



2021年度

小型内航タンカーの荷役における省力化と安全性向上の
ための集中荷役遠隔システムの技術開発

成果報告書

2022年3月

一般社団法人 日本船用工業会

はしがき

本報告書は、BOAT RACE の交付金による日本財団の助成金を受けて、2021年度の1年計画で、一般社団法人日本船用工業会が本瓦造船株式会社に委託して実施した、「小型内航タンカーの荷役における省力化と安全性向上のための集中荷役遠隔システムの技術開発」の成果をとりまとめたものである。

ここに、貴重な開発資金を助成いただいた日本財団、並びに関係者の皆様に厚く御礼申し上げる次第である。

2022年3月
(一社)日本船用工業会

目 次

| | |
|--|----|
| 1. 事業の目的 | 1 |
| 2. 事業の目標 | 3 |
| 2.1 本事業の最終目標 | 3 |
| 2.2 2021年度の目標 | 3 |
| 3. 2021年度の実施内容 | 5 |
| 3.1 荷役ポンプの遠隔操作、監視を行う制御装置とソフトウェア開発 | 5 |
| 3.1.1 荷役ポンプの回転数・軸温度・吐出圧力を計測するためのセンサーの検討と設置 | 5 |
| 3.1.2 センサー情報を制御装置に入力、通知・警報・緊急停止機能の開発 | 11 |
| 3.1.3 タブレットへの表示 | 11 |
| 3.2 荷役弁の開閉を操作・監視を行う制御装置とソフトウェア開発 | 13 |
| 3.2.1 荷役弁の開閉操作・監視を行う制御装置の開発 | 13 |
| 3.2.2 荷役弁の緊急停止と警報発報ソフトウェアの開発 | 23 |
| 3.3 各機器連携・各種センサーの情報取り込み・分析・利用するソフトウェア開発 | 23 |
| 3.3.1 センサー情報を分析・利用できるソフトウェアの開発 | 23 |
| 3.4 荷役事前計画と荷役の監視を行うソフトウェア開発と陸上監視システムの構築 | 27 |
| 3.4.1 荷役事前計画と荷役の監視を行うソフトウェア開発 | 27 |
| 3.4.2 陸上監視システムの構築 | 28 |
| 3.5 報告書の作成 | 29 |
| 4. 目標の達成状況 | 30 |
| 5. 2021年度の実施内容の概要 | 30 |
| 6. 今後の予定 | 32 |
| 7. まとめ | 33 |

1. 事業の目的

小型内航タンカーは少人数で運航していることから荷役時の労務負荷が問題となっている。又、船員不足によりさらなる負荷を強いられることから、負荷軽減が求められている。

問題解決を図るため荷役作業の遠隔操作システムを開発する。これは荷役ポンプと荷役弁を遠隔で操作しバラストポンプ・喫水計・液面計・積付計算機などを連動させ通常4人で行う荷役を1人で行えるようにすることで、ヒューマンエラーを防止し、荷役作業を省力化することを目的とする。又、他機器との連携と IS019847/19848 対応船内サーバーの搭載によりデジタルデータを総合的に分析・利用と、デジタル機器点数削減を目指す。

これにより荷役作業に於ける必要人員の削減が可能となることで労務負荷・船員不足対策となり、小型内航タンカーの革新的な船員対策となる。本事業の目的は以上のとおりであるが、個別の事項について補足すると以下のとおりである。なお本技術開発は、小型内航タンカーの中でも特に小型で特殊な、199GT 液体化学薬品ばら積み船に焦点を置いて開発を進める。

通常4人の船員で行われている荷役作業は、それぞれの役割は、1人目が荷役事務室で液面監視装置により貨物タンク内の液面を監視し、荷役状況の確認と荷役作業全体の指揮・進行を行っている。2人目は、ポンプルームより主機の回転数の制御を行い荷役ポンプの運転・監視を行っている。3人目・4人目は、デッキ上、主にマニホールド付近にて、荷役弁の開閉操作をして荷物の経路と流量調整を行っている。これは、荷役中は常時ポンプや荷役弁の作動状況を確認する必要がある為である。これを3人削減し1人で各種確認を安全に行い、荷役作業が行えるようにする。

具体的には荷役ポンプを遠隔運転しかつポンプの運転状況を確認できる装置、荷役弁を遠隔開閉操作する装置、荷役の進行状況を常時把握し、通知、警報する機器の開発を行う。又、各機器・センサーを IS019847/19848 でデータのやり取りを行う事で多くの情報から分析し利用できることから開発時のデータ形式は IS019847/19848 を主体とする。ちなみに、IS019847 は「実海域データ共有のための船内データサーバ要件」であり、IS019848 は「船上機械および機器用データ標準」であり、いずれも日本舶用工業会のスマートナビゲーションシステム研究会が主導して制定した国際標準である。

また、事前に荷物に合わせて荷役ラインの計画を立て荷役を行うが、希に荷役ラインの接続を間違えるヒューマンエラーが発生する。荷役中の監視は上記の機器で行えるが事前計画が正常でなければ機能しない。その為、積付計算機等と連動し荷役ラインの計画が制定通りに働くか事前に確認できるように行えるソフトウェアを開発する。又、船陸間通信を用いて陸上でも荷役の監視を行う。荷物の流れがソフトウェア上で確認できればポンプ、荷役弁等の機器類の状態監視が行えることから荷役中止を回避できる。結果、希に発生する接続間違いを排除し安全性の向上に繋がる。

上記の「荷役装置の遠隔操作」並びにこれに付随する「ヒューマンエラーの削減」を可能にする本開発は、船内ネットワークの国際標準が制定されたことと、船員不足解消・働き方改革の推進が加速していることと、内航船のデジタルライゼーションの進化に各メーカ

ーが協力的になったことにより開発が可能になった。昨今の遠隔操作や近未来の自動化については通常運航の安全が最も重視され各社が開発を進めているが内航海運業界の荷役業務に関してはほぼ手がつけられていない状況である。本開発は他の荷役制御装置とは一線を画する物である。データを ISO19848 のデータ形式でデータの閲覧・保存できること・外航船向けの大型の制御装置ではなく、コンパクトで小型内航タンカーのような小さな船舶にも搭載可能なサイズとなる。

又、遠隔操作盤以外にタブレットでも状況の表示・操作が可能である。この情報は陸上の設備側の作業員等も活用することができるため、これまで陸上作業員が把握できなかった荷役状況を共有することにより、より安全な荷役作業を実現することが可能になる。

これにより、荷役作業に於ける必要人員の削減が可能となることで労務負荷・船員不足対策となり、小型内航タンカーの革新的な船員対策となる。

荷役制御装置、ポンプ監視装置など各メーカーの単体装置としては現在も販売されている。本開発はこれらを一つにまとめ統合的な制御監視装置とする点が全く革新的な技術開発となる。

統合制御監視装置は各機器を並べただけではなく機器の相互接続・相互データ交換を行うため、より船員に負荷が少なく安全に荷役に集中できる環境となる。

又、本技術開発は 199GT 液体化学薬品ばら積み船に焦点を置いて開発を進めるが黒油・白油の 99～499GT 油タンカーなどにも同様に搭載を見込めるため、将来的には応用が可能である。

本開発は統合制御監視装置で、本船内で船員が遠隔操作を行うが、最終的には日本財団殿が取り組んでおられる Future2040 の実現に必要な自動化技術の先駆けとなると想定している。統合制御装置は制御・監視・操作をデジタル化した技術であり、今後の自動化にも応用できる。

2. 事業の目標

2.1 本事業の最終目標

- 1) 従来の荷役作業は、ポンプ室、デッキ上、荷役事務室の3箇所から4名体制で行っていたものを、集中荷役遠隔システムを開発することにより、操舵室の1箇所から1名体制で荷役作業ができるようにする。
- 2) 従来は、荷役ポンプクラッチ操作盤・荷役操作盤等の各機器に表示しているものを、タブレット表示・操作できるように、集中荷役遠隔システムへ表示する。
- 3) 荷役弁制御装置（従来サイズ700mm×820mm×300mm）を、19インチタッチパネル520mm×350mm以下とし、総合的なコンソールを一つにまとめブリッジに設置する。
- 4) 非常時の緊急停止もタブレットから操作可能とし、タブレットから操作した場合でも5秒以内で荷役ポンプを停止できるようにする。
- 5) 報告書の作成
2021年度の事業内容について、報告書を作成する。

2.2 2021年度の目標

- 1) 荷役ポンプの遠隔操作、監視を行う制御装置とソフトウェア開発（荷役ポンプの制御装置開発）
運転の遠隔操作・運転時の負荷や状態監視を行う制御装置とソフトウェアを開発する。これには必要なセンサーとして荷役ポンプの回転・軸温度・圧力を計測する。センサーからの情報は制御装置に入力され通知・警報・緊急停止が行える機能を有する。荷役ポンプクラッチ操作盤・荷役操作盤等に表示している情報を、タブレットに表示・操作できるようにする。
タブレットは非常時の緊急停止を行え、その操作は5秒以内で緊急停止信号を受け荷役ポンプが停止するようにする。
- 2) 荷役弁の開閉を操作、監視を行う制御装置とソフトウェア開発（荷役弁の制御装置開発）
荷役弁の開閉操作・監視を行うソフトウェアの開発をする。これには必要なセンサーとして
開閉を確実にできる荷役弁に開閉センサーを埋め込む。開閉が停止したり、開閉が上手く動
作しない場合などは通知・警報・荷役ポンプの開始が行えない等の機能を有する。
- 3) 各機器連携・各種センサーの情報取り込み・分析・利用するソフトウェア開発（各機器連携ソフトの開発）
荷役ポンプ・荷役弁・喫水計・液面計・積付計算機・バラストポンプを連携させ、遠隔操作をするためのソフトウェアを開発する。各種センサーは荷役ポンプ・荷役弁に取り付けられている物と喫水計・液面計を用いる。荷役ポンプと荷役弁のソフトウェア・積付計算機と連携し、荷役作業時にヒューマンエラーが起きた場合やヒヤリハットを防止できる機能を有する。

