

6 守る 海洋環境の保全

～船舶バラスト水管理システムの調査研究～



濱野 勇夫
HAMANO Isao

社団法人日本海難防止協会
常務理事

現在、食糧やエネルギー・鉱物資源の多くは海上輸送に依存している。船舶の安定性確保等のために積載されるバラスト水には外来水生生物が含まれ、各地で海洋環境の問題を惹き起こしている。船舶バラスト水管理システムの開発研究の最新の動向を探る。

バラスト水管理システム

近年の活発な経済活動に欠かせないものが大量の物資の輸送です。その大部分を担っているのが船舶による輸送です。しかしながら船舶の航行によって、環境上いろいろな問題が発生しております。船舶数が少ない時代には、さほど問題とならなかったものが、船舶数が増えることによって大きな問題となっているものがあります。その一つに、船舶の安定性確保等のために積載されるバラスト水があります。これまでその地域に存在しなかった外来種が侵入すると、自然がそれまでと比べて大きく変化するとともに、経済的な被害や人の健康被害が起きることがあります。

日本海難防止協会ではこの問題を解決するため、バラスト水管理システムについて長期間調査研究した結果、2010年10月に国際海事機関(IMO: International Maritime Organization)によるバラスト水管理システムの最終承認を得ることができました。

船舶バラスト水とは

船舶が鋼鉄製となり、海水をバラストとして利用し始めたのは1880年代以降のことであり、それ以前は砂、石、鉄等の固体物質を利用していただけです。これらは船舶に積載するのに時間がかかり、航海中に移動し易く、船舶が不安定となる危険性がありました。

現在では、船舶が積地に向けて空船で航海する場合や、途中の港で貨物の一部を揚荷した場合には、

荒天時の船舶の安定性、スクリューの効率性等、必要な安全運航条件のために船内タンクに海水をバラストとして積載しています。また、下記の調整のためにもバラスト水の増減、すなわちバラスト水の漲排水が必要となります。

- ・ 荷役(貨物の揚げ卸し)する埠頭の水深と船舶の喫水の調整
- ・ クレーン等の荷役施設の許容可動範囲内への船舶の水面からの高さ調整
- ・ 河川等の水深の浅い水路や渡河橋梁下の航行時の喫水調整

このようにバラスト水は船舶の喫水を調節し、船舶のトリム(船首・船尾喫水の差)を変化させ船舶の復元性や応力負荷を許容範囲内に維持し、かつ荷役を効率的に行うため、一般の船舶にとって必要不可欠なものです。

