

PS-23 バイオサイド型防汚塗料の防汚性能評価手法

安藤裕友(海技研)、関庸之(中国塗料(株))、友弘智(海技研)、小島隆志(海技研)、小林聖治(JNUS)

1. まえがき

本研究の目的は、バイオサイド型防汚塗料に関するラボ試験での防汚効果評価手法を構築することである。そのために、塗料組成中の亜酸化銅 (Cu₂O) 配合量を系統的に変えた防汚塗料 6 種類を用いて、まずは実海域静置浸漬試験での Cu₂O 配合量の違いによる生物汚損状況を検証した。その結果を比較対象として、ラボ試験による生物付着評価方法の妥当性を検討した。

2. 実海域静置浸漬試験による生物汚損評価¹⁾

2.1 供試防汚塗料

供試防汚塗料のベースは、防汚剤配合量と溶出速度が比較的安定に設定出来る水和分解型のバイオサイド型防汚塗料を選択した。防汚剤は、船底防汚塗料製品に多く使用されている Cu₂O 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、単独で使用している。供試防汚塗料系の概要を表 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 1 供試防汚塗料の概要

Sample No.	Cu ₂ O 配合量 (wt%)	Sample No.	Cu ₂ O 配合量 (wt%)
CuA-1	0	CuA-4	20
CuA-2	5	CuA-5	30
CuA-3	10	CuA-6	40

2.2 実験方法

試験板は、基板にサンドブラスト鋼板 (150×100×1.6^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 μm で一層ずつ塗装した後、供試防汚塗料を膜厚 50 μm 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 日間実施) を施した。PVC 板は 150×100×5.0^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。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 深さになるように試験用筏に固定した。試験ラックは海面に対して垂直方向に浸漬した。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、原則として 28 日間を 1 Round とし、春夏秋冬の季節ごとに実施した。

2.3 評価方法

実海域静置浸漬試験における試験片の調査は、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) を用いて試験片の湿重量変化を計測した。スライム、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った。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』、藻類及び動物種の汚損評価の数値化は『0 点：汚損なし、1 点：ごく僅か (≤0.3%)、2 点：僅か (≤1%)、3 点：少ない (≤3%)、4 点：やや多い (≤10%)、5 点：多め (>10%)』とした。括弧内の数値は対象の生物種だけが着床したおおよその汚損占有面積を示す。

2.4 評価結果

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 Round の汚損評価の平均を図 1 にまとめて示す。

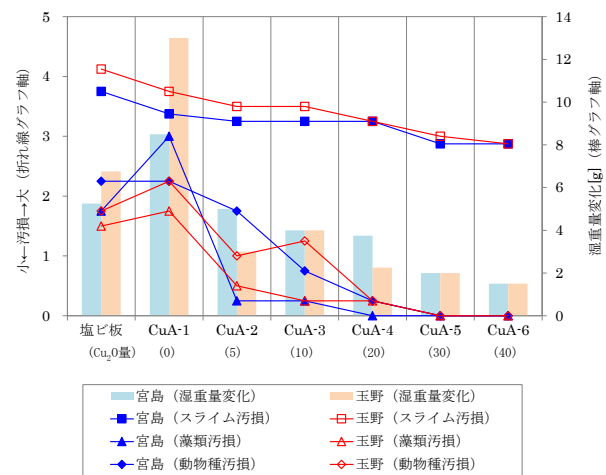


図 1 実海域静置浸漬試験の汚損評価結果

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割合が小さくなっていった。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。

3. ラボ試験における生物付着評価²⁾

3.1 供試防汚塗料及び試験片

試験片は基板に PVC 板 (50×50×2^tmm) を使用した以外は、供試防汚塗料(表 1)、塗装方法及び試験片の動的養生ともに実海域静置浸漬試験時と同じである (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 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を用いた。本研究の試験は、以下要領で行った。

実験装置は、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より構成している。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、試験海水は試験前にムラサキイガイを飼育した海水と同一のものを、水温は 20°C±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。

3. 3 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、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。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求める。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。

3. 4 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、その結果を図 2 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。

4. 結論

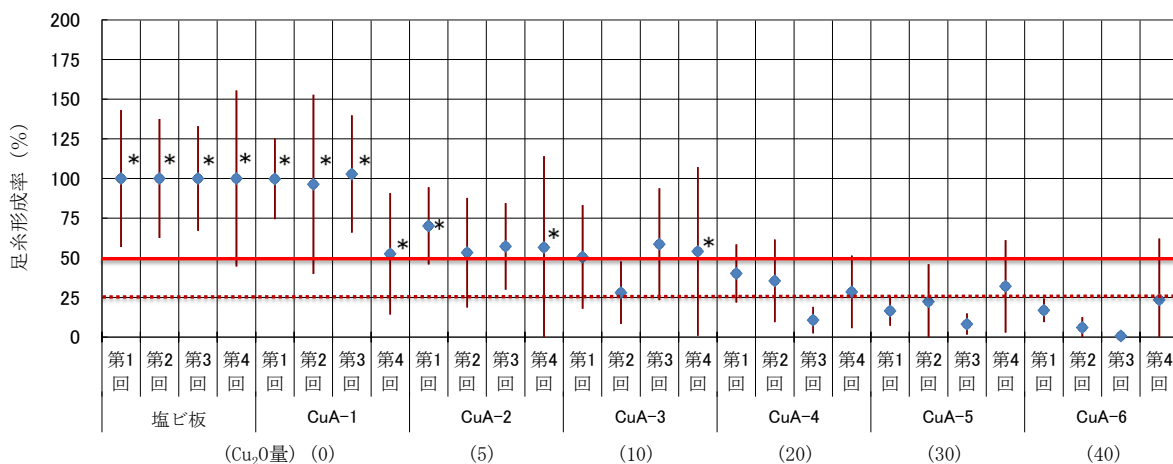
防汚塗料の防汚効果を評価するラボ試験法を構築するため、代表的な付着生物であるムラサキイガイを選定し、厳密に管理された実験室下で生物付着試験を実施した。防汚塗料の Cu₂O 配合量が増加するに従って生物付着は減少する傾向にあり、統計的手法と足糸形成率で防汚効果を評価したところ、Cu₂O 配合量 10~20wt% の境で防汚効果を発現すると考えられた。最終的には、防汚効果の判断基準として平均足糸形成率が 25% 以下で評価した結果、亜酸化銅配合量 30wt% 以上で明確な防汚効果があると判断した。この結果は、年間を通じて最も生物付着が多かった時期の実海域静置浸漬試験で十分な防汚効果を示した Cu₂O 配合量 30wt% 以上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の一環として、(一財)日本船舶技術研究協会の受託研究として実施された。

参考文献

- 1) 関 庸之 他: 亜酸化銅配合量を系統的に変えた防汚塗料による実海域の防汚性能、日本マリンエンジニアリング学会誌、50(2)、247-254.
- 2) R. KOJIMA et al.: Verification of an applicable test procedure for efficacy of antifouling paints using cypris larva of Balanus Amphitrite、ICMCF_Satellite



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 2 各試験回における足糸形成率