

船舶機関部の推進システムの回顧と展望

島本 幸次郎

1. はじめに

大学の機械工学科を卒業した自分が、まさか造船所の現場へ配属されるとは思ってもみなかった。配属された課は配管を主とした艤装工事を行う課で修繕船、新造船船、艦艇も一緒に取り混ぜて作業を行っていた。1959年（S34）のことである。

造船の用語、エンジンの用語、現場の用語の1つ1つが全く新しい単語だった。作業は多くの関連する課や係の分業になっており、職種も沢山別れていて、その管轄も複雑であった。仕事は降るようになり、もともと労働集約的な傾向が強く、効率を上げる事も念頭にはあったにしても、外注の人を組み込んで人海戦術で目先の仕事を処理してゆくのが先決だったように思う。職人さんは文字通りの荒くれ男の集まりで、毎日のように大声で、神戸弁でまくし立て合っていた。彼らの最上級職位は「工師」と呼ばれ、親分であると共に「現場の神様」と言われていた。船のことは全く知らない新米の私は、その「工師」と「担当技師」に挟まれて、現場のことをミッチリ教え込まれるスタートだった。

いま横浜に保存されている「氷川丸」が、まだ現役の貨客船として活躍しており、ある時入渠してきた。早速「工師」さんのお供をして、機関長の部屋を訪れた。仕事の打ち合わせは何も覚えていないが、その部屋の豪華さとご馳走になった外国製ウィスキーの良い香りだけは不思議と覚えている。

2. 主機換装工事

入社して1年間は「見習い期間」といわれ、原則的に午前中は所内の各部各課の巡回実習を行った。実習とはいえ座学が割に多かったように思う。午後は各課に戻り実務を学ぶわけだが、私が最初に指示されたのは、関西汽船「くれない丸」の機関部の配管艤装だった。主機はスルザー6TAD48 2,700馬力750rpm X 2基であった。完成の暁には、皇太子殿下と皇太子妃殿下（現天皇陛下と皇后陛下）

が神戸から別府のご旅行にご乗船されるとのことで、建造中より関係者は気を遣っていたようだ。そんなことはいざ知らず、私は入社すると朝一番から狭い機関室や軸室の中をうろうろ巡回していた。実は何も分かっていなかったが、先輩に「図面を見るより先ず現場をよく見なさい」といわれたためだった。船ができてくると、たまに客室の方に行き、「ここが特別客室、ここが1等客室、ここがサロンか」と見て回るのが楽しみだった。

さて、現場での思い出の強烈なもの1つに「主機換装工事」がある。戦前の古い船や戦艦船などの蒸気レシプロ機関をディーゼル機関に換装するものであるが、工期が短いので大変であった。「信濃丸」とか「北海丸」との船名は覚えているが、如何せん資料が手元には残っていないのは残念である。しかし「北海丸」の工期は入港してから海上試運転を済まし完工引渡しまで全部で55日だったのは明確に覚えている。撤去工事に10日間、海上運転が引渡し前の1週間前とその間に主機・補機の搭載・据え付けから配管工事・通水や水圧テスト・潤滑油管のフラッシングなどを行うわけである。新造船のようにあらかじめパイプなど多く製造しておくわけでもなくまた現場には船主からの図面とは異なるものが設置されていたりして、新設するものと流用するものが狭い機関室で錯綜し混乱した。独身だった私は、よく工場の仮眠室に泊まり込んだのを思い出す。毎日一回、現場の各課が集まって連絡会議があったが、喧嘩腰の会議で、各課・各人が自分の所轄する工事の工程を守るのに必死だった。特にクレーンの取り合いが深刻で、クレーンは交代制で24時間稼働していた。そのころの安全に対する取り組みは粗末なもので、私もある時は溶接の火の粉が首筋に入り軽い火傷をした。またある時は機関室のタンクトップを歩いていると、私の3メートル位前に100kgもある切断した鉄板が垂直に落下してきたりした。後日、「もしあの時もう数歩先を歩いていたら、私は終わっていたのか」と思うこともある。

3. 艦艇機装課を経て設計への配置転換

そうこうして、4年位を経過したころ、私は突然、艦艇機装課に配転になった。入社して間もなく、私はたまたま水上艦の「てるづき」の海上運転に乗船する機会があった。2軸のタービン船で22,500馬力、360rpmX2基であった。全速運転の時に船尾から後方を見た水面の盛り上がりには驚嘆を覚えた。多分その時は30ノットを越える速度ではなかったかと思う。急速旋回試験では甲板上に出ると振り落とされそうになり、上司から決して甲板上に出ないようにと言われたのを覚えている。

しかしその後、私どもの造船所は川重さんの神戸工場と共に”潜水艦”の特定工場となった。私が配転した時の艦艇機装課の課長は、戦時中の潜水艦では有名な歴戦の勇士「板倉光馬」元艦長であった。私は配属されると「魚雷の発射について勉強するように」といわれた。潜水艦は工期も長く、同じ現場でも今までの課より格段に落ち着いていて全く雰囲気違った。早速、防衛庁の横須賀基地に、魚雷の発射管についての勉強をするために、長期出張した。しかし私が横須賀から帰ると間もなく、今度は造船設計部・機関機装設計課に配転するようという指示がでた。艦艇機装課に移って半年も経っていなかった。

かくして若き血燃ゆる、4年半を過ごした現場に別れを告げ、設計の1員となった。設計に配属されると、早速直属の課長に呼ばれた。「設計で1人前になるには、5年はかかる積もりで良く勉強なさい」と怖い顔つきで言い渡された。設計ではまた1からの勉強で、定規・コンパスの使い方、鉛筆の削り方、計算の仕方など習った。ベテランの人の中には烏口を器用に使い、墨入れ図を描いている人もいた。当時は無論昨今の「電卓」は無く、計算尺、算盤、手回し計算機の3つを使い分けた。今の若い人には想像も付かないような計算体制であった。私より後輩が既に1人立ちしていろいろな設計をしているのを脇に見て、現場から移った私は全く勝手が違い、いささか情けない思いをした。当時、ちょうど米国船主のタンカー”ESSO BARCELONA”の完成時期であったが、タービンプラントの性能が初期の目標を満たさず、機関部の設計は総動員で変更工事の出図に追われていた。挙げ句に引渡しの日程は切迫し、正月の3日も明けずに海上運転に出る有様だった。

