

# 主機関の排熱を利用したバラスト水処理装置の開発

現在、船舶によって年間約100億トンのバラスト水が国際移動しているといわれています。このようなバラスト水の移動に伴って、荷降ろしする港の水域の生物が荷積みする港の水域まで運ばれる生物越境が起こっています。この生物越境を防止するためにバラスト水管理条約が2004年に採択されました。バラスト水管理条約の求める基準を達成可能な種々のバラスト水処理装置が各国で開発されています。

本研究では、熱処理方式の装置のランニングコストをゼロとすることを目標にシステムの検討を行いました。



山根 健次 YAMANE Kenji

大阪支所

静電気防災研究、船舶EMC研究、CO<sub>2</sub>深海  
隔離研究、バラスト水処理研究に従事  
yamane@nmri.go.jp

## 1. はじめに

現在、船舶によって年間約100億トンのバラスト水が国際移動しているといわれています。このような状況の中、IMO（国際海事機関）は海棲生物の越境移動を防止するために、バラスト水管理条約（バラスト水及び沈殿物の管制及び管理のための国際条約）を2004年に採択しました。この条約は30カ国の批准及びその合計船腹量が世界中の商船全体の35%を超えた日から12カ月後に発効することになっています。2012年9月末時点で36カ国が批准し、その合計船腹量は約29%になっており、条約発効が現実的となっています。

バラスト水管理条約の発効に向けて、この条約の求める基準を達成可能なバラスト水処理装置が加盟各国で必要であり、日本国内でも様々なシステムが開発されています。著者等は、バラスト水の処理に化学的活性物質を使用しなくても処理が可能な熱処理方式に注目しました。そして、熱処理方式で問題となる大量の熱エネルギー需要への解決策として、処理済バラスト水と未処理バラスト水の間で熱交換を行う熱回収型バラスト水処理装置であるTAF (Thermal Aqua Filtration) Systemの開発を進めています。このTAF Systemでは、回収できない熱エネルギー分を補うためにボイラなどによる補助加熱が必要となりますが、そのボイラの代わりに、航行中の船舶主機関の排熱を蓄熱し、バラスト水処理時に利用することによってランニングコストをゼロにするシステムを考案しました。

## 2. システム構成

図1に本バラスト水処理装置の概要を示します。バラストタンクの一部に断熱材を施工して蓄熱タンクとし、バラスト水排水までの航海中に主機関の排熱を利用して蓄熱タンク内の海水を90℃程度に加熱し、貯めておきます。20℃の未処理バラスト水を70℃の処理済バラスト水と熱交換し、68℃まで加熱することができます。これにより96%の熱エネルギーを回収したことになります。回収できなかった4%、即ち、2℃分の熱エネルギーの補充が必要となり、これを蓄熱タンクからの足し湯によってまかないます。そして、バラスト水の処理は70℃になった殺滅タンクで行われ、処理済バラスト水はプレート式熱交換器を通り、未処理バラスト水と熱交換した後に排水されます。

