチン) を用いた。洗浄液として用いた試料は、3-2-1 に記述したとおりである。

SDS 濃度の決定は、表面張力測定の結果で CMC に達した際の濃度を採用し、0.27wt% で行った。

棒状回転子を入れた 100ml ビーカーに洗浄液 50ml と 4 枚の汚染布を入れ、30°C の恒温槽内で回転数 550rpm の条件で 6 時間攪拌した。洗浄後は付着している洗浄液を蒸留水で 3 回すすいだ。

### 3-2-4 洗浄力評価

デジタル測色色差計 ZE-2000 (日本電色工業株式会社) を用いて洗浄試験前後の汚染布の表面反射率(R)を測定し、Kubelka-Munk 式 (1 式) から K/S 値を算出し、洗浄率 D(%) を求める式 (2 式) に用いた。

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$D (\%) = \frac{(K/S_s - K/S_w)}{(K/S_s - K/S_o)} \times 100 \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここでの  $K$  は光吸収係数,  $S$  は光拡散係数,  $D$  は洗浄率,  $K/S_s$  は汚染布の  $K/S$  値,  $K/S_w$  は洗浄布の  $K/S$  値,  $K/S_0$  は原白布の  $K/S$  値である.

なお, 得られた洗浄率は脂肪酸汚れの場合は GC による化学分析による洗浄率とスタン IV によって着色された脂肪酸汚れの  $K/S$  洗浄率がほぼ一致する. 無極性油汚れの場合は  $K/S$  洗浄率と化学分析によるの洗浄率が一致しない<sup>9,10</sup>が, ほぼ直線関係が成立することが認められているので  $K/S$  洗浄率をそのまま用いた.

### 3-2-5 表面張力と pH 測定

各試料の表面張力は, KIBRON Inc. のウェルヘルミー法表面張力自動測定器 Ez-Pi を用いて 20°C の環境下で蒸留水を用いて校正を行ってから測定した.

pH の測定は, ニッコー・ハンセン株式会社の Eutech pH 計 pH700 を用いた.

## 3-3 結果及び考察

### 3-3-1 各試料を用いた洗浄力試験

アルコール飲料の洗浄試験を行う際, その洗浄条件の設定が重要になるが, アルコール飲料を用いる場合には 1L 以上の洗浄液を要するターゲットメーターを用いるのは困難である. そこで, 小型の汚染布を用いてマグネチックスターラーで洗浄液を攪拌する方式を採用した. そして予備試験の結果, 攪拌力を小さくして長時間作用させることで比較的安定した試験結果を得ることができると分かったので, 洗浄時間を 6 時間とした. これは, 洗浄液による浸漬処理や掃除での湿布法等に近い場面を想定したモデル試験として位置づけられる.

蒸留水, 0.27%SDS 水溶液, ビール, 日本酒, ウイスキーを用いて, 強極性油汚れと非極性油汚れの洗浄試験を行った結果を Table3-1 に示し, グラフによる比較を行った (Fig.3-1). アルコール飲料による洗浄率は 0.27%SDS 水溶液に比較するとかなり劣るが, 蒸留水と比較するとかなり高い洗浄性を示すことが分かった.

Table3-1 Detergency results for strong polarity and non-polarity oily soils with some alcoholic beverages

	Strong polarity oil	Non polarity oil
Whisky (Alc.40%)	36.4	17.8
Sake (Alc.15%)	29.1	10.8
Beer (Alc.5%)	37.6	18.2
0.27%SDS	61.3	28.9
Water	17	5.4

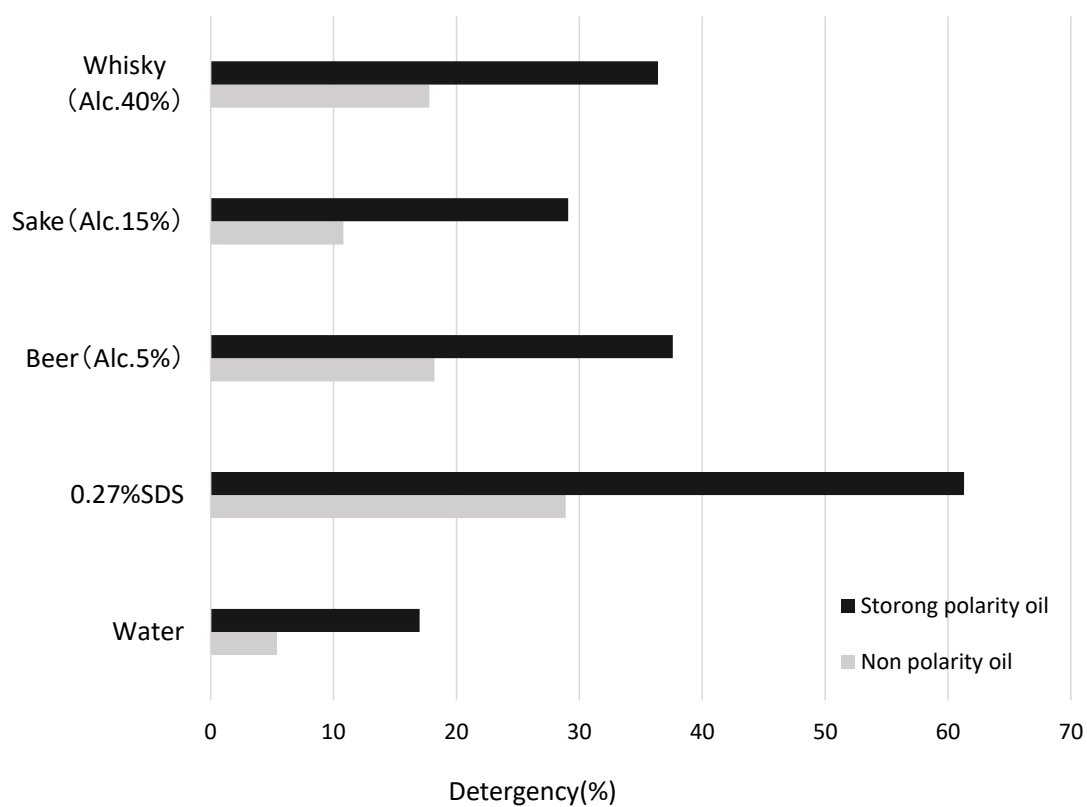


Fig.3-1 Detergency of strong polarity and non-polarity oily soils with some alcoholic beverages

また、アルコール飲料の中でもビールの洗浄性はウイスキーと同等以上で日本酒よりも優れていることが分かった。

### 3-3-2 表面張力と pH 測定

アルコール飲料による油性汚れの洗浄性は、水に溶解したアルコールの作用によるものと予想していたので、アルコール度数 5%のビールの洗浄率が強極性油汚れに対して 37.6%、無極性油汚れに対して 18.2%という結果であり、アルコール度数のより高いアルコール度数 40%のウイスキーの洗浄率が強極性油汚れ 36.4%、無極性油汚れ 17.8%を若干上回る結果かつアルコール度数 15%の日本酒の洗浄率が強極性油汚れ 29.1%、無極性油汚れ 10.8%よりも上回っていたのは興味深かった。そこで、油性汚れの洗浄性は洗浄液の界面活性に関連するのではないかと考え、各度数のアルコール飲料および同一濃度のエタノール水溶液の表面張力を測定した結果を Table3-2 に示し、グラフによる比較を行った (Fig.3-2)。

その結果、アルコール飲料の表面張力は水と比較するとかなり低い値を示すことが確認された。また、ウイスキーの表面張力は 0.27%SDS 水溶液と同レベルの低い値を示し、ビールは日本酒よりもやや低いウイスキーよりは高い表面張力を示すことが分かった。

Table3-2 Surface tension results for alcoholic beverages

Surface tension $\gamma$ (mN/m)	
Whisky (Alc.40%)	36.6
40%EtOH	35.5
Sake (Alc.15%)	44.3
15%EtOH	43.1
Beer (Alc.5%)	41.2
5%EtOH	56.2
0.27%SDS	36.3
Water	72.5

