

41 ムーンプール型油回収船の開発

海洋開発工学部 * 山川賢次、原 正一、星野邦弘、湯川和浩
装 備 部 山之内 博、疋田賢次郎
東 京 大 学 影本 浩、木下嗣基、丸 亀 力
日本サルヴェージ㈱ 小松正博

1. まえがき

冬季の季節風による荒天下で、1997年1月に日本海でロシア船籍のタンカー「ナホトカ号」の海難が発生した。船体が折損・分離し、船尾側が沈没、船首部が積荷の重油を流出しながら漂流して海岸に漂着した。ナホトカ号からの重油流出量は、約8,600klと推定され、鳥取県から新潟県まで日本海沿岸を広範囲にわたって汚染し、わが国で最大規模の海洋汚染となった。

この重油流出事故で、海岸に打ち上げられた油の除去がいかに困難な作業であるかを、あらためて認識させられた。不幸にしてこうした事故が発生した場合には、可能な限り流出油が海岸に漂着する前に洋上で回収することが肝要である。

この研究は、「流出油の回収システムに関する研究」において、波浪中の海面に浮遊する流出油を波浪低減の処置を施した作業水面（ムーンプール）に取り入れて、機械的な回収装置を用いて直接回収する方式の油回収船と油捕捉水面の静穏化（波浪低減）技術の開発である。船舶試験水槽（清水）の実験で静穏化、油を散布できる水槽では、浮遊する油の取入及びムーンプールに取り入れた油の波浪中での回収性能に関する実験を行った。その結果あきらかとなった問題点を改良して、波浪中に漂う油を取入れて、静穏化し、回収するコンセプトの可能性を実験的に検討した。図1に流出油回収時の概念図を示す。

2. 実験方法

2. 1. 使用施設

実験は、当所の動揺水槽（長さ 50m×幅 8m×水深 4.5m）、三鷹第三水槽（中水槽、長さ 150m×幅 7.5m×水深 3.5m）で実施した。重油を用いた実験

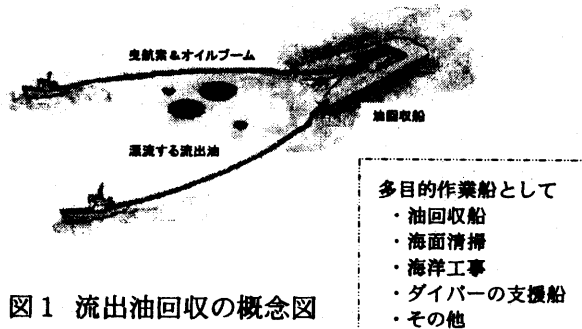


図1 流出油回収の概念図

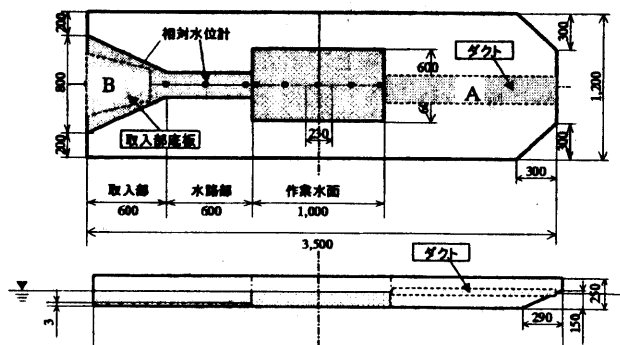


図2 油回収船模型

は、(株)海洋開発技術研究所の海洋水理実験水槽（長さ 23m×幅 13.6m×水深 1.2m）で実施した。

2. 2. 供試模型

1) 船体形状

供試模型は、全長 3,500mm×全幅 1,200mm×型深さ 250mm、船体中央部に長さ 1,000mm×幅 600mm のムーンプールを設けた箱型台船である。船尾に漂流物の取入部を設け、水路部を経て水面がムーンプールに通じるものとした。取入部と水路部には船底と同一面の底板を設けた。油回収船模型の形状及び寸法を図2に示す。縮尺は想定される実機の 1/20 とした。

2) 波浪低減用のアタッチメント

波浪低減のため、表1に示す 11 種類のアタッチメントを用いた。

表1 波浪低減効果を検討したアタッチメント

	取付箇所	アタッチメント
A	船尾	水面下の堰
B	導入部・水路部	底面の孔
C	導入部・水路部	多孔床
D	ムーンプール	フランジ L 型 I 型
E	ムーンプール	水面下の仕切板 (垂直)
F	導入部	水面下の傾斜板
G	ムーンプール	消波壁
H	ムーンプール入口	傾斜堰
I	ムーンプール	スリット付の底板
J	ムーンプール	水面下の傾斜板
K	導入部	底板除去

