

## 食用油脂を利用した手作り石けんの洗浄性能(第1報)

天木 桂子\*・池田 揚子\*・佐々木美千代\*\*

(1991年10月15日受理)

### 緒 言

わが国における合成洗剤の普及は、高度経済成長とともに1960年代から急激に伸び始めた。その生産量は1989年で約110万トン<sup>1)</sup>に及び、石けん(同年約19万トン<sup>1)</sup>)をはるかにしのいでいる。利用範囲も、衣料用のみでなく台所用、住居用、身体用さらには工業用としても用いられ、日常生活に欠かすことはできない。

その合成洗剤も、1965年前後から「発泡公害」「湖沼の富栄養化」といった社会問題をきっかけに、消費者の間に合成洗剤の安全性に対する不安を芽生えさせた。これらの問題は、洗剤のソフト化、無リン化などの改良によりある程度解決されたが、近年の地球環境への関心の高まりとともに合成洗剤の使用を疑問視し始め、再び石けんに戻ろうとする運動も活発になっている。

洗剤メーカー各社もこうした消費者の意識を受け、ここ1~2年の間に相次いで新しい合成洗剤を発売し始めた。これまでの合成洗剤は、石油を原料としたものがほとんどだったが、石けんが天然油脂を原料としていることから、今回の製品は、植物性および動物性油脂(パーム油、ヤシ油、牛脂などを原料としたC12~C18の脂肪酸)を利用した高級アルコール系合成洗剤が中心となっている。

一方、「川や海を汚さないように」と始められた廃食油を利用した手作り石けんも徐々に広がりつつある。各地で講習会が催されたり、1990年には農林水産省も廃食油のリサイクルを打ち出すなど、この活動は今後ますます盛んになると予想される。

筆者らは、前報<sup>2)</sup>で家庭の台所から出る食用廃油を利用して手作り石けんを作成し、様々な洗浄実験を行って、その洗浄性能を明らかにした。その結果、廃食油を利用した手作り石けんの洗浄効率は、濃度、温度、硬度などの洗浄条件に影響されやすく、市販の合成洗剤や石けんと比較すると、洗浄性の面からはあまり好ましくないという結論を得た。

そこで本研究は、この結果をもとに、より洗浄効果の高い良質な手作り石けんを作成することを目的とした。すなわち、前報<sup>2)</sup>で洗浄効果を妨げる原因と推察された原料である廃食油を未使用の食用油脂に、また、一般家庭で日常的に作成することを想定して用いた水道水を金属イオンの影響を排除するためにイオン交換水に代えて作成し、同様の洗浄実験を行って結果を比較した。

\* 岩手大学教育学部家政科

\*\* 盛岡市立仁王小学校

## 実験方法

### 1. 石けんの作成方法

作成した石けんは前報<sup>2)</sup>に示した4種類、「標準石けん」「牛脂石けん」「エタノール石けん」「プリン石けん」である。作成方法はすべて前報<sup>2)</sup>に準じた。ただし、材料は廃食油ではなく市販のサラダ油（日清製油株式会社製）を、また、水は本研究室で採取したイオン交換水を用いた。

### 2. 洗浄実験

#### (1) 使用洗剤

実験に使用した洗剤は、1で作成した手作り石けん4種、および前報<sup>2)</sup>で用いた市販洗濯用石けん1種（日本生活協同組合連合会「Co-opセフター」）、市販洗濯用合成洗剤2種（花王株式会社製「ザブ」、ライオン株式会社製「トップ」）の計7種である。

#### (2) 汚染布および補助布

汚染布は、日本油化学協会標準綿布（晒金巾2023）を用い、ライオン法<sup>3)</sup>にほぼ準じた人工汚染布を作成した。これを5 cm×10 cmに裁断して実験に供した。今回ライオン法人工汚染布を用いたのは、前報<sup>2)</sup>で使用した日本油化学協会法綿標準人工汚染布<sup>4)</sup>は、洗浄性に及ぼす機械力の判定には適するが、洗剤の洗浄力判定には不向きであると言われている<sup>5)</sup>こと、また、油化協法で汚垢成分の溶媒として用いている四塩化炭素が西暦2000年を以て全廃されることになり、今後はそれに代わる汚染布が広く利用されると予想されることを考慮したためである。