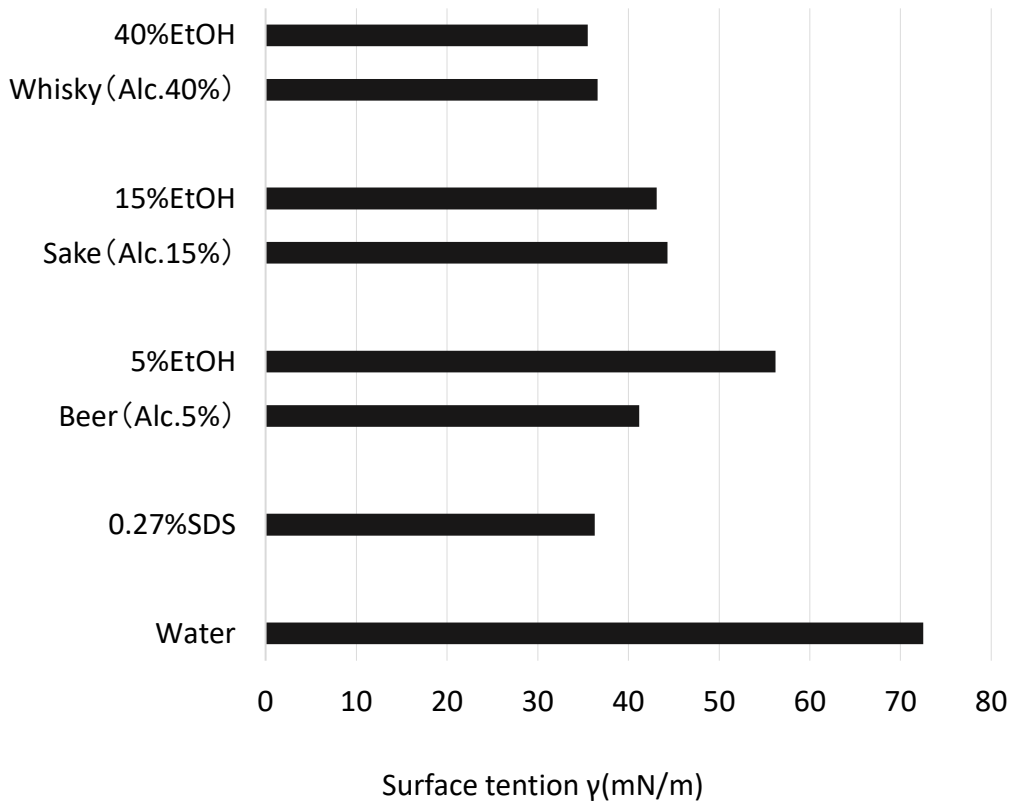


Fig.3-2 Surface tension of alcoholic beverages

更に、ウィスキー（アルコール度数 40%）と、日本酒（アルコール度数 15%）の表面張力は同一濃度のエタノール水溶液の表面張力とほぼ等しい表面張力を示したが、アルコール度数の低いビール（アルコール度数 5%）の場合は同一濃度のエタノール水溶液よりもかなり低い表面張力を示すことが明らかになった。この事実は、ビールの表面張力にはアルコールのみでは説明できない付加要素が絡んでいることを示唆するものである。

また、ビールの pH 測定を行った結果は pH4.0 であった。第 2 章 関連消費者情報の分析と課題 2-3-2 ビールを活用した洗浄に関する収集情報の分析 2021 の結果では、水垢、錆汚れに対してのビールの炭酸による洗浄を取り上げているサイトも見られた。この洗浄力要因説について、ビールの液性が酸性であることから、洗浄メカニズムとカルシウム塩

を溶解するといったロジックは、駒津ら<sup>11)</sup>が発表した事実に沿った内容であるため正しい情報であると言える。

### 3-3-3 ビールの洗浄力要因の特定

ビールの洗浄力を構成するアルコール以外の要因を探索するため、エタノール水溶液に他の物質を混合して洗浄力を比較した。エタノール水溶液にビタミン E を混合した試料液のほか、タンパク質としてゼラチン、そして実際にビールに含まれているビタミン B をエタノール水溶液に溶解した試料液を用い、洗浄試験を行った。その際、タンパク質（ゼラチン）は 0.3%、エタノールは 5%、ビタミン E（ニコチン酸）は 10mg/L、ビタミン B（α-トコフェロール）は 10mg/L とし、ビタミン類については含有想定量の 10 倍量を用いた。

その結果を Table3-3 に示し、グラフによる比較を行った（Fig.3-3）。強極性油汚れ、無極性油汚れ共にエタノール水溶液にタンパク質を溶解した試料液がビールと同等レベルの洗浄力を示した。

Table3-3 Detergency results for oily soil with alcohol solution mixed with some other substances

	Detergency (%)	
	Strong polarity oil	Non polarity oil
Whisky (Alc.40%)	36.4	17.8
Sake (Alc.15%)	29.1	10.8
Beer (Alc.5%)	37.6	18.2
5%EtOH+Protein	34.7	18
5%EtOH+Vit E	19.8	10.6
5%EtOH+Vit B	20.6	9.7
5%EtOH	21.3	10
0.27%SDS	61.3	28.9
Water	13	5



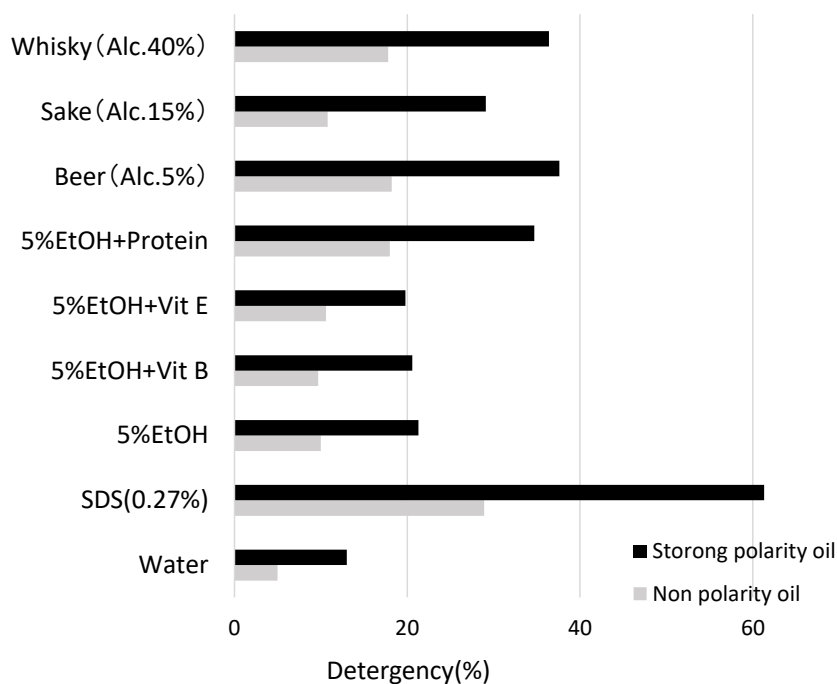


Fig.3-3 Detergency of oily soil with alcohol solution mixed with some other substances

その一方で、ビタミン B およびビタミン E を溶解した試料液は、他に何も含まないエタノール水溶液とほぼ同等の洗浄力を示した。

以上の結果より、ビールの有する油性汚れの洗浄力要因は「アルコールとタンパク質の界面活性による複合効果」によるところが大きいと予想された。

### 3-4 結 言

ビールの油性汚れに対する洗浄メカニズムについて、科学的検証の結果「アルコール+タンパク質の界面活性による複合効果」であることが明らかになった。

エタノール水溶液を用いた油性汚れの洗浄に効果があることについては、一般的にも研究的にもよく知られた事実であるが、ビールの洗浄力はそれ自体よりもアルコール度数の高いウィスキーと同程度、そして日本酒よりも高いことから、アルコール以外の付加要素

を有していることが示唆された。検証の結果、エタノール水溶液にタンパク質を溶解した試料液がビールと同等の洗浄力を有していた。また、書籍やネット上の消費者情報で主流になっていた「ビールの洗浄メカニズムはアルコールとビタミン E である」という説の検証も行った。結果、そもそもビールの成分にビタミン E は含まれておらず、実験的検証を行ってもその洗浄性は認められない結果となった。また、含有成分であるビタミン B も洗浄効果は認められなかった。

