

最新鋭コンテナ船の環境負荷低減仕様について

Consideration for Global Environment, of Latest Large Container Vessels

上 床 克 哉*¹
Katsuya Uwatoko渡 辺 昌 彦*²
Masahiko Watanabe鈴 木 信 宏*³
Nobuhiro Suzuki

経済のグローバル化に伴い、世界の荷動き量は年々増えている。世界の物流の約8割を海運すなわち船舶が支えているが、世界的に環境問題への関心が高まるなか、船腹量の増大とともに船舶による環境負荷が注目されるようになった。船舶に対しては約30年前からさまざまな環境に関する国際条約が発効され、また最近では船主自ら環境への配慮を行うなどの動きが出てきている。本論文では、当社の最新鋭コンテナ船に採用されている環境負荷に配慮した仕様について、その背景や実際の適用例を挙げて紹介する。

1. はじめに

船舶の多くは、主機関としてディーゼル機関を採用しており、燃料は主にC重油と呼ばれる低質油を使用している。燃焼後の排気ガスは大気中に放出されることから、大気環境への影響が考えられる。この他に、運航の際に出される排出物や、船の安定性を確保するためのバラスト水を各港で出し入れすることから、海洋環境への影響も考えられる。また、万一衝突・座礁などの事故が起これば、積載している貨物油や燃料油が流出する可能性もあり、海洋へ大きな影響を与えることになる。

船舶のなかでも特にコンテナ専用運搬船（以下コンテナ船）は、その利便性と世界の荷動き量増大により急速に船腹量が増えており、特に北米・アジア・欧州の3地域を結ぶ基幹航路では、高経済性の追求により大型化する一方、ウィークリーサービスと呼ばれる定時性を確保するために主機関もまた大型化している。

最近の大型コンテナ船では、次に挙げるような環境に配慮した仕様を採用している。

2. 海洋環境への配慮

(1) 燃料タンク配置

船舶は、国際条約 MARPOL (The International Convention for The Prevention of Pollution from Ships: 海洋汚染防止条約) を批准した各国政府機関の法令によって規制されている。今般同条約附属書Iにおいて、衝突・座礁等の海難事故の際、船舶からの燃料油の流出を防止するために燃料油タン

クの配置について新たな取り決めが行われた。

新しい規則では、総容量 600 m³ 以上の燃料油タンクを持つ船舶は、船種によらず燃料油タンクの配置について規制されることになる。具体的には、船底・船側において船体を構成する一番外側の鋼板(外板)からの燃料油タンクの距離を規定しており、大型コンテナ船(総容量 5 000 m³ 以上の燃料油タンクを持つ船)の例では、船底外板から 2 m、船側外板から 1 m 離して燃料油タンクを配置することで、万一の場合の燃料油流出のリスクを低減する(図1)。本規則は 2007 年 8 月 1 日以降の建造契約船から適用されるが、大出力の主機関を搭載し、長い航続距離が求められる大型コンテナ船は、その消費燃料と航海距離に見合う大容量の燃料油タンクが必要となる。例えば 8 000 個積みクラスのコンテナ船で

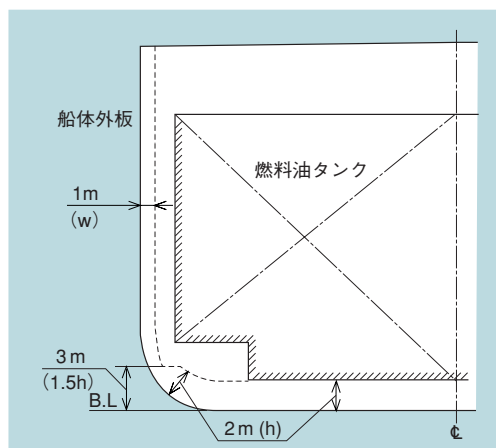


図1 規則で要求される燃料油タンクの船体外板からの距離(総容量 5 000 m³ 以上の場合)