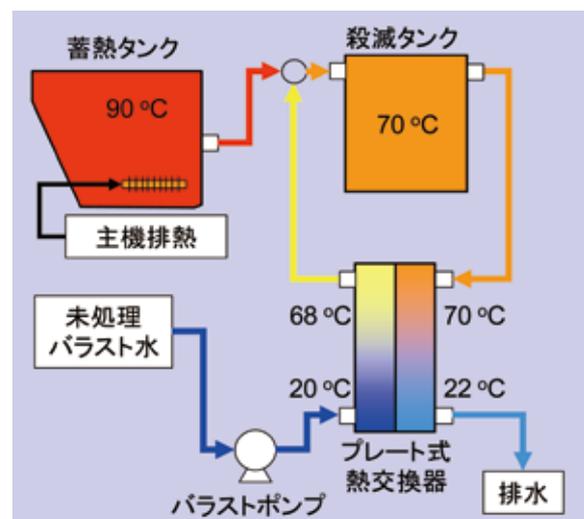


図1 主機排熱を利用した熱回収型バラスト水処理装置

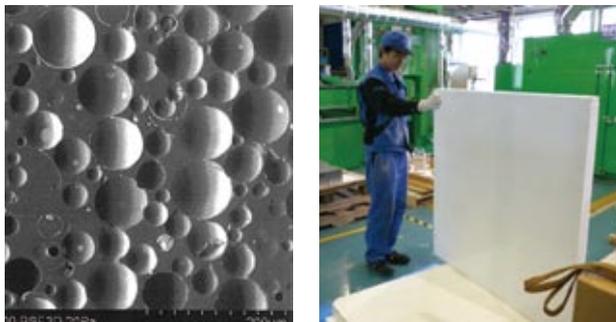
## 3. 断熱材の開発

本システムは、港湾でのバラスト水処理の際に蓄熱タンク内の海水温度が高温に保たれ、また、その量が十分であることが大前提です。このため、蓄熱タンク

クが十分な保温性能を有していることが必要です。また、バラスタンクの一部を使用する都合上、内部に断熱材を張り付ける内断熱方式を取らざるを得ず、船体構造の補強材を含めて断熱材を施工する必要があります。対応策として耐海水性のある断熱材を開発し、パネル状に加工し、これをタンク内に取付ける方法を検討しました。

### 3.1 断熱材開発及び成型

蓄熱タンク用断熱材に求められる要件は低熱伝導率のほか、海水圧力、高温(90℃程度)環境下での耐久性です。これらを満たす材料としてマイクロバルーンを樹脂に混練した断熱パネル材を考案しました(図2参照)。パネル成型工程を図3に示します。特に、既存船のバラスタンクへ施工する際には、マンホールを通して断熱材を搬入する必要があること、及び船殻補強材への取り付けを考慮してパネル材は500mm×500mm×t50mm程度の寸法とし、これをタンク内に敷き詰める方法を想定しています。



電子顕微鏡写真

外観

図2 断熱パネル



①材樹脂

②マイクロバルーンと樹脂を混練



③枠へ注型

④脱泡・硬化

図3 断熱パネルの成型工程

### 3.2 断熱材の熱伝導率及び耐久性

3.1に示した方法により製作した断熱パネルの断熱性能の評価を行いました。図4に示すように板厚50mmのパネル6枚を組み合わせてタンクを作り、内部に温度センサ及びヒーターを設置し、温度調整器に接続しました。タンク上面及び側面に熱流束センサを設置し、タンク内海水温度を90℃に保つ時の外気への散逸熱流束を測定し、断熱パネルの熱伝導率を算出しました。表1に結果を示します。約16,500時間以上経過しても十分な断熱性能(0.15(W/mK)以下)を維持しており、変形等も少なく、実用可能な耐久を有していることを確認しました。

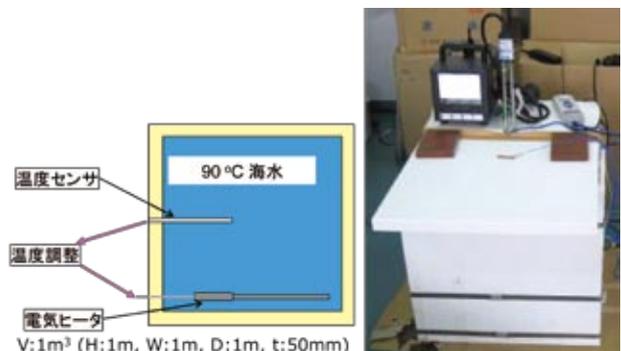
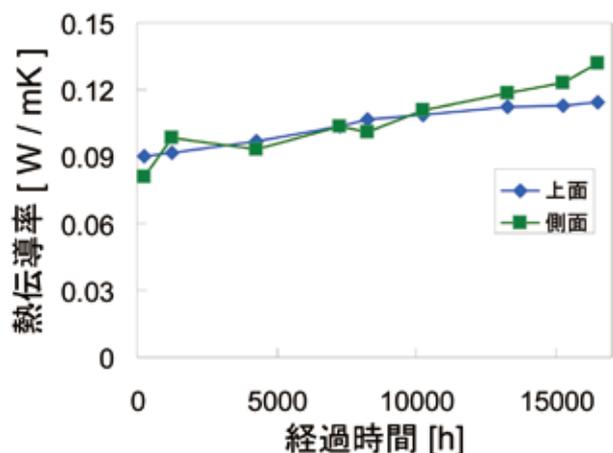