### 3-5 文 献

- 1) 渡辺紀子；水/エタノール混合溶剤による油性色素の除去，家政誌， 54(9)：723-730 (2003)
- 2) 渡辺紀子；水/エタノール系洗浄廃液の浄化に関する検討，家政誌， 56(7)：435-441 (2005)
- 3) 齋藤昌子，藤居眞理子，角田光雄；シリカ粒子の水/エタノール混合液による洗浄性，日本油化学会誌， 49(9)，957-956 (2000)
- 4) 金澤千晶，角田光雄，米山雄二；粘土粒子の水/エタノール混合液による洗浄性（第3報）  
洗浄性に対する洗浄時間の影響と布の種類，材料技術， 26(1)：10-17 (2008)
- 5) Chiaki Kanazawa, Miyuki Akase, Akemi Dobashi, Teruo Tsunoda and Yuji Yoneyama; Detergency of Clay Soil Particles in a Water /Ethanol Mixture, J Oleo Sci., 51(7)：485-490 (2002)
- 6) 藤生直恵，角田光雄，米山雄二；超音波を応用したエタノール水溶液系洗浄剤による布からの部分汚れの除去，材料技術， 27(5)：183-190 (2009)
- 7) 藤生直恵，角田光雄；超音波装置を利用した部分汚れの洗浄性-エタノール水溶液系洗浄剤の効果，材料技術， 27(2)：60-66 (2009)

- 8) 末光瞳, 駒城素子 ; 水・アルコール混合溶媒の物性と洗浄性, 生活工学研究, 6(2) : 198-201 (2002)
- 9) Yuya Kojima, Masaru Oya, Comparison Test of Oily Soil Removal of Japanese Laundry Detergents Using a Regression Formula to Derive Soil Quantity from K/S Value of Colored Oil, Tenside Surfactants Detergents, 52(1), 5-11 (2015)
- 10) Masahiro Watanabe; Solution of the Kubelka-Munk Differential Equations, Journal of the Society of Powder Technology, 40(8): 580-581 (2003)
- 11) 駒津 順子, 田母神 礼美, 大矢 勝 ; クエン酸によるカルシウム系汚れの洗浄に関する消費者情報の実験的検証, 日本家政学会誌, 70(10), : 643-652,( 2019)
- 12) 駒津順子, 大矢勝 ; 洗浄における酸・アルカリ中和説の問題点, 家政誌, 72(4) : 11-19 (2021)

## 第 4 章

### 米のとぎ汁の洗浄メカニズム

## 4-1 緒 言

米のとぎ汁は古くから洗浄に利用されており，例えば中国の周の時代には“藩（シロミズ）”として洗顔に用いられ，日本の奈良・平安時代には洗濯に用いられていた<sup>1-3)</sup>．また現在でも自然派志向の一般消費者の間で，“ナチュラルクリーニング”の素材の一つとして利用されている．

米のとぎ汁の洗浄力要因に関する学術的記述としては日本化学会誌の質問ページ<sup>4)</sup>に天然の界面活性剤や吸着性コロイド物質としてのデンプンの寄与が説明されているほか，松宮ら<sup>5)</sup>や Boyuan ら<sup>6)</sup>は米のとぎ汁に含まれるデンプン顆粒が油への乳化性を有し，その安定性は顆粒の大きさや温度に依存することを明らかにしている．また宇部ら<sup>7)</sup>はイネ科植物，Satinder ら<sup>8)</sup>は米ぬかにサポニンが含まれることを報告しており，石川<sup>9)</sup>は，サポニンを油分除去の助剤として添加すると生物処理による油分の乳化を高める効果が期待できることを明らかにしており，米のとぎ汁中に含まれるサポニンが洗浄力要因として関与する可能性もある．

このように米のとぎ汁に含まれるデンプン（吸着性，乳化性），サポニンといった成分が有する洗浄性の結果を示す研究はされているものの，米のとぎ汁自体の洗浄力やその洗浄力要因を示す研究は見当たらない．そこで，本研究では米のとぎ汁に含まれる成分をモデル化し，それら成分の混合液を用いた洗浄結果と米のとぎ汁による洗浄結果を比較することにより，米のとぎ汁による洗浄メカニズムを推定した．

## 4-2 方 法

### 4-2-1 汚染布の作成

米のとぎ汁による洗浄力は油汚れに効果があるとするものが大部分であるため，脂肪酸汚染布並びに無極性油汚染布を作成した<sup>10)</sup>．試薬としては，オレイン酸（富士フィルム和光純薬）とパルミチン酸（富士フィルム和光純薬），n-オクタデカン（東京化成），トルエン

(純正化学特級)を用いた。また繊維基質として洗濯科学協会の綿カナキンを、油溶性染料としてスダン IV (片山化学)を用いた。

脂肪酸汚染布は、まず試料布を 2.5 cm×2.5 cmに裁断し、20°Cの環境下でオレイン酸とパルミチン酸を重量比 9 : 1 で混合してトルエンに溶解させて 10%混合液を調製し、そこへスダン IV を重量換算で汚れ成分の 1/500 添加して汚染液とした。マイクロピペットを用いて 125 $\mu$ L の汚染液を布基質に付着させて室温乾燥した後、24 時間 20°Cのインキュベーター内で保存して洗浄試験に供した。

無極性油汚染布は、トルエンに n-オクタデカンを溶解して 10%溶液を調製し、スダン IV を汚れ成分の 1/500 添加したものを汚染液とした。乾燥時、熱による汚れの蒸発を防ぐため、脂肪酸汚れの場合とは異なり、加熱せず室温で乾燥させた。

乾燥機には東洋エンジニアリング株式会社の DRD320DA、恒温器には三菱電機エンジニアリング株式会社のクールインキュベーターを用いた。

#### 4-2-2 洗浄試験

洗浄液としては、蒸留水、0.3%ドデシル硫酸ナトリウム (SDS : 和光純薬株式会社)、米 (山形県産コシヒカリ) 1 合に対して水 200ml のとぎ汁、1%米ぬか溶液 (米ぬか : 丹波産米 1kg 真空パック)、比較用に麺に対して水 1 : 10 の pasta (ラティエノ No.6 スパゲッティ) ゆで汁、うどん (乾麺 : 一般品) ゆで汁、野菜に対して水 1 : 5 のほうれん草 ゆで汁および枝豆ゆで汁を用いた。また米のとぎ汁を模した人工溶液の材料は、文献を参考にした<sup>11,12)</sup>。タンパク質としてゼラチン (富士フィルム和光一級)、脂質 (脂肪酸) はオレイン酸 (富士フィルム和光一級)、その他にサポニン (富士フィルム和光、生化学用) とシュウ酸 (富士フィルム和光特級) を用いた。

洗浄条件は、棒状回転子を入れた 100ml ビーカーに洗浄液 100ml と 4 枚の汚染布を入れ、35°Cの恒温槽内で回転数 400rpm の条件で 60 分間攪拌し、その後蒸留水で 3 回すすいだ。

### 4-2-3 洗浄力評価

デジタル測色色差計 ZE-2000（日本電色工業株式会社）を用いて洗浄試験前後の汚染布の表面反射率(R)を測定し、Kubelka-Munk 式（1 式）から K/S 値を算出し、洗浄率 D(%) を求める式（2 式）に用いた。

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$D (\%) = \frac{(K/S_s - K/S_w)}{(K/S_s - K/S_o)} \times 100 \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここでの K は光吸収係数，S は光拡散係数，D は洗浄率，K/S<sub>s</sub> は汚染布の K/S 値，K/S<sub>w</sub> は洗浄布の K/S 値，K/S<sub>o</sub> は原白布の K/S 値である。

なお，得られた洗浄率は脂肪酸汚れの場合は GC による化学分析による洗浄率とスタン IV によって着色された脂肪酸汚れの K/S 洗浄率がほぼ一致する。無極性油汚れの場合は K/S 洗浄率と化学分析による洗浄率が一致しない<sup>10,13)</sup>が，ほぼ直線関係が成立することが認められているので K/S 洗浄率をそのまま用いた。

### 4-2-4 溶液の物性測定

溶液の物性として pH と表面張力を測定した。各試料の pH は，ニッコー・ハンセン株式会社の Eutech pH 計 pH700 を用いた。20℃の環境下で蒸留水を用いて校正を行ってから測定した。表面張力は，KIBRON Inc. のウェルヘルミー法表面張力自動測定器 Ez-Pi を用いて 20℃の条件で測定した。

なお，浮遊物を取り除く処理が必要な場合は遠心分離（アズワン CN-820 使用，3000rpm，5 分間）を行って得た上澄み液と元の試料を比較分析した。

#### 4-2-5 粒度分布測定

米のとぎ汁には水に不溶の粒子が存在するので、島津製作所製のレーザー回折式粒度分布測定装置 SALD-2200 を用いて粒度分布を測定した。

### 4-3 結果及び考察

#### 4-3-1 各試料を用いた洗浄力試験

各洗浄溶液で脂肪酸汚染布と無極性油汚染布を用いた洗浄力試験を行った結果を Table4-1 に示し、グラフによる比較を行った (Fig.4-1)。

どちらの汚れに対しても、米のとぎ汁、米ぬか溶液、麺類のゆで汁など、基本的には水よりは洗浄力が高いが、ほうれん草のゆで汁や枝豆のゆで汁は水と比較してもそれほど優れた洗浄結果は得られなかった。脂肪酸汚れの洗浄については SDS 水溶液が他の手法に比べて非常に洗浄力が優れており、米のとぎ汁や米ぬか溶液、パスタゆで汁、うどんゆで汁と続くが、ほうれん草のゆで汁や枝豆のゆで汁は水と同等であった。SDS 水溶液の洗浄

