

Frazil ice 中の油拡散過程に関する実験

岩手大学 学生会員 ○黒須 真琴
同 正 会 員 堺 茂樹
同 正 会 員 小笠原敏記
同 正 会 員 笹本 誠

1. はじめに

氷が存在する海域での油の挙動は、氷がない通常の海面上での拡散とは大きく異なる。そのため、氷盤下及び氷盤間での油拡散に関する実験及び数値解析はいくつか行われている。一方、海面が完全に氷で覆われる以前の期間は、海面は氷晶(Frazil ice)で覆われており、このような状態での油の挙動に関しては全く解明されていない。そこで、本研究では油の拡散に対して Frazil ice がどのように影響するのかを調べるため、基礎的な実験を行い、Frazil ice 中における油拡散の特性を明らかにすることを試みた。

2. 実験方法

実験は岩手大学工学部内低温実験室(最低気温-20℃)で行った。実験装置の概要は図-1のとおりである。実験水槽は160×100×50(cm)であり、これに海水と同じ塩分濃度である33‰の塩水を入れ、冷却し、水表面上に Frazil ice を発生させた。なお、水槽内全体を過冷却状態にするため、ポンプにより水槽内の水を循環させた。実験条件は表-1のとおりであり、Frazil ice の密度は任意の3点から14.5×11.5(cm)の網で Frazil ice をすくい取り、その平均値を平均密度 ρ_f とした。Frazil ice の厚さは任意の8点で計測したものの平均とした。なお、Frazil ice の厚さは冷却時間と室温をそれぞれ変えることによって調節した。

拡散の様子を鮮明に観察できるように、油に着色した。油は水面下約15cmの位置からポンプを用いて一定速度で流出させた。拡散の様子は上・横・下にそれぞれ固定された3台のカメラによって撮影され、油拡散の面積 A_{oil} は画像解析により求めた。

3. 画像解析の手順

Frazil ice 中における油拡散過程の面積 A_{oil} を求めるため、以下の手順で画像解析を行った。まず、デジタルビデオカメラで撮影された約600秒の連続画像を10秒間隔で抽出し、輝度・コントラストを調整したグレースケール画像に変換する(図-2)。その画像に大津方法を適用させてしきい値を算出し、その値を基準として油部分と背景部分に分離した2値化画像

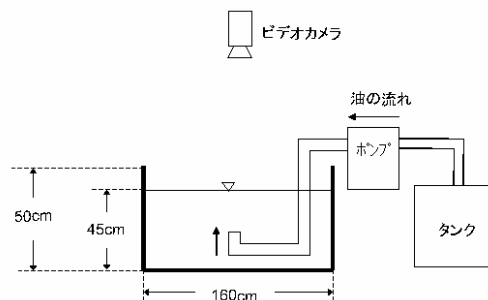


図-1 実験装置

表-1 本実験の条件

厚さ T_f (cm)	0.25	1.05	1.50	2.05	3.03
平均密度 ρ_f (g/cm ³)	0.25	1.08	1.40	2.24	2.84
流速(ml/sec)	6				
流出時間(sec)	10				

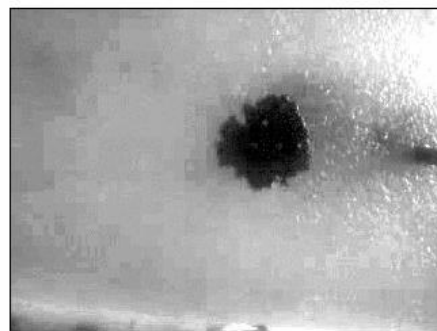


図-2 グレースケール画像

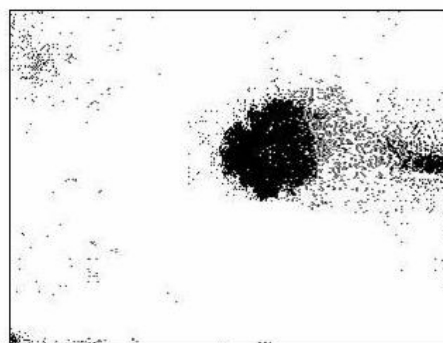


図-3 2値化画像

を作成する(図-3)。この際に、2 値化された画像にはゴマ状のノイズが残るため、収縮・膨張処理を数回繰り返すことによってノイズの除去処理を行う(図-4)。また、抽出される油部分は pixel 値で算出されるため、画像より割り出した 0.25cm/pixel より実測値の変換を行った。

