内航貨物船機関システムの 近代化実証試験*

石 田 憲 治** 田 渕 義 章***
佐 藤 勇**** 米 倉 信 義*****

Verification Test for Modernized Machinery System of Coastwise Cargo Vessel

By Kenji Ishida, Yoshiaki Tabuchi, Isamu Sato, Nobuyoshi Yonekura

At present, the operation structures and technical developments of coastwise Liners are facing a turning point.

Since early 1997, the modernization of ship machinery system of a 499gross tonnage coastwise steel-cargo vessel is designed by the Modernization Committee of Coastwise Vessels and subsidized by the Ship and Ocean Foundation.

As design concepts of the modernization, modular fabricated machinery units, an integrated automatic control system of engine room machinery at the bridge and an inverter control system of sea water cooling pump, drainless measures, a combined use electric generator for the bow-thruster are mainly adopted.

Effectiveness of this modernization project is surveyed during the verification test from February 1997 to March 1998.

As a result, modular fabrication contributed to reduce the construction period and cost, the drainless measures contributed to reduce the workload and cleaning time for the engine crews, and the inverter system saved the total electric consumption.

This verification test apparently proposes for considerations of the modernization for the coastwise vessels from financial, technological and workload points of view.

1. ま え が き

現状の内航海運界は、制度面、運航形態面及び技術面で転換期にあるといえる。

特に、船舶の機関システムには地球環境対策、省エネルギー対策、省人化／安全性対策に加え、信頼性向上が強く要求されるようになってきた。同時に、この様な状況下にある内航船の就航に関して、各界の理解が得られるようになってきた。

平成9年度に(財)シップアンドオーシャン財団 以

下S & O財団)の補助事業として、総トン数499トン型鋼材運搬船の実証試験が行われ、本船の機関システムに関して設計コンセプト及び実証実験から得られた結果を紹介する。

2. 近代化機関部とは

『内航船の近代化』と言われて10年近くになるが、その定義は公的に定まったものではなく、現在の船舶の運航形態や、機関システムの性能等を向上させることを総称している。

今回の実証船建造に当たっては、S & O補助事業以外の項目についても機関システムの近代化のために、造船側でも企画段階より検討が繰り返された。検討にあたっては、運航の就労体制や港湾事情も考慮に入れた。

* 原稿受付 平成11年2月22日

** 正会員 神戸商船大学(神戸市東灘区深江南5-1)

*** 正会員 阪神内燃機工業株式会社(明石市貴崎5-8-70)

**** エヌケーケー物流株式会社(川崎市川崎区浜町1-11-1)

***** 正会員 MECエンジニアリングサービス株式会社(広島市中区江波沖町5-1)

つまり、『一部の船主でなく、海運界全体に受け入れられる近代化』を目指した。

2.1 内航船の現状

日本の沿岸を航行する内航船の隻数は割合から言えば、圧倒的に総トン数500トン以下の船型が多い。また、その多くは一次、二次のオペレーターの系列下にあつて、海上コストの削減要請を受けている。具体的には建造コストの削減、乗組員の削減、省エネルギーの推進が求められている。船種、運航形態の条件からどの項目に重点を置くかは異なってくるが、燃料価格が比較的安価に安定している状況下では、日常の運航、保守点検に省力化できる機器を搭載し、乗組員の削減を目指すことは合理的な選択といえる。しかしながら既に乗組員を削減している状況から、更に乗組員一名を削減することは非常に難しい状況であるまた、これらの対応策として、省力化機器を搭載したいが、機器の搭載コストが回収できないため対応を困難にしていると考えられる。

このような周囲環境により現状の内航船機関システムでは、燃料清浄機、潤滑油清浄機、海水濾器等の清掃に、日々多くの時間を費やしており、陸上の工場の多くが、コンピューターによる自動制御化が進められていることに比べると、内航船機関システムの現状は、かなり遅れている状況である。

2.2 内航近代化船の設備要求

近代化項目の決定に当たっては、全国内航タンカー海運組合（ケミカル船近代化推進委員会）や運輸施設整備事業団等で取りまとめられている内容を基準とした。

一方、鋼材を運搬している船社の18隻に設備要求に対するアンケートによる生の声を聞き、技術検討会の場で討議して基本項目を決定した。

(1) 船社アンケート

① 20項目程度のアンケートをオペレーターより各船社に郵送し、機関長が船内 機関部員の意見や要望をとりまとめて、返却してもらう方法を取った。対象船は 総トン数199ト(589kW)～5,196ト(4,470kW)の18隻であり、全船より回答があり、いずれも近代化への意欲を感じるものであった。