Table4-1 Detergency results for fatty acid and non-polarity oil with several natural cleaning methods

	Detergency (%)	
	Fatty acid	Non polarity oil
Boiled edamame soup	19.5	12.3
Boiled spinach soup	18.7	12.1
Boiled udon soup	24	21.3
Boiled pasta soup	27.9	17.2
1% Rice bran solution	35.1	37.1
Washing rice water (1st)	38.1	33.6
Washing rice water (2nd)	35.1	21.1
0.3% SDS solution	63.2	38.1
Water	17.1	14



性が優れているのは、脂肪酸に対する SDS の可溶化作用<sup>12)</sup>が非常に優れているためであろうと考えられる。

一方、無極性油汚れの洗浄に関しては、1 回目のとぎ汁と米ぬか溶液が SDS 水溶液と同等の洗浄力を示し、2 回目の米のとぎ汁、パスタゆで汁、うどんゆで汁が水よりも若干上回る洗浄性を示した。一方、ほうれん草のゆで汁と枝豆のゆで汁には、水と比較しても特に違いのある洗浄性は認められなかった。無極性油汚れの洗浄性は洗浄液の界面活性に直接的に影響を受けている可能性がある。

いずれにしても、米のとぎ汁は、ここで取り上げたゆで汁等に比較してより優れた油汚れ除去能力があるといえる。消費者情報の中で油汚れに効果があるとする情報は、誤りとはいえないと判断できる。

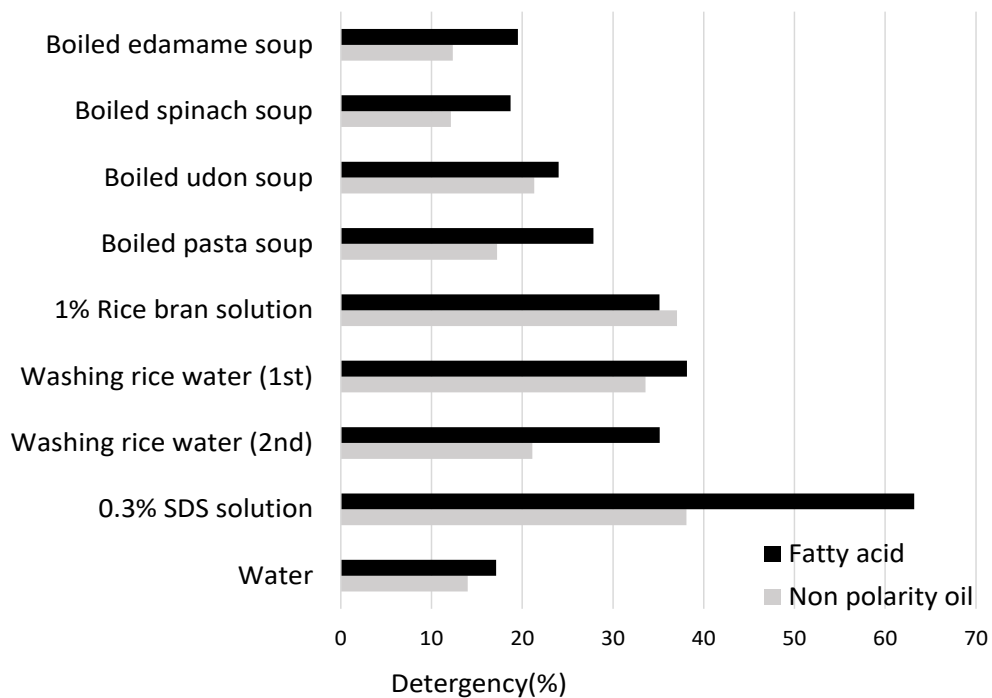


Fig.4-1 Detergency of fatty acid and non-polarity oil with several natural cleaning methods

#### 4-3-2 各種洗浄液の物性

ここで米のとぎ汁の洗浄力の原因を探るため、各洗浄液の pH と表面張力を比較した (Table4-2) . その結果、今回用いたサンプルの液性は大部分が中性で、麺類のゆで汁がわずかに酸側に片寄っていた。よって、今回の洗浄結果に pH はほとんど影響しなかったといえる。

一方、表面張力について、今回用いた試料の全てが水よりは表面張力が低くなっており、一応は界面活性を有するということが分かった。

しかし、そのレベルは様々で、米ぬか溶液が SDS 水溶液よりも低い表面張力を示し、また米のとぎ汁も比較的低い表面張力を示している。これらは界面活性を有する溶液であると表現しても差し支えないであろう。Fig.4-1 の無極性汚れの洗浄率に関して、SDS と米のとぎ汁や米ぬか溶液が同等の値を示したが、表面張力もこれらの溶液が他に比して低

Table4-2 pH and surface tension of test liquid used in the detergency test

	pH	$\gamma$ (mN/m)
Water	7.0	72.5
0.3% SDS solution	7.0	36.3
Washing rice water (1st)	6.6	38.1
Washing rice water (2nd)	6.8	39.9
1% Rice bran solution	6.5	33.0
Boiled pasta soup	5.5	52.7
Boiled udon soup	5.5	52.9
Boiled spinach soup	6.7	57.9
Boiled edamame soup	6.2	60.2
Beer	4.0	41.2

い値であり、無極性の油性汚れは、洗浄液の界面活性に大きく影響を受けるのであろうと考えられる。

一方、麵のゆで汁や野菜のゆで汁の表面張力はそれほど低下していない。ゆで汁全般が油汚れに対して洗浄効果がなかったのは、これらの界面活性が米のとぎ汁等に比較して劣っているためであろうと考えられる。

#### 4-3-3 各種溶液の洗浄力

米のとぎ汁の洗浄力要因を探るため、デンプン、タンパク質、脂質（脂肪酸）、サポニンなどの水溶液の単独、および混合溶液での洗浄力の結果を Table4-3 に示し、グラフによる比較を行った（Fig.4-2）。

米のとぎ汁の濃度は文献値<sup>11,12)</sup>から決定し、脂質は乳化試験を行い吸収スペクトル測定から決定した。タンパク質は Lowry 法によって決定した。また、ほうれん草に含まれる成分として洗浄関連で注目されることの多いシュウ酸についても同様の試験を行った。

Table4-3 Detergency results for fatty acid and non-polarity oil with several model cleaning liquid

	Detergency (%)	
	Fatty acid	Non polarity oil
Washing rice water	38.1	33.6
Protein+Fatty acid+Starch	33	28
0.3% Protein	31.3	22.3
1.8% Fatty acid	20.3	16.4
1% Starch	13	8
0.35% Saponin	20	13
0.16% Oxalic acid	7.5	6
Water	13	5