ライオン法人工汚染布の汚染浴組成を次に示す。

オレイン酸	（関東化学）	14.1 (g)	} 有機質汚垢
トリオレイン	（ " ）	7.8	
オレイン酸コレステロール	（東京化成）	6.1	
流動パラフィン	（関東化学）	1.2	
スクアレン	（ " ）	1.2	
コレステロール	（ " ）	0.8	
ゼラチン	（ " ）	3.5	
泥	（岩手ローム）	5.0	} 無機質汚垢
カーボンブラック	（日本油化学協会）	0.25	
イオン交換水		950.0 (ml) — 分散媒	

補助布は、60番綿ブロード（白）を使用し、約9 cm×12 cmに裁断して実験に供した。

#### (3) 洗浄方法

前報<sup>2)</sup>と同様に行った。

#### (4) 洗浄効率の算出

東京電色製反射率計を用い、前報<sup>2)</sup>と同様に洗浄前後の表面反射率から洗浄効率を算出した。

#### (5) 洗剤の水分率およびpHの測定

洗浄実験に使用した7種類の洗剤を試料とした。

水分率は、各試料約3 gを絶乾した秤量びんに取り、105℃で35～45時間乾燥して次式によ

り水分率を算出した。

$$\text{水分率 (\%)} = (\text{乾燥前の重量} - \text{乾燥後の重量}) \times 100 / \text{乾燥前の重量}$$

pH は、各試料の 0.2% 水溶液（20℃）をイオン交換水を用いて作成し、pH メータ（オリオンリサーチ社製デジタルメータ 601A）で測定した。

### 結果および考察

#### 1. 洗剤の水分率および pH

表 1 に 7 種の洗剤の水分率および pH を示す。

水分率は、手作り石けんが市販洗剤に比べて高く、プリン石けんを除く粉末洗剤 3 種は約 2～3 倍であった。さらにクリーム状のプリン石けんは 84.1% と飛び抜けて高い値を示した。

pH は、7 種とも 9～11 の弱アルカリ性であった。しかし、市販洗剤 3 種は 10.22～10.25 と差が見られないのに対し、手作り石けんにはややばらつきが見られ、しかもプリン石けんを除いて市販洗剤よりも高かった。

特に 11.2 と最も pH の高い牛脂石けんは、作成途中で皮膚に触れるとその部分がひりひりしたり、取り扱い中に手が荒れるなど他の手作り石けんに比べて刺激が強い傾向があった。これは、作成にあたって使用した原料油脂量に対する NaOH の割合が、標準石けんは重量比 15%（油 40 g に対して NaOH 6 g）、エタノール石けんは 40%（油 20 g に 8 g）、プリン石けんは 19%（油 27 ml = 約 24 g に 4.5 g）であるのに対し、牛脂石けんは 77%（油 65 g に 50 g）と非常に高いことが原因の一つだと予想される。油脂を石けんにするために必要な数値（ケン化価）は原料油脂の種類によって異なるため、今後実験に使用したサラダ油や牛脂のケン化価を測定して適切な NaOH 量を決定すべきだと判断された。プリン石けん以外は、ケン化に使われなかった余分の NaOH は塩析後に廃液として抜き取るものの、pH は NaOH 量によってある程度調節することができるため、身体に対する安全性の面からも、必要以上に高い pH の石けんを作らないようにする必要があると判断された。

なお、先頃プリン石けんに関して、一般に普及している作成方法では NaOH の量が多すぎるとの指摘がなされた<sup>6)</sup>。これによると、本研究のように油約 24 g を使用する場合は、NaOH 3.6 g（15%）が目安であるとしている。

