

# 直轄船を中心とした海上流出油対策に関する研究

藤田 勇<sup>1</sup>・加藤 利弘<sup>2</sup>・平澤 充成<sup>3</sup>

<sup>1</sup> (独) 港湾空港技術研究所 施工・制御技術部 油濁対策研究チームリーダー

(〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1)

<sup>2</sup> 本省港湾局 国際・環境課 課長補佐

(〒100 - 8918 東京都千代田区霞が関 2-1-3)

<sup>3</sup> 近畿地方整備局 神戸港湾空港技術調査事務所 所長

(〒651 - 0082 神戸市中央区小野浜町 7 番 30 号)

世界的に見た場合、タンカーからの大規模油流出事故は 1970 年以降漸次減少している。しかしながら 2002 年に発生した Prestige 号による油流出事故 (63,000kl 流出) 2007 年 12 月に韓国泰安沖で発生した Hebei Spirit 号の事故 (約 12,000kl 流出) などの例に見る様に、ひとたび大規模流出事故が発生した場合の被害は甚大である。一方、国内における小規模あるいは局所的な油流出事故に関しては毎年 300 件前後で推移しており特段の変化はない。大小の油流出による沿岸海域環境の汚染を最小限にとどめる為には、油回収船による洋上油回収は必須である。本稿では直近の事故事例として韓国泰安沖油流出事故を紹介するとともに、我が国の油濁防除体制を振り返る。その中でナホトカ号事故以降の直轄油回収船の位置付け並びに技術開発を分析し、今後の役割、課題、技術開発の方向性などを議論する。

**Key words:** 油流出、油回収船

## 1. はじめに

タンカーからの油流出事故の発生は近年減少傾向にある。図-1 は ITOPF による過去 30 年間において世界で発生したタンカーからの油流出事故の統計であるが、それによると 1970 年代において流出量が 700t を越える比較的規模の大きい油流出事故の発生件数は年平均 25.2 件であったのに対し、2000 年代に入ってから年平均 3.6 件である。流出量ベースで見ても 1970 年代の年平均油流出量は 314,200t であるのに対し、2000 年代は年平均 24,000t であり、その減少は明らかである。このような事故の発生件数の減少は MARPOL73/78 をはじめ、OPA90 や ISM Code といった国際組織や国際法により様々な油流出防止対策が講じられ、タンカーの安全性が向上したことや、油による海洋汚染へ

の意識の向上などの要因によるものと考えられる。タンカー事故の減少は歓迎されるものであることは勿論であるが、しかしながらこのことは大規模油流出事故のリスクが無くなったことを意味している訳ではない。我が国においてはナホトカ号事故 (約 6,400kl 流出) が発生した 1997 年以降、幸いにして 10 年以上大規模な油流出事故を経験していないが、世界的に見れば 2002 年にスペイン沖で発生したプレステージ号による油流出事故 (63,000kl 流出) が発生している。さらに 2007 年 12 月には隣国韓国において Hebei Spirit 号が原油約 12,000kl を流出する事故が発生している。統計的に見れば流出事故の頻度は減少したとはいえ、ひとたび大規模な油流出が発生した場合の被害が甚大であることをこれらの事例は示している。従ってそのようなリスクに常に

備えておく必要がある。

次に国内における油流出による海洋汚染に目を向ける。海上保安庁発表の国内統計によればタンカー以外の船舶を含めた油による海洋汚染の確認件数は大小含めて、過去 10 年間に於いて平均的に 300 件前後で推移しており顕著な減少は見られていない。大型タンカーからの油流出以外にも小規模あるいは局地的な油汚染に対する備えが必要であることがこうしたデータからもうかがえる。

タンカーについてはダブルハル化が漸次進められているが、スポット的にはシングルハルタンカーを備船せざる得ない現実がある。また貨物船においては近年大型化が進行しており、8,000 個積みクラスのコンテナ船では燃料油を 8,000m<sup>3</sup>以上積載するものも出現しており、タンカー以外の一般貨物船舶からの大規模油流出の可能性も否定できない状況にあると言える。

本稿においては大規模油流出の事例として韓国における Hebei Spirit 号の油流出事故をレビューし、日本の油濁防除体制を概観する。その中で重要な位置を占める港湾局所管の直轄油回収船を中心とした洋上での油濁対応の現状と今後の役割、技術開発の方向性等を議論する。

