

# バラスト水による海洋環境への影響に関する 現状調査

港湾職業能力開発短期大学校横浜校 波多江茂樹

日本貨物検数協会 稲垣 宏匡

Current Research on the Effects of Ballast Water to the Marine Environment

Shigeki HATAE, Hirokuni INAGAKI

## 要約

日本は島国であるため、貨物の輸送手段として、主に船舶が使われている。しかし、近年、船舶輸送において新たな海洋汚染の問題が指摘されている。貨物を輸送する際の船舶のバランサーの役目をしているバラスト水の問題である。バラスト水を取り込んだ地域の海洋植物の孢子やプランクトンが積荷をするためにバラスト水を排出した際に他国の海域に流れ出し、自国のみならずその他の国の海洋の生態系を脅かしているという問題が発生している。そこで本報告では、バラスト水が海洋環境にどのような影響を及ぼしているのか、さらに現在、日本で開発されているバラスト水処理装置の現状を報告する。

## I はじめに

現在、世界では地球環境について多くの問題を抱えるとともに様々な環境破壊による被害に直面している。特に騒がれている問題は、オゾン層破壊、地球の温暖化、酸性雨、砂漠化、発展途上国の公害問題、海洋汚染がある。さらにこれら地球環境問題に共通する課題として、長い時間をかけて進行するため広い範囲で多様な被害や損害が生じること、個々の問題が環境や経済と密接な関係を形成しているため、解決の糸口が容易に見つけることができないことなどが挙げられる。今日、日本は高度経済成長を経て世界有数の貿易大国となっている。食糧や産業資源の輸入から始まり、車や機械の輸出など幅広く貿易に携わっている。我が国は島国であるためその輸送手段として、主に船舶が使われているが、近年その船舶輸送において地球環境との問題が指摘されている。それは輸送する際に船舶のバランスを調整するバラスト水の問題である。バラスト水は、積荷が軽い場合や積荷を下している状態の際に、船舶が転覆しないように調節するためにとり込む

海水であり、バランサーとしての役目を果たしている。しかし、そのバラスト水を取り込んだ地域の海洋植物の孢子やプランクトンが積荷をするために排出した際に他国の海域に流れ出し、その国の生態系を脅かしているという問題が発生している。そこで本報告では、バラスト水に着目し海洋環境にどのような影響を及ぼしているのかを調査するとともに、バラスト水を処理する装置の現状について調査をおこなった結果を報告する。

## II バラスト水による世界の環境破壊

### 1 アジアのワカメによる生態破壊<sup>(1)(2)(3)</sup>

ニュージーランドにおいて生態破壊の原因として危険視されている生物がワカメである(図1)。このニュージーランドにおいて繁殖しているワカメは元来、日本やアジア圏で生息しているワカメと同じ種だと言われている<sup>(6)</sup>。ニュージーランドの実態を調査した神戸大学内海域環境教育研究センターの川井浩史教授らの研究チームが、ニュージーランドのワカメのDNAを分析した結果、日本産と韓国産に近い遺伝子型が見つ

かり、北東アジア産の子孫と判明した<sup>(5)</sup>。ワカメの被害は、大して害が無いように思われがちであるが、沖合のロブスターの養殖かごに大量に付着して新鮮な海水の流入が止まり、酸欠になったロブスターが大量死するという事件が発生した。ワカメの侵略は、ニュージーランドだけでなく、オーストラリア、アメリカ、メキシコ、アルゼンチン、フランス、イギリス、スペイン、イタリアにも及んでいる。



図1 海岸に繁殖するワカメ

<http://www.kobe-np.co.jp/rentoku/shakai/200803balance/01.shtml> (参照 2011-09-6) より掲載

