

火山灰による被服の汚れと洗浄について（第一報）

－ 火山灰の付着による皮脂汚れの洗浄 －

山口 明美

要 旨

衣類の洗浄の基本は“もとにもどす”ことである。長い年月を経て洗浄力を高めるための研究がなされ、洗濯機、洗剤はより優れたものが登場し、洗濯は容易になったかのように思われる。しかし、汚れの成分によっては洗浄効果があらわれないこともある。その一つとして鹿児島地区では馴染みの固体粒子である火山灰と油脂成分である皮脂汚れとの混合汚れを想定し、家庭洗濯における固体粒子である火山灰と油脂汚れの個々の成分の洗浄されやすさを検討することを目的とした。8種の皮脂成分と火山灰を用いて作製した人工汚染布を、6種の洗剤を用い、洗浴温度、洗浴硬度を変えてターゲットメータで洗浄し洗浄性を評価した。

その結果、洗浄力に最も影響を与えるのは硬度であることがわかった。繊維と洗剤との関係において、洗浄力の評価に石けん、合成洗剤の違いよりむしろ繊維基質に起因することもわかった。また、皮脂成分の中では、コレステリンステアレート、トリオレイン、スクアレンは除去されにくいことがわかった。

キーワード：鹿児島、火山灰、皮脂汚れ、硬度、洗浄性の評価

1. 緒 言

被服の汚れには、肌着などに代表される人体からの汚れ、外衣につく生活環境のもたらす汚れなどに分けることができるが、洗浄の立場からは汚れの性質に重点をおいて、一般に水溶性汚れ、油溶性汚れ、水にも溶剤にも不溶性の固体粒子汚れ、微生物（細菌、カビ）汚れなどの特殊な汚れの4種に分類される¹⁾。このほか汚れの分類法には、有機質汚れと無機質汚れに区分する考え方もある²⁾。また、以上のような普遍的な汚れと地域による特徴的な汚れにも大別できる。鹿児島では、桜島の噴火により火山灰の降灰をもたらしている。降灰量を図1に示すが³⁾降灰量は、1985年を

ピークに年々減少しているものの、他地区には見られない火山灰による汚れが想定できる。日本全土の土壌を見ると、居住人口の高い大部分の地域は黒ボク土、赤黄色土でありいずれも火山灰が風化、粘土化し、火山灰起源の鉱物粒子が観察できる⁴⁾。このように日本では、火山灰土が広く全国に分布しており、我々日本人は昔から火山灰と付き合っている民族でもある。現在減少してはいるものの、降灰をもたらしている桜島の火山灰については、大庭ら⁵⁾を中心として解明に取り組まれている。報告によると、火山灰は黒灰、赤灰、白灰⁶⁾の3種があり、降灰するほとんどが黒灰である。この火山灰の化学組成は、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 FeO 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O からなると報告されている。

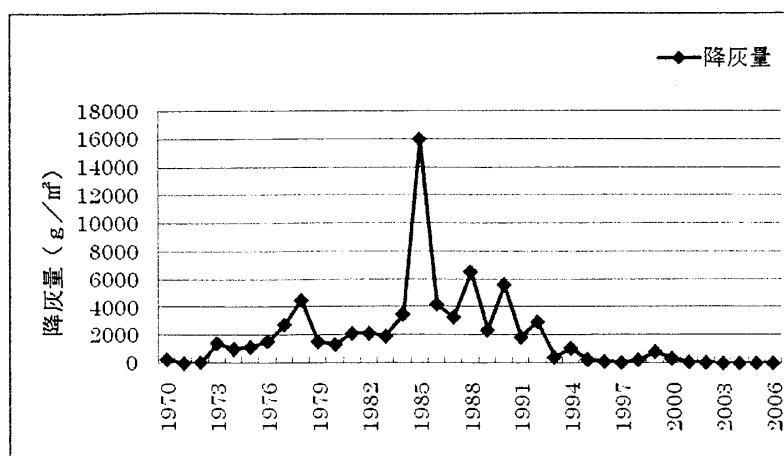


図1 鹿児島気象台における降灰量

表1 試験布の特性

試験布	特性	組織	厚さ (mm)	表面反射率	密度 (本/cm)	
					Warp	weft
綿カナキン		平織	0.301	84.9	60	54
羊毛モスリン		平織	0.30	70.6	52	52
ポリエステル		平織	0.32	85.3	24	21

