

# 1. バラスト水管理条約発効に向けた NK の取り組み

## 1. はじめに

IMO によると、一年間に全世界でおよそ 30 億トンから 50 億トンのバラスト水が船舶によって国際間移送されている。<sup>1)</sup> 船舶にとってバラスト水は安全航海のために欠くことのできないものであるが、バラスト水の排出が海洋生態系の保全に重大な影響を及ぼすとされている。1988 年 9 月の第 26 回海洋環境保護委員会 (MEPC26) において、カナダが「五大湖に排出される船舶バラスト内外国産生物の存在およびその影響」に関する研究文書を提出し五大湖に紛れ込んだ外来種の生物に対する懸念を表明した。米国も同様の懸念を表明した。その後、議論が重ねられ、2004 年 2 月に「バラスト水管理条約」(条約)“International Convention for The Control and Management of Ships Ballast Water and Sediments, 2004”が採択されるに至った。

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、それほど遠くない時期に条約が発効すると予想される。

条約が発効した場合、2010 年 1 月 1 日以降建造の 5000 $m^3$  未満のバラスト水を保有する船舶では発効のその日に条約に適合していることが要求されることに注意が必要である。

## 2. バラスト水管理条約

### 2.1 条約の適用

バラスト水管理条約は、軍艦、国際航海に従事しない船舶、バラスト水を移送しない船舶等を除き、現存船、新造船を問わず、およそ全ての船舶に適用される。バラスト水の管理は荒天航海用に船倉に漲水されるバラスト水にも及ぶ。ただし、自動車専用船などのバラストタンクで、タンクがシールされ、排出されない Permanent Ballast にはこの条約は適用されない。また、港内などで全くバラスト水を排出せず、排出する場合には常に陸上の処理施設等を利用するのであればバラスト水管理条約を満たしていると考えられるだろう。この場合、バラスト水の受け入れ施設は IMO の定めたガイドライン (G5) に適合していることが要求される。

ところで、実際の条約適用対象となる船舶がどのような船舶か直感的に知るためには総トン数或いは船舶の長さで表現すると分かりやすい。

総トン数とバラスト水容量との関係は図 1 のようになっている。図中のデータはバルクキャリア、油タンカー及び一般貨物船のものである。

最初の条約適用の対象となる区切りの 5000 $m^3$  のバラスト水容

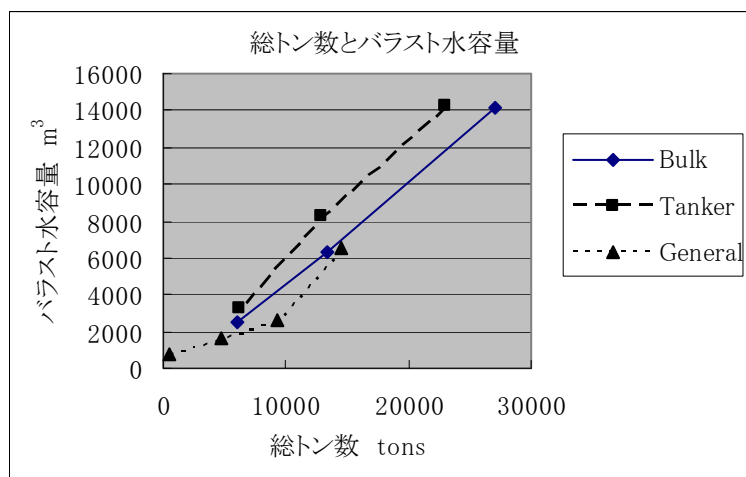


図 1 Gross Tonnage vs Ballast Water capacity

量を有する船舶について見ると、船種による違いは大きくなく、概略 10,000GT 付近の船舶といえる。

また、同様に 2015 年から条約 D-2 の適用を受ける船舶の下限側の区切りである  $1500m^3$  のバラスト水を有する船舶では 5000GT 程度の大きさと考えられる。一方、船舶の長さとはバラスト水容量との関係は図 2 から  $5000m^3$  のバラスト水量を有する船舶の長さはおよそ 130m 程度と見られる。また、 $1500m^3$  のバラスト水を保有する船舶の長さはおよそ 70m と外挿できる。

