

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年5月29日現在

機関番号：12701
研究種目：挑戦的萌芽研究
研究期間：2011～2012
課題番号：23656547
研究課題名（和文） 浮力制御方式バラストフリー船の性能実証
研究課題名（英文） Evaluation of the Performance of Buoyancy-control Type Ballast-free Ship
研究代表者 荒井 誠 (ARAI MAKOTO) 横浜国立大学・大学院工学研究院・教授 研究者番号：00232025

## 研究成果の概要（和文）：

研究代表者らは、船舶から排出されるバラスト水が海洋の生態系を破壊する問題を解決するための独創的な方式としてバラストフリー船のコンセプトを提案した。この方式では、船体外から取り入れた海水が浮力制御タンク内を通過するため、タンク内の海水は船体周辺の海水と常に同じ成分を持つことになる。この結果、バラスト水問題の発生を根源的に解決することができる。本研究では、実際の船舶の二重底タンクの縮尺模型を製作し、このタンク模型を搭載した模型船を実海域において曳航して種々のデータを計測し、提案した方式の有効性を調べた。

## 研究成果の概要（英文）：

To cope with the problems in the marine ecosystem caused by the ballast water from ships, we proposed a ballast-free ship concept which aims at solving this problem from a completely different standpoint. In the proposed system, seawater continuously passes through the buoyancy control tank to keep the contents of the water inside the tank the same as that outside the ship. In the present study, we used a scale model of an actual double bottom tank and carried out an experiment to examine the water exchange performance of the proposed system on the open sea.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

## 研究分野：船舶海洋工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：海洋環境、バラスト水問題、船舶、海洋生物移動防止、流体解析

## 1. 研究開始当初の背景

船舶のバラスト水による海洋生態系破壊が社会問題となっている。国際海事機関がバラスト水管理条約を採択したが、実用的な解決法が開発されていないため賛成国が少なく、条約は批准されていない。しかしながらバラスト水問題を解決することは海洋環境保護の観点から極めて重要であり、実用的な

解決法の開発が急務である。

## 2. 研究の目的

国際海事機関のバラスト水管理条約に対応する新しい船舶の方式として研究代表者らが提案したバラストフリー船の有効性を実証する。

### 3. 研究の方法

実際の船舶の二重底タンクの縮尺模型を製作し、このタンク模型を搭載した模型船（図1）を実海域において曳航して種々のデータを計測し、提案した方式の有効性を調べた。洋上実験に際しては本学の実習船「たちばな」により模型船を曳航した（図2）。実験海域は神奈川県真鶴半島沿岸域である。



図1 模型船



図2 洋上曳航実験の状況

### 4. 研究成果

真鶴港において模型船の曳航実験を行い、塩分濃度の変化、プランクトン濃度の変化を計測して、海水交換が想定通りに進行するかの確認を行った。また、計測結果と数値シミュレーション結果を比較して、数値シミュレーション法の計算精度を確認した。

(1) 塩分濃度の変化による海水交換状況の把握

タンク内海水の交換状況を調べるため、本研究の実験では実験開始時にタンク内に真水を満たしておき、実験の進行とともに船体外の海水がタンク内に流入し、真水から海水に変化する状況を調べた。このため、タンク内2箇所に塩分濃度計を設置し、塩分濃度の時間的変化を調べた。図3は航行距離を横軸にとり、海水の交換性能を縦軸に示したものである。塩分濃度を調べたタンク内の2箇所の計測点 (S3, P1) において、航行距離の増加とともにタンク内の海水が船体外の海水に置き換わることが示されている。また、数値シミュレーションによって海水交換の状況を再現できることも分かった。

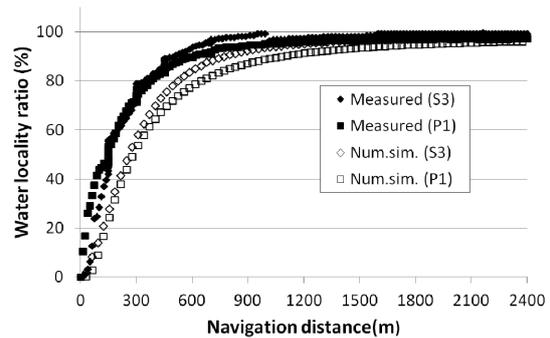


図3 海水交換の進捗状況

(2) 海水プランクトンの濃度変化の計測  
タンク内のプランクトンの個数を計測することにより、海水交換の進行状況を求められるかを検討した。実験を実施した真鶴港で実際に計測できた植物プランクトンは、主にキートケロス属、ケラチウム属、コシノディスカス属の3種であった。なかでも、キートケロス属（図4参照）がどの地点のサンプルでも群を抜いて多く観察された。このため、本研究ではキートケロス属プランクトンの数を基準として実験タンク内の植物プランクトンの細胞密度の変化を調べることとした。