4) 荷役事前計画と荷役の監視を行うソフトウェア開発と陸上監視システムの構築（荷役監視ソフトの開発）

1～3) のソフトウェアが完成した後に荷役の事前計画を行い、その通りに荷役ラインが接続され荷役が行われているか監視するソフトウェアの開発をする。陸上監視システムも同時に開発。開発期間中は1人で操作・監視を行いつつ予備員として船内で1人・陸上で1人が同時に監視をする。最終的には船内で1人・陸上で1人の人員が監視をすることで安全な荷役作業が行えるようにする。

3. 2021年度の実施内容

3.1 荷役ポンプの遠隔操作、監視を行う制御装置とソフトウェア開発

3.1.1 荷役ポンプの回転数・軸温度・吐出圧力を計測するためのセンサーの検討と設置

荷役ポンプ運転の遠隔操作と運転時の負荷や状態監視を行うために制御装置とソフトウェアの開発が必要となる。

これらの操作や監視を操舵室等から遠隔で行うために必要となるのが、荷役ポンプの回転数・ポンプの軸温度・ポンプの吐出圧力を確認できるようにすることである。これらを確認する為に必要なセンサー等を次の通り検討・選定し、適切な箇所に取り付けた。

①荷役ポンプの回転数の検出

荷役ポンプの駆動方法は、主機関中間軸より荷役ポンプ駆動装置へ接続して回転させるため、荷役ポンプへ接続される回転数を検出できる検出器の条件を検討した。その結果、回転数検出器の条件は、荷役ポンプの入力軸回転速度 1080min^{-1} から出力軸回転速度 1410min^{-1} までの回転数を検出できること（図1の荷役ポンプ予想性能曲線より）、デジタル信号として出力できること、空気圧ポジションに対応していることである。この条件を基にセンサーを選定し、写真1のとおり設置した。

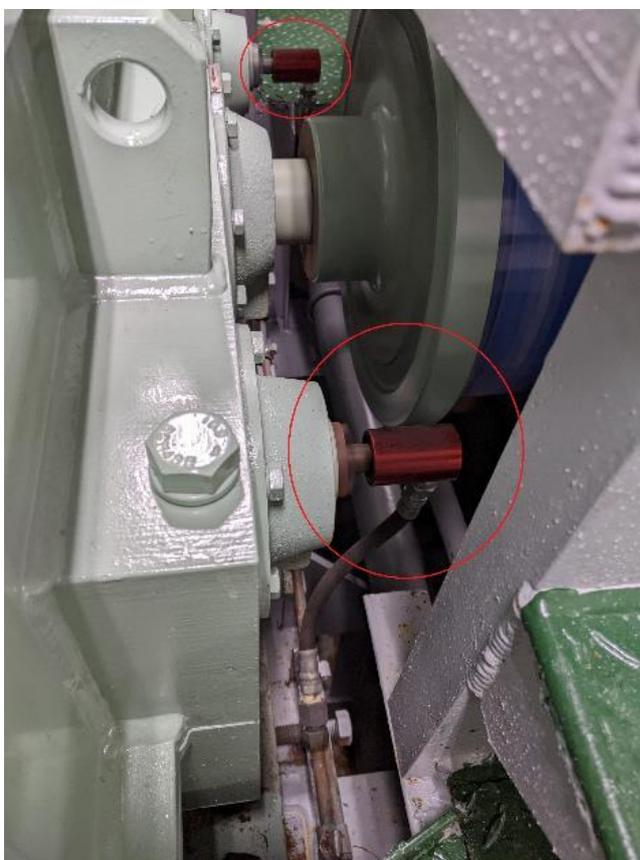


写真1 回転数検出の為のセンサー

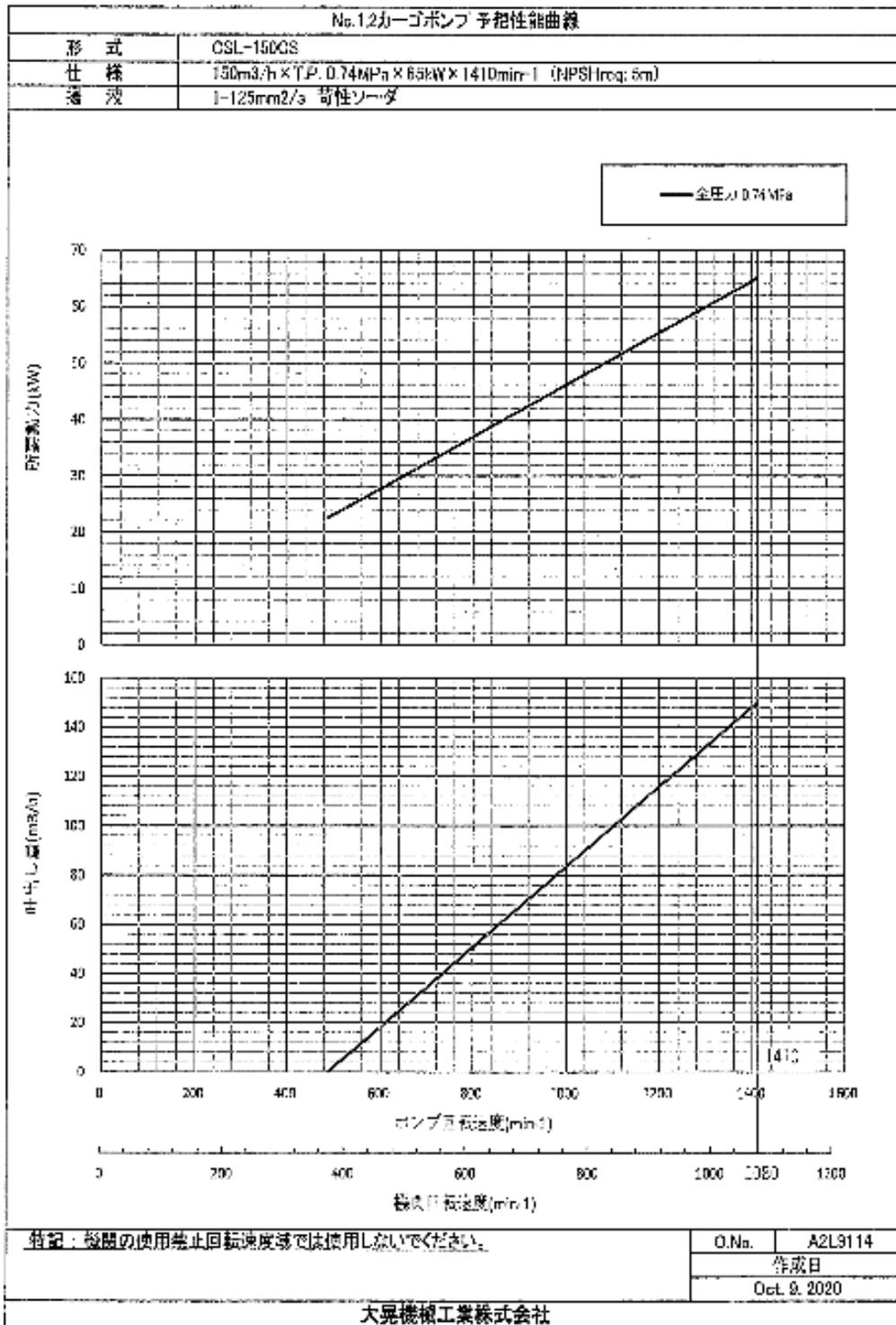


図1 荷役ポンプ予想性能曲線

②荷役ポンプの軸温度の検出

荷役ポンプの軸焼付き防止のために従来から軸温度検出器により軸温度を計測しているが、操舵室モニタに軸温度を表示する必要があるため、これまでの軸温度検出器を活用し、これにデジタル信号を出力できる機能を組み込む検討をした。その結果、従来の温度検出機へ取り付けることができるデジタル信号出力回路を選定し、写真2のとおりポンプ本体の軸温度検出器と、写真3のとおりスタフィングボックスの軸温度検出器への組み込みを行った。