表 1 使用洗剤の水分率および pH

			水分率 (%)	pH (20℃)
石けん	手作り石けん	標準石けん	13.6	10.82
		牛脂石けん	22.7	11.20
		エタノール石けん	16.9	10.73
		プリン石けん	84.1	9.25
合成洗剤	市販	Co-op 粉石けん	7.8	10.22
		ザブ	7.3	10.25
		トップ	6.9	10.24

## 2. 洗剤濃度の影響

図1に洗剤濃度と洗浄効率の関係を示す。

これを見ると、合成洗剤の洗浄効率は、石けんに比べてすべての濃度で約20~30%高く、両者間には明らかな差が見られた。前報<sup>2)</sup>ではこの様な差は認められず、合成洗剤と手作り石けんはほぼ同じ値を示していた。これは、使用した汚染布の違いおよび洗剤成分が原因だと考えられる。すなわち、ライオン法は污垢成分にタンパク質汚れモデルとしてゼラチンを含んでいるが、油化協法はタンパク質汚れを含んでいない。そのため、2種の合成洗剤のみに配合されたタンパク質分解酵素アルカリプロテアーゼがゼラチンに対して作用し、表面反射率に影響を及ぼす泥やカーボンブラックの脱落を大いに助けたと推察される。また、合成洗剤には蛍光剤も配合されており、それによる増白効果も原因の一つであろう。

濃度の増加に伴う洗浄効率の変化を見ると、前報<sup>2)</sup>と同様、全体的に濃度が高くなるにつれて上昇する傾向があった。しかし、合成洗剤は0.15%、手作り石けんおよび市販石けんは0.1%以降で横ばい状態となりほぼ一定値を示すようになった。合成洗剤と市販石けんに表示されている標準使用濃度は0.13%であり、今回の結果からもその妥当性が確かめられた。このことから、以降の実験では合成洗剤と市販石けんは0.13%、手作り石けんの標準石けん、牛脂石けん、エタノール石けんの3種もこれに合わせて0.13%とした。

一方プリン石けんの洗浄効率は、他の洗剤に比べて非常に低く、濃度0.25%での洗浄効率が41.0%と石けんの約2/3、合成洗剤に対しては1/2以下であった。これは、プリン石けんは水分率が高いため、洗浄に有効な界面活性剤濃度が低いことが原因だと考えられた。そのため、さらに高濃度での洗浄効率を確かめる必要があると判断し、0.3~0.6%濃度で追加実験を行った。

結果を図2に示す。これを見ると、0.2%までは洗浄効率の上昇が見られるものの、それ以降はゆるやかになる。さらに0.4%を過ぎるとほぼ一定値を示すようになり、それ以上の増加は見込めないと判断できる。しかも、洗浄効率は0.6%濃度でも45%程度と他の洗剤に比べて低いことから、プリン石けんの洗浄性は劣ると推察された。この結果から、プリン石けんは水分率

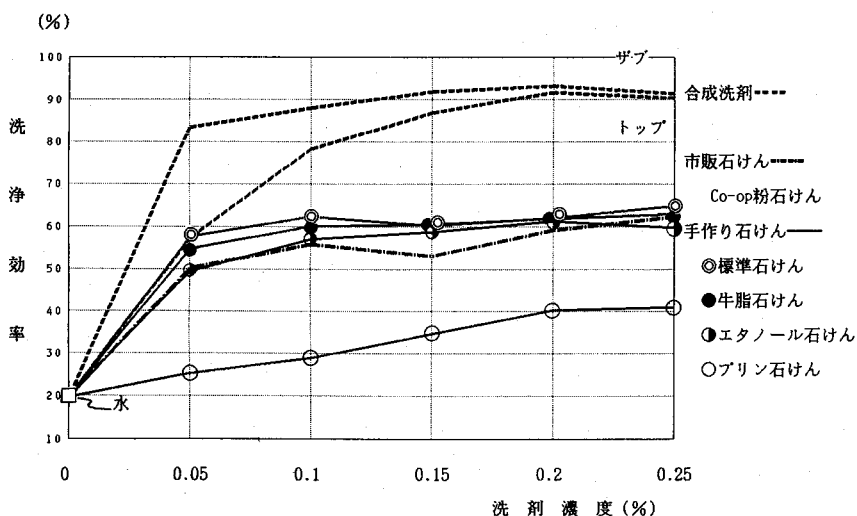


図1 濃度の影響 (40℃, 0 ppm)

