

PS-20 沈船からの油流出に関する対策技術

海洋開発系 *小野正夫, 環境・動力系 宮田修, 原正一
東京海洋大学 木船弘康, 日本サルヴェージ(株) 下西助和, 東京大学 影本浩

1. はじめに

海難事故等で海底に沈んだ船舶に搭載された貨物油や燃料油は、放置すると重大な環境被害をもたらす怖れがあるため回収することが望まれている。そこで、沈船からの油流出の対策のための要素技術として、電磁誘導加熱を用いてタンク内に残存する油を回収する技術と流出した油に対する油処理剤の水中散布技術について検討した。

2. 電磁誘導加熱による油回収技術

2. 1 実験方法

重質油を搭載した沈船からの効率的な残存油回収手法を開発するために、沈船を模擬した小型タンク(0.6×0.6×0.6 m, 板厚: 6mm, 天板板厚: 12mm)に重油を満たして水槽に沈め、そのタンク内に水圧をかけて重油と水を置換し回収する基礎的な実験をベースに、模擬タンクの上部外側の鋼板に電磁誘導加熱用コイルを当ててタンク内の重油を加熱し回収する実験を実施した。仕切り板は、高さ 0.3m, 幅 0.6m, 両端には 30R の切り欠きを設けてあり、タンク内中央上部に取り付けた。さらに、数値シミュレーションを行い、水と油の流動化について考察した。電磁誘導加熱により重油タンクを水中で直接発熱させ、これによりタンク内部の重油を温めた。電磁誘導加熱に用いるコイルは一辺が 0.14m および 0.2m の四角平板形を製作し、タンク天板に磁石で固定した。使用したインバータの性能上、25kHz 前後の周波数を利用し、投入電力は 2,000W 一定で行った。また、タンクの内部には、重油の流動状態を調べるために温度センサーを設置した。実験条件及び重油回収率を表 1 に示す。

2. 2 実験結果及び考察

油回収量の時間経過を図 1 に示す。タンクに仕切り板のないこれまでの実験結果¹⁾に比し、早い段階で水が排出されることが分かった。また、仕切り板付近の油を効果的に回収するために加熱範囲及び位置等の条件を変えながらその効果を調べたが、回収効率が向上

することはなかった。Exp4 では、油回収開始前に電磁誘導加熱で 2 時間タンク上部外板の予熱を行ったが、その効果はほとんどなかった、また、ワークコイルの大きさによる効果も現れなかった。電磁誘導加熱により、タンク外板内部の鋼板付近の油温は 60℃になることもあるが、加熱の効果が油全体の流動を促進するまでには至らなかった。

油回収時に水が早期に排出された結果については、図 2 に示すタンク内部の油と水の流線シミュレーション結果例より、排出口のない仕切り板で囲まれた箇所油は留まったような状態になりタンク内の流れはその箇所を避けて排出口に進むことから、早期にタンク内部で水の路が形成されたと考えられる。また、水と油の粘度が大きく違うこともその要因と考えられる。本実験の目的は、油が少なくなった状態でのタンク仕切り板の両端に設けた切り欠きを通る油の流動の把握であったが、電磁誘導加熱で外板を加熱しても油の流動を促進させるまでには至らなかった。このことから、実際の現場においても仕切り板があるとその付近の油は回収が難しくなると考えられる。

2. 3 まとめ

1) タンク上部の残存する油を効率的に回収することを目的として、タンクの上部の加熱場所を変化させ、

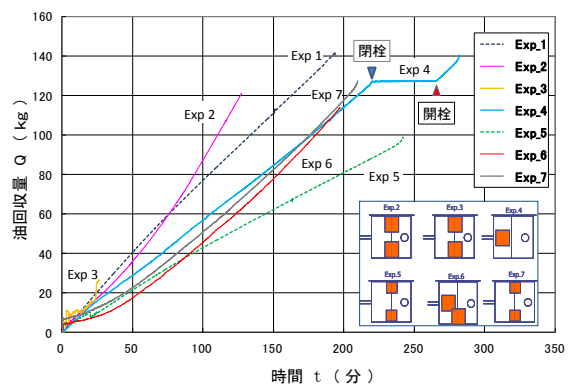


図 1 油回収量の時間経過

表 1 実験条件及び回収率

実験 No.	配管長 L(m)	配管径 d(mm)	水圧ヘッド h(m)	回収前加熱の有無(時間)	加熱マット寸法(m)	水温(°C)	気温(°C)	油温(°C)	予熱量(W)	回収時加熱位置	回収時加熱量(W)	回収率(kg/min)
1	4	25	4	なし	—	13.3	12.4	15.3	—	—	—	0.72
2	4	25	4	なし	0.2×2	12.9	12.1	13.9	—	上下鍵部分	2000	0.90
3	4	25	4	なし	0.2×2	11.3	10.8	10.8	—	上下鍵部分	2000	0.86
4	4	25	4	2時間	0.2×1	11.0	10.2	11.6	2000	左部分	2000	0.58
5	4	25	4	なし	0.14×2	9.9	9.6	11.7	—	上下鍵部分	2000	0.37
6	4	25	4	なし	0.2×2	9.9	10.5	9.2	—	左下鍵部分	2000	0.52
7	4	25	4	なし	0.14×2	9.8	9.0	11.5	—	上下鍵部分	2000	0.49

