

II-105

気泡流による水中流出油回収実験

岩手大学大学院 工学研究科 学生員 岡本 敦
 岩手大学工学部 学生員 ○田村 健浩
 岩手大学工学部 正会員 堺 茂樹
 海上技術安全研究所 正会員 泉山 耕

1. 緒言

近年,サハリン北東部沖合の大陸棚において石油および天然ガスの生産が本格化してきており,わが国への新しいエネルギー供給源として期待されている.しかし,生産の本格化に伴って油井の暴噴,パイプラインの損傷,タンカーの海難などによる油流出事故が危惧され,北海道のオホーツク海沿岸にも多大な環境被害を及ぼす可能性がある.また,冬期は流水に覆われるため油の回収作業が通常海域でのそれとは異なったものになると考えられ,新たな技術開発が求められている.そのような回収技術の一つとして,氷盤下の油を気泡によって氷盤外へ排出する方法が検討されている.

そこで,本研究では気泡を用いた油回収実験において油の動きそのものや気泡流量・油量と排出時間の関係などの特性を明らかにすることを目的としている.

2. 実験方法および実験内容

実験は(独)海上技術安全研究所の水海船舶試験水槽にて行なった.実験方法については澤田ら(2004)を参照されたい.

実験内容は図1に示すような円形の凹部が6つ規則的に並んでいる氷盤を作成し,気泡流量一定のもとで凹部体積・油量を変えて実験を行なった.実海域での場合はもっと複雑な形をしているが,油層が凹部から排出される最も基本的な現象を検証するためにこのような形にした.凹部は直径 $d=33\text{cm}$ と 58cm の合計2枚の氷盤を作成した.気泡流による油の排出時間 t_0 は上・下・横の3つのビデオカメラを用いて撮影された画像をもとに,気泡が凹部に入る瞬間から油が凹部の外へ排出される瞬間までを計測した.

3. 実験結果および考察

図2は油量・凹部体積と排出時間の関係を示しており,排出時間は油量・凹部体積が増加するとともに増大している.そこで,排出時間に対する油量と凹部体積の関係をモデル化した.

はじめに平坦水の場合を考えると,油層がある距離を移動する時間は油層移動距離 L を油層移動速度 U_0 で割ったもの($=L/U_0$)になる.一方,凹部のある場合には,気泡が凹部に充満して油層をまわりの氷盤底面の位置まで押し下げる,つまり凹部の油および水が気泡に置換される時間を考慮しなければならない.気泡による置換に必要な時間は凹部体積 V_r を気泡流量 Q_{air} で割ったものとなる.したがって,油層が気泡に置換されてある距離を移動する時間 t は次式で表わされる.

$$t = (L/U_0) + a(V_r/Q_{\text{air}}) \cdots (1)$$

L :油層移動距離(cm), U_0 :油層移動速度(cm/s),

V_r :凹部体積(m^3/m), Q_{air} :気泡流量($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$), a :補正係数

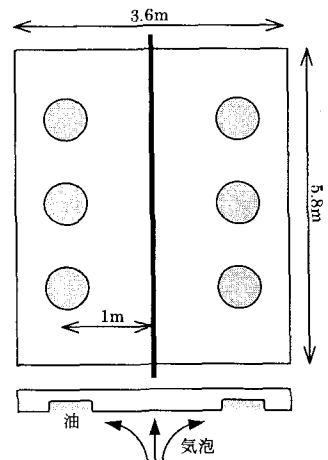


図1 氷盤の概形と水路断面

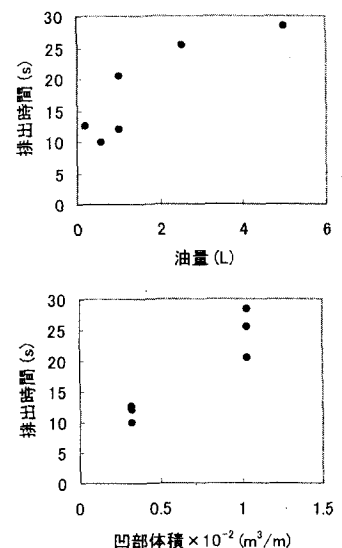


図2 各物理量と排出時間の関係

なお、(1) 式の補正係数 a が必要な理由は、実際の油排出プロセスにおいて、気泡に置換される現象と移動する現象が同時に起こるためである。

(1) 式で t_0 を計算するには U_0 が必要となるので、平坦氷における流速 U_c と U_0 の関係を求めた実験値 (堺ら, 1999) から U_0 の近似式を求めた。図 3 に示すように U_c と U_0 の関係は $U_0 = aU_c^b$ と近似でき、式中の a, b は V_0 の関数となった。最終的に U_0 の近似式は次のように表わされる。

$$U_0 = (1.59E-04e^{-2.195V_0})U_c^{(0.6474V_0+3.048)} \dots (2)$$

V_0 : 油量(L), U_c : 流速(cm/s)