② アンケートの内容は、メンテナンス関連を中心に、日頃船用工業界や造船界で把握できていない項目を主体とした。

特に、機関室機器のモジュール化を予定している関係上、ゴムホース使用の可否、海水ラインの問題点及び漏油・漏水に関する内容を主とした。

③ アンケートの結果や要望の事例のいくつかを次に示す。

- A 『海・清水ラインにゴムホースを使用すること』に対するアンケート回答
 - ー耐振となり良い。
 - ー耐久性が心配
 - ー基本性能（耐熱性、接手部の腐食、強度等）を確認する必要がある。
 - ー従来形の配管の様な腐食がないので良い。
 - ー吸引側に使用する場合は、外圧によりつぶれないようにする必要がある。
 - ー予備ホースが必要
- B 『冷却海水ラインで一番困っていることは？』に対するアンケート回答
 - ーパイプの腐食
 - ー漏水、ゴミや貝類の詰まり
 - ー内航船では、浅海域でCCSを使用する場合、熱交換器のチューブが目詰まりする
 - ー配管の改修が大変
- C 『海水利用熱交換器の洗浄方法と期間』に対するアンケート回答
 - ー夏場1ヶ月2回ケミカル洗浄し、年1回分解掃除（4,413kW級の船のみ）
 - ーまた、分解後はチューブブラシで突いて、圧力水で洗浄していた。
 - ー大手船社の船は、1年ごとの開放掃除を行っていた。
 - ー航海中や停泊中に吸引する粗大ゴミや、爽雑物が海水ストレーナを閉塞させるため、一週間ごとにストレーナを開放掃除している船もあった。
- D 『漏油・漏水』に関するアンケート回答
 - ー海・清水のビルジ量は最大の船で、200?/日、平均的に30～40l/日でルジ処理に苦労している。
 - ーポンプの軸封装置の比率は、グランドパッキング方式が78%、メカニカルシール方式が22%であった。
- E 『機関の漏油・漏水を止めることが近代化への第1歩と考えるか』との問いには、

全回答が賛成であった。

F 『A重油タンクのドレン量はどの位か』のアンケートに対する回答

ー最大の船で毎直ごと3l/回で平均的に1回/週で、その量は1回当たり0.5～1lであった。

前述A～Fは、こちらからのアンケートに対する回答例である。その他自由な意見や要望の中から数列記述する。

ー油水分離器やドレンタンクは、複数化、または大形化とした方が良い。(3隻)

ー主機関係

- ・主機関の馬力余裕が必要(3隻)
- ・発電機ブラックアウト時、主機関が自動停止するので、改善する必要がある(1隻)。
- ・操縦系統でエアー式の場合はドレンに

よる事故が多いので、対策が必要。(2隻)

・クラッチのないCPP船は、離着舷のアイドリング時、海底の汚泥物を攪拌してプレートクーラーが汚れやすい。(1隻)

・夏場に機関出力を低減せざるを得ない。改善が必要(2隻)