私はギリシャ船主・George Vergottisの船(5.4万

トンのタンカー、2万馬力タービンプラント)の設計のアシスタントをすることとなった。初めての設計で緊張し、船主にも随分苦しめられたと思うが、姉妹船を含めて無事引渡しが終わるころには、いろいろの勉強もして、かなり自信が付いたように思う。

殆ど併行して、Matoson社のコンテナ船”Pacific Trader”の改造があった。戦時中の戦標船をMatosonサイズのコンテナ(現在のISO規格のコンテナとはサイズが異なる)船に改造するもので、日本では初めてのコンテナ船であった。機関部は機関室内にデッキを増設し、船主支給のCAT社のエンジンを増設する工事であった。しかし船籍が米国でUSCG RegulationをFull Applyという契約で、これも日本では初めてのことであった。USCGの規則には压力容器や配管・配管付属品などに実に細かい規定があった。揚げ句に、バルブメーカーなどは会社の社長格の人が、神戸などの米国領事館に出頭して”Affidavit”という書類に、「私の会社の製品はUSCGに違反は致しません」と言う主旨の、宣誓書にサインをしなくては採用させてもらえなかった。私は辞書のように細かい字のUSCGの規則を毎日、往復の電車の中でも読むはめとなった。船主やUSCGの検査官とも打ち合わせを繰り返し、本船が無事USCGのCertificateを取得できて出航していった時には本当に嬉しかった。これを縁に(?)私はその後、輸出船を多く担当することとなった。

1969年(S44)4月に、States Marine社の貨物船の受注契約のネゴの一員として、私は初めての海外出張を命ぜられ、ニューヨークに行くこととなった。ニューヨークは学生時代からの憧れの街で胸を膨らませて渡航した。しかし現実には厳しく、船主とのネゴは毎晩夜遅くまで行い、日本との連絡と「Full Spec.」の作成に追われた。2ヶ月にわたるハードネゴの末、2隻の受注・成約ができた時は嬉しく、天にも昇る気持で帰国した。その後何回もの海外出張があったが、この最初の海外出張が一番印象強く今でも昨日のように思い出す。

4. 機関室無人化

機関部の自動化が急速に進む中、1971年(S46)4月に「自動化・計装班」と言う特別な職制が設けられ、私は初代の主任に任じられた。

私どもの造船所で最初に機関制御室(「エンジ

ン コントロールルーム) が設けられた本格的な外航船は、高速貨物船「たこま丸」(MOL, 1961年(S36)引渡し)と巡航見本市船「さくら丸」(1961年(S36)引渡し)であった。この時代にはじめて主機が機関制御室と船橋から操縦できるようになった。その後、機関部の省力化・省人化のニーズと自動制御の機器・コンピュータの画期的な発達とが相呼応して、機関部の自動制御は飛躍的に発展していった。

欧州の船舶は早くから機関部員の労力削減のため、夜間の機関室無人化(12時間)と日曜・祭日日の無人化(24時間)を目指して、検討・試行を行っていた。このニーズが盛り上がり、各船級協会はNV-EO, LR-UMS, BV-AUT, AB-ACCU, NK-MOなどの機関室無人化の規則を相次いで制定した。各ルールの規定が少しずつ異なる上に、船主サイドも未経験のこととて、海員組合の要求もあり、途中の変更も多く戸惑った。神戸造船所で最初のMO船はNYK向けコンテナ船「穂高丸」(1970年(S45)9月引渡し)であった。つづいて同じくコンテナ船「箱崎丸」,「米州丸」と続いた。機関室無人化船の引渡しは、1970年(S45)3隻, 1971年(S46)3隻, 1972年(S47)8隻, 1973年(S48)7隻, 1974年(S49)9隻と増加した。タービン船の自動化はディーゼル船のそれに比べてプラントがsophisticateであり、当然無人化仕様も高度でむつかしかった。「おりおん丸」(1962年(S37)引渡し)で初めてタービンやボイラの操作が機関制御室から行われ、またここで諸機器が集中監視されることとなった。当時のタービントランカーの乗組員は約45~50人であったのに対し、自動化船は35人位になった。タービン船のNK-MO船はNYKのコンテナ船「鎌倉丸」(1971年(S46)11月引渡し)が初めてであった。この船はNK船級では日本で初めてのタービンプラントのMO船でNK側も「暫定規則」によるとのこととて、船主・NK・造船所の3者間で何回もの打ち合わせが行われ、無事完成することができた。この後タービン船のNK-MO船は「鞍馬丸」,「らいん丸」,「春日丸」と続いた。

1978年(S53), NYKのオーストラリア航路のコンテナ船「白馬丸」で画期的な計画が打ち出された。従来、船体部と機関部とに分れていた乗組員を「船舶士」という1つのカテゴリーにして、運航しようという試行で、目標は1隻全員で18名である。従来の機関制御室を船橋の船尾側に設け、

400点にのぼる機関部の各温度・圧力などの監視を行うと共に、主機、補機の遠隔発停も行う。停泊—スタンバイ—出入港—航海の4つのモードを切り替えボタン1つで行う。コンピュータグラフィックの採用により、従来データロガーによるデジタル記録が中心であった監視・記録に、カラーグラフ化されたアナログ記録を多く採用した。発電機の負荷分担にもコンピュータによる"Power Management System"を採用した。そのほか、衝突予防システム、船位自動計測システム、冷凍コンテナコントロール装置、"Loading Computer"などが装備された。この船では従来の機関部員に相当する員数は7人とのことであった。

自動化・省人化の基本は主機・発電機・ボイラ・ポンプ・清浄機はもとより、センサや自動化機器の細部にいたるまでの多くの部品の信頼性向上が必要条件である。これらの故障率の低下とIC, コンピュータの発達が相俟って機関部の自動化は年々飛躍的に進歩していった。多忙ではあったが、次々と高度な仕様の船に挑戦し、やり甲斐があるキラキラ輝いているような時代であった。