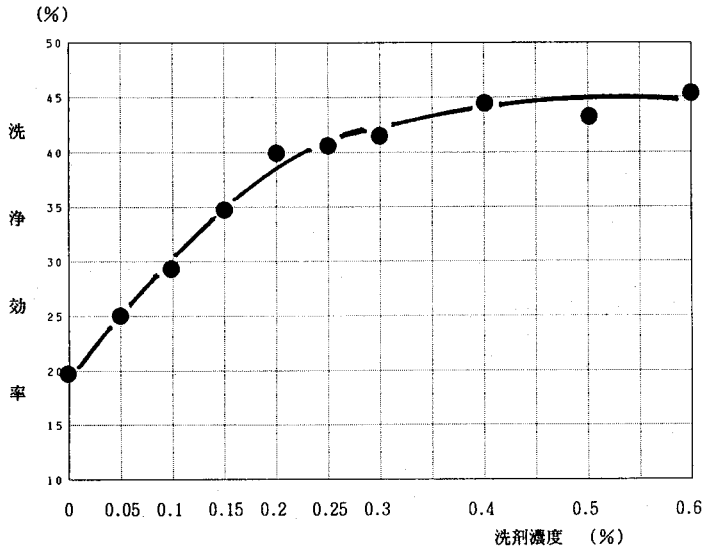


図2 濃度の影響（プリン石けん）

が他の手作り石けんの約4倍であることも考慮し、以降の実験を0.5%濃度で行うこととした。

### 3. 洗淨温度の影響

図3に、洗淨温度を変化させた時の洗淨効率を示す。濃度は0.13%、プリン石けんのみ0.5%である。破線は、所定温度でイオン交換水のみを用いて洗淨を行った結果である。どの洗剤もイオン交換水よりはるかに高い洗淨効率を示している。

市販石けんおよび手作り石けんは、温度の上昇とともに洗淨効率もほぼ直線的に増加してお

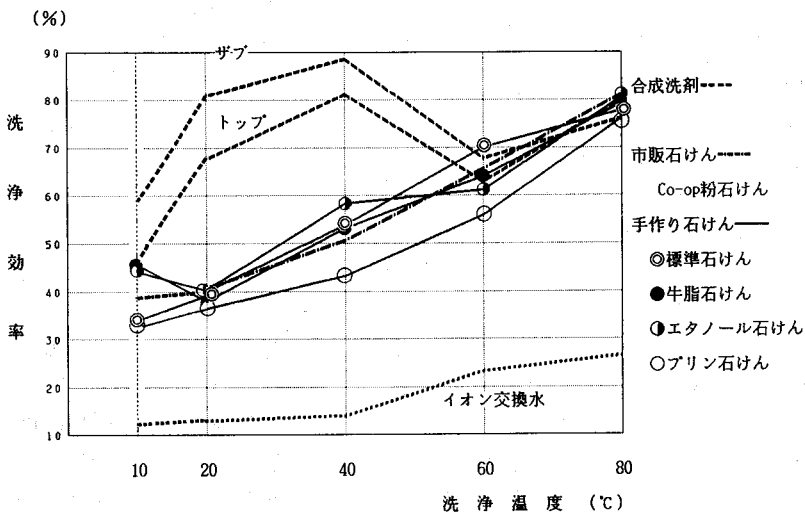


図3 温度の影響（0.13%, 0 ppm）

り、10℃と80℃では約40%の差が見られた。このことから、石けんは低温では十分な洗浄効果が得られず、高温洗浄が有効であると判断された。しかし、これは石けんが温度条件に非常に影響されやすいことを示しており、日常の洗濯でも適切な温度管理が必要であることを示唆している。具体的に石けんの挙動を見ると、10℃～20℃にかけては大きな変化は見られず逆に低下するものもあるが、20℃～40℃では一気に洗浄効率が高まり、さらに60℃～80℃にかけて上昇している。洗浄性の面からのみ判断すると、温度が高いほど有効であると言えるが、日本では従来低温洗濯が一般的であることや、高温洗濯に伴うエネルギー消費量、衣類の損傷、洗濯機の耐熱性を考慮すると、40℃前後で行うのが適切だと判断された。

