



防汚剤フリー新型船底塗料の実船評価

矢野, 吉治
河合, 和弥
山盛, 直樹

(Citation)

神戸大学大学院海事科学研究科紀要, 13:1-8

(Issue Date)

2016

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81009552>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81009552>



防汚剤フリー新型船底塗料の実船評価

Evaluation of New Generation Biocide Free Anti-fouling Bottom Paint by Actual Ship

矢野 吉治, 河合 和弥*, 山盛 直樹**

Yoshiji YANO, Kazuya KAWAI and Naoki YAMAMORI

(平成 28 年 6 月 24 日 受付)

Abstract

The evaluation test of newly developed self-polishing anti-fouling bottom paint has been carried out by training ship Fukae-maru (449G/T) of the graduate school of maritime sciences, Kobe University. For these past six years, 6 kinds of bottom paint of types conventional paint, low-friction coating and biocide free bottom paint have been evaluated by speed trials at Harima-Nada of the Seto Inland Sea. The frictional resistance of hull based on the viscosity of sea water accounts for 70-80% of all resistance at low speed range and accounts for 40-50% at high speed. The improvement of the frictional resistance of bottom shell plating reduces fuel consumption of a ship and leads to a reduction of the greenhouse gas emission at the same time. As a result of the speed trials, 3% or more of fuel-saving was effected with low-friction coating and 6% or more of fuel-saving with biocide free and copper free paint, compared to conventional anti-fouling bottom paint.

(Received June 24, 2016)

1. はじめに

航走中の船体には摩擦抵抗、造波抵抗、形状抵抗や空気抵抗の他にうねりや風浪による衝撃が作用し、船はこれら全ての抵抗と推進器が発生する推力とが釣り合った速力で航走する。これらの抵抗の内、水の粘性に基づく船体への摩擦抵抗は低速域で全抵抗の70～80%を占め、船の速力が増すにつれて他の抵抗が増加し、高速域では全抵抗の40～50%程度になる。このことから船体と水との摩擦抵抗を低減することは航走時の燃料消費量を削減すると同時に、昨今、地球規模で喫緊の課題である温室効果ガスの船舶からの排出削減につながる。近年、船体の摩

擦抵抗を低減するために海洋付着生物(以後、付着生物という)を阻止しつつ、低摩擦性を付加した新型の船底防汚塗料(以後、船底塗料という)が開発され発展段階にある。神戸大学大学院海事科学研究科附属練習船深江丸<449総トン>(以後、深江丸という)では1987(昭和62)年10月の就航以来、年1回行う造船所での船体・機関整備(以後、入渠工事という)において船底を整備し、これまで従来型の自己研磨型船底防汚塗料(以後、従来型船底塗料あるいは従来型という)に係る様々な評価試験を実施してきた。2008年2月の出渠からはこれまでの従来型に加えて改良従来型や新開発の低摩擦型船底塗料の評価試験に着手し、その研究成果を紀要第9号(2012年)で報告⁽¹⁾している。その後、2014年2月の出渠からはこれまでの低摩擦発展型船底

* 独立行政法人海技教育機構

** 日本ペイントマリン株式会社

塗料に加えて、世界初の試みであるが、付着生物の活動を阻止するための防汚剤やその一成分である亜酸化銅を含まない、環境負荷の低減を目指した新開発の発展型船底塗料を順次試験塗装して個々の塗料の低摩擦性や防汚性に係る評価試験を展開している。

本論では、基礎データ収集のために2010年1月の入渠工事において試験塗装した従来型船底塗料以後、2015年1月末に施工した亜酸化銅フリー型までの、あわせて6種・6年間の船底塗料について、一般に船底汚損が進行しないといわれる出渠後6ヶ月間の速力試験の分析から塗料ごとの速力と燃料消費量を比較するとともに、まだ開発間もない発展段階にある最近の2年間・2種類の環境対応型船底塗料について、造船所のドライドックに入渠した直後における船底汚損の実態を調査し考察した。深江丸を図1に、また、深江丸の主要目を表1に示す。



