波浪中での流出油の回収

装備部　＊山之内　博、上田　浩一、　疋田　賢次郎

１．まえがき

１９９７年1月、冬の日本海においてロシア船籍タンカー”ナホトカ号”が沈没、船首が漂流し、福井県の海岸に漂着したことは記憶に新しい。一般に、外洋で大量の油流出事故が起きた場合、油が海上にある間に回収できれば、その処理にかかる経費は、海岸に油が漂着した場合にかかる経費に比べ１０分の１以下ですむと言われている。現存する油回収船は、主に港内における油の流出事故に対応するために開発されたものがほとんどで、波高が３０ｃｍを越えると油の回収性能が極端に悪くなることが知られている。本研究は、外洋における高波浪中での油回収作業が可能な船舶の開発を目指して開始された。

本研究では、外洋の高波浪中での油回収作業を想定し、船長７０m、船幅２４m、喫水２．５mで、その作業船内に油の回収作業を行うために必要な、静穏な水面を作り出すバージ型船舶を想定し、模型船によりその性能を調べ、波の波長が船長に比べ小さい場合には、波の力により油が作業船内に取り込まれ油の回収作業が可能であることがわかった。また、液面の上下に対応した吸引口の位置制御装置を備えた負圧吸引方式による油回収装置の性能について調べた。

２．実験に使用した模型船

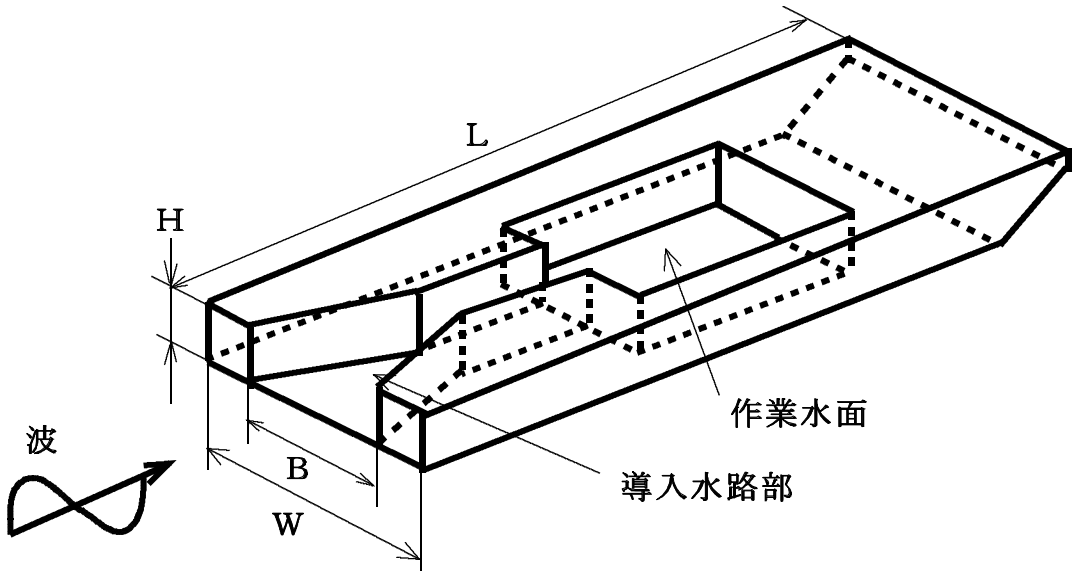
実験は、図－１に示すアクリル製の模型船を使用して行った。模型船の主要寸法を表－１に示す。先ず、実物の 1/53 縮尺模型船を、幅 45 ｃmの造波機を備えた回流水槽に浮かべ、波による模型船の動きを観察し、油を回収するための作業水面の水位の変化を観察した。作業水面には、静穏化のために図－２（ａ）に示す種々の付加構造物を取り付け、付加構造物の違いによる作業水面での消波効果と導入水路の流れの状態を調べた。付加構造物としては、一定間隔においた水平板、３０度または６０度の傾斜板と垂直板を組み合わせた傾斜格子、（これを逆向きに使用して 150 度と 120 度の傾斜格子として使用、）垂直板を組み合わせた垂直格子を作製した。アクリル製模型の導入水路部には 3mm 厚さの底板が取り付けてある。作業水面として示した区画には底板がなく、水は自由に上下できる。付加構造物のうち水平板は、これを保持している 2 本の角材の底面が、模型船の底面に一致するように取り付けた。また、傾斜格子と垂直格子については、各格子の底面が模型船の底面に一致するように取り付け、格子の上端は模型船の喫水線よりわずかに低い位置になるように取り付けた。