そこで、本研究では火山灰に目を向け、家庭洗濯における固体粒子である火山灰と油脂汚れの個々の成分の洗浄されやすさの検討を行った。油脂については、高速液体クロマトグラフにより各成分の洗浄前後の布上の成分の変化を求めた。これらの結果から、火山灰と被服の洗浄の関係について報告する。

2. 実験方法

2-1 試料布

各繊維基質の汚れの付着、洗浄性を知るため試験布として、綿布・羊毛布・ポリエステル布の三種を用いた。いずれも未加工、けい光増白されていないものである。試験布の特性は表1に示す。試験布はあらかじめ40～50℃の温湯に1時間浸漬し、綿布はその後ジエスターゼ2%（対試布）を含む50～60℃の温液中に2時間浸漬し処理した。羊毛布、ポリエ

ステル布は、綿布と同様試験布を温湯に1時間浸漬した後、羊毛布は無けい光増白剤の洗剤0.1%の温液中で、ポリエステル布は0.1%の中性洗剤温液中で1時間浸漬し処理を行った。浴比は各試験布いずれも布の重量の4倍容とした。以上の浸漬による処理後3～4回水洗いを行い完全に糊抜きを行った。

2-2 汚れの組成

固体粒子汚れとしては桜島火山灰を用いた。採取した火山灰をふるい分け、Mesh No.145 (0.105mm) 以下を用いた。実際の衣料汚れの付着状態と類似した汚染布を作製するため、ライオン油脂と日立製作所により共同開発⁷⁾された有機質組成（8種）を用いた。

2-3 人工皮脂汚染布作製法

人工汚染布は作製が容易で再現性がよく、天然汚れと同じ洗浄挙動を示すことが重要である。

① 乾式法による固体粒子の付着

本実験では混合汚れをタンブラー型の乾式汚染機などにより布に直接付着させる乾式法を用いて作製した。方法としてI.C.I型ピリングテスターを用い、内側にコルクを張った立方体の回転箱の中に2-2で述べた火山灰粒子50gを入れ、さらに $10 \times 15 \text{ cm}^2$ に裁断した試験布3枚(各繊維1枚)を加え、ピリングテスターを回転させ乾式方法で汚染させた。この時の回転条件は回転速度60 rpm, 1時間回転し表面反射率を羊毛布 32 ± 2 , 綿・ポリエステル布 44 ± 2 とした。

② 人工皮脂汚染布の作製

①で示した固体粒子の付着した試験布を用いて、人工皮脂汚染布を作製した、
作製法

有機質汚れを溶融するために用いるベンゼンの試験布1枚の飽和量を、試験布($10 \times 5 \text{ cm}^2$)の上にピペットによってベンゼンを滴下して求めた。(ベンゼン0.7ml)その後、試験布1枚に塗布すべき有機質汚垢を天秤で測り取り、これを乳鉢にとる。決定したベンゼン(0.7ml)を滴下し、よく乳棒で溶かした後試験布を入れ乳鉢にベンゼンで溶解した有機質汚れ成分が残存しないように、また試験布に対してむらのないように均等に汚染した。なお、人工皮脂汚染布は温度 $10 \pm 1^\circ\text{C}$, 湿度 $61 \pm 2\%$ のもとで作製し、デシケータ中に保存した。