つまり、ハンディサイズのばら積み船相当の船舶より小型の船舶が最初の規則適用を受けることになる。

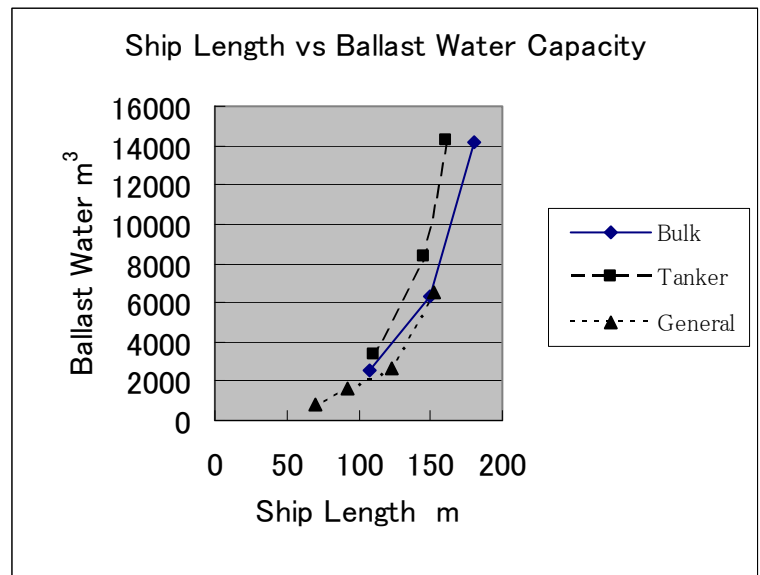


図 2 Ballast Water capacity vs Ship Length

### 3. バラスト水排出基準

バラスト水排出基準は条約 Annex Regulation D-2 に単位容積あたりの排出バラスト水中に含まれるプランクトンなどの生物の個数、コレラ菌、大腸菌、腸球菌などの菌類の株数によって表 1 のように規定されている。

表 1 Ballast Water Performance Standard

対象生物の大きさ/種類	排出基準
50 $\mu$ m 以上	10 個/ $m^3$ 未満
10 $\mu$ m 以上 50 $\mu$ m 未満	10 個/ml 未満
病毒性コレラ菌	1cfu/100ml 未満
大腸菌	250cfu/100ml 未満
腸球菌	100cfu/100ml 未満

(ml=cc) (1cfu=colony forming unit)

基準の具体的理解のために古いデータであるが図 3 に 2001 年の東京湾の生物濃度についてのデータ (MEPC 52/2/19 Harmful Aquatic Organism in Ballast Water submitted by Japan による) を示す。1999 年から 2001 年に東京湾 (芝浦) で計測した 50 $\mu$ m 以上のサイズの生物濃度 (単位水量あたりの生物の個数) を 1999 年から 2001 年にかけて 3 ヶ月ごとの計測値で示している。

図中、上側の記号“□”は計測期間中の最大値を、下側の“□”は最小値を示している。図 4 についても同様である。

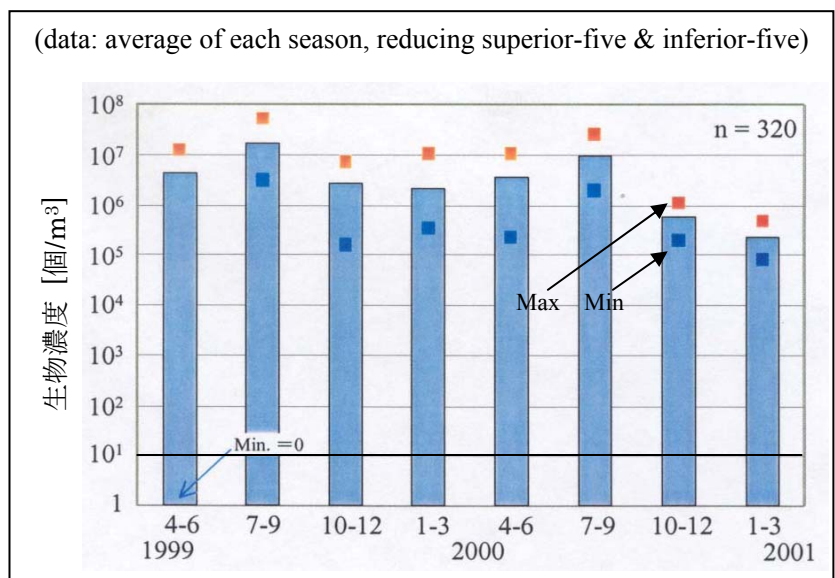


図 3 Seasonal variation of the aquatic organisms concentrations in Tokyo Bay

図4は10 $\mu$ m以上, 50 $\mu$ m未満のサイズの生物濃度(単位水量あたりの生物の個数)を図3と同様に1999年から2001年にかけて3ヵ月ごとの計測値で示している。

図3と図4のそれぞれの図中に記入した実線は10<sup>1</sup>生物濃度レベルで条約のD-2規則に規定される基準(以下, D-2基準という。)の生存生物の濃度を示している。この実線と東京湾での計測値を比較すると, 東京湾の水をバラスト水排出基準値に適合した水にするには, 大きいサイズの生物濃度では10万分の1, 小さいサイズの生物濃度では1千分の1まで下げる処理をしなければならないことが分かる。

