

大型浚渫兼油回収船「白山」への改良型投げ込み式油回収器の搭載について

北陸地方整備局 新潟港湾空港技術調査事務所 非会員 市川 大聖
 北陸地方整備局 新潟港湾空港技術調査事務所 非会員 柿崎 慶治
 北陸地方整備局 新潟港湾空港技術調査事務所 非会員 菅 遙洋

1. はじめに

1997年1月に日本海沿岸地域で発生した、ナホトカ号（ロシアタンカー）の重油流出事故では、海洋環境に甚大な被害をもたらした。これを契機に、海上流出油災害の防除体制強化が求められ、油回収作業が可能な船舶建造の要請が高まった。この要請を受け、当時新潟港西港地区で稼働していた浚渫船「白山丸」の代替船として、大型浚渫兼油回収船「白山」が建造され、2002年8月に同港に配備された。海上油流出災害の緊急時には、中部地方整備局所有の「清龍丸」及び九州地方整備局所有の「海翔丸」と共に3船体制で、日本近海での油流出事故から海洋環境を守っている。3船のうち「白山」は、日本海を出動後24時間以内、北海道周辺海域においては48時間以内に、迅速な油回収作業が行えるよう体制を整えている。3船体制での油回収エリアを図-1に示す。

水量は少ないが、高圧力のため、低粘度から中粘度の漂流油を回収することができる。

このうち、投げ込み式油回収器においては機器の老朽化が顕著となっていることなどから、各種課題を解決した改良型油回収器を製作・搭載した。図-3に改良型油回収器を示す。

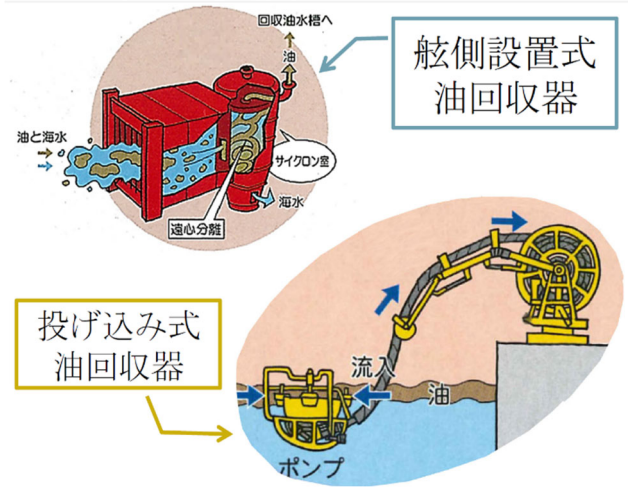


図-2 「各油回収器の概念図」



図-1 「3船体制での油回収エリア」

「白山」に搭載されている油回収器は、図-2に示すとおり、「舷側設置式油回収器」2台（両舷側）と「投げ込み式油回収器」1台（左舷側）の2機種である。

「舷側設置式油回収器」とは、水ジェット式集油装置により漂流油水を回収器に誘導しながら、回収する装置である。非容積型ポンプを採用しており、回収油水量が多く、ポンプの圧力が低いため流出初期の油を大量に回収することができる。

一方、「投げ込み式油回収器」とはオイルフェンスを展開し、その中に回収装置を投下して漂流油を回収する装置である。容積型ポンプの採用により、回収油



図-3 「白山に搭載した改良型油回収器」
(油回収訓練状況)

2. 改良型搭載までの流れ

改良型の搭載にあたっては、改良型に求められる能力と、既往の技術で実現可能な能力の折衷案を決定するため、有識者による委員会を立ち上げ、既設型の課題を整理した。その後、基本設計を行い製作工事に着

