

II-44

氷板下における油拡散について

岩手大学工学部 学生員 ○松本 健司 名古屋 孝徳
正 員 笹本 誠 劉 曉東 堺 茂樹

1. 緒言

近年、ロシア領海内サハリン島北東部沖合いの大陸棚での資源開発が活発に行なわれており、石油及び天然ガスの商業生産が本格化しつつある。これに伴い我が国へのエネルギー供給元の多角化、経済の活性化などが期待される一方、この地域において油井の暴噴、パイプラインの損傷、タンカーの海難等による大規模な油流出事故が発生した場合、我が国に多大な被害を与えることになることも危惧されている。

しかし、寒冷海域に氷が存在する際、油流出事故等があった場合の油汚染の機構及びその防除方策についての研究は、通常海域における油汚染についての研究に比較すると極めて少なく、わが国に於いてはこの種の研究は皆無といっても良い。そこで、本研究では氷海水槽での実験により氷板下に流出した油拡散の基本的な特性に関する知見を得ることと目的とした。

2. 実験装置及び実験方法

実験施設は、長さ 35m、幅 6m、深さ 1.8m の試験水槽を冷凍庫内に封設した施設であり、水表面に氷板を成長させることができる。実験に用いる供試油としては、安全性及び処理等を考慮して機械用潤滑油を用いた。供試油の密度は 0.895g/cm^3 であり、供試油の拡散を見やすくするために染料によって着色をした。

実験は、表 1 に示すように油の流出量、油の流出速度、及び氷板下の形状(case1~4 は平坦、case5~8 は凹凸)を変えて行った。氷板下の凹凸を水槽内に再現するには、ある程度の厚さまで氷板を成長させた後、氷板の上に断熱材（発泡スチロール）を置いてさらに氷板を成長させ、断熱材の有無により氷板の成長に差が生ずることを利用した。

実験を解析するため、水槽の上下から油拡散の様子をビデオカメラで撮影した。また、定量的画像解析を行うために氷板上に格子状のスケールを置き、あらかじめ写し込みを行った。

3. 実験結果及び考察

・氷板下の形状が平坦な場合

写真 1 のように油は流出する点から同心円状に拡がっていく。まず、時間に対しての油拡散の面積をグラフにしたものが図 1 である。図 1 において、傾きが大きいものは流出速度が速い case である。面積は時間と共に増加し、油の流出量が多いほど大きくなった。油流出を停止するとしばらくは面積が増加するが、やがて定常状態になった。

定常状態のとき、油の粘性力は作用せず、油に働く浮力と界面張力とが釣り合っており、このことを利用して界面張力を求めることが可能となる。定常状態での面積から半径 R_f を求め、次式により界面張力 σ_n を求め表 2 に示した。



写真 1 平坦氷における油拡散の様子



写真 2 氷板に凹凸がある場合の油拡散の様子

表 1 実験条件

	流出時間 (min)	流出量 (l)	流出速度 (l/min)
case-1	10.0	38.5	3.9
case-2	6.5	27.0	4.2
case-3	20.0	34.7	1.7
case-4	15.0	22.9	1.5
case-5	30.0	30.9	1.0
case-6	10.0	11.0	1.1
case-7	12.0	17.1	1.4
case-8	15.0	28.6	1.9

$$\sigma_n = \frac{\Delta \rho g V^2}{2\pi^2 R_t^4} \quad (1)$$

この結果、どの case も界面張力 σ_n は 0.045N/m 程度の値となった。このことは、平坦氷下の油流出では、界面張力と油の流出量と密度から油の拡散範囲を推定することができることを示唆している。