2. 2. 計測項目

計測項目及び計測機器を表1に示す。

入射波は、模型の前方(造波装置側)約 4m で計測した。船体運動は、船体に固定した 2 点の LED の 2 次元運動を PSD カメラにより計測して、Surge、Heave、Pitch 運動の解析を行った。相対水位は、取入部及び水路部で 5 点、ムーンプールで 5 点を船体中心線上で計測した。船尾の相対水位計から順に①～⑩と番号を付す。相対水位計の配置を図2

の油回収船模型に●印で示した。また、油回収装置模型を搭載した実験および重油を使用した実験では、ムーンプールの中心部(油回収装置の前面)の相対水位を超音波水位計で計測した。

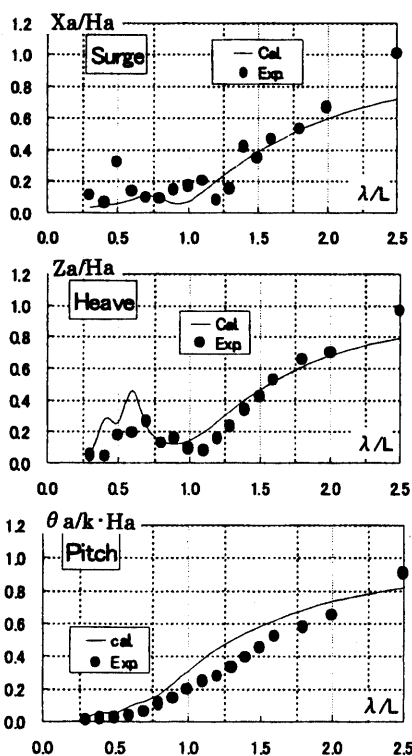


図3 船体の動揺応答

3. 試験結果及び考察

3. 1. 船体運動

油回収船の規則波中でムーンプール内に波浪が直接入り込む追波状態の船体運動を図3に示す。●の記号は波浪低減用のアタッチメントのない状態の実験値で、実線は三次元特異点分布法による計算値である。横軸は波長-船長比 λ/L で、縦軸は前後揺れおよび上下揺れは入射波の振幅で、縦揺れは最大波傾斜で無次元化した値である。

3. 2. 相対水位の応答

船内に取入れられた水塊は、図4に一例を示すように、取入部と水路部の底板による浅水影響と付加物によって変形する。(相対水位計の番号を○数字で示す。)したがって、水位変動の評価を振幅と周期の情報で行うのは適当でないと考えられるので、パワースペクトルの0次のモーメント m_0 に相当する分散で取扱うこととし、相対水位の分散を入射波の分散で無次元化して検討した。

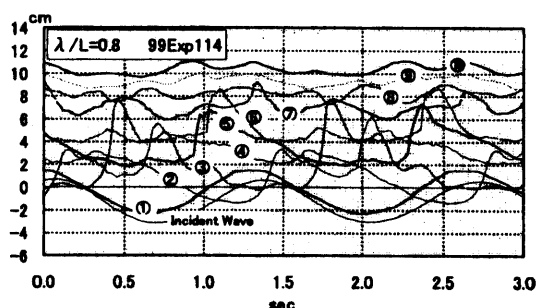


図4 取入部からムーンプールまでの相対水位波形の時系列

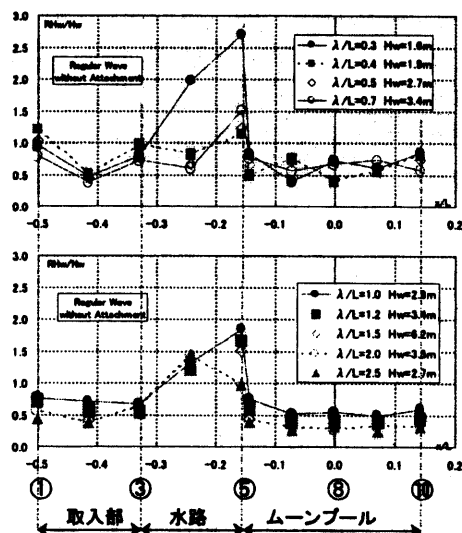


図5 相対水位応答の分布 (静穏化前)

1) 波浪低減の目標

海象条件の最も厳しい冬季の日本海の最多出現波浪は、有義波高2～3m、有意波周期6～8秒である。この波浪中で稼動可能な値として、取入部からムーンプール入口までの相対水位変動を1程度に、油回収装置が作動するムーンプールの中央部で0.3程度を波浪低減の目標とした。

