

防汚塗料の防汚効果評価法の構築に関する研究

友弘 智*, 関 庸之**, 小林 聖治***, 小島 隆志*,
安藤 裕友*

Research on Efficacy Evaluation Methods for Antifouling Paints

by

Satoshi TOMOHIRO, Yasuyuki SEKI, Seiji KOBAYASHI,
Ryuji KOZIMA, and Hirotomo ANDO

Abstract

Paint manufacturers have conducted their raft trial tests for assessing the performance of antifouling paints to prevent aquatic unwanted organisms for many years. The evaluation method depends on paint manufacturers. There are some issues to facilitate the method that is, however, not evaluated objectively by organizations such as International Organization for Standardization (ISO) and Japanese Industrial Standards (JIS). In addition, raft trial tests take much longer time to obtain the result of antifouling performance. Therefore, the authors constructed the evaluation methods for efficacy of antifouling paints in laboratory experiment, and examined the viability to solve the problem mentioned above. In order to examine the evaluation methods for efficacy of antifouling paints, the authors conducted both raft tests in the ocean and laboratory experiment using test paints containing cuprous oxide varied its mass content from 0 % to 40 %. In laboratory experiment, young mussels (*Mytilus edulis galloprovincialis*) were used as test organisms to compare with the efficacy of raft tests. As the result, laboratory experiment showed the similar antifouling efficacy compared with the case of raft test. The criteria of their efficacy lied on between 20 to 30 mass % of cuprous oxide against biofouling. The authors can summarize that evaluation methods in laboratory experiment with mussels was successfully established, and showed its efficacy compared to raft tests in the ocean.

* 環境・動力系, ** 中国塗料(株), *** 日本エヌ・ユー・エス(株)
原稿受付 平成27年7月9日
審査日 平成27年8月26日

1. まえがき

船舶では船体表面に生物付着が生じることにより船体摩擦抵抗が増加し、燃料消費量を増加させることがある^{1), 2), 3)}。そのため、一般的には船体への生物付着を防止するために船底防汚塗料が塗装されている。船底防汚塗料は、防汚剤型 (Anti-Fouling type, AF 防汚塗料) と非防汚剤型 (Foul-Release type, FR 防汚塗料) に一般的に大別される。AF 防汚塗料は加水分解 (自己研磨) 型、水和分解型や自己崩壊型防汚塗料などに類別され、防汚剤の配合量や組合せも多様^{4), 5)}である。FR 防汚塗料は、シリコーン系樹脂が用いられており、防汚剤の溶出がなく、環境対応型塗料である。

海運事業者が多岐にわたる防汚塗料を選択する基準は、現状では ISO や JIS のような客観的な指標がないため、その代わりに塗料メーカーによるアドバイスを受けて、塗料を選択している。塗料メーカーは、防汚性能を判断するために独自の試験方法として、長期間の実海域静置浸漬試験を主として実施している。もし短期間の実験室 (ラボ) レベルでの防汚効果のスクリーニング試験として、客観的な防汚効果評価手法を構築することが出来れば、海運事業者にとって適切な防汚塗料を選択できる支援の一助になり、また塗料メーカーが新規防汚塗料を開発する際に、初期段階でのスクリーニングが可能となる。

本研究では、AF 防汚塗料に対するラボレベルでの防汚効果評価手法を構築し、その妥当性を検証するために、塗料組成中の亜酸化銅 (Cu_2O) 配合量を系統的に変えた防汚塗料 6 種類を用い、実海域静置浸漬試験とラボ試験における生物付着状況を比較した。

2. 実海域静置浸漬試験による供試防汚塗料の生物汚損評価

塗料組成中の Cu_2O 配合量を系統的に変えた防汚塗料を用いて、宮島沖及び玉野沖で実海域静置浸漬試験を実施した。この目的は、試験サイト、四季 (春夏秋冬) 及び塗料組成中の Cu_2O 配合量の違いによる生物汚損状況を検証し、ラボ試験における生物付着評価方法の妥当性を調べるための比較データを取得することである。

2.1 供試防汚塗料

本研究で使用している AF 防汚塗料には、防汚剤配合量と溶出速度が比較的安定に設定できる水和分解型の AF 防汚塗料をベース塗料として選択した。防汚剤には、船底防汚塗料製品に多く使用されている Cu_2O を、他の防汚剤との併用による相乗作用の影響を除くために^{6), 7)}、単独で使用した。なお、現在一般的に使用されている加水分解型の AF 塗料は塗料組成の特性上、防汚剤の溶出速度が塗料中の金属イオン濃度によって影響を受けるため、本研究のベース塗料として取り扱うことは難しいと考えている。試作防汚塗料系の概要を表 2-1 に示す。また、海域等の生物汚損を検証するための比較対象として無塗装の塩ビ (PVC) 板も試験片として加えた。

表 2-1 試作防汚塗料の概要

サンプル No.	Cu_2O 配合量 (wt%)
CuA-1	0
CuA-2	5
CuA-3	10
CuA-4	20
CuA-5	30
CuA-6	40

2.2 実験方法

2.2.1 試験板の作製

試験板はサンドブラスト鋼板 (150×100×1.6^t mm) を使用し、下塗り塗料としてエポキシ系防食塗料及びエポキシ系バインダー塗料を膜厚 100 μm で一層ずつ塗装した後に、供試防汚塗料を

膜厚 50 μ m で二層塗布した。

塗装後、試験板は通気性のある室内で養生し、十分に乾燥させた。その後、試験前処理として、実船の運航実態に近い塗膜状態を模擬するために、動的養生（天然海水を使用して 10Knot 相当の流場中で 45 日間養生を実施）を施した。

PVC 板は 150 \times 100 \times 5.0^tmm のものを使用し、サンドペーパー#120 で目粗しし脱脂を施した。なお、PVC 板は動的養生を施していない。