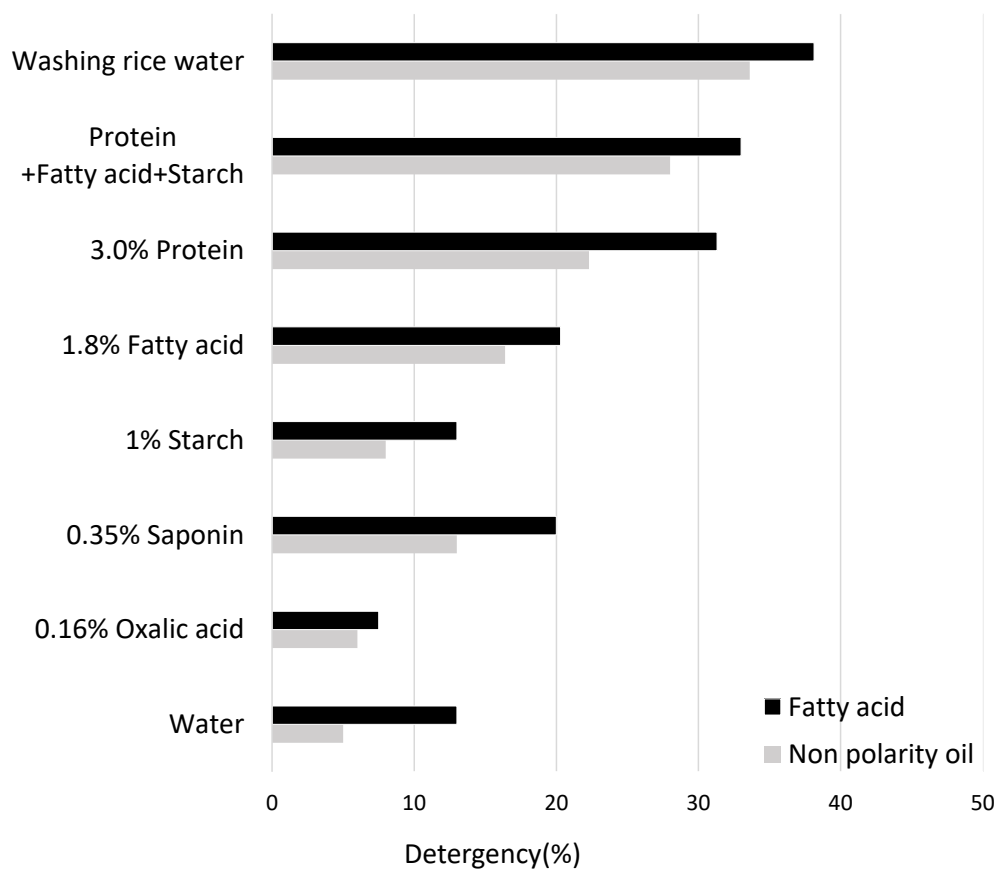


Fig.4-2 Detergency of fatty acid and non-polarity oil with several model cleaning liquid

結果，タンパク質が比較的洗浄力が高く，脂肪酸とデンプンも水よりは優れた洗浄力を示す要因になっていることが分かった．そして，デンプン，タンパク質，脂肪酸を混合したものは米のとぎ汁に最も近い値を示した．シュウ酸の洗浄性は認められなかった．

消費者情報からサポニンに着目する情報も少数見られたので今回の実験では1%米ぬか溶液によって米のとぎ汁に比較的近い洗浄性が得られたが，そこから推定すると米のとぎ汁には0.003%程度サポニンが含まれていると考えられる．しかし，今回用いた試薬サポニンの表面張力曲線（Fig.4-3）は濃度0.35%付近がCMCと考えられ，それまで濃度が高まると表面張力は低下する．

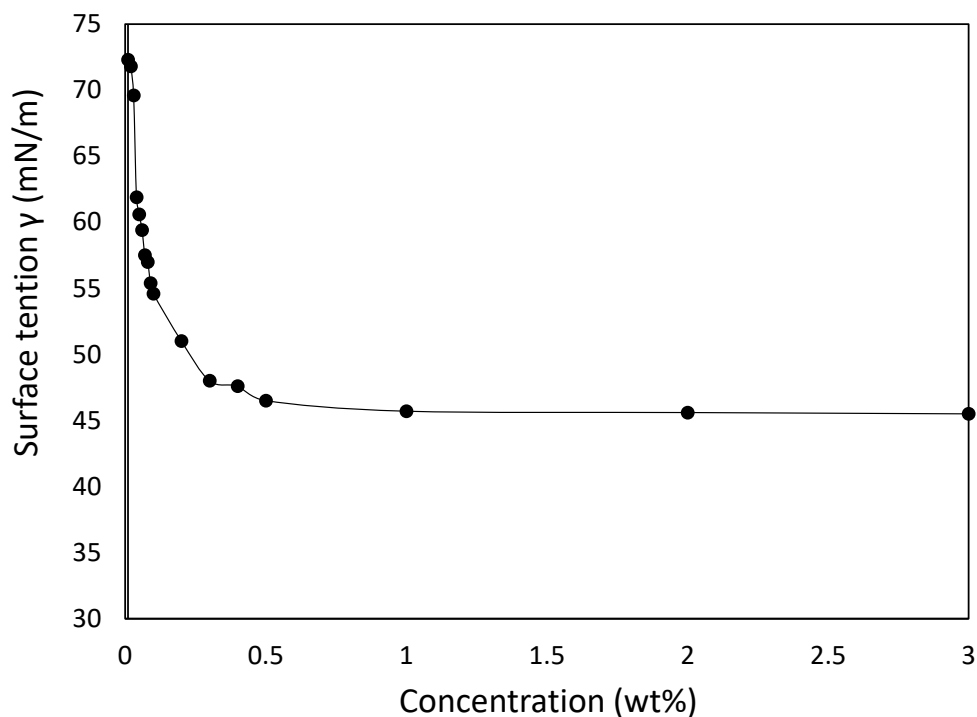


Fig.4-3 Surface tension curve of saponin

実際に含まれているであろうサポニンの濃度はそれより 100 倍近く低濃度であり、実際に含有されたサポニンが洗浄に影響しているとは考え難い。この結果から、サポニンが主要な洗浄力要因であるとする説は否定されることが考えられる。

#### 4-3-4 溶解成分の存在

松宮ら<sup>5)</sup>は不溶性の澱粉粒子が固体界面活性剤として乳化作用をもたらすと報告している。そこで、不溶性物質を除いた水溶性物質の存在について調べるため、まず米のとぎ汁の粒度分布を調べた(Fig.4-4)。

その結果、粒子は  $0.5\mu\text{m}$  付近を中心に分布しているナノエマルジョン状態<sup>14,15)</sup>であることが分かった。

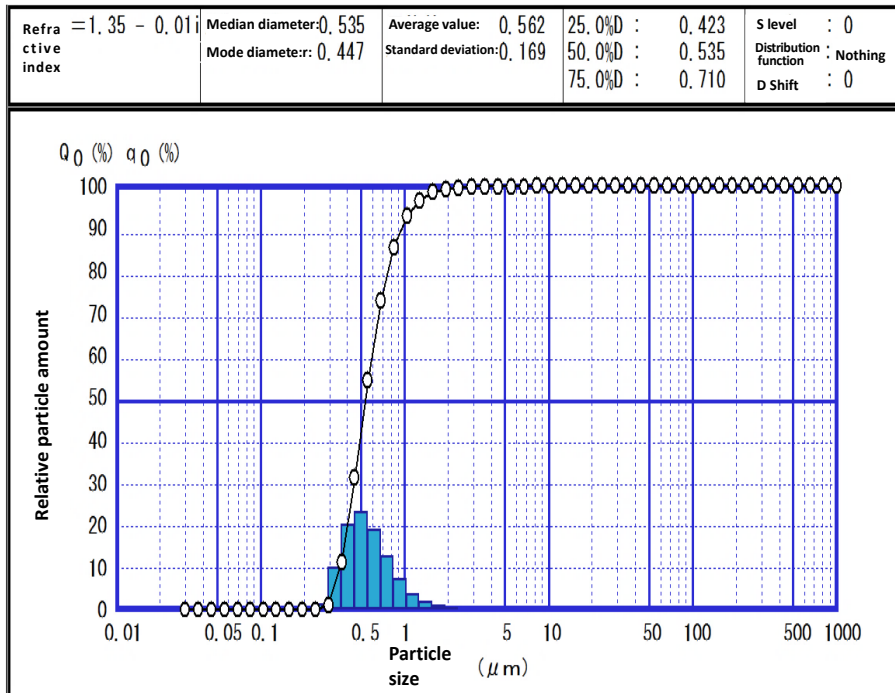


Fig.4-4 Particle size distribution of washing rice water

このレベルの粒子は遠心分離で沈殿物として分離できると考え、米のとぎ汁とパスタのゆで汁について遠心分離前後の表面張力を調べた (Table4-4)。

その結果、米のとぎ汁は表面張力が 6.5mN/m 上昇したが、パスタのゆで汁は殆ど上昇しなかった。これは、パスタのゆで汁に含まれる界面活性物質はほとんど溶解型のものであり、米のとぎ汁の場合は表面張力を低下させる物質として、水に溶解して粒子を形成し難い物質と水に溶解しない粒子タイプの界面活性物質の両方が存在していることを示唆する。

溶解型界面活性物質の候補としてサポニンが注目されるが、文献値の含有量から考えるとサポニンは当てはまらなないと考えられた。以上の結果から、米のとぎ汁に含まれる溶解性タンパク質による界面活性作用、とぎ汁のエマルジョンに含まれる油性成分による溶解作用<sup>16,17)</sup>、固体状界面活性剤による研磨作用と界面活性作用等が洗浄に貢献していると考えられる。