3. 洗浄試験

3-1 試験布

2-3で述べた人工皮脂汚染布, 綿・羊毛・ポリエステル布の3種を用いた。各汚染布とも $10 \times 5 \text{ cm}^2$ の大きさである。

3-2 融点測定法

皮脂成分の洗浄性において有機質汚れの融点

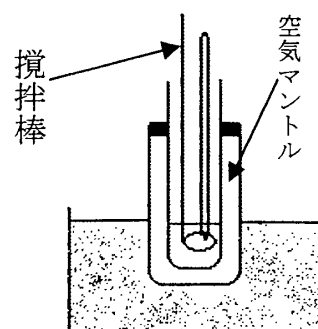


図2

が影響するため、混合した有機質汚れの融点を測定し洗濯温度の条件を決定した。方法として⁸⁾図2に示すように試験管に試料を入れ、これをさらに太い試験管中に挿入して二重底とし、これを熱し又冷却することによって融点及び濁点を求めた。二重底にしたのは急に温度が変わるのを防ぐためである。本実験においては洗濯の温度条件として混合有機質汚れの融点(58°C)に 5°C プラスしたものを使用した。

3-3 洗浄方法

洗浄条件は表2に示す通りである。硬水成分として次のものを使用した。

$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (分子量147.02 和光純薬株式会社, 試薬特級)を用い、これを4.406gとり1ℓの蒸留水に溶解させ3000ppm(CaCO_3)の人工硬水とした。この液を原液として150ppmに調整したものを本実験に用いた。

洗浄条件にしたがい、各洗浄槽に人工皮脂汚染布を3枚投入し浴比を整えるためシーチングを補助布として人工汚染布と同じ大きさ($10 \times 5 \text{ cm}^2$)に切断したものを一緒に投入することによって調整した。各試験布ともすすぎ後は自然乾燥し、洗浄性の評価に用いた。

4. 洗浄性の評価

洗浄性の評価には、まず洗浄前後の布上の汚

表 2 洗浄条件

試験機	Terg-o-Tometer
回転速度	120rpm
洗浴洗剤濃度	市販洗剤の標準使用量
洗浴硬度	64ppm（水道水）、150ppm
洗濯温度	20℃、63℃
洗濯浴比	1：30
洗濯時間	20min
すすぎ時間、回数	3min、2回
使用洗剤	羊毛—液体（弱アルカリ）洗剤、中性洗剤 綿・ポリエステル（すべて弱アルカリ） 粉末石けん、粉末洗剤 液体洗剤、有リン洗剤
洗浄液量	500cc

れ量を知る必要がある。本実験においては表面反射率による評価、混合油脂の重量法による定量さらに高速液体クロマトグラフによる油脂の定量を試みた。

4-1 表面反射率法

一般に洗浄性の評価には、簡便で視覚的な汚れと結びつくなどの点から多く利用されている表面反射率法を用いた。方法として光電反射計により、緑色フィルター（波長530nm）を用いて洗浄前後の布を2つ折りにして表裏各々2カ所、計4カ所測定し Kubelka-Munk 式に換算して求めたそれぞれの K/S 値により洗浄効率を算出した。求めたデータを3元配置による分散分析によって検討した。

4-2 混合油脂の重量法による定量

人口皮脂汚染布洗浄後の残存した皮脂汚れの定量のため本実験を行った。

4-2・1 試験布

3-3で述べたように、これに従って洗浄された試験布を用いた。

4-2・2 ソックスレー抽出及び定量法

ソックスレー脂肪抽出器を用いて、円筒ろ紙に各条件の各試験布を6枚ずつ入れ、エチル

エーテル100ccで試験布に残存している油性物質を4時間抽出した。Water Bathの温度は34～35℃を保った。抽出後はある程度抽出液を蒸発させ、あらかじめ測っておいた秤量ビンに移し、残留した油脂分を直示天秤にて測定し重量法により求めた。付着量は試験布1gあたりのmg数で示す。

4-3 混合油脂の高速液体クロマトグラフ⁹⁾による定量分析

洗浄後の試験布に残存した混合油脂の全体量は、先に述べた重量法により得たが、さらに混合油脂中における各有機質残存量の定量を行うため本実験を行った。

4-3・1 定量法

皮脂汚れとして用いた各有機質組成（8種）0.1%溶液を、最も感度よく定量するための条件を定めた。重量法と同様にソックスレー抽出によって得た各サンプル中に残存した各有機質組成を定量し、得られたピークの高さの割合を求めることによって残存量及び洗浄率を求めた。