全てのアンケート回答は、現状を満足したものがなく、いずれも改善の要求が多く、船上にてメンテナンスに苦労している様子がうかがえる内容であった。

(2) 近代化への基本項目

前述のアンケートを踏まえ、技術検討会にて検討を行い、表2-1に示す近代化視点と項目を選出し、※印を除く全ての項目を採用することにした。

表2-1 近代化視点と項目

近代化視点	近代化項目
海水ラインの防食対策、省メンテナンス	1. 海水ポンプの材質変更 (FC→BC化) 2. 配管ラインのポリエチレンコーティング 3. コーティング海水弁の採用 4. セントラルクーリングシステム (CCS) の採用 ※5. CCSを採用せずに、電気防食を採用
機関室のノードレン化	1. 海・清水ポンプのメカニカル軸封装置の採用 2. 主機関・補機関の漏油・漏水対策 3. 空気圧縮機、空気槽、ストレーナからのドレンは、個別処理
省エネルギー	1. 冷却海水ポンプのインバーター制御 2. 主機関燃料ドレンの回収 ※3. 燃料油ウェットスラッジの再利用 (主機関水エマルジョン燃焼) ※4. CCSを採用せずに、電気防食を採用する。
性能向上	1. 主機関5年間無開放運転 2. 船内LAN対応 ※3. 非常電源、またはバックアップ電源の高電圧化 (DC100V、またはAC100V化) ※4. 二速クラッチの採用 5. 主推進器にCPPを採用 ※6. 煙突の船尾配置 ※7. トンネル式サイドスラスターを廃止して、ポンプジェットを設置 ※8. 潜水船方式バラストシステムの採用 (バラストタンクを加圧/減圧して注排水する方式)
省力化	1. 機関区域無人化 (MO) の採用 ※2. 機器内部目視装置の採用 (光ファイバー式カメラの採用) 3. 海洋生物附着防止装置の自動化 4. 主機関のA重油専焼化
建造方法の改善	1. 主機関のモジュール化 2. 補機のモジュール化 3. 船体付タンクの採用
安全性の向上	※1. ブリッジデータの船内放送化
船価低減項目	1. バウスラスター機関と発電機関の兼用 ※2. 海水ポンプの統合 (5台を3台に集約) 3. 船体付タンクの採用 4. バウスラスターにFPPを採用、また、駆動ディーゼル機関に電子ガバナを設け、ジョイスティック対応を可能とする。

※印は、今回の近代化実証試験で、実船搭載しなかった項目を示す。

(3) 技術検討会

技術検討会は、内航船近代化委員会よりオブザーバ1名、船主、造船所及び技術支援者で構成し、アンケートの内容、MO仕様、21世紀の課題への整合性や船価面を総合的に検討した。

技術検討会は、1ヶ月ピッチで最終設計までの間、計4回開催した。

2.3 近代化と経済性

『近代化は、船価上昇を招く』と一般的に言われるが、船価上昇を押さえる工夫を行うことを当初より検討した。

船価低減のために仕様を低減するケースが考えられるが、仕様は既就航船と同等、またはそれより向上を狙い、且つ船価低減が可能なものと欲張った内容とした。

次の点で船価低減を行った。

① 補機用ディーゼル発電機機関とバウスラスタ駆動用機関を兼用することにより補機用ディーゼル機関1台分の価格を低減した。

② ジョイスティック採用の場合、バウスラスタは一般にC P Pを採用するが、本船はF P Pを採用した。

このため、駆動ディーゼル機関には電子ガバナを採用した。

③ 機関室サービスタンクは、船体付にした。

④ 一方、運航側でも機関部員を1名減すことで、夜間機関当直なしのMO船とした。

⑤ 機関室の各補機類をモジュール化し、造船所で一括搭載することで、工程の短縮や工数の低減を図った。

3. 近代化実証試験

3.1 実証船『翔陽丸』の要目

船主	運輸施設整備事業団、エヌケーケー物流(株)
船名	翔陽丸
船型	全通2層甲板、船首バルブ付
主要寸法	全長 70.0m
	全幅 12.0m
	深さ 7.12m
	吃水 4.18m
総トン数	497ト
載荷重量トン数	1,600ト

主 機 関 1,324kW(1800ps)1基, A 重油専焼

航海速力 12.5ノット

航海区域 限定近海区域 (非国際)

主発電機 180kVA, 144kW 1基

主発電機用駆動機関 160kW×1200rpm 1基

主発電機/バウスラスタ兼用機関

180kVA 144kW, 220kW×1,800rpm 1式

3.2 近代化実証試験項目

試験期間

① 平成9年2月1日から平成10年2月18日までの約1年間とした。

但し、インバーター制御関連のデーターについては、集計期間は平成9年12月10日より平成10年3月3日までの3ヶ月間であった。

② 試験項目

技術検討会で決定した各項目の有効性を確認するために、試験項目を次の通り定めた。

A 機関室モジュールの有効性

船橋監視機関システムの信頼性の評価のために、機関室の警報発生頻度と その内容の調査

B 冷却海水ポンプのインバーター制御の有効性

運転データーとして、海水温度(℃)、インバーター出力周波数(Hz)、電動機電流(A)及び清水クーラー温調弁開度(%)の4点を毎当直毎に記録

C 漏油、漏水対策の有効性

ビルジ量 (ビルジタンク内の深さを計測)、機関や補機類からの漏油や漏水が発見された場合は、当直表にその内容を記入

D 近代化項目の有効性

開放点検や長期運転をしないとその有効性の評価が難しいことから、近代化項目を本船側に説明し、運転員の所見を採取。

4. 近代化事例

一般的に、『近代化船』と称される機関システムの事例はなじみの多いものであるが、本実証試験船に採用した項目の代表事例を次に示す。

4.1 機関室モジュール

中、大型造船所では、先行艤装のために要素ごとにモジュール化し、搭載している。しかし総トン数499～999トン級の内航船で機関室モジュールをメーカーで製作し、造船所で搭載したのは本船が初めてである。