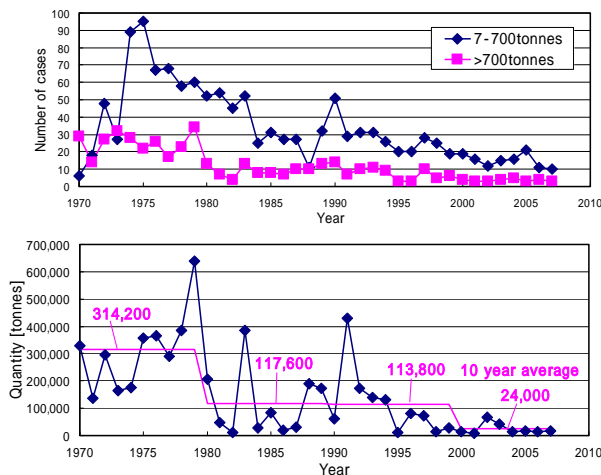


図 - 1 タンカーからの油流出[1]

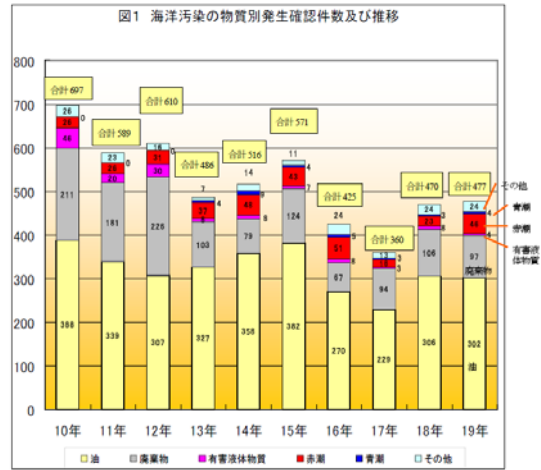


図 - 2 国内における海洋汚染発生件数[2]

## 2. 大規模油流出事例～韓国泰安沖油流出事故

2007年12月7日早朝、韓国はソウル南西約100kmの泰安(Taeon)沖において大規模な油流出事故が発生した(図-3)。Daesanの石油精製施設への入港待ちのため泰安沖において錨泊中であつた香港船籍のVLCC Hebei Spirit号(146,000トン)(写真-1)に対し、タグボートにより曳航中であつたクレーン台船(11,800トン)(写真-2)の曳航索が荒天により切断、漂流した台船がHebei Spirit号に衝突、原油流出に至つた。Hebei Spirit号はシングルハルタンカーであり台船との衝突により左舷側1番3番および5番タンクに破口を生じた(図-4)。流出油種はUpper Zakum, Kuwait及びIranian Heavyであり総計12,547klの原油が流出した。この事故は1995年に韓国で発生したSea Prince号による油流出量(約5,000kl)を超えるもので、韓国史上最大の油流出事故となつた。

事故発生時は荒天であり、且つ油の漏えいが継続流出であつたこともあり引火の危険性等から船への接近が容易では無く、そのため油の囲い込みが十分にはできなかった。事故現場が海岸線に近く、流出油は12月7日の夜(事故発生後約13時間後)には海岸線に漂着した。その後10日間のうちに150kmを超える海岸線が流出油汚染を受けることとなつた。被災した海岸線の大半は泰安郡の国立公園に属し万里浦(マリポ)海岸をはじめとして多くの海水浴場が

連っており、観光資源として重要な地域である。また牡蛎をはじめとする養殖漁業も盛んであり環境被害に加えて経済的な被害も甚大なものであった。

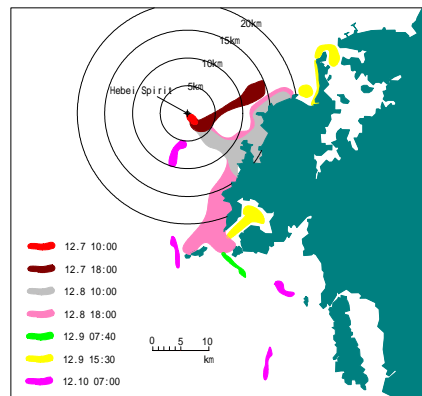
防除活動においては韓国海上警察（KCG）並びに日本の（独）海上災害防止センターに相当する韓国海洋汚染防除組合（KMPRC）といった政府関連防除機関が中心となり指揮活動を行っている。

