

平滑な固体表面の洗浄

— 硬質表面の洗浄性 —

齋 藤 由 紀 子

1. 緒 言

油ヨゴレの固体表面からの脱落を取り扱う研究の手はじめに若干の予備実験を試みたので報告する。この研究は「繊維表面からの油ヨゴレの除去のモデル」でもあり、一方「皿洗い洗浄のモデル」とも考えてよいと思う。

固体表面からの油ヨゴレ除去に関する問題は多くの研究者によって取り上げられ、報告されているが¹⁾⁻⁹⁾、それ等実験方法はさまざまである（たとえば、油ヨゴレ物質の種類、ヨゴレを付着させる基質、基質の汚染方法、洗浄方法、残存油量の測定方法、あるいは除去過程を直接観察する方法など）。本研究では、油ヨゴレとして大豆油・牛脂の混合油を、基質として硬質表面であるガラス板と金属板2種を、洗浄方法として台所用中性洗剤の洗浄評価法¹⁰⁾の1つとして使用されている Leenerts 改良法を、残存油量の測定には洗浄前後の試験片の重量を測定する方法をそれぞれ用いた。さらに油ヨゴレ脱落状態を観察し¹¹⁾、脱落率からヨゴレ付着エネルギーの推定もあわせて行なった。

2. 実 験 方 法

2-1 汚染試験片の作成

1) 汚 染 浴

局方大豆油と局方牛脂（1：1）の混合油20gをクロロホルム（試薬一級）60ccに溶解し、0.1gの oil Red (Sudan IV, C. I. 26105)を加え、赤く着色させ汚染浴とする。

2) 試 験 片

試験片の諸元は表1の通りである。

3) 汚染方法

汚染浴 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ の中に試験片を立てた状態で50mmの所まで浸漬し、ヨゴレを付着させた後取り出し、口紙を用い試験片の下部のヨゴレを吸い取らせ、油のタマリを除いて均一化し、 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ で乾燥する。この際、試験片6枚当たりのヨゴレ付着量は0.12~0.15gになるようにする。又、作成した汚染試験片はヨゴレ付着後1~3時間以内に使用した。

2-2 洗浄方法

洗浄には6枚の試験片を挿入したステンレスホルダー（ $\phi 98 \times h 57/\text{mm}$ ）を洗液の入ったピーカー（ $\phi 110 \times h 100/\text{mm}$ ）に固定させ、中央にステンレススターラーの翼（ $20 \times 30 \times 1/\text{mm}$ ）をセットする。回転数は250rpmで、くり返し3回の洗浄を行なった。その様子を写真1~3に示す。

平滑な固体表面の洗浄

表 1 試験片の諸元

試 験 片	たて×よこ×厚さ/mm	6枚1組の重量 g
顕微鏡用スライドガラス	76×26×1	約 25
ステンレス・スチール板	〃	95
アルミニウム板	〃	32