図1 練習船深江丸<449G/T>

表1 深江丸主要目

1	総トン数：449トン(国際総トン数：674トン)
2	全長：49.95メートル
3	幅：10.00メートル
4	深さ：6.10 / 3.75メートル
5	喫水：3.20メートル
6	航行区域：近海区域(GMDSS A2水域) 非国際
7	主機関：ディーゼル 1,100キロワット×1基
8	推進器：左回り4翼CPP(可変ピッチプロペラ)
9	航海速力：12.5ノット(時速23キロメートル)
10	航続距離：3,000海里(5,500キロメートル)
11	船級：JG
12	最大搭載人員：64人(学生48人)
13	満載排水量：777トン
14	清水搭載量：82トン(100% FULL)
15	燃料搭載量：64KL (80% FULL)
16	水線下外板表面積：518平方メートル
17	TPC(トンパーセンチ)：3.3(ton/cm)
18	就航年月日：1987(昭和62)年10月14日

2. 船底塗料

防汚剤を含有する船底塗料は“Biocidal Products (殺生物剤)”として殺虫剤や除草剤などと同様の規制を受け、使用できる素材が国により厳重に管理される。現状における防汚素材は亜酸化銅や亜鉛などのわずか十数種に限られるが、一般にこれらは単独で用いられることはなく、船の航行海域や船種、停泊環境など個々の事情を勘案して調査される。中でもその主流である亜酸化銅系の防汚剤はフジツボ類などの動物性付着生物に対して有効であるが植物性であるアオサなどの藻類には効きが弱いとされる。次に深江丸の実船実験により評価を試みた船底塗料について概説する。

2.1 自己研磨型船底塗料（従来型船底塗料）

1970年代のオイルショックを契機に船舶の運航コスト削減と省エネルギー化を目的として登場し、現在では船底塗料の主流をなし、最長72ヶ月仕様のものがある。船の航走により水との摩擦で塗料が研磨され、防汚成分が常に塗膜の表面に存在することで生物の付着を阻止する。一般に出渠後の時間経過とともに塗膜表面の粗度が進行して速力は漸減し、燃料消費量が漸増する。

2.2 低摩擦型船底塗料

低摩擦・低燃費型塗料 (LFC:Low Friction Coating・Less Fuel Consumption)⁽²⁾と呼ばれるこの塗料はマグロやイルカなどが効率よく遊泳するメカニズムにヒントを得て開発された新型塗料でヒドロゲル技術を応用する。図2にLFCの低摩擦発現の推定メカニズムを示す。船の航走

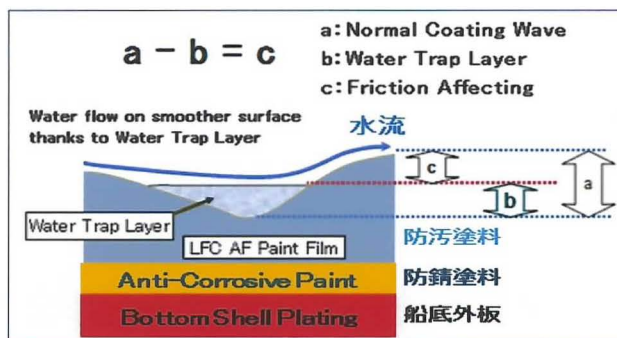


図2 LFCの低摩擦発現の推定メカニズム

に伴って塗膜表面細部の凹部に流れが束縛された水の層（Water Trap Layer）を形成し、この層の発現により塗膜表面凹凸の段差を減じると同時に塗膜表面からの水流の剥離をある程度効果的に抑える。

2.3 防汚剤フリー型船底塗料

付着生物は基盤に着生しないと生息できないことから、付着行動の過程で生息可能な基盤表面かどうかを認識し、その表面が水とは異なる異物表面であると認識したときに付着行動が始まる。一般的な防汚剤を含有する船底塗料の表面は親水もしくは疎水表面で構成され、付着生物はこの表面を異物と認識し塗膜表面に接近する。このときに防汚剤により付着生物がその表面を忌避、もしくは殺傷されることで防汚性を発現する。一方、防汚剤フリー型船底塗料の防汚機能の発現では、塗膜が親水・疎水マイクロドメイン構造を有することから付着生物が塗膜表面を異物とは認識せず、生息に適した表面ではないと誤認させることで生物付着を阻止する。同時にマイクロドメイン構造の親水部において低摩擦型船底塗料と同様の低摩擦効果を発現する。防汚剤を含まないことから防汚剤の溶出による海洋環境負荷が著しく改善される試作塗料⁽³⁾のひとつである。