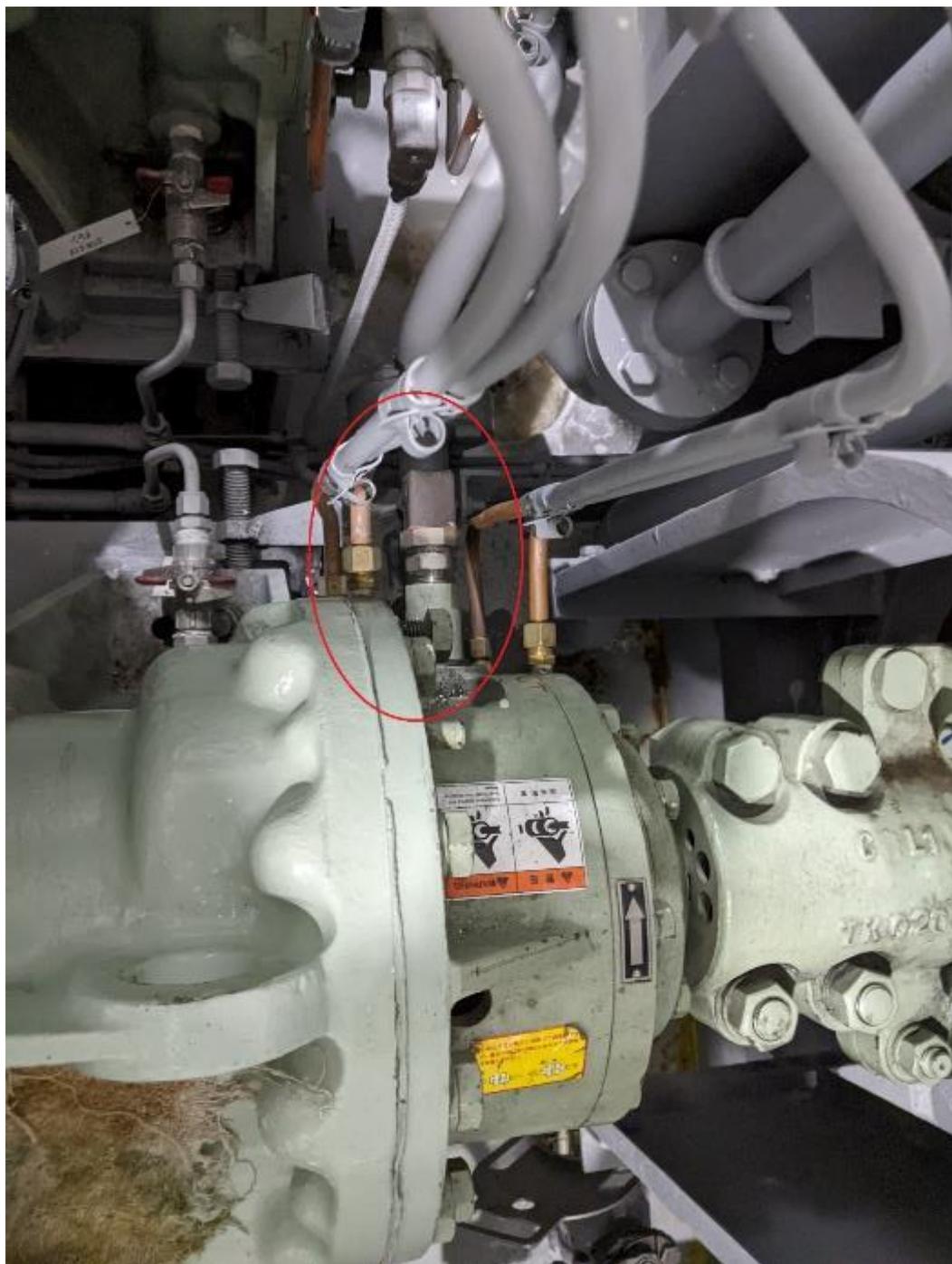


写真2 ポンプ本体に取り付けた温度センサーとデジタル信号出力回路



写真3 スタフィングボックスへ取付けた温度センサーとデジタル信号出力回路

③荷役ポンプの吐出圧の検出

荷役作業に必要なポンプ吐出圧は従来から主にアナログで計測しているが、操舵室モニタに荷役ポンプの吐出圧を表示する必要があるため、デジタル信号を出力する方法を検討した結果、従来より設置している荷役ポンプを制御している制御盤に、写真4のとおり圧力・電気変換器を取り付けることにより成立することが判明した。



写真4 荷役ポンプ監視システム盤に組み込まれた圧力・電気変換機

なお、これまで検討し設置した、前述の①（荷役ポンプの回転数）、②（荷役ポンプの軸温度）、③（荷役ポンプの吐出圧）の情報も含めて、荷役ポンプ監視システム制御盤内としてまとめるよう設計し、写真5のとおり製作した。



写真5 荷役ポンプ監視システム制御盤

荷役ポンプ監視システム制御盤完成後、写真6のとおり操舵室モニタへ、①（荷役ポンプの回転数）、②（荷役ポンプの軸温度）、③（荷役ポンプの吐出圧）を表示できることを確認した。なお、写真6は、荷役ポンプの吐出圧を表示している画面である。



写真6 荷役ポンプ監視システム制御盤情報の表示

3.1.2 センサー情報を制御装置に入力、通知・警報・緊急停止機能の開発

操舵室でも設定された圧力外の異常が検出されると警報と通知、緊急停止を行う機能を備える検討をした。

従来は圧力異常が検出されるとポンプ室コンパニオン等に設置された荷役制御盤より警報が発報され作業者が緊急停止ボタンを操作するが、荷役ポンプ監視システムへ操舵室モニタより警報と通知、緊急停止が行えるよう設定することで操舵室荷役操作者が確認・緊急停止できるようにした

実際に通知・警報・緊急停止ができるかを実験する為に実際に吐出圧力を上げた状態で運転負荷を上げ、警報を発報させ「緊急停止実証実験」を行った。その結果、写真7のとおり操舵室モニタで表示及び操作ができることを確認した。

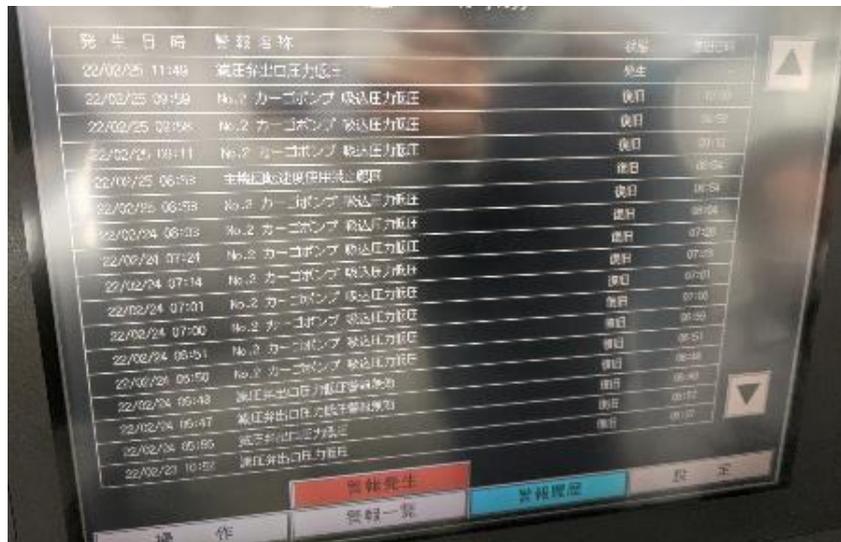


写真7 緊急停止実験結果

3.1.3 タブレットへの表示

荷役ポンプクラッチ操作盤・荷役操作盤等に表示している情報を、操舵室モニタへ表示できるようにしたが、操舵室以外のあらゆる場所でも確認できるように、タブレットに表示させることとした。そのために、船内に設置する無線LANのアクセスポイントの最適な設置場所を検討し、実際に設置して通信状態を確認した。

その結果、操舵室以外でも写真8のとおりタブレットで表示ができることを確認した。

3.2 荷役弁の開閉を操作・監視を行う制御装置とソフトウェア開発

3.2.1 荷役弁の開閉操作・監視を行う制御装置の開発

海洋汚染防止の観点より油圧では計画せず、作業員の安全を考えると電気式は万が一の場合火災・感電の危険性がある。よって空気式を選定する事とした。

空気圧で荷役バルブ開閉を確実にできる開閉センサーを取り付ける必要があるが、市販されているポジションナは電気式が主となり、調査した結果空気式ポジションナを取り扱う三鈴マシナリー製の空気式アクチュエーターバルブを検討し選定した。

もともとバラストコントロール装置などに使用されているこの装置を荷役弁へ転用する為、三鈴マシナリー協力のもと開発した。

この設計・製作・取付に関する問題点として以下の点が問題となった。

- 1) 空気駆動の為新たにコンプレッサーの搭載が必要ではないか
- 2) 空気配管を敷設する必要があるが配管径やスペースは問題ないか
- 3) 寒暖差で空気配管内にドレンが発生した場合、ポジションナの故障に繋がる
- 4) ポジションナは防爆式ではない為、甲板上への設置方法の考案
- 5) 199 トン型という限られた上甲板におけるスペースがあるか
- 6) 電磁弁パネルの設置場所

これらの解決方法を、以下のとおり検討した。

- 1) 既存装備品の荷役配管用雑用コンプレッサー容量 (600 L/min×0.93MPa) より、ポジションナ駆動に必要な容量との兼ね合いを次の通り確認した。

(下記は当初算出回数での検討数値)

10K-50A⇒1 弁当たりのアクチュエータ容量=0.5 L

・ 弁駆動：10 秒にて 1 弁操作の場合 $0.5 \text{ L} \times (60/15) = 3.0 \text{ L/min}$

・ 弁駆動：10 秒にて 6 弁操作の場合 $0.5 \text{ L} \times (60/15) \times 6 = 18.0 \text{ L/min}$

10K-150A⇒1 弁当たりのアクチュエータ容量=1.5 L

・ 弁駆動：10 秒にて 1 弁操作の場合 $1.5 \text{ L} \times (60/15) = 6.0 \text{ L/min}$

・ 弁駆動：10 秒にて 6 弁操作の場合 $1.5 \text{ L} \times (60/15) \times 13 \text{ 弁} = 78.0 \text{ L/min}$

同時に全て駆動した場合 $18.0 \text{ L/min} + 78.0 \text{ L/min} = 96 \text{ L/min}$

と算出できた為、600 L/min 1 台の容量で十分賄えるという結論となり、専用のコンプレッサーは不要であることが分かった。

2) 従来の船舶と異なり大量の配管が敷設されることによりスペースの懸念があったが、各ポジションより敷設される空気配管径を検討したところ、設置方法を工夫することで必要となる空気配管の敷設に問題が無いことがわかった。この結果を基に図2のとおり配管敷設システムを設計し、配管をSUS316-10/8φとし計画通り施工したところ、写真10のとおり問題なく敷設することができた。