注：洗浄において，試験片は6枚1組として使用する。

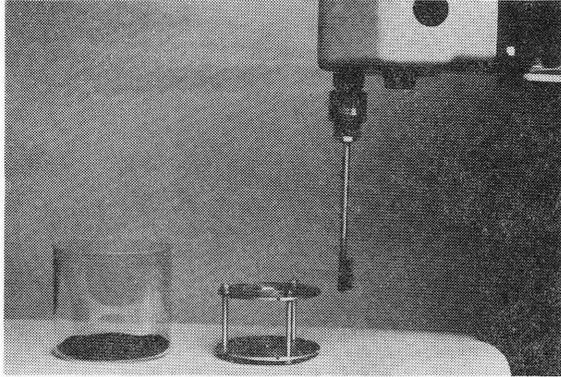


写真 1 左からビーカー，ホルダー，スターラー

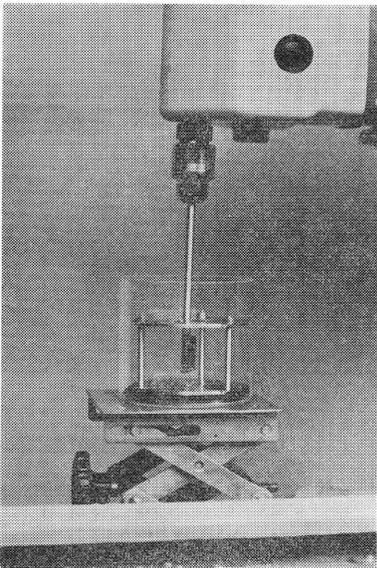


写真 2 3点をセットしたところ

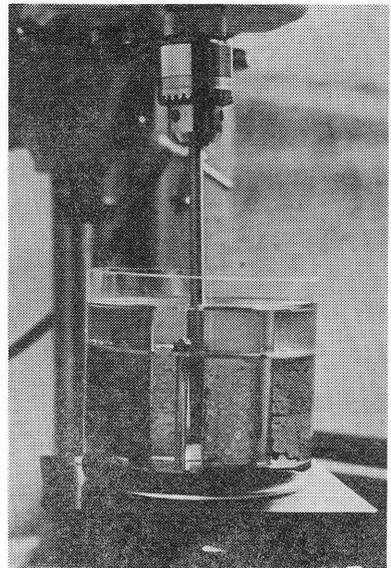


写真 3 洗浄の様子

1) 水洗浄の洗浄条件

洗浄温度 30±1～55±1°C間を5°C間隔

洗浄時間 3分間攪拌

使用水 純水

洗液量 700cc

2) 洗剤洗浄の洗浄条件

洗浄温度 35±1°C, 40±1°C, 50±1°C

洗剤および洗剤濃度 市販品 8種, 濃度はメーカー指示濃度(市販洗剤の諸元は表2の通りである。)

洗浄時間, 使用水, 洗液量は水洗浄の場合と同様である。

表 2 市販洗剤の諸元

種 類		濃 度(%)	表 示 成 分	pH (20±2°C)
食 器 洗 剤 ・ 野 用	日 本 製	A	陰イオン系・中性洗剤	5.7
		B	陰イオン系・両イオン系中性洗剤	9.0
		C	陰イオン系・中性洗剤	6.3
自 動 食 器 洗 い 機	日 本 製	D	非イオン系・中性洗剤	8.0
		E	〃 〃	8.2
	米 国 製	F	—	10.3
		G	メタ珪酸ソーダ・炭酸ソーダ・トリポリ リン酸ソーダ	11.4
		H	〃 〃 〃	11.8

2-3 す す ぎ

洗浄終了後の試験片は 700cc の純水で洗浄と同様の操作ですすぐ。

時間 1分間 1回

温度 洗浄の場合と同一

2-4 後 処 理

すすぎ終了後25±1°Cにて乾燥。

2-5 残存油量測定法と脱落率

残存油量 洗浄前後の重量を測定し求める。

$$\text{脱落率(D\%)} = \frac{\text{洗浄前の油ヨゴレ付着量} - \text{洗浄後の油ヨゴレ付着量}}{\text{洗浄前の油ヨゴレ付着量}} \times 100$$

3. 実験結果および考察

3-1 水 洗 浄

温度30±1~55±1°C間を5°Cずつ6段階に分け水洗浄をした結果を図1に示す。

ガラス板とアルミニウム板については、この油ヨゴレの融点である40°C付近までは脱落率が増加しているが、40°Cを過ぎるとほとんど増加しないか、あるいは多少の減少を示す。ステンレススチール板については、50°C付近が山のようである。まず30~40°C間の脱落の変化をみると、30°Cでは各基質間ほとんど差はないが、40°Cになると脱落率にはっきりした差があらわれ、その順序も逆