プリン石けんは、図1と同様全温度を通して洗浄効率は低く、洗浄性は劣っていた。しかし、他の3種の手作り石けんおよび市販石けんは、互いにはほぼ同じ洗浄効率を示し、差は見られなかった。

一方、合成洗剤はやや変則的な挙動を示しており、低温から高い洗浄効率を得られ、石けんほど温度の影響を受けないと判断された。しかし、最も高い洗浄効率を示すのは40℃で、60～80℃とさらに高温になるとかえって洗浄効率は低下し、20℃とはほぼ同水準になった。この原因の一つとして挙げられるのは、洗剤に配合された酵素の活性状態である。前述したように、日本は従来低温洗濯が主流であることから、40～50℃に至適温度を持つ酵素が用いられている。そのため、60～80℃付近では酵素活性が低下し、さらには変性を起こして失活状態に至ることも予想される。こうなるとタンパク質汚れに対して効力を発揮しなくなり、洗浄効率の低下を招くと推察された。従って、酵素配合洗剤に対しては、極端な高温洗濯は避けた方がよいと判断された。

#### 4. 洗浄水硬度の影響

図4、図5に硬度を変化させた時の洗浄効率を示す。洗剤濃度は0.13%、プリン石けんのみ0.5%とし、図4に20℃、図5に40℃の結果を示した。硬度はCaCO<sub>3</sub>相当量である。

硬度の上昇に伴う洗浄効率の変化を見ると、20℃では減少傾向、40℃では増加傾向がある。しかし、その変化はごくわずかで、全体的にすべての洗剤で洗浄効率はほぼ一定値を示し、硬度の影響は小さかった。硬度成分として使用したCaCl<sub>2</sub>のカルシウムカチオンと、洗剤液中の界面活性剤アニオンの結合によって金属石けんが生成し、洗浄作用を阻害することから、一般に水の硬度が高いほど洗浄効率も低下すると言われているが、今回その傾向は現れなかった。

しかし、前報<sup>2)</sup>では、硬度の上昇とともにどの洗剤も洗浄効率の低下が認められ、その影響は明らかであった。特に、手作り石けんは合成洗剤に比べて洗浄効率が低く、しかも硬度の増加に伴って大きく低下し、非常に影響を受けていた。

硬度の影響が今回見られなかった原因は、現段階でははっきりしないが、使用した汚染布の違いが影響していた可能性があるため、その点を明らかにすべく現在追実験を行っている。

一方、これまでに行われた研究においても、硬度成分が洗浄効率に及ぼす影響は明らかにされており、特に石けんを用いた洗浄に対して顕著である。その幾つかを挙げると、たとえば、田中ら<sup>7)</sup>は天然汚垢布を用いた実験を行い、官能検査による評価から硬度の増加に伴う洗浄性の低下を確かめている。また今林ら<sup>8)</sup>は、油化協法人工汚染布を用いて表面反射率から洗浄効率を算出し、硬度の影響を受けることを確認した。さらに、本研究で用いたライオン法人工汚染布を開発した奥村ら<sup>9)</sup>は、この汚染布が天然汚垢布と同じ挙動を示し、硬度の影響を受けることを