洋上の油濁防除においては KCG 4,895 隻、KMPRC 870 隻を含む延べ 18,094 隻が動員されて、拡散処理ならびに回収作業にあたった。

海岸線の防除活動においては 21 の油濁防除専門会社が投入されると同時に、全国から多くのボランティアが海岸清掃活動に参加している。事故発生から 2008 年 5 月までの間に動員された作業者の延べ人数は 1,838,814 人であり、内訳の主なものは軍兵力 149,695 人、地域住民 518,639 人、ボランティア 992,729 人となっている。日本のナホトカ号事故におけるボランティア数（約 28 万人）と比較してもその数の多さは注目し得る。海岸線の清掃活動においては、海岸線の形状が複雑になるに従って機械力の導入が難しくなる。そのため手作業による清掃活動が中心にならざるを得ない。本事故においては事故発生直後から多くの作業者の現場への投入が行われた。万里浦海岸を始めとする主要な海水浴場では事故発生一週間経過後には大きな油の塊は大方除去が終了するという異例の早さで作業が行われ、「泰安の奇跡」と称されたが、これも投入できた人員の多さによるものと考えられる。



(A) 事故発生場所



(B) 油の漂流範囲

図-3 韓国泰安沖油流出事故

一般的に海岸線に流出油が接岸した場合の被害は洋上に留まる場合と比べて非常に大きい。今回油流出事故は事故発生から油の接岸までに時間的な余裕が無く残念ながら海岸線に多大な被害を及ぼすことになったが、洋上における防除活動は無力なもので無く、こうした場合でも少しでも接岸する油の量を減らすことができれば、それだけ油濁による被害を小さくすることができる应考虑すべきである。その意味で油回収船をはじめとして洋上における油濁対応能力を有する船舶の役割は大きいと言える。

今回の事故は隣国における油流出事故であったが、潜在的な可能性としては我が国においても同様であり、油流出の危険性と、油流出事故に対するリスクマネジメント、準備の重要性を再認識する必要があるであろう。



写真-1 油を流出する VLCC Hebei Spirit[3]



写真-2 Hebei Spirit に衝突した  
クレーン台船 [3]

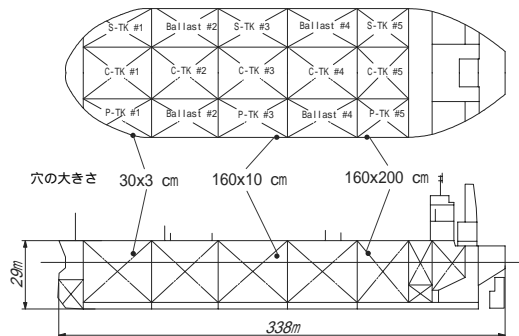


図-4 Hebei Spirit 船体構造と油流出部位[3]



写真-3 油汚染除去作業を行うボランティア

### 3. 日本の洋上防除能力

ここでは我が国の海上流出油に対する洋上防除能力を考える。防除能力はオイルフェンス、展張船、回収船、油処理剤、油吸着材、ゲル化剤などの組み合わせによる総合的なものであるが、ここでは例として油回収船と油回収機の分布を図-5 に、油回収機の分布を図-6 に示す。図は海上保安庁の排出油等防除計画[4]に登録されている船舶資機材のデータをまとめたものである。油回収船に関してはトータルで70隻、トータルの油回収能力は6,976kl/hrとなっている。一方特定の船舶に限定しない油回収機は