2.4 亜酸化銅フリー船底塗料

防汚剤として亜酸化銅を用いない銅フリー従来型の自己研磨型船底塗料で、海洋環境に配慮した試作塗料のひとつである。

3. 深江丸による評価試験

深江丸は主として1～4日間程度の短期の航海を行う練習船であり、年間を通じてほぼ同様の時期に同内容の航海を実施し入渠工事も毎年ほぼ同じ時期である。また、荷役がないことから各航海において喫水や排水量（船体重量）、トリム（船体の前後の傾き）などに特段大きな差異はない。清水と燃料搭載量、気象海象や航路事情、航海と停泊環境等が毎回あるいは毎年一様ではないことを含み、すべての速力試験を

同じ条件で実施することは困難である。そこで神戸出港時の清水については満載として航海初日あるいは最終日の速力試験に臨んでいる。

なお、速力試験は、漁船・漁具や他船の小避航、操舵の不適切、風浪や他船の航走波による動揺と衝撃などの不特定因子が存在することを前提に、風速が概ね10メートル毎秒以下の海面が静穏な海象下で実施する。

3.1 速力試験

播磨灘の速力試験実施海域を図3に示す。学内船舶実習その他の航海において度々通航し、航路横断船や漁船・漁具等に対する避航が少なく、かつ、潮流の影響が比較的小さい播磨灘西部の播磨灘航路第4号から第1号灯浮標間、航程16.0海里(29.6km)の直線航路において実施する。なお、CPP（可変ピッチプロペラ）の翼角は前進18.0度、また、回転数を毎分305回転に設定して次の項目を計測する。

- ①各灯浮標の正横通過時刻（4個所）
- ②潮流計による船底下直近の潮流の流向と流速
- ③主機関への燃料流量(燃料使用量)
- ④軸馬力
- ⑤船首方位（針路）
- ⑥ドップラーログ速力
- ⑦真風向と真風速
- ⑧相対風向と相対風速
- ⑨その他、分析にあたり参考となる事項



図3 播磨灘の速力試験実施海域

3.2 速力試験の実施期間と船底塗料の種類

2010年2月の出渠以後に実施した速力試験について、実施期間、船底塗料の種類と採用データ数は次のとおり。() はデータ数

- (1) 2010年2月～7月：従来型 (13)
- (2) 2011年2月～7月：低摩擦Ⅰ型 (15)
- (3) 2012年2月～7月：低摩擦Ⅱ型 (18)
- (4) 2013年2月～7月：低摩擦Ⅲ型 (18)
- (5) 2014年2月～7月：防汚剤フリー型 (21)
- (6) 2015年2月～7月：亜酸化銅フリー型 (11)

速力試験中の他船や漁具の大幅な避航、風浪の増大等、速力試験への影響が大きいと判断した取得データについては分析の対象から除外した。最終的に、従来型：13回、低摩擦Ⅰ型：15回、同Ⅱ型：18回、同Ⅲ型：18回、防汚剤フリー型：21回及び亜酸化銅フリー型：11回を分析に用いた。

4. 分析

4.1 通過実速力と燃料消費量の推算

速力試験により得られた各種のデータから4個所の灯浮標通過時の実速力及び通過に要した燃料使用量(消費量)を以下のように推算する。

4.2 通過実速力の推算

- (1) 各灯浮標間の通過速力〔1〕

播磨灘航路第4号から第1号灯浮標(復路はこの逆)において、灯浮標間の距離と通過所要時間からそれぞれの灯浮標間における通過速力〔1〕を求める。各灯浮標間の航程(距離)は次の通り。