船舶の載貨重量トン数(船が積載できる貨物の最

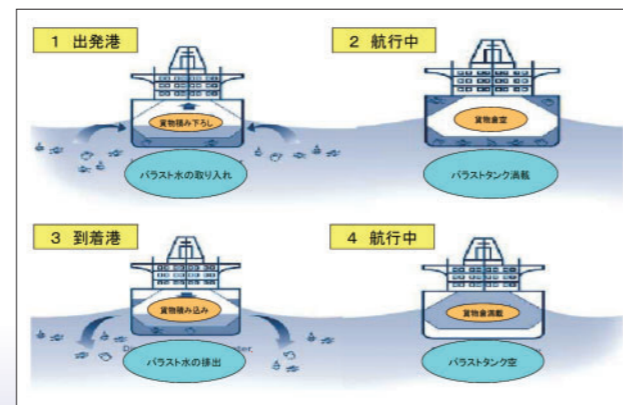


図1 船舶のバラスト水漲排

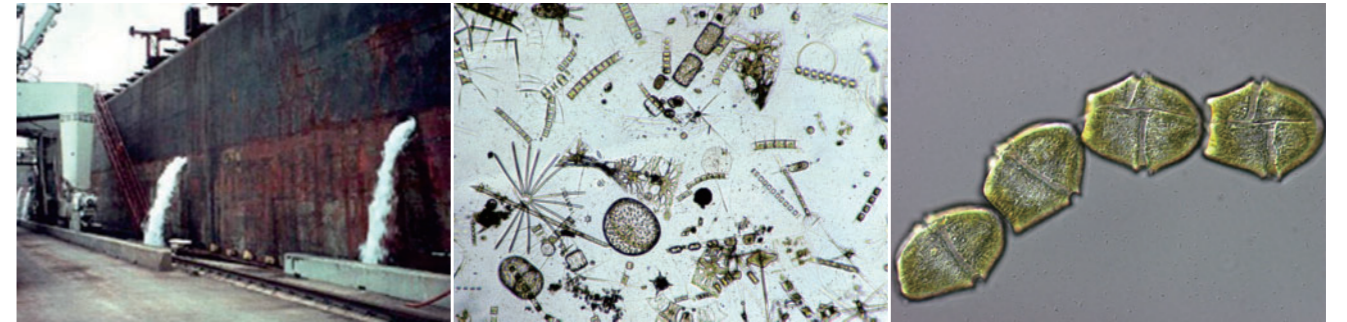


写真1 バラスト水を排出している船舶

写真2 バラスト水中のプランクトン類

写真3 有毒渦鞭毛藻

大量)に対するバラスト水積載量の比率については、船舶の種類によって違いはありますが、30～60%になります。

バラスト水中の生物移動

海水中の水生生物数は時期や場所等により様々で、想像以上に多いです。一例として、日本内湾の海水1ℓ中には植物プランクトン細胞数10万(30～50種)、動物プランクトン個体数100(10～20種)という数値があり、バクテリアについては1億、ウイルスについては10～100億の細胞数が分布するものと考えられています。同じ水域の海水についても、サイズ20μm(0.02mm)以上の植物プランクトンの場合、海水1ℓ中、少ない時で1万細胞、赤潮時で1千万～1億までの変位があり、20μm未満の植物プランクトンを含めれば、この変位は更に大きくなります。

船舶にバラスト水として積載された海水の中に存在する動植物プランクトンは、船舶とともに他の海域に移動することとなります。船舶に貨物を積載する際に、積載貨物量を増やすため、バラスト水を排出することになるからです。動植物プランクトン類の移動が原因となった被害の代表例は、次のとおりです。

① 黒海のアメリカンクシクラゲ類による漁場被害

アメリカ大陸東岸を源としたアメリカンクシクラゲ類が、1970年代に、バラスト水を通じて黒海に侵入したものとされています。クシクラゲ類(クラゲに類似した生物)は、貪欲に動物プランクトン及び魚の卵や幼生を捕食する生物であり、黒海におけるアンチョビー漁業崩壊の主因となっています。

② 豪州水域における有毒な渦鞭毛藻類

豪州(オーストラリア)では1980年代、異国種に対する問題が持ち上がりました。1990年2月1日、豪州港に寄港する船舶を対象とした『自主ガイドライン』を導入しました。これは、タスマニア、ピクトリア及びニューサウスウェールズの海岸線に存在する貝養殖業への現実の脅威に対処するため、豪州水域への有毒渦

鞭毛藻類侵入に対する懸念から実施されたものです。これらは、人間への麻痺性貝毒の原因となることで知られている藻類の一つです。

『自主ガイドライン』では船舶に対し、有毒渦鞭毛藻類の存在しない場所でバラスト水が漲水されたことを証明する証書の保持、外洋熱帯水域におけるバラスト水の交換又は船内或いは陸上バラストタンクでの処理を要求しております。有毒渦鞭毛藻類は、豪州のみが懸念する種ではありません。1990年に豪州は、国際海事機関に対し、豪州水域で発見された数種の出所を列挙した文書を提出しました。

③ 五大湖(カナダ、アメリカ)への水生生物の侵略

バラスト水内の異国種による五大湖の水生生物の侵略は、おそらく、たくさんの外洋船舶が五大湖に入り始めた1959年のセントローレンス水路の開通までさかのぼります。1996年までに、130を超える異国種の存在が確認されています。1980年代に大西洋を横断した侵略者は、貝の一種であるゼブラマッスルであり、五大湖に侵入したものとされています。カスピ海及び黒海原産の当該種は、19世紀にヨーロッパ中に広がりました。1990年、米国連邦政府は、発電所や工場の吸水パイプの周りに充満し、吸水パイプを完全に詰まらせたいくつかの事例もあるゼブラマッスルへの対策に、年間1,100万米ドルを費やすこととしました。また、ゼブラマッスルはプランクトンを介して土着魚類と競合し、土着魚類の個体数にも影響してきました。