2.2.2 実海域静置試験の浸漬方法

試験板は、浸漬用の試験ラックに取り付け、浸漬深さは試験ラックの上端が海水面から 50cm 深さになるように各サイトの試験用筏に固定した。試験ラックの浸漬方向は、図 2-1 に示すように海面に対して垂直にしている。

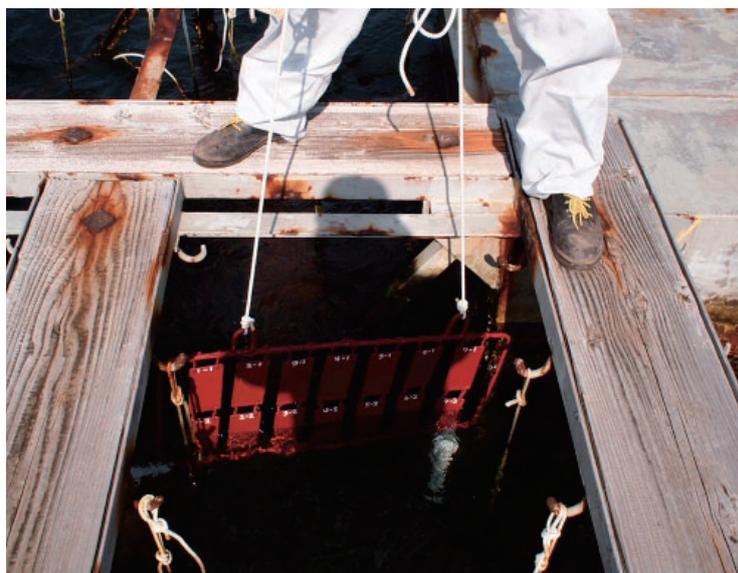


図 2-1 試験ラックの浸漬方向

2.2.3 実海域静置浸漬試験の実施場所及び時期

各試験サイトと実施時期を表 2-2 に示す。実海域静置浸漬試験は宮島沖及び玉野沖の試験サイトで行い、原則として 28 日間実施した。なお、調査日の天候不良等の理由から、調査日には \pm 2 日のズレを含む。

なお、試験板の n 数は 2 としている。Round 繰り返しも含め、これは、CEPE⁸⁾ (European Council of the Paint, Printing and Artists' Council) 提案の試験方法より多い n 数で実施しており、十分に信頼できる試験回数である。

表 2-2 実海域静置浸漬試験の実施時期

	宮島沖	玉野沖
Round 1 (夏)	2013.08.27. ~2013.09.24.	2013.08.29. ~2013.09.26.
Round 2 (秋)	2013.10.18. ~2013.11.14.	2013.10.21. ~2013.11.18.
Round 3 (冬)	2013.12.10. ~2014.01.09.	2013.12.12. ~2014.01.09.
Round 4 (春)	2014.05.28. ~2014.06.26.	2014.05.29. ~2014.06.27.

2.3 実験結果

2.3.1 評価項目及び評価方法

実海域静置浸漬試験は、湿重量変化及び目視観察（スライム、藻類、動物種）を評価項目として実施した。

湿重量変化は、デジタル式吊り下げ秤 (g/g) を用いて生物付着物を含む試験片の湿重量変化を計測した。

スライム汚損評価は、目視観察によって行い、スライム汚損評価の数値化は『0点：なし、1点：僅か、2点：薄い、3点：少し濃い、4点：濃いめ、5点：濃い』とし、点数の境界の判断が難しい場合は、両点数の平均値とした。なお、スライムは、最初の菌が付着したところから立体的に増殖する傾向にあり、汚損専有面積より、濃さで判断することが妥当であるため、評価するにあたり汚損占有面積比については考慮に入れていない。

藻類及び動物種の汚損評価は、目視観察及び指触によって行い、試験片へ着床した生物種汚損の評価の数値化は『0点：汚損なし、1点：ごく僅か ($\leq 0.3\%$)、2点：僅か ($\leq 1\%$)、3点：少ない ($\leq 3\%$)、4点：やや多い ($\leq 10\%$)、5点：多め ($> 10\%$)』とした。括弧内の数値はおおよそその生物種だけが着床した汚損占有面積を示す。なお、着床状態とは、原則として軽い指触によって滑落のない塗膜表面に根付いた状態としている。

2.3.2 評価結果

宮島沖及び玉野沖の試験サイト毎に、図 2-2 及び図 2-3 にスライム汚損評価結果、図 2-4 及び図 2-5 に藻類汚損評価結果、図 2-6 及び図 2-7 に動物種汚損評価結果を示す。

2.3.2.1 スライム汚損の評価

本研究におけるスライムとは JIS H 7901: 2005 海洋生物忌避材料用語を参考とした。なお、用語集の中では、スライムは水中の微生物が作用してできる粘状物質とされ、その参考として、用水と接する物体表面に微生物が付着し、増殖し、それらが分泌する粘液に水中の有機物、土砂などの無機物が付着し、付着厚さが徐々に増加していったものと説明されている。

Cu_2O 配合量の増加に従って、スライム汚損は僅かではあるが小さくなる傾向であった。ただし、四回の試験 Round を通じて、スライム汚損のない試験片はなかった。試験 Round 間については Round4(春)で汚損量が全体的に小さくなる傾向であった。試験サイト間については、ほぼ同等のスライム汚損であった。PVC 板のスライム汚損傾向は、 Cu_2O 配合量 0wt%の試験片とほぼ同等であった。

2.3.2.2 藻類汚損の評価

Cu_2O が配合されていれば、ほとんど藻類汚損がない傾向であった。宮島沖試験では Cu_2O 配合量 20wt%以上、玉野沖試験では Cu_2O 配合量 30wt%以上であれば、各試験 Round に関係なく藻類汚損はなかった。

一般に、冬期に藻類の汚損量が増えると考えられているが、本調査では藻類汚損が最も大きかった浸漬時期が試験サイトで異なっていた。宮島沖試験では PVC 板及び Cu_2O 配合量 0wt%の試験片の藻類汚損が冬季に最も多く見られたが、玉野沖試験では秋季が最も藻類の汚損が大きかった。このことから、玉野沖では藻類の活性時期が少しずれていたと考えられる。