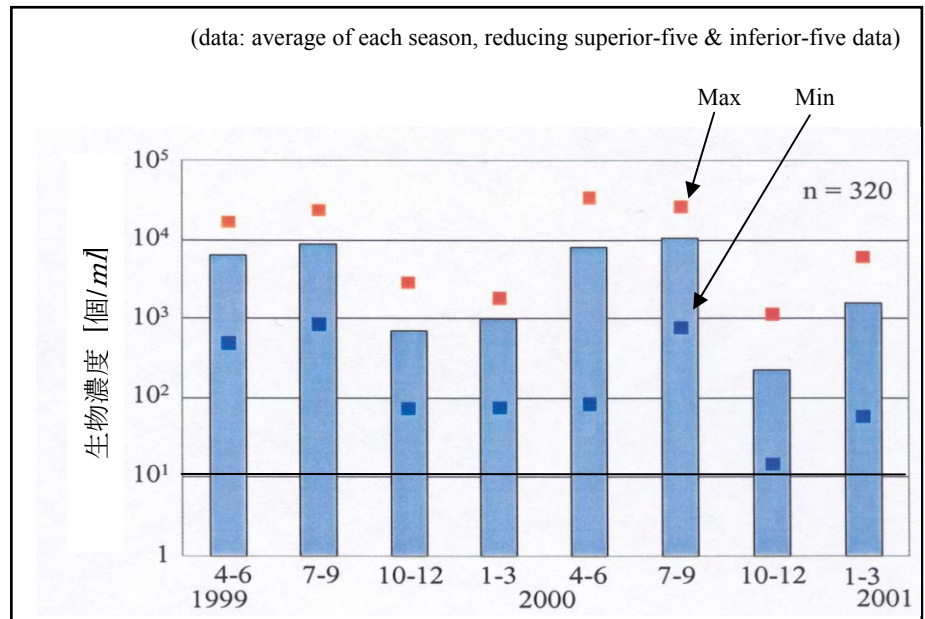


図4 Seasonal variation of the aquatic organisms concentrations in Tokyo Bay

#### 4. 承認・認定手続き

バラスト水処理装置は, バラスト水処理装置承認ガイドラインに従い主管庁が承認する。船級協会が承認している例があるが, バラスト水管理システムの承認のためのガイドライン(G8)においては, 船級協会などによる承認は規定されておらず, 各国政府の権限のもとに行なっている原型承認である。バラスト水を処理するために活性物質が使用されている場合には活性物質を利用するバラスト水管理システム承認の手順(G9)に従い, 図5及び図6の手順でIMOの承認が求められる。承認の申請は主管庁を通じてIMOへ提出する。