波浪低減用アタッチメントのない状態の相対水位の応答を図5に示す。横軸は、ムーンプールの中央（船体中央）を原点とする各水位計の座標 x を船長 L で無次元化した値で、船尾の取入部からムーンプールの最前部までの分布として相対水位の応答を表した。船長で無次元化した波長 $\lambda/L=0.3 \sim 2.5$ に対する応答を2枚の図に分けて示した。図の下方の丸印の数字は相対水位計の番号である。取入部に入った水塊は、水路の入口の相対水位計③の位置で絞られ、水路に流れ込み相対水位計④、⑤の位置ではムーンプール内からの反射波と干渉して⑤の位置で最も高い値となる。この現象は、波長が長くなるにしたがって低減する傾向がある。

2) 波浪低減効果

アタッチメントC、F、G、Hを用いた不規則波中の実験結果を図6に示す。図中の●印は取入部を波上向きとした状態、▲印は取入部を波下向きとした状態である。この図から静穏化の目標は、ほぼ達成できたものと見なされる。

3) 油を使った実験

重油を浮遊させた水槽実験を行うにあたって、油回収装置を搭載するため、波浪低減用のアタッチメント（表1のF、H、I、J）の配置を図7のように変更した。図8に油回収装置が作動するムーンプール中央部の相対水位変動の波長の変化に対する応答を示す。○印は波浪低減処置を施さない図5の値で、●印は図7の配置に対する応答である。▲印はムーンプールに重油を取込んだ状態の応答、△記号は重油のない状態の応答である。△、

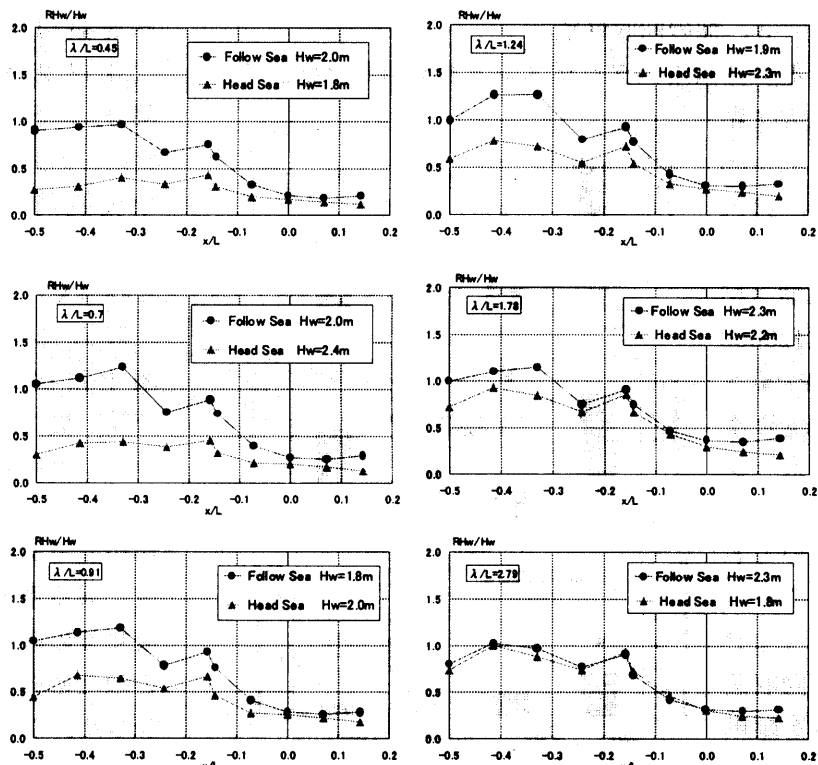


図6 相対水位応答の分布（静穏化後）

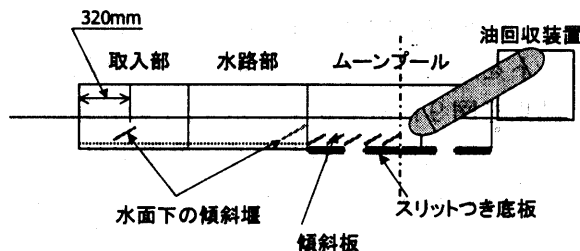


図7 油回収装置とアタッチメントの配置

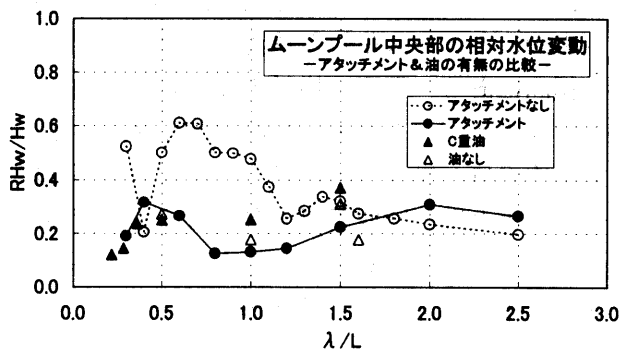


図8 相対水位の応答（ムーンプール中央部）

▲印の値が大きくなっているのは、重油の拡散を防ぐため用いたオイルフェンスによって模型船の動揺が拘束されて相対水位が大きくなったものと考えられ、この点は十分改良は可能である。