- ①播磨灘航路第4号～3号灯浮標：航程5.5海里
- ②播磨灘航路第3号～2号灯浮標：航程5.5海里
- ③播磨灘航路第2号～1号灯浮標：航程5.0海里

- (2) 潮流補正後の通過速力〔2〕

通過速力〔1〕に各灯浮標間通過時に観測した潮流の船首尾方向成分を加減し、各灯浮標間における潮流を補正した通過速力〔2〕を求める。

- (3) 4灯浮標間通過時の実速力の推算

各灯浮標間の通過速力〔2〕を平均して4灯浮標－3区間、航程16.0海里における通過実速力とし、燃料消費量の補正と推算にはこの速力を用いる。

4.3 燃料消費量の推算

播磨灘航路第4号から第1号灯浮標(復路はこの逆)の通過に要した燃料使用量を主機関に付属した燃料流量計から百分の1リットル単位で読み取る。次に、4灯浮標間通過時の実速力と速力試験に影響を及ぼした潮流の船首尾方向成分とを比較して潮流の影響に相当する燃料補正量を求め、順流時は〔燃料使用量＋燃料補正量〕、逆流時は〔燃料使用量－燃料補正量〕として各速力試験時の燃料消費量を求める。最終的に塗料ごとの平均速力と平均燃料消費量、平均排水量(船体の重量)データを基に、「一定距離あたりの燃料消費量は速力の自乗に比例し、排水量の三分の二乗に比例する」という一般則を適用して従来型に対する5塗料の平均速力と平均燃料消費量を比較して低摩擦性とその効果による燃費改善率を塗料ごとに推算する。

5. 速力試験の結果

表2に6種類の船底塗料の速力試験結果の比較と換算結果(出渠後6ヶ月間)を示す。表の上段は、2010年2月の出渠から2015年7月までの6年間に実施した6種類の船底塗料のそれぞれについて、出渠後6ヶ月間に実施した速力試験の分析結果の平均値である。従来型船底塗料を基準の100(%)として、低摩擦Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ型及び防汚剤フリー型と亜酸化銅フリー型の平均速力と平均燃料消費量の比率をパーセントで示す。また、表の下段には5塗料の各平均速力を従来型の12.54ノットに換算した場合の、さらに、最下段には5塗料の平均速力と平均排水量を従来型(12.54ノット・759.39トン)に換算した場合の燃料消費量を既述の一般則により推算し燃費改善率として示した。

5.1 塗料ごとの速力試験の平均速力

従来型の6ヶ月間の平均速力は12.54ノットで、これを基準の100%とした場合、低摩擦Ⅰ型は12.51ノット：99.76%、同Ⅱ型は12.47ノット：99.44%、同Ⅲ型は12.56ノット：100.16%、防汚剤フリー型は12.44ノット：99.20%、また、亜酸化銅フリー型では12.25ノット：97.69%であった。