全国で304台、トータルの油回収能力で7,523kl/hr分を保有している。これをNRC(National Response Capability)(=時間回収能力[kl/hr]×作業時間(8時間×3日)×機械的効率(0.2)×動員効率(0.33)×作業効率(0.65))として表すと14,700klとなる。参考に韓国のNRCとの比較を表-1に示す。おおよそ同程度の勢力を有していることがわかる。韓国の場合にはSea Prince号事故(1995年)までのNRCは1,200kl程度であったが、この事故を教訓に日本の体制などを参考に勢力の増強を図った結果である。我が国においてはナホトカ号事故(1997年)を教訓に大型浚渫船「白山(新潟)」に油回収機能を持たせるなど、日本海側のNRCの増強を図り、現在では山陰、若狭、北陸を合わせたのNRCは2,565klとなっている。こうした油回収船の勢力の内、国あるいは地方自治体が所有している船は17隻あり、そのうち14隻は国土交通省港湾局の所管である。14隻の内訳は上述の白山を含む4,000トンクラスの大型浚渫兼油回収船3隻と、小規模で局所的な油流出に備えた200トンクラスの海洋環境整備船11隻から構成される。それらの分布を図-8,9に示す。大型浚渫兼油回収船は大規模油流出に備えたものであり、名古屋、北九州、新潟に配備され日本全国を約48時間でカバーできる体制をとっている。日本の海上流出油への対応の基本は洋上における物理的な囲い込みと回収で、二次的に吸着材や分散剤を用いることになっている。従って基本戦略を担務するこれら油回収船の存在意義は非常に大きいと言える。

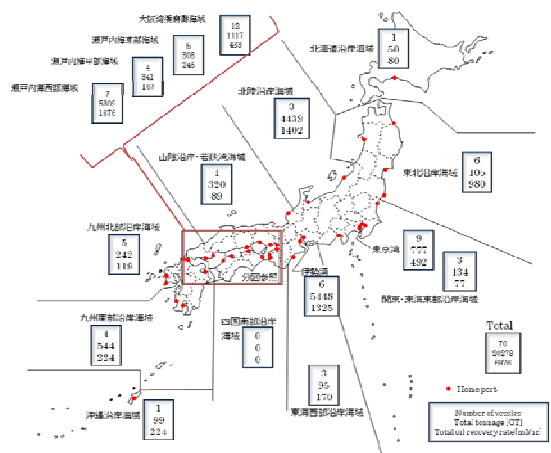


図-5 我国の油回収船の分布



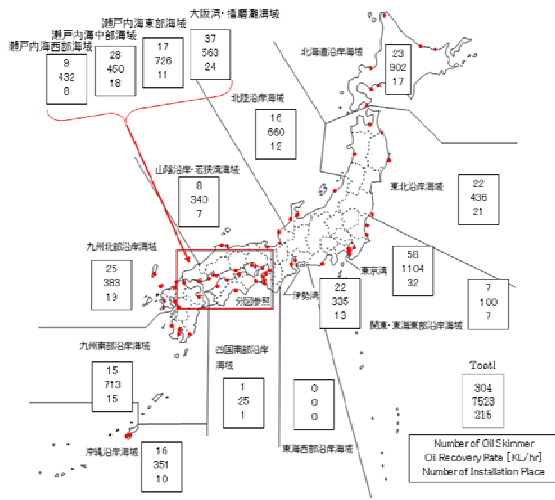


図-6 我国の油回収機の配備状況

表-1 日本と韓国の油濁防除能力の比較

	組織	油回収船	油回収機	オイルフェンス[km]	対応能力(NRC)[kl]
S. Korea (2001)	KCG	18	71	19	5,100
	KMPRC	49	75	29	4,600
	その他	36	42	180	2,600
Japan(2007)		70	304	1,200	14,700

