

Frazil ice 下での油の拡散に関する基礎的実験

岩手大学 学生会員 ○渡邊 義久
岩手大学 正会員 堺 茂樹
岩手大学 正会員 笹本 誠

1.はじめに

海氷が存在する海域で油流出事故が起きた場合、流出油の挙動は通常の海面上での拡散とは大きく異なる。連続氷盤下での油の挙動に関しては、実験あるいは数値計算により解明されつつある。しかし、氷盤に成長する前の状態、つまり Frazil ice と呼ばれる微細な氷晶によって海面が覆われている状態における油の挙動はまったく解明されていない。著者らは、油の拡散に対する Frazil ice の影響を調べるための基礎的な実験を行ってきたが、実験水槽内に均質な Frazil ice を発生させることが困難であり、実験方法の改良が必要となっていた。そこで、本研究では、従来の方法の改良を試み、また Frazil ice 下での油の挙動を観察した。

2.実験方法

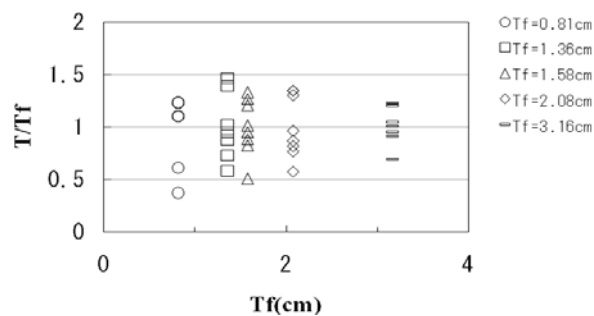
2.1 実験装置

実験は岩手大学工学部内低温実験室で行った。実験室の有効最低室温は -20°C である。水槽のサイズは $100\times 160\times 50(\text{cm})$ であり、水表面のみを冷却するために、水槽本体は木製である。海水を想定し、塩分濃度は33‰とした。水槽内に油流出用のホースを設置し、ポンプを用いて一定の速さで流出させる。油の拡がりを観測しやすいように、実験に用いる油は着色してある。水深は45cmに保ち、また水温及び室温は白金抵抗温度センサを用いて測定した。Frazil ice の厚さは任意の6~8点でスケールを用いて計測し、流出状況は水槽の上部に設置したビデオで撮影した。

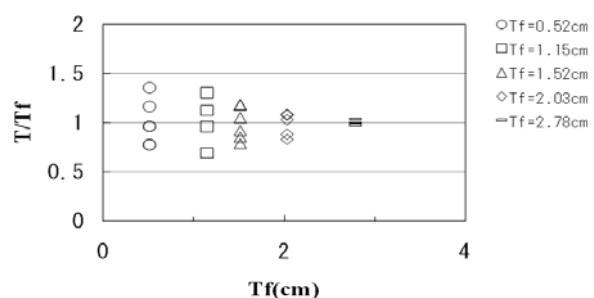
2.3 Frazil ice の発生方法

実験室内を冷却し続けると、水槽内の水が過冷却状態となり、そこに擾乱を与えると Frazil ice が発生する。水表面付近に発生する Frazil ice をできるだけ均質にするためには、擾乱も均質にする必要がある。従来は、2cm間隔で穴を開けたホースを水槽内に設置し、ポンプによってホース内に水を送り、それが穴から水槽内へ噴出する際に発生する流れによって水槽内の水を循環させた。しかし、この方法では発生した Frazil ice は不均一になってしまう。そこで、本研究では、水槽内の上下方向の循環は従来通りに送水によって発生させ、表面付近に均質な擾乱を発生させるため、微小な波動を与えた。波動は、水槽の端の水面に円柱を水平に接触させ、モーターによって円柱を上下運動させることによって発生させた。なお、実験室の室温と冷却時間を変えることで Frazil ice の量を変えた。

図-1(a)は従来型（循環流のみ）、(b)は改良型（循環流+波動）での Frazil ice の厚さの分布を示している。両図の縦軸は、6~8点での厚さをその平均値で除したもので



(a)従来型



(b)改良型

図-1 Frazil ice の厚さの分布

あり,上下のばらつきが小さいほど均質であることを意味している.従来型に比べて改良型でのばらつきはいくぶん小さくなっており,これまでよりは均質な Frazil ice が発生していると言える.