PVC 板の藻類汚損傾向は Cu_2O 配合量 0wt%の試験片とほぼ同等であったが、宮島沖試験サイトでは Cu_2O 配合量 0wt%の試験片の藻類汚損がやや大きくなる傾向であった。

2.3.2.3 動物種汚損の評価

浸漬時期が温暖な季節では、汚損占有面積も大きくなる傾向が見られた。特に Round4(春)に最も大きい汚損占有面積を確認した。また、宮島沖試験及び玉野沖試験で Cu_2O 配合量 30wt%以上配合されていれば、試験 Round に関係なく動物種汚損はなかった。

試験サイトにおける汚損動物種は、浸漬時期が温暖な季節になるに従って多様な生物種が見られ、特に Round4(春)に最も多くの生物種を確認した。宮島沖試験では、フジツボ、コケムシ、セルプラがみられ、玉野沖試験では、フジツボ、コケムシがみられた。

PVC 板の動物種汚損傾向は Cu_2O 配合量 0wt%の試験片とほぼ同等であった。

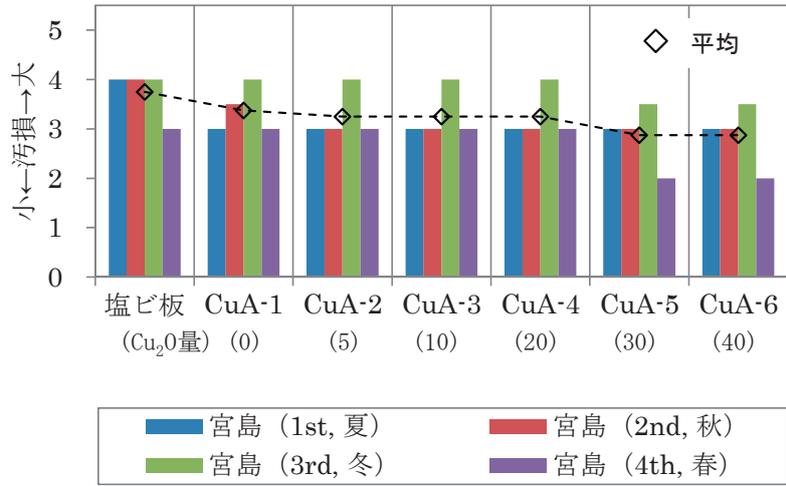


図 2-2 宮島沖試験のスライム汚損評価

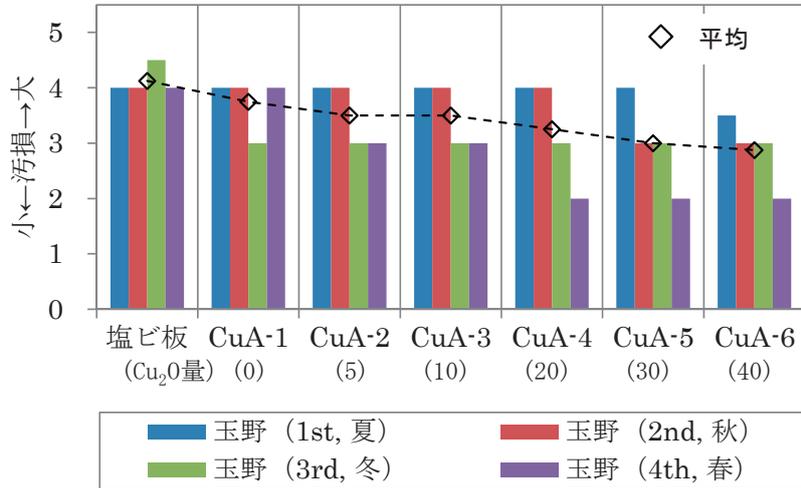


図 2-3 玉野沖試験のスライム汚損評価

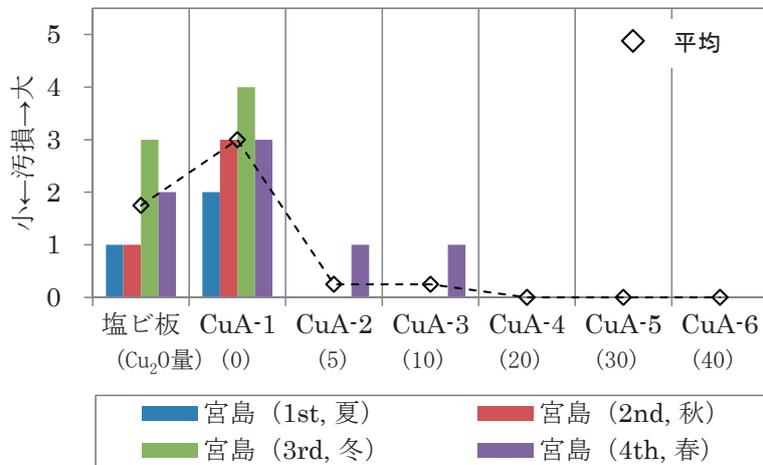


図 2-4 宮島沖試験の藻類汚損評価

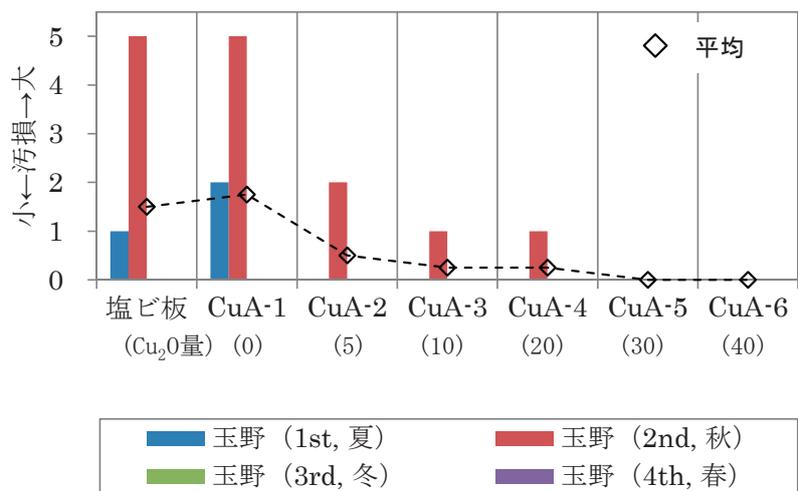


