

海氷域における Grease Ice 下の流れ構造に関する実験的研究

Experimental Study on Flow Structure under the Grease Ice in the Sea Ice Area

北見工業大学土木開発工学科 ○学生員 奥村慎也 (Shinya Okumura)
 北見工業大学土木開発工学科 正 員 佐藤幸雄 (Yukio Sato)
 北見工業大学土木開発工学科 榎本浩之 (Hiroyuki Enomoto)

1. はじめに

現在、極海域沿岸地域で石油・天然ガスなどの地下資源開発が盛んに行われるようになってきた。このような海域での海洋事故による海洋汚染が起こった場合の汚染の把握方法については、人工衛星による追跡が有効であると考えられる。しかし、海氷種類の識別、海氷下波動場における運動予測が困難な場合が多い。これら問題に関して海氷と波動場の相互干渉の解明による海氷下の流況予測が重要な課題の一つとなっている。この様な海域の海氷の一種である Grease Ice は、基礎的研究が多く未解明な部分が多い。この Grease Ice は水表面の細かな動揺を抑え、波浪変形に大きく関連していることが知られている。

Grease Ice 下の流れ構造に関して、著者らは Grease Ice と海水層の間に波動境界層が存在することを実験的に確かめた¹⁾。この層は流速成分が通常の波動場に比べ小さく、波の進行方向とは逆方向の質量輸送が存在する。そこで、本論では Grease Ice 下の流速を測定し、水平方向流速成分の鉛直方向分布より水平方向流速成分が小さい波動境界層の存在を明確にする。また、Airy 波および Stokes 波の水平方向流速成分と比較検討する。また、波動境界層内の質量輸送について考察する。

2. 模型氷による実験

水槽は端部に消波帯を持つ長さ 21.0m、深さ 0.60m、幅 0.25m の 2 次元造波水路を使用した。また、造波装置は吸収式造波装置を使用した。流速の測定には 2 軸型電磁流速計を使用する。データの取り込みには AD 変換器を使用し、ローパスフィルターを通し高周波ノイズをカットする。一般的に Grease Ice を生成することは困難であるため、模型氷は Grease Ice の物性に近いポリプロピレン球を使用する。模型氷の比重は 0.98、直径 3.0mm である。水深を $h=30\text{cm}$ として、模型氷を 2 次元造波水路の中心に敷き詰める。模型氷の長さ 3.0m、厚さを 1.0cm、3.0cm として実験を行う。電磁流速計は、模型氷中心 1.5m の位置に設置する。各ケースの実験波は入射波の波高を $H=4.0\text{cm}$ 、周期を $T=2.0\text{sec}$ とする。測定深さは、造波した状態で電磁流速計のセンサーが界面より上方に出ない位置から測定可能な深さまでとする。測定は造波開始後、波が電磁流速計を通過し、波動場が定常状態に達した後に行う。計測された正負両方向の最大値、最小値をそれぞれの最大流速とする。ここで、波

の進行方向と同一方向の流速を正とする。周期を一定にして測定深さを変化させながら測定を行う。また、流れ構造を考察するため染料を使用する。実験条件を表-1 に示す。

表-1 実験条件

模型氷厚さ (cm)	周期 (sec)	測定深さ (cm)
1.0	2.0	-3.5-21.5
3.0		-4.5~-21.5

3. 実験結果および考察

模型氷の粒子の挙動に関しては、模型氷表面で波の進行方向と同一方向の質量輸送が見られた。その上層部に対して模型氷と水部との界面では波の進行方向とは逆向きの粒子の移動が見られた。これは実際の Grease Ice を生成して行った実験²⁾と同様の挙動を示している。また、この粒子自身の挙動も波動境界層内の流速分布および質量輸送に影響を与えているものと考えられる。図-2 に模型氷層下部粒子の挙動を示す。これはポリプロピレン球と水部の界面をビデオ撮影し、1/30sec 間隔の軌跡を示したものである。

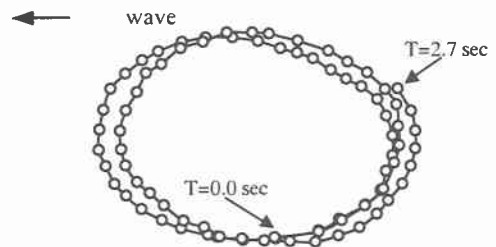


図-2 模型氷粒子の挙動

図-3, 4 に水平方向流速測定実験の結果を示す。流速分布は、計測された正負両方向の最大値を最大流速として、Airy 波および Stokes 波の流速と重ねてプロットしたものである。また、ここでは Airy 波の流速分布と線形が異なる場所を波動境界層として取り扱う。

図-3 に模型氷厚さ 1.0cm の水平方向流速の鉛直分布を示す。模型氷は波動場を表面から覆うことにより damper としての働きをして波動の動揺を抑えるが、氷厚 1.0cm の場合は damper としての効果が弱く流速分布は、Stokes 波の流速分布に近い値を示している。

図-4 に模型氷厚さ 3.0cm の水平方向流速の鉛直分布を示す。氷厚 3.0cm の方は氷厚 1.0cm に比べ damper としての

効果が大きく現れている。damper 効果により波の非線形性が弱まり氷厚 1.0cm の流速分布とは違い Airy 波の流速分布に近い値を示している。

波動境界層の厚さに関しては氷厚が薄い 1.0cm の場合に流速の変化は小さいが境界層が厚く現れているのが見られる。氷厚が 3.0cm の場合は、境界層内での速度変化が大きく現れているのが見られる。