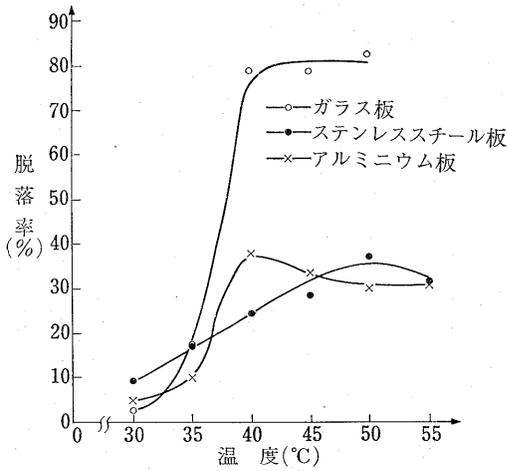


図 1 水洗浄における油ヨゴレの脱落率と温度との関係

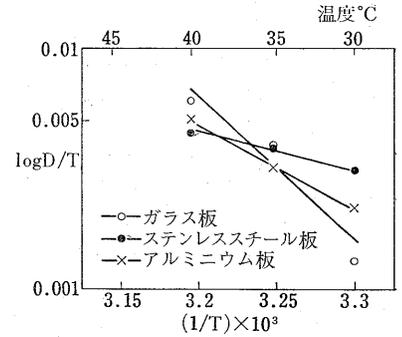


図 2 水洗浄における温度30~40°C間の $\log D/T$ と $1/T$ の関係

転し、ガラス板が最も脱落率が大きく、他の金属板2種の脱落率が30%前後であるのに80%近くに達している。この油ヨゴレの脱落が融点を境にしているということは、ヨゴレが基質に付着している状態が固体か液体かということであり、ヨゴレが液状になった時が脱落に適した状態であり、ヨゴレが固体から液体に変化してゆくその間ヨゴレの脱落は増加していくのである。ヨゴレが液体になると温度をそれ以上上げてもしほ脱落エネルギーの増加は望めないが、ここで、ステンレススチール板の場合は融点を過ぎた50°C付近が山になっている。40°Cにおける油ヨゴレの脱落状態は、ガラス板の場合、試験片を洗浴に入れたとたん rolling up が進行し、機械作用を与えると同時に油滴は基質から離れる。ところが、金属板の場合は、油ヨゴレが基質上で rolling up されるにはかなりの機械作用が必要である。又、金属板は脱落率の山が2種とも35%前後にとどまったことになるが、ステンレススチール板の場合は、アルミニウム板よりも油ヨゴレが液状になってもさらに温度が高くないと同程度まで脱落することができない。つまり、これら状態の差は、基質に対する油ヨゴレの付着エネルギーの大小によるものと思われる。

ここで、各基質に対する油ヨゴレの付着エネルギーの大小を検討するために、脱落率が増加のカーブを示す30~40°C間の脱落率D%の $\log D/T$ (Tは絶対温度)をタテ軸に、 $1/T$ をヨコ軸にし脱落率を plot すると直線関係が得られる。これを図2に示す。

基質に付着する油ヨゴレの付着エネルギーと脱落率との関係は、脱落しやすいものは付着エネルギーが小さいことになるので、この $\log D/T-1/T$ のグラフの傾斜は付着エネルギーに関係のある値とみてよいであろう。ガラス板は、金属板より付着エネルギーがかなり小さく、金属板2種のうちでもアルミニウム板の方が付着エネルギーが小さいと推定される。

3-2 むれと付着エネルギーとの関係

液体が固体表面をぬらすものほどその液体の固体に対する付着エネルギーは大きくなる。そこで今

回使用した油ヨゴレがどの程度本実験で使用した基質をぬらすものか、液滴形状法¹⁾で接触角を測定することにより検討した。しかし、大豆油と牛脂の混合油は常温でペースト状をなしているため接触角は測定できない。そこで大豆油のみの接触角を測定した。3種の試験片のうち、アルミニウム板は接触角を測定するのに適する表面状態ではないので、その代わりに市販のアルミ箔（日本製箔KK）を用いた。その結果を表3に示す。

表 3 液滴形状法による大豆油の固体表面上における接触角
(28±1°C)

	接 触 角 (°)	5 回平均値 (°)
ガ ラ ス 板	37.2	33.8
	26.0	
	34.2	
	34.8	
	36.6	
ス テ ン レ ス ス チ ール 板	22.8	22.9
	24.8	
	19.4	
	22.8	
	22.0	
ア ル ミ 箔	18.6	17.6
	19.4	
	16.6	
	18.0	
	15.2	