図 2-5 玉野沖試験の藻類汚損評価

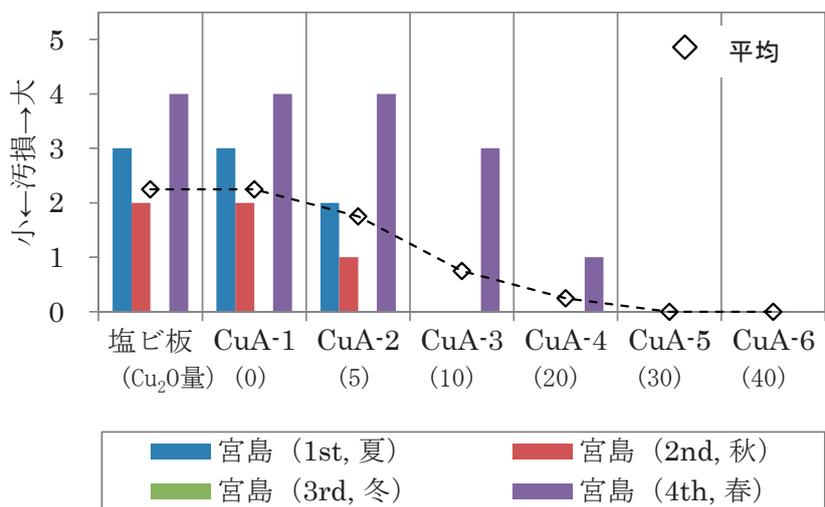


図 2-6 宮島沖試験の動物種汚損評価

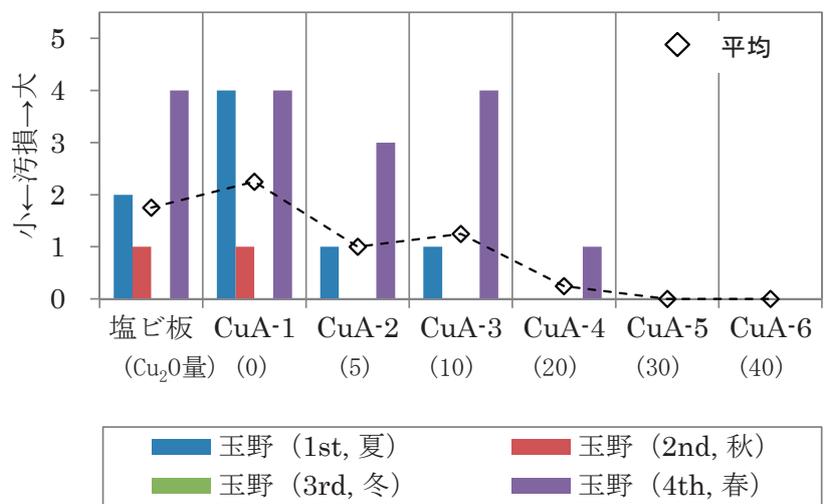


図 2-7 玉野沖試験の動物種汚損評価

実海域静置浸漬試験結果を総合的に評価するために湿重量変化も含め、全ての汚損評価の図 2-2～図 2-7 の図中で示した破線（全試験 Round の汚損評価点数の平均）を図 2-8 にまとめて示す。

試験サイト間では、全ての評価で概ね同様の傾向がみられた。Cu₂O 配合量の増加によって全汚損の減少傾向がみられた。スライム汚損については、全ての試験片でみられたが、Cu₂O 配合量の増加によって緩やかに減少していた。藻類汚損については、汚損面積が非常に小さいケースが多く、CuA-2 (Cu₂O: 5wt%) でも汚損を大きく抑制する結果となった。動物種汚損については、Cu₂O 配合量の増加に対して藻類汚損よりも汚損の減少推移が小さくなっていた。CuA-4 (Cu₂O: 20wt%) で、ほとんど汚損は無く、CuA-5 (Cu₂O: 30wt%) 以上では汚損は無い結果となった。

従って、着床汚損に関しては Cu₂O 配合量 30wt%以上であれば十分な防汚効果があると考えられる。また、各試験板の湿重量変化の傾向も試験片エッジ部の汚損物影響はあるが、同様の防汚効果を示す結果となった。