5. 二重圧力式排ガスエコノマイザなど

1973年(S48)のオイルショック後、船舶の省エネルギーが急速にクローズアップされた。ディーゼル主機の損失エネルギーの中で、排気ガス中に失われる熱量は最大である(後述)。そこでこの熱エネルギーを再利用して従来より高圧(7K)の蒸気を発生させ、蒸気タービンにより船内電力を賄う"排ガスターボ発電機"のシステムが開発された。機関部の設計者としては、ディーゼル主機プラントの設計と同時に、小規模ではあるが、タービンプラントの設計も行うというやっかいなこととなった。この蒸気発生用の排ガスエコノマイザは、7Kのターボ発電用のコイルの上部に、4Kの蒸気発生コイルを積み重ね、排ガス中の熱エネルギーの回収を徹底的に行った、従来に無い多量のコイルを備えた、大型の"二重圧力式排ガスエコノマイザ"が開発された。

1979年(S54)年4月、NYKの看板コンテナ船「比良丸」がロスアンゼルス沖で増速中、この"二重圧力式排ガスエコノマイザ"にスートファイアが発生した。大型コンテナ船で初めて採用されたもので、省エネを看板にした新製品であった。私も本船が横浜入港時訪船した。排エコからドロドロに溶けたパイプやフィンが足場伝いに取

り出されるのをまのあたりに見た。熱気と硫黄の臭いが目と鼻をつき、責任感と善後策の重大さに目まいがして、倒れそうになった。低圧 (4k) ライン 246 本全数 (100%) および高圧 (7k) ライン 146 本 (15%) の応急撤去とバイパスラインの工事を行った。本船は就航スケジュールを変えるわけには行かず、帰国の度に各港で少しずつ修理・改造の工事を行い、改造・復旧するのに約半年はかかったと思う。原因は、排ガス温度が 120℃ という露点以下になるまで熱エネルギーを回収しようとしたため、粘着性のすすが管群のフィンに大量に堆積し、着火したものである。再発防止の対策としてはスートブローの増設と、その頻度の増加であった。

つづいて、同じく NYK のコンテナ船「白馬丸」も航海中、突然煙突トップより蒸気が噴き出した。これも二重蒸発式排ガスエコノマイザで今度は給水系に投入したアルカリ薬品が濃縮して、チューブやフィンの溶接部に腐食を起こしたものであった。これもほとんど全体のチューブを新替するという、就航の合い間をぬっての大工事となった。再発防止策としては溶接部を全て焼鈍し、残留応力をなくすことと、アルカリ薬品の注入量を減じることとした。二重蒸発式排エコは受難の時代であった。トラブルの都度、丸の内に新しく出来たモダンな郵船ビルに、頭を垂れて何度も上京したのを思い出す。

ディーゼル主機関の燃費が良くなると必然的に排気ガスの温度が下がり、さらにこの”排エコ”は前述のようにメンテナンスに手間がかかることから、ディーゼル主機関にギヤを組み合わせた軸発電機システムが開発された。このシステムはメカニカルな組み合わせだけで、低燃費の主機関により電力が取り出せるので、排エコシステムに代わって多く採用されるようになった。ディーゼル主機関の回転数は海象の影響などで変動するので、ネックであったが、サイリスタコンバータの出現により一気に解決した。

また、オイルショック後、石炭燃料がカロリー当たりの単価が安いということで、燃料費削減のため、石炭燃料炊きボイラを装備したタービン船も再実現した。私どもも諸計画を行ったが、実船の受注には至らなかった。石炭を燃焼させるには、液体である重油炊きと異なり、石炭の自動供給および炉内の自動燃焼制御などが問題であった。この時初めて、いつも設計している液体燃料の有り

難さを悟った。

一方、乗組員削減・船内メンテナンスフリーのためガスタービン主機プラント船がクローズアップした。米国石油会社向けの 35,000T、ペトロリウム・キャリアーは、乗組員全員で 13 名にて運航する、ガスタービン・電気推進・CPP 装備の推進システムであった。結局船価が折り合わず商談は実らなかった。しかし、のちに米国の造船所で 5 隻建造したとのことであった。

いろいろな機関部のプラントの計画・設計に携われたのは、技術者として誠に幸せであった。

6. “Titanic”の推進システム^{1),2)}

本項はいささか本文の主旨から外れると思うが、「温故知新」ということでお許し願いたい。

ここ数年来、海中での船体の発見や映画の影響などもあり、約 90 年前に沈没した“Titanic”が脚光を浴びている。“Titanic”は 1912 年 4 月 15 日未明、就航後僅か 13 日目に沈没したのであるが、関西造船協会が同年 5 月 5 日、“Titanic”沈没の 20 日後に発足したとのことである。偶然とすれば「くしくも」という以外に無い。私もこの歴史的な“Titanic”には特別に興味を持っているが、経歴上特に機関部の設計や推進システムに注目してしまう。

本船の機関部は 3 機 3 軸の推進装置により、合計 46,000 馬力の推進力を有した。中央は、160rpm、16,000 馬力の Parsons 型の軸流反動式蒸気タービンであった。蒸気タービンには減速装置が無く (大型の減速ギヤを加工する技術が無かった)、160rpm のまま、軸・プロペラに直結されていた。また近代船では当然装備している、逆転タービンが無く、逆転はできなかった。両舷は、それぞれ 4 気筒 3 段膨張式蒸気レシプロ機関で 75rpm、15,000 馬力が発生でき、振動対策としてバランスが装備されていた。後進力・逆転は、レシプロ機関の蒸気弁を切り替えることに依り、この両舷機のみが分担した。発電機は 2 段膨張式蒸気往復動機関で 400kwX3 基を装備していた。

蒸気の発生源は 29 基のスコッチ型のボイラーで、2 重底上の 5 番から 10 番水密区画まで 98m、本船全長の 40%にわたり配置されている。このボイラーは、5 基は 3 箇所、24 基は 6 箇所、24 基は 6 箇所の焚き口があるので、全部合計すると 159 箇所の焚き口となる。事故は深夜で