3.画像解析方法

約 600 秒の動画から約 10 秒間隔で画像を抽出し,カラー情報を破棄し,コントラストと明るさを調節した修正画像を保存する.この修正画像を用いて,画像解析プログラムによって拡散した油の面積を求めた.

4.実験結果および考察

図-2(a)は従来型,(b)は改良型での時間経過に伴う油の面積の変化を示したものである.(a),(b)ともに油の流出速度 6(ml/sec),流出時間 10(sec)とした場合の結果であり,それぞれ Frazil ice の厚さ毎に示してある.

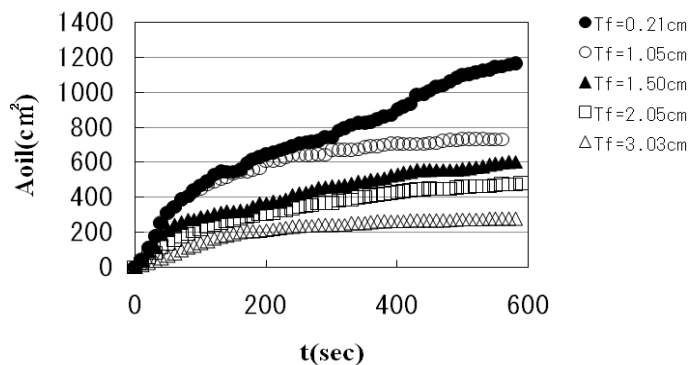
(a),(b)ともに,Frazil ice が薄いほど面積の増加率が大きく,最終的な面積も広い.これは,Frazil ice が薄い場合には,油が Frazil ice を突き抜けて水面上を拡がるのに対し,厚くなるにしたがって油は Frazil ice 下にとどまり,じわじわと Frazil ice を押しのけるように拡散していくからである.

また,(a)で最も厚い 3.03 cm でもある程度拡がっていたが,(b)の厚さ 2.78cm ではほとんど拡がらない.これは,(a)の従来型では Frazil ice が不均一であるため,Frazil ice が薄いところを通して油が水面に達し,それが水面上を拡がったのに対し,Frazil ice が均一な(b)ではほとんどの油が Frazil ice 下にとどまったためである.このような Frazil ice が厚い場合の効果は,今回の実験で始めて明らかとなった.また,(b)の厚さ 2.03cm の場合には,上記と同様に Frazil ice にとどまるが,浮力の影響で次第に Frazil ice を押しのけ,最終的には大半の油が水面上に拡がっている.

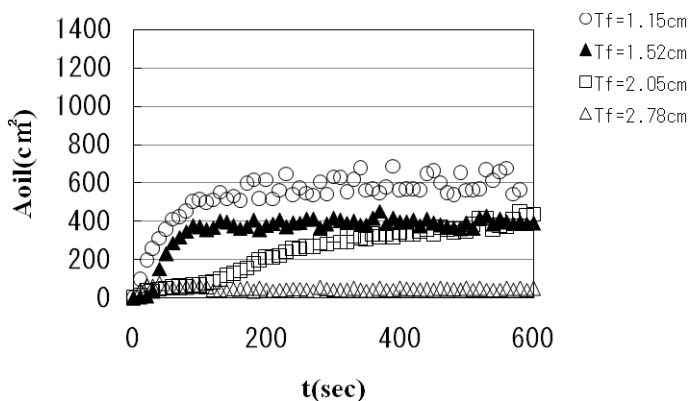
従来型での結果では,時間が充分経過した後も面積は若干ではあるが増加し続けるのに対し,改良型ではある一定の時間が経過した後は,面積はほぼ一定となる.この原因も,従来型では不均一なために Frazil ice の薄い箇所から水面へ達する油がいつまでも存在するのに対し,改良型では油の浮力によって水面上を拡がろうとする力とその周囲の Frazil ice による抗力がバランスした時点で拡がり終了したことを示している.

5.おわりに

油拡散に対する Frazil ice の影響を見るための実験において懸案であった均一な Frazil ice の発生方法について,本研究で用いた波動式によってある程度の改良が見られた.ほぼ均一な Frazil ice を用いることにより,新たな知見も得られたが,さらなる改良も必要であり,また実験データの蓄積も必要である.今後も改良を重ねると共に,実験を継続する予定である.



(a)従来型



(b)改良型

図-2 各厚さにおける面積増加量と時間経過