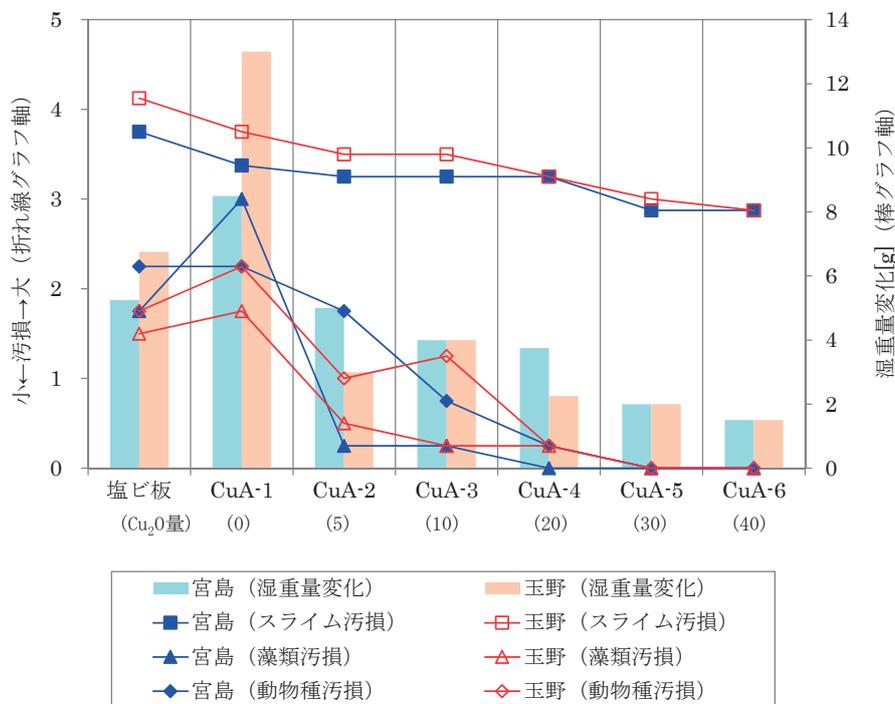


図 2-8 全試験 Round 汚損評価

3. ラボ試験における生物付着評価方法の検討

実海域静置浸漬試験と同一の防汚塗料を用いて、代表的な付着生物の1つであるムラサキイガイを選定し、ラボ生物付着試験を実施した。この目的は、Cu₂O 配合量の違いによる生物付着状況を検証し、多様な汚損が起こる実海域浸漬試験結果との相関性を確認することである。

3.1 供試防汚塗料

本研究に用いた試作防汚塗料は表 2-1 と同一である（試験区）。生物付着を検証するための比較対象としては無塗装の PVC 板（対照区）を用いた。

3.2 実験方法

3.2.1 試験板の作製

試験片は PVC 板 (50×50×2^tmm) を使用し、下塗り塗料としてエポキシ系防食塗料及びエポキシ系バインダー塗料を膜厚 100 μ m で一層ずつ塗装した後に、供試防汚塗料を膜厚 50 μ m で二層塗布した。

塗装後、試験片は通気性のある室内で養生し、十分に乾燥させ、実船の運航実態に近い塗膜状態を模擬するために、動的養生を施した。

比較対象の PVC 板は、同一サイズのものを使用し、動的養生は施していない。

3.2.2 ムラサキイガイの採取、室内飼育及び前処理

東京湾横須賀の浮き桟橋から、殻長 8~10mm のムラサキイガイを採取した。その後、室内で 7 日間、水温 20°C \pm 2°C の海水で、餌として珪藻を与え、光照度 3000 ルクス 12 時間明期 12 時間暗期の周期で飼育した。なお、飼育に使用した海水は天然海水を、1 μ m フィルターでろ過し、塩分濃度を 30PSU に調製したものをを用いた。ムラサキイガイは、試験に供する前に付着基盤から切り離し、既に形成している足糸をはさみで切り取った。また、殻の開閉動作により生死を確認し、生存個体を試験に用いた。

3.2.3 ラボ生物付着試験方法

ムラサキイガイを用いた付着試験方法としては、ムラサキイガイを塗膜上に固定し、足糸の形成本数を評価する方法⁹⁾を用いた。この方法は、付着生物幼生の忌避物質の研究にも用いられており¹⁰⁾、また防汚方法の効果検討にも適用事例が報告されている¹¹⁾。

本研究の試験は、以下要領で行った。

実験装置は、図 3-1 及び 3-2 に示すような容量 440ml のプラスチック製水槽 (110×80×50mm) に、流量 7ml/min になるように定量ポンプを用いて海水を注入し、ガラス製サイフォンで排水する流水式水槽を用いた。1 対照区及び 1 試験区に対して 3 個の水槽を用意した。

1 枚の試験片の塗装面に 5 個体のムラサキイガイ (殻長 10mm 前後) を外科用アロンアルファ (三共第一製薬社製) で固定した。1 水槽に対して試験片を 1 枚、水槽底面に静置した。24 時間後、試験片を水槽より取り出し、評価を行った。

なお、試験海水はムラサキイガイ飼育と同一のものをを用い、水温は 20°C \pm 2°C に保持した。光条件は、光照度 3000 ルクス 12 時間明期 12 時間暗期の周期で行った。



図 3-1 実験装置の概要

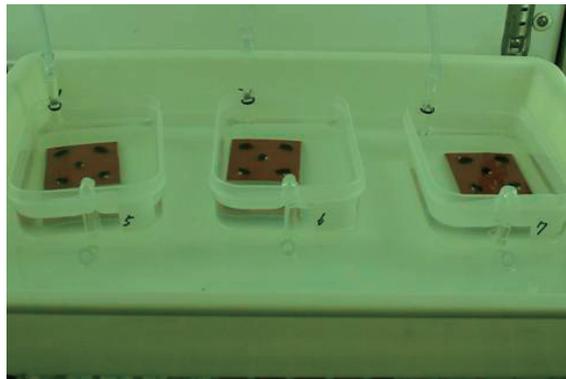


図 3-2 試験水槽

3.2.4 試験回数及び試験時期

試験回数とその試験時期を表 3-1 に示す。

表 3-1 試験回数をその試験時期

試験回	試験時期
第 1 回	H25 年 10 月 3 日～10 月 4 日
第 2 回	H25 年 11 月 8 日～11 月 9 日
第 3 回	H25 年 12 月 21 日～12 月 22 日
第 4 回	H26 年 10 月 6 日～10 月 9 日

