

[8]

氏名(本籍)	下村 久美子 (東京都)		
学位	博士 (学術)		
学位記番号	博乙第 38 号		
学位授与年月日	平成 15 年 3 月 8 日		
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当		
論文題目	脂肪とタンパク質汚れの洗浄過程の解明		
論文審査委員	(主査)	教授	小ノ澤 治子
		教授	岡村 浩
		教授	中島 利誠
	実践女子大学	教授	小見山 二郎

論文要旨

衣類に付着した汚れの洗浄機構の解明は、洗浄を効率的に行うための基本的な知見を与える。衣類の洗浄は汚れの種類、布帛の組成、洗浄液の成分、温度などの化学的要因と、溶液の流動状態や布帛の構造、繊維間の摩擦などの、機械力による物理的作用、の二つの要因により影響を受ける。このうち、化学的な洗浄の分子論的機構を解明するためには、単純化したモデル的実験が不可欠である。本研究では、新しく水晶振動子法を、単純化した脂肪およびタンパク質汚れモデル洗浄過程に適用し、洗浄の化学的な基礎過程を理解することを試みた。

第1章 序論

近年、省エネルギーや環境改善とも関連して、効率の良い洗浄方法が模索される中で、様々な添加剤が市販され、新機構の洗濯機も販売されている。本章では、まず汚れと洗剤成分について基礎的な知識をまとめた後、本論文で対象とした脂肪汚れとタンパク質汚れの洗浄に関する最近の研究を概観した。また、洗浄過程を追跡する研究方法として、本論文で使用した水晶振動子法、すなわち、水中での重量変化を振動数変化として測定する方法が有用であることを解説し、洗浄研究への応用の妥当性を明らかにした。これらの前提の下に、本研究の目的を示した。

第2章 水晶振動子法による脂肪汚れ除去過程の追跡

脂肪汚れは、衣類に付着する汚れの中でも量としても最も多く、その洗浄に関する研究も多いが、その成分のうちで最も除去され難い、中性の固体脂肪の洗浄に関する研究は少ない。そこで本章では、脂肪汚れのモデルとして、単一成分のトリパルミチン、トリミリスチン、セチルアルコールと、複合脂肪のラードをモデル汚れとして、水晶振動子法によりアルカリ、各種界面活性剤および市販洗剤による除去の過程を追跡した。まず、pH9.0～12.0のアルカリ性の水中で、単一成分の脂肪でも10%程度膨潤することが分かった。その後続く脂肪の可溶化による除去は、

界面活性剤の添加により最高10～20%膨潤した後におこる。しかもこの除去はcmcよりかなり低い界面活性剤濃度から起こることを確認した。このことは、活性剤がミセルを形成するより十分薄い濃度で、脂肪の膨潤と可溶化に働くことを示すもので、新しい知見である。さらに、除去速度の界面活性剤の濃度に対する依存性から、陰イオン界面活性剤のミセルは、除去に関与しないが、非イオン界面活性剤のミセルは、直接除去に関与することが分かった。これは、市販洗剤でも同様であった。また、水晶振動子のアドミッタンスの測定値の変化が、脂肪の膨潤に伴う粘性変化と、脂肪層と洗浄液との実効的な摩擦の増大によるとの解釈を得、対応する振動数の変化の挙動と合わせて、洗浄過程では、まず界面活性剤と水の浸透-収着による脂肪の膨潤が起こり、続いて脂肪が分子的に可溶化される過程であることを示した。

第3章 人工汚染布を用いた脂肪汚れの洗浄性

本章では、実際の洗浄により近い汚染布を用いて、水晶振動子法で観察された、市販洗剤の主成分の種類による除去挙動の違いと、酸化剤の脂肪除去に対する効果、を調べた。このため、トリパルミチン、トリミリスチン、ラードの各脂肪とカーボンブラック粒子を複合した汚れにより汚染布を作成し、2種の市販洗剤、酸化漂白剤、及び酸化剤と界面活性剤の前処理剤を使用して汚染布を洗浄し、洗浄前後の表面反射率から洗浄率を求めて、それらの効果を比較した。その結果、実際の汚れに近い汚染布についての実験でも、水晶振動子法での知見と同様に、中性洗剤より弱アルカリ性洗剤による除去効果が高いことが認められ、アルカリによる脂肪層の膨潤が、脂肪の除去に有効に働いていることが確認された。また酸化剤は洗剤に添加するよりも、塗布した後に洗浄した方が効果的であった。

第4章 水晶振動子法によるタンパク質汚れ除去過程の追跡

小ノ澤らにより明らかにされた、溶液系でのタンパク質分解における酵素と界面活性剤の相乗効果が、実際の汚れに近い固体タンパク質汚れの除去でも観察されることを明らかにするために、水晶振動子法による固体タンパク質汚れの除去過程の追跡を行った。汚れモデルとしてケラチン、ゼラチン、卵白アルブミン、の3種の異なるタンパク質を用いた。その結果、溶液系で求められたタンパク質分解における酵素と非イオン界面活性剤の相乗効果が、固体タンパク質の分解、除去でも起こることを認めた。