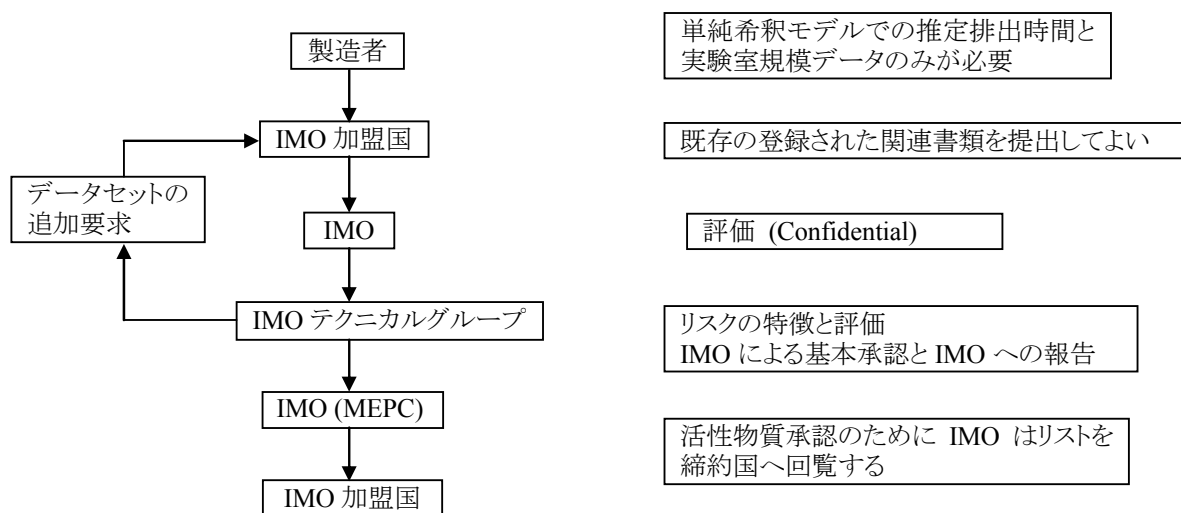


図5 Procedures for Basic Approval

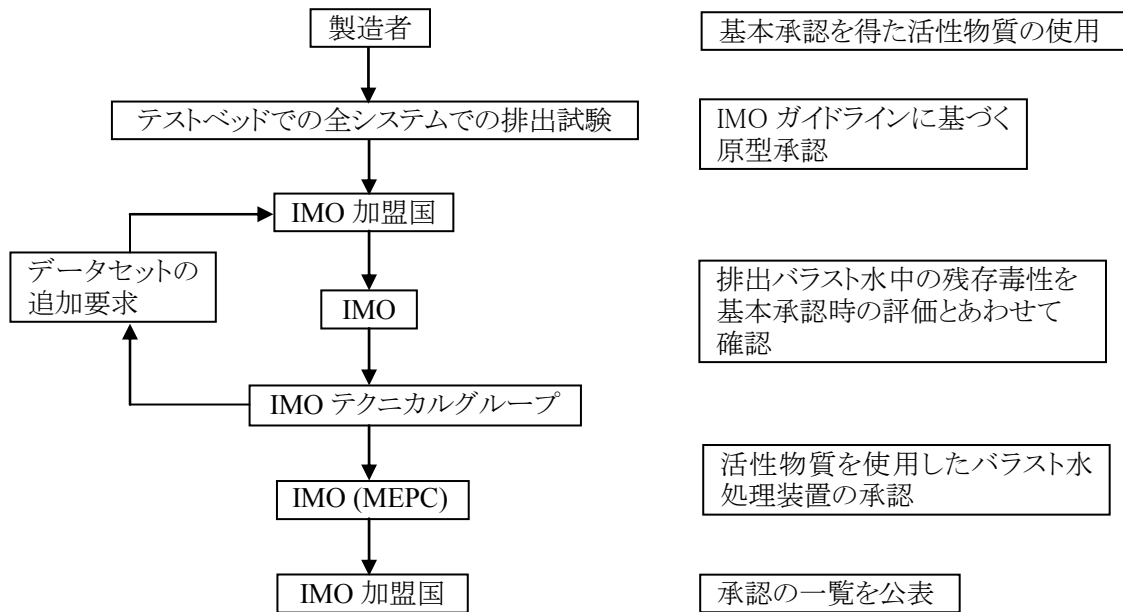


図6 Procedures for Final Approval

審査は、活性物質が海洋環境，船体，乗組員へ与える影響を評価し，環境に及ぼす影響の検証を行うものである。その検証はIMOの技術グループであるGESAMP（Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection）が行ない，その検証が満足であると，GESAMPはIMO MEPCに最終承認を勧告し，MEPCで審議される。

MEPCにて装置が承認されるが，条件が付される場合があり，実際に装置を選択する際にその条件についての検討が必要である。

その後G8に従って，主管庁による陸上試験，船上試験を経て原型承認され実際に装置を設置できるようになる。船舶への搭載時には個船ごとの設置検査がG8により要求されている。

#### 4.1 陸上試験

陸上試験の概略を図7に示す。200m<sup>3</sup>の試験水を処理して5日後に分析し，D-2基準値を満足しているか確認する。海水，淡水或いは汽水から2種類の水を選び，それぞれの水について5回ずつ試験を繰り返し基準値を満たすことを確認する。

選んだ試験水をポンプで汲み上げ，テストされるバラスト水処理装置を通して処理水タンクに200m<sup>3</sup>の試験水を排出する。一方，処理しない水を同量未処理水タンクに採取する。その5日後にサンプリングを行い基準値を満足しているか確認する。未処理タンクに採取された試験水は，処理装置が有意な処理を行っているかを比較検証するためのものである。5日間の間に試験水中の生物が死滅した場合，処理装置の効果を確認できないとされる。

#### 4.2 船上試験

船上試験は，一隻以上の船舶で通常の水の漲水・排水オペレーションを，バラスト水処理装置の定格容量にて6ヵ月間以上にわたり行われる。連続3回の化学的分析結果を主管庁に報告する。

このように，この処理装置の承認について，承認にかかわる手続きや試験が膨大であることから，装置に課せられるすべての承認試験を行ってすべての船籍国政府の承認を得ることは実際的ではない。そこで，ガイドラインでは主管庁は他の主管庁の監督下で行われた試験に基づいて原型承認書を発行することができるとしている。

