

船舶におけるマイクロバブルを用いた効果について

山谷尚弘*, 池野一成**,
高橋淳***, 中村慎太郎****,
浦恵里夏*****, 牧田祥子*****,
亀井志聖*****

Effects of using microbubbles on ships

YAMATANI Naohiro*,
IKENO Kazunari**,
TAKAHASHI Jun***,
NAKAMURA Shintaro****,
URA Erika*****,
MAKITA Shoko*****,
KAMEI Shisei*****

Microbubbles from the bow side of the ship's bottom toward the rear in the direction of travel, reducing underwater resistance. However, it has rarely been adopted in recent years. When interviews were conducted with ships that have adopted the technology, it was found that a by-product effect was a reduction in noise. To confirm this effect, experiments were conducted and noise reduction was confirmed. Problems associated with adopting microbubbles were identified and proposals were made to promote their widespread use.

キーワード: マイクロバブル, 船体抵抗, 環境負荷軽減

1. はじめに

近年, 環境負荷低減として提示される厳しい環境規制をクリアするため, 排ガス浄化装置の装備や代替燃料の採用など, 運航コストの増加による船会社の負担は大きくなっている。また, 人手不足による環境下で新たな機器の装備は, メンテナンス面でも乗組員の負担

となっており, 深刻な問題となっている。既存船舶が生き残る策として, 少しでも燃料を消費しないことが重要となっており, 各企業がいろいろなアイデアを出しているが, 大きく貢献できるものはないのが現状である。

船舶より排出される二酸化炭素は, 世界全体排出量の約 3%を占めており, コロナ禍以降の経済の活性化や物価高騰による製造拠点の変更などにより, 海上物流のニーズは益々増加し, これに伴う二酸化炭素の排出量も増大する傾向は予想以上に深刻な問題となっている。国際海事機関(International Maritime Organization; IMO⁽¹⁾以下 IMO)は, 船舶から排出される二酸化炭素を規制することを目的とした「エネルギー効率設計指標」を強制化するための改正 MARPOL 条約附属書 VI を発効した。この条約は, 国際航海に従事する 400GT(Gross Tonnage)以上の新造船船舶に適用された。規制を満たすことができない場合, 建造することができない⁽²⁻³⁾。これらの課題を解決する方法として船舶の省エネルギー技術開発への期待は大きい。

* 練習船若潮丸

e-mail: yamatani@nc-toyama.ac.jp

** 練習船若潮丸

e-mail: ikeno5176@nc-toyama.ac.jp

*** 練習船若潮丸

e-mail: jtakahashi@nc-toyama.ac.jp

**** 練習船鳥羽丸

e-mail: nakamura.shintaro@toba.kosen-ac.jp

***** 技術室

e-mail: ura@nc-toyama.ac.jp

***** 技術室

e-mail: makita405@nc-toyama.ac.jp

***** 商船学科

e-mail: kamei@nc-toyama.ac.jp

しかしながら、船舶の省エネ化は、以前より取り組まれているが、大幅な効率の向上は期待できないのが現状である。船舶の一日の燃料消費量は、貨物船で 30-50トン、大型高速フェリーにおいては 120トンを超えていることから、1%の減少は、ランニングコストに大きく影響する。燃料消費量の減少は、結果として環境負荷減少に結び付くことから、期待される分野となっている。

本研究では、既存船舶にも応用できる環境負荷低減策として、船体抵抗を減らすマイクロバブル技術を用いた効果について検討した。

2. 研究背景

一般に商船と呼ばれる船舶は、目的に応じて VLCC やバルクキャリア(B/C)に代表される低速・肥大船から、LNG 船 (LNGC)やコンテナ船(C/S)に代表される中速船、フェリーに代表される高速・痩せ型船まで多くの船種が存在する。船種毎に省エネを目指した船体設計やプロペラ設計がなされている。代表的な船種毎の抵抗成分を比較して船舶に作用する抵抗成分は「造波抵抗」、「粘性圧力抵抗」、「摩擦抵抗および空気抵抗」に分類される。低速船では、全抵抗に占める造波抵抗の割合は小さいが、高速になるほど造波抵抗の占める割合は大きくなる。摩擦抵抗はどの船種においても最も大きな抵抗成分となっており、全抵抗成分の 70~80%⁽⁴⁾となる。また、船舶の推進エネルギーは、抵抗成分以外にプロペラなどの推進機のエネルギー損失や船体とプロペラの干渉影響によって生じる推力減少率やエネルギー損失及び回収率を考慮する必要がある。しかしながら、摩擦抵抗は、エネルギー損失において最も大きな割合を占めているにもかかわらず、現在有力な低減手段はなく、浸水面積を小さくすること以外に画期的な対策はないのが現状である。新たな技術として水中での抵抗削減に効果があるマイクロバブル技術が浮上している。しかしながら、マイクロバブル技術は、多くの利点を持つ技術にもかかわらず、船舶業界で普及していないのが現状である。普及を妨げる要因が存在するものと考えられることから問題点を提示することで、今後の普及が期待できるものと考えられる。