④ 地中海における海草の拡散

おそらく1980年代に、熱帯緑色藻類(イチイヅタ)が地中海に侵入しました。当該藻類は、土着の海草類に取って代わり、かつ魚類及び無脊椎動物幼生のための天然生息地を制限してしまっただけです。1984年、モナコ沖ではほぼ1m²が覆われているのが最初に観察され、その後容赦なく拡散し、1990年には3ha、1991年には30ha、1992年には400ha、1993年には1,300ha、1994年には1,500ha、1996年には3,000haを



写真4 ゼブラマッスル

写真5 イチイズタ

写真6 コウロエンカワヒバリガイ

超えて覆うまでに拡散しました。今日ではフランス、スペイン、イタリア及びクロアチア沿岸に沿って数千haを覆っております。

⑤ 日本への影響

日本においても例外ではなく、当協会の試算結果によれば、年間合計約900万tのバラスト水が排出されている東京と大阪両湾内に、地中海原産のムラサキイガイ、オセアニア産のコウロエンカワヒバリガイ、東南アジア原産のミドリイガイ、北米大西洋原産のアメリカフジツボやマンハッタンボヤ、地中海原産のチチュウカイミドリガニ、イッカクモガニ等が侵入しており、多国籍の水生生物が国産水生生物を駆逐しているといわれております。この他にも、東京湾では20種近くの外来動物が発見されています。クロマメイタボヤ、カサネカンザシ等の外来種の侵入も確認されています。



写真7 チチュウカイミドリガニ

「バラスト水管理システムの承認のためのガイドライン」で“G8”と呼ばれています。装置の製造者は、事前書類、バラスト水管理システムの承認試験(陸上及び船上)及び環境試験の内容に関して、それぞれの審査を受ける必要があります。審査内容は、装置の設計及び構造が適切であるか、装置が適切に作動してかつ監視できているか、確実に船外排出基準以上の処理性能を有するかどうか、であります。

もう一つのガイドラインは「活性物質を使用するバラスト水管理システム承認のための手順」で、“G9”と呼ばれています。このG9には基本承認と最終承認があり、第三者機関である「海洋汚染専門家会議」の下に設置されているバラスト水作業グループによる技術的な審査を経て、条約を策定した国際海事機関の海洋環境保護委員会で承認されることになります。

表1 バラスト水排出基準(IMOによる国際条約)

対象生物	船外排出基準
最小寸法 50µm 以上水生生物 (主として動物プランクトン)	10 個 /m³ 未満
最小寸法 10µm 以上 50µm 未満水生生物 (主として植物プランクトン)	10 個 /ml 未満
病毒性コレラ菌(O-1、O-139)	1cfu/100ml 未満
大腸菌	250cfu/100ml 未満
腸球菌	100cfu/100ml 未満

cfu:群単位(寒天培地を用いて、その平板に検水を塗布し形成される群数)