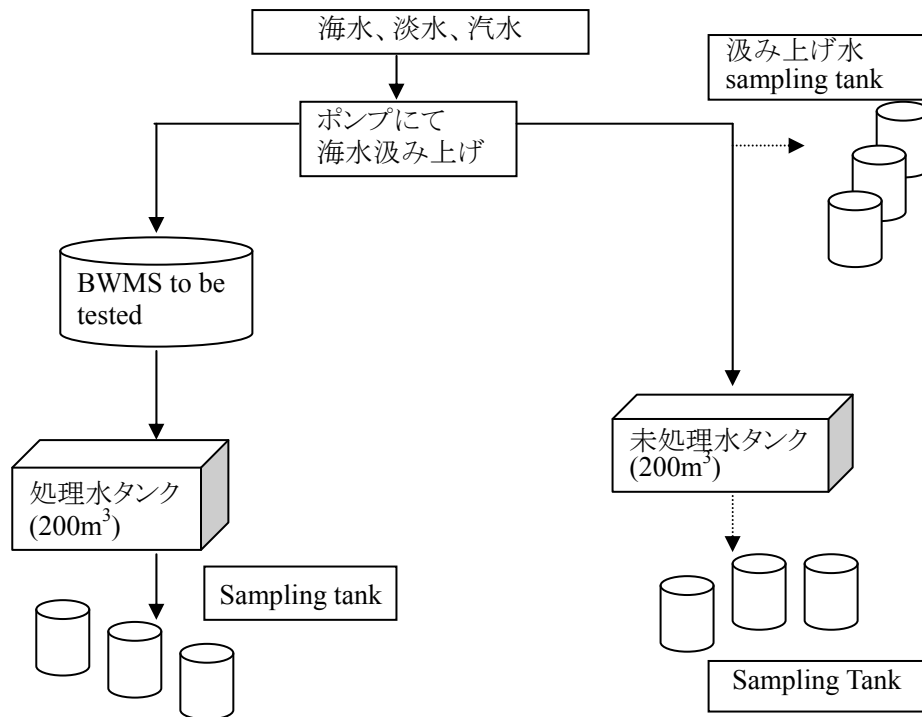


図 7 Land-based Tests

## 5. 承認品の概要

承認された装置を含み、現在承認申請中の装置を表 2 に示す。2009 年 7 月 1 日現在、次の 6 装置が G9 (Venturi Oxygen Stripping を除く) 及び G8 の承認を受けている。

1. Alfa-Laval - PureBallast
2. Ocean Saver AS - OCEAN SAVER
3. Hamann - SEDNA
4. NEI Treatment - Venturi Oxygen Stripping
5. Techcross Inc. - Electro-Cleen System
6. Hyde Marine Inc. - Hyde GURDIAN

バラスト水処理装置の一般的な基本的コンセプトは次の通りである。(図 8 参照)

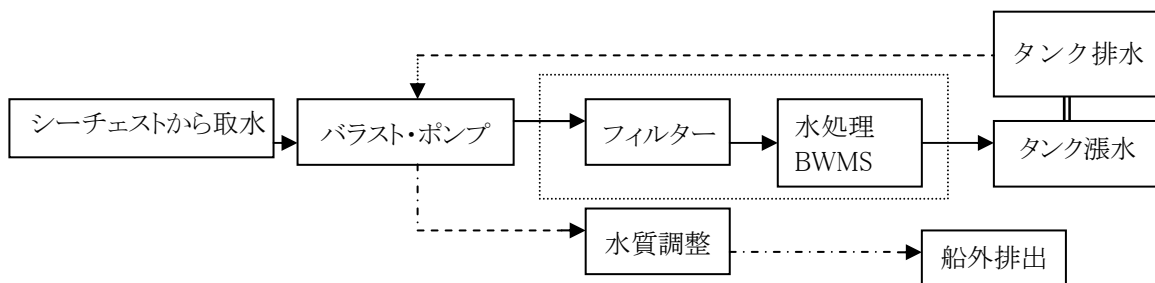


図 8 Typical Ballast Water Treatment System

バラストポンプでシーチェストから取水しフィルターに送り、通常 50 $\mu$ m 以上の大きさの生物やごみを取り除く。その後機械的、薬品による細菌の殺滅処理を行う。そして、その処理水をバラストタンクへ漲水する。デバラストはバラストポンプでバラストタンクからバラスト水を取水し、水質の調整が必要な場合は水質調整を行った後、船外へ排出する。

微生物や細菌などの殺滅処理は化学的方法によるものが主である。水に紫外線を照射する、水中の酸素量を低下させる、オゾンなどの化学物質を添加しその殺菌力を利用するといったものである。紫外線を利用するものを除き、化学物質を利用する装置の場合、その化学物質は先に述べた G9 承認を受けなければならない。尚、イナートガスを添加する装置についてはイナートガスそのものが化学物質ではなく水に溶け込まないことから G9 承認を要しないとされている。