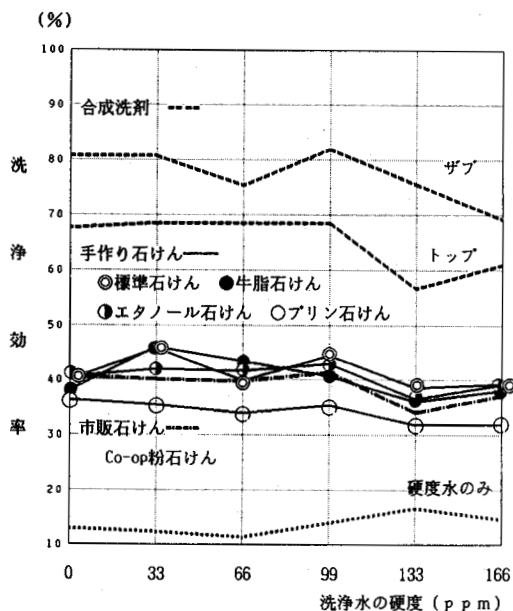


図4 硬度の影響 (20℃, 0.13%)

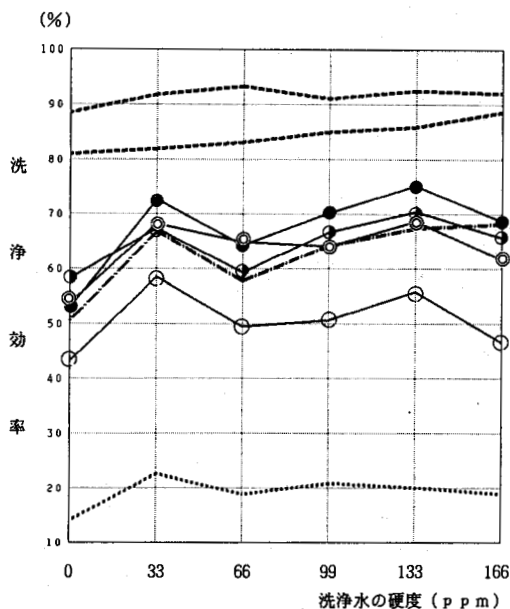


図5 硬度の影響 (40℃, 0.13%)

確認している。一方、生野ら<sup>9)</sup>は脂肪酸とタンパク質の混合汚染布を用いた実験で、洗浄後の残留脂肪分をエーテル抽出して洗浄効率を算出した結果、硬度の増加とともに洗浄効率も上昇するという一般論とは逆の結果を得た。しかし、これは脂肪酸と硬度成分が結合した金属石けんがエーテルでは抽出されず残留したため、洗浄効率の算出に考慮されなかったことが原因であろうと考察しており、その分を補正することによって解決していた。

次に図4、図5に共通して見られる傾向を挙げる。図1、図3と同様、合成洗剤の洗浄効率が石けんに比べて高く、プリン石けんは最も低い。さらに、その他の手作り石けん3種は互いにはほぼ同じ値を示しており、市販石けんと比較しても差は認められなかった。

一方、すべての洗剤で40℃の洗浄効率が20℃に比べて上回っており、ここでも高温洗浄の有効性が確かめられた。また、合成洗剤と石けんの洗浄効率の差を見ると、20℃では約30~40%であるのに対し、40℃では約20~30%とその差が縮まっていることから、石けんの方が温度の影響を受けやすいことも確かめられた。

#### 5. 廃食油と未使用油脂を利用した手作り石けんの比較

廃食油、水道水を用いた手作り石けんと、今回作成した未使用油脂、イオン交換水を用いたものは、洗浄実験に用いた汚染布が異なるため単純に比較することはできない。そのため、両者を市販石けんの洗浄効率との差を通して比較した。

廃食油を用いた石けんは、濃度、温度、硬度のすべての実験において市販石けんより洗浄効率が低く、洗浄性が劣っていると判断された<sup>2)</sup>。しかし、未使用油脂を用いた今回の結果を見ると、プリン石けんを除く3種、標準石けん、牛脂石けん、エタノール石けんは、どの条件下でも市販石けんとはほぼ同じ洗浄効率を示し、差はほとんど認められなかった。従って、未使用油