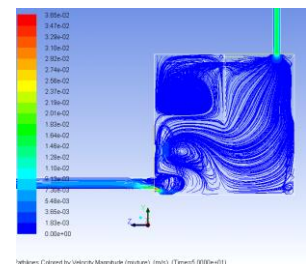


図 2 タンク内部流線の流れ

特に仕切り板の端部の切り欠き部分の加熱による流動化促進効果は回収率の向上につながらなかった。

2) コイルマットの大小の比較による回収率の有意な差はなかった。

3) 仕切り板があると、仕切り板に囲まれた部分の油の流動が難しくなり、油回収時に水の路が形成されると、その後はほとんど水しか排出されない状況が続くことが分かった。この現象は実際の現場でも起こり得ると考えられることから、仕切り板の高さの容量に近い分だけ油が残る可能性が高いと推測される。

3. 油処理剤の水中散布技術

3. 1 実験方法

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。しかしながら、その効果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。そこで、大型水槽（横0.8m×奥行き0.8m×深さ3.0m）の底部中央に流出ノズル（φ14mm, φ9mm, φ3mm）を設置して水中散布実験を行った²⁾。実験条件は、A重油のみの場合、A重油に予め処理剤を1%と含有させた場合、処理剤を5%含有させた場合とした。なお、流量の計測は水槽上部に設けた排水路によりオーバーフローさせ計量容器に回収し求めた。さらに、金属管式流量計で流量を制御して反応ダクトを用いた実験を行った。この時、高解像度カメラ2台を用い全体画像とノズル近傍の画像を記録し、画像の解析には、PIV（濃度相関法）・濃度変位法の汎用ソフトを用いた。本報告では、流出口の直径を代表長さとしRe数やWe数、We数/Re数で表わされる粘性力係数と浮上速度の関係や油粒径と修正ウエーバー数の関係について報告する。

3. 2 実験結果

図3に流出速度と浮上速度、図4から図6にノズル径を代表長さとした時のWe数、粘性力係数（We数/Re数）と浮上速度の関係を示す。A重油のみの場合の●と予め処理剤を混合したA重油の△○とでは傾きは同程度であるが、We数と粘性力係数では異なる傾向を示した。そこで浮上速度は油粒径により決まることから、油粒径(d_{50})を流出口径（D）で無次元化し、修正ウエーバー数 We' との関係を調べた結果を図6に示す。これより、全てのデータは集合し、一つの回帰式で表わされることを確認した。さらに、反応ダクトによる処理剤の水中散布についてもその効果を確認した。

3. 3 まとめ

油の流出速度に起因する力が油と水の粘性応力と界面張力に作用し油粒の径が決まり、油粒の体積から得られる浮力とその抵抗によって流出油粒の浮上速度が決まる。それらの関係は、修正ウエーバー数 We' と d_{50}/D の関係で表わすことができることを確認した。

さらに、反応ダクトによる水中散布の効果についても確認した。

4. 参考文献

- 1) 小野正夫 他, 第14回海技研研究発表会講演集, 平成26年6月24~25日, pp.266~267
- 2) 宮田修 他, 日本マリンエンジニアリング学会誌, Vol.49 No.6, pp.117-123, (2014)

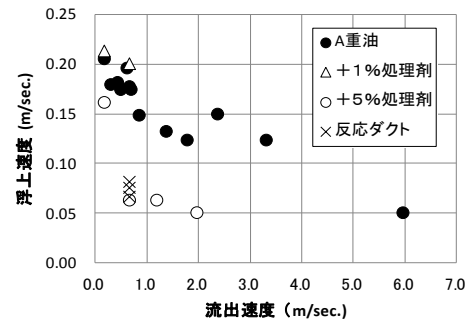


図3 流出速度と浮上速度

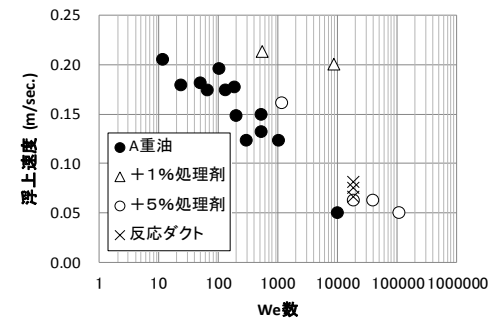


図4 We数と浮上速度

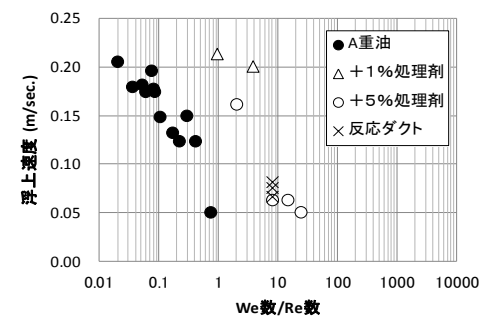


図5 粘性力係数と浮上速度

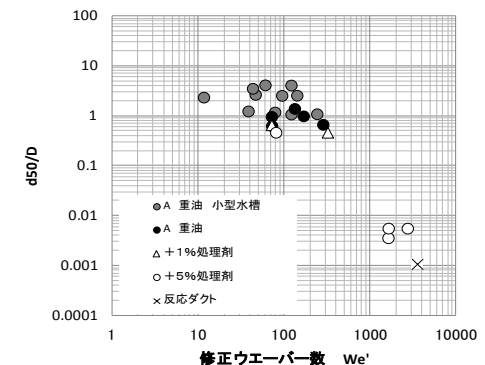


図6 修正ウエーバー数と d_{50}/D