以上の結果、静穏化に関しては目標を達成したものと見なすことができる。

3. 3. 油の回収性能

波浪低減用アタッチメントを装着した状態でC

重油(粘度4300mPa・s)及びムース化油(粘度120000mPa・s)5.7kgを予めムーンプールに注いでおいて波浪中で1分間回収装置を駆動して回収

量を計測した。 図9 油の回収性能

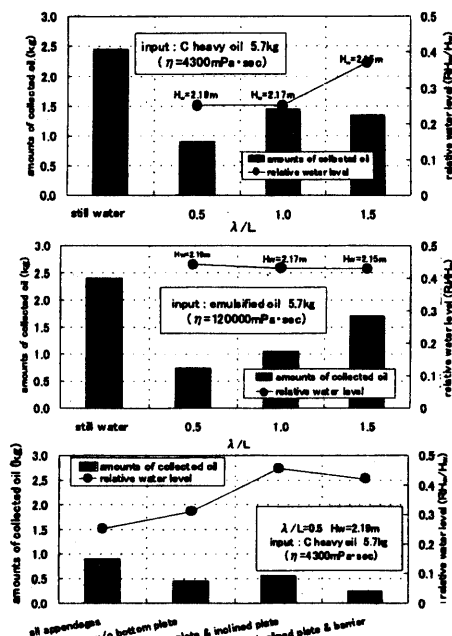
また、C重油(粘度4300mPa・s)を用いて、アタッチメントを順次外した場合の回収量も計測した。その結果を図9に計測結果を示す。上の2図から、平水中での回収量が最も大きく、静穏化が良好であるほど回収効率が高くなることから分かる。波浪中では回収装置の前面(ムーンプール中央部)の静穏の程度が一定であれば、波長が長くなるにしたがって回収量が大きくなる傾向がある。C重油(上図)とムース化した重油(中図)ともに類似の傾向にある。下図は横軸の左から右に向かってアタッチメントを除去した時の回収量である。相対水位の値と見比べるとバラツキはあるが静穏化の低下とともに回収量が少なくなる傾向である。

油回収装置は、幅240mmのネット(5mmメッシュ)のネットコンベアを使用した。

3. 4. 浮遊油の取入れ

浮遊する油を取入れるため図2の模型船を船尾の両舷から索を取って曳航実験を行った結果次のことが得られた。

平水中で取入部の前面に死水域が生じてムーンプールに流れ込まない。このためムーンプールから船首の間に貫通する幅200mm×高さ60mmのダク



トを設けた(図2のA部分)。その結果、平水中の曳航時の取入が可能となった。

取入部を波上に状態

では、模型船の前面に死水域が生じて流れ込まない。波下に向けた状態では、回折波に漂う浮遊物を取込むことになる。波長が短い領域では取込みが可能であるが、波長が長い領域では、縦揺れが波に乗る形となり、浮遊物は取込部と船外とを往復するのみで、波下に向けても取込みできない。このため模型船の取入部の底板(図2のB)を除去した。この結果、船体運動の影響を受けることなく浮遊物を水路部の入口まで引き寄せることができた。更に取入れを促進するために、動力水車を水路部に設置した。これによって、微速で曳航しながらのムーンプールへの取入れを促進することができた。写真1に取入れ状況を示す。トレーサーとして直径22mmのスーパーボールを用いた。

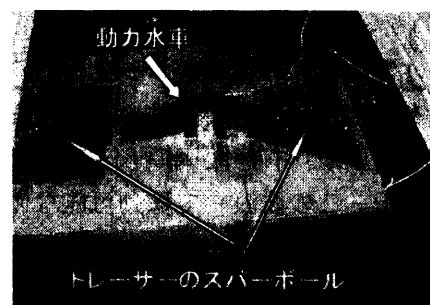


写真1 波浪中における浮遊物の取入実験

4. まとめ

箱型台船にムーンプールを設けて、波浪中に浮遊する油を取込んで静穏化して機械的装置で回収するコンセプトについて、模型実験によって検討した結果、浮遊油の取込み及び静穏化はほぼ目標を達成した。船体の詳細については、取入部の形状や乾舷等の具体的検討が必要である。

謝辞

実油の実験を実施するにあたってご協力いただいた、(株)海洋開発技術研究所城野清治専務はじめ社員各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 木原 洗ほか：流出油回収技術の現状と課題、船舶技術研究所報告、第35巻 第6号、H10.11
- 2) 造船業基盤整備事業協会平成10年度成果報告書
- 3) 海洋工学研究所出版部編：重油汚染、1998.12