*¹ 神戸造船所船舶・海洋部計画設計課主席*² 神戸造船所船舶・海洋部機装設計課主席*³ 神戸造船所船舶・海洋部電装制御設計課

は、8000～9000 m³の燃料油タンクを持つものもあり、万一の場合には環境への影響が大きいことから、最近の当社建造コンテナ船では本条約の発効前から同様な配置を積極的に採用している。

(2) 船内廃棄物の処理

船舶では、航海中に汚水や洗浄水等の油分を含む液体や廃棄物が生じる。

油分を含む液体の処理は MARPOL 附属書 I に規定されており、油水分離器で処理された油分濃度 15 ppm 以下の水分のみ船外に排出することが許されている。分離された油分は船内に装備された焼却炉で焼却もしくは陸揚げされる。油水分離器は高感度の油分濃度検知器を装備し、焼却炉は国際海事機関 IMO の下部組織委員会で定められた規定の通り、炉内温度を常に一定以上に保ち、高油分・エマルジョンにも対応できる仕様となっている。

大型コンテナ船に限らず船舶の航行中に発生した生活排水等の汚水については、MARPOL 附属書 IV において、汚水処理装置を備え粉碎・消毒を行った後、陸地からある程度離れた海域で排出することが規定されている。当社建造コンテナ船のなかには、この要求を確実なものとするため、各港で貨物を積み下ろしする、あるいはしばらく陸地に近い航路を航行する場合に、生活排水を一時的に溜める専用タンクを装備した例がある。

また、コンテナ船では、貨物として爆発の可能性のあるものや、可燃性の高いものを積載する場合がある。これらの貨物が貨物ホールドに積まれる場合、ホールドの蓋となるハッチカバーの隙間から侵入する雨水あるいは海水は、ホールドに積まれたコンテナを伝いホールド底部へ流入する。積載貨物の種類によっては、これらの液体は危険な成分を含む可能性があるため、慎重な取り扱いが求められる場合がある。一般的に、ホールド底部に well と呼ばれる小容量のくぼみを設け、侵入した雨水・海水を集めている。危険物を積載する可能性のあるホールドの well には、侵入した雨水・海水を専用タンクへ導く配管を設け、一時的に保持し後ほど陸揚げするなどの処理を可能としている船舶もある。この専用タンクは規則要求ではないが、環境へ配慮する顧客のニーズに応え装備した例がある。

(3) 塗装

船体の水面下部分にフジツボ等の海洋生物が付着すると、水の抵抗が増えることで航海速力が低下したり、あるいは燃料消費量が増加したりする。このような海洋生物の付着を防止するために、従来船舶の外板には有機スズを含んだ塗料が塗布されてき

た。これは毒分を持った有機スズにより生物の付着を防ぐものであるが、1986年の調査により海洋生物中に有機スズの蓄積が確認され、これら有機スズ系塗料がその原因ではないかと指摘された。この結果、2001年にIMOにて“船舶における有害な防汚システムの規制に関する国際条約”が採択され、2003年以降新たに有機スズ系塗料を塗布することを禁止、2008年以降には現存する有機スズ系塗料は全面排除することが決まっている。最近では、有機スズを含まず、塗料自身が溶け出すことで付着を防ぐ自己崩壊型の塗料が多く採用されており、塗膜表面を滑らかにすることで海洋生物を付きにくくする高分子系の塗料も開発されている。

また、海水を積むバラストタンクは、バラスト水の積み下ろしにより海水と空気に交互にさらされ、錆びやすい厳しい環境にあるため、施工性、防食性の良さから、これまでタールエポキシを含む塗料が多く採用されてきた。しかし、タール分が発ガン性物質を含み塗装作業者に影響があること、それらがバラスト水に溶け込むことによる海洋汚染の観点から、タール分を含まない変性エポキシ塗料が用いられるようになってきている。