表2 6種類の船底塗料の速力試験結果の比較と換算結果（出渠後6ヶ月間）

播磨灘の航程16海里(29.63km)における速力試験解析値(ビッチ18.0度/出渠後6ヶ月間<2月~7月>)《深江丸》												
試験塗装期間 (速力試験実施回数)	従来型 (塗料A)		低摩擦Ⅰ型 (塗料B)		低摩擦Ⅱ型 (塗料C)		低摩擦Ⅲ型 (塗料D)		防汚剤フリー型 (塗料E)		亜酸化銅フリー型 (塗料F)	
	平均 速力 (ノット)	平均 消費量 (リットル)	平均 速力 (ノット)	平均 燃料消費量 (リットル)	平均 速力 (ノット)	平均 燃料消費量 (リットル)	平均 速力 (ノット)	平均 燃料消費量 (リットル)	平均 速力 (ノット)	平均 燃料消費量 (リットル)	平均 速力 (ノット)	平均 燃料消費量 (リットル)
2010.2~2010.7(13)	12.54	237.87	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2011.2~2011.7(15)	—	—	12.51	233.80	—	—	—	—	—	—	—	—
2012.2~2012.7(18)	—	—	—	—	12.47	226.34	—	—	—	—	—	—
2013.2~2013.7(18)	—	—	—	—	—	—	12.56	227.83	—	—	—	—
2014.2~2014.7(21)	—	—	—	—	—	—	—	—	12.44	217.37	—	—
2015.2~2015.7(11)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12.25	221.84
従来型との比較	100	100	99.76	98.29	99.44	95.15	100.16	95.78	99.20	91.38	97.69	93.26
速力の増減率(%)	基準		-0.24	***	-0.56	***	0.16	***	-0.80	***	-2.31	***
燃料消費の増減率(%)			***	-1.71	***	-4.85	***	-4.22	***	-8.62	***	-6.74
6ヶ月間の平均排水量	759.39		762.88		754.60		749.08		754.22		760.92	
速力を従来型と同じ(12.54knots)にした場合の6ヶ月間の平均燃料消費量	237.87		234.92		228.88		227.10		220.87		232.46	
燃費改善率(速力補正のみ)	100		98.76		96.22		95.47		92.85		97.73	
燃費改善率%	—		-1.24		-3.78		-4.53		-7.15		-2.27	
排水量と速力を従来型と同じ(759.39ton,12.54knots)にした場合の6ヶ月間の平均燃料消費量	237.87		234.20		229.84		229.17		221.87		221.54	
比率(%)	100		98.46		96.62		96.34		93.27		93.14	
速力補正・排水量補正後の燃費改善率(%)	—		-1.54		-3.38		-3.66		-6.73		-6.86	
	~ 20100731		~ 20110731		~ 20120731		~ 20130731		~ 20140731		~ 20150731	

5.2 塗料ごとの速力試験の平均燃料消費量

従来型の6ヶ月間の平均燃料消費量は237.87リットルで、これを基準の100%とした場合、低摩擦Ⅰ型は233.80リットル：98.29%、同Ⅱ型は226.34リットル：95.15%、同Ⅲ型は227.83リットル：95.78%、防汚剤フリー型は217.37リットル：91.38%、また、亜酸化銅フリー型は221.84リットル：93.26%であった。

5.3 速力を従来型と同一にした場合の燃料消費量

5塗料の6ヶ月間の平均速力を従来型と同一の12.54ノットに換算した場合の平均燃料消費量は従来型237.87リットルを基準の100%とした場合、低摩擦Ⅰ型が234.92リットル：98.76%(-1.24%)、同Ⅱ型は228.88リットル：96.22%(-3.78%)、同Ⅲ型は227.10リットル：95.47%(-4.53%)、防汚剤フリー型は220.87リットル：92.85%(-7.15%)、また、亜酸化銅フリー型は232.46リットル：97.73%(-2.27%)になった。
()は燃費改善率を示す。

5.4 速力と排水量を従来型と同一にした場合の燃料消費量

5塗料の6ヶ月間の平均速力を従来型の12.54ノットとし、さらに、平均排水量を従来型と同一の759.39トンに換算した場合の平均燃料消費量は従来型の237.87リットルを基準の100%とした場合、低

摩擦Ⅰ型が234.20リットル：98.46%(-1.54%)、同Ⅱ型は229.84リットル：96.62%(-3.38%)、同Ⅲ型は229.17リットル：96.34%(-3.66%)、防汚剤フリー型は221.87リットル：93.27%(-6.73%)、また、亜酸化銅フリー型では221.54リットル：93.14%(-6.86%)になった。
()は燃費改善率を示す。

6. 環境対応型船底塗料の船底汚損の実態

図4(A1~A3)及び図5(B1~B3)は新たな発想による環境対応型船底塗料として最近の2年間、1年ごとに試験塗装した防汚剤フリー型と亜酸化銅フリー型船底塗料の入渠直後における船底汚損(海洋生物の付着)の実態を示す。

6.1 防汚剤フリー型船底塗料

(塗装期間：2014年2月~2015年1月)