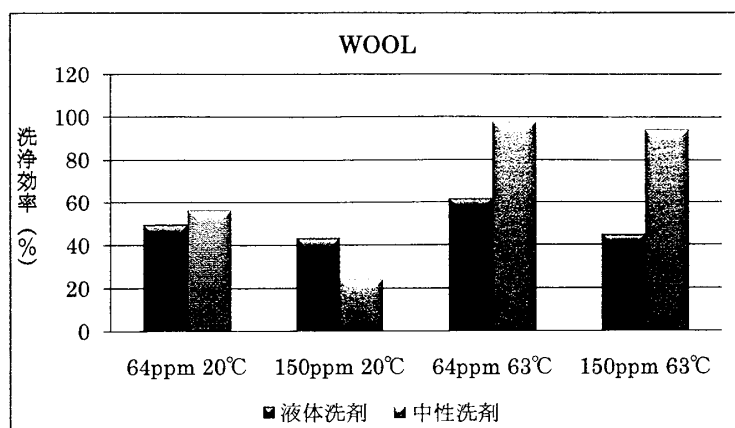


図3 表面反射率より得られた洗浄効率

5. 結 果

5-1 表面反射率法 (図3～5 参照)

羊毛の場合

- 温度差は洗浄力に影響を与え、高温度の方がはるかに洗浄効果がよい。ただし、高温度の場合試験布のフェルト化現象を招くので考慮する必要がある。
- 洗剤の種類によって有意差が認められ、中性洗剤が洗浄力は大である。しかし、この場合高硬度で低温時では洗浄力は低下する。
- 硬度差によって有意差があり、高硬度になると洗浄効果は低下する。
- 温度と硬度間に交互作用がある。64ppmの場合、高温度で洗浄する方が洗浄性が高い。150ppmの場合温度差はなく、いずれの洗剤も64ppmの軟水に比較して洗浄力は低下する。
- 洗剤と硬度間では交互作用はなく、どちらの洗剤も64ppmの軟水の時が洗浄効果はあり、一定硬度における洗剤の各種類の洗浄力の差異はないと考えられる。
- 温度、洗剤、硬度間に交互作用が認められ、対羊毛布の場合、温度は20℃より63℃が、弱アルカリ洗剤より中性洗剤の方が洗浄効

果は高い。また、硬度においては64ppmの時に洗浄効果をより高めることがわかった。

綿の場合

- 温度差は、洗浄効果にさして影響を与えない。
- 洗剤の種類による洗浄効果は異なり、ビルダーとしてリンを用いている洗剤の洗浄効果は高い。また、石けんの洗浄効果は高いが、実際の洗浄の際粘性の黒いカスを生じる。
- 硬度差は洗浄効果に影響を与える要因であり、64ppmの方がはるかに洗浄効果は大である。
- 温度と洗剤間で交互作用があり、液体洗剤を除いて高温度の方が洗浄効果が増す。しかし、これは64ppmに限る。
- 温度と硬度間にも交互作用が認められ、64ppmの場合、高温度の方が洗浄効果はあり、150ppmの場合、高温度ほど洗浄力は低下する。
- 洗剤と硬度との間にも交互作用があり、いずれの洗剤も高硬度になると洗浄力は低下する。とりわけ石けんの場合、150ppmになると洗浄力の低下は著しい。