表 2 現在承認申請中のバラスト水処理装置（承認済みのものを含む）

装置	①物理作用	②薬剤、ガス	③電気分解装置	④中和剤	⑤Injector, 洗浄装置等
Clear Ballast	急速攪拌層、 緩速攪拌層、 磁気分離装置、 フィルター分 離装置	無機凝集剤磁性粉、 高分子凝集剤			回収ブロック処 理装置
JFE-BWMS	フィルター、 キャビテーシ ョン	次亜塩素酸ナトリウ ム (UN 2693)		亜硫酸ナトリウ ム(UN 1791)	
NK-O3 Blue Ballast System		酸素発生装置＋ オゾン発生装置		チオ硫酸ナトリ ウム	Ozone Injector
VOS		ストリップングガス 発生装置			ベンチュリ管 (Injector)
Electro-Clean System			海水電解装置	チオ硫酸ナトリ ウム	
PureBallast	フィルター		光触媒装置(AO)		CIP(洗浄装置)
Hyde Marine System	フィルター		UV		
Clean Ballast	フィルター		電気分解装置 (Ectosys)		
SEDNA System	サイクロン＋ フィルター	Peraclean Ocean (Class 5.2)			
Ecochlor BWT System	フィルター	H2SO4、 Purate (UN 2428)			
Ocean Saver	フィルター＋ キャビテーショ ン(C3T)	空気圧縮機＋ N2 発生装置	電気分解装置 (C2E)	チオ硫酸ナトリ ウム	Ejector
SP-Hybrid BWMS Combined with Ozone Treatment	プレフィルタ、 スペシャルパイ プ	酸素発生装置、 オゾン発生装置	脱気層	排水処理層	オゾン注入装置

以下に代表的な装置の概要について説明する。

## 5.1 PureBallast

水処理部で水生生物の殺滅処理に船外から持ち込みの化学薬品を使用していない。第一弾のフィルターにより大水生生物をごみとともに除去する。その後、二酸化チタンに光が当たることによって発生するラジカルにて水生生物、菌類の殺滅処理を行う。ラジカルは不対電子 (unpaired electron) を有する原子や分子。二酸化チタンは白色顔料や食品添加物、歯磨き粉などの原料としての使用されている。二酸化チタン光触媒は特定の波長の光を照射することにより、活性酸素やヒドロキシラジカル (OH ラジカル) などが発生し、シックハウス症候群の原因となるアルデヒド類やダイオキシンや環境ホルモン、においなど、様々な有機化学物質を安全・容易に分解することができる。太陽光や蛍光灯の光によっても光触媒機能は発現する。OH ラジカルは消毒や殺菌に広く使われている塩素や次亜塩素酸、過酸化水素、オゾンなどよりはるかに強い酸化力を持つとされる。バラスト水の排水時に再度、水処理装置を通す必要がある。

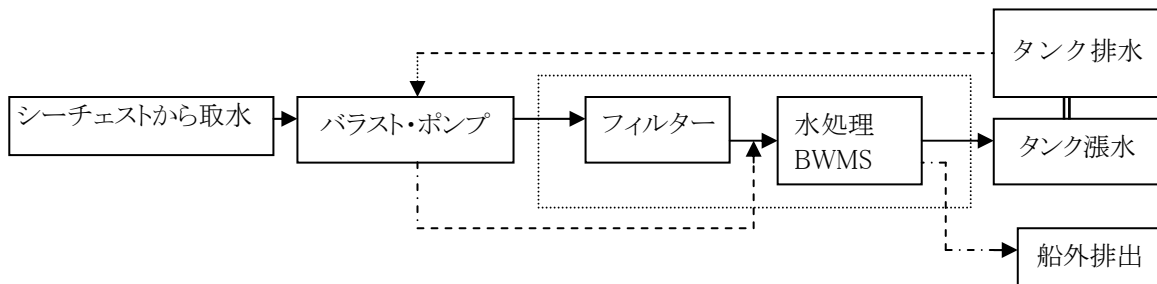


図9 “PureBallast” System

## 5.2 OCEAN SAVER

船外からの持ち込みの化学物質はない。取り入れたバラスト水はフィルターを通し 50 $\mu$ m 以上の大水生生物、ごみを取り除く。キャビテーション装置で殺菌し、船内で精製される窒素ガス、さらに電気分解により発生した水酸基イオンを添加し水生生物、菌類の殺滅処理を行う。

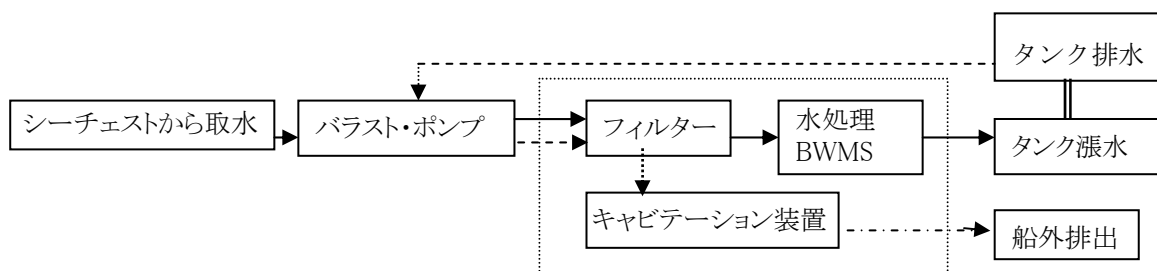


図10 “OCEAN SAVER” System

### 5.3 Venturi Oxygen Stripping

船外からの持込の化学物質はない。バラスト漲水時にイナータガスをバラスト水にベンチュリ管を使って吹き込み、水の酸素濃度を低下させ殺滅処理を行う。航海中もバラストタンクをイナーティングし水生生物などの増殖を防止する。そのため、バラスト水の酸素濃度が低く生物が生息できないため排出時に大気中の空気をベンチュリ管による吹き込みながら排出する。