既述の通り、マイクロドメイン構造により防汚性を発現させた防汚剤を含まない船底塗料である。防錆塗料の上に通常の塗装方法により下塗りとしてピンク色の防汚塗料を、さらにその上に赤色の防汚塗料を色分けして試験塗装し、防汚性とその持続性の評価を試みた。水線直下の船首及び船尾部にフジツボ類の付着が帯状に認められたが、他の箇所の防汚性は良好であった。図4-A1の中央下のピンク色の下塗り塗装部では、錨の爪の擦過と思われる直線状の塗膜剥離



A1 右舷船首船底部



B1 左舷船首船底部



A2 右舷船尾船底部



B2 左舷船尾船底部



A3 左舷船側中央部

図4 防汚剤フリー型船底塗料の汚損実態
(A1～A3)



B3 右舷船側中央部

図5 亜酸化銅フリー型船底塗料の汚損実態
(B1～B3)

部分に沿ってフジツボ類の付着が部分的に観察された以外に周囲は良好な塗膜表面が保たれ、その防汚効果が認められた。なお、入渠直後の船底検査において、南米原産で付着部の最大径

が2.5～3センチ程度と大型の“ココポーマアカフジツボ”の付着実態を観察した。近時、三陸から四国の沿岸にかけて広く生息するようになった外来生物の越境移動を示す一例である。

6.2 亜酸化銅フリー型船底塗料

(塗装期間：2015年2月～2015年11月)

防汚剤として亜酸化銅を含まない船底塗料で、防錆塗料の上に通常の塗装方法により試験施工した。防汚剤フリー型に比べて、船首から船尾にかけて幅広く帯状にフジツボ類やスライム等の生物付着が観察された。この現象から、今回の試験塗装では設定した膜厚に対して予想以上に塗料の自己研磨が進行し、防汚塗料としての機能を喪失した状態を示す“ポリッシュ・スルー”が発生したものと判断される。膜厚や施工方法等について今後検討を要す。

7. 考察

7.1 発展型船底塗料の燃費改善効果

6ヶ月間の平均排水量にはそれぞれ若干の差があるものの、この間の平均速力を単純に比較すると、従来型船底塗料に比べて低摩擦Ⅲ型のみ年間の平均速力が0.16%とごくわずかではあるが上回り、その他では低摩擦Ⅰ型の0.24%から亜酸化銅フリー型の2.31%と速力がやや下回った。また、6ヶ月間の平均燃料消費量を単純に比較すると、従来型に比べて低摩擦Ⅰ、ⅡからⅢ及び防汚剤フリー型と亜酸化銅フリー型の全てにおいて、低摩擦Ⅰ型の1.71%から防汚剤フリー型の8.62%を最大に燃料消費量が減少した。中でも防汚剤フリー型は従来型に比べて平均速力では0.80%、また、亜酸化銅フリー型では2.31%下回ったものの、燃料消費量は前者が8.62%、後者では6.74%減少している。

次に、速力と排水量を従来型と同一の12.54ノット、759.39トンに換算した場合の燃費改善率は亜酸化銅フリー型の6.86%を最大に防汚剤フリー型で6.73%、低摩擦Ⅲ型で3.66%、同Ⅱ型で3.38%、また、同Ⅰ型で1.54%と全てにおいて向上した。低摩擦性能の段階的な進化と環境対応型の特性がうかがえる。この中で、亜酸化銅フリー型船底塗料は従来型であるにもかかわらず防汚剤フリー型とほぼ同じ燃費改善率を示したことは注目に値する。

深江丸は1年に1回の入渠工事により船底を整備するが、これまでは入渠～入渠のほぼ1年

間を通した評価試験を展開してきた。しかしながら船底塗料の塗膜表面は出渠後の時間経過とともに船の航走に伴いその表面粗度が進行して速力は漸減し、燃料消費量が漸増することがこれまでの研究⁽⁴⁾から判明している。1年間の評価期間では個々の船底塗料の特性にもよるが、実験期間の後半において塗膜表面の粗度の進行と海洋生物の付着による船底汚損進行の状態が全体の評価に大きく影響する。一般に付着生物による船底汚損は出渠後6ヶ月を超えたあたりから進行が始まることから、出渠後6ヶ月以内の速力試験結果を基にそれぞれの船底塗料の性能について速力と燃料消費量の観点から分析した。今後、低摩擦型や開発間もない環境対応型船底塗料の進化が望まれる。