塗装に関してはこの他にも、人体に影響のある VOC（揮発性有機化合物：Volatile Organic Compounds）削減についても動きが出てきている。VOC は塗料・溶剤に多く含まれており、平成 12 年度の排出量から 3 割程度減を目標とされるが、造船業では吹き付け塗装施設や乾燥施設が規制の対象となり、場合によっては設備の新設・改造が必要となる。

(4) バラスト水処理

バラスト水とは、船の沈み具合や姿勢を調整するために船内のタンクに積みこむ海水のことで、姿勢の調整以外に安定性の確保や船体構造にかかる応力の緩和にも使われる。港では貨物の積み下ろしにより船全体の重量分布が変化するため、これに応じてバラスト水量・位置も調整しなければならない。港内でバラスト水を出し入れすることにより、ある地域の海水が他の地域へ移動することになる。バラスト水はコンテナ船に限ったものではないが、年間 100 億トンものバラスト水が移動していると言われており、世界中の港湾で海水が出し入れされることで、バラスト水に含まれる貝やプランクトン等の海洋生物や病原体も世界中を移動することになる。一部の海洋生物が移動先で繁殖し、移動先の生態系を変えるなど海洋環境への悪影響が報告されている。

1970 年代にはいって国際的にこの問題が取り扱われるようになり、1997 年 IMO の場において“バラ

スト水の規制および管理に関するガイドライン”が採択された。このガイドラインでは、環境への影響を最少化するため洋上でのバラスト水交換を求めているが、2004年に採択されたバラスト水管理条約ではこの洋上での交換が許されるのは2015年までとされており、最終的には各船舶にバラスト水処理装置を搭載することが決められている。処理装置の仕様については、バラスト水1m³中に存在する大きさ50μm以上の生物を10個未満とすることなどの要件が決められており、本装置について全世界で開発が急がれている。

3. 大気環境への配慮

(1) 省燃費を実現する船型開発

船舶の運航には燃料が必要であるが、推進性能の良い船型では同じ船速を少ない馬力で達成できる。すなわち、推進性能の優秀な船型は燃料消費量が少なく、すみ環境に優しいと言える。

当社は1943年以来、優秀船型の開発、効率の良いプロペラを開発するために、長崎研究所に船舶海洋研究室を擁している。従来船型の開発には、考えられる船型毎に約7mものパラフィン製模型を作り、100m以上もある水槽を使って抵抗その他関連諸データを取りながら船型開発を行ってきた。しかし、昨今コンピュータの発達に伴い、CFD（数値流体力学：Computational Fluid Dynamics）計算の処理能力が格段に上がったため、複雑な船体周りの流れを計算上で模擬できるようになってきた。これにより開発の際にはある程度CFDを使って優秀船型を絞り込み、最終確認を模型船で行う方法に変わりつつある。これにより開発検討の時間は短縮され、かつ数多くの船型を検討できることで、より良い船型の開発が可能となった。

(2) 航海中の排気ガス

コンテナ船を含め一般商船に多く採用されているディーゼル機関に対しては、排気ガス中の窒素酸化物（NO_x）及び硫黄酸化物（SO_x）の排出量が規定されている。このMARPOL 附属書Ⅵは1997年9月にIMOで採択され、2005年5月19日に発効された。

目下のところNO_x排出量は燃料燃焼時の環境に関係することから機関側で対策し、SO_x排出量は燃料に含まれる硫黄分量が関係することから使用燃料により対応するのが一般的となっている（図2）。