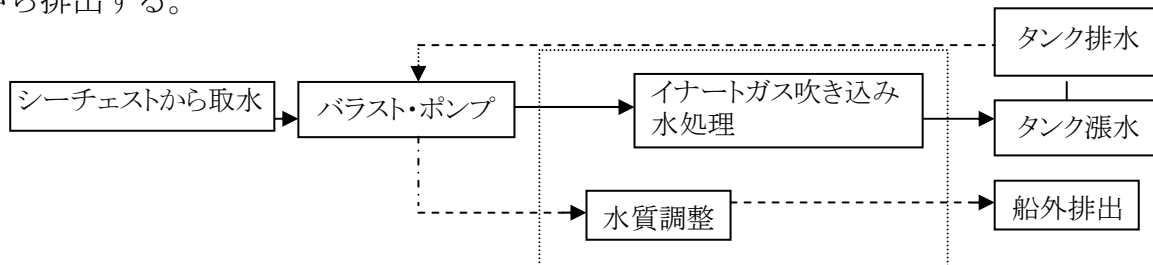


図 11 “Venturi Oxygen Stripping” System

### 5.4 Electro-Cleen System

船外からの持込み化学物質はない。電解装置にて Hypochlorite (次亜塩素酸ナトリウム), Radical により細胞核を破壊し酸化還元電位 (ORP) により細胞膜を破壊して殺滅処理を行う。一方、バラストタンク内での微生物の再生を防ぐため Hypochlorite をバラスト水中に残留させている。そのため、バラスト水排出時に残留している Hypochlorite をチオ硫酸ナトリウムを加えることにより中和する必要がある。

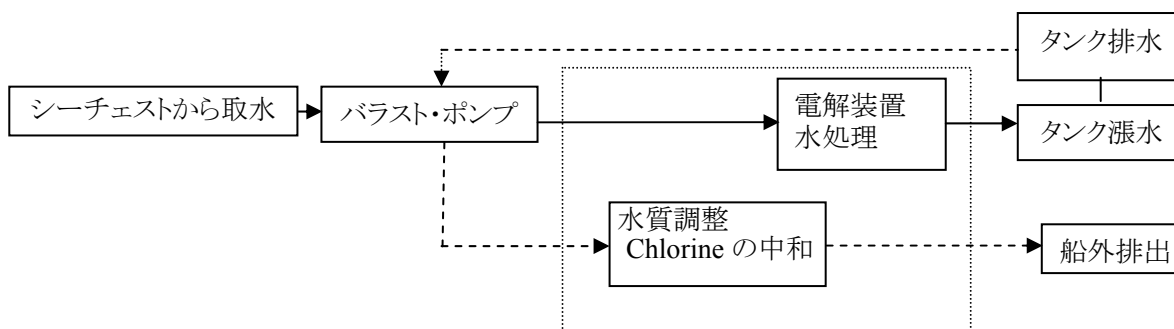


図 12 “Electro-Cleen” System

## 6. 現存船への設備時の問題点

バラスト水処理装置メーカーが船舶への搭載についてサポートしていない場合、過去にその装置を搭載した例などを参考にして装置の搭載環境などの制限を調査することが必要と考えられる。その調査結果から装置を選択し、設置場所の選定、配管、電気配線などを設計することになるだろう。

### 6.1 設備場所

設置場所として可能と考えられるのは、上甲板、船尾甲板、機関室、操舵機室或いは貨物倉内やトップサイドタンク内が考えられる。タンカーであればダブルハルススペースも挙げられる。

これらの中で機関室が最も設置し易いと考えられるスペースであろう。機関室はバラスト水処理装置に必要な周辺機器類が集中して配備されており最も合理的なスペースといえるだろう。一方で、近年の船舶では貨物区域をできる限り最大にするために機関室のスペースを切り詰めており、設置場所を見つけることは困難が予想される。また、機関室内に

装置を配置する場合、装置に使用されている機器或いは使用されている活性物質などが機関室の安全性を損なわないかどうかの検討が必要である。処理装置は船舶のどの場所で使用されるか限定されていないことから G8 及び G9 で承認されていても注意が必要である。そのような制限をクリアにするために G8 で承認されたものを一部変更する場合、G8 の再承認が要求されるかどうか事前の確認が必要と考えられる。