脂の利用は、手作り石けんの洗浄性能を向上させるのに有効だと推察される。

この原因として考えられるのは、まず廃食油と未使用油脂の成分の違いである。

廃食油について、一般家庭の台所における油の調理状況を考えると、通常揚げ物をする場合、油は160~180℃の高温でしかも広い面積を空気と接触しているため、空気中の酸素による酸化を受け、短時間に酸敗が起こる。また、揚げ物のたね中に含まれる水分により油は加水分解され、遊離脂肪酸がふえる結果、酸価が著しく増大する<sup>10)</sup>。またこの現象は、油の保存中も徐々に進むと考えられる。その結果、未使用のサラダ油はほぼ100%オレイン酸(C18:1)とリノール酸(C18:2)の不飽和脂肪酸であるのに対し、廃食油はパルミチン酸(C16:0)、ステアリン酸(C18:0)などの飽和脂肪酸に変化している<sup>11)</sup>と判断できる。さらに酸化が進むと、脂肪酸の過酸化物が2~3分子結合して分子量の大きな酸化重合体を形成する<sup>10)</sup>。これらのことが、ケン化の進行状況や脂肪酸石けんの性質に影響を与えているのではないかと考えられる。

2つめとして、廃食油には食品カスやごみなどの不純物が混じっており、これが洗浄性を阻害したことが挙げられる。プリン石けん以外は作成途中で二層に分離させて不純物を抜き取るのが、完全に分離させることは困難で、純良石けん部分に残留している可能性がある。このことはできあがった石けんの色からも判断でき、未使用油脂利用の石けんは比較的白いのに対し、廃食油利用の石けんにはやや黄ばみがあった。

いずれにしろ、使用した油脂に関しては今後さらに詳しく検討し、両者の違いを明らかにする必要がある。

また、作成に使用した水の違いも無視できない。廃食油利用の石けんには水道水を用いているため、含有している金属イオンがケン化に影響を与えた可能性がある。すなわち、この金属イオンによって、作成の際すでに脂肪酸石けんの一部が金属石けんを形成していたと考えられ、界面活性剤濃度が低下して洗浄作用を阻害したと判断される。それに対して、未使用油脂利用の石けんには金属イオンを排除したイオン交換水を用いており、影響は少なかったと推察される。

以上を総合すると、石けんの洗浄性は濃度、温度などの洗浄条件に左右されやすいが、合成洗剤は石けんほどの影響を受けないことが前報<sup>2)</sup>に引き続き確かめられた。しかし、硬度の影響については今回明らかにすることはできず、今後の課題として残された。

手作り石けんについて洗浄性の面から考察すると、今回作成した4種類のうち、標準石けん、牛脂石けん、エタノール石けんの3種は、市販石けんとほぼ同様な洗浄性を有しており、通常の洗濯に十分利用できる判断された。

一方プリン石けんは、すべての実験において洗浄性が劣ることが明らかとなった。これは、ビルダーである炭酸ナトリウムを添加していないため、他の洗剤に比べてpHがわずかに低いこと、作業過程で廃液を抜き取る作業がないため純良石けん以外の不純物(グリセリンや余分なNaOHなど)を含んでいることなどが原因だと考えられる。しかし、プリン石けんは、完成までに長期間を要するが、作成方法は簡単で材料も少なく、誰でも手軽に失敗なく作成できる点で評価できる。文献などを見ると、プリン石けんは食器用洗剤として使用されている例が多いことから、今後は衣料用としてではなく、食器用としての価値を見出す方向で検討した方がよいとの感想を持った。

次に、石けんの作成という面から考察する。まず作成時間を比較すると、今回未使用油脂を



利用したものは、標準石けんが平均3時間41分(5回の平均)、牛脂石けんは3時間2分(5回の平均)に対し、エタノール石けんは1時間5分(10回の平均)と約1/3であった。これは、いずれも廃食油を利用した場合に比べて短縮している。また安全性の点では、前述したように牛脂石けんは皮膚に対して刺激性が強い傾向が見られた。