手した。機器の搭載は、毎年行っている計画修理に合わせて造船所へ支給し搭載した。検討から搭載までの更新フローを図4に示す。

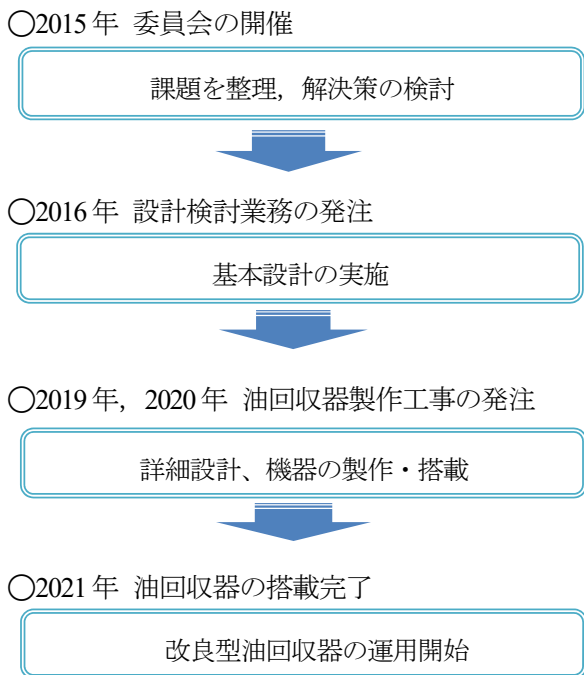


図4 「改良型油回収器の更新フロー図」

3. 既設型の課題と解決策

(1) 高粘度漂流油への対応

「白山」は、北海道北部の海域を油回収することが想定される。そのため、漂流油が冷やされて、長時間海上を漂流し海水と交わることで油が高粘度化する、エマルジョン化の現象がより顕著となる。しかし、図5に示すとおり、既設型は約4万cStまでの低粘度から中粘度油に対応しており、それ以上に高粘度化した漂流油の回収は困難であった。

これは、油回収器から油回収タンクへ圧送する際に配管抵抗が増加することで、配管閉塞を起こす危険性があり機器の故障に繋がるためである。

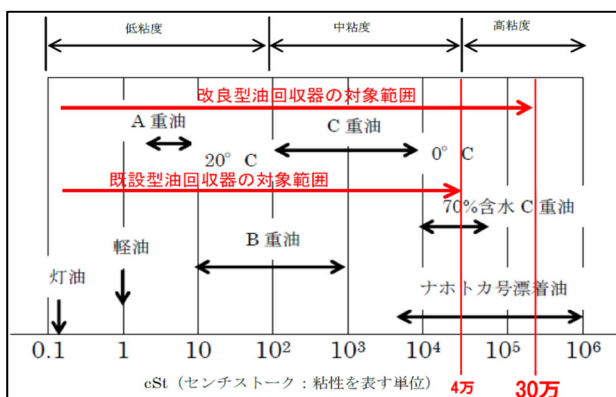


図5 「油の粘性範囲」

そこで、過去の実験結果などから配管内に一定の水を加水することで配管抵抗を低下させる効果「CAF (Core Annular Flow)」が確認されていたため、図6に示す加水管を採用した。

また、高粘度化した回収油は回収器の入り口付近で浮遊ゴミなどと共に滞留し、ポンプまで到達しない現象が発生する。そこで、回収器の入り口に滞留した漂流油を粉砕する水ジェット装置を採用した。これにより改良型は約 30 万 cSt まで高粘度化した漂流油を回収することが可能となっている。

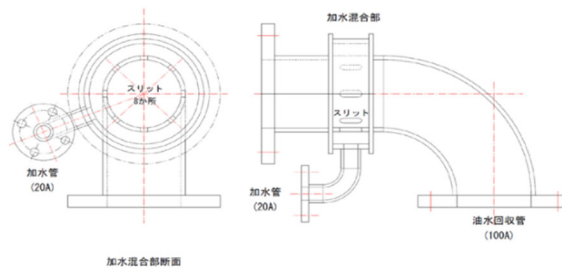


図6 「加水管取付図」

また、高粘度化した回収油は回収器の入り口付近で浮遊ゴミなどと共に滞留し、ポンプまで到達しない現象が発生する。そこで、回収器の入り口に滞留した漂流油を粉砕する水ジェット装置を採用した。これにより改良型は約 30 万 cSt まで高粘度化した漂流油を回収することが可能となっている。

(2) 回収効率の向上

「白山」の油回収作業工程は、日の出と共に出港し沖合いの作業海域まで回航し回収作業を行い、日没までに入港の上、タンクに溜まった回収油を陸送し、翌日に出港を繰り返すことになる。そのため、出航後は油回収タンク内に出来るだけ多くの漂流油を積み込むため、海水の混入を可能な限り減少させることで作業全体の回収効率が向上する。既設型は、図7に示すとおり大量の海水を同時に吸い込む構造となっていた。それに対し、改良型は図8に示す「浮遊堤式油分濃縮型」を採用した。「浮遊堤式油分濃縮型」とは、海水面に浮遊する油と海水を一緒に油水分離槽内に流入させ、油水分離槽下部に設けた排水翼により海水を排出し、比重差により分離槽内上部に溜まる油分を、ポンプにより吸引する方式である。これにより、油回収器内部で油と海水を濃縮することで回収油分濃度を 70～