次に、実物の 1/20 縮尺模型船に図－２（ｂ）に示す付加構造物を取り付け、佐賀県伊万里市の海洋開発技術研究所（株）において、造波装置を備えた長さ 23 m、幅 13 m、深さ 1.2 mの水槽を使用して、水面に油を浮かべ所定の波を起こした状態で、模型船を一定速度で曳航することにより波浪中での作業船への油の取り込み状況と作業水面での保油状況を調べる実験を行った。

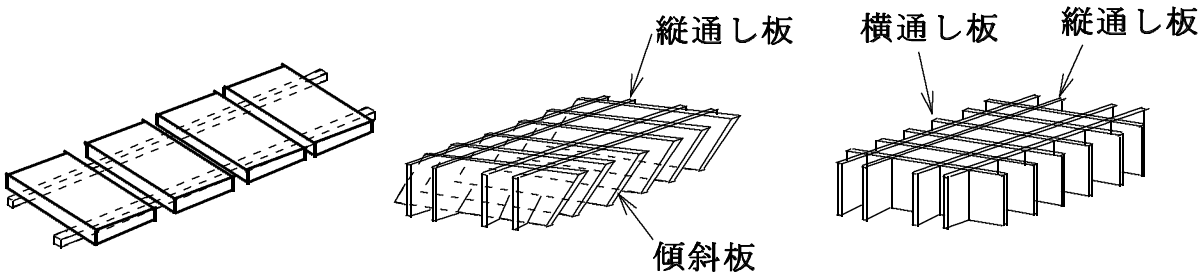
図－３に波の進行方向と付加構造物の設定角度を示す。波に向かう方向を 0 度とし、上向きに角度を増加させている。

模型の大きさ	L（ｃm）	W（ｃm）	H（ｃm）	B（ｃm）	喫水（ｃm）
1/53 縮尺模型	131.2	44.7	9.4	30	4.7
1/20 縮尺模型	350	120	25	80	12.5

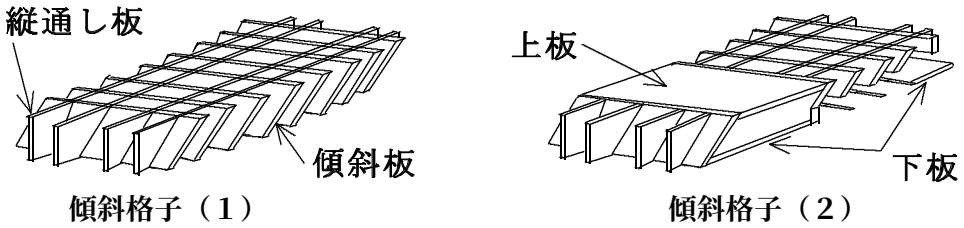
表－１　アクリル製模型船主要寸法



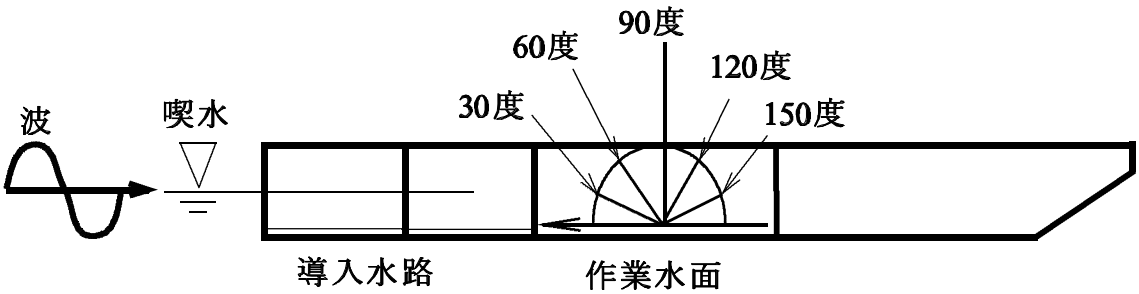
図－１　アクリル製模型船



図－２（ａ）　1/53 縮尺模型用　付加構造物



図－２（ｂ）　1/20 縮尺模型用　付加構造物



図－３　付加構造物の角度の設定

３．実験結果

模型船前方での波高と模型船内の作業水面中央での波高の計測を、それぞれ静電容量式波高計（KENEK)と、導電式波高計（VC-504)を使用して行った。それぞれの位置で計測した波高計記録の例を図 4-1、図 4-2 に示す。図 4-1 、4-2 の実験条件は、作業水面に 150 度の傾斜格子を入れ、波の周期 0.7 秒で回流水槽に流れの無い場合の計測結果である。横軸に計測時間を示し、縦軸に波高の変化を示している。