はあったが、20ノットを越えるスピードで航行していたとのことで、少なくとも数十人の火夫が石炭を供給していたと思われる。エンジンテレグラフが"Nav.Full"から"Stop"に、さらに"Full Astern"と指示されたとのことで、現代のように自動制御装置が設けられているわけではなし、不意のテレグラフ指示に機関室・ボイラ室の混乱は想像に絶する。船首の右舷側に冰山に衝突した亀裂が90メートルに亘って生じたからには、船首側にあるNo.6ボイラー室（No.5水密区画）にはいち早く浸水したわけで、加熱したボイラに凍り付くような海水が浸水し、蒸気が大量に充満したと思われる。船内電源は衝突後約2時間半、沈没の数分前まで供給していたとのことである。電源維持のため、乗組員の命がけの努力がうかがわれる。機関部の乗組員の生存率は約20%とのことで、甲板部の乗組員の約60%に比べて格段に低い。

さて、この船は北アイルランドのHarland&Wolf社のBelfast造船所で約3年の歳月をかけて造られたとのことである。3つのプロペラは、中央が直径5.03m X4翼と両舷が直径7.16m X3翼とのことだが、どういう設計検討を行ったのだろうか？ねじり振動やバランスの問題はどのような検討したのか？材料や鑄造の技術は？機械加工は？低圧タービンブレードはどんな設計だったのだろうか？クラッシュアスターン時の蒸気のヒートバランスは？給水ポンプや熱交換器などの関連工業のレベルは？質問は果てしなく拡がる。それにしても100年前のコンピュータもない、CADもない、NCマシンもない時代によくもこれだけの開発力、設計力、製造力があつたものだと先人に頭が下がる思いがする。閑話休題。

7. 超電導電磁推進船^{3), 4), 5)}

超電導電磁推進船「ヤマト1」はシップ・アンド・オーシャン財団（現 日本財団）が数年にわたるプロジェクト委員会で検討の末、実船建造に踏み切ったものであり1992年9月1日 神戸港で試走し、公開された。全長約30m、幅約10.4m、総トン数約280t、定員10名の船である。ご既承の方も多と思うが、この船はプロペラを使用せず、電磁力と電流によって生じる、フレミング左手の法則に基づくローレンツ力による、海水のジェット流で推進できるという画期的なもので、その推進原理を図1に示す。

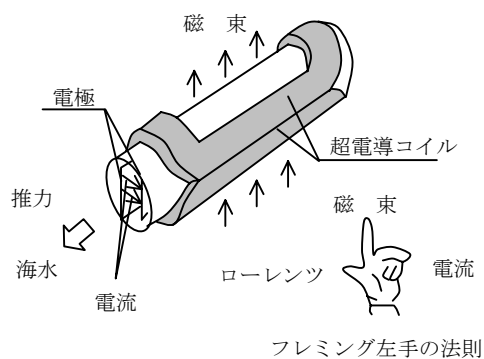


図1 超電導電磁推進の原理

推力は海水中の磁束密度や電流の密度に比例するので、できるだけ強力な磁束密度を得るために、「超電導マグネット」を採用した。超電導の線材は1:1.3の割合のNb-Ti合金のフィラメント材でその直径は1本約20 μ mという細さである。コイルの形状は鞍型ダイポールが採用され、当時この型では前例のない大きさで、超電導コイルの”自動巻き線機”を製作することから始まった(図2参照)。

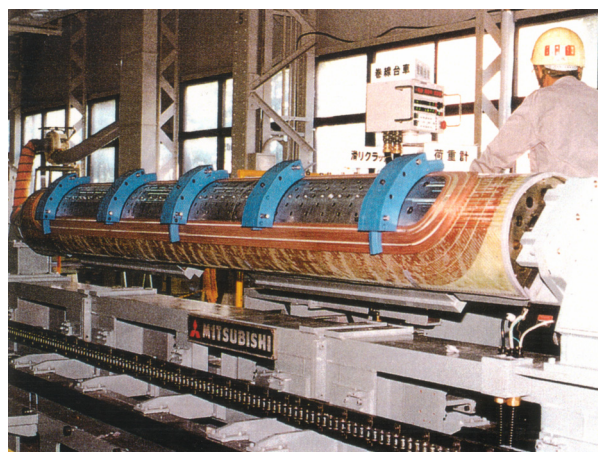


図2 巻線機を使ったコイルの巻線作業状況

この超電導コイルは液化ヘリウムの冷却による極低温(約 -269°C)近辺の状態を超電導状態となり、電流値を約4600Aまで上げてゆくと、中心部で約3.5T(テスラ)の電磁力が得られ、電気抵抗が"0"となるため理論的には、この状態が半永久的に保持することができるわけである。しかしこの電流値を上げてゆく時に「クエンチ」(quench)という非定常な現象が起きることがある。この「ク

エンチ」防止対策にはコンピュータシミュレーションにより解析したが、実コイルでは「クエンチ」が続いて発生して、問題の解決に日時を要した。何しろ初めてのことばかりで、現場の工事も詳細なワークマンシップの積み上げであった。日程も遅れた或る休日の夕方だったと思う。これぞと思うコイルを長時間かけて極低温にし、次第に電流値を上げて行き、「クエンチ」を起こさずに所定の電流と磁場が得られた時、その場で居る者は、誰からともなく喜びのあまり拍手がわいた。握手をした現場の担当技師の目には光るものがあつた。工場の外に出ると、休日の造船所は人影もなく不気味なほど静かで、日が落ちた神戸港の冬空に沢山の星がきらめいていたのを思い出す。

1本のコイルの中心磁場は3.5Tであるが、これを正六角形(6連環と称した)に組み合わせると漏洩磁束が相乗して加算され、約4Tの中心磁場が得られる。本船は、この6連環のコイルを組み合わせたクライオスタット(液化ヘリウム真空容器)を各舷1装置、両舷に設け、16,000Nの推力で、約8ノットの船速が得られるという設計である。

このプロジェクトは超電導電磁推進船の実用化に対し当時の持てる技術で果敢に挑戦したが、一方で今後開発が期待される技術的問題点を浮き彫りにした。私見により要約すると、次の項目となる。

- a) より高温で、強力な磁場が得られる超電導材料の開発
- b) 海中中で強力な電流を流せる耐久性のある電極の開発
- c) 高効率の極低温用冷凍機、断熱法の開発
- d) 発想を変えて、船内で電気伝導度の高い他の液体にエネルギーを与え循環させ、それを船の推進力に変換する装置などの開発