バラスト水管理装置の試験と審査

国際海事機関の条約に定められているバラスト水管理ガイドラインのうち、装置の試験と審査に係わるガイドラインは二つあります。そのうちの 하나가「バ

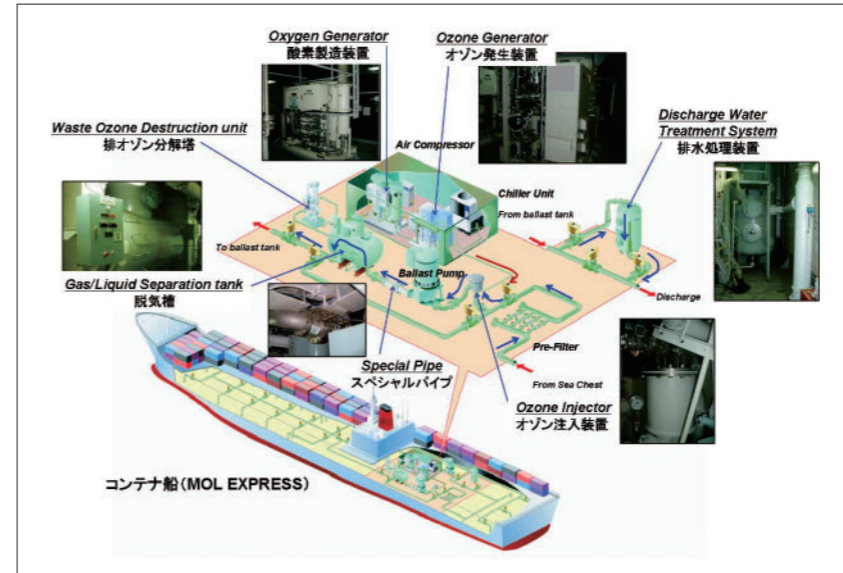


図2 船上試験設備

化学薬品等の活性物質を使用するバラスト水処理装置の場合には、船員、船体等排出周辺域の人体に対する安全性について、国際的に審査され承認されることが必要になります。G9の審査には、装置によって処理されたバラスト水を用い、水生生物に対する毒性試験結果を提示する必要があり、処理後の排出バラスト水が環境に対して安全であることを証明する必要があります。

船舶バラスト水管理装置の研究開発

現在、各国においてバラスト水処理装置が研究開発されつつあります。開発中のものには、水生生物を除去する方法として物理的除去、機械的除去、熱処理、化学的処理、複合技術方法(物理・機械的除去と化学的除去との複合)等が実験されています。これらのうち、2004年の条約採択後は、処理工程の中に化学処理が含まれる複合技術が主流になっております。その理由は、条約のバラスト水排出基準に



写真8 試作機を搭載した船

病毒性コレラ菌、大腸菌、腸球菌が加えられたことにより、殺菌能力を備えていることも必須となったためです。

当協会では、1991年から日本財団の助成事業及び自主的調査研究

として、継続的にバラスト水処理技術について調査研究してきました。長期間の調査研究において、電気、オゾン等による種々の処理方法の試行錯誤の繰り返しでありましたが、特殊パイプとオゾンによる装置を開発し、2006年10月に国際海事機関の第55回海洋環境保護委員会にてG9の基本承認を取得することができました。また、2010年10月の第61回海洋環境保護委員会では「スペシャルパイプハイブリッドバラスト水処理システム(オゾン処理との混合)」(提出は三井造船(株))として、G9の最終承認を取得することができました。

この装置の開発は三井造船(株)、(株)商船三井、(株)エム・オー・エル・マリンコンサルティング、(株)シンコー、(株)水圏科学コンサルタント、(株)海洋開発技術研究所の6社との共同開発であり、また、多くの学識経験者並びに日本財団のご協力によるものであります。これにより、バラスト水問題の解決に大きく貢献することができたものと思料いたします。

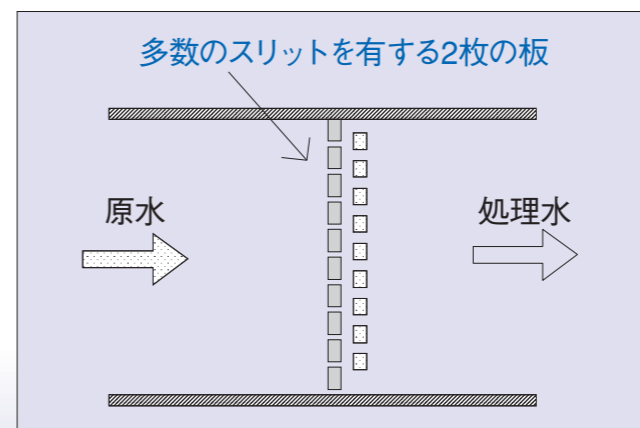


図3 特殊パイプ概要図

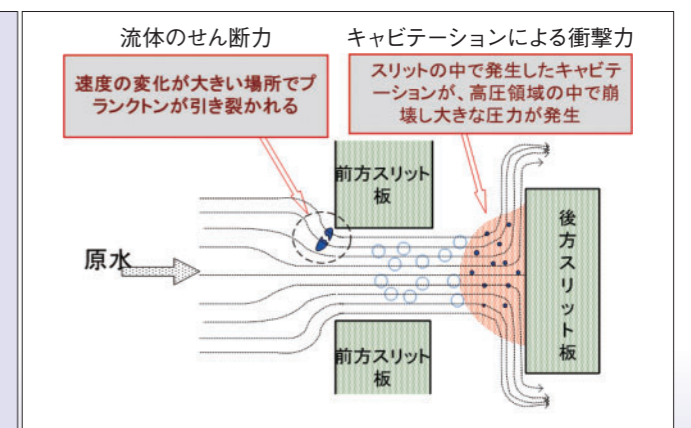


図4 特殊パイプによる水生生物処理原理