本研究では、マイクロバブル技術の問題点を抽出し、3章以降では、普及促進の提案をおこなった。

3. マイクロバブル技術の歴史について

マイクロバブルは、水中抵抗を低減させ、その結果、燃料消費を削減することができる。これにより、二酸化炭素および窒素酸化物などの排出量を減少させ、環境に対する負荷を軽減することができる。1970年代、米国、旧ソ連の研究者が微細気泡を船底に送り込む技術を発表した。開発当初は、気泡を発生させるエネルギーが大きく、効果は認められなかった。1980年代米国、旧ソ連で気泡による抵抗低減に向けて様々な研究が行われた。1990年代、日本において研究が活発化し、2001年 航海訓練所の練習船「青雲丸」で世界初の実船実験がおこなわれた。2010年には、空気潤滑モジュールを採用した運搬船 YAMATAI & YAMATO 竣工、28,000DWT バルクも同年に建造されている。2012年 空気潤滑 91,443DWT 石炭運搬船 SOYO が竣工した。実験においては、バラスト状態でプロペラ推力が最大で 12%の減少⁽⁵⁾認められるなど一定の成果が報告されている。新技術の採用は、継続するものと予想されていたが建造時の採用が見送られるようになった。

4. マイクロバブルによる効果と問題点について

マイクロバブルは、水中抵抗を低減することで燃料消費量を削減することが期待できる。これにより、二酸化炭素および窒素酸化物などの排出量を減少させ、環境負荷を軽減することができる。IMO⁽¹⁾の第4次調査報告書によると2018年の国際航海に従事する船舶からのCO2排出量は約9.19億トン、世界全体のGHG排出量の2.51%に相当する。マイクロバブルはこれらを削減することが期待されている。船舶の水中抵抗が低減され、船舶は同じ速度を維持するために必要なエネルギーを減らすことができることから、燃料効率の向上につながり、燃料消費量の削減によるコストの削減のメリットがある。長距離を移動する外航船舶や高負荷で航行する船舶では、数%の抵抗低減が大きなコスト削減

減に繋がるものと考えられる。聞き取り調査では、新日海フェリー株式会社が所有する旅客船兼自動車渡船「あかしあ」(大型長距離フェリー)において、平成26年3月から平成27年2月において、年間約3400万円の燃料コストが削減されている。また、マイクロバブルを使用することで船内が静かになったと報告を受けた。船内の快適性が向上し、長時間の航海において疲労が軽減されることが考えられる。水中騒音の低減は、海洋生態系に対する影響が問題視される中、海洋環境保護にも寄与していることがわかった。水中で波及する音波のエネルギーを吸収または反射することで騒音を減少させる効果があるものと考えられ、これにより、水中での音響エネルギーが減少し、騒音が緩和されるメリットがある。

マイクロバブルを発生させるには、以下の機器が必要となる。図1にマイクロバブル発生装置の概要⁽⁶⁾を示す。

- ・マイクロバブル発生装置(ブロワ)
- ・各所必要な測定器
- ・ブロワ制御盤
- ・操作弁
- ・エアクーラー
- ・空気吹き出し口

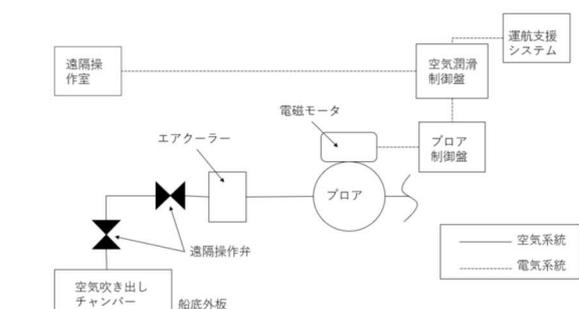


図1 マイクロバブル発生装置の概要

これらの機器を搭載するには、船舶のデザインに適合させる必要がある。マイクロバブル発生装置や気泡散布装置を船体に統合するためのスペースが必要であり、新造船、既存への採用が見送られる一つの要因となる。また、船舶の形状や船速によって空気吹き出し口の位置や、空気吹き出し量も変更する必要がある