注) 韓国の油濁防除能力については[5]より



図-7 大型浚渫兼油回収船の分布



図-8 海洋環境整備船の分布

#### 4. ナホトカ号以降の直轄船による油回収

ナホトカ号事故後、直轄油回収船においては量的、質的向上を図っている。量的な面ではナホトカ号事故時には大型浚渫兼油回収船は名古屋にある清龍丸一隻であり、日本海側の事故現場までの回航に時間を要するなど、必ずしも十分な対応を行うことができなかった。その為新潟と北九州にあるドラグサクシオン浚渫船（前述の白山、および海翔丸）にも油回収能力を付加することで、NRCの増強を図っている。いずれの船も1,000kl/hr以上の油回収能力を有している。一方質的な面での改善としては高粘度流出油への対応を主として行っている。ナホトカ号事故の際もそうであったが、重質油が海上に流出した場合、波浪による混合により、浮遊油内部に海水が細かい液滴として分散した油中水型(W/O)エマルジョンを形成する。W/Oエマルジョンは内部に取り込んだ水の分だけ体積が増加すると同時に飛躍的に粘度が増大し(ナホトカ号の時は1,000,000 mPa.sを超えたという報告もある)、チョコレートムースのような様相を呈する。こうした状況では低粘度油を対象とした一般的な堰式の油回収機での対応が難しいことが露呈した。このためナホトカ号事故以降に更新された200トンクラスの海洋環境整備船においては、新たな技術開発を行った装置を搭載し、高粘度流出油への対応能力を向上させている。その中には、「いしづち」に搭載された高速空気流を用いた真空吸引式油回収装置(写真-4)[6-8]や、高圧ジェット水による吸引を用いたハンディ型オイルスキマー(図-9)[9]、かき寄せ機構付ネットコンベア油回収機(写真-5)[10]や次節で述べる「Dr.海洋」に搭載した油分濃縮型油回収システムなどが含まれる。



写真-4 真空吸引式油回収装置

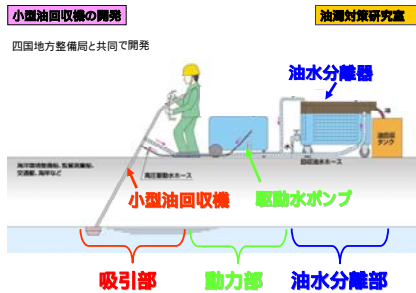


図-9 ハンディオイルスキマー



写真-5 かき寄せ機構付ネットコンベア油回収機

## 5. 直轄船における油濁対応機器の研究開発事例 Dr.海洋

ここでは直轄船における油回収機の研究開発事例として神戸港を母港とし主に播磨灘、大阪湾を担務海域とする海洋環境整備船「Dr.海洋」に搭載した油分濃縮型浮遊堰式油回収システムについて述べる。Dr.海洋は表-2 に示す様に200GTクラスの双胴型の船である。海面清掃業務として、浮遊ゴミ・油の回収を行う本船は、2007年4月に就役している。



写真-6 Dr.海洋

表-2. Dr.海洋主要目

航行区域	沿岸区域
船型	双胴型
総トン数	196GT
LxBxD	33.5x11.6x4.2 m
速力	15.4 ノット
油回収装備	
低中粘度用油回収機	油分濃縮型浮遊堰式 30m <sup>3</sup> /hr
高粘度用油回収機	ネットコンベア式 5m <sup>3</sup> /hr
油回収タンク	20.8m <sup>3</sup> × 2

### (1) 開発の課題

従来小型船舶用の油回収機としては渦流式や堰式のものが使われて来たが、こうした油回収機はできる限り油のみを回収する様に設計されているにしても、実際には油とともに大量の海水を汲み上げるものであった（一般的な堰式の油回収においては油の濃度は20%程度であると言われている）。そのため別に油水分離装置を設ける必要があったが、こうした装置は大型であり小型の船舶の限られたスペースを圧迫するものであり、その分回収油タンクの容量を犠牲にせざるを得なかった。油回収機単体において油分の濃縮が図られれば、別置の油水分離器の必要がなくなり、船舶のスペースを大きくとることができると考えられた。

油回収上のもう一つの課題として対応できる油の粘度範囲があった。前述の様に流出油はエマルジョン化油の程度により多様な粘度を示す。一般的に低粘度から高あるいは超高粘度の流出油を一台の油回収機でカバーすることはできない。本開発では低～中粘度用の油回収機と高～超高粘度用の油回収機を使い分けることで対応するものとした。以上の二つの問題を要約すると、

- ・ タンク容量が小さい
- ・ 状況により流出油の粘度が著しく変化し単一の回収方式では対応できない

ことであると言える。これらの課題の解決法として本開発プロジェクトでは

- ・ 油分濃縮型 低中粘度用油回収機の開発

- ・外付け油水分離装置の廃止（船内占有空間の節減）
- ・タンク容量を確保しつつ高粘度用油回収機の搭載

を開発の目標として掲げた。重要なポイントはコンパクトな油分濃縮型低中粘度用油回収機の開発であり、これにより十分なタンク容量を確保するとともに、別置の油水分離器を廃止でき空きスペースに高粘度用の油回収機を載せることができるようになる考えた。