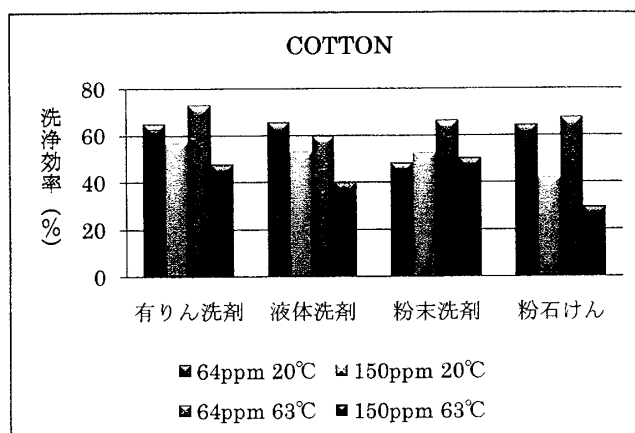


図4 表面反射率より得られた洗浄効率

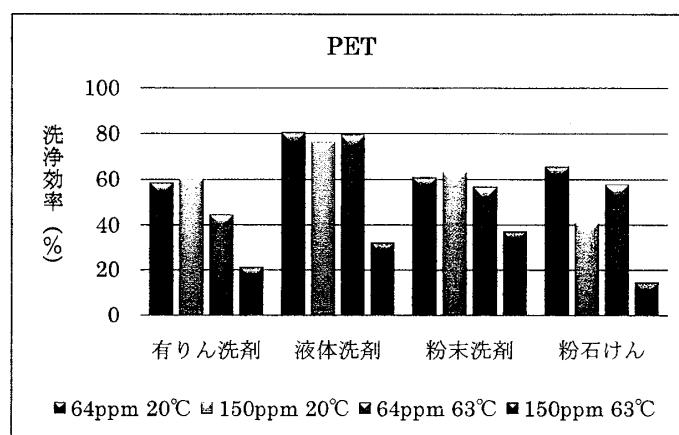


図5 表面反射率より得られた洗浄効率

ポリエステル布の場合

- 温度差は洗浄力に影響を与え、温度の低い方が高温と比較して洗浄力は良い。
- 洗剤による洗浄力を比較すると、液体洗剤が最も洗浄力は高く、石けん、粉末洗剤の洗浄力は弱い。
- 硬度による有意差は、他の試験布と同様認められ、64ppmの方が洗浄力は増大する。
- 温度と硬度間で交互作用があり150ppmの場合、高温の時洗浄力は著しく低下し64ppmの場合でも洗浄力は低下する。高硬度の場合は洗浴温度を低くした方が良い。
- 洗剤と硬度間においても交互作用があり、

液体洗剤の場合は硬度の高低にかかわらず洗浄力は高いが、他の洗剤とりわけ石けんは硬度が高くなると洗浄力は低下する。

5-2 混合油脂の重量法による定量（混合油脂全体の除去率）（図6～8参照）

羊毛の場合

- 洗剤における洗浄力の相違はあまり見られないが、油脂汚れに対しては中性洗剤の洗浄力が高い。
- 硬度は高くなると洗浄力は低下し、温度による洗浄力には大差がない。油脂が溶融している63°Cの方が、より洗浄効果が高い。
- 一般的に水道水の硬度であれば、洗浴温度