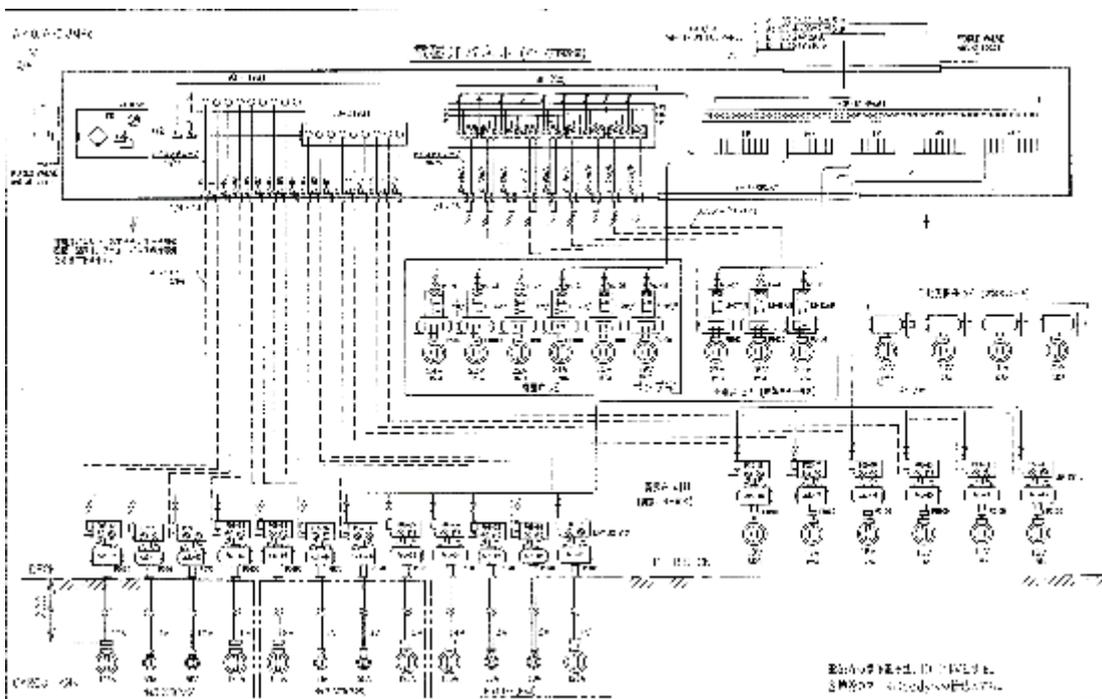


図2 配管敷設系統



写真10 配管敷設

3) 空気配管内ドレンを除去するために、エアドライヤー又はオートドレン装置を取付けることで解決すると考え、検討した。

日立産機システム製のエアドライヤーは装置が大きく設置できる場所が無い為、フィルタレギュレータ（オートドレン装置）を選定し、写真 11 のとおりポンプルーム内配管集合箇所に取り付けた。



写真 11 空気配管に取り付けたオートドレン装置

4) 液体化学薬品ばら積船では甲板上バルブに防爆規定はなく、設置自体は可能ではあるが、海水を浴びた場合、空気配管・電気信号配管・ポジションナ本体が故障する恐れがあり、この問題を解決する為三鈴マシナリー協力のもとバルブを覆い隠す防爆カバーを検討した。従来の鋼製カバーでは重量が重く、甲板作業員の作業手間が増えてしまうため、FRP製での作成・取付方法を検討した結果、写真 12 のとおり問題なく設置が可能であった為作成した。

FRPは軽量なうえに雨風に強く、写真 13 のとおり上部に覗き穴を取り付けた構造にすることで取り外しすることもなくポジションナの確認ができるようにした。



写真12 バルブカバー



写真13 バルブカバー上部覗き穴

5) 上甲板のポジションナ取付作業と、配管取り回し場所について、当初の計画では図3のように手動ハンドルを取付け、万が一の場合はバルブハンドルを使用して手動操作が可能と計画していたが、隣り合うバルブと十分なスペースが取れないと判明したため、荷役弁の手動ハンドルを省略する検討を行い、 $400\text{mm} \times 450\text{mm} \times 765\text{mm} \Rightarrow 520\text{mm} \times 350\text{mm} \times 410\text{mm}$ へと機器の小型化を図4に示す通り検討した。バルブサイズを変更せず設置面積を減少させて設置可能なことが分かった結果、十分な配管スペースも確保することができた。