## 2 モクズガニによる生態破壊<sup>(4)</sup>

モクズガニは、中華料理の高級食材として有名であり、中国では盛んに養殖が行われている(図2)。選抜育種により、1年で出荷できるサイズに達する品種もある。生きたまま大量に食材として輸入されている。しかし、このモクズガニが1910年代にバラスト水の影響により、中国から遥か西方のドイツに移入している。1940年代にヨーロッパの広い範囲に分布拡大した。アメリカ合衆国においても、近年本種がカリフォルニアなどで増加し問題になってきた。そのためヨーロッパ・アメリカなどでは捕食作用による水産業への被害が報告されている。また、モクズガニがエビのトロール漁で大量に網に入ると、漁網から不要なモクズガニを外す時間とコストがかかる等、漁業や水産養殖業では年間10万ドルの被害と算出されている。さらに、採水施設の魚類回収設備に多数のカニがトラップされたり、発電所の排水施設にカニが入り込み水流を妨げる

などの被害が報告されている。よって国際海事機関(IMO)において、「侵略的外来種の世界のワースト10」に挙げられている。



図2 モクズガニ

<http://www.ifarc.metro.tokyo.jp/22%27146%2743.html> (参照 2011-09-6) より掲載

## 3 有毒性のプランクトンによる牡蠣の食中毒被害<sup>(5)(6)</sup>

1997年3月、長崎県の福江島で牡蠣を食べて16名が重症となった。原因は食中毒とみられ、嘔吐・下痢・発熱などの症状があった。しかし牡蠣は新鮮なもので熱処理を施されたものであった。長崎大学水産学部の調査によると、牡蠣が有害プランクトンを食べてその毒が蓄積していた可能性があるという。この有害プランクトンは通常、日本には存在せず、バラスト水により日本に持ち込まれたものだという見方が強い。実際、長崎大学水産学部の研究者が日本船のバラスト水を調査した結果、2種類の有害プランクトンが検出された。

## III バラスト水の役割

### 1 重心と浮心の関係<sup>(7)</sup>

図3に示すように、船が安定してまっすぐ浮いている時、船の重心と浮心(浮力の中心点)は同一垂直線上にある。図4に示すように、船が $\theta$ だけ傾くとその方向に沈む体積が大きくなり、浮心は右にずれるが、

重心は傾いても変わらない。重力と浮力の作用線がずれているため、この2つの力によって反時計回りのモーメントすなわち船を起き上がらせる方向のモーメントが働き、船を安定させる。これを復元力という。

図4でMは浮力の作用線と船体の中心線との交点を示しており、これをメタセンタという。メタセンタが重心より高ければ、復元力はプラスになり、船は直立状態に戻ろうとするため、船は安定する。しかし、メタセンタが重心よりも低ければ、復元力はマイナスになり、船は転覆する。

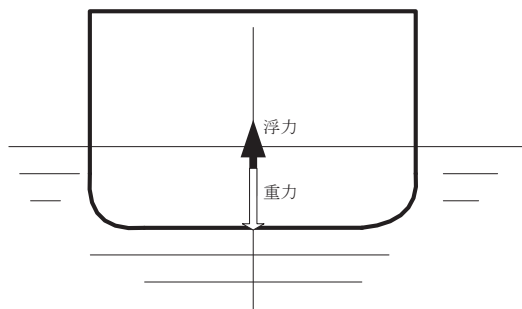


図3 船の重心と浮心

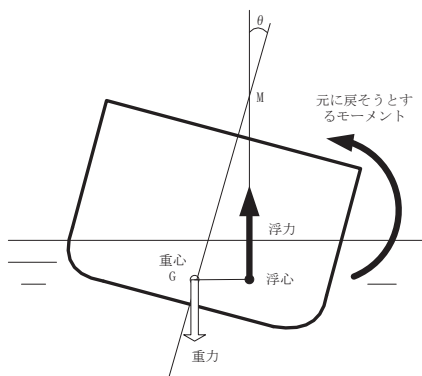


図4 船が傾斜している時

## 2 重心とバラスト水の関係<sup>(2)</sup>

バラストとは乗り物の重量を増やしたり、また乗り物の安定を増すために積み込まれる重しである。船舶のバラストには、重量を増し喫水を下げる効果のほか、重心を下げて復元性を増す効果もある。バラストは復元性を増す効果を最大にするため、最も船底に積まれる。なお、喫水を下げるだけでも、重量と浮力のバランスにより、復元性が増す。