ため船舶デザインへの適合は大きな問題となりうる可能性がある。

次に、マイクロバブル技術には電力供給と制御システムが必要となる。マイクロバブル発生装置や気泡生成装置を駆動するためには、船舶の電力システムに統合する必要がある。これらの装置を制御、監視する必要がある。適切な自動化とリアルタイムの制御が求められる他、電力消費による発電機原動機の燃料消費が多くなる。これでは、主機関で節約し、発電機で消費となり燃料削減量が減少する。

設備のコストとメンテナンスにおいて、バブル発生装置や気泡生成装置は高度な技術を要するため、設備のコストが高い。また、これらの設備はメンテナンスが必要であり、船舶運航中に故障等のトラブルが発生すると、修理や交換にかかる時間とコストが増加することから、総合的に判断し、採用を見送る船会社が増加しているものと考えられる。

5. 水中騒音減少の効果について

マイクロバブル発生時の騒音減少効果を確認するため、以下の実験をおこなった。

マイクロバブル発生装置を作製し、機関室内を録音した音源を水槽内で発し、水中マイクロホンにて録音した音源を解析した。実験装置の概要⁽⁷⁾を図2に示す。

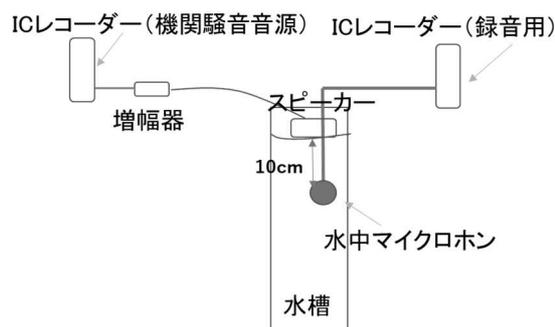


図2 マイクロバブル発生時の騒音実験概要

録音した音源を市販の解析ソフトを用い、発生音域を解析した。図3に水道水内で採取した音域とマイクロバブル内で採取した音域を示す。マイクロバブル内では、1300Hz付近の音域がほぼなくなっていることがわかった。低音域も減少し、実験中も静かになったこと

がわかる状況であった。数値、五感共に騒音の減少が確認できた。

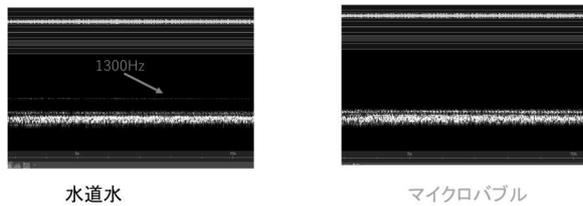


図3 水中騒音の音域比較

6. おわりに

船舶におけるマイクロバブル発生装置は、各社情報が開示されておらず、価格やランニングコスト面において、検討する材料が少ないことが、普及しない要因と考えられる。実際に、主機関を介して燃料消費量は削減しており、良い結果は公表されているが、マイクロバブル発生時の電力消費等プラント全体での評価はおこなわれていないことから、新しい技術に飛びつく購入意欲は発売から時間が経過しており、減少しているのが現状である。今後、船舶より発する騒音に対する規制がおこなわれれば、再注目される技術として期待したいところである。船舶においては、規制と共に再注目される技術も多く、騒音規制が噂されていることから、対策を検討するための情報を得ることも重要である。

7. 参考文献(引用文献)

- (1) 外務省ホームページ, 国際海事機関概要
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/imo/#section4>.
- (2) 永松哲郎, 「境界層制御による船体摩擦抵抗低減手法に関する研究」, 三菱重工技報 Vol. 29 No. 4, pp. 1-5, 1992.
- (3) 川北千春, 「空気潤滑法による船舶の摩擦抵抗低減技術に関する研究」, 九州大学博士(工学)論文, 2017.
- (4) 川島久宜, 児玉良明, 「マイクロバブルによる摩擦抵抗低減に関する実験的研究」, 日本流体力学会, 和文機関誌「ながれ」, Vol.25, pp.209-211, 2006.
- (5) 日本造船学会試験水槽委員会シンポジウム「乱

流研究の現状とその応用」, 2002.

(6) 溝上, 他, 「船舶の省エネ運航を実現する三菱空気潤滑システム -MALS(Mitsubishi Air Lubrication System)-」, 三菱重工技報 Vol. 50 No. 2, 2013.

(7) 山谷尚弘, 梶原悠生, 池野一成, 下田和奏, 西井典子, 中谷俊彦, 「船舶騒音による海洋への影響について」数理科学会講演論文集, 令和5年8月, A205PDF.