① 窒素酸化物：NO_x

NO_xについては1990年排出量の30%削減を目標とし、一般の推進用主機関の場合17g/kWhが規

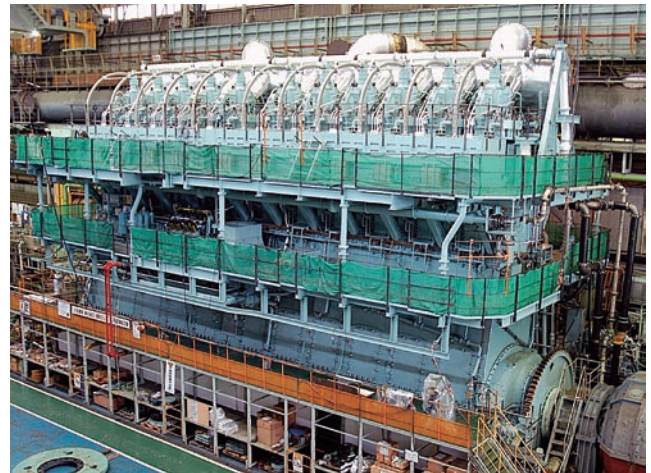


図2 大型コンテナ船の主機関

制値とされている。ディーゼル機関の場合、NO_x排出量と燃料消費率はトレードオフの関係にあり、一般的にNO_x規制値適合機関では、燃料油の噴射タイミングの調整による対策が採られるため、非適合機関に比べ約2%燃料消費率が悪化するとされている。しかし、最近ではディーゼル機関製作者の研究開発により、燃焼室形状・着火タイミング・燃料噴霧などについて最適化がなされ、規制値を守りつつも非適合機関に比べ約1.2%の燃料消費率悪化に抑えることに成功している。また、近年電子制御機関が採用され始めたことにより、最適化される範囲は、シリンダ内への燃料噴射タイミング・噴射量・噴射圧力などへも広げられ、さらなる低燃費化が推進されつつある。

各ディーゼル機関のNO_x排出量が規制値以下であることを証明するために、機関工場試験において親エンジンに対しNO_x計測が実施される。このときNO_x排出量に影響を及ぼす燃料噴射のタイミングやノズルの型式等主要データ・主要部品のパラメータを記録し、結果はテクニカルファイルと呼ばれる記録簿として本船上に保管される。本船完成前検査及び就航後の定期検査では、このテクニカルファイルに記載されているパラメータが実機と合致していることを確認することで、条約に適合していることを検証している。これらの検査及び証書発行は、船籍国政府を代行し船級協会が実施するのが一般的である。

② 硫黄酸化物：SO_x

ディーゼル機関からの排気ガス中のSO_x量規制については、硫黄分が4.5%以下の燃料油を使うことが決められている。更に指定された放出量規制海域（バルト海、北海）では、同含有率は1.5%以下とされている。また本国際条約の他に、欧州

や米国カリフォルニア州では、さらに低硫黄分の燃料を使うよう規制しているところもある。

SOxの排出量規制に対しては、ほとんどの船舶では使用燃料で対応しており、通常航海では硫黄分4.5%以下の燃料を使い、特別指定海域あるいは独自に規制のある地域を航行する場合は、使用燃料を切り替える必要がある。このため、当社建造コンテナ船では、低硫黄燃料専用タンクや燃料切替装置を設け対応している。

(3) 停泊中の排気ガス

港での荷役作業中にも、係船機械の作動、冷凍コンテナへの給電等のため電力が必要となる。この停泊中の船舶に必要な電力を陸側から給電し、主機関及び発電機を停止することにより排気ガスを抑制しようとする動きがあり、Alternative Marine Power (AMP) Systemと呼ばれている。船内の熱源はすべて停止されることから、別名“Cold Ironing”とも呼ばれる。

AMP Systemは、米国西岸ロサンゼルス港(POLA)やロングビーチ港(POLB)のコンテナターミナルが先行し、他のコンテナターミナルにも広がりつつある。先行するロサンゼルス港では6.6kV/60Hzの電源を給電することになっていることから、この電源電圧がAMP systemの標準になるであろうと言われている。AMP system対応のためには、一般的に陸側から船側への給電ケーブルを収納するケーブルリール、電源受電盤、降圧用変圧器(440V低圧システム船のみ)、船陸電源切り替え制御盤等が必要となる(図3、図4)。