バルブハンドルの代替品として、専用工具を写真14のとおり作成し搭載した。操作は図4の赤い丸で示す場所から専用工具にて手動開閉操作を行うことができるようにした。

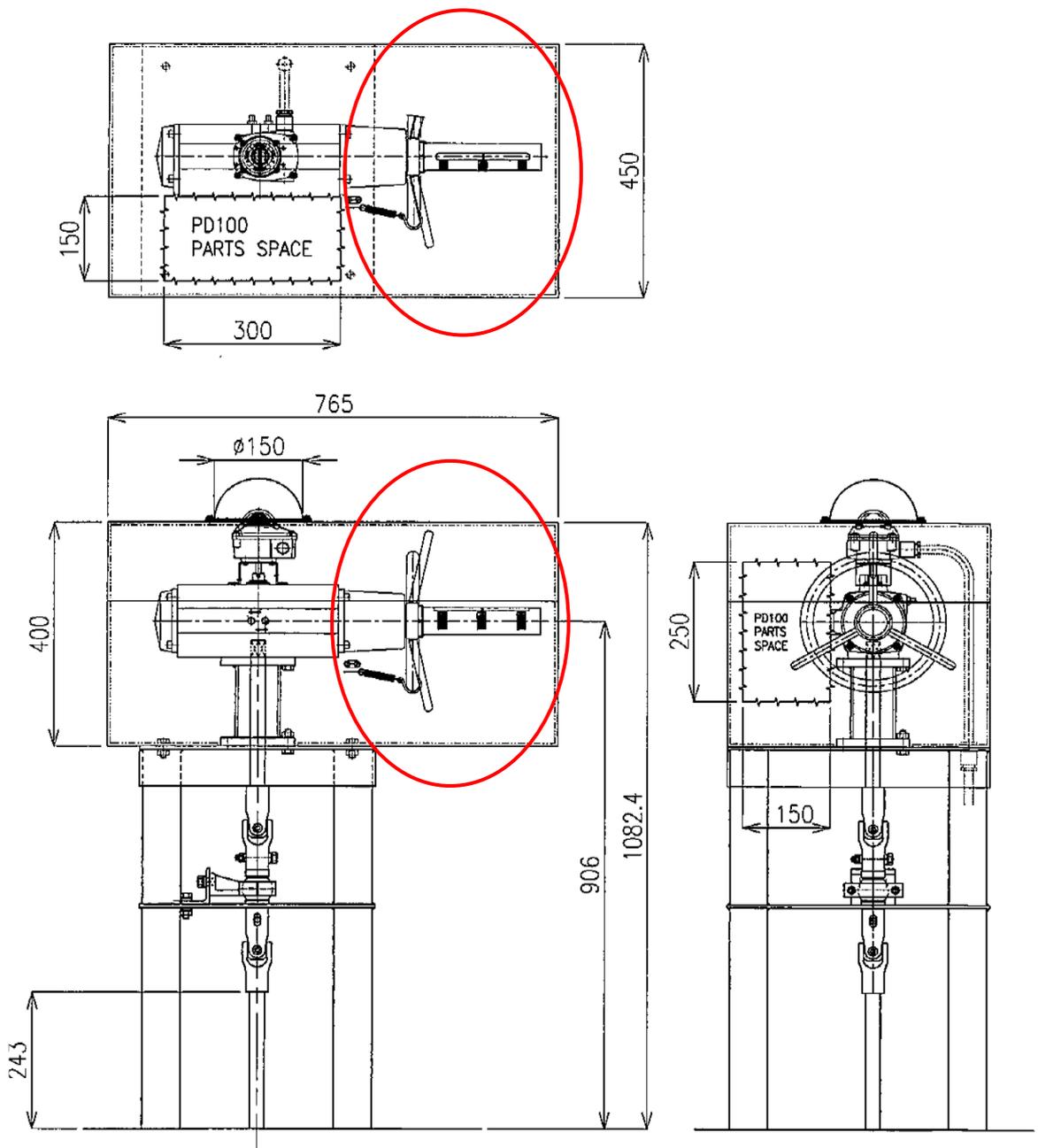


図3 当初計画のバルブハンドル

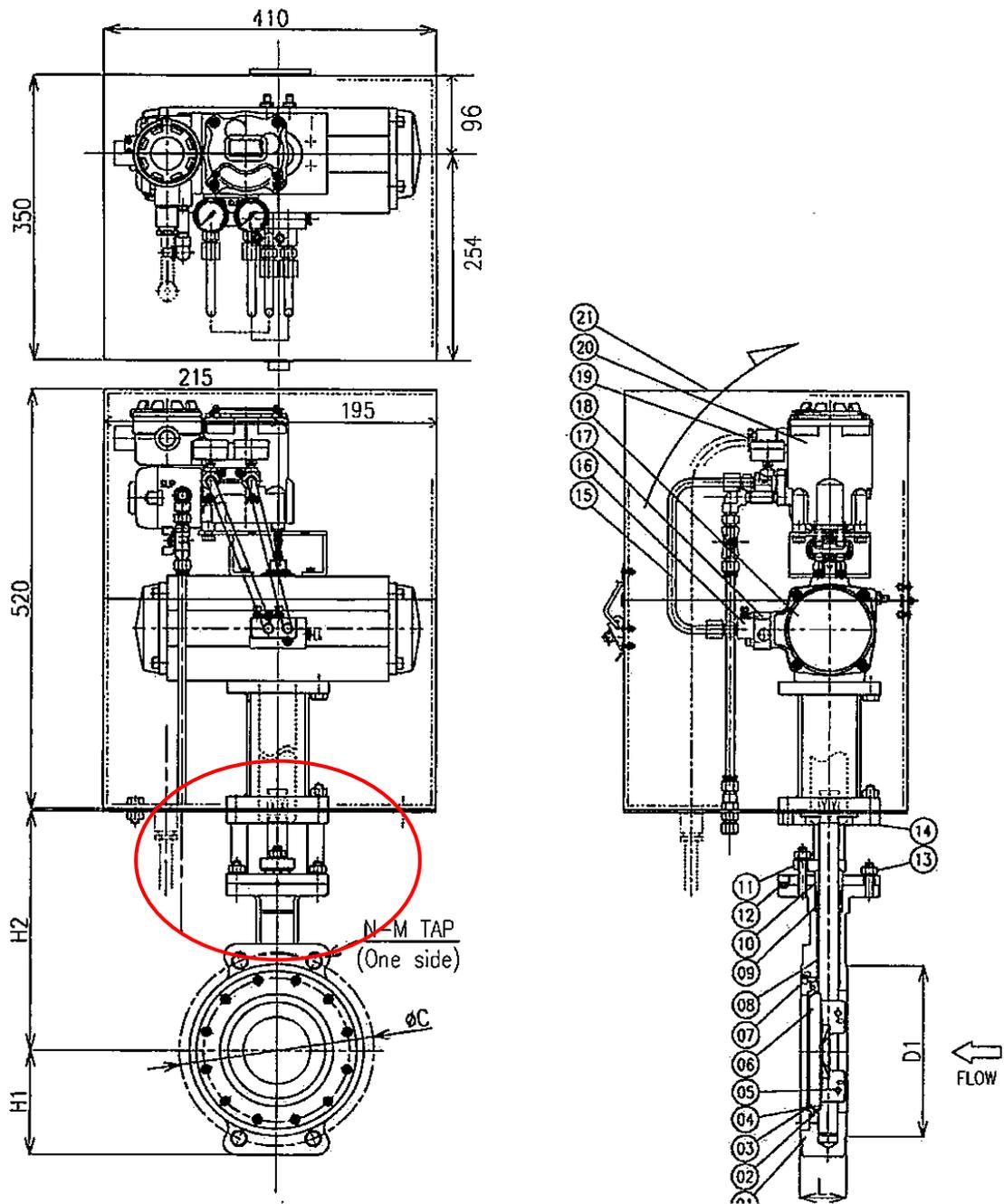


図4 コンパクト化したポジショナと手動開閉箇所



写真 14 バルブ開閉用専用工具

- 6) 荷役バルブ制御空気用電磁弁パネルを設置する為、設置場所であるポンプルームの高さ・設置場所の幅に合わせた設計を最初に行い独自に機器配置を行うことで、既製品では実現できないサイズの盤を図5のとおり製作でき、写真15のように問題なく配置を行えた。

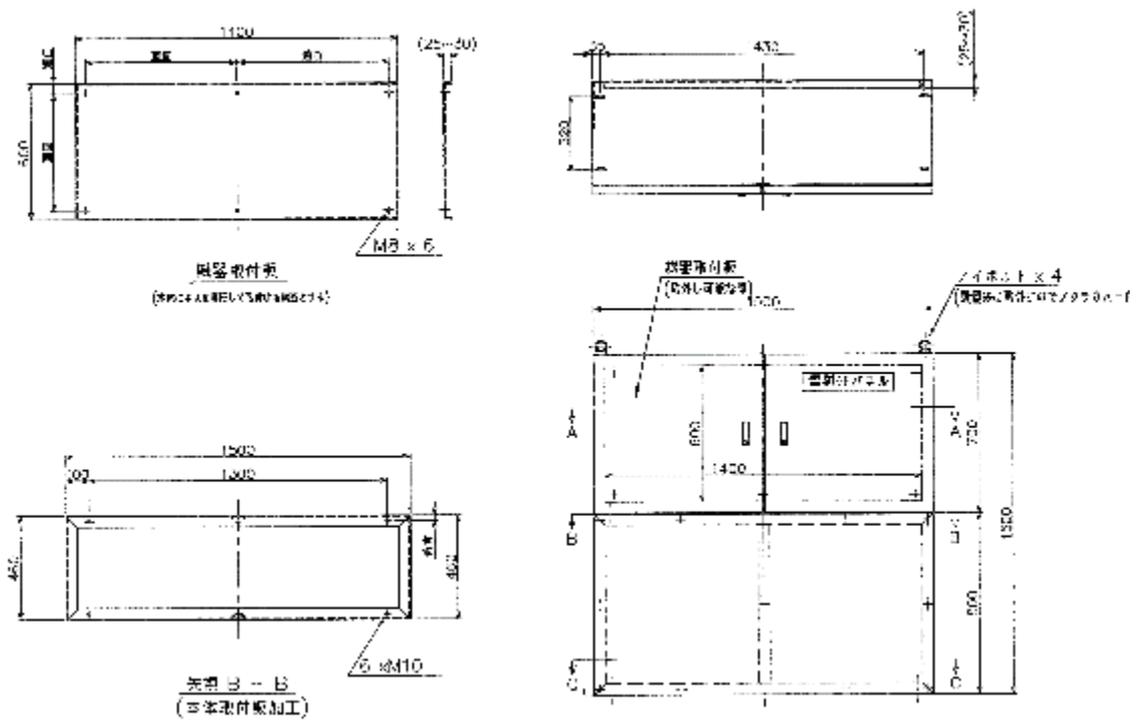


図5 電磁弁パネル寸法図



写真15 ポンプルーム上段に設置された荷役バルブ制御用電磁弁パネル

空気式ポジショナはバラストコントロール装置のものを流用して荷役バルブに取付を行う為、貨物タンク荷役弁への直接取付に関して寸法誤差が発生したが、写真 16 で示す水密デッキピースと写真 17 で示す専用架台を設計製作することで取付が可能となった。



写真 16 水密デッキピース



写真 17 ポジショナ取付架台

ポジショナの取付、結線作業の様子は写真 18 に示す。



写真 18 ポジショナ取付・結線作業

3.2.2 荷役弁の緊急停止と警報発報ソフトウェアの開発

荷役弁の意図せぬ開閉が停止、開閉が上手く動作しない等のバルブ動作不具合による停止が起きた場合は、警報が発報するソフトウェアを検討した。

バルブ上部のポジショナより送られる電気信号により制御装置内の遮断装置が働く回路とすることで操作が停止し、それに伴い警報が発報することで荷役バルブを操作している操作者への警報と目視での通知を行い、荷役ポンプ停止操作を行うことができるようにした。

3.3 各機器連携・各種センサーの情報取り込み・分析・利用するソフトウェア開発

3.3.1 センサー情報を分析・利用できるソフトウェアの開発

荷役ポンプ（報告書 3.1）・荷役弁（報告書 3.2）より収集したセンサー情報と、喫水計・液面計・積付計算機・バラストコントロール装置より収集したセンサー情報を集約し取り込むことで分析・利用できるソフトウェアの開発をした。

①荷役遠隔コンソールへの組み込み

荷役遠隔コンソールへの組み込みには情報信号の信号形式を調査、統一することが必要となった為、次の信号互換性を調査した。

荷役ポンプセンサー（3.1にて使用したセンサー）

荷役弁ポジショナ電気信号（3.2.2にて使用したセンサー）

液面計（ムサシノ機器製：カーゴタンク液面検出器、独立高高位警報及び溢出防止装置、パルスパージ式液面計）

喫水計（ムサシノ機器製：ドラフトチャンバー）

その結果、

荷役弁ポジショナ電気信号は電磁弁パネルより送信される信号形式を液面計、喫水計と合わせた形式とすることで統一できることが判明した為、荷役遠隔コンソールへ写真 19 に示す通り組込み写真 20 のようにモニタ表示させることができた。

荷役ポンプ表示板は 3.1 の写真 6 に記述したモニタを荷役遠隔コンソールへ組込むこととした。

また、表示画面には現在タンクに積載されている容積がわかりやすい事が重要と考え、カーゴタンク・バラストタンク・その他タンク（燃料・清水）を画面に一括表示させ、同時に確認ができるようする為 19 インチタッチパネルを 3 台設置する事とし、全て同じ情報が表示できるように計画した。