近代化船の建造に合わせ、造船所の工法としての近代化要請もあって、建造工程の短縮と艤装工数低減を狙ってモジュール化を計画した。

冷却清水ポンプモジュールの外観を図4-1に示す。

(1) 構成

各モジュールは必要なポンプ及び弁類に加え、制御装置を共通台盤の上に一括搭載したものとした。

このモジュールは単体で作動試験が可能なサブシステムとし、工場試験で作動試験を完了させ、船内取付後、実運転確認するのみとした。

メーカーにて製作したモジュールは、次である。

図4-1 冷却清水ポンプモジュール

冷却海水ポンプモジュール

冷却清水ポンプモジュール

ビルジ・バラストポンプモジュール

清水ポンプモジュール

空気圧縮機モジュール

潤滑油清浄機モジュール

(2) 機能

各モジュールは、その補機に要求される機能はもちろんであるが、機関室無人化及び近代化船にふさわしいシステム内容とするために、重要補機モジュールには次の要素を設けた。

① モジュール前面で対応可能な要素

- －各ポンプの手動・自動選択及び表示
- －各ポンプの発停及び表示
- －各ポンプの電流監視
- －各ポンプの吸入、吐出圧力監視
- －各ポンプ吐出圧低下警報試験
- －ポンプ吐出圧、無停電自動切替試験

② 各モジュールで、船内LAN対応可能な要素

- －電動機（ポンプ）の発停制御
- －電動機（ポンプ）の運転、停止信号
- －ポンプ吸入、吐出圧
- －ポンプ出口温度
(バラストポンプモジュールを除く)
- －温度調節弁開度
(冷却海水ポンプモジュールのみ)
- －冷却海水ポンプ駆動周波数指令
(冷却海水ポンプモジュールのみ)
- －弁開度制御及び開度指示
(バラストポンプモジュールのみ)
- －弁開閉制御及び開閉指示
(バラストポンプモジュールのみ)

(3) 特徴

従来工法で、前(2)機能に記述している要素を持つとすれば、その計画や建造には、モジュール工法より多くの時間が必要となる。

各モジュールは、船内LANのサブシステムとして、遠隔・監視・制御しているし、写真4-1に示す様に、モジュールの前面で運転状況が判断可能となる。

しかも、冷却海水ポンプモジュールの様に省エネルギー対応とすると共に、漏水のないポンプシステムで構成している。

これらの工夫点は、工期、船価及び信頼性や安

写真4-1 冷却清水ポンプモジュール

全面で効果が期待できた。

4.2 主機関のモジュール化

建造工程の短縮化や近代化船としての船価上昇を防ぐために、主機関に必要な次の機器を機関付とし、艤装工数の低減を図った。

一機関付とした機器一

- ① 主及び予備潤滑油ポンプ
- ② 主及び予備潤滑油ポンプ調圧弁
- ③ 主及び予備潤滑油ポンプ入口逆止弁
- ④ 主及び予備潤滑油出口ポンプ逆止弁

図4-2(a) 冷却海水ポンプ制御システム図

- ⑤ 潤滑油 2 次濾器
- ⑥ 潤滑油冷却器
- ⑦ 潤滑油温度調整弁

4.3 冷却海水ポンプのインバーター制御

運送業における環境対策と省エネルギー対策は重要課題であり、その一環として最少冷却海水量の供給を目的として、冷却海水ポンプの回転数をインバーターで制御した。このシステムを図4-2(a)に示す。

(1) 制御系の構成

必要冷却海水量を冷却清水ラインの温調弁より

図4-2(b) ポンプ特性

検出した。

制御はモジュール内の演算器を使用した数値制御方式とした。

(2) 機能

① 航海中、主機関の負荷や海水温度に応じて、必要な冷却海水流量は調整されるが、機能として必要最少流量を供給する制御システムとした。

② 冷却清水ラインの温調弁の開度を入力として、常にその開度を90%状態に保つようポンプの回転数を制御した。

但し、下限は定格1,780rpmに対し、1,340rpm (44.6Hz)とした。

(3) ポンプ性能

うず巻ポンプの吐出量調整は、吐出側の弁を開閉して行うのが一般的であるが実証実験船では、省エネルギー効果を狙って回転数制御とした。図4-2(b)に、回転数(周波数)を変化させた場合のポンプ特性(工場試験データ)を示す。