上甲板上に設置する場合、上甲板上に積載する貨物の量、積載場所が制限されると同時に通常荷役の障害になることが考えられる。また、荒天航海中に船首部への乗組員の安全なアクセスが阻害される恐れもあり船主とともに十分な検討を要する。

船尾甲板上にスペースが取れる場合、そこも選択肢となりうるのではないだろうか。通常、バラスト水配管は機関室前端隔壁の近傍に配管されており、この大口径の配管を船尾甲板上へ導くことは合理的ではないかもしれないが、設置場所が見つからない場合には検討の余地があるのではないかと。

タンカーなどではポンプルームは最有力候補である。ただし、装置が防爆仕様となっていないなければならない。ポンプルームは空間の高さも十分であり、現在のスペースに不足がある場合には中間デッキを増設することで処理装置の設置場所を確保できるのではないだろうか。

操舵機室は船内でスペースの余裕のある場所と考えられる。天井が高く、配置されている機器間のスペースも比較的余裕がある。

トップサイド・タンク内、タンカーでは、ダブルハルバラストタンク内、貨物倉内なども検討の対象とすることができる。

## 6.2 電気設備

大小の違いはあるが、どのバラスト水処理装置を選択しても船内消費電力は増加する。活性物質を使用している装置で活性物質を船内で生成するシステムは消費する電力が大きい傾向があり、処理する水量にもよるが 1200KWh に及ぶものもある。船内に備えられている建造時の発電機容量は概略 5000m<sup>3</sup> のバラスト水を有する船舶では 400KVA x 2stes ~ 500KVA x 2sets が多いとみられる。現存船では消費電力の大きい装置を設備する場合、発電機の増設が必要になる恐れもある。

油、ケミカルタンカーなど危険貨物を積載する船舶では防爆仕様となっていない電気機器は使用できない場所があり、防爆となっている装置を選択するか、安全な場所に設備するかの検討が必要であろう。

## 7. 運航時の取り扱い

バラスト水処理装置の取り扱いについて、装置そのものの操作性や取り扱いが容易であることも重要であるが、システムとしての取り扱いの容易性も無視できないと考えられる。装置を船舶に設備する際、設置するスペースの制限によりバラスト水処理容量の小さな装置とせざるをえない場合や、電気容量が不足しているため他への電力使用の制限を前提とする場合、荷役速度の制限が起きる可能性や、誤って他の設備を起動した場合のブラックアウトの可能性についても検討が必要と考えられる。船外から薬剤の供給を受ける装置では薬剤の供給のためのネットワークが計画の航路を含んでいるかの検討が必要となる。消耗品がある場合も同様である。フィルターを有しない装置では Sediment の堆積が考えられ、陸揚げの方法も検討の必要があるかもしれない。

## 8. 図面承認・検査・証書

現在、NK では検査関連規則の整備を急いでいるが、条約が発効していないこともあり、処理装置の船舶への設備に対する図面承認、設備時の検査項目、処理装置の試験方法など具体的にしていくこととしている。

設備そのものについては、原型承認されていることが必要であり、出荷時の装置の品質の確認を除き、それ以上の検査は不要と考えている。したがって、船級の検査は装置の設備前に図面調査を行い、設備後、装置の取り付け状態、作動状態等を確認することになる。

提出が必要と考えられる図面は次の通りである。

- 原型承認書 (G8) (船籍国政府が発給したもの)
- Ballast Water Management Plan
- 一般配置図 (装置の配置に関するもの)
- Piping Diagram (Hull & Machinery)
- 電気配置図 (電力調査票、短絡電流計算書、防爆仕様を含む)
- 主電路系統図
- その他 (一般配置図等の調査後必要とされる図面)

図面調査では次の点を考慮しながら、処理装置が船舶の安全運航を阻害しないかどうかについて現行の鋼船規則、条約などの規則によって確認することになる。

- 薬剤タンクの安全な設置場所
- 薬剤の船内への安全供給と取り扱い
- 危険バラストと安全バラストの分離
- 危険場所での防爆機器の使用
- バラスト水の排出時のサンプリング装置の設置
- 安全運航に必要な発電容量を確保しているか

検査完了後には条約に示される国際バラスト水管理証書が船籍国政府から発給されることとなる。

### おわりに

条約が発効し、2015年以降、現存の小型船舶が条約適用の対象になると、どのようにバラスト水処理装置を設備するかが大きな課題となってくると考えられる。限られたスペースの中に装置を設備するために知恵を絞らなければならないだろう。NK では、さまざまな装置の設備例や調査をもとにして、どのような装置がどのような船舶に有利か相談、問い合わせに応じられるように準備していきたいと考えている。