作業水面の付加構造物を変えて波高の計測を行い、作業船前方での波の最大振幅に対する、作業水面中央での波の最大振幅の比を図 5-1 に示す。この時の実験条件は、波周期 0.7 秒で流れの無い場合である。また、図 5-2 に、波周期 0.7 秒で回流水槽に平均流速９ｃｍ／秒の流れを与えたときの最大振幅の比を示している。

計測された波高の変化を作業船前方での波高と、作業水面中央での波高の最大振幅の比として表したグラフから見ると、作業水面内の付加構造物角度が０度から 30 度で値が小さく 150 度の角度でも値が下がっていることがわかる。波高の計測にあわせて記録したビデオ画像(V-1 ～ 8) を参考にすると、導入水路を流れてきた水は、波の働きによる作業水面の水位の上昇とぶつかり、流れを妨げる。この水のぶつかり合いが、付加構造物の無い場合や 30 度、60 度、90 度の格子を取り付けた場合に顕著に見られる。水平板を取り付けた場合には、この水のぶつかり合いは顕著ではないが、水平板の隙間のところで上下方向の大きな流れが見られ、油を保持する事が難しい。150 度の傾斜格子の場合は、流れが作業水面にスムーズに流れ込み、着色灯油を使用した結果では、油が傾斜格子に保持されて

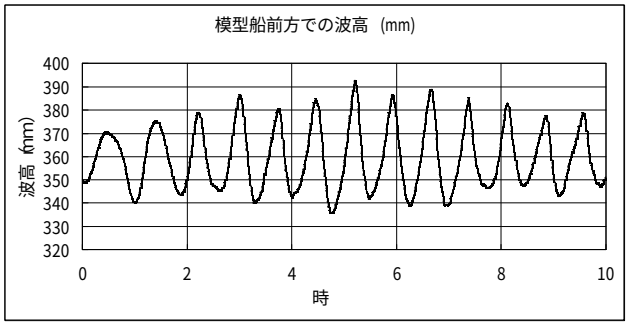


図４－１　模型船前方での波高

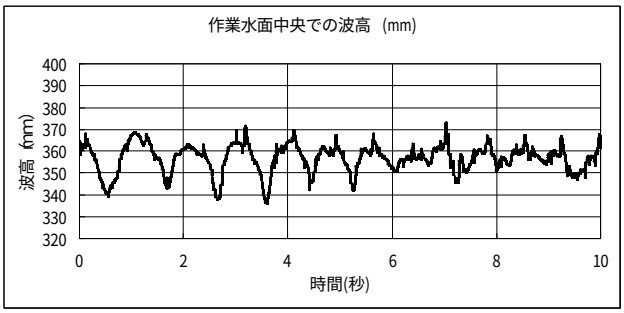


図４－２　作業水面中央での波高

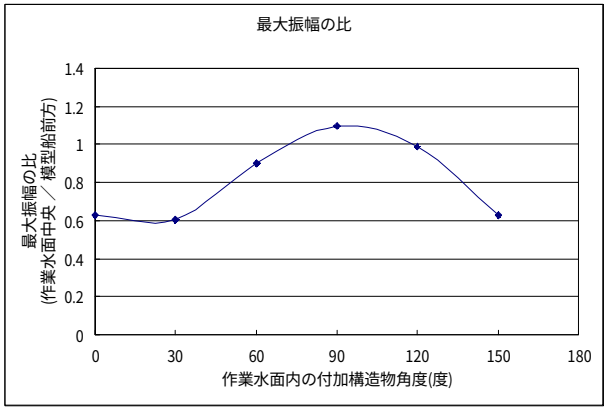


図５－１　波高の変化(最大振幅の比)
波周期：０．７秒、流れ無

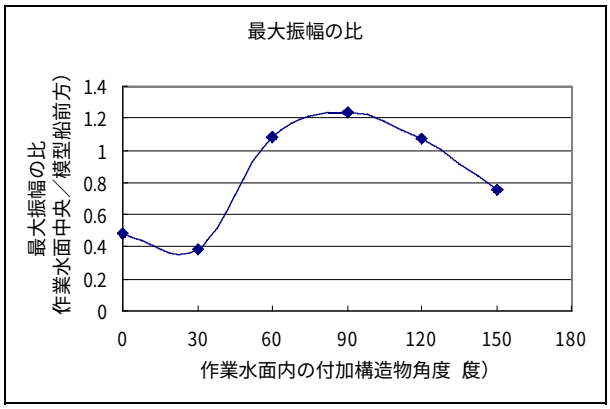
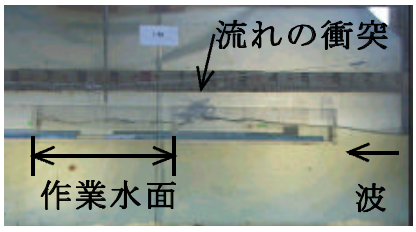
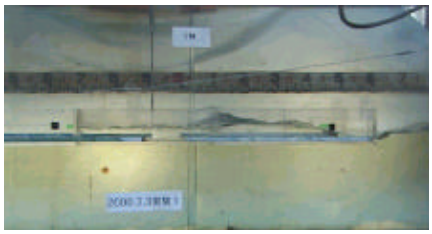