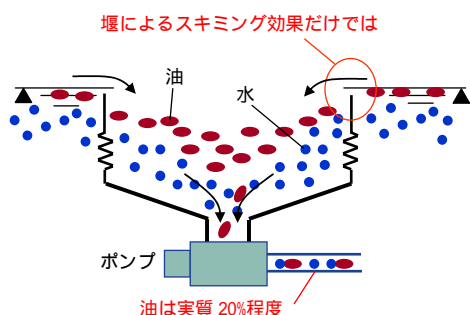


図-10. 一般的な堰式油回収機

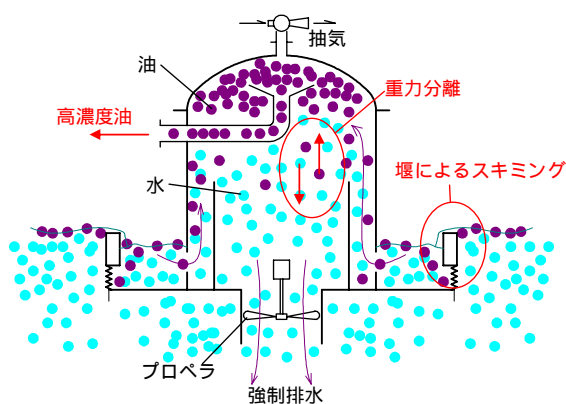


図-11. 油分濃縮型油回収機

## (2) 油分濃縮型 低中粘度用油回収機の原理

本プロジェクトにおいては、油分濃縮型低中粘度油回収機を開発の中心に据えた。基本的には浮遊堰式の油回収機であり、水面下に設置した越流堰により水面に浮遊する油を多く取り込む形をしている。一般の堰式油回収機では図-10 に示すように越流し

た流体を桶状の容器に受け容器底部よりポンプにより油を回収する。このような構造では波などがある海域では油だけでなく多くの海水も堰を越えて流入してくるため油の濃度が下がり問題となる。そこで本開発では堰の内側に重力式油水分離装置を設置することを構想した。具体的には図-11 に示すように釣り鐘状の容器を堰の内側に伏せて、抽気することで内部を液体で満たす。容器下部にプロペラを設け内部の海水を強制的に排出する。排出された海水と同量が堰を越えて装置に取り込まれる。分離器内部では、比重の違いにより油は上昇し、釣り鐘状容器の上部に高濃度で溜る。溜った油は容積型ポンプにより船のタンクに回収する。

## (3) 開発試験

図-11 に示した油分濃縮型油回収機を実際の油回収船に装備した前例はこれまでなく、Dr.海洋が初めてのケースであった。そのため開発においては機構の新規性や可能性といった発明的レベルに留まることなく、実用に際しての性能の検証や保証までを行う必要があった。特に船舶搭載型の装置であるという性格上、船舶は動きながら油回収作業を行うため、対水速度を有した中での油回収性能が重要であると考えられた。

開発においては、U字型の浮体を有した基本構成を想定し、縮尺 1/5 の小型模型を用いた水理実験を実施した。ここではポリエチレン製のペレットを疑似的な油に見立てて、流れや波浪の中での基本的な特性を解析し、より優れた集油性能を得るための条件や装置の改良点等を検討した。装置前縁への導水板の追加や、後部への油の漏出を防止するスカートの追加などにより図-12 に示す性能向上を実現することができた。