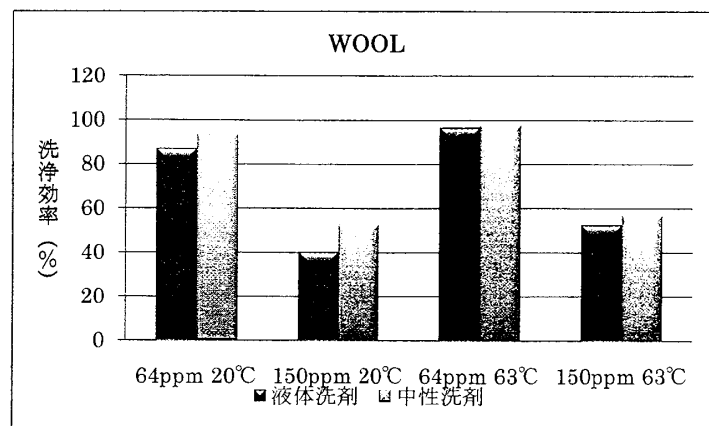


図6 混合油脂の残存量より得られた洗浄効率

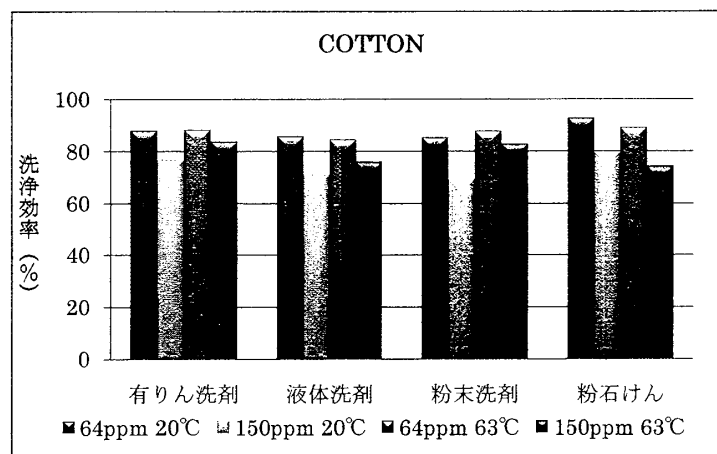


図7 混合油脂の残存量より得られた洗浄効率

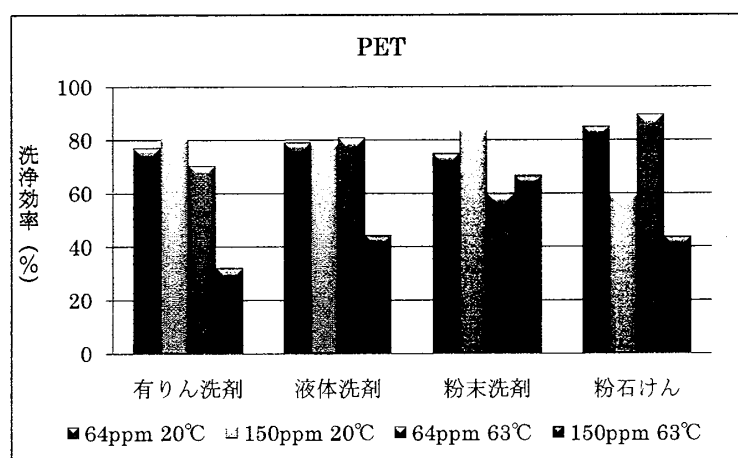


図8 混合油脂の残存量より得られた洗浄効率

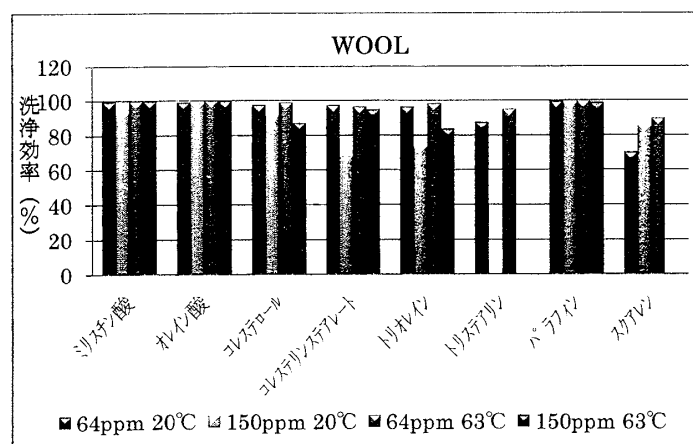


図9 皮脂成分の洗浄効率

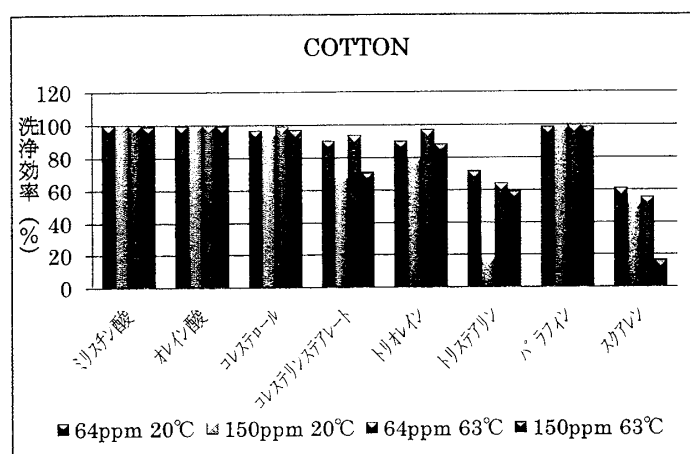


図10 皮脂成分の洗浄効率

を高くする必要はない。むしろ高温度にすることによって繊維に負担をかけることになる。

綿布の場合

- ・洗剤別に比較すると、有リン洗剤、石けんの洗浄力が高い。
- ・いずれの洗剤も硬度が高くなると洗浄力は低下する。特に石けんの場合、高硬度に対しては著しく低下する。また、温度による洗浄力の差はない。

ポリエステル布の場合

- ・石けんの洗浄力が高い。高硬度では、特に

石けんの洗浄力の減少は著しい。しかし、粉末（有リン）洗剤は安定した洗浄力を示す。

- ・高温度では洗浄力が低下し、特に高硬度で高温度時の洗浄力は落ちる。これは高温でポリエステル布の再汚染が生じやすくなるためと考えられる。