この値から、ガラス板が一番ぬれにくく、アルミ箔が一番ぬれやすいことになる。ステンレススチール板とアルミ箔の順は、脱落率より推定される付着エネルギーの順とは逆であるが、それは市販アルミ箔とアルミニウム板との差によるものと思われるが、アルミ箔とステンレススチール板との値は接近しており、ガラス板とは差があり、ガラス板が金属板よりかなりぬれにくいことが認められ、「脱落率が大きいものは、付着エネルギーが小さくぬれにくい」ということが確かめられた。

3-3 洗剤洗浄

次に油ヨゴレを付着した試験片を洗剤水溶液で洗浄した。その結果を図3～4に示す。

洗浄温度はまず、油ヨゴレ融点以下の35°Cとした(図3)。ガラス板の場合、洗剤の種類により脱落率に差があり、洗剤を使用しても水洗浄とさほど効果に差のないものから、80～90%を示すものである。つまり、油ヨゴレが完全に液状にならなくとも、洗剤の種類によっては、付着エネルギー<<凝集エネルギーとなり、油ヨゴレの脱落が起こる。ところが金属板になると水洗浄と比して、目立って効果の現われているものはなく、特に、非イオン系のものに対しては水洗浄の時より減少している。又、金属板2種間での差も目立たない。

