



# 海洋付着生物の船底付着対策による海上輸送システムの効率向上に関する研究

花房, 元顕

---

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2013-09-25

(Date of Publication)

2014-09-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第5967号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1005967>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



## 論文内容の要旨

氏 名 花房元顕

専 攻 自然科学研究科 海事科学専攻

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

海洋付着生物の船底付着対策による海上輸送システムの効率向上に関する研究

指導教員 今井昭夫

(注) 2, 000字～4, 000字でまとめること。

本研究では、大きく5つに分けて研究を行なった。

第1章は研究の目的、序説でも述べたとおり、基本的な「海洋付着生物の生態に関する研究」について述べた。

第2章では、まず、その生態的特長について様々な観点から研究した。第一に「基質の色相・明度と海洋付着生物の生態特性」についてである。

「基質」(海洋付着生物の被付着体)と海洋付着生物の幼生との関連に関しては、長い間取沙汰されてきたが、ここではとりわけ、海洋付着生物の幼生と基質の色相(照度・明度・彩度)と幼生の選択性について行なった実験結果について述べた。結果的に基質の色相と海洋付着生物の付着量には大いなる相関が存在し、特に、白-黒の色相・明度に関しては顕著であった。これまでは、「色相」に関しては、「赤」、「緑」、「青」など、本来色相が持っている「明度」、「照度」、「彩度」を考慮に入れた研究はなされておらず、本研究で、それらに相関があることを証明した。同時に、海洋付着生物は種類によっては、基質を選択しているというCrispの感覚的観察を裏付ける結果となった。

また「自然光線と基質の色相・明度と海洋付着生物の生態との関係序列の関係」について行なった実験結果について紹介し、基質の表面粗度と水深をパラメタとした実験的研究の紹介や、基質の材質と付着量に関する実験的研究の紹介もおこなうことにより海洋付着生物の生態と付着傾向に関して紹介した。

第3章は「無機抗菌剤を用いた海洋構造物防汚システムの開発」について論述した。この章では前章、前々章で述べた海洋付着生物の付着の生態的特性を考慮した上で、いよいよ海洋付着生物の付着防止の具体的な方策について確認する実験をおこなった。

最初に「無機抗菌剤による防汚の可能性の検討」について述べた。2008年にはTBT塗料の船体残留も許されなくなったため、これに替わる塗料もしくはその他の方法が必要であることも手伝って、無機物質による防汚の可能性について検討した実験結果について述べた。有機物質はその大小はあるものの少なからず毒性があるといっても過言ではない。そのため、ここでは無機物質を用いた防汚形態をとることを目標とした。一般的にみて無機物質による防汚はその効果が薄く、また、持続性も弱いことから、比較的考慮されては来なかった。しかしながら、昨今の海洋汚染防止や地球温暖化防止など、自然環境、海洋環境に考慮した防汚塗料の検討は益々必要不可欠となってきた。ここでは、銀(銀イオン)にスポットを当てて研究を行った。銀(銀イオン)は細菌の発生を防ぎ、増殖を抑える効果があることが陸上実験で証明されていたからである<sup>(1)</sup>。まず、銀および銀イオンに着目し、それらが細菌(黄色ブドウ球菌、大腸菌)に作用することを確認した。抗菌剤としての役割が、海洋付着生物の付着に必要な先行細菌の増殖防止に効果があるものと考

(氏名：花房元顕 NO. 2)

えこれを如何に海中に投入静置するかを思索した。

前述の可能性の検討をおこなった後「無機抗菌剤添加塗膜への海洋付着生物の付着に関する研究」について、海洋付着生物の付着防止の可能性についておこなった予備実験結果について提示した結果について述べた。無機抗菌剤（銀イオン）を適当な物質へ担持させる実験を行った。結果的には多孔質のセラミック同等物質に担持させ、それをペイントに混入し、抗菌剤担持剤の量によって付着量がどのように変化するかを確認した。当然ではあるが、担持量の多い方が付着量は減少したが、前述の様に、その効果の持続性に関しては憂いが残る結果となった。

最後に「洋環境を考慮した海洋構造物防汚システムの研究」について述べた。前述の無機抗菌剤担持剤を用いた海洋付着生物の付着防止を観察するためにおこなった実験結果について述べた。担持剤に関しては該当章に記述したとおりであるが、抗菌剤が同一であっても担持剤が異なると、その効果と持続性は大幅に伸びることが分かった。本研究では、40日までの静置実験結果までしか示していないが、担持量の変化と塗料そのものも変化させることにより、実務レベルでの運用も可能であると考えられる。第5章で計算するコンテナ船の費用分析では、当該無機抗菌剤添加剤を防汚剤として起用した。

第4章では、静岡県清水港においておこなった、海洋付着生物生態分布実験の観測結果について述べた。観測点は同港に45点設け、各観測点の水深毎の付着量や付着種いわずの分布生態について論述した。観測は16年の長期にわたることと、今回第5章で使用目的としている初期付着の時期を夏季と設定したため、期間としては7月から9月の2ヶ月間のデータについて各観測点の生態、分布について整理した。このデータは第5章のコンテナ船の費用分析において船底に付着する海洋付着生物の種類別個体数の算出に利用した。同時に同地を同港に向かって流入する巴川についても同様な観測をおこない解説した。

第5章では「世界のコンテナ船の運用コストに分析」に関する研究について論述した。

第一に「海上コンテナ輸送の動向」について述べた。また、貨物輸送を大きく変化させた海上輸送システムのコンテナ船について述べ、特に、「コンテナ船の大型化」について述べた。現在、コンテナ輸送は、約40年を経過する海上輸送システムの一つである。その陸上支援や荷役施設、それらのシステムはほぼ完成の域に入っているといっても過言ではない。しかしながら、一般的な海上輸送システムであるがゆえに、いまだに大型化していることも事実である。数年前まで6,000TEUのコンテナ船は大型船の域に計上されていたが、現在は12,000TEUがスーパーパナマックスとして通常であり、今また、18,000TEUに達するポストスーパーパナマックスが現場