3.3 実験結果

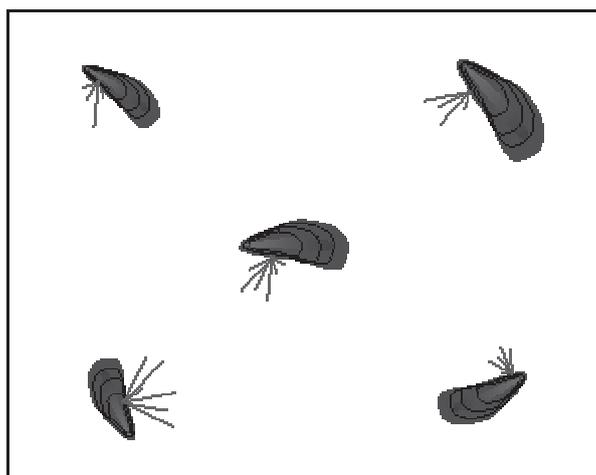
3.3.1 評価方法

試験開始から 24 時間後に試験水槽から試験片を取り出し，ムラサキイガイの生死とともに試験面に形成した足糸を実体顕微鏡下で 1 個体ずつ観察し，足糸形成数を計数した．図 3-3(a),(b) 及び(c)に足糸を形成した個体の模式図を示す．計数した結果より試験回ごとの試験区及び対照区の平均足糸形成数を式(1)より求める。

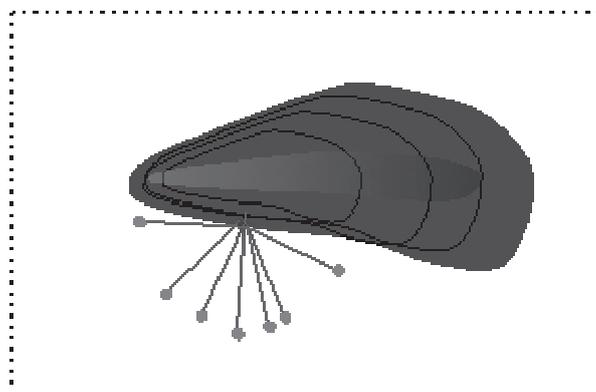
$$\text{平均足糸形成数} = \frac{\text{試験区又は対照区のムラサキイガイの足糸形成数の総和}}{\text{試験区又は対照区の足糸形成数を計測したムラサキイガイの個体数}} \quad (1)$$

次に，対照区の足糸形成数の平均値に対する各試験区の平均値を，Wilcoxon の順位和検定により比較し，統計的に有意差があるかを検証した。

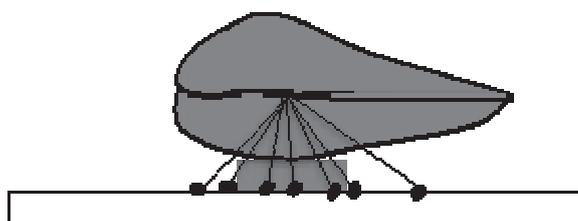
最後に，各試験結果を比較するために対照区の平均足糸形成数に対する試験区の平均足糸形成数の割合（足糸形成率とする）を計算し，上記統計的手法とあわせ防汚効果を検証した。



(a) : 1 枚の試験片上の状況



(b) : 供試生物が試験片に足糸を形成した状態 (平面図)



(c) : 供試生物が試験片に足糸を形成した状態 (側面図)

図 3-3 足糸を形成した個体

3.3.2 評価結果

3.3.2.1 ムラサキイガイ足糸形成数の計数評価結果

全試験を通して、死亡したムラサキイガイの個体はなかった。また、試験面より脱落した個体は、対照区で60個体中2個体(第1回試験のみ)、試験区で360個体中3個体(第2回試験のCuA-1で1個体、CuA-2で1個体、第4回試験のCuA-1で1個体)であった。このことから全ての試験回において評価を行う上で影響はないと判断した。全試験回を総合した足糸形成数を図3-4に示す。図中、丸は平均を示し、棒は最大及び最小を示している。Cu₂O配合量の増加に従って、足糸形成数は減少する傾向にあり、本試験法により防汚塗料の効果の差が示されることが可能であると判断できる。

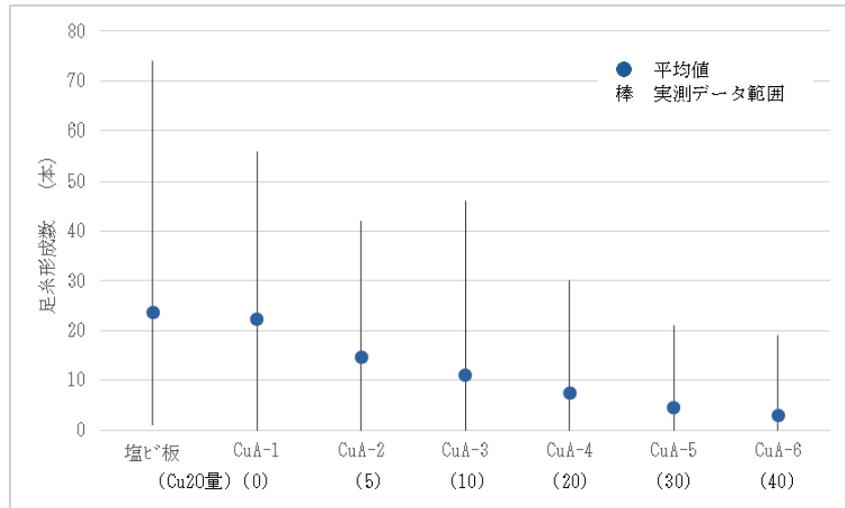


図 3-4 全試験回総合足糸形成数

3.3.2.2 Wilcoxon の順位和検定による評価結果

各試験回について、対照区と試験区における足糸形成数に対して Wilcoxon の順位和検定により有意差の検定を行った結果を図3-5、3-6、3-7及び3-8に示す。図中の「*」は、対照区に対して有意水準1%で有意差がない場合に付けている。有意水準1%で有意差が見られたのは、第1回試験ではCu₂O配合量10wt%以上の試験区、第2回試験ではCu₂O配合量5wt%以上の試験区、第3回試験ではCu₂O配合量5wt%以上の試験区、第4回試験ではCu₂O配合量20wt%以上の試験区である。Wilcoxonの順位和検定による統計的な検討を行った場合、Cu₂O配合量5wt%の試験区でも有意差がある結果が示されるが、Cu₂O配合量20wt%以上であれば、全ての試験回において対照区との有意差があると考えられる。