- ・硬度、温度ともに高い時以外は、液体洗剤は安定した洗浄力を示す。

5-3 高速液体クロマトグラフによる定量分析（混合油脂からの個別油脂成分の除去率）（図9～11参照）

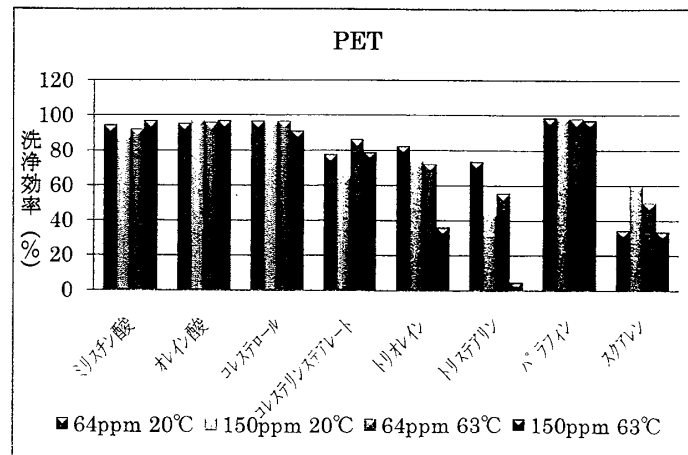


図11 皮脂成分の洗浄効率

- 温度、硬度及び試験布別に見ると、ミリスチン酸、オレイン酸、コレステロール、パラフィンの洗浄効果は一定であり、洗浄効果は高く容易にとれる油性汚れである。
- 洗浄によって落ちにくいコレステアリンステアレート、トリオレイン、トリステアリン、スクアレンの4種は、硬度の影響も受けやすく、硬度が高くなるとさらに洗浄力は低下している。
- 高温度になると、高硬度と同様洗浄力は低下する。綿布に比べポリエステル布の洗浄効果は悪い。

6. 考 察

人工皮脂汚染布の洗浄試験の結果、洗浄力に大きな影響を与えているのは硬度である。どの繊維基質においても高硬度になると洗浄率は低下し、洗剤においては、石けんに対して著しくその低下が見られる。一方、液体洗剤の洗浄力はそれほど高くないが、硬度に対して安定している。温度による影響は綿布の場合、温度差による影響はあまり見られないが、ポリエステル布は $20^{\circ}\text{C} > 63^{\circ}\text{C}$ 、羊毛布は $63^{\circ}\text{C} > 20^{\circ}\text{C}$ である。ポリエステル布は親油性