4. 実験結果及び考察

図-5 は、拡散面積と経過時間の関係を示している。なお、このとき横軸の 0 は油の流出終了時とした。このグラフから拡散面積は時間の経過と共に増大していることがわかる。しかし、増大傾向には違いがあり、特に $\rho_f=0.25$ のときの傾向の違いが目立つ。ここで考えられる原因としては以下のことがあげられる。Frazil ice がごく薄い場合には、Frazil ice が水面上ではなく水中にある箇所もあるため、油は流出される際の勢いで Frazil ice の上まで到達し、Frazil ice 上の水面を拡散する。しかし、一定の厚さ以上の条件下における流出は油の大部分が上部まで流れ出ず、内部にとどまった油がそのまま流出終了後に Frazil ice を押しのけるようにしてゆっくりと広がる。このとき Frazil ice 中に存在する水を伝って拡散する油はごく一部であり、その速度も比較的穏やかである。これらの観察の様子から、厚さ及び密度によって拡散面積 A_{oil} が変わってくると考えられる。

$\rho_f=1.08$ 及び $\rho_f=2.84$ の拡散傾向と $\rho_f=1.40$ 及び $\rho_f=2.24$ の拡散傾向は多少異なる。この原因は以下のように考えられる。図-6 に示すように、 $\rho_f=1.08$ 及び $\rho_f=2.84$ の場合の厚さはほぼ均一であり、この両者では流出箇所から同心円状に拡散している。一方、 $\rho_f=1.40$ 及び $\rho_f=2.24$ ではばらつきが大きく、Frazil ice の厚さは不均一である。このような場合は、油は Frazil ice 厚が薄い方向に向かって拡散していき、空間的にも時間的にも不連続な拡がりを見せる。このため拡散面積 A_{oil} の増加傾向に違いが見られると推測される。

図-7 は経過時間ごとの面積変化率を示したものである。一定以上の厚さを持った Frazil ice 下での油拡散において、流出油の面積 A_{oil} の増大はある時間を過ぎると急激に減少し、また面積変化率は厚さによらなくなる傾向があることが明らかになった。

5. おわりに

本研究での実験は、小規模な水槽を用いたものであり、また実験条件も限られたものではあるが、油拡散に対する Frazil ice の影響を初めてとらえることができた。今後も同様の実験を継続し、さらに検討を行う予定である。

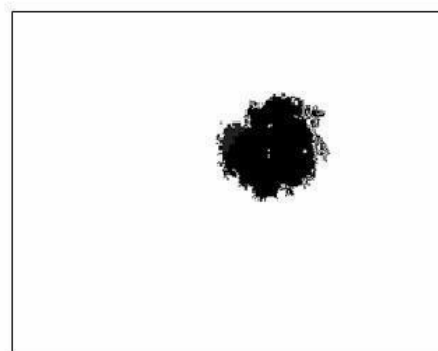


図-4 ノイズ処理画像

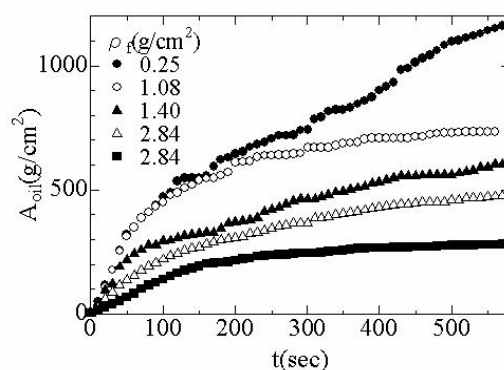


図-5 面積増加量と時間経過の関係

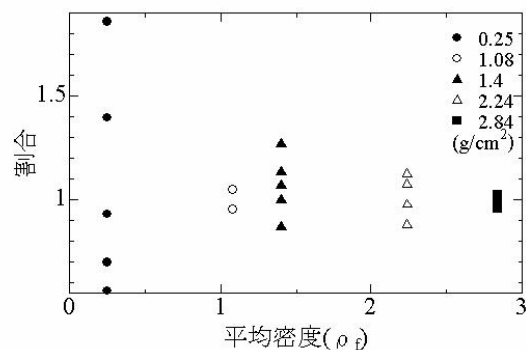


図-6 測定厚のばらつき

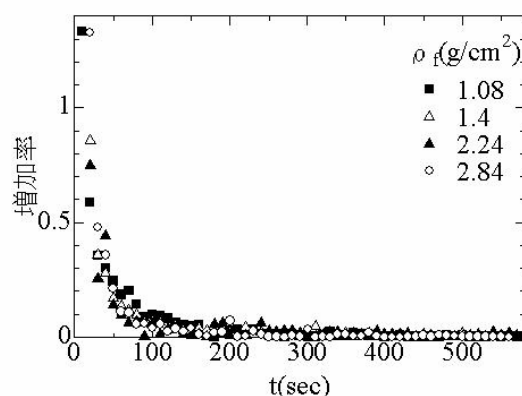


図-7 面積変化率と経過時間の関係