

不規則な氷下面形状での油拡散過程に関する水理実験

岩手大学工学部 学生員 ○佐藤 潤一
岩手大学工学部 学生員 松崎 義孝
岩手大学工学部 正会員 小笠原敏記
岩手大学工学部 正会員 堺 茂樹

1 緒言

近年、サハリン島北東部沖合の大陸棚における石油および天然ガスの生産が本格化しており、それに伴う油流出事故が危惧されている。もし、油の流出が発生すると、流出油が東カラフト海流により南下するため、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と考えられる。冬期間、この海域は氷に覆われるが、この時期に油流出が発生した場合、流出油は氷盤下に拡がり、さらに海流の影響を受けることが想定されることから、氷盤下に拡がった油層に対する流れの影響を検討する必要がある。氷盤下に拡散した油の拡散現象の基本となる平坦な氷盤下の油拡散に対する流れの影響については、堺ら（1999）で報告した。ここでは氷盤下の形状に着目し、凹凸のある氷盤下の油拡散に対する流れの影響について検討する。

2 実験装置及び実験方法

実験は(独)海上安全技術研究所の氷海船舶試験水槽に於いて行なった。本施設は長さ 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、水表面に氷盤を生成させることができる。供試油としては安全性及び処理などを考慮して、機械用潤滑油を用いた。

水槽の断面が大きく、定常な流れを発生させることが困難なため、曳引台車により所定の速度で氷盤を移動させることにより、相対的な定常流を発生させた。流速は 5, 10, 20, 30cm/s とし、いずれの場合も静止状態から一定速度に達するまでの加速度は、0.005G である。油層の運動は、図-1 に示すように氷盤の直上に設置したビデオカメラにより記録した。なお、定量的な画像解析のために格子状のスケールを置き、あらかじめ写し込みを行なった。

実際の海域では、氷盤底面にはさまざまな規模及び形状の凹凸が存在するが、本研究では単一の円形凹部の影響を検討した。なお、冷却途中から円形の断熱材を氷盤上に置くことにより、氷盤下に凹部を形成させた。凹部の体積は約 2,000cm³と約 11,000cm³の 2 種類、油量を 500, 1,000, 2,000 cm³として、凹部に貯留した油が流れによって凹部から流出する過程を調べた。

3 実験結果及び考察

(1) 油量・流速・凹部の体積の違いによる油層の拡散挙動

図-2 および 3 は、それぞれ凹部の体積が 2,000cm³および 11,000cm³の場合の油量と流速、油層の変形の様子を表したものである。流速が遅い(5cm/s)場合、油層は変形しない。流速が大きくなり、10cm/s になると油層は変形する。流速が 20cm/s になると、油量が多いものほど油層が分裂し、凹部から平坦部に流出する。流速が 30cm/s では、油量によらず油層は分裂し、流出する。

油の流出量は、凹部の体積と油量によって異なり、流速 30cm/s・体積 2,000cm³の小さい凹部の場合、全て流出したのに対して、流速 30cm/s・体積 11,000cm³の大きい凹部の場合、半分しか流出しなかった。

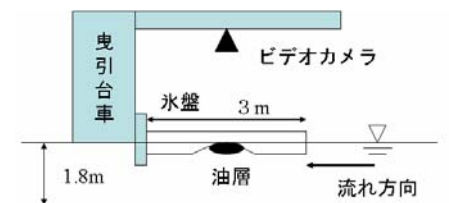


図-1 油層の運動の撮影方法

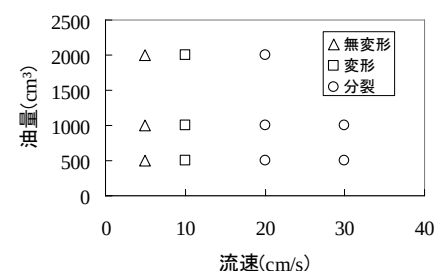


図-2 体積 2000cm³の凹部での油量と流速、油層の変形の関係

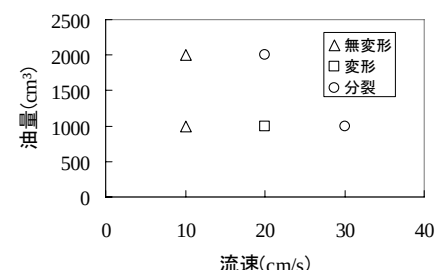
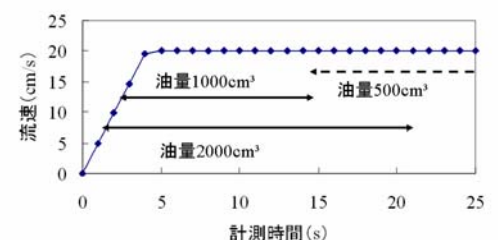