回転数(周波数)指令は、図4-2(a)に示す温調弁の開度を空気/電気変換シークンサー内の数値制御部を介して、インバーター(INV)に出力した。

4.4 バウスラスタ／発電機兼用機関

近代化に伴い、船価の上昇は避け難いが、この項目はその上昇を押さえることを主目的として実施したものである。

(1) 兼用機関の構成

この構成を4-3図に示す。

主発電機用機関とバウスラスタ駆動用機関を兼用するために、主発電機用機関の前端に油圧クラッチを設けて、バウスラスタを駆動した。

一方、発電機は片軸受、機関直結としたためバウスラスタ運転時に発電し、焼損の恐れがある

ためにデエキサイタ装置を設けた。

(2) 機能

この兼用機関は、機関室MO船の発電装置としての位置づけもあって、重要補機の一部でもあり、次の機能を持たせた。

① 调速装置は電子ガバナ(アイソクロナス特性)を採用し、操舵室でのジョイスティック運転を可能にした。

② バウスラスタは固定ピッチプロペラ(FPP)方式とし、回転制御方式を採用した。

③ バウスラスタ運転、または発電機運転の切替は、操舵室コンソール上で手動切替するシステムとした。

但し、バウスラスタ使用時に、他の主発電機故障の場合、スタンバイ機能が要求されるので、バウスラスタクラッチの自動切放し装置及び同期回転数自動保持装置を設け、数秒で発電装置に切り替わる機能とした。

4.5 主機関の信頼性向上対策

原動機の故障診断や故障予知診断のために、多くの測定計器を付加して早期に発見することが一般的であるが、信頼性と経済性が同時に要求される小型内航船の場合、必ずしもその要求にマッチしていないことがある。

そこで、『故障をどの様に早期に発見するのかではなく、どの様にして故障を起こさせないか』を意図し、近代化船主機関の信頼性を向上させるために次の対策を行った。

① 自動化船機器の信頼性報告書²⁾(SRIC)(平成3年度版)により、燃焼室周りの事故が最も多い点に着目して、ピストンリング溝のクロームメッキ、排気弁及び弁座のナイモニックの対策を行

図4-3 バウスラスタ／発電機兼用機関

った。

② ピストンリング及びシリンダライナ間の事故を防ぐために、シリンダ注油用潤滑油に極圧性向上の強化剤を5%添加した。

③ 制御電源はAC100V/DC24Vとし、交流電源喪失時でも主機関が停止しない回路とした。

4.6 機関室『ノードレン』化

『漏油・漏水』に関するアンケート2.2(1)③Dに示す通り、漏油・漏水を少なくすることを、アンケートに答えた全船より希望があった。この結果を踏まえ、次の要領にて、機関室のドレンを少なくする対策を行った。

① 主機関燃料弁からの漏油は、回収して使用可能なよう、燃料油主管の調圧弁の2次側に接続し、燃料供給ラインに戻した。

② 主機関のシリンダカバードレンは、動弁腕注油や排気弁注油からのドレンであり、これを回収して再利用できる循環方式とした。

③ 主機関の架構扉のパッキンをOリング方式として、漏油対策を行った。

架構扉取付ボルト部からの漏油をなくすため、ボルト穴は貫通なしとした。

また、架構扉附着の安全弁も漏油のないものに

写真4-2 主機関架構扉

変更した。

④ 主機関の動弁衝棒当金部（プッシュロードトップエンド部）に、Oリングを挿入して、動弁衝棒に伝って流れる油ドレンを防止した。

⑤ 補機関用ゴムホース部の締付バンドは二条必要であるが、一条の強力形（締付構造や締付バンドで、より強力なもの）を採用した。

⑥ ポンプ類の軸封装置は、メカニカルシール方式とした。

⑦ 空気圧縮機、空気槽及び潤滑油清浄機のドレンやスラッジは缶受けとした。

⑧ 補機類で漏油や漏水が生じやすい部分には、製作当時より液状パッキンをも併用し、接手や接合部からの漏れを防いだ。

4.7 船体付タンクの採用

機関室には、一般にサービスタンクを設置しているが、工程の短縮や建造コスト低減を目的として、サービスタンクのうち、A重油サービスタンク及び潤滑油タンクを船体付タンクとした。