Table4-4 Surface tension of test liquids before and after centrifugation

Sample	Surface tension $\gamma$ (mN/m)	
	Before centrifugation	After centrifugation
Washing rice water	41.1	47.6
Boiled pasta soup	51.4	52.8

#### 4-4 結言

今回の検討で得られた結果から、米のとぎ汁には油性汚れに対して一般の界面活性剤に比べると効果は劣るが、単なる水に比べると十分に高い洗浄力を有していることが明らかになった。米のとぎ汁の表面張力も SDS 水溶液に匹敵する程度の値を示し、その洗浄力要因は、「タンパク質+油性成分+デンプン+固体界面活性剤（研磨作用を含む）の複合効果」であることが推定された。

#### 4-5 文献

- 1) 永山升三；洗濯文化論—技術史よりの観点で—，織消誌，29(11)：463-468 (1988)
- 2) 大西正幸；洗濯機技術発展の系統化調，国立科学博物館技術の系統化調査報告：149-226 (2011)
- 3) 下田吉人；生活科学展覧會について，家事と衛生，19(3)：30-70 (1943)
- 4) 小川昭二郎；質疑応答“お答えします”，日本化学会誌，35(6)：585 (1987)
- 5) 松宮健太，奥野勇樹，松村康生；高水分食品への応用を目指した米粉の分散性の評価と乳化能の検証；日本食品科学工学会誌，60(11)：644-653 (2013)

- 6) Boyuan Chen, Zhitao Hu, Haoqi Li, Zhiyong Li, Qiong Li, Yongming Chen; Intact starch granules for pickering emulsion: Exploring mechanism of cleaning with washing rice water and floury soup, *Colloids and Surfaces A*, 561: 155–164 (2019)
- 7) 宇部尚樹, 石原亨 ; イネ科植物における二次代謝の進化, *化学と生物*, 56(2) : 73-75 (2018)
- 8) Satinder Kaur, Savita Sharma, H.P.S. Nagi; *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 4(2): 122-131 (2011)
- 9) 石川宗孝 ; サポニン添加による油分除去の効率, *化環境技術*, 26(3) : 177-180 (1997)
- 10) Yuya Kojima, Masaru Oya, Comparison Test of Oily Soil Removal of Japanese Laundry Detergents Using a Regression Formula to Derive Soil Quantity from K/S Value of Colored Oil, *Tenside Surfactants Detergents*, 52(1), 5-11 (2015)
- 11) 稲益悟志, 生山玲奈, 藤崎裕子, 杉本憲一 ; 米のとぎ汁 (ゆする) のヘアケア効果, *日本化粧品技術者会誌*, 44(1) : 29-33 (2010)
- 12) Abayomi P. Adebisi, Ayobamitale O. Adebisi, Yusuke Hasegawa, Tomohisa Ogawa, Koji Muramoto, Isolation and characterization of protein fractions from deoiled rice bran, *European Food Research and Technology*, January 2009, Volume 228, Issue 3, pp 391-401
- 13) Masahiro Watanabe; Solution of the Kubelka-Munk Differential Equations, *Journal of the Society of Powder Technology*, 40(8): 580-581 (2003)
- 14) P. Izquierdo, J. Esquena, T. F. Tadros, J. C. Dederen, J. Feng, M. J. Garcia-Celma, N. Azemar, C. Solans; Phase behavior and nano-emulsion formation by the phase inversion temperature method. *Langmuir*, 20, 6594-6598 (2004).
- 15) 王 政, Neves Marcos A., 磯田 博子, 中嶋 光敏 ; 食品機能性成分含有マイクロ/ナノエマルションの作製と特性評価, *日本食品工学会誌* , 16(4), 263-276 (2015)



- 16) M.Oya; Kinetic Equation for Detergency of Fatty Acid Soil as a Function of Solubilization Capacity of Washing Liquid, Journal of Japan Oil Chemists' Society, 48(12): 1403-1406 (1999)
- 17) 藤本明弘, 大矢勝 ; 界面活性剤/高級アルコール/水系の希薄エマルションによる油性汚れの洗浄性, 繊維消誌, 58(8) : 52-59 (2017)

## 第5章

### 総括

### 5-1 ビールを活用した洗浄に関する収集情報の分析と実験的検証の総括

ビールを活用した洗浄に関する一般消費者情報では、書籍やネット上でビールに対する洗浄性について様々な情報が混在しているが、「ビールは油汚れに対して効果があり、その洗浄力要因は、アルコールとビタミン E である」という説が最も多く使われていた。油汚れの除去に効果があるとする点については、確かに水での処理と比較してかなり効果が高い点、加えてビールよりもアルコール度数の高い日本酒よりも優れた除去性を示すという点からも一応は事実に沿った情報であると評価できる。

一方で、洗浄メカニズムに関する情報に関してはかなり大きな問題を含んでいることが明らかになった。ビールにはビタミン E は成分として含まれておらず、仮に含まれていたとしても本研究の実験的検証で洗浄力要因として否定された。ビールにはわずかにビタミン B は含まれているが(Table5-1)、洗浄力を発揮するような含有量ではなく、本研究の実験的検証でもその効果は認められなかった。

ビールによる洗浄メカニズムに関する情報を利用して、何らかの悪質商法に活用するというシナリオは成立しにくい。おそらく何らかの勘違い等から派生した誤情報が広まったものと考えられる。

Table5-1 Common ingredients of beer

Component	Content
Water	90-94%
Ethanol	3-5%v/v
Carbohydrates	1-6%w/v
Vitamin B	5-10mg/l
Carbon dioxide	3.5-4.5g/l
Protein	3-5g/l

これは、高度 ICT 社会の中で、悪意のない誤情報が消費者情報としてどのように拡散していくのかを示す一つの典型的モデルになり得ると考えられる。

ビールを活用した洗浄に関する実験的検証では、ビールは油汚れに対して洗浄性を有していた。また、ビールはアルコール度数の高い他のアルコール飲料と同等あるいは優れた洗浄力を発揮することが明らかになった。洗浄力要因は「アルコール+タンパク質の界面活性による複合効果」であることが示された。しかし、SDS と比較すると洗浄力は低いことが明らかになった。そして、一般消費者情報で洗浄力要因説の一成分として主流であった「ビタミン E」は、そもそもビールの成分に含まれておらず、洗浄性も認められなかった。成分として含まれているビタミン B についても、含有量の 10 倍濃度で洗浄試験を行ったが、こちらも洗浄性は認められなかった。水垢・錆の洗浄については、ビールの液性が酸性であることから、酸によるカルシウム塩の溶解という観点での洗浄効果については、科学的に正しいと言える。

## 5-2 米のとぎ汁を活用した洗浄に関する収集情報の分析と実験的検証の総括

米のとぎ汁を活用した洗浄に関する一般消費者情報では、米のとぎ汁に関する洗浄力要因を説明する消費者情報は比較的少なく、非科学的誤情報は少数見られたものの、実験的検証で推定された洗浄力要因の大部分は種々の消費者情報から収集することのできるものであった。

これは、消費者が科学的な思考を育成するうえで有用になりうる情報環境であると評価できる。

米のとぎ汁を活用した洗浄に関する実験的検証では、米のとぎ汁は油汚れに対して洗浄性を有し、洗浄力要因は「タンパク質+油性成分+デンプン+固体界面活性剤（研磨作用を含む）の複合効果」であることが推定された。中でも、「タンパク質」が高い洗浄性を有し、その次に「脂肪酸」が洗浄成分として寄与していた。また、1%米ぬか溶液でも同

様の洗浄性を発揮することが明らかになった。しかし、SDS と比較すると洗浄力は低いことが明らかになった。また、一般消費者情報で少数見られた洗浄力要因説に関して、「アルカリ」説について、検証の結果、液性は pH7 付近の中性を示すことが明らかになった。サポニン説については、成分として微量に含まれているものの、洗浄性を発揮する濃度ではないことが明らかになった。「微生物・乳酸菌」説についても、そうしたものが含まれるという文献は見当たらなかった。よってこれらの説は洗浄力要因として否定された。

### 5-3 本研究の天然界面活性剤に関する収集情報の分析と実験的検証の総括

本研究では、ナチュラルクリーニングの素材として用いられるビールと米のとぎ汁の関連の一般消費者情報の収集と分析および洗浄メカニズムについて洗浄力試験や洗浄力要因について検証した。