バラストには、かつては砂利・土砂・石・木材などが使われていたが、現在では海水をバラスト水として

使用している。

遭難や転覆の危険から船体の安定を保つ方法として、船内に設けたバラストタンクに海水を入れ重くすることによって、船体が沈み喫水が上がり転覆への恐れを低くしている。重心は高い位置にあるよりも低い位置にある方が安定を保つことができる。そのため、バラスト水を入れるバラストタンクは船舶の船底に積まれる。

## IV バラスト水処理に関する条約<sup>(8)(9)</sup>

2004年に国際海事機関(IMO)が「船舶のバラスト水および沈殿物の規制および管理のための国際条約」を採択した。国際航海船舶に対してバラスト水排出基準を定め、2009年以降、2017年の全面適用まで段階的に規制していく計画だ。現在、この条約の発効の見通しはまだ立っていないが近年の地球環境保護に対する関心の高まりを考えると、条約が早急に発効されることが期待されている。

IMOにおけるバラスト水のガイドラインを以下に示す。

- ①2005年7月 バラスト水管理システムの承認のためのガイドライン
- ②2005年7月 活性物質を使用したバラスト水管理システム承認のための手続
- ③2005年7月 バラスト水交換のためのガイドライン
- ④2005年7月 バラスト水管理同等要件のためのガイドライン
- ⑤2005年7月 バラスト水管理計画ガイドライン
- ⑥2006年3月 プロトタイプバラスト水処理技術の承認に関するガイドライン
- ⑦2006年10月 沈殿物受入施設に関するガイドライン
- ⑧2006年10月 バラスト水受入施設に関するガイドライン
- ⑨2006年10月 バラスト水交換に関する設計及び

建造基準に関するガイドライン

- ⑪2006年10月 船上での沈殿物管理ガイドライン
- ⑫2006年10月 バラスト交換海域の指定に関するガイドライン
- ⑬2007年7月 未処理バラスト水排出のリスク評価に関するガイドライン
- ⑭2007年7月 緊急事態を含む追加方策に関するガイドライン
- ⑮2008年10月 寄港国による監督のためのバラスト水サンプリングに関するガイドライン



図5 磁石の力で汚れを吸着する処理装置

## V バラスト水処理装置

バラスト水処理条約に対応した船舶に搭載できるバラスト水処理装置が開発されている。ここでは、日本のメーカーが開発した装置の中から2例を挙げその特徴を紹介する。

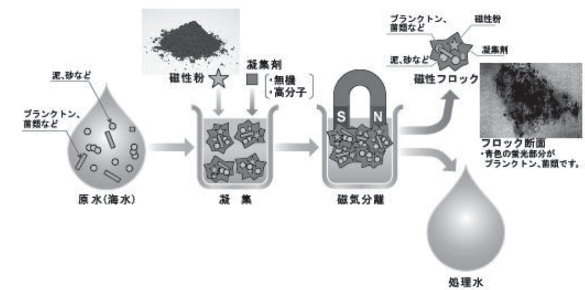


図6 バラスト水処理の仕組み<sup>(9)</sup>

### 1 凝集技術と磁気分離技術を用いた処理装置<sup>(10)(11)</sup>

これは、日立プラントテクノロジーと三菱重工が開発した装置であり、殺菌剤を使わず磁石の力で汚れを吸着し、根こそぎ除去する凝集磁気分離方式を適用している。基準値のクリアはもちろん、高速処理が行えるうえ浄化に殺菌剤を使用しないため、残留薬品による海域汚染の心配がなく、バラストタンクに溜まる泥や生物の死骸なども大幅に減らすことが可能であることが特徴である。IMOの条約に沿って、船内に搭載できるように開発された処理装置である(図5参照)。

図6に示すように、磁性粉に、特殊な凝固材を入れて掻き混ぜることにより、磁性粉がプランクトンや微生物等を抱きかかえるようにして固まる。その固まりを磁石の力により吸着し、取り除くことによりバラスト水を浄化する仕組みである。