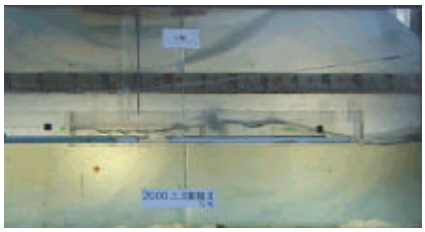
図５－２　波高の変化（最大振幅の比）
波周期：０．７秒、平均流速：9cm ／秒



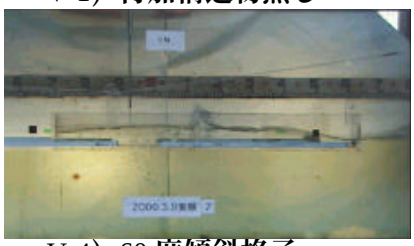
V-1）付加構造物無し



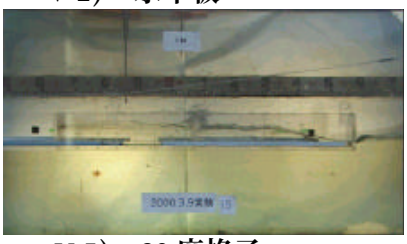
V-2） 水平板



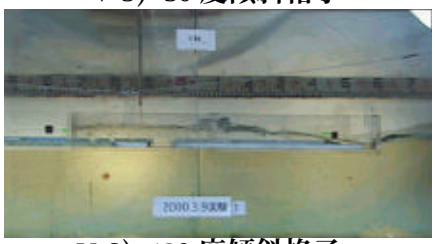
V-3）30 度傾斜格子



V-4）60 度傾斜格子



V-5） 90 度格子



V-6）120 度傾斜格子

V-7）150 度傾斜格子

V-8）150 度傾斜格子(着色灯油)

いることが分かる。ただし、この場合でも、作業水面の入り口付近では、上昇した水面のために大きな下向きの流れが起き、一部の油粒が下方へ流出するため、油の捕集効率を上げるためには作業水面入り口付近の流れについて検討する必要がある。

模型船周りにある浮遊油層の模型船への取り込み状況を調べるために、1/20 縮尺模型を使用したビデオカメラでの観察を行った。先ず、40 リットルのC重油（6° Cで粘度 2900mPs、比重 0.96)、または着色した潤滑油（6° Cで粘度 1300mPs、比重 0.92）を水槽中央の水面につり下げた直径 2.91 mのリング内に注ぎ、この油層に向けて模型船を 15cm/秒で曳航した。保油用のリングは曳航開始直前に水面から引き上げた。図－２（b）の傾斜格子（１）を使用した実験では、向かい波で波の波長が船長以下の場合に作業船への油の流入が見られた。傾斜格子（２）では、波の波長が船長以上になると油の流入が難しいことがわかった。ビデオの記録からは、波の波長が長くなると波により船体がピッチングを起こし、作業船の導入水路にある水が前方へ勢いよく流れ出る現象のために、油が船体から離れ油を作業船へ取り込めなくなる。平水中では、浮遊油層は船の造波による前面での水面上層のために曳航だけでは取り込めないので、掻き込み水車（水面掻き込み速度 0.5 ～ 1m/秒）を使用して取り込めることを確認した。

水面にセンサーの針が接触すると、電流がセンサーの針を流れ位置制御を行う方式で、液面の上下に対応した吸引口の位置制御を行う負圧吸引方式による油回収実験装置を、1/20 縮尺模型船に取り付け実験を行い、位置制御を行うことにより回収油水中の含水率を少なくできることを確認した。

４．結論

高波浪中での油回収を行うためには、作業船内部に油を誘導し、静穏化した作業水面を作る必要がある。改善すべき点は多々あるが、傾斜格子を備えた模型船を試作し実験を行い、向かい波で船長より波の波長が短い場合には、作業船へ油が取り込まれ、油の回収ができることを確認した。