

PS-13 塗料を模擬した非 Newton 流体を用いた

液膜崩壊・液滴衝突の可視化観測

構造基盤技術系 * 藤本 修平

明星大学・理工学部 熊谷 一郎, 渡邊 大貴, 緒方 正幸

1. 緒言

船体の外板塗装は船舶の寿命を左右する極めて重要な作業工程であるが、その効率化へ向けた取り組みはほとんど進んでいない。その主因は噴霧塗装時の噴霧粒子径、粒子速度、塗料物性等の各条件と、仕上り塗装面品質（塗膜の凹凸度合）の関係が定量的に把握できていないことにある。そこで、本研究では噴霧粒子が生成される「液膜の崩壊過程」、塗膜形成時の「液滴の衝突過程」に着目し、実験観測によりこれらの過程を明らかにすることを目的とした。

噴霧塗装時に生じる液膜崩壊・液滴衝突の各過程では、塗料の非 Newton 性が支配的な影響を及ぼしていることが推測されるが、その実態は明らかでない。本研究では塗料に類似した粘度特性を有する試験液体を用いて、実際の塗装作業時に近い条件で「液膜崩壊」および「液滴衝突」の過程を観測することにより、非 Newton 性の影響を明らかにする。

2. 試験液体

本研究では、液膜崩壊過程の観測にはエアレス塗装機実機を用いるが、実験に用いる試験液体は塗料に類似した非 Newton 性を有する液体を使用する。実際の塗料は有機溶剤を含み、時間経過により硬化（塗膜の形成）する等、室内実験に適さないため、塗料に似た性質を持ち、かつ扱いやすい液体を試験液体として用いる。試験液体としてキサントガムの水溶液を採用した。キサントガムは食品用の安定剤、増粘剤等として広汎に用いられ、① 低濃度でも高い粘度が得られる、② せん断力が作用すると粘度が低下する「Shear-thinning」特性を持つ、③ せん断力による粘度低下後、静置すると粘度が回復する、④ 常温範囲であれば液温の変化による粘度の変化が小さい、⑤ 冷水でも溶解する等、試験流体に適した特性¹⁾を有する。特に、上記①～③の特徴は塗料の非 Newton 性を模擬する上で重要である。また、④・⑤は実験の実施、準備の際の利点となる。

キサントガムとして Kelzan ST (三晶製) を用いた。Kelzan ST は冷水分散性ならびに溶液の透明性に優れる。攪拌機を用いて純水に Kelzan ST を溶解させ試験液体を作成する。

試験液体の粘度をデジタル粘度計 (ブルックフィールド製, RVDVIM) で計測した。図-1 に粘度の測定例を示す。図の横軸はせん断速度 [1/s]、縦軸は粘度 [Pa·s] である。せん断速度の増大に伴い粘度が低下しており、塗料に類似した非 Newton 性²⁾を示していることが判る。

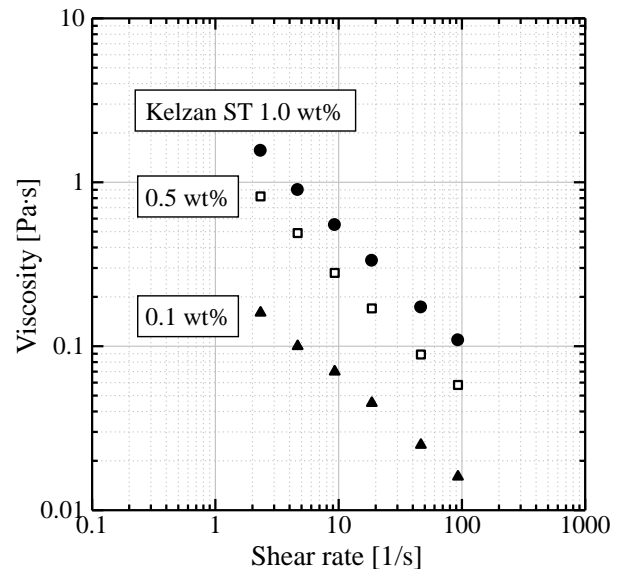


図-1 せん断による Kelzan ST 水溶液の粘度変化
(●: Kelzan ST 1.0wt%, □: 0.5wt%, ▲: 0.1wt%)

図中の●, □, ▲がそれぞれ Kelzan ST 1.0wt%, 0.5wt%, 0.1wt%水溶液の粘度測定結果を示している。いずれの濃度においても、せん断により粘度が直線的に低下している。

Kelzan ST 水溶液は、図-1 に示した Shear-thinning 性以外にも弾性や曳糸性等の非 Newton 流体的性質を持つ。

3. 実験装置

液膜崩壊の観測実験に使用した装置の概要を図-2 に示す。実際の噴霧塗装作業に近い構成とした。エアレス塗装機 (旭サナック製, エコポンライト 30 SP1628) に Kelzan ST 水溶液を供給し、ハンドガン (旭サナック製, MG7) のトリガーを手動で引き噴霧を発生させる。ハンドガンの近傍に配置した圧力計でノズルから噴出する液体の圧力を計測する。液体粒子が周囲に飛散しないように、透明アクリル樹脂製のブース内に向けて噴霧する。

ノズル近傍での液膜崩壊の様子を、ブース正面から高速度カメラ (SHIMADZU 製, HPV-1) にマイクロレンズ (Nikon 製, Micro Nikkor 105mm f/2.8s) を装着して撮影した。カメラからブースをはさんで反対側に LED 光源 (IDT 製, Constellation120) を配置し、バックライト法により噴霧液膜