・氷板下に凹凸がある場合

写真 2 のように氷板下の形状が平坦の場合と明らかに異なり、油は不規則に拡散していく。図 2 は超音波変位計により氷板下の凹凸を計測したものであり、凹凸の特徴を知るためにスペクトル解析を行ったのが図 3 である。ここで氷板下の凹凸と油拡散の面積との関係を考える。図 4 は油の流出量と油拡散の面積をグラフにしたものであり、この図から同じ油の流出量でも凹凸が異なると流出面積に違いが出てくるのがわかる。ここで氷板の凹凸の特徴を数値的に知るために、 n 次のスペクトルモーメント m_n を用い、次式より 1/3 最大振幅 $A_{1/3}$ と平均的な波長 L を求めた。この結果を表 3 に示し、凹凸の特徴と油の流出面積がどのような関係があるかをみた。

$$A_{1/3} = 4\sqrt{m_0} \quad (2) \quad L = \sqrt{m_0/m_2} \quad (3)$$

図 4 と表 3 より、 L の値の変化による図 4 の油の流出量と油拡散の面積の関係は説明できない。図 5 は、規則的な凹凸に溜まる油を模式的に表したものであり、同一振幅であれば、 L に関わらず凹凸に溜まる油の量は等しくなる。実際の氷板は不規則な波長であり一概にはいえないが、 L の値は油の流出量と拡散面積の関係に大きく関わることはないといえる。一方、 $A_{1/3}$ の値が同一 (case-5 と 6) であれば油の拡散面積は同じ程度になる。また、case-5、case-6 に比べて $A_{1/3}$ の値が大きい case-7 では、油の拡散面積は小さく、case-8 ではさらに小さくなる。つまり、氷板下の凹凸の 1/3 最大振幅が大きくなれば、油の拡散面積は小さくなるのがわかる。

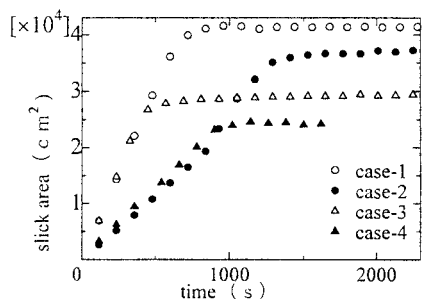


図 4 凹凸のある時の油の流量と面積の関係

表 3 凹凸の平均的波長と 1/3 最大振幅

	L (cm)	$A_{1/3}$ (mm)
case-5	2.502	7.068
case-6	2.823	6.779
case-7	2.473	8.49
case-8	3.73	12.89

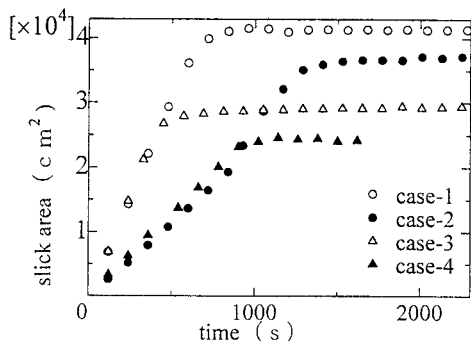


図 1 平坦氷における油の面積と時間の関係

表 2 油の流量と半径と界面

	V (cm³)	R_f (cm)	σ_n (N/m)
case-1	38465.7	114.8	0.0441
case-2	22923.9	87.7	0.0463
case-3	27003.7	97	0.0429
case-4	34968.8	108.7	0.0457

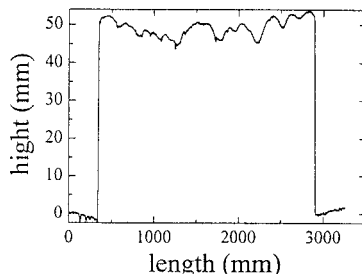


図 2 超音波計測による氷板下の凹凸

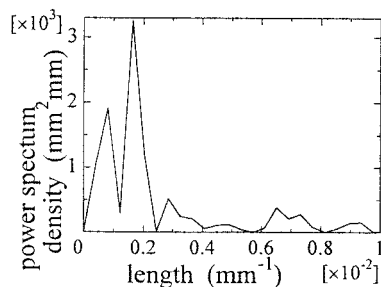


図 3 凹凸のある氷板のパワースペクトル

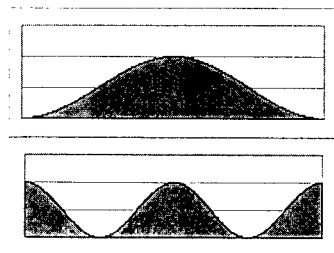


図 5 規則的な凹凸に溜まる油の量