図 4 は (2) 式と実験値を比較したものである。両者はよく一致しており、 U_c と V_0 から U_0 を求められることがわかった。(2) 式は氷盤を一定速度で移動させることにより相対的な流れを発生させた場合の結果である。この式の気泡流への適用性を見るため、気泡流による平坦氷下の油移動に関する実験結果と比較したのが図 5 である。両者はほぼ一致しており、気泡流に対しても (2) 式が適用できると判断した。

本実験においては、気泡が凹部に入る瞬間から油が凹部の外へ排出される瞬間までを計測したので、油層移動距離 L を凹部直径 d とし、(2) 式で求めた U_0 および d, V_r, Q_{air} を (1) 式に代入してケースごとに補正係数 a を求めた。図 6 は V_r/Q_{air} と補正係数 a の関係であり、 V_r/Q_{air} が小さいと a の値はばらつくが、平均値は $a=0.445$ となり、排出時間 t_0 を求める式は次のようになった。

$$t_0 = (d/U_0) + 0.445(V_r/Q_{air}) \dots (3)$$

図 7 は (3) 式と実験値と比較したものである。両者はよく一致しており、排出時間 t_0 を気泡が油層を押し下げる現象と油層が移動する現象でモデル化できた。

なお、本研究は Ship and Ocean 財団の補助研究の援助によるものであり、ここに謝意を表す。

参考文献

澤田 裕介・岡本 敦・笹本 誠・
堺 茂樹: 気泡を用いた水中流出
油回収実験, 土木学会東北支部
技術研究発表
会, pp.316-317. 2004.
堺 茂樹・花井 宏太・笹本 誠・
金田 成雄・泉山 耕: 氷板下で
の油拡散に及ぼす流れの影響に
関する実験的研究, 土木学会海
岸工学論文集, 第 46
巻, pp.1076-1080. 1999.

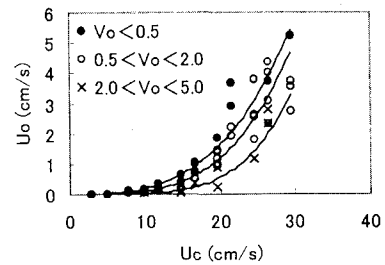


図 3 U_c と U_0 の関係

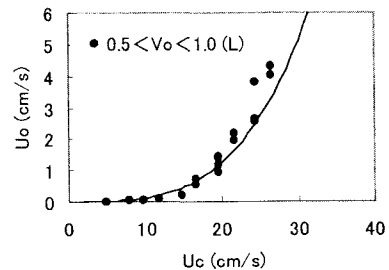


図 4 U_0 近似曲線と実験値の比較

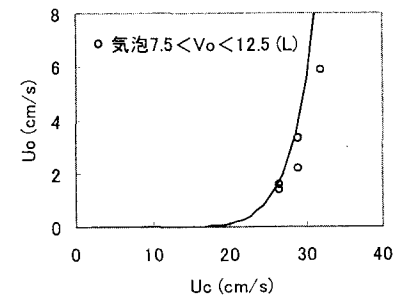


図 5 U_0 近似曲線と気泡による実験値の関係

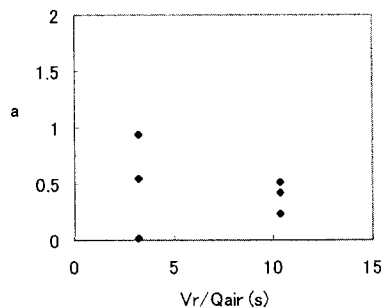


図 6 V_r/Q_{air} と補正係数 a の関係

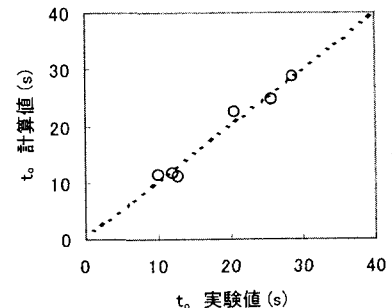


図 7 t_0 ~ 実験値と計算値の比較