氷厚による境界層の違いは、氷厚が厚い方が波動場表面で Grease Ice が水表面を抑える damper としての働きが大きく、境界層内の速度勾配に対し大きく影響するのが見られた。

図-5, 6 に入射波波高 4.0cm, 氷厚 1.0cm, 3.0cm, 周期 2.0sec で Grease Ice 下の質量輸送の概要を把握するために染料を使用し造波開始後から 30sec 後の状況を写真撮影した。本実験で使用されている規模の両端が閉ざされた水路では、造波開始から時間が十分経過してしまうと実際の海域のような質量輸送を再現することは難しくなるが³⁾, 時間が余り経過していない実験の初期の段階においては水表面近傍また上層部では水槽の影響を受けないと考え実験を行う。

Grease Ice 直下近傍における流速測定実験からも分かるように水平方向流速成分が小さい波動境界層が見られた。その境界層厚さは氷厚が薄い方で厚く現れている。

また、波の進行方向と逆向きの質量輸送が存在しているのも見られ、氷厚が薄い方は波の進行方向とは逆向きに進む度合いが強く現れているのが見られる。

6. 結論

本論文では, Grease Ice 下の流れ構造に関して波動境界層の存在, また, 境界層内では波の進行方向とは逆向きの質量輸送が存在することを示した。実験の結果氷厚が薄い方が Grease Ice 下の質量輸送に大きな影響を与えることが分かった。

今後、境界層内の質量輸送などを解析的に検討する場合、Grease Ice が波浪変形に与える影響と共に、Grease Ice 層内の波の進行方向と逆向きに移動する粒子の挙動も重要な要素となると考えられる。

参考文献

- 1) 奥村慎也, 佐藤幸雄, 榎本浩之: Grease Ice と波動場の相互作用による波浪変形に関する基礎的研究、海洋開発論文集, Vol.17, pp.577-582, 2001.
- 2) Newyear, K. and S. Martin., "A comparison of theory and laboratory measurements of wave propagation and attenuation in grease ice", J. Geophys. Res., 102, 25,091-25,099, 1997.
- 3) 平山秀夫: 波浪水槽中における進行波による単一粒子の残留速度に関する研究, 海岸工学論文集, 第 25 巻, pp23-27, 1978.

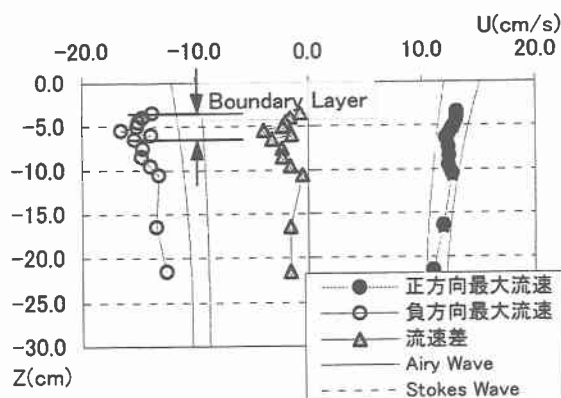


図-3 水平方向最大流速 (氷厚 1.0cm)

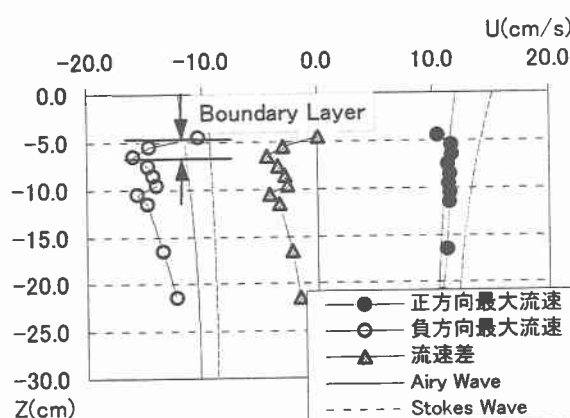


図-4 水平方向最大流速 (氷厚 3.0cm)

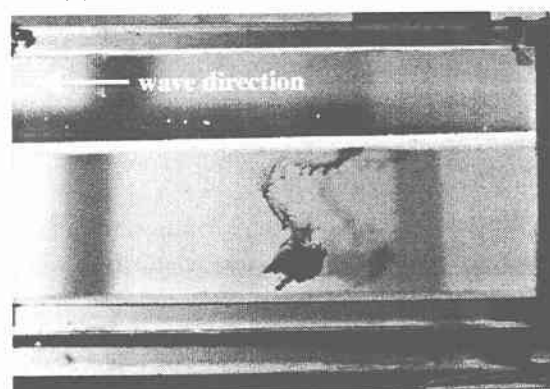


図-5 Grease Ice 下の流れ構造 (氷厚 1.0cm)

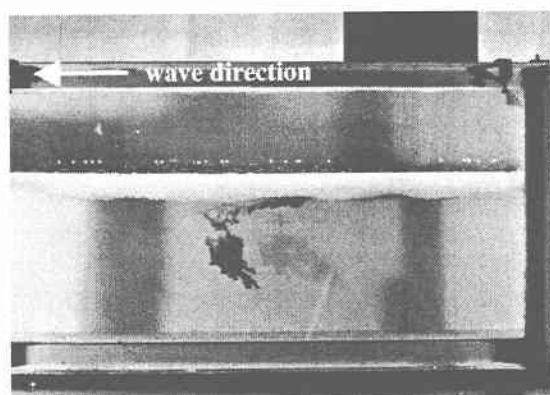


図-6 Grease Ice 下の流れ構造 (氷厚 3.0cm)