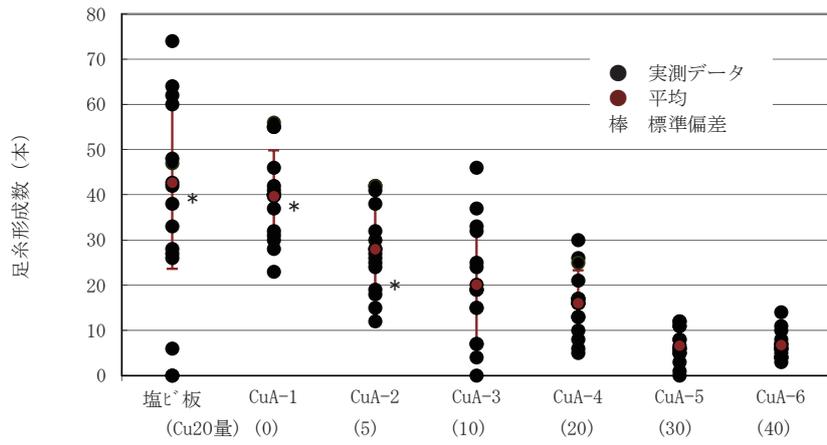


図 3-5 第 1 回試験対照区と各試験区
の足系形成数の平均値比較

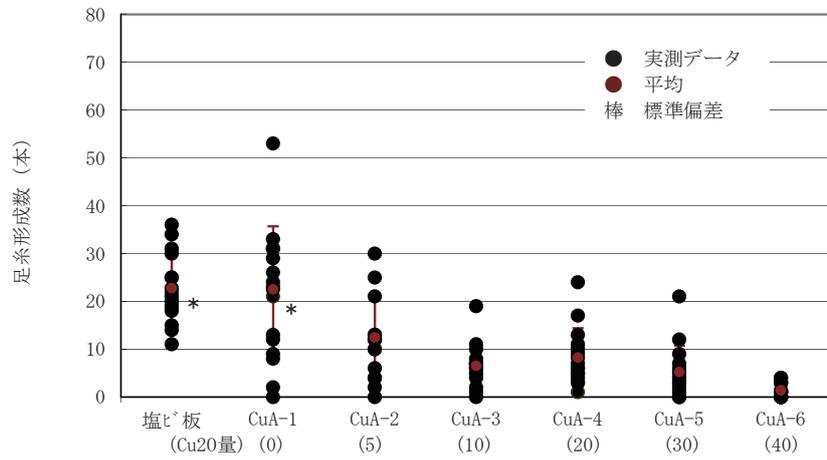


図 3-6 第 2 回試験対照区と各試験区
の足系形成数の平均値比較

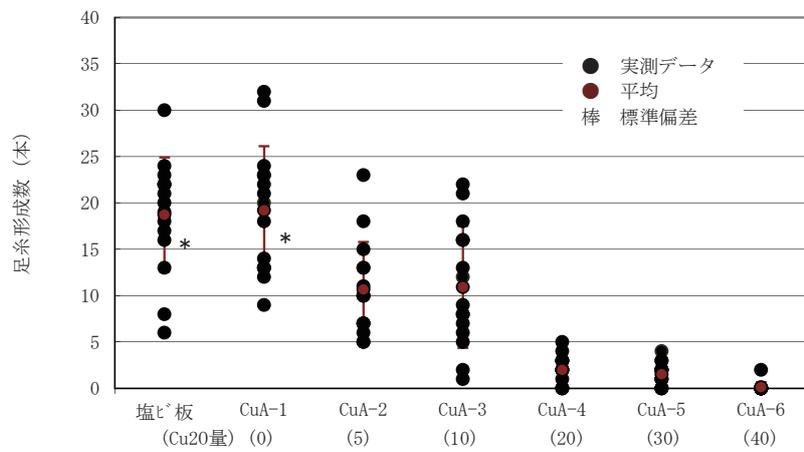


図 3-7 第 3 回試験対照区と各試験区
の足系形成数の平均値比較

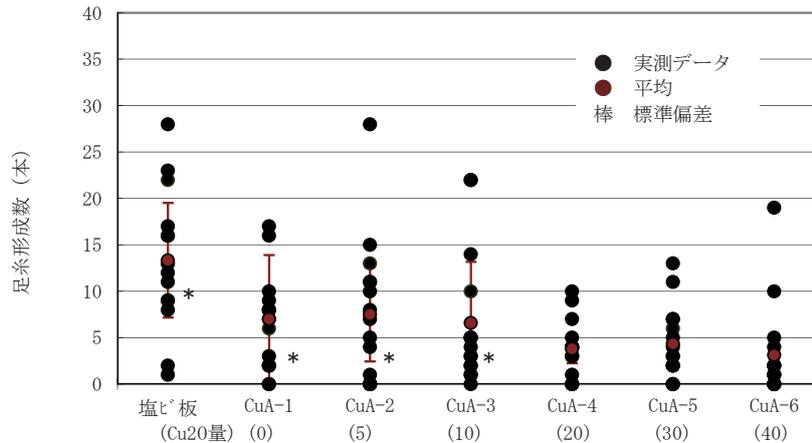


図 3-8 第 4 回試験対照区と各試験区
の足糸形成数の平均値比較

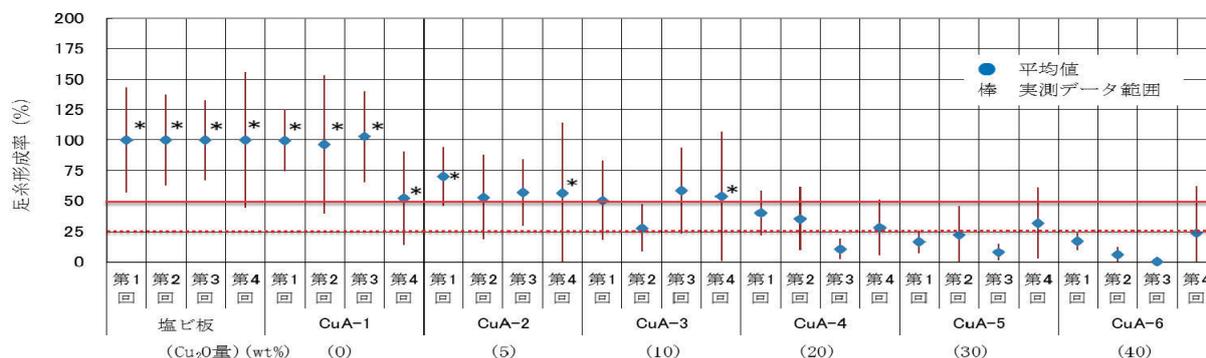
3.3.2.3 足糸形成率による評価結果

本試験方法で防汚効果を評価するために各試験回での足糸形成率を計算し、その結果を表 3-2 及び図 3-9 に示す。この結果より、足糸形成率が 50%前後を境に試験区と対照区で Wilcoxon の順位和検定での有意差があることが確認でき、防汚効果の有無が判断可能と考えられる。しかし、個々の試験だけで、足糸形成率 50%を防汚効果の判断基準とした場合、CuA-3 の第 2 回目試験のような足糸形成率が 28%とイレギュラーな値を示すことがある。そのため、本試験方法での防汚効果の判断基準は、3 回以上の試験から得られる足糸形成率の平均値を用いることが、試験結果のバラツキを平滑化できると考えられる。また、防汚効果の判断基準値は、明確な防汚効果があると判断ができる平均足糸形成率が 25%以下とする。この判断基準を用いて Cu₂O 配合量による防汚効果を評価すると、Cu₂O 配合量が 30wt%以上であれば十分な防汚効果があるものと考えられる。

表 3-2 各試験回における足糸形成率 (%)

試験回	CuA-1	CuA-2	CuA-3	CuA-4	CuA-5	CuA-6
1 回目	99.7	70.1	50.5	40.1	16.6	16.9
2 回目	96.4	53.2	28.0	35.4	22.3	6.0
3 回目	102.8	57.1	58.5	10.7	8.2	0.7
4 回目	52.5	56.5	54.0	28.5	32.0	23.5
平均	87.8	59.2	47.8	28.7	19.8	11.8

(注) 赤字は、前項の Wilcoxon の順位和検定により 1%の有意水準で、対照区に対して有意差のある試験区を示している。



注：「*」は、Wilcoxon の順位和検定で 1% の有意水準で有意差が無いものを示している。

図 3-9 各試験回における足糸形成率

4. 結論

防汚塗料の防汚効果を評価するラボ試験法を構築するため、代表的な付着生物であるムラサキイガイを選定し、厳密に管理された実験室下で生物付着試験を実施し、実海域静置防汚試験の結果と比較を行った。実海域静置浸漬試験の動物種汚損結果は、 Cu_2O 配合量 30wt% 以上で十分な防汚効果を示した。ラボ生物付着試験の結果は、防汚塗料の Cu_2O 配合量が増加するに従って生物付着は減少する傾向にあり、統計的手法と足糸形成率で防汚効果を評価したところ、10～20wt% の境で防汚効果を発現すると考えられた。最終的には、防汚効果の判断基準として平均足糸形成率が 25% 以下で評価した結果、 Cu_2O 配合量 30wt% 以上で明確な防汚効果があると判断した。この結果は、年間を通じて最も生物付着が多かった時期の実海域静置浸漬試験で十分な防汚効果を示した Cu_2O 配合量と同じであると考えられる。

従って、本研究で検討を行ったムラサキイガイを用いたラボ生物付着試験方法は、防汚塗料の防汚効果を判断する客観的な手法として、妥当であるといえる。

謝 辞