のため、油汚れを吸収しやすく繊維内部に侵入して固容体になると除去が困難になり、また高温ほどその傾向が強くなるという特性をもっているため、このような結果になったと思われる。さらに、高温度になると綿布に比べポリエステル布の洗浄効率が悪い理由として考えられるのは、綿布の場合親水性のため汚れ除去時にローリングアップ機能が主になっている。そのため油脂の融点以上では、低温時に比し全体が液体となりローリングアップに有利となる。しかし、ポリエステル布は、親油性であるため油汚れになじみやすく、ローリングアップが洗浄の主要なメカニズムではないため液化のメリットによる洗浄の上昇は期待できない。再汚染の増大により洗浄効果が悪いと考えられる。また、洗浴中に離脱した油汚れや固体粒子汚れは再付着しやすい。そのため浴温は高すぎではないと考えられる。洗剤の相違で洗浄効果を見ると、羊毛布の場合、中性洗剤が優れ、綿布では石けん・有リン洗剤が有効に働き、ポリエステル布では液体洗剤が最も効果がある。有リン洗剤が有効に働く理由としては、セルロース繊維では中性またはアルカリ性の溶液中で負に帯電

しており、また多くの粒子も水中で負に帯電している。鉄、アルミニウムなどの多価カチオンが負に帯電した繊維と、負に帯電した汚れ粒子の間に位置して両者を結合すると考えられ、このような多価カチオンブリッジが汚れの付着の重要な原因となっている。そのため、洗浄剤にこれらの多価カチオンを封鎖する縮合リン酸塩が添加されることによって洗浄効率の上昇が期待できる¹⁰⁾。このことから有リン洗剤に含有されるトリポリリン酸ナトリウムによって、洗浄効果を高めていると思われる。混合油脂の有機質別に見るとコレステリンステアレート・トリオレイン・スクアレンは除去されにくい。これは高硬度になると更に洗浄力は低下する。本実験を通して、洗浄力は硬度による影響が最も大きいということが判った。

参考文献

- 1) 奥山春彦, 藤井富美子, 岡田仲子, 佐々木雅彦, 佐藤昌子: 被服整理学, 相川書房, 東京, 9 (1981)
- 2) 矢部章彦: 被服整理学, 染色化学, 光生館, 東京, 12 (1980)
- 3) 鹿児島地方気象台調査
- 4) 町田 洋: 火山灰は語る, 蒼樹書房, 東京, 34 (1980)
- 5) 大庭 昇, 富田克利, 山本温彦, 井ノ上幸造, 大迫暢光: 桜島地域学術調査協議会調査研究報告, 75 (1980)
- 6) 大庭 昇, 富田克利, 山本温彦, 井ノ上幸造, 大迫暢光: 鹿児島大学理学部紀要(地学, 生物学), 13, 23 (1980)
- 7) 角田光雄, 大場洋一, 柏 一郎: 工化, 72, 918 (1969)
- 8) 鮫島実三郎: 物理化学実験法, 裳華房, 東京, 125 (1982)
- 9) 液体クロマトグラフィー集積委員会: 高速液体クロマトグラフィーデータ集, IPC, 東京, 129, 147, 585, 586
- 10) 小池正雄, 小池基生, 難波義郎, 高橋越民: 界面活性剤ハンドブック, 工学図書, 214 (1978)

About dirt and washing clothes with the pozzuolana
— Washing of sebum dirt because of adhesion of pozzuolana —

Akemi Yamaguchi

Department of Nutrition, Faculty of Nursing and Nutrition,
Kagoshima Immaculate Heart University

Key Words : Kagoshima, Pozzuolana, Sebum dirt, Hardness,
Evaluation of washing

Abstract

It seems to have become easy to wash as a more excellent washing machine and the detergent appeared to improve the washing power. However, the effect of washing is not occasionally shown according to the element of dirt.

The purpose of this research is to examine the easiness of this mixture dirt to wash. After the liquid temperature and the hardness for washing were changed by using six kinds of detergents, and the artificial pollution cloth made by eight kinds of sebum element and pozzuolanas was washed with Terg-o-Tometer, washing was evaluated.

Consequently, it has been understood that it is hardness to influence the washing power most. In the relation between the fiber and the detergent, it has been understood that the character of the fiber influences the evaluation of the washing power from the kind of the detergent. Moreover, it has been understood that neither Cholesterol Stearate, Triolein and Squalene are removed easily in the sebum element.