次に、この脱落率の低い金属板について、洗浄温度40°C、50°Cで洗浄を行なった。洗剤はABC、

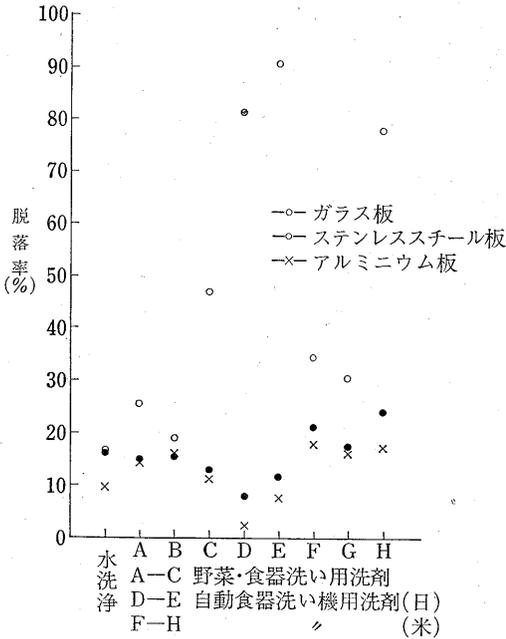


図3 洗浄温度35°Cにおける各種洗剤の油ヨゴレ脱着性の比較

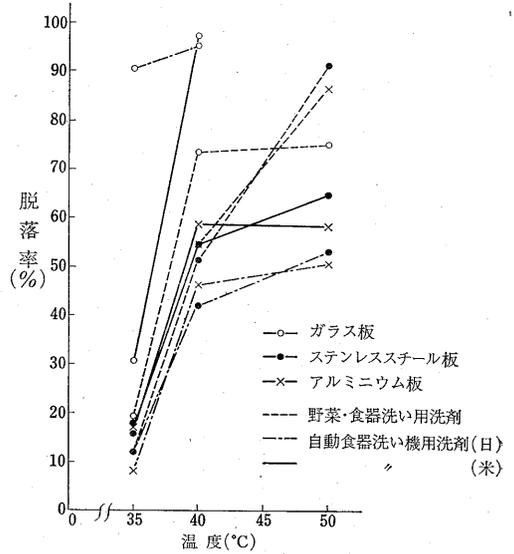


図4 洗剤洗浄における油ヨゴレの脱着率と温度との関係

DE, FGHから各1種選び使用した(図4)。

ガラス板の場合には、水洗浄で温度を40°Cにすると、約80%の脱着率があり、洗剤を使用すればさらに高い脱着率が得られるのでさほど問題はないと思われる。金属板においては、40°Cで油ヨゴレの融点になると脱着率はかなり増加し、水洗浄の場合と比してアルミニウム板では最高約20%、ステンレススチール板では約30%の増加が認められる。この温度ではアルミニウム板の方がステンレススチール板より油ヨゴレは脱着しやすくなっており、水洗浄の場合と同様の傾向を示す。洗剤別にはアルカリ剤>陰イオン系中性洗剤>非イオン系中性洗剤の順に効果がある。水洗浄の場合、洗浄温度が油ヨゴレの融点になると、それ以上温度を高くしても脱着率の増加が望めなかったアルミニウム板が、洗剤を使用すると温度効果が現われる。又金属板2種ともに陰イオン系中性洗剤の温度効果が著しく、40°Cにおけるアルカリ剤との脱着効果の順が逆転している。

いずれにせよ、ガラス板に有効であるアルカリ剤、非イオン系中性洗剤が、金属板には大きな効果を示さず、逆に、ガラス板にさほど効果のない陰イオン系中性洗剤が、金属板に温度の上昇に伴って著しい効果を示しているのは、固体表面の荷電の違いによる洗剤分子の吸着量の差によるものと思われる。

4. 総括

本実験より、今回使用した硬質表面3種(ガラス板、ステンレススチール板、アルミニウム板)と油ヨゴレ(大豆油・牛脂1:1の混合油)の間には、総括して次の事が認められた。

1. 水洗浄において油ヨゴレの融点温度までのヨゴレ脱落率の上昇は、基質に対する油ヨゴレの付着エネルギーの大小により差がある。又、融点温度を越えるとほとんど脱落率が増加しないものと、油ヨゴレの付着エネルギーが大きいためにさらに温度が上昇しないと一定の脱落率に達しないものがあり、前者はガラス板、アルミニウム板、後者はステンレススチール板になる。

2. 洗剤を使用し洗浄すると、油ヨゴレ脱落の固体間の差は融点付近では、付着エネルギーの大小に影響されるが、さらに温度を上昇させると脱落率は増加するが、金属板の場合、特にそれは洗剤の種類に影響を受ける。

3. 本来油ヨゴレに対して付着エネルギーの大きな基質でも、洗浄温度を高くし、適当な洗剤を使用すれば高度の脱落率が望めるが、反対に付着エネルギーが小さくても洗剤が適当でなければ、大きな洗浄効果は望めない。

最後に本研究にあたり御指導を賜りましたお茶の水女子大学矢部章彦教授、実験機器を提供して頂きましたライオン油脂株式会社に深甚なる謝意を表します。

本報告は、昭和45年10月 日本家政学会第22回総会にて発表した。

参 考 文 献

- 1) R. M. Anderson, J. Satanek & J. C. Harris : J. Am. Oil Chem. Soc., 36, 206 (1959)
- 2) R. M. Anderson, J. Satanek & J. C. Harris : *ibid.*, 37, 119 (1960)
- 3) R. M. Anderson, J. Satanek & J. C. Harris : *ibid.*, 38, 123 (1961)
- 4) J. C. Harris & J. Satanek : *ibid.*, 38, 244 (1961)
- 5) A. M. Mankowich : *ibid.*, 38, 589 (1961)
- 6) M. C. Bourne & W. G. Jennings : *ibid.*, 40, 517 (1963)
- 7) M. C. Bourne & W. G. Jennings : *ibid.*, 40, 523 (1963)
- 8) 角田光雄, 大場洋一 : 油化学, 18, 41 (1969)
- 9) 加藤陽一 : 洗剤技術講習会資料“金属およびプラスチックの洗浄”(1970) 日本油化学協会東海支部
- 10) 山路安夫 : 第4回被服整理学夏季セミナー講演要旨集, P51 (1971)
- 11) Von W. Kling & H. Lange : Kolloid. Z., 142, 1 (1955)
- 12) 日本化学会編 : 実験化学講座 7, P79 (1967) 丸善