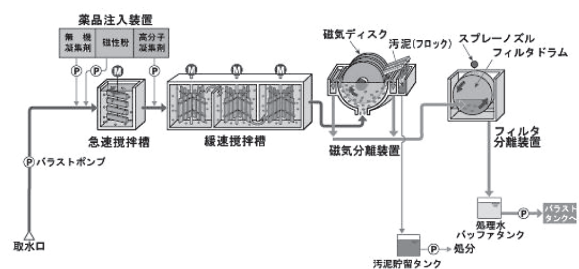


図7 バラスト水処理装置の内部構造<sup>(11)</sup>

図7に示すように、磁性粉と無機凝固剤を投入し、まずは急速攪拌機により掻き混ぜる。この段階では、

まだ凝固している物質は小さく、人の目に映るほどの大きさでは無いため半透明の水のように見える。次に、高分子凝固剤を投入し、掻き混ぜる速度の違う3種類の攪拌機を潜らせることにより、急速攪拌機では目に見えなかった凝固した物質の粒径が大きくなり、人の目に映るほどの大きさになる。このような状態になってきたら円盤状の磁石を入れ、この物質を吸着する。凝固材で固めているとはいえ磁性粉を使用しているため、磁石に吸着する。しかし、この状態ではまだバラスト水は100パーセント浄化されたとは言い切れず、凝固材をもってしても固められることができなかった微生物などが存在する。そのため、最後にフィルターを用いて分離することにより完全に取り除くという仕組みとなっている。

必要とする薬剤は使用しない、③オゾンはマイクロバブル化して注入するため、高い吸収効率とプランクトンやバクテリアに対する接触効率が高い。④排出の際に、バラスト水中に残留する有害物質を活性炭で除去するため、環境への影響がない、などが挙げられる。

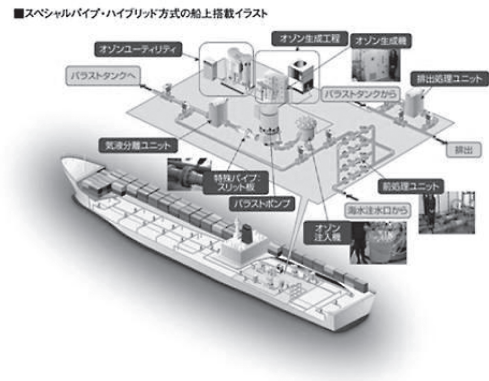


図8 オゾン利用による処理装置<sup>(12)</sup>

## 2 物理的な殺滅処理とオゾンの併用による水処理システム<sup>(12)</sup>

これは、三井造船が開発したバラスト水処理装置であり、図8に示すように、バラスト水が漲排水パイプを通過する時、パイプに取り付けられたスリット板によって水流の乱れや急激な圧力変化を生じさせ、水生生物、特に比較的大きな動植物プランクトンを破壊するとともに、オゾン処理との併用で生き残った小型プランクトンやバクテリア類を処理する装置である。薬品を使わない装置のため、環境に配慮した開発が期待できるものである。また、一般の化学処理や電気処理にみられる二次汚染の誘発が少なく、既存の船舶に比較的簡単に取り付けることができるところも特徴である。

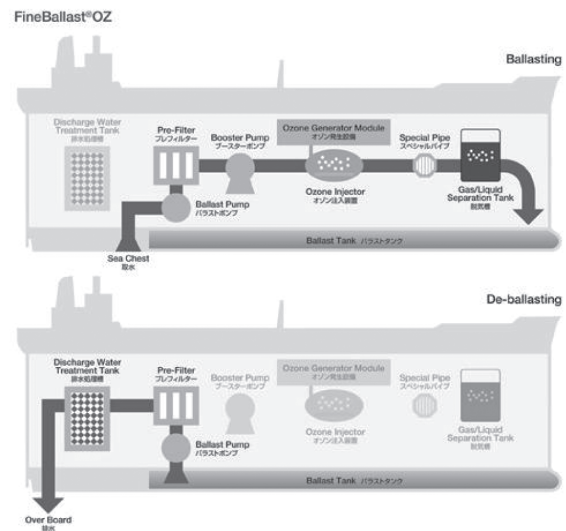


図9 システムフロー<sup>(12)</sup>

図9に示すように、この処理システムは、活性物質オゾンの酸化力による化学的な殺滅処理とバラスト水配管の途中に設けられたスペシャルパイプ（流れを遮断する方向にスリットを有する2枚の間隙板を配置）の物理的な殺滅処理とを複合化し、お互いの相乗効果による高い殺滅効果とオゾンとバラスト水中の物質との反応で生成される残留オキシダントによる長期間の殺菌作用を組み合わせている。その他の特徴として、①殺滅処理は、漲水時の1回である、②供給、貯蔵を