図-3 体積 11000cm³の凹部での油量と流速、油層の変形の関係



(ア)体積 2000cm³の凹部、流速 20cm/s の場合

次に油層が凹部から移動した場合の油層の拡散過程について検討する．図-4 は流速の時間的な変化と油が凹部から流出した時間帯を示しており，(ア)，(イ)は体積 $2,000\text{cm}^3$ の凹部を有する氷盤で流速が 20cm/s ， 30cm/s の場合であり，(ウ)，(エ)は体積 $11,000\text{cm}^3$ の凹部でそれぞれ流速が 20cm/s ， 30cm/s の場合である．図中の実線の矢印は，油層が連続的に拡散している時間を表す．また，点線の矢印は油層が断続的に拡散している時間を表す．図から油量が多いほど流出時間が長いことが分かる．また，凹部の体積が $2,000\text{cm}^3$ の場合，油は凹部から連続的に流出するのに対して，凹部の体積が $11,000\text{cm}^3$ では油は凹部から連続的ではなく，断続的に流出することから凹部の体積が大きいほど油は流出しづらいことが分かる．

(2) 油層の拡散過程における加速度の影響

実験では，加速度 $0.005G$ で静止中の氷盤を運動させているため，初期状態から数秒間は油層に力が加わった状態となっている．図-4 はほとんどの場合，加速度が発生している時間帯に油が凹部から流出していることを示している．従って，本研究で目的とする一様な流れの効果を検討する上では適切な実験条件とはいえない．そこで，以下のような検討を行った．

(3) 定常な流れにおける油層の移動

定常な流れによる油層の拡散の挙動を見るため，油を流出させる初期位置を凹部内にせず，図-5 で示すような凹部の上流側の平坦な部分に油を流出させ，加速度が作用している時間帯に油を凹部に移動させ，定常な流れによってのみ凹部から油が流出するように設定した．なお，この実験で用いられた氷盤の凹部の体積は約 $5,900\text{cm}^3$ である．

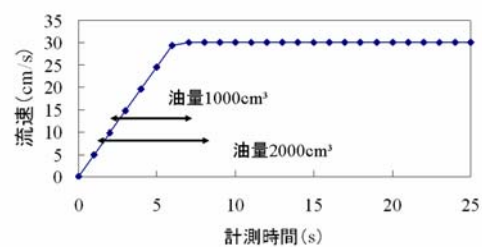
図-6 は，凹部からの油の流出に対する油量と流速の影響を示したものである．流速は 10 ， 20 ， 30 cm/s としたが， 10 cm/s の場合は加速度が作用している間には凹部に移動しなかったため，凹部からの流出の有無を検討できたのは，流速 20 ， 30 cm/s の2 ケースのみである．流速が 20cm/s の場合，油量に関わらず流出は生じなかった．また， 30cm/s の場合，油量が多いと凹部内での油の形状の変形が激しくその一部が分裂し流出する．また，油量が少ない場合は油層全体が一気に流出してしまった．以上のことから，一様な流れの場では凹部からの油の流出は油量及び流速によって大きく異なることが明らかになった．

4 結論

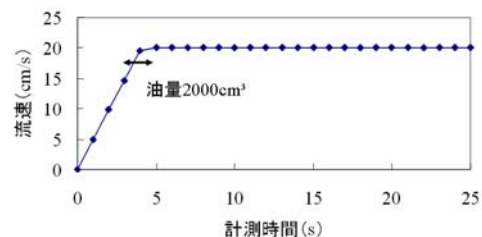
本研究での初期の実験では，実験装置の制約から生じる加速度の影響が大きく反映されていた．この点を改良した実験においては，凹部からの油の流出には流速及び油量が影響していることが明らかになった．しかし，凹部の体積などの影響はいまだ未解明であり，今後この点の検討を進める予定である．

参考文献

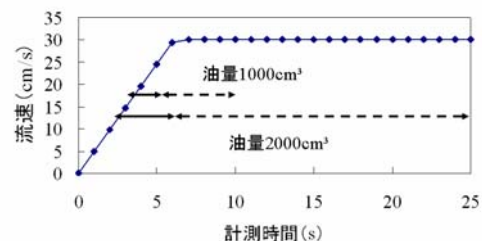
堺茂樹・花井宏太・笹本誠・金田成雄・泉山耕 (1999) : 氷板下での油拡散に及ぼす流れの影響に関する実験的研究，海岸工学論文集，第46巻，pp.1076-1080.



(イ) 体積 2000cm^3 の凹部，流速 30cm/s の場合



(ウ) 体積 11000cm^3 の凹部，流速 20cm/s の場合



(エ) 体積 11000cm^3 の凹部，流速 30cm/s の場合

図-4 凹部・油量・流速の違いによる
油層の拡散の時間的推移

(図中の実線は連続的に拡散，点線は断続的に拡散)

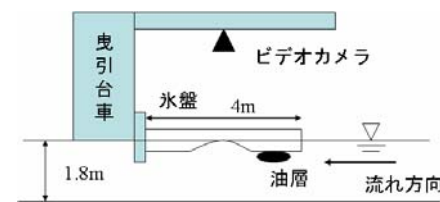


図-5 加速度の影響の検討に用いる油層の
初期位置

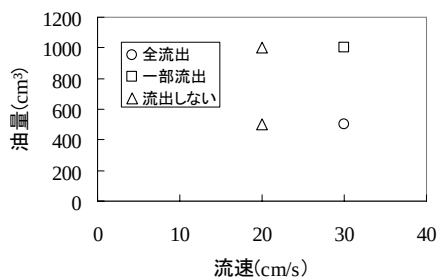


図-6 加速度の影響を受けない場合の油の
流出量に対する油量と流速の影響