① 船体付タンクの場合、衝突事故による油流出の可能性もあるが、サイドタンク採用の実績が多く、実施した。

② 従来船のサービスタンクの配置と比較した場合、サービスタンク全体を600mmほど外板側に寄せられ、通路が広く取れた。

4.8 海洋生物附着防止装置の自動化

従来の内航船では、海洋生物附着防止装置として、電気分解による次亜塩素酸ソーダの注入を行ってきたが、その大半は濃度が手動調整となっている。このため、注入濃度によっては海水配管が腐食孔口したり、小口径配管が海洋生物附着により閉塞したりする故障例がある。

近代化船の機関部冷却海水システムを健全に維持するには、注入濃度を一定にする必要があった。

本船の海水を取り扱う冷却海水ポンプモジュール及びビルジ・バラストポンプモジュールよりポンプの運転信号を出力させ、その信号に従って、次亜塩素酸の濃度を一定とする自動制御システムを付加した。

5. 実証試験結果の考察

前4項近代化事例を実施し、その評価について9ヶ月間実証試験を行った結果は以下の通りであった。

5.1 実証船の運航実績

試験期間、9ヶ月間の運航実績は、次の通りであった。

運航員（機関部）；常時2名

航海日数；76.3日

航海距離；22,099海里
 航海時間；1831.0時間
 平均速力；11.7ノット
 主要航行区域；福山，川崎，横浜，下松，
 名古屋，堺

5.2 近代化の有効性

① 機関室モジュールの有効性

機関室モニターシステムの記録より，警報発生頻度とその内容を集計した。

表5-1にその集計を示す。

機関室モジュール内で発生している故障は※印を付しているが，発生時期は就航後，2.5ヶ月及び9～10ヶ月の2回に集中して発生している。

これらは，就航後の初期的な故障で，モジュール化を阻害するものではない。

冷却清水ポンプモジュール内の温調弁（電一空式）の電空変換器の故障が停電事故に至ったが，それ以外は特に問題となる点はなかった。

② 冷却海水ポンプのインバーター制御の有効性

集計期間は平成9年12月10日から、平成10年3月6日までの3ヶ月間である。図5-1にその運転状況を示す。海水温度の上昇に伴い，温調弁開度は上昇し，合わせインバーターの出力も上昇し，制御状態が良好であることが確認できた。

③ 漏油・漏水対策の有効性

機関や補機類からの漏油・漏水はなかったが，梅雨期露点により外板面に水滴が発生し，多量の蒸留水ドレンが発生した。しかし，この中に油分はなく，直接に船外排出された。

空気槽からのドレンは油分を含んでいるので，機関室ビルジ溜には落とさず，缶受けとしていたため，ビルジタンクの汚れは皆無であった。

また，燃烧系ストレーナ開放時のドレンも，スラッジタンクに落とさず，20ℓ缶に集積したため，スラッジタンクの汚れも皆無であった。

結果として，油水分離器は1年間に1度も使用されなかった。

表5-1 機関室モニター警報集計

発 回 生 数 (回/年)	警 報 項 目	原 因
518 (注1)	C P Pピッチ異常	船体振動により翼角検出用ポテンシオメータの接触不良
101 (注1)	C P P変節異常	船体振動により翼角検出用ポテンシオメータの接触不良
18	主機 シリンダー注油 ノンフロー	原因不明（注油機本体が故障した）
3	発電機電圧異常	A V Rの故障
3※	主機関潤滑油入口温度高	潤滑油冷却器の目詰まり (建造，または組立時の異物混入)
3※	1号発電機関冷却水 出口温度高	モジュール内温調弁故障
1	主機燃料油二次ろ過器 差圧大	誤作動
1※	制御空気弁異常	誤作動
1※	主機高温冷却水入口温度高	温調弁故障
1※	主機低温冷却水入口温度高	温調弁故障
1※	1号空気槽圧力低	圧力スイッチ故障
1	船倉ビルジウエル高	動揺で水が1ヶ所に集中
1※	1号発電機温度高停止 (停電)	温調弁故障
1※	警報・制御・主電源喪失	上記停電に伴うもの

※印は、機関室モジュール内での故障に起因して発生した項目である。

注1 ポテンシオメータの接触不良により、警報ーリセットを繰り返したために、機関室モニターに繰り返し記録されたもの。船体振動対策工事施工後は警報なし。

図5-1 冷却水ポンプ運転状況

④ 近代化項目の有効性

近代化項目の有効性について、表5-2にとりまとめた。

⑤ 従来船と本船との比較

運航員から聴取した評価面で、特に興味深い点は次の通りであった。

- A インバーターで海水ポンプを低速で使用しているためか、本船はC P P船で入出港時、砂泥を巻上げているにも関わらず、ストレーナや海水利用熱交換器内部に堆積する砂泥の量は他船に比べて少なかった。
- B 漏油・漏水の処理に伴うメンテナンス作業がなかったので、運転に専念できた。

C 停泊中にバウスラスター／発電機兼兼用機関を使用すると、居室は非常に静かであったし、電子ガバナのアイソクロナス特性により、運転中の周波数調整が不要であり、省力化できた。

D 機関室全体が広く、明るく、汚れも少なく、快適な運航ができた

5.3 今後の検討課題

近代化事例の効果についての検討課題は次の通りである。

- ① 機関室モジュールの構成部品の点数を下げ、標準化を図ることによって、建造工期上も運航側もメリットがあり、内航船全船に採用可能。

表5-2 近代化の有効性

近代化項目	採用理由	効果	今後の課題
機関室モジュール	1) 省メンテナンス化 2) 建造工期短縮 3) 機装工数低減 4) 操作性向上	1) 関連機器が1ヶ所に集中しているため、日常点検や操作点検が容易であった。 2) 特に、モジュール前面で性能把握が容易にできた。	1) モジュールの標準化と普及 2) 故障診断や保全予防プログラムの作成
主機関モジュール	1) 建造工期短縮 2) 船価低減		1) 普及を図る
パウスラスタ／発電機併用機関	1) 船価低減 2) 停泊時の騒音低減	1) 160kWの補機関1台分相当の船価低減ができた。 2) パウスラスタ使用中、発電機への切替は数秒であった。パウスラスタ使用時の停電に伴う自動切替性能も不安なく、可能なものであった。 3) FPPのパウスラスタであったが、ジョイスティック運転に支障はなかった。	1) 普及を図る。 2) 荷役中の船倉への騒音低減
冷却海水ポンプインバーター制御	1) 省エネルギー 2) 省力化	1) 海水温度20℃以下では、発電機負荷の約10%低減できた。	1) 普及を図る。 2) 海水ポンプ類の台数統合と削減
主機関の信頼性向上策	1) 安全性向上 2) 運航経費節減		1) 5年間フォローを行い対策の効果を評価することが必要
機関室ノードレン化	1) 省メンテナンス 2) 省力化	1) 油水分離器は1年間一度も使用しない。 2) グレーチングが滑らず、航海中の機関室内点検が容易であった。	1) 普及を図る。
船体付タンク	1) 船価低減 2) 機関室縮小化	1) 機関室内が広々として、通路やメンテスペースが広い	1) 普及を図る。
海洋生物附着防止装置の自動化	1) 省力化 2) 信頼性向上	1) 就航1年後の入渠では、シーチェスト、ストレーナ内とも、海洋生物の附着はごく微量であった。	1) 普及を図る。

主機関や発電機関の出力や形式に応じて、国内の統一を検討し、普及を図ることが必要である。

② 省エネルギーと地球環境への課題は、インバーター利用による必要負荷の変化に対応できる推進補機の計画や、油ビルジを発生させないための技術要素を研究し、普及を図ることが必要である。

③ 近代化各項目の今後の課題は、表5-2に示す。

6. 内航船機関システム近代化の検討課題

内航船の機関システムの近代化にあたり、実施した項目を中心に解説したが、採用されなかった項目のうち、今後の近代化にあたり採用し、その効果を検証する必要があると思う項目は、次の通りである。

6.1 海水ポンプの統合

内航船の大半は、用途別に設けた専用の海水ポンプをその目的に合わせて使用している。

ところがインバーターを採用することによって、海水ポンプの吐出量を50～150%可変すれば、専用のポンプを運転しなくても、インバーター駆動ポンプより供給できることになり用途別専用ポンプが不用となる。従って、海水ポンプが統合され、装備合計台数が半数以下になる。省メンテナンスの観点からも、海水ポンプを統合配備することが可能である。

6.2 配管材と弁類

モジュールと船内配管の統合部のゴムホースの採用や、海水配管や弁類への新工法（ポリエチレンやナイロンコーティング等）を採用し、信頼性の向上に務めることが必要である。

6.3 ドレンの処理

『ドレンをどの様に処理するかではなく、どの様にして発生させないか』に主体を置き、対応した。

特に燃料油のドレンやスラッジは、可能な限り本船内で再利用し、ドライスラッジのみ陸揚げ処理すべきと考えている。

今回の実証試験では実船実施しなかったが、将来の環境対策（N_ox対策）と、A重油サービスタンクのウエットスラッジの燃焼による省エネルギーと省力化を目的として、本船主機関による水10%（容積比）エマルジョン燃焼実験を工場試運転時に行った。

50%負荷運転中に、A重油燃料ラインを水エマルジョンラインに切替えて、75%及び100%負荷とそれぞれ約30分間運転したが燃焼は良好であった。結果として、NO_xの上昇と燃料消費率の改善が見られた。

6.4 蓄電池電源のDC100V化

現在、海上では蓄電池による非常電源として、DC24Vが全面的に採用されているが、専用の蓄電池室が必要であったり、電圧降下による大ケーブルの採用や、接触不良による作動不良等の問題が指摘されている。

しかし、陸上の設備では、シールド形（メンテナンスフリー）の蓄電池をDC100V非常電源として、パネル内や屋内の一般区画に設置している。

内航船の場合、限られたスペースと信頼性向上のためにも、DC100V化の検討が必要である。

6.5 潜水船方式バラストシステム

現行のバラストシステムは、機関室に配置のバラストポンプより弁を介して、各バラストタンクへ注・排水している。

この方式は、大きなエネルギーを必要とするうえに、残水が10%位あって、積荷を減少させている。

また、内航船の事故は、座礁が多く二重底内の浸水量が大きければ、現在の‘バラストシステム’では、許容喫水線を越えて全損に至るケースがある。

一方、潜水船方式であれば、圧縮空気を投入して、排水するので二重底外板が大破されない限り、デバラストが可能となり、全損事故が防げる。

6.6 二速クラッチの採用

離着桟時、船体を横移動させる場合、高性能舵

と推進器はCPPを組み合わせたことが一般的である。

CPPの主目的は、上記以上にトルクリッチ対策や、ジョイスティック採用に伴う性能向上等の利点もあるが、船価を抑え、CPPと同程度の性能を持たせるには、多くの漁船で採用されている二速クラッチの採用も考えられる。

6.7 煙突の船尾配置

内航船の煙突は、操船室の直後に配置されているのが一般的であるが、後方の視界を阻害している。煙突を船尾配置にすることによって、操船室の広視界化みならず、居住区画の構造や環境改善に効果が期待できる。

環境対策の一環として、N_oxや煤塵量の削減に合わせ、煙突の船尾配置を検討すべきである。

6.8 ブリッジデーターの船内放送

小人数乗組の内航船の場合、航海データや機関データを、乗組員全員が把握することは安全性の向上にとっては、大切な要素である。

ECDISのデータ、レーダー映像や機関システムの故障情報等は既に集約されており、これらをテレビシステムを使用して、船内放送するシステムを構築すれば、省力で安全性向上も期待できる。

6.9 熱交換器・ストレーナ内部目視

内航船は、港湾の浅い場所まで出入りすることが多く、特にCPP船はクラッチがないため係留時に海底の砂泥を巻き上げ、熱交換器やストレーナを目詰まりさせることが多い。

そこで、光ファイバー式カメラを使用して、熱交換器等の機器の内部を目視すれば、洗浄のタイミングや洗浄程度が把握できるため、省力化や安全性が向上すると考えている。

7. おわりに

実証試験完了後に、本船乗組員より、「このような近代化船に乗船したら従来船には乗れないな。近代化船は性能面もさることながら、メンテナンスも楽であった」との感想があった。

今回の近代化事例は、公知の項目に改善を加えたものが大半ではあるが、海運界や海員へ益する事項であることが理解されたと言える。

採用されなかった項目と課題は、今後機会を得て実証するが、近代化の目的や技術的背景が、内

航船の建造・運航に少しでも役立てば幸いである。

参 考 文 献

- 1) (財) S & O 財団：平成9年度
内航船近代化の為の実証試験事業報告（平成10年3月）
- 2) (財) S & O 財団：平成3年
自動化船機器の信頼性調査報告書

~~~~~メッセージ~~~~~

石 田 憲 治

田 淵 義 章

佐 藤 勇

米 倉 信 義

本船は、平成10年度シップオブザイヤー準賞に輝いたことは、計画段階より携わった者として本当にうれしく思っている。一人よがりではなく、海運界に受け入れられる近代化船—そして船価を抑え、21世紀でも通用する船に近づいたと考えている。

新しい試みをする場合、多くの慣例とぶつかるのは常で、大胆、且つ繊細な計画の基、多くの理解者の協力がなくては近代化は進められないので今後とも皆様の御支援をお願いします。