これらを考え合わせると、洗浄性にそれほど差がないのであれば、短時間で作成でき、比較的失敗の少ないエタノール石けんが手軽で、手作り石けんの中では最も評価できると判断された。

手作り石けんは、本来合成洗剤の安全性に対する不安とともに、家庭の台所から出る廃食油の処理問題を解決するという観点から始まったものである。その意味では、今回のように未使用油脂を利用したのでは手作り石けんの意義も十分に活かせない。実際に一般家庭で作成する場合を考えても、未使用油脂を購入して利用するのではコスト的にもかなり高くつき、洗浄性も考慮すると、市販石けんを購入した方が有意義である。こうした実用面や手作り石けんの存在価値を考慮すると、原点に立ち帰って、廃食油を利用した石けんの品質向上を目的として検討を重ねて行くべきだと感じた。また、作成時や使用の際の安全性を考慮するなど、より取り組みやすい方向でさらに検討を重ねる必要があると判断された。

## ま と め

廃食油を利用した手作り石けんの洗浄性能を明らかにした前報<sup>2)</sup>をもとに、より良質の手作り石けんを作成することを目的として実験を行った。すなわち、材料として未使用の食用油脂およびイオン交換水を用いて4種類の手作り石けん(「標準石けん」「牛脂石けん」「エタノール石けん」「プリン石けん」)を作成し、様々な条件下で洗浄実験を行ってその特徴を明らかにした。

得られた結果は以下の通りである。

1. (水分率およびpH)手作り石けんの水分率は約15~20%前後で、市販の洗剤に比べて2~3倍であった。しかし、クリーム状のプリン石けんのみ84.1%と極端に高かった。pHはどの洗剤も9~11の弱アルカリ性であった。
2. (濃度)濃度の増加とともに洗浄効率も高くなるが、0.1~0.15%以上では横ばい状態であった。合成洗剤は石けんに比べて明らかに洗浄効率が高かった。プリン石けんは他の洗剤に比べて洗浄効率が低く洗浄性は劣っていた。
3. (温度)温度の上昇とともに洗浄効率も増加した。しかし、石けんは温度の影響を大きく受けたのに対し、合成洗剤は低温から高い洗浄効率を示し、温度依存性は低かった。
4. 未使用の食用油脂を利用した手作り石けんは、廃食油を利用したものに比べて洗浄性が高いと判断でき、その有効性が認められた。

終わりに、本研究を行うにあたり、岩手ロームの提供、また適切なる御助言を賜りました岩手大学工学部資源開発工学科多田元彦助教授に厚く御礼申し上げます。

本論文の要旨は、日本家政学会東北・北海道支部第36回研究発表会(1991. 仙台市)にて発

表した。

### 参 考 文 献

- 1) 藤井徹也：「洗剤 その科学と実際」幸書房，p. 21 (1991)
- 2) 天木桂子，池田揚子，池田千鶴：『岩手大学教育学部研究年報』51-1, pp. 47～58 (1991)
- 3) 奥村 統，徳山清孝，阪谷武信：『油化学』30, pp. 432～441 (1981)
- 4) JIS C 9609-1979
- 5) 水野上与志子，岩崎芳枝編著：「被服整理学」建帛社，p. 49 (1986)
- 6) 朝日新聞，1991年2月7日
- 7) 田中丈三，小林伸子，戸張真臣，永山升三：『繊維製品消費科学会誌』24, pp. 109～114 (1983)
- 8) 今林裕子，吉川清兵衛，高橋 剛：『繊維製品消費科学会誌』27, pp. 219～224 (1986)
- 9) 生野晴美，竹内茂子，岩崎芳枝：『日本家政学会誌』，39, pp. 339～344 (1988)
- 10) 山西 貞編著：お茶の水女子大学家政学講座7「改訂食品学」光生館，pp. 47～48 (1984)
- 11) 大藤武彦，五十嵐春美，金田尚志：『油化学』21, pp. 73～78 (1972)