船内に電源を引き込むためのケーブルリールは、作業時間やコンテナクレーンが横行する岸壁の状況を考慮すると、陸側ではなく船側に装備する必要がある。個船毎でのケーブルリールの装備は大きな設備投資となるため、AMP systemが稼動している港湾がまだ僅かであるという現状を考慮し、この負

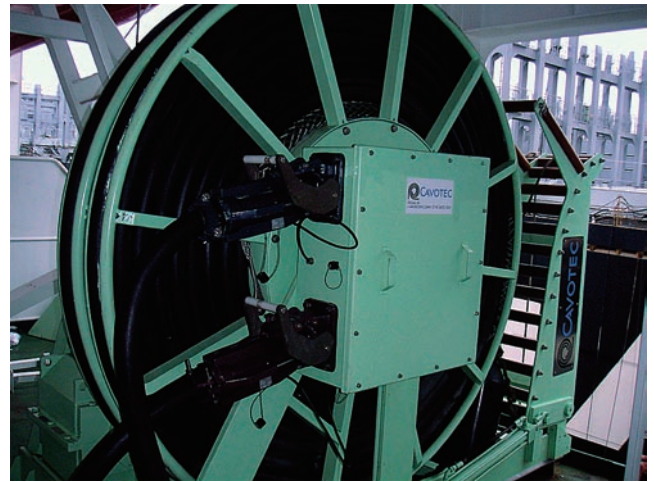


図4 ケーブルリール

担を軽減するために最近注目を集めているのが、コンテナにケーブルリールと電源受電盤を収納したコンテナ方式である。航路にAMP System稼動港が含まれる船舶にこのコンテナを搭載する方法は、航路の変更やターミナルでの右舷付け・左舷付けに柔軟に対応でき、また就航船への追加装備の場合も改造工事期間が削減できる等のメリットがある。

最近の大型コンテナ船では徐々に6.6kVの高圧システムが採用され始めているが、就航船を含めたほとんどのコンテナ船の電源システムは440V低圧システムである。低圧システムのコンテナ船をAMP system対応とするためには、陸上から給電される6.6kVを440Vに降圧するための変圧器が必要となる。変圧器容量は、配置・コストに大きく影響するが、当社ではこれらの検討を充分に行い、低圧システムのコンテナ船にAMP Systemを搭載した実績がある。

4. おわりに

世界の物流を担う船舶、特に大型コンテナ船の環境への配慮について、背景・ルール動向を含め紹介してきた。環境への関心がより一層高まる中で、これからも世界規模で環境について考えていく必要があるが、当社は技術力をいかし、顧客のニーズに応えながら、地球環境に優しい船を提案していきたいと考えている。

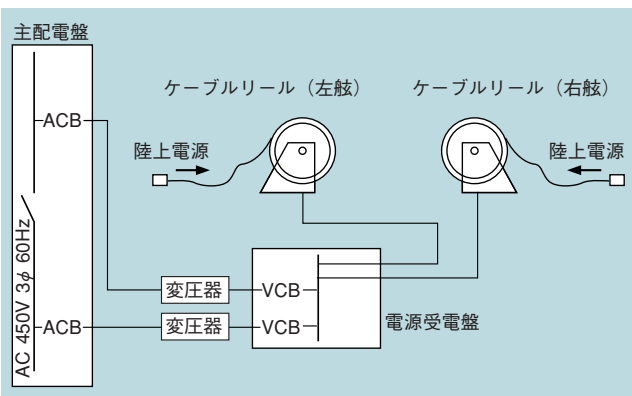
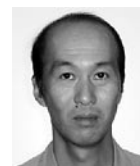


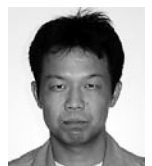
図3 システム構成 (440V低圧システムの場合)



上床克哉



渡辺昌彦



鈴木信宏