7.2 環境対応発展型船底塗料の防汚性能

船底塗料に含まれる防汚成分としての重金属が海洋環境中に溶出することが世界的に問題視されつつあることから、持続的な低摩擦性とともに防汚剤フリーであるが海洋生物の付着を阻止する能力を兼ね備えた総じて優秀な船底塗料の実用化が不可欠である。亜酸化銅や亜鉛その他の防汚剤を含有する従来型及び低摩擦型に比べて防汚剤や亜酸化銅を含まないこれらの発展型船底塗料ではフジツボ類がいったん着生し始めると、その周辺に広域あるいは部分的に密な群生が散見された。まだ開発間もない発展段階にあり、現時点において防汚性に課題があることも判明した。しかしながら表2の出渠後6ヶ月間の分析結果では良好な低摩擦性を示している。今後、塗料自体の低摩擦性と併せて防汚性能の画期的な向上を期待したい。

8. まとめ

船底塗料の低摩擦化により船舶の省エネルギー化と同時に温室効果ガスの排出削減を目指した本研究では1年ごとに種類を違えた6種の船底塗料を深江丸の水線下船底の全面に試験塗装して評価試験を展開してきた。評価の手法としては、練習船の運航形態を活用して播磨灘の一定区間を直線航走する速力試験を採用し、船の

運航現場において重要な要素である速力と燃料消費の観点から分析を試みた。2008年には開発もない初期の低摩擦型船底塗料の評価試験に着手し、以後は塗料の発展段階に合わせて低摩擦Ⅰ、Ⅱ及びⅢ型、さらに防汚剤フリー型に続く亜酸化銅フリー型へと評価試験を進展してきた。

これからの船底塗料には、

- ①優れた低摩擦性と防汚性並びに耐用年数
- ②付着生物の越境移動を防止するためニッチエリアを含むシーチェスト等における生物の付着阻止
- ③防汚成分や重金属の溶出を伴わない環境対応
- ④船底の水中洗浄（IWC:In Water Cleaning）や岸壁接触等に対する塗膜の剝離防止
- ⑤造船所における施工方法

など、低コストを第一義として様々な機能が要求される。

現状において、使用できる防汚素材等に対する規制が厳しい従来型船底塗料の能力にはおのずと限界があり、次世代の環境対応発展型船底塗料として大いに期待される防汚剤フリーや亜酸化銅フリー型船底塗料について、発展的に研究と評価試験を展開してゆくことが肝要と考える。

また、深江丸の航海速力は最大でも12.5ノット（時速約23キロメートル）と、船舶としては比較的低速船であり、これ以上の速力域における評価は不可能である。そこで、フェリーの定期航路等を活用した高速域のデータとあわせて、地球規模で世界の海運界の期待に応える新たな発想による次世代発展型船底塗料の開発と着実な実用化を目指す必要がある。

謝辞

本研究を展開するにあたり国土交通省及び一般財団法人日本海事協会並びに日本ペイントマリン株式会社には研究展開のための支援や実験資機材の提供をいただいた。また、練習船深江丸の乗組員には播磨灘通過時の速力試験の実施に係り機関出力の設定やデータ収集等の協力をいただいた。関係各位に深甚なる謝意を表する。

参考文献

- (1) 矢野吉治・前田保長・古莊雅生：新型船底防汚塗料による船舶の省エネルギー化，神戸大学大学院海事科学研究科紀要，第9号，pp.79-87，2012年7月
- (2) LF-Seaカタログ：No.NPMC-070-J1，日本ペイントマリン株式会社，2010年4月
- (3) Sea Japan 2016：塗料セミナー「新規自己研磨型防汚剤フリー船底塗料」，日本ペイントマリン株式会社講演資料，2016年4月
- (4) 矢野吉治・古莊雅生・戸田保幸・山盛直樹：船底防汚塗料の実船評価，日本航海学会論文集，第125号，pp.221-226，2011年9月