90%まで向上させている。

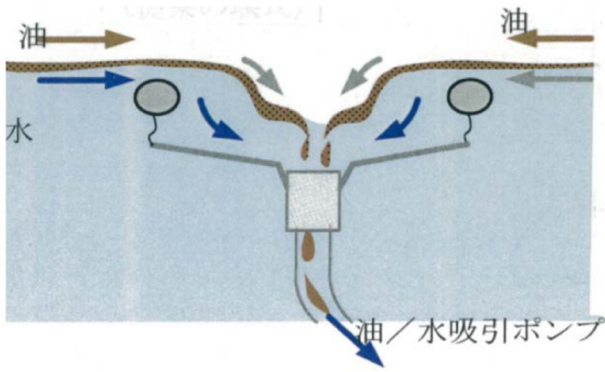


図-7 「既設型の油回収手法原理図」

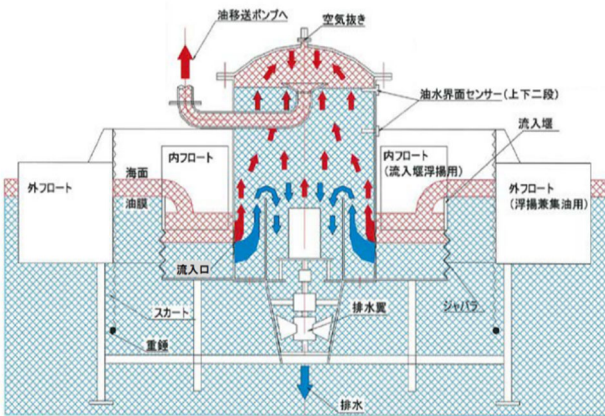


図-8 「改良型の油回収手法原理図」
(浮遊堤式油分濃宿型)

また、既設型は全方向から漂流油を吸引するため、オイルフェンスを展開して漂流油を回収機周辺に集約させる必要があり、その準備作業に45分程度の時間を要する。改良型では図-9に示すとおり、フロートを活用した導入堰と、回収幅を増加させる水ジェット式集油装置を採用した。よって、オイルフェンスが不要となり船速2ノットで航行しながらの作業が可能となり、回収効率が向上した。

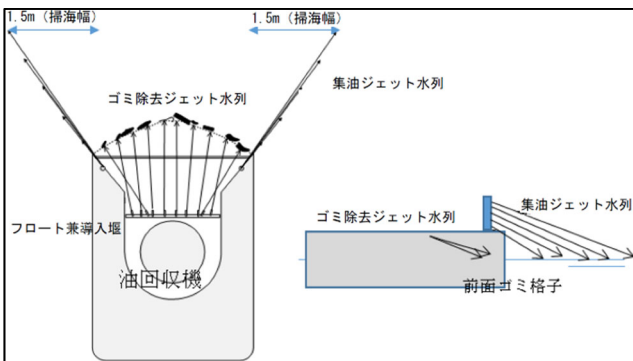


図-9 「水ジェット式集油システム」

(3) メンテナンス性向上とコストの削減

既設型は北欧製の機器である。そのため、修理部品の納期が長く、制御システムがブラックボックス化されていた。国内では代理店を含め、アクセス用のパソコンが無いと、北欧から技師やパソコン等を調達する必要があり、機器の異常発生時に即時の対応が困難になるとともに、修理費用が高額となっていた。この課題に対して改良型は、国内部品での製作や即時対応の修理が可能である。そのため、修理コストの低減と共に修理期間を短縮することが可能となった。

既設型と改良型の機能比較を表-1にまとめた。

課題	既設型	改良型
油収油粘度	4万 cSt	30万 cSt
油回収効率及び作業性	油 水 回 収 量 250m ³ /h 油分濃度 5%以下 油回収量 12.5m ³ /h 回収準備 約 45分	油 水 回 収 量 30m ³ /h 油分濃度 70~90% 油回収量 21~27m ³ /h 回収準備 約 10分
保守性	海外製品 修理部品が長納期 修理費が高額	国内製品 修理期間の短縮 修理費の低減