## VI おわりに

船舶輸送において地球環境の問題が指摘されている。それは、貨物を輸送する際の船舶のバルンサーの役目をしているバラスト水による海洋汚染の問題である。バラスト水の排出時において海水と一緒に含まれるプランクトンや海洋植物の胞子が排出先の海域の生態系や自然環境に多大なる被害をもたらしているというこ

とが分かった。さらに、現在の生態系を維持するためには、バラスト水に対する条約を発効し各国が条約を締結し、バラスト水処理装置の設置が急務であることが分かった。

バラスト水処理装置を開発しているメーカーによると、バラスト水処理装置の設置には数千万円以上の費用がかかるようである。そのため、各船舶への設置を容易にするための仕組み作りが必要であると考えられる。

国際輸送における海上輸送は質量ベースで90%以上を占め、船舶が有効な輸送手段になっている。このような、船舶に関わる港湾の運送・荷役の業務に当校の卒業生の半分以上が就職している。そのため、当校では船舶論やストウェージプラン等の授業で船の種類・構造、貨物の積み方等を教えている。今回の調査結果より、海洋汚染問題や船にバラスト水処理装置を搭載するため貨物の積み方等を変更する必要があることを授業の中で取り入れて行く予定である。

## [参考文献]

- (1) <http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h18/hakusho/h19/html/i2753000.html> (参照 2011-09-6)  
国土交通省 HP
- (2) [http://www.nippon-foundation.or.jp/ships/topics\\_dtl/2005839/20058391.html](http://www.nippon-foundation.or.jp/ships/topics_dtl/2005839/20058391.html)  
(参照 2011-09-6) 日本財団 HP  
船舶バラスト水の処理技術の現状
- (3) <http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha04/10/100216/01.pdf#search=バラスト水を通した水生生物>  
(参照 2011-09-6)
- (4) <http://www.env.go.jp/nature/intro/1outline/list/L-kou-05.html> (参照 2011-09-6)  
特定外来生物の解説：モクズガニ属の全種
- (5) <http://www.fish.nagasaki-u.ac.jp/FISH/shinbun/noguchi-12.htm> (参照 2011-09-6)  
日本テレビ 1/11  
F. E. R. C Research Report - File No. 0561
- (6) [http://cgi4.nhk.or.jp/eco-channel/jp/movie/play.cgi?movie=j\\_ohayou\\_20100517\\_0295](http://cgi4.nhk.or.jp/eco-channel/jp/movie/play.cgi?movie=j_ohayou_20100517_0295)  
(参照 2011-09-6)  
NHK ニュースおはよう日本 2010年5月17日 放送
- (7) 池田 良穂、「図解雑学 船のしくみ」、ナツメ社、2008 第6印刷
- (8) <http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/imo/>  
(参照 2011-09-6) 国際海事機関 (IMO)
- (9) <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%90%E3%83%A9%E3%82%B9%E3%83%88%E6%B0%B4%E7%AE%A1%E7%90%86%E6%9D%A1%E7%B4%84> (参照 2011-09-6)  
バラスト水管理条約
- (10) <http://www.hitachi-pt.co.jp/products/es/ballast/index.html> (参照 2011-09-6)  
(株) 日立プラントテクノロジーHP  
バラスト水浄化システム「ClearBallast」
- (11) <http://www.mhi.co.jp/news/story/100315.html>  
(参照 2011-09-6) 三菱重工業 (株) HP  
凝集磁気分離方式「日立バラスト水浄化システム<ClearBallast>」が日本政府の型式承認を初取得
- (12) <http://www.mes.co.jp/press/2011/201106628c.html>  
(参照 2011-09-6) 三井造船 (株) HP  
「オゾン利用によるバラスト水処理システム FineBallast®OZ」が日本国政府の適合証明書を取得