表示情報：

- ・液位情報
- ・荷役弁操作
- ・バラストコントロールシステム（補助金対象外装備）
- ・各警報（荷役弁不具合、液位警報）

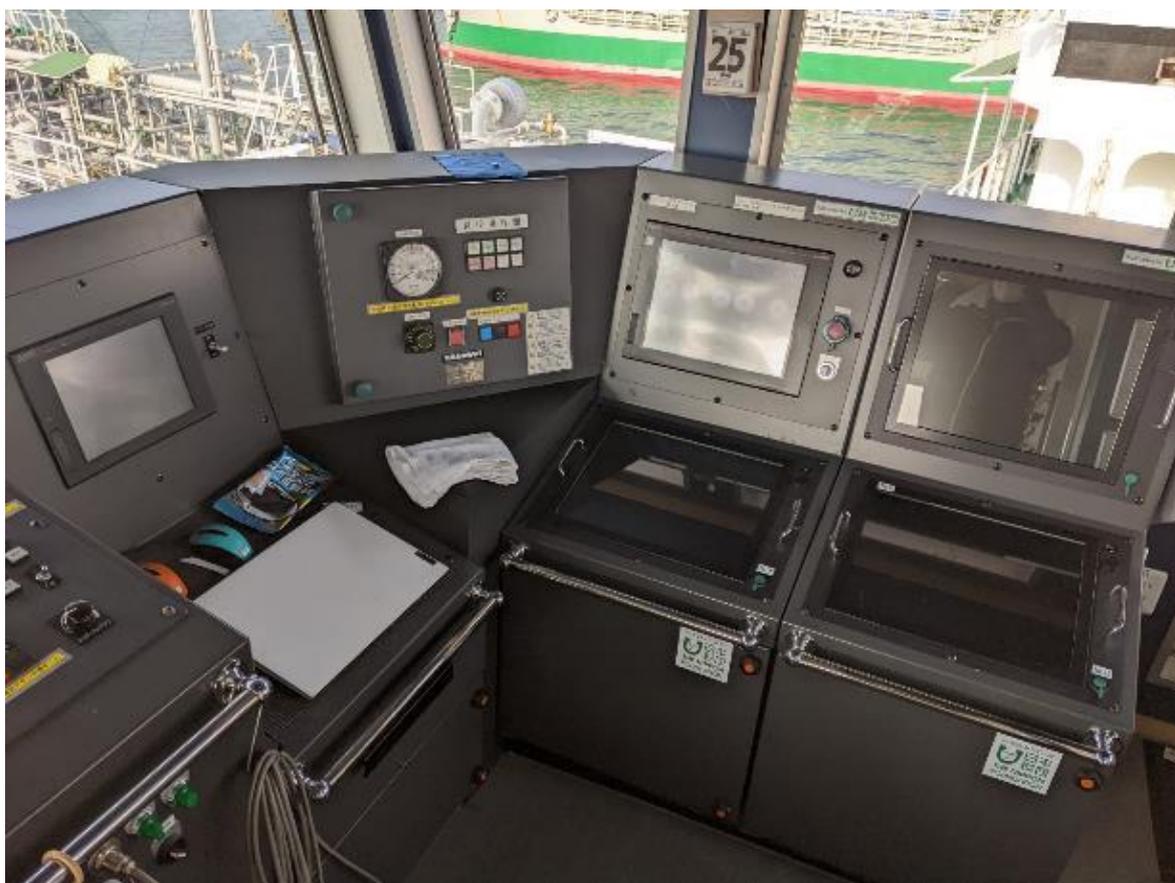


写真 19 荷役遠隔コンソール

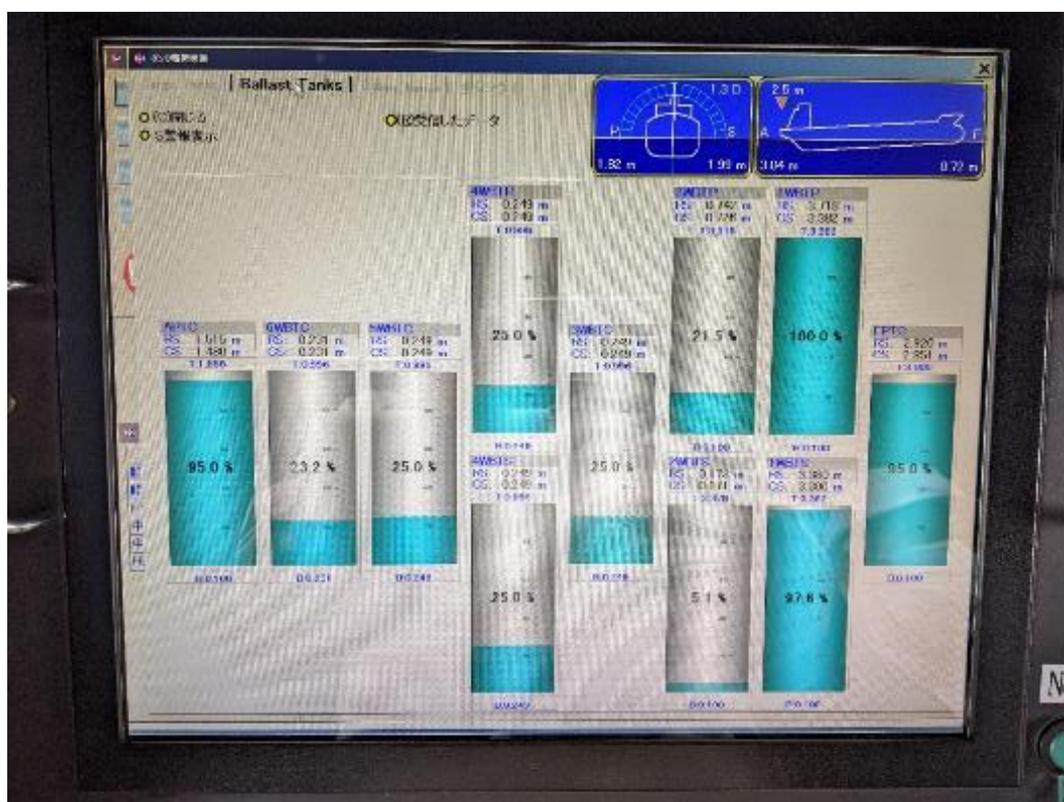


写真 20 各液面計の情報を表示

②集約するための情報統合システム

上記に記述した、荷役ポンプセンサー・荷役弁ポジションナ電気信号・液面計・喫水計の情報を統一するために情報統合システムの検討を行い、I S Oデータサーバを採用することとした。

各センサーと信号データは荷役制御機器からI S Oデータサーバに入力する為、固定のI Pアドレスの振り分けと通信方式を確定させた。

各I Pアドレス振り分けについては各メーカーより情報を入手し、通信方式をM o d b u s T C Pとし、各項目について図6を参考に設定を行った。

| 項目 | MODBUSデバイス | 計測値 | 単位 | データ値(レート) | デバイス |
|------------------|------------|--------------|----|------------|-------|
| 駆動機潤滑油温度 | 400226 | -200.0~850.0 | °C | -2000~8500 | D 225 |
| 右舷ポンプ中間軸船尾側軸受温度 | 400228 | -200.0~850.0 | °C | -2000~8500 | D 227 |
| 右舷ポンプ中間軸船首側軸受温度 | 400230 | -200.0~850.0 | °C | -2000~8500 | D 229 |
| 右舷ポンプスタフィンボックス温度 | 400232 | -200.0~850.0 | °C | -2000~8500 | D 231 |
| 右舷ポンプ船尾側軸受温度 | 400234 | -200.0~850.0 | °C | -2000~8500 | D 233 |
| 右舷ポンプケーシング温度 | 400236 | -200.0~850.0 | °C | -2000~8500 | D 235 |
| 右舷ポンプ船首側軸受温度 | 400238 | -200.0~850.0 | °C | -2000~8500 | D 237 |
| 左舷ポンプ中間軸船尾側軸受温度 | 400252 | -200.0~850.0 | °C | -2000~8500 | D 251 |
| 左舷ポンプ中間軸船首側軸受温度 | 400254 | -200.0~850.0 | °C | -2000~8500 | D 253 |
| 左舷ポンプスタフィンボックス温度 | 400256 | -200.0~850.0 | °C | -2000~8500 | D 255 |
| 左舷ポンプ船尾側軸受温度 | 400258 | -200.0~850.0 | °C | -2000~8500 | D 257 |
| 左舷ポンプケーシング温度 | 400260 | -200.0~850.0 | °C | -2000~8500 | D 259 |
| 左舷ポンプ船首側軸受温度 | 400262 | -200.0~850.0 | °C | -2000~8500 | D 261 |

| 項目 | MODBUSデバイス | 判定内容 | データ値 | デバイス |
|---------------------|------------|---------|----------------|--------|
| 主機回転速度超過 | 009194 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1001 |
| 主機回転速度使用禁止範囲 | 009193 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1000 |
| 主機前エアクラッチスリップ | 009195 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1002 |
| 右舷ポンプエアクラッチスリップ | 009196 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1003 |
| 左舷ポンプエアクラッチスリップ | 009198 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1005 |
| 駆動機潤滑油温度高温 | 009199 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1006 |
| 右舷ポンプ中間軸船尾側軸受温度高温 | 009200 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1007 |
| 右舷ポンプ中間軸船首側軸受温度高温 | 009201 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1008 |
| 右舷ポンプスタフィンボックス温度高温 | 009202 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1009 |
| 右舷ポンプ船尾側軸受温度高温 | 009203 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1010 |
| 右舷ポンプケーシング温度高温 | 009204 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1011 |
| 右舷ポンプ船首側軸受温度高温 | 009205 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1012 |
| 左舷ポンプ中間軸船尾側軸受温度高温 | 009212 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1019 |
| 左舷ポンプ中間軸船首側軸受温度高温 | 009213 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1020 |
| 左舷ポンプスタフィンボックス温度高温 | 009214 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1021 |
| 左舷ポンプ船尾側軸受温度高温 | 009215 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1022 |
| 左舷ポンプケーシング温度高温 | 009216 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1023 |
| 左舷ポンプ船首側軸受温度高温 | 009217 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1024 |
| 減圧弁出口圧力低圧 | 009257 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1064 |
| 減圧弁出口圧力高圧 | 009258 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1065 |
| 主機前エアクラッチ作動空気圧力低圧 | 009259 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1066 |
| 右舷ポンプエアクラッチ作動空気圧力低圧 | 009262 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1069 |
| 右舷ポンプ吐出し圧力高圧安全弁開放 | 009263 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1070 |
| 右舷ポンプ吐出し圧力高圧ポンプ停止 | 009264 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1071 |
| 右舷ポンプエア押し圧力高圧 | 009265 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1072 |
| 右舷ポンプエア押し時間超過 | 009266 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1073 |
| 右舷ポンプエア押し回数超過 | 009267 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1074 |
| 右舷ポンプ吸込圧力低圧 | 009268 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1075 |
| 左舷ポンプエアクラッチ作動空気圧力低圧 | 009276 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1083 |
| 左舷ポンプ吐出し圧力高圧安全弁開放 | 009247 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1054 |
| 左舷ポンプ吐出し圧力高圧ポンプ停止 | 009278 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1085 |
| 左舷ポンプエア押し圧力高圧 | 009279 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1086 |
| 左舷ポンプエア押し時間超過 | 009280 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1087 |
| 左舷ポンプエア押し回数超過 | 009281 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1088 |
| 左舷ポンプ吸込圧力低圧 | 009282 | 正常 / 異常 | 0(OFF) / 1(ON) | M 1089 |

図6 荷役ポンプ情報の設定

③積付計算機への自動入力装置の開発

従来の船舶へ搭載されている積付計算機へオンラインデータ受信プログラムを組み込む検討をした。積付計算機にはISOデータサーバに集約された②の信号を船内LANにより自動ダウンロード、自動入力が可能になる拡張性があった為、写真21のオンラインデータ受信プログラム内に自動ダウンロードプログラムを組み込み、自動入力させ荷役遠隔コンソールへ搭載し遠隔荷役時に船体情報を写真22のように確認できるようにした。