図4 断熱パネルを組合せて製作したタンク

表1 90℃の海水を対象にした長期耐久性



### 3.3 断熱材の施工方法

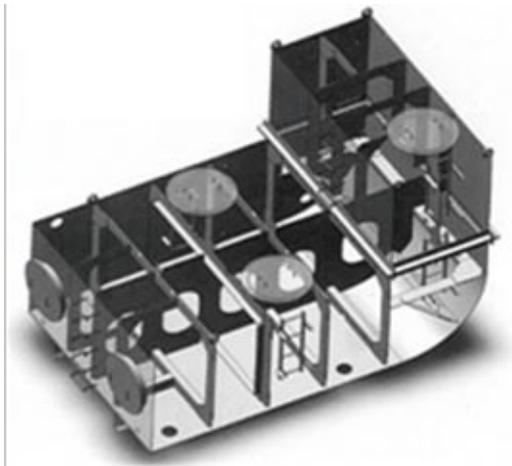
船体構造においてバラスタンクには様々な形状の補強材や開口部、通行のためのマンホールや梯子などが設けられており、さらに接合のために各所に溶接余盛が出っ張っています。そのため、実用化に際し、断熱材の施工について予め検討を行い、施工指針を定めておくことが必要でした。そこで、図5に示すように

バラストタンクの構造を模した容量 20 m<sup>3</sup>で、5mの水頭を与えることのできるバラストタンク蓄熱模擬装置を製作し、その内側に断熱材を施工しました(図6参照)。断熱材の取り付けには溶接部に応じて断熱材の角を切り落とし、平坦な構造に密着するようにしました。また、平坦部以外は次に挙げる8の部位にわけて施工方法を検討しました。

- ①ロンジ②ロンジ同士の取り合い③ドレン④ブラケット⑤水抜き穴⑥その他の穴⑦マンホール蓋⑧梯子



外観



内部構造

図5 バラストタンク蓄熱模擬装置

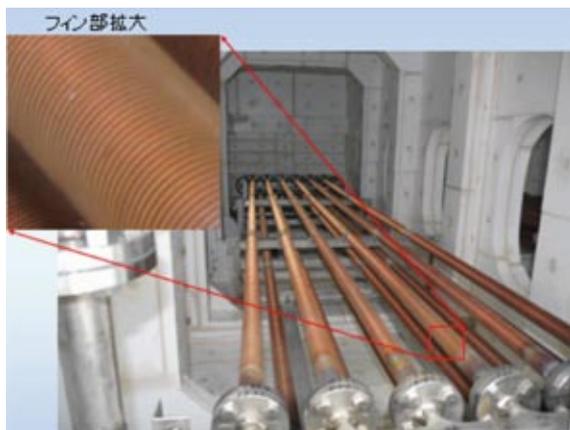


図6 断熱材及び加熱チューブの施工

#### 4. 加熱方法の開発

航海中の主機排熱エコマイザーから得られる熱エネルギーによりバラスト水の一部を 90℃まで加熱する方法として、蓄熱タンク内にフィン付き加熱チューブ(図6参照)を設置する方法及び蓄熱タンク外にプレート式熱交換器を設置する方法について設計・実験を行い、スケール付着がなく十分な加熱性能を有することを確認しました。

#### 5. システム総合実験

図7に示す陸上装置を用いて、図1に示す本システムの成立性を確認しました。蓄熱タンク内の蓄熱水の足し湯流量をインバータ制御することにより、熱交換器を出てきた処理前水の温度及び流量が変化しても殺滅タンク内を 70℃の維持できることを検証しました。



図7 総合実験

#### 6. おわりに

主機関の排熱を利用した熱回収型バラスト水処理装置を考案し、断熱材を開発し、その断熱性能、耐久性、加工性、施工性を確認しました。また、スケール付着のない海水加熱方法の開発、システム総合実験を行い、本システムの成立性を実証しました。

#### 謝 辞

本研究は(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構「運輸分野における基礎的研究推進制度」により実施しました。(株) 大晃産業、スターライト工業(株)、日本海事協会、日本中小型造船工業会、広島大学、佐賀大学をはじめ、関係各位に感謝申し上げます。