第5章 人工汚染布を用いたタンパク質汚れの洗浄性

本章では実際の洗浄に近い汚染布を用いて、固体タンパク質汚れの洗浄効果を評価した。まず汚染布として、牛乳とコーヒーによる汚染布を作り、表面反射率による洗浄率と銅-フォーリン法によるタンパク質除去率の間に良い直線関係があることを認めた。この汚染布と市販湿式人工汚染布について、酵素の洗浄性に対する各種界面活性剤、酸化剤、酸化剤の活性化剤の影響を、洗浄時間、温度、機械力を変えた条件下で検討した。その結果、牛乳+コーヒー汚染布では、機械力が強く作用しない条件下で、非イオン界面活性剤及び酸化剤と酵素の相乗作用が認められ、陰イオン界面活性剤については酵素作用の阻害が認められた。

第6章 結論

本論文の各章の要点をまとめ、今後効率的な洗浄方法を考えるための、研究の展開の方向を示した。すなわち、汚れの水中における除去過程について、分子論的な解釈の得られる水晶振動子法により、脂肪とタンパク質汚れ除去の各ステップを明らかにすると共に、各洗剤成分の効果を実証的に明らかにした。さらにこれらの知見は、実際の汚れに近いモデル汚染布にもあてはまることを明らかにした。環境への負荷を軽減するために、今後はより効率の高い洗浄システムが強く要求されているので、本研究を一つの基盤として、洗剤成分の改善をはかることを進めていきたい。

審査報告要旨

本論文は水晶振動子法を用いて、脂肪とタンパク質汚れの洗浄過程を明らかにすることを試みたものである。衣類に付着した汚れの洗浄機構の解明は、洗浄を効率的に行うための基本的な知見を与える。衣類の洗浄は、汚れの種類、洗浄液の成分などの化学的要因と溶液の流動状態などの機械力による物理的作用の二つの要因により影響をうける。このうち、化学的な洗浄の分子論的機構を解明するためには、単純化したモデル実験が不可欠である。本研究では、その場観察ができる水晶振動子法を単純化した脂肪およびタンパク質汚れモデル洗浄過程の解析に適用し、洗浄の化学的な基礎過程を理解することを試みたものである。

第1章(序論)では、洗浄過程を解析するに必要な汚れと洗剤成分について基礎的な知識をまとめ、脂肪汚れとタンパク質汚れの洗浄に関する既存の研究を概観している。また本研究で使用した水晶振動子法は、これまで洗浄機構の解析には使用されていない方法であることから、本方法の有用性と洗浄研究への応用の妥当性を明らかにしている。

第2章(水晶振動子法による脂肪汚れ除去過程の追跡)では、これまで油汚れの洗浄機構については液晶化、可溶化、乳化、ローリングアップなど多方面から研究されてきたが固体脂肪の洗浄に関する研究は少ない。ここでは除去しにくい汚れとされている脂肪汚れのモデルとしてトリパルミチン、トリミリスチン、セチルアルコールとラードを用いて、水晶振動子法により除去の過程を追跡している。その結果アルカリ性の水中で、まず膨潤過程があり、その後続く脂肪の可溶化による除去は界面活性剤添加により最高10~20%膨潤した後に起こる。しかも、この除去は陰イオン界面活性剤ではcmcよりかなり低い濃度から起こること、ミセルは脂肪の除去過程には関与しないが、非イオン界面活性剤はミセルが直接関与するという知見を得ている。また水晶振動子のアドミッタンスの測定値変化と振動数の変化の挙動と合わせて、洗浄過程では、まず界面活性剤と水の浸透-収着による脂肪の膨潤が起り、続いて脂肪が分子的に可溶化される過程であることを立証した。

第3章(人工汚染布を用いた脂肪汚れの洗浄性)では、水晶振動子法で観察された知見が、実際の洗浄により近い汚染布法でも生じるかをトリパルミチン、トリミリスチン、ラードの各脂肪とカーボンブラック粒子を複合した汚染布を用いて調べている。その結果、実際の汚れにより近

い汚染布の実験でも、水晶振動子法の知見と同様に脂肪の親水性の高い順に洗浄率が高まること、アルカリによる脂肪の膨潤が、脂肪の除去に有効に働いていることを確認している。

第4章（水晶振動子法によるタンパク質汚れ除去過程の追跡）では、水晶振動子法により、溶液系で明らかにされているタンパク質分解における酵素と界面活性剤の相乗効果がケラチン、ゼラチン、卵白アルブミンなど実際の汚れに近い固体タンパク質汚れの除去でも観察されること、また、タンパク質の膨潤の程度がより大きいことが除去挙動にとって重要であることを認めている。さらに陰イオン界面活性剤は、cmcより高くなると静電的反発のため、除去効率をやや下げますが、非イオン界面活性剤は濃度の増加と共に分解速度を上げ、ミセルが除去に参与しているという知見を得ている。

第5章（人工汚染布を用いたタンパク質汚れの洗浄性）では、実際の洗浄により近い汚染布を用いて、表面反射率法と銅-フォーリン法によるタンパク質除去率の間に良い直線関係があることを認め、固体タンパク質汚れの洗浄効果を評価し、汚染布についての実験でも、溶液系、水晶振動子法から得られた界面活性剤、酸化剤、酵素の相乗効果が得られることを明らかにした。

第6章（結論）では、水中における汚れの除去過程について、分子論的な解釈の得られる水晶振動子法により、脂肪とタンパク質汚れ除去の各ステップを明らかにすると共に、各洗剤成分の効果を実証的に明らかにした。さらにこれらの知見は、実際の汚れにより近いモデル汚染布にもあてはまることを明らかにしている。

以上、本研究で得られた知見は、環境負荷のより低い洗剤成分や洗浄システムの構築のため有効な研究である。

よって、審査委員一同は、本論文の提出者にたいして、博士（学術）の学位を授与するにふさわしいと結論した。