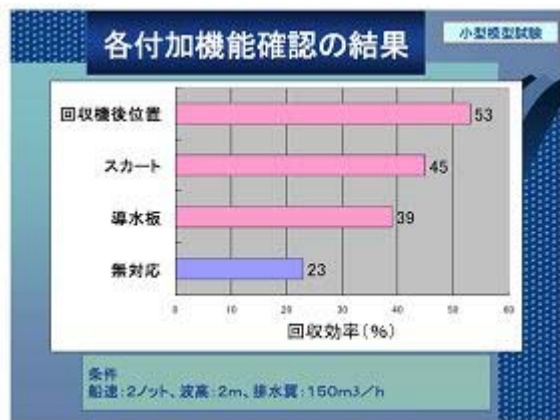


図-12 小型模型による装置の改良

小型の模型実験により船舶搭載型の油回収機としての実現の可能性は明らかになったが、実用化に向けては問題があった。従来の油回収機の開発においては、小型模型により得られた知見を、フルード数を基にした相似則によりスケールアップし実機を設計製作していた。代表的な無次元数としてフルード数を合わせることは重要だが、油回収機の性能は慣性力と重力の比であるフルード数だけでなく、油の粘度によっても大きく変わることから粘性力の効果も無視出来る訳ではない。相似則に関して油回収機における小型模型実験の理論は確立していない。従って実機の性能を正確に予測することは難しく、正確な性能を把握するためには実寸サイズの実験が不可欠である。しかしながらこれまでは実寸サイズの装置を試験できる大型の設備がない等の事情により実際問題として困難であった。



図-13. 開発の流れ

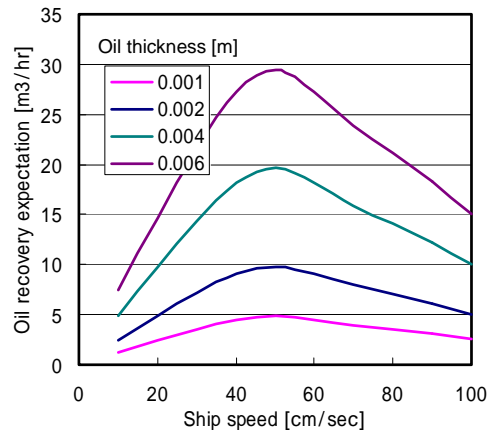


図-14. 予想油回収量

本プロジェクトではこうした不確実性を排除し、危機対応用の装備として求められる高い信頼性を担保するために、港湾空港技術研究所の所有する国内唯一の油回収専用の大型模型実験水槽（油回収実海域再現水槽（2004年に完成））により実機の総合性能試験を実施した(図-13参照)。実機試験により実海域で想定される条件下における油の回収性能を高精度で予測することができたとともに船舶の操船を含めて最適な運転条件等を明らかにすることに成功した(図-14参照)。目標としていた油分濃縮性能に関して80%以上を実現できることを実際の油を用いて確認している[11]。

以上の様に、小型模型を用いた水理基礎実験に加えて、実機サイズの性能試験を実施することで、極めて信頼性が高く、高性能が保証された油回収機の開発に成功した。

本機は2008年3月5日に発生した明石海峡東口付近における油流出事故の際に実際に出動している。回収油管にゴミが詰まるというトラブルもあったが、回収油水中の油の割合については70～90%あり、想定された性能が示された。

## 6. 今後の技術開発の方向性

ナホトカ号事故の教訓であった高粘度油の回収技術の向上に関しては、上述のように真空吸引式であったり、描き寄せ機構付ネットコンベアであったり



と一応の技術的な進展が図られた。また、海面から油のみを回収することで船のスペース効率を高くする技術として Dr.海洋に搭載した油回収機は成果を収めている。とは言え高粘度油に関連して必要とされる技術はまだ残されている。ナホトカ号事故の際には清龍丸が油回収を行ったが、回収した油が回収油タンク内部で固まり、陸上げが非常に難しかったという事例がある。高粘度油のオフローディングに関する技術開発などが今後必要とされるものの一つである。米国 USCG などでは高粘度油のオフローディング技術として管内注水潤滑を行う VOPS システム[12]の開発などを行っている。港湾空港技術研究所では更に一歩進んで、オフローディング時にエマルジョンを同時に分解する技術などの研究開発に取り組んでいる。

分散処理との関連においても油回収船の立場から技術開発の余地がある。日本におけるレスポンスポリシーのプライオリティは回収であり分散剤の使用はセカンドプライオリティとなっている。これは、分散剤の使用については、環境影響等への慎重な配慮が必要となるため、世界的に見ても一般的な戦略であり妥当なものである。