を可視化した。照明光を拡散させ撮影時のムラを小さくするため、光源の前のアクリルブース外壁面にトレーシングペーパーを貼付した。

高速度カメラのフレームレートを 125,000[コマ/s]として撮影を行った。

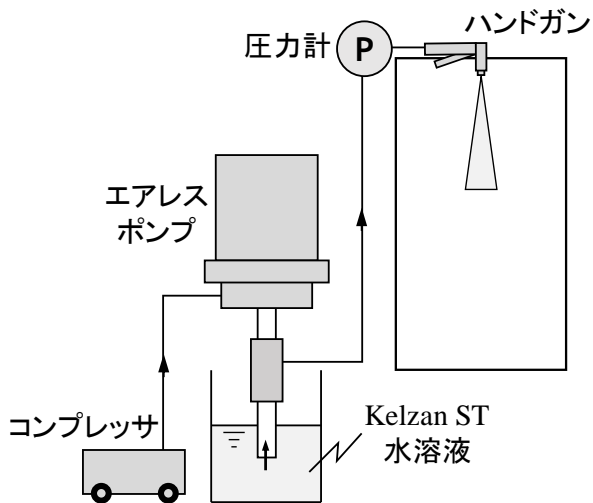


図-2 液膜崩壊実験装置の概要

4. 実験結果

液膜崩壊の可視化実験結果の例を図-3 に示す。図は丸吹きノズル（旭サナック製，CN4A）を使用し Kelzan ST 0.5wt% 水溶液を、圧力を変えて噴霧した結果である。

丸吹きノズルにより、ノズル出口から噴出した液膜はスカート状に広がる。ノズルからある程度離れると液膜の一部が破れ、糸状に分裂する。5.0MPa 程度の圧力までは、液膜崩壊後の液糸が繋がったまま網のような形状を形成しているのが見て取れる。この網状構造の形成には Kelzan ST 水溶液の曳糸性が関連していると考えられる。また、圧力の増加に伴い、液膜崩壊の位置はノズル近傍に近づいていく。

5. 結 言

塗装作業の効率化をめざし、塗料に類似した非 Newton 性をもつ試験液体を用いて可視化観測実験を行った。非 Newton 流体特有の性質に起因すると考えられる現象を観測した。ポスター発表では、本稿に記述した液膜崩壊過程の可視化観測に加え、液滴衝突過程の観測結果についても紹介する。

謝 辞

本研究の一部は科学研究費補助金（26709067）の助成を受け実施した。ここに記し謝意を表する。

参考文献

- 1) 國崎，佐野：食品多糖類 乳化・増粘・ゲル化の知識，幸書房，(2001)。
- 2) 中井，秋葉，鈴木，河島：次世代型船底防汚塗料「タカタクオンタム X-mile」の開発，塗料の研究 No.153，(2011)。

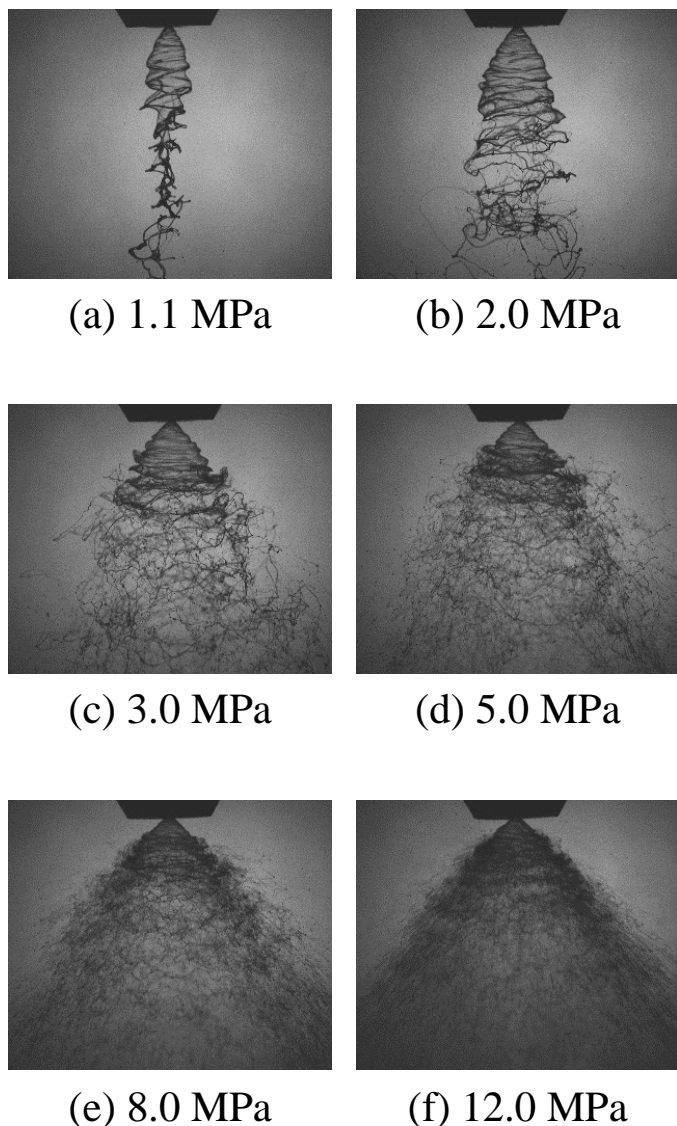


図-3 Kelzan ST 0.5wt% 水溶液の噴霧