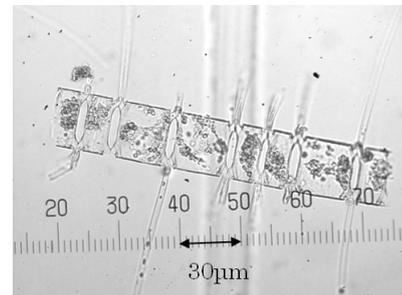


図4 計測対象とした植物プランクトン（キートケロス属：群体を形成している）

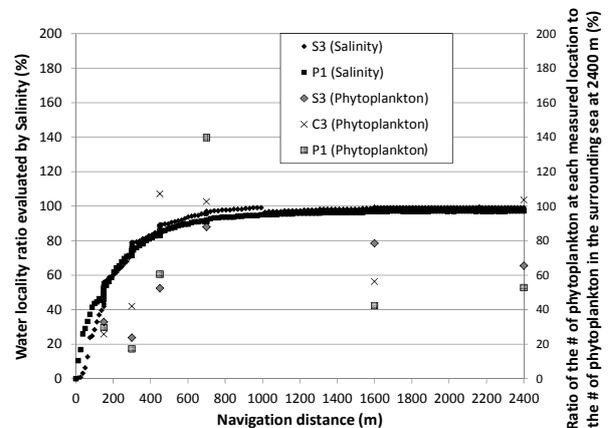


図5 タンク内の植物プランクトン数の変化

図5は、塩分濃度計で計測したタンク内海水の交換状況のデータ (S3, P1 (Salinity) と表示) とタンク内の3箇所計測したプランクトン濃度 (S3, C3, P1 (Phytoplankton) と表示) の変化を比較している。図の左側の縦軸目盛りが塩分濃度から求めた海水交換率を表す。また、図の右側の縦軸目盛りはプランクトン濃度を表す。実験開始後700m付近までは、タンク内のプランクトン濃度がほぼ単調に増加しており、船体外からタンク内にプランクトンが流入したことが分かる。その後のデータが一定値をとらず、プランクトン濃度が減少しているのは、実験海域のプランクトンの空間的分布が不均一であるため、プランクトン濃度の低い海域に入ることによってプランクトン濃度が低下したと考えられる。このように今回の実験ではプランクトンの計測データから海水の交換状況を調べることが難しいことが分かった。また、キートケロス属プランクトンは、個体が連結して群体を形成するため(図4参照)、計数値が不安定になりやすいことも示された。海水交換の定量的な評価にプランクトン計測値を用いるには計測法およびデータ解析手法に更なる工夫が必要と考えられる。この点は今後の研究課題である。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

(1) 荒井誠、若林康太、菊池知彦、下出信次、浮力制御方式バラストフリー船の海水交換性能に関する洋上模型実験について、日本船舶海洋工学学会論文集、査読有、第16号、印刷中 (2013)。

(2) Arai, M., Wakabayashi, K., Nakahara, S., A Study on the Stability of Buoyancy-control Type Ballast-freeing Ship, Proceedings of the 26th Asian-Pacific Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structure, TEAM 2012, 査読有, pp.89-94 (2012)。

(3) 荒井誠、船舶工学者の立場からのバラスト水問題のレビューおよび既存船レトロフィットを目指したバラストフリー船の提案、日本航海学会シンポジウム、査読無、p.p.21-28, (2011)。

(4) K. Wakabayashi, M. Arai, A study on the improvement of seawater circulation performance in tanks of ballast-free ships, The 25th Asian-Pacific Technical Exchange and Advisory

Meeting on Marine Structures, TEAM 2011, 査読有, pp.225-232, (2011)。

(5) M. Arai and S. Suzuki, A performance study of the buoyancy-control type ballast-free ship, 14th Congress of Intl. Maritime Assoc. of Mediterranean, IMAM 2011, 査読有, pp.461-468 (2011)。

(6) 荒井誠、鈴木慎哉、鈴木和夫、田中優、浮力制御方式バラスト・フリー船のコンセプトとその基本性能について、日本船舶海洋工学学会論文集、査読有、第13号、p. p. 257-266 (2011)。

[学会発表] (計2件)

(1) Arai, M., Proposal for ballast-freeing ship and studies of its performance, FSI Invited Seminar Series, University of Southampton, March, (2012)。

(2) M. Arai, Ships' Ballast Water Problem and a Proposal of an Innovative Solution, Port-city University League, Shanghai Jiao-Tong University, Nov. (2011)。

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
外国：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

<http://ballastream.ynu.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

荒井 誠 (ARAI MAKOTO)

横浜国立大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：00232025

(2) 研究分担者

菊池 知彦 (KIKUCHI TOMOHIKO)

横浜国立大学・大学院環境情報研究院・教授

研究者番号：60214756