身の縮むような思いもしたが、船の推進システムの歴史に残るようなプロジェクトに参画できたことは技術者冥利に尽きると言えよう。

8. 21世紀の船舶の推進システムについて

機関部の仕事に長年携わってきて思うことがいくつかある。ここでは3項目取り上げる。

8. 1. ディーゼル主機関排気ガス公害と燃料の問題^{6), 7), 8), 9)}

まず、ディーゼル主機関の排気ガスのNO_x対策である。IMOでは2000年より130kwを越える全ての機関に対して規定し130rpm以下の船用ディーゼル機関1kwh当たりのNO_x排出量を17gr以下としている。各エンジンメーカーは燃焼直前に燃料と水を混合させるとか燃料を噴射するタイミングを遅らすなどの対策を実用化している。現在検討中のNO_x対策について参考までに図3に「代表的NO_x低減技術」を示す。結果として燃料消費率が2~3%悪化することになる。しかし、浮遊粒子状物質(SPM)やSO_xを含め、人体や生物に排気ガス中の有害なものを低減するのは温暖化の問題と同様に、例え海上と言えどもその対策が必要になる。(最近の学会の論文発表はこれら排気ガス公害対策をとりあげたテーマがきわだって多くなっている。)

これらの根本には、船用ディーゼル主機関の粗悪油焚きの問題がある。ISO 8217には船用燃料油規格があるが、この規格だけでは規制しかねる。原油価格が高騰すると精油所では、二次分解装置の稼働を強化する。結果としてFCC触媒などが多く、残さ油の品質は低下する。中には陸上の廃油(自動車のクランクケースの潤滑油の廃油)やポリプロピレンなどの化学物質が混入されていることもあるという。少量のバナジウムやナトリウムも金属アタックを起こす。一方エンジンメーカーではCIMACを中心にリコメンデーションを行っている。しかし船主側が運航採算上少しでも安価な粗悪燃料油を使用ということとなると、それに対応した燃焼の問題と排気弁・シリンダライナ・ピストンリングなど腐食・摩耗に対する問題に取り組みざるを得ないこととなる。長年にわたりこの循環が繰り返されてきた。エンジンの燃焼室周りの部品が高温腐食に悩まされるとき、エンジンの担当技師が「陸ではボイラーでも使わない油を船の内燃機関に使うのは過酷すぎる。大事な内燃機関を残さ油の焼却炉にしてもらっては困る」と呟いていたのを思い出す。一方船内の燃料油の前処理も複雑化し恰も清浄装置の工場のごとくなり、乗組員削減の障害になっている。更に船内処理により発生したスラッジは焼却炉からの排気ガスの公害の問題や、陸揚げして処理を委託するという高価な負担となる。

そこで、代替エネルギーとして天然ガス

(LPG・LNG), メタノール, 水素エネルギー (熱効率 80%といわれる燃料電池の実用化も含めて), メタンハイドレートなどの利用が望まれる。これらが低価格で, 各地での入手が可能になればエンジンメーカーも船主サイドもいち早く対応するであろう。

8. 2. ディーゼル主機関のエネルギー効率^{10), 11), 12)}

次に, ディーゼル主機関のエネルギー効率のことである。図4「ディーゼル主機関プラントの熱収支」は参考文献10)に基づいて著者が加筆したものであるが, ディーゼル主機関に供給されるエネルギーのうち, 最後の推進力に利用されるエネルギーはほぼ50%とされる。ディーゼル主機関はシリンダボアの大形化が計られ1969年(S44)世界最大の9RND105(34,200psx108rpm)がNYK「箱崎丸」に採用された。さらに, 燃焼効率を上げるため, ロングストローク化(ストローク/ボア比の増加), 回転数の低下, P_{me}の増加, 燃料噴霧の改善, 過給機の高効率化, 掃気ポートの改良, 冷却水通過構造の改善, 電子ガバナの採用など関係者のなみなみならぬ努力により, 燃費の向上に鋭意努めてきた。一方プロペラ大口径化や2重反転プロペラ, ダクトプロペラ, MIDP, リアクションフィンなどの採用により推力の流体的リカバリーの努力も並々ならぬものがある。しかし図5の「エンジン燃費の変遷」のグラフからもわかるように年々改良されているとはいえ, マクロに見れば1985年以降はあまり画期的な数値上の進歩は無い。多くの人々の鋭意努力にも拘わらず, 何かもどかしく「もっと抜本的な向上が無いものか」とか「もう限界に近いのか」とも思う。「CO₂排出」と「地球温暖化」の問題は, 地球環境の問題の1つである。前述のように, ディーゼル主機関の失われるエネルギーの約35%は排気ガスの熱量として放出され, また一方では約10%が冷却水として海水に放出されている。地球温暖化防止やCO₂排出量の総量規制の世界議決もあり, エンジンのエネルギー回収への更なる努力が要求される。陸上の自動車にもハイブリットカーや燃料電池エンジンなど新しい推進システムのコンセプトに鋭意開発が進められている。船用エンジン・船用プラントも新コンセプトの開発・実用化に期待したい。

8. 3. 機関室の簡素化と無人化^{13), 14), 15), 16)}

船舶の機関室に入ると, その狭隘さと機器の多

さ, 配管の複雑さにはビックリすると思う。例えば現在大型のコンテナ船で6万馬力のエンジンを装備するとすると, 機関室の補機器・タンクなどの数は約240基, バルブ類の数は約1,500個, 配管の重量は約180t, 配管の長さは約16,000mといわれている。

機関室の簡素化の1つには著者らが10年以上前から提案している「多機関電気推進システム」がある。20フィートコンテナ内に800kwクラスの出力を有するディーゼル発電機ユニット(Packaged Generator Unit以降PGUと称す)を納め, それを暴露甲板上に複数機設置する。船の推進軸は電動モータにより回転が制御される。図6にその概念図を示す。エンジンの冷却や潤滑システムは全てPGU内で行うので機関室の補機類は半減する。配管の量も同様に半減する。機関室のスペースも減少可能である。さらにPGUが故障しても予備機のバックアップでカバーし, メンテナンスは全て陸上の工場で行うので, 乗組員は極限まで減少できる。PGUを多く備えることにより, 船舶推進システムの全体の信頼性は向上が図れる。詳細は参考文献に譲る。