写真21 積付計算機にプログラムされたオンラインデータ受信プログラム

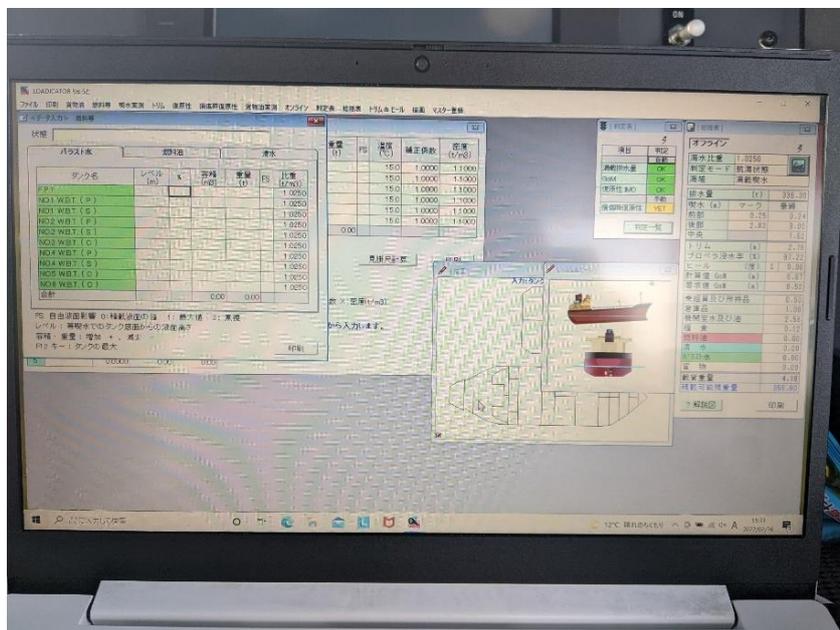


写真22 自動入力される船体情報

荷役ポンプ操作と荷役弁操作、液位の確認、積付計算機による船体情報が操舵室の荷役コンソールで一括確認できることにより、作業の一元化が可能となり、多人数での連携ミスによるヒューマンエラーの防止とヒヤリハットを未然に防ぐことが可能となった。

3.4 荷役事前計画と荷役の監視を行うソフトウェア開発と陸上監視システムの構築

3.4.1 荷役事前計画と荷役の監視を行うソフトウェア開発

3.1～3.3 までのソフトウェアが完成した後に荷役の事前計画を行い、その通りに荷役ラインが接続され荷役が行われているか監視するソフトウェアの開発をした。実際に開閉されている荷役ラインを写真 23 のように色別に分けて表示出来るソフトウェアを開発した。

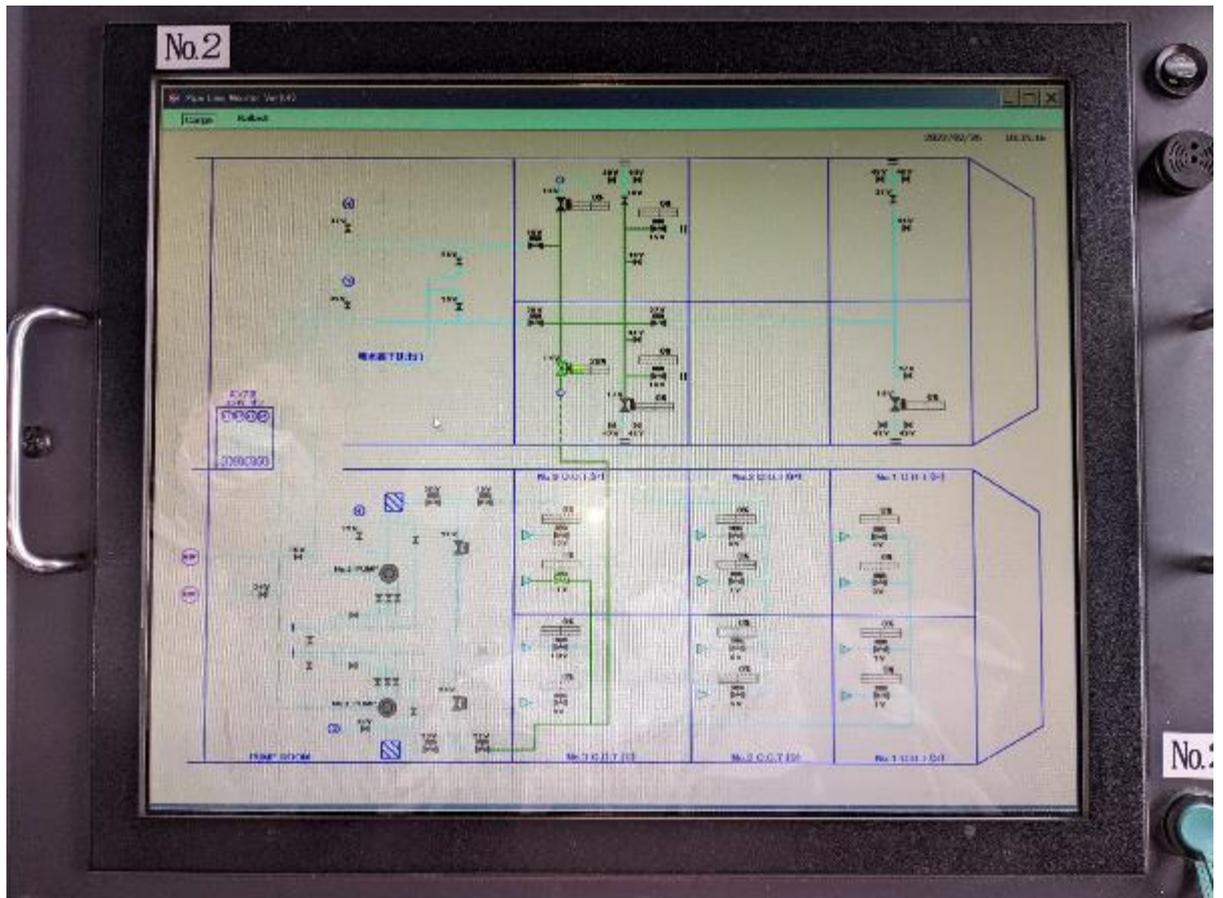


写真 23 事前計画した色付き荷役ラインと色付き使用バルブ

事前計画通りに荷役が行われているかを監視できるようなソフトウェアを開発した。色分けをすることでどのラインが接続されているかがわかりやすく、監視が容易に出来ることを確認した。

事前計画の入力は積付計算機のプログラミングより行い、計画通りではない場合、注意喚起が画面に表示され判断を操作者にさせるようにした。

この事前計画とラインの色分けについては、実際の荷役作業でなくとも一連の流れを確認することのできるテスト機能も備えている

3.4.2 陸上監視システムの構築

陸上監視システムも同時に開発を行った。

上記の 3.1 から 3.4.1 までの検証により、操舵室より 1 人で操作・監視を行うことは実証ができた。

予備員として操作者以外が船内でワイヤレス化されたタブレットにより荷役ポンプの運転状況の確認と緊急停止ができることも実証することができた。

この船内で確認できる情報と同等の情報を陸上でも監視ができるように検討をした。操舵室後部へ設置された写真 24 の I S O データサーバへ機器情報を接続し、データ活用アプリケーション (WADATSUMI) へその情報を保管することで、陸上から登録されたユーザーが船内サーバーへアクセスすることにより情報を確認できることが判明した。

既存のソフトであるデータ活用アプリケーション (WADATSUMI) は機関記録などを収集する目的として使用されているが、集中荷役監視システム情報も機関情報と同じ信号形式に変換・集約することにより、荷役情報も確認できる。

