

界面活性剤水溶液の流動挙動の解明

天 木 桂 子*

Estimate of the Flow Behavior of Aqueous Solutions of Surfactants

by Keiko AMAKI

本論文は、洗濯洗浄で広く日常的に用いられている界面活性剤水溶液の流動挙動を、外部流と内部流の実験をもとに解析し、その結果をまとめたものである。洗浄機構に関わる要因を考える場合、洗浄液の持つ界面化学的作用と、基質や汚れに与えられる外力などの物理的作用の2点からアプローチする必要がある。洗剤の主成分である界面活性剤は、この化学作用の寄与が非常に大きく、汚れと基質間の結合力を低下させ、除去を容易にしている。一方、機械力を中心とする物理作用は、大きいほど汚れ除去を容易にするが、基質に対しても同様に作用することから、ある程度の損傷、劣化が避けられず、両者は相反する関係にある。本研究は、汚れ除去と基質の損傷の両方を満足させることをねらいとし、洗浄液である界面活性剤水溶液の持つ流体力に着目して検討を行うものである。外部流（物体周りの流れ）と内部流（狭い隙間や管内を通る流れ）を洗浄の観点から見ると、外部流は基質上に付着した汚れ周りの流れであり、内部流は基質間に入り込んで汚れを持ち去る流れと解釈できる。本研究では、この2点を実現するモデル流路をそれぞれ作製し、各種溶液のせん断流を当てることにより生じる抗力を測定した。試料溶液は、球状ミセルおよびひも状ミセルを形成する数種の界面活性剤水溶液で、対象として水、希薄高分子水溶液、微粒子分散液による実験も行い、生じる抗力を比較した。これにより界面活性剤水溶液の他の溶液とは異なる流動上の特徴を明

らかにし、洗浄における流体力学的効果を検証することで、従来の界面化学作用に加えた界面活性剤水溶液の洗浄に対する有効性を、より高く再評価することを目的とした。

第1章では、上記の本研究の背景と目的を述べている。

第2章では、外部流に対する実験方法、結果および考察を述べている。実験の概要は、縦横比の大きい矩形流路の下面に汚れモデルとなる μm オーダーの直径を持つ微小円柱（タングステンワイヤー）を張り、各種溶液のせん断流をワイヤーに直角に当てそれにより生じる抗力（ D ）を、ワイヤー前後の圧力損失から求めたものである。実験の結果、すべての条件下でレイノルズ数（ Re ）の増加とともに D は上昇し、両者の関係はほぼ1次式を示した。また、界面活性剤水溶液の D は水より低く抵抗減少効果が見られたが、希薄高分子水溶液の D は水より高かった。この現象は粘度の順位とは一致していないことから、この流れには粘性以外の要因が関わっていることが示唆された。一方、壁面上の円柱まわりの非ニュートン流体の流れに関して有限要素法により数値解析を行ったところ、 D が水（ニュートン流体）より低くなるのは、ワイセンベルク数 Wi が負（ $Wi < 0$ ）である流体の場合であった。同様に揚力 L について数値解析を行ったところ、 $Wi < 0$ で揚力が高かった。このことから、水より低い D を示した界面活性剤水溶液は弾性を有し、しかもその値は負で

*新潟大学大学院自然科学研究科

現在 岩手大学教育学部

[新潟大学博士（工学）平成21年3月23日授与]

ある可能性が示唆された。

第3章では、内部流に対する実験方法、結果および考察を述べている。実験の概要は、正方形断面を持つ流路の中央フランジ部に、布モデルであるモノフィラメントメッシュスクリーンを、流れ方向に対して直角に張り各種溶液の垂直流がメッシュ間隙を通過する際に生じる抗力Dを圧力損失から求めるものである。実験の結果、すべての条件下で第2章のワイヤー実験と同様、界面活性剤水溶液のDは水より低く、ワイヤー実験と同様ここでも抵抗減少効果が認められた。さらに、流路内流れの可視化を試みたところ、比較的小さい流れでは、流入口から中央メッシュ部までは流入口サイズの幅を保ったまま流

れることが確認された。このことから、Dにはメッシュの構造のほかにメッシュに当たるまでの流れにも依存すると考え、これに基づいた定義式を用いて整理した結果、抗力係数CDはReの関数として整理され、この仮説の妥当性が確認できた。さらに、光学的特性の測定結果から球状ミセルは静止時と流動時では形状や配向を変えていることが予想された。

第4章では本論文の結論として、日常的に用いられる界面活性剤水溶液は水よりも抗力を低下させる効果を有し、これにより汚れ周りや織り糸、繊維間に大きな流速をもたらし、その結果として効果的な汚れ除去を行っていることを述べている。