本研究は日本財団の助成事業「船舶関係諸基準に関する調査研究」の一環として、(一財)日本船舶技術研究協会の「船体付着生物管理に関する調査研究」プロジェクトにおいて実施された。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) Michael P. Schultz & Geoffrey W. Swain : The influence of biofilms on skin friction drag, Biofouling, 15-(1-3) (2000), pp.129-139
- 2) Michael P. Schultz : Effects of coating roughness and biofouling on ship resistance and powering, Biofouling, 23-5 (2007), pp.331-341
- 3) M. P. Schultz, J. A. Bendick, E. R. Holm & W. M. Hertel : Economic impact of biofouling on a naval surface ship, Biofouling, 27-1 (2011), pp.87-98

- 4) Hideo Okamura, Hirohisa Mieno : Present Status of Antifouling System in Japan, Tributyltin Substitutes in Japan, The Handbook of Environmental Chemistry, 5-0 (2006), pp.201-212
- 5) Iwao Omae : General Aspects of Tin-Free Antifouling Paint, Chemical Reviews, 103-9 (2003), pp.3431-3448
- 6) Ashley D. M. Coutts & Michael D. Taylor : A preliminary investigation of biosecurity risks associated with biofouling on merchant vessels in New Zealand, New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 38 (2004), pp.215-229
- 7) Ian C. Davidson, Christopher W. Brown, Mark M. Systma & Gregory M. Ruiz : The role of containerships as transfer mechanisms of marine biofouling species, Biofouling, 25-7 (2009), pp.645-655
- 8) The CEPE Antifouling Working Group, (Revised in 2011-11)
- 9) Harada, A, Sakata and K. Ina : A new screening method for antifouling substances using the blue mussel, *Mytilus edulis* L., Agric. Biol. Chem. 48(3) (1984), pp.641-644
- 10) 伊奈和夫・後藤英男 : ムラサキイガイを用いた海洋の付着生物の付着忌避物質検索法, 生物と化学, 28(2) (1990), pp.132-138
- 11) 大庭忠彦, 鈴木利枝, 臼井英智, 中谷伸人, 桑 守彦, 中沢真吉 : 金属の水酸化物面に対するイガイ類の付着忌避, *Sessile Organisms*, 15(2) (1999), pp.9-14