陸上での監視は I S O データサーバを介して陸上監視モニタで表示が可能なことを確認した。



写真 24 I S O データサーバ本体

デジタルデータとしてISOデータサーバ内に保存されたデータを使用してリモートメンテナンスに応用できると確信した。

これまで検討し、開発してきた各機能やシステムの簡略構成図を図7に示す。

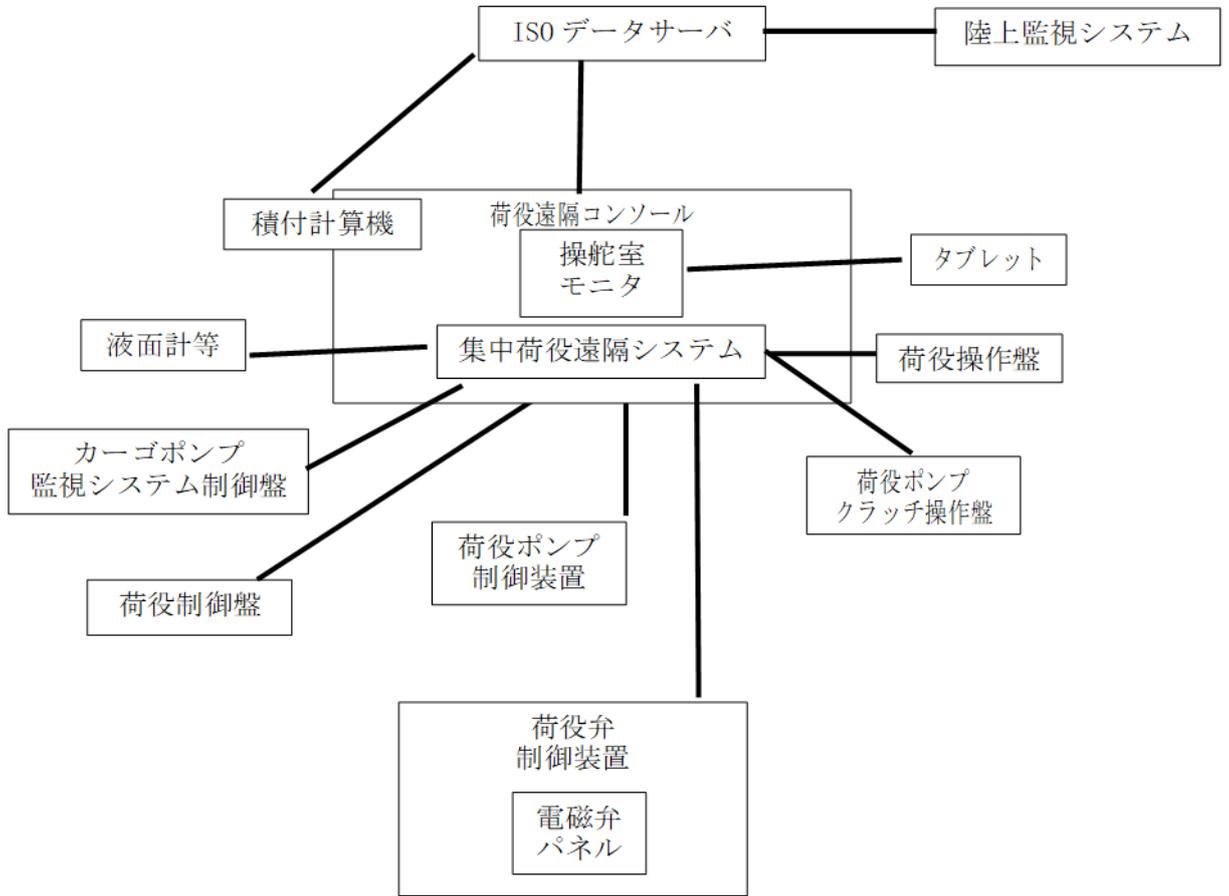


図7 システム簡略構成図

3.5 報告書の作成

2021年度の事業内容について、実施した成果を報告書として取りまとめ作成した。

4. 目標の達成状況

2021 年度の目標の 1) の達成状況：

荷役ポンプの運転と荷役弁の開閉は操舵室より遠隔で操作可能となったことで、甲板上での作業としては陸上側の荷役ライン配管接続のみで、実荷役作業は操舵室の 1 カ所から 1 名体制で荷役操作が可能となり目標を達成できた。

この作業は実船の荷役作業の立会いで確認することができた。

2021 年度の目標の 2) の達成状況：

荷役ポンプクラッチ操作盤・荷役操作盤等の各機器の表示部をタブレット表示させ、集中荷役遠隔システムとして完成し操作可能となることで目標は達成できた。

タブレット表示は実船で確認することができた。

2021 年度の目標の 3) の達成状況：

荷役制御装置をブリッジに設置した荷役用コンソールへ従来の大型設備ではなく 19 インチタッチパネル（縦 350mm×横 290mm）として組み込むことができ、まとめることで目標は達成できた。

2021 年度の目標の 4) の達成状況：

非常時にタブレットからの荷役ポンプ緊急停止試験として 10 回の荷役ポンプ緊急停止試験を行い、全て 3 秒以内で停止することを確認した。目標の 5 秒以内に緊急停止するという目標は達成できた。

5. 2021 年度の実施内容の概要

1) 荷役ポンプの遠隔操作、監視を行う制御装置とソフトウェア開発（荷役ポンプの制御装置開発）

目標：運転の遠隔操作・運転時の負荷や状態監視を行う制御装置とソフトウェアを開発する。これには必要なセンサーとして荷役ポンプの回転・軸温度・圧力を計測する。

センサーからの情報は制御装置に入力され通知・警報・緊急停止が行える機能を有する。荷役ポンプクラッチ操作盤・荷役操作盤等に表示している情報を、タブレットに表示・操作できるようにする。タブレットは非常時の緊急停止を行え、その操作は 5 秒以内で緊急停止信号を受け荷役ポンプが停止するようにする。

実施内容：荷役ポンプへ回転・温度・圧力を感知するセンサーを取り付ける場合、自作を行ってもメーカー標準品を使用しても信号の形式に変化が無いことがわかったため、メーカー標準品を使用することとした。

センサー信号を集約する制御盤の配置場所を選定し、狭小箇所でも設置ができるように縦 1000mm×横 700mm×幅 300mm の大きさに収まるよう設計することができた。

荷役ポンプクラッチ操作盤・荷役操作盤への接続はLANケーブルでの接続となるが、タブレットへの表示をさせる為に無線ルータを経由してWi-Fiで無線化することにより、表示内容を操舵室以外の箇所でも確認ができた。

また、タブレットからの緊急停止を行う場合にはどのようなシステムが必要か調査した結果、表示だけではなくタッチパネルで操作可能なソフトを操作盤内PCに組込むことで可能と判明した為、オンラインデータ受信プログラムとしてパソコン内にソフトウェアの組込みを行った。

緊急停止信号をタブレットから行える様に、運転負荷を上げて警報を発報する試験を行い、全て3秒以内で緊急停止が行えることを確認した。

2) 荷役弁の開閉を操作、監視を行う制御装置とソフトウェア開発（荷役弁の制御装置開発）

目標：荷役弁の開閉操作・監視を行うソフトウェアの開発をする。これには必要なセンサーとして開閉を確実にできる荷役弁に開閉センサーを埋め込む。開閉が停止したり、開閉が上手く動作しない場合などは通知・警報・荷役ポンプの開始が行えない等の機能を有する。

実施内容：荷役弁ポジションにセンサーを埋め込むため、必要な機器類・信号型式の調査を行った結果、空気圧方式のポジションに対応している製品が1社しかなく、自社での開発も専門的知識が必要な為購入品を取り付けることとした。

センサーの取付により、操舵室荷役操作盤で開閉の停止や、上手く動作しないなどの不具合が起きた場合、信号不具合を受け取ると操作盤表示画面に通知と警報が発報するように基礎設計を行った。

3) 各機器連携・各種センサーの情報取り込み・分析・利用するソフトウェア開発（各機器連携ソフトの開発）

目標：荷役ポンプ・荷役弁・喫水計・液面計・積付計算機・バラストポンプを連携させ、遠隔操作をするためのソフトウェアを開発する。各種センサーは荷役ポンプ・荷役弁に取り付けられている物と喫水計・液面計を用いる。荷役ポンプと荷役弁のソフトウェア・積付計算機と連携し、荷役作業時にヒューマンエラーが起きた場合やヒヤリハットを防止できる機能を有する。

実施内容：荷役ポンプ・荷役弁・喫水計・液面計・バラストポンプからの信号を荷役制御盤へ組込む設計を行い、制御盤よりISOデータサーバを介して無線ルータより操作盤へ送り連携できるようにした。

信号形式はISOデータサーバに送ることにより形式を統一でき、一括管理が可能となった。

積付計算機への入力情報は情報を見て手入力となることが判明したため、ISOデータサー

よりも自動入力が可能か調査し、検討することとした。

調査結果より、オンラインデータより自動入力が可能と判明したため、オンラインデータ受信プログラム内に自動ダウンロードプログラムを組み込み自動入力が可能となった。

上記ソフトウェアの開発を行い、プログラムに組込むことで荷役ポンプと荷役弁のソフトウェア・積付計算機が1カ所で監視可能となり、作業の一元化が可能となることで多人数での関係ミスによるヒューマンエラーの防止とヒヤリハットを未然に防ぐことが可能となった。

4) 荷役事前計画と荷役の監視を行うソフトウェア開発と陸上監視システムの構築（荷役監視ソフトの開発）

目標：1～3) のソフトウェアが完成した後に荷役の事前計画を行い、その通りに荷役ラインが接続され荷役が行われているか監視するソフトウェアの開発をする。陸上監視システムも同時に開発。開発期間中は1人で操作・監視を行いつつ予備員として船内で1人・陸上で1人が同時に監視をする。最終的には船内で1人・陸上で1人の人員が監視をすることで安全な荷役作業が行えるようにする。

又、各機器はデジタルデータが蓄積されていることから将来的にはリモートメンテナンスにも応用できると期待する。

実施内容：使用バルブ・使用ラインを選定、監視可能なソフトウェア開発の為に荷役操作盤と積付計算機のシステム調査を行ったところ、ISOデータサーバの信号データが統一化されていることにより、荷役の事前計画を行いその計画情報を荷役操作盤に入力し

ラインの色分けをすることで監視可能とした。

陸上での監視はISOデータサーバを介して陸上の監視モニターで確認が可能なことを確認した。

デジタルデータとしてISOデータサーバ内に保存されたデータを使用してリモートメンテナンスに応用できると確信した。

5) 報告書の作成

2021年度の事業内容について、実施した成果を報告書として取りまとめ作成する。

6. 今後の予定

99～999GT型の油槽船及び特殊タンク船、内航液体化学薬品ばら積船約800隻の既存船（内航総連HPに掲載されている隻数）と新造船に適用できると考えており、今年度事業完了後すぐに商品化として新造船をターゲットに5隻の受注を目指す。

7. まとめ

集中荷役遠隔システムは荷役ポンプ・荷役弁・バラストポンプ・バラスト弁を遠隔で操作し、喫水計・タンク液面計・積付計算機等荷役に関するあらゆる計測機器を連動させることで、通常甲板上にて3~4人で行う荷役作業を操舵室（荷役制御室兼用）より1名で行えるようにした。これにより船員を酷暑・極寒下の甲板作業から解放し、荷役作業中の事故やヒューマンエラーを防止することで荷役作業の安全性向上と省力化を図ることができるようになった。

これまで大型船でしかできないと思われていた荷役遠隔操作を、デジタル化によって装置を大幅に小型化することで内航船最小クラスの199総トン型タンカーへの導入を世界で初めて実現した。

またISO19847/19848対応船内サーバーを搭載し、各機器のデータを連携させ総合的に分析・利用することで、デジタル機器点数を削減するとともにサーバーを介して船舶と陸上とをオンラインで結ぶ遠隔監視システムを開発した。

これにより陸上で荷役作業の遠隔監視が可能となり、継続的なデータの蓄積も可能となる。

この研究は2021年度日本財団の助成金交付により研究開発が遂行されたものです。

この場を借りて深くお礼申し上げます。

「この報告書は BOAT RACE の交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました」

(一社)日本船用工業会

〒105-0001

東京都港区虎ノ門一丁目13番3号(虎ノ門東洋共同ビル)

電話：03-3502-2041 FAX:03-3591-2206

<http://www.jsmea.or.jp>