消費者情報は非科学的な情報に影響を受けやすく、洗浄における酸・アルカリ中和説<sup>1)</sup>などは、酸と酸化の混同や化学的な中和の意味の無理解等から消費者環境に誤情報を広めてしまった。筆者らのビールの洗浄利用に関する消費者情報分析でも非科学的情報が大半を占めた<sup>2)</sup>。しかし、米のとぎ汁の洗浄利用に関する情報分析<sup>3)</sup>のように特に大きな影響を有する誤情報源が存在しない場合は、消費者情報環境はそれほど悪化しないと推測される。

そして、2018 年のインターネット上の WEB サイト上で非科学的情報が大半を占めていたビールを活用した洗浄に関する収集情報の分析を、論文発表から数年後の 2021 年に再び行った結果、ネット上にある情報環境にはそれほど変化がなく、「ビールに含まれているビタミン E が油分を分解する」という誤った洗浄力要因説とロジックが主として記載され続けていたままであった。2020 年に発表した論文の実験的検証で明らかになった「ビールを活用した油汚れに対する洗浄メカニズムは、アルコール+タンパク質の複合効果である」という 1 次情報が現在も一般消費者に伝わっておらず、2.5 次、3 次、4 次情報とし

て活用されていない現状が明らかになった。第一章でも述べたように、過去には一部の不良情報の拡散によって社会に不要な混乱を招いた事実がある<sup>4-16)</sup>。しかしながら、今回の場合は科学的根拠を持つ情報がありながらも未だに誤った情報が根強く残存している。原因は、1次情報が一般消費者の目に触れにくい場所にあり、伝わりづらい状態であることが挙げられる。そして理解を得られなければ、影響を有する誤情報を払拭することができないことが明らかとなった。

このような問題を解消していくためには、情報の発信の仕方について検討していく必要がある。

実験的検証では、一般消費者情報で天然界面活性剤として紹介されているビールと米のとぎ汁は油污れに対して効果があることが実証された。ビールと米のとぎ汁の洗浄率を比較すると、強極性油污れに対しては同程度、無極性油污れに関しては米のとぎ汁の方が優れていた。しかし、紹介されている素材の一部である枝豆のゆで汁やほうれん草のゆで汁は水とほぼ同程度の洗浄力であり、洗浄効果のない素材であった。素材のひとつとして挙げられている理由は、茹で上がった直後の高温のゆで汁で油分を洗い流すためであると推察されるが、本検討では素材に含まれる洗浄成分の特定であるので流通している消費者情報の中には、洗浄効果が期待できない素材も存在していることが明らかになった。

洗浄メカニズムに関して、洗浄試験や表面張力測定の結果、ビールの洗浄力要因は「エタノール+タンパク質の界面活性による複合効果」であった。消費者情報で主流になっていた「エタノール+ビタミンE」説は、ビタミンEは元来ビールの成分に含まれておらず、洗浄試験においても洗浄効果が認められないことが明らかになった。また、ビールの含有成分であるビタミンBについても洗浄効果は認められなかった。

米のとぎ汁は「タンパク質+油性成分+デンプン+固体界面活性剤（研磨作用を含む）の複合効果」であることを推定することができた。また、イネ科植物や米ぬかにサポニン

が含まれているとする研究報告<sup>17,18)</sup>より、洗浄力要因としてサポニンが洗浄成分として関与している可能性も検討したが、とぎ汁中のサポニン量では不十分であった。

天然界面活性剤を洗浄剤として用いる方法が、生活の知恵として一般消費者間に脈々と受け継がれている。実験的検証の結果、洗浄効果やメカニズムが確かなものが存在する一方、誤情報であるものも一定数見られた。

ビールを活用した洗浄に関する収集情報の分析と実験的検証について、根拠ある情報を2021年に論文にして発表し、インターネット上で一般公開されている状態であるが、ビールを活用した洗浄に関する消費者情報の洗浄力要因説やロジックの主流は、初めの情報収集時の2018年から再度収集分析を行った2021年の時を経ても変わらず誤情報のままであった。この事実は、一般消費者への科学的根拠をもつ情報を伝達していくに際し、現状のままでは課題があることを示している。その意味で、本研究の成果は消費者教育のための新たな可能性と課題を示すものになったと評価できる。

#### 5-4 今後の課題

洗浄は、生活に必須の操作である。よって環境や安全面で大きな関心を寄せられている。一般消費者の間では、より環境・安全面で優れた洗浄方法を模索する試みが行われており、ナチュラルクリーニングもその一つであると言える。

本研究で明らかになった課題は、一般消費者に対して根拠ある1次、2次情報をわかりやすく伝える工夫と消費者教育の機会を作ることである。

その課題解決への糸口を考えるにあたり、一般消費者に向けて発信していた書籍やインターネット情報の特徴を把握し、これからの情報発信時には、一般消費者間に流通している情報の特徴として次の点を意識して対応していくことが求められる。①根拠ある出典がない情報の発信者と閲覧者は専門知識に乏しい者であろうこと、②研究がされておらず情報について根拠を示すことができないこと、③根拠ある1次、2次情報があっても、特定の環境下では影響力を持った誤情報が存在し続けていること、である。

①に関しては、一般書籍や、第2章関連消費者情報の分析と課題のビールを活用した洗浄に関する収集情報の分析 2018・2021 の結果で、情報発信者が企業か個人かの分析を行った結果、2018年では100件中、企業が63件、個人が37件、2021年では49件中、企業が40件、個人が9件となっており、情報発信者の多くが企業発信であることがうかがえる。企業発信ではあるものの、洗浄に関する情報については誤りも多い。推測するにあたり、企業は洗浄分野に関して知識のない者にWEBライターを委託しており、ライターが不確かな情報を元に作成したコンテンツが企業発信の情報、すなわち3次あるいは2.5次情報となり、閲覧者の「企業の情報なので確かだろう」という希望的観測から4次情報として広がっていると考えられる。こうした事態を防ぐためにも企業は自社の情報が影響力を持つことに対して責任を持ち、情報の作成・発信の際には専門家に相談すべきであるとする。また、情報発信者が個人の場合は、発信者だけでなく閲覧する側も情報の精査について意識していく必要がある。

②に関しては、これまでナチュラルクリーニングや天然界面活性剤を用いる洗浄について、研究レベルの検討がされていなかったことが挙げられる。本研究を皮切りに専門分野の研究者による研究を進めて情報を発信していく必要がある。そして発信する情報に1次、2次情報を根拠にしているという出典を示すことが挙げられる。

③に関しては専門家として1次、2次情報を発信したとしても、3次、4次情報まで適切に伝わるように責任を持つ必要がある。また、清掃に携わる関係者などが書籍やWEBサイト、メディアに取り上げられるなど、広領域・異分野の専門家による2.5次情報で誤情報が発信されている場合もあり、各自情報の発信についても正しい理解と責任を持つ必要がある。

1次、2次情報を一般消費者に適切に伝えるために、一般消費者がどの程度の情報レベルを欲し、理解を示すかを考察するにあたり、本研究で得られた一般消費者情報の傾向を整理すると、書籍では洗浄手法が紹介されているのみで、洗浄メカニズムについて解説して



いるものはほとんど見られなかった。書籍では、洗浄メカニズムを解説するよりも洗浄の手法を簡潔に記しており、洗浄に関しての不特定多数の情報を欲する読み手がさっと目を通せる字数でまとめられていた。一方でインターネット上では洗浄手法と併せて洗浄メカニズムについての解説を記載している WEB サイトが多数あった。対象の素材を天然界面活性剤として利用したいという目的が明確にある消費者向けの内容であり、写真やイラスト、文章などを用い、文字数や情報量は書籍より多めであるものの比較的簡素にまとめられていた。また、インターネット上での洗浄力要因説は書籍では見られないものが多数あった。すなわち、現代は書籍と比べてインターネット上で独自の情報伝達が活発に行われており、情報が変化しやすい環境であることが挙げられる。しかしその一方で影響力を有する情報が根強く残存し続けているという面も見受けられる。

こうした一般消費者情報の傾向を見ると、消費者は一見して方法と簡素なメカニズムの解説だけを必要としているように見えるが、ビールを天然界面活性剤として洗浄利用する一般消費者情報で主な洗浄力要因説の要素として挙げられていた「ビタミン E」の情報源は、化学系ドキュメントを読み慣れていない情報発信者が、企業などがインターネット上で発信している情報を集め、独自に作成したであろうコンテンツが大きな影響力を有していた。このことは、学習意欲のある情報感度の高い一般消費者が情報に関する詳細な知識を得ようと様々な情報を集め、結果的には誤った情報をまとめて発信してしまったものの、その情報が他の一般消費者に受け入れられるものであったため、悪意のない誤情報が広まった結果であると推察される。このように一般消費者の情報感度のレベルは一括りにできず、多様性をもつ傾向があることが明らかとなった。