表-1 「既設型及び改良型との機能比較表」

4. 改良型の製作と搭載

(1) 改良型の製作

改良型には3つの特許技術を使用する必要があったため、発注前に特許権の実施許諾申請手続きを行う必要があった。使用する特許は、北海道開発局の「フロート搭載型渦流式油回収機」、近畿地方整備局の「曳航集油フロート搭載型油分濃縮式油回収装置」、中部地方整備局の「浮遊物回収システム」が該当し、いずれも国の行政機関であったため無償で使用する手続きを行う事ができた。

発注者の基本設計を基に、受注者の創意工夫による細部設計により製作を行い、必要とする能力を確定した。

製作過程では新型コロナウイルスの蔓延により、材料や部品の調達が不安定な状況で、且つ、追って発注される計画修理に支給する必要があることから、両工事の工程調整に細心の注意を払う必要があった。そのため、テレビ会議システムなどを活用し、リモートによる現場監督及び検査を行うことで、無事に計画修理を行う造船所に改良型を支給することができた。

なお、最終引渡は「白山」への搭載後に行われる総

合作動試験が、無事に終了した後としている。これは、工場試験で正常に稼働しても、「白山」搭載後に同様の性能が確認できる補償が無いためである。

図-10は製作過程の写真である。工場試運転は受注者近傍の岸壁上に改良型を組み立て、実際に海水を使用して実施した。



図-10 「改良型油回収器の製作過程」

(2) 「白山」への搭載

搭載を行う造船所では改良型が届くまでに、既設型とその関連機器の撤去を行い、搭載のための設計や強度計算を行って、船体甲板の補強や、各種配管、配線などを設置し準備しておく。また、船舶に新たな機器を搭載する際には、運輸局の検査を受検する必要がある、その受験準備に追われることとなる。

搭載する造船所の所在地は横浜市であったため、ここでも新型コロナウイルスの影響を受けた。緊急事態宣言の発令などにより、監督職員が現地に出張することが困難になったことから、現場臨場システムを使用して立会を行った。また、造船所及び、本船乗組員の在宅勤務対応や、作業員及び材料の確保が困難な状況が続くなか、1週間の工期延伸を行ったことで、無事全ての工事を完成させることができた。

搭載後に製作メーカーと造船所が共同で試運転を行う。工程は初日に船を係留した状態で行う「係留運転」、続いて3日間に渡って海上で実際に船を航行させて行う「海上試運転」となる。しかし、海上試運転初日に油回収ポンプの流量が不足し非常停止してしまう作動不良が発生した。係留運転では問題なく作動していたが、同じ動作が航行時では作動しない。原因は不明、工期末ということもあり、現場が混乱していたため、急遽監督職員が現場に出張し打合せを行い、海上

試運転の予定を一部変更し、航行しながら工場試運転時の確認作業を行う事とした。確認の結果、図-11に示すとおり排水翼の回転数が高すぎたため、空気を吸い込む現象が発生している事を突き止めた。そこで、油圧弁を調整し排水翼の回転を低下させたところ、正常に運転することが確認できた。

これは、係留状態では海上の波や、航跡波による空気の混入がどこまで影響するのかを正確に確認できなかったことが原因と考えられる。

その後の海上試運転では、異常なく機器が作動し、無事完成することができた。

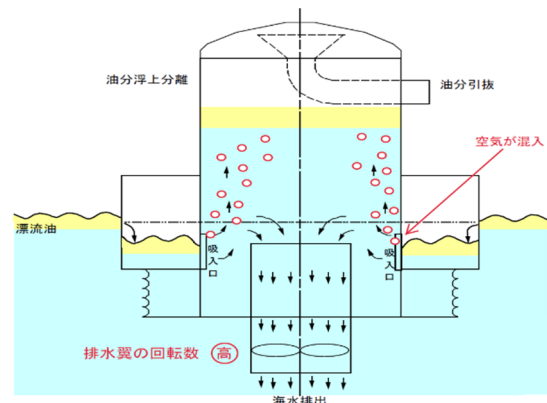


図-11 「油水分離槽内の空気混入状況」

5. あとがき

本稿では、改良型の更新時における課題と解決策、製作・搭載時の経緯や留意点について述べた。海洋環境を保全する目的に配慮した改良型は、検討から製作・搭載までの全ての段階において、さまざまな検討が行われ、高機能化した投げ込み式油回収機への更新が実現した。これは、能力検討を進めていくなかで関係する文献や知見を持った方々による、ご協力が非常に大きいと考える。

最後に、改良型は万が一の時に備えた機器であるため、このまま一度も稼働せずに、役目を終えることを願うと共に、本報告の内容が今後の油回収器の設計及び製作を検討する際の一助となれば幸いである。