しかしながら実際には回収のみで流出油に対応することは不可能であり、分散剤による拡散処理とうまく組み合わせて対応していくことが必要となる。現有の海洋環境整備船における流出油対応は洋上回収を主として、拡散処理については放水銃や航行による補助的手段に留まっているが、拡散処理においても活用していくことができれば、流出油に対するレスポンスのオプションが増えることになり、油濁による海洋環境の被害を低減することができる。たとえば現状における拡散処理が適用できる流出油の粘度は1万 cSt 程度までであるが、これは海面上の漂流油に薬剤を散布した場合の、いわば解放系における処理限界である。一方管路内といった閉鎖系においては分散に必要な混合のエネルギーを強制的に与えることが可能であり、適用粘度範囲を従来以上に広げることができる可能性がある。図-15 は Dr.海洋に搭載した油回収機に分散処理機能を付加した

装置のコンセプトである。分散剤使用に際しての慎重な配慮が前提となるが、このように、油回収、分散処理の両モードで使用できる油回収機などが次世代の装備として考えられるのではないだろうか。

現実的な問題として洋上において油を回収した場合、事後に油回収タンク内をクリーニングする必要があるが、この費用が意外と大きい。こうした事後費用の縮減の為の技術として分散処理を活用するののも一つのオプションであるが、他の手法も含めていろいろな可能性を今後積極的に研究開発を行っていく必要がある。

海洋環境整備船の運行面でも、乗組員の高齢化等が進行しており、現在以上に人力作業を軽減できる装置、作業をより簡素化できる装置の開発が求められる。

また技術開発と現場との繋がりという点も重要である。研究開発においては実際の現場のニーズを事前に十分把握した上で行ってはいるが、時として、事前には予測しにくかった問題点が現場で露呈することもある。こうした実戦での経験は遅滞なく研究開発にフィードバックされ現有機の改良あるいは次期開発におけるノウハウとして活かされていく必要がある。



図-15 油回収、分散処理兼用油回収機のコンセプト

## 7. まとめ

本稿では近年の油流出事故のトレンド、大規模油流出事故の事例として2007年12月に発生した韓国泰安沖油流出事のレビュー、洋上流出油に対する我が国の防除能力、ナホトカ号事故以降の直轄油回収船の勢力と技術開発事例、今後の技術開発の方向性について論じた。

## 参考文献

- [1]Keisha Huijjer, Trends in Oil Spills from Tanker Ships 1995-2004, *28th Arctic and Marine Oilspill Program (AMOP) Technical Seminar*, 7-9 June 2005, Calgary, Canada.
- [2]海上保安庁「海洋汚染の現状(平成19年1月～12月)」,平成20年4月作成
- [3] ,Hebei Spirit 号汚染事故防除現状及び今後の計画, 2008年度韓国海洋科学技術協議会共同学術大会,2008年5月,(韓国語)
- [4]<http://www.kaiho.mlit.go.jp/syoukai/soshiki/keikyuu/kankyuu/index.html>
- [5]Lee Bong-Gil, シープリンス号事故とその後の油流出対応体制の変遷, PAJ 油流出に関する国際シンポジウム(2001)
- [6]Isamu Fujita, Muneo Yoshie, Masahiro Mizutani, Masayoshi Sano, Masayuki Fudo, Masamitsu Tatsuguchi, An onboard Vacuum Suction spilled Oil Recovery System, *Oceans'04 Kobe*, 2004, CD-ROM.
- [7]Isamu FUJITA and Muneo YOSHIE, An Onboard Vacuum Suction Oil Skimming System, *Sea Technology magazine*, April 2006.
- [8]Isamu FUJITA et al., An Onboard Air Conveyer Oil Skimmer, *Oceans'06 Boston*, 2006,CD-ROM.
- [9] Tatsuguchi, M.; Mizutani, M.; Sano, M.; Fudo, M.; Ishida, H.; Fujita, I.,Development of a handy oil-skimmer,OCEANS apos;04. MTTTS/IEEE TECHNO-OCEAN apos;04,Vol.3, Issue , 9-12 Nov. 2004 Page(s):1464-1469
- [10]吉江他、海岸浅海域の高粘度油の回収作業を省力化する油回収システムの研究、海洋開発論文集(2003)
- [11] Isamu FUJITA, Muneo YOSHIE ,Kenji TAKEZAKI,Katsumi OZAKI and Hiromasa ODA, A New Weir Skimmer Test for an Oil Recovery Vessel *Dr.Kaiyo*, *Oceans'08 Kobe*, 2008, CD-ROM.
- [12]USCG, Final Report, The Joint Viscous Oil Pumping System (JVOPS) Workshop, 2005.