もう1つの画期的な発想はABB社などで実用化された”アジポッド推進システム”である。やはりディーゼル発電機-電気推進プラントであるが, こちらは電動モータを内蔵した船外機の方式(旋回プロペラ)で, 従来船の軸系は不要となり, さらに舵も不要となる。図7はその概略図を示す。既にCarnival Cruise Lineに14,000kwのAzipod Unitが実用化されているのは驚嘆に値する。21世紀の斬新な新システムがスタートしていると言える。船舶の電気推進システムは, 多少の効率の悪さはあるにせよ, 操縦性能の良さ, メンテナンスの有利性, 少乗組員化には合致しているので時代の趨勢に対応しているといえよう。

著者はAzipod Unitと前述のPGUプラントシステムの組み合わせが次世代の指向と思うがいかがであらうか。

9. あとがき^{17), 18), 19), 20), 21)}

1972年に”ローマクラブ”が「成長の限界」を発表して以来既に30年を経ようとしている。この間に使用した人類の化石燃料の量はその前の数十年分以上といわれている。現在, 地球上の炭酸ガスの濃度は毎年2ppmずつ上昇しているといわれ

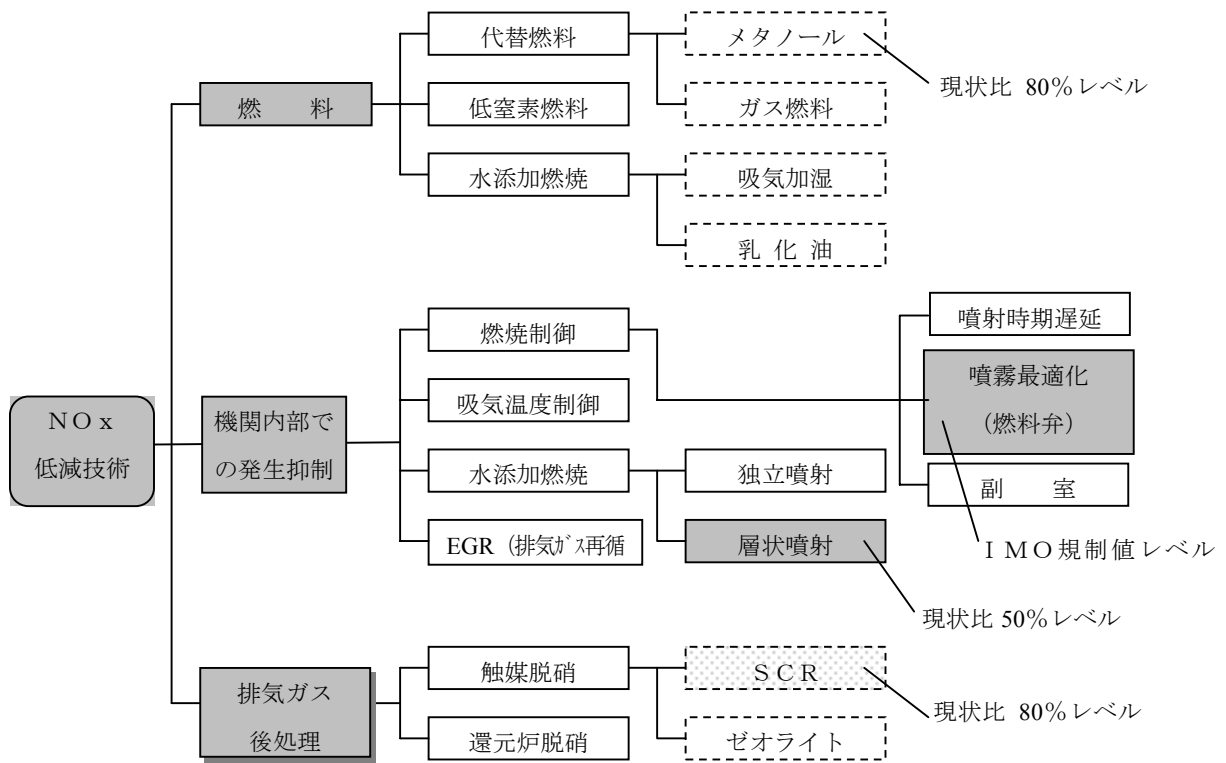


図3 代表的NOx低減技術

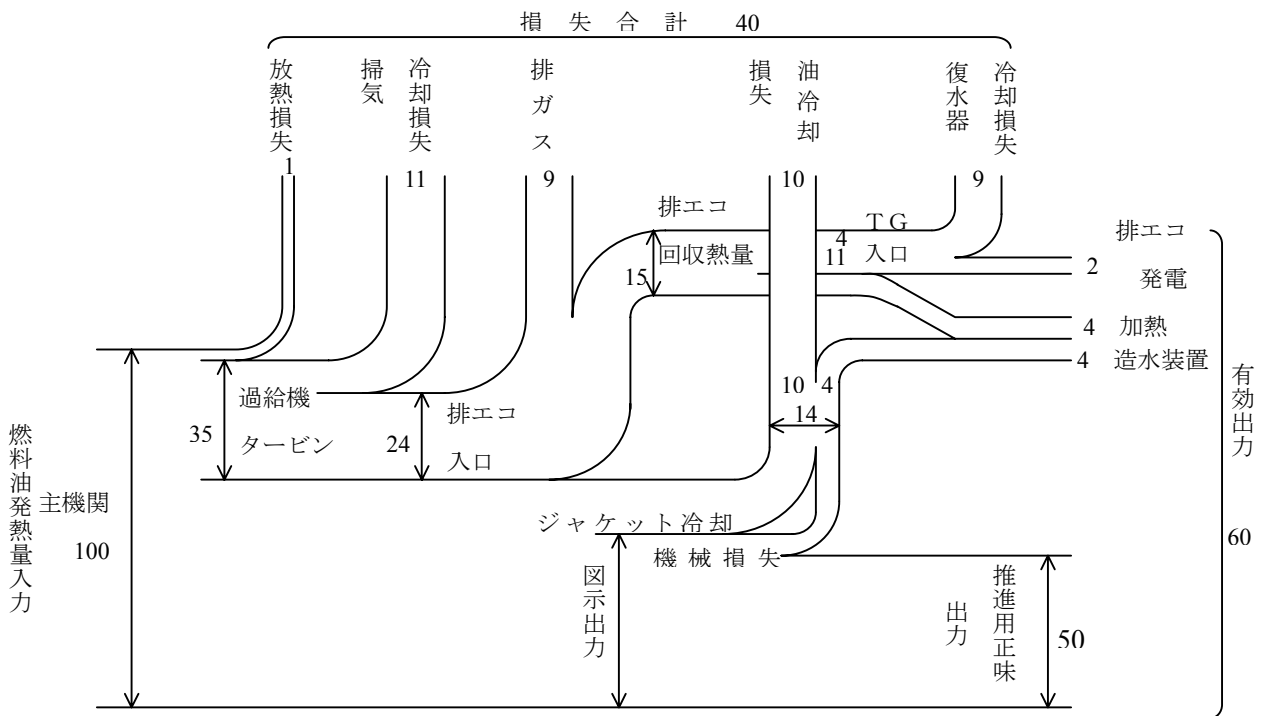


図4 ディーゼル主機関プラントの熱収支 (数字は%)

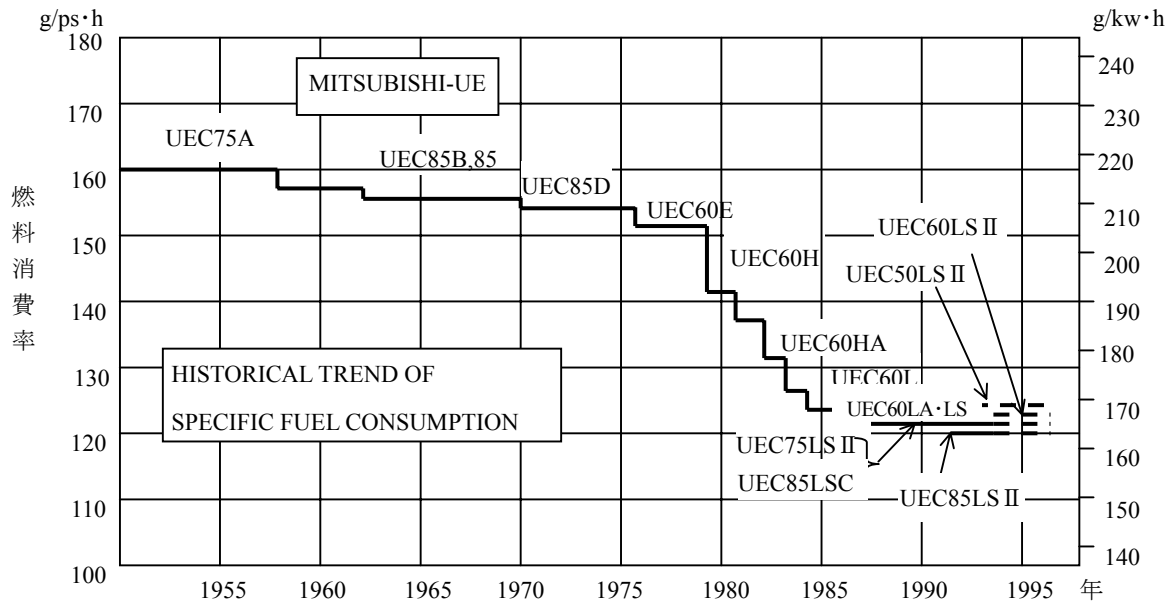


図5 U/Eエンジンの燃費の変遷
(net carolific value 42707kJ/kg (10200kcal/kg) and ISO standard reference conditions)