さらに第 1 章でも述べたように、一般消費者にはより良く正しい情報を発信、得ようとする推進力がある。しかしながら 2020 年にビールを活用するナチュラルクリーニングに関する論文<sup>2)</sup>で科学的根拠をもった洗浄メカニズムを発表後、2021 年にインターネットでの情報収集と分析を同様に行った結果、2018 年と同じ誤った洗浄メカニズムが大多数を

占めており、情報にほとんど変化が見られなかった。すなわち、専門家による1次、2次情報があっても一般消費者には伝わっておらず、2.5次、3次、4次情報に変化のない状態のままであった。

1次、2次情報を一般消費者に理解してもらえるように伝え、教育することができれば、誤った2.5次、3次、4次情報は自然淘汰されていくであろうと考えられるが、現在のよう  
に誤情報が改善されずにそのまま広まり続ければ、国境を超えて影響をもたらす事態にも  
なり得る<sup>16)</sup>。

なぜこのような状況になっているのかを把握するために、自身の回りの一般消費者に論文を見せて話を伺ったところ、「論文を見れるサイトがあるのを知らなかった」、「文字が多くて読む気がしない」、「専門用語がわからない」、「図や表が何を示しているのかわからない」、「つまりどういうことなのか簡潔に教えてほしい」という声を耳にした。直接話をしつつ図解することで大まかな理解を得られたが、専門用語や表やグラフなどを用いた踏み込んだ解説をするとあまり関心を得られなかった。1次、2次情報発信者として一般消費者教育を考える上で、現時点で大きな隔りがあることが明らかになった。

こうした問題を解決するには1次、2次情報を親しみやすく平易な形にして発信していく必要がある。本検討で消費者情報の特徴を分析した結果、現時点では一般書籍やネット情報が多くの一般消費者が求める情報レベルとして適当であるようだが、そうした情報は専門家によるものではなく、洗浄メカニズムとして不適当な表記も見られた。つまり、情報レベルを合わせつつ、情報を正しいものにし、出典が1次、2次情報であることを示すことで問題解決の1つになると考えられる。そして、一般消費者が情報を得る手段であるインターネット上やメディアによる情報発信の機会を得て、知識のない消費者にもわかりやすい形にする。具体的には、まずは簡潔な文面とイメージしやすいような図や写真などを用いて概要を示し、その次に専門的な用語を用いない解説を行うようにすることが必要である。

そして、さらに学習意欲のある者には、学会主催のセミナーや勉強会への参加も勧めることでより専門的かつ精密な学習機会の提供が望めるほか、学会の活性化にも繋げられ研究活動と成果を社会へより還元できる好循環を生み出すことができる。

現実問題として知識のない消費者に対して専門的な解説を行っても、いきなりすべての理解を得ることは難しい。しかし、根拠をもった1次、2次情報を誰もがわかりやすいように工夫された解説の機会に触れ、多少なりとも理解を得ることがあれば、その経験から情報の正誤を判断するきっかけや、さらに学び知ろうとする力、それに加えて新たな商品開発や研究テーマ開拓のシーズになるであろう。

それが社会、そしてすべての人々にもたらされる持続可能な幸いであると考える。

## 5-5 文 献

- 1) 駒津順子, 大矢勝; 洗浄における酸・アルカリ中和説の問題点, 家政誌, 72(4): 11-19 (2021)
- 2) 坂本ゆか, 大熊俊稀, 大矢勝; ビールを活用するナチュラルクリーニングに関する消費者情報の分析と実験的検証, 織消誌, 61(1): 38-45 (2020)
- 3) 坂本ゆか, 中村竜也, 大矢勝; 米のとぎ汁の洗浄力要因の推定と関連消費者情報の分析; 繊維製品消費科学会誌 62(8), 528-534, (2021)
- 4) 大矢勝; 合成洗剤論争に関連する消費者情報の分析 (第1報) —一般消費者向け洗剤関連書籍の有害性記述得点—, 織消誌, 39(3): 188-195 (1997)
- 5) 宮脇英彰, 大矢勝; 合成洗剤問題に関連する消費者情報の分析 (第2報) —美容・化粧品関連一般書籍中の関連記述表現の分析—, 織消誌, 41(7): 624-630 (1999)
- 6) 寶金悠子, 大矢勝; 合成洗剤問題に関連する消費者情報の分析 (第3報) —一般環境書籍, 水環境書籍の分析—, 織消誌, 44(4): 213-222 (2002)
- 7) 大矢勝; 合成洗剤問題に関する消費者の情報源, 洗濯の科学, 40(2), 2-8 (1995)

- 8) 大矢勝；消費者情報の問題点－石けん，合成洗剤問題について－，繊維製品消費科学，40(3), 151-156 (1999)
- 9) 大矢勝；合成洗剤・石けん論争のその後，繊維製品消費科学，42(8), 503-508 (2001)
- 10) 大矢勝；最近の石けん運動と今後の課題，洗濯の科学，47(1), 2-8 (2002)
- 11) 大矢勝；久野智子，大島紀子；インターネット普及期の洗剤関連 WEB 情報の推移，織消誌，50(7)：553-558 (2009)
- 12) 小島祐也，大矢勝；中国における美容・化粧品関連一般書籍中の化学物質有害性関連記述表現の分析，織消誌，54(9)：838-845 (2013)
- 13) 武藤祐子，小林政司，大矢勝；美容・化粧品関連化学物質に関する消費者情報のリスク強調度を判定する日中共通「基準スケール」の作成，織消誌，57(8)：614-620 (2016)
- 14) 大矢勝，宋亮；中国における洗剤のリスク情報に関するフロー分析，織消誌，56(1)：61-70 (2015)
- 15) 大矢勝；安全・環境問題に関する消費者情報の課題—2.5 次情報中の誤情報に対応するために—，日本家政学会誌，61(8)：511-516 (2010)
- 16) 武藤 祐子，小林 政司，大矢 勝；1950 年代から 2000 年代までの中国における洗剤関連リスク情報の変遷，織消誌，59(2)，123-130 (2018)
- 17) Boyuan Chen, Zhitao Hu, Haoqi Li, Zhiyong Li, Qiong Li, Yongming Chen; Intact starch granules for pickering emulsion: Exploring mechanism of cleaning with washing rice water and floury soup, Colloids and Surfaces A, 561: 155–164 (2019)
- 18) 宇部尚樹，石原亨；イネ科植物における二次代謝の進化，化学と生物，56(2)：73-75 (2018)

## 謝 辞

本研究は、横浜国立大学大学環境情報研究院 大矢 勝 教授よりご指導を賜りました。大矢先生には、迷いや苦難の時にいつもご助言とともにお力添えをいただきました。問題に対して真摯に向き合う姿勢や、論理的思考を相手に伝える配慮など、学問のみならず教育・研究者に必要ないろはをご教授してくださいました。今ここで学び、研究できる喜びがあるのは大矢先生のおかげです。心より感謝と尊敬の意を申し上げます。

また、審査員をお受けくださった中井 里史 教授、亀屋 隆志 教授、荒牧 賢治 教授、松宮 正彦 准教授の先生方には、予備審査および公聴会で貴重なご意見やご指摘を頂戴し、本論文を完成させることができました。心より感謝申し上げます。

本研究は、横浜国立大学大矢研究室の修了生である、大熊 俊稀氏と中村 竜也氏のお力があるからこそ成果です。お二人の研究への絶えまぬ熱意に格別の敬意と感謝を申し上げます。

加えて、大矢研究室の同期として在学しておられました長崎教育大学 駒津 順子 先生、学部生時代より研究のきっかけをくださった武庫川女子大学 古濱 裕樹 先生には、論文執筆中に人生の苦難や怪我によって失望しかけた時、いつもの的確なご助言とあたたかなご声援や支給をいただきました。立ち直り、前進できたのは先生方のおかげです。この場を借りて厚くお礼を申し上げます。

そして、長年の夢であった博士後期課程での研究活動を応援し、ご助言をくださったすべての先生・助手の方々、親友、古濱研究室特殊部隊の皆さま、家族一同、ありがとうございました。

最後になりましたが、人生を伴にすると誓い合った婚約者は、自身も多忙ながらわたくしの研究活動への理解、そして困難の際にずっと愛情と優しさをもって寄り添い支えてくださいました。

お慕いする気持ちと一番の愛をこめて深く感謝申し上げます。