

PS-24 油処理剤の水中散布による油粒の浮上速度と拡散面積

環境・動力系 * 宮田 修、原 正一
 東京大学 影本 浩

1. はじめに

海底から流出する油に対する油処理剤（以下、処理剤）の水中散布は、2010年のメキシコ湾でのディープウォーターホライズン号（DWH）事故で初めて行われた。報告書によれば、「ROVによって約1mの細いパイプを流出口に差し込み処理剤の散布が行われた。」¹⁾とある。しかしながら、その効果についての疑問や海洋生物に与える影響の詳細については不明であった。

海上技術安全研究所では重点研究課題の一つとして「油及び有害液体物質の流出に関する総合的対策の確立に関する研究」を行っており、研究の一貫として「油処理剤の水中散布における噴射条件と分散性能に関する研究」についても研究を開始し、「沈船からの流出油に対する油処理剤の水中散布実験」¹⁾について報告した。本報告では、流出油に対する処理剤の効果を浮上速度の低下と拡散面積の増加と定義し、処理剤の水中散布効果の確認をしたので報告する。

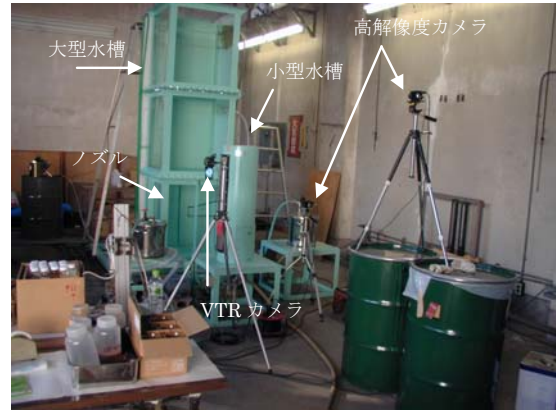


写真1 実験配置

表1 動粘度と密度（於 50°C）

	動粘度(cSt)	密度(g/cm ³)
A重油	5.48	0.839
処理剤	5.72	0.821

2. 実験方法

油処理剤には、通常型（対象とする油の動粘度<2,000cSt）と高粘度型（<100,000cSt）及び自己攪拌型（<10,000cSt）の3種類があり、対象とする油の動粘度により決定する。本実験で使用するA重油、処理剤の動粘度と密度を表1に示す。なお、処理剤は通常型のものを用いた。ビーカー試験¹⁾や流出実験で得られた試料の粒子径分布を計測し、浮上速度との関係を調べることにした。実験装置の配置を写真1に示す。実験は水槽（横0.8×奥行き0.8×深さ3.0m）の下部中央に流出ノズル（φ19mm、φ9mm）を設け行った。流量の制御はストレートコックの開度を固定し、水槽上部に設けた排水路にオーバーフローさせ回収し求めた。さらに、高解像度カメラ2台を用い、専用制御ソフトウェアにより2台のカメラを同期させ全体画像とノズル近傍の画像を記録した。実験により得た画像は、PIV（濃度相関法）により浮上速度を求め、濃度変位法により油の拡散面積を求めた。また、油粒の大きい場合の粒径はPTV（2値画像相関法）により個別の油粒の面積の平均から円として求めることにした。（解析ソフトウェア：Flow-PTV、Flow-PIV、Gray-val、（株）ライブラリー）

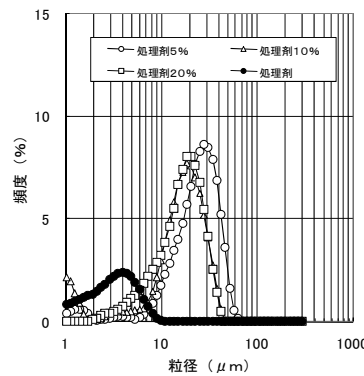


図1 ビーカー試験の粒径分布

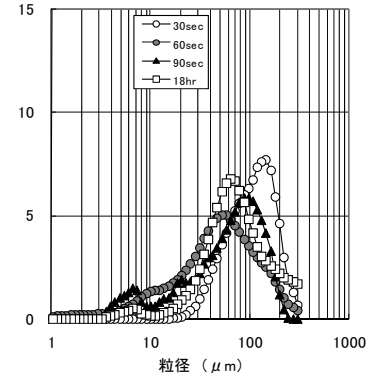


図2 流出実験の粒径分布
 (流出速度 196cm/s 処理剤 5%)



(処理剤 0%) (処理剤 1%) (処理剤 5%)

図3 流出実験

(流出量 6ℓ/min. 流出速度 35cm/s)

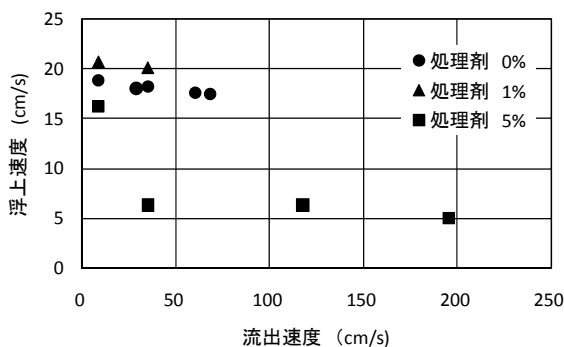


図4 流出速度とPIVによる浮上速度

3. 実験結果

ビーカー試験や流出実験で得られた試料の粒径分布計測結果を図2に示す。処理剤の割合が5%の○印では、頻度のピークは $30\mu\text{m}$ にあり、10%の△印と20%の□印ではピークは $20\mu\text{m}$ となった。また、処理剤のみを水に反応させた●印では $10\mu\text{m}$ 以下にピークを示した。一方、流出実験中に採取した試料の油粒の粒径分布を図5(処理剤5%)に示す。採取時間は、実験開始後30秒、60秒、90秒と終了後18時間経過の4種類で、それぞれのピークは $105\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 、 $80\mu\text{m}$ 、 $60\mu\text{m}$ を示した。流出実験の状況を図3に示す。画面下の中央部に設けたノズルから約1.5mまでの範囲における画像で、処理剤0%(A重油のみ)、処理剤1%、処理剤5%の順に示す。処理剤0%のA重油のみの場合、ノズル口から30cm程度までまとまって浮上するが、それ以上距離が大きくなると比較的大きな粒径で浮上した。また、処理剤1%の場合は処理剤0%の場合と同じようにノズル口から30cm程度まではまとまって浮上するが、その後処理剤0%に比べ横方向への広がりを確認した。一方、処理剤5%の場合ではノズル口からすでに微細化が進み横方向へ広がり、上方へ浮上するに従い拡散面積が拡大した。

4. 画像解析の結果

流出速度とPIVによる浮上速度との解析結果を図12に示す。処理剤0%の●印や1%の▲印では、流出速度が速くなるとその浮上速度は遅くなる傾向を示した。一方、処理剤が5%の■印では、その流出速度が 35cm/s を超えると浮上速度が極端に遅くなり、ほぼ一定となった。また、流出速度と濃度変位計測法による拡散面積の解析結果を図5に示す。図4と同様に処理剤5%の■印では、流出速度が 35cm/s を超えると流出速度に依らず拡散面積は一定の値を示した。ノズル口から流出した直後の油は流出速度に依存するが、ノズル口から離れると界面張力により干切れ、油塊になり、やがて油粒になる。一方、処理剤と反応した油は界面張力が低下したことにより微細化して浮上速度が減少し、拡散面積が増加したと考えられる。しかしながら、流出速度が 35cm/s を超えても浮上速度が一定の値を示す

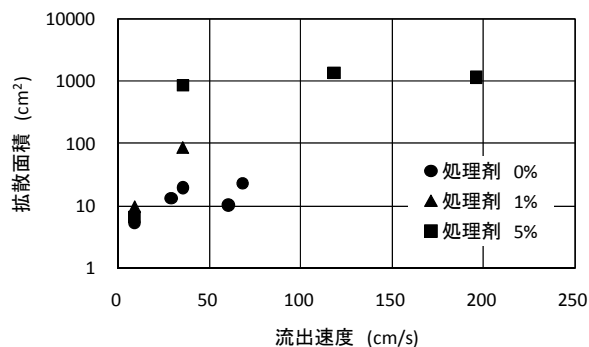


図5 流出速度と濃度変位法による拡散面積

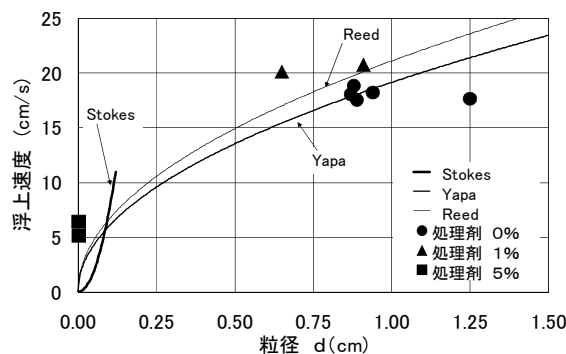


図6 粒径と浮上速度

のは粒径に変化が無いためとも考えられる。処理剤の分散効果を向上させるには、油粒の微細化を促進するような攪乱エネルギーを与える必要がある。

静止流体中の粒子に働く上向きの力による浮上速度は、低レイノルズ数領域ではStokesの抵抗法則より図6に示したように極めて遅く、図1、2に示した処理剤5%の場合の粒径から計算できる浮上速度とは異なり■印のような結果を得た。しかしながら、油の粒径の大きい●、▲印の場合はYapa²⁾、Reed³⁾の計算式による浮上速度とほぼ一致した。

7. まとめ

処理剤の水中散布実験により浮上速度の低下および拡散面積の増加を確認し、処理剤の効果を確認した。

本研究は、JSPS 科研費 24360364 の助成を受け行いました。

参考文献

- 1) 宮田 修、他、沈船からの流出油に対する油処理剤の水中散布実験、第13回研究発表会講演集、平成25年6月25日、26日、海上技術安全研究所
- 2) Yapa, P. D., Chen F., 2004, Behavior of Oil and Gas from Deepwater Blowouts, Journal of Hydraulic Engineering, pp.540-553
- 3) Reed M., Hetland B., Emilsen, Johansen, ϕ . H ϕ verstad, B., H. M., Buffington, S. Numerical Model for Estimation of Pipeline Oil Spill Volumes, Oil Fate & Transport - Response, pp.1073-1083