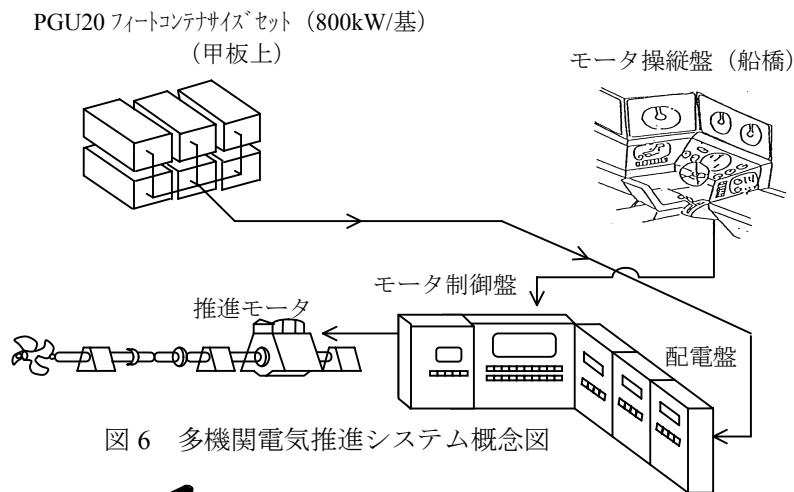


図6 多機関電気推進システム概念図

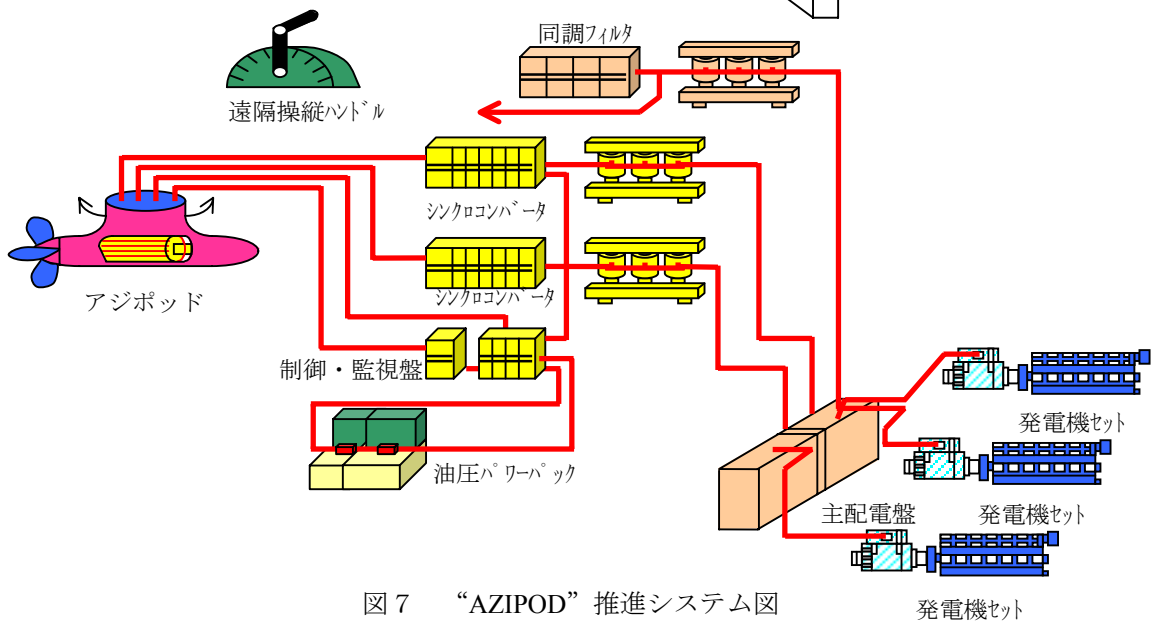


図7 “AZIPOD” 推進システム図

ている。1900年まで280ppm位で横這いであったものが、2050年には500ppmになろうという。地球温暖化は我々の実感としても明らかにある。われわれの子供のころ「無限」の感覚を教えられた、大気・海・川・湖・土壌などがそれぞれ汚染に晒されて「有限」の警告を発している。残念ながら、国や企業はタイムホライズンをせいぜい5年先位しか策定できていない。一方、エネルギー問題に対し2050年のマクロビジョンの提案がある。"There is still time, brothers"というせりふもいわれている。われわれの「宇宙船地球号」を末永く維持するためには、不可逆な化石燃料や天然資源の使いすぎに後悔しないように、公害や廃棄物を減らすように、次の世代から尊敬されるような施策-----たとえば「3R」、即ち Reduce, Recycle, Reuseの運動など-----をもっと強力に推進するように切り替える必要があると痛感する昨今である。

関西造船協会の90周年記念にあたり私の長年の思いを込めて執筆した。枚数の制約もあり舌足らずで、手持ちの資料にも正確さを欠くものもあるかとも思うがご容赦・ご指摘願いたい。本文が後に続く方々の何かのヒント・参考などのお役に立てればと願う。書きながら、長年にわたる客先の多くの方々や、先輩・上司のご指導、同僚や配下のスタッフのご協力をあらためて思い浮かべ、感謝する。

参考文献

- 1) 埴 友雄, 「タイタニック」, 関西造船協会 "らん"第42号, 1999年1月, p.64~
- 2) 中沢 武, 「タイタニックとマリンエンジニア」, 日本船用機関学会誌, 1999年, No.8, p.514~
- 3) 島本幸次郎, 他「超電導電磁推進船の推進装置」関西造船協会論文集, 第216号1991年3月, p.239~
- 4) 島本幸次郎, 他「超電導電磁推進船の推進システム」日本船用機関学会誌, 1992年 No.1, p.27~
- 5) 「ヤマト1」(財) シップ・アンド・オーシャン財団, 1996年11月
- 6) 近藤博美, 「発電機用ディーゼル機関におけるIMO NOx 規制」, 日本船用機関学会誌, 2000年 No.2, p.96~
- 7) 塩出敬二郎, 「船用燃料の国際的動向の最新情報」, 日本船用機関学会誌, 2000年 No.11, p.752~

- 8) E.シュース他, 「海底の"燃える氷"メタンハイドレート」, 日経サイエンス, 2000年3月号, p.74~
- 9) 角濱義隆, 他「LNGを燃料とするガスエンジンを搭載した欧州フェリー」, 日本船用機関学会誌, 2000年 No.12, p.852~
- 10) 福垣敦男, 「船用ディーゼル・トータルエネルギーシステムに関する研究」, 日本造船学会秋季講演会論文集, 1989年11月, p.469~
- 11) 本村 収, 他「大型ディーゼル機関の現状と展望」, 日本船用機関学会誌, 1994年 No.12, p.900~
- 12) 「神船ディーゼル75周年のあゆみ」, 三菱重工業(株)神戸造船所ディーゼル部, 1992年
- 13) Shimamoto, K.et al., 「New Design Concept of Marine Multi-Engine Electric Propulsion Plant」 ISME KOBE '90 講演論文集, p E-5-1~E-5-8, 1990年
- 14) 島本幸次郎, 他「多機関電気推進船の推進システムに関する設計検討」 関西造船協会春季講演会論文集 1999年5月, p.111~
- 15) 島本幸次郎, 他「多機関電気推進船の推進システムに関する設計検討(その2)」 関西造船協会春季講演会論文集 2000年5月, p.185~
- 16) R.Pakaste, 他「アジポッド推進システム」, 日本船用機関学会誌, 1999年 No.6, p.185~
- 17) 石弘之, 「地球環境報告」, 岩波新書, 1988年
- 18) 日本経済新聞社編, 「地球環境読本」1990年
- 19) 小宮山宏, 「地球持続の技術」, 岩波新書, 1999年
- 20) 池内了, 「私のエネルギー論」, 文春新書, 2000年
- 21) 塚原茂司, 「地球温暖化の怖さ」, 日本船用機関学会誌, 2000年 No.10, p.685~

著者プロフィール

島本幸次郎

1935年生
東京都出身
最終学歴：
早稲田大学理工学部
機械工学科
1959年 新三菱重工業(株)入社
(現 三菱重工業(株))
1977年 同 神戸造船所
造船設計部 機装設計課長
1986年 同 神戸造船所 造船設計部 部長
1989年 同 神戸造船所 技師長
1991年 (財)産業創造研究所 研究センター長
1992年 工学博士(大阪大学)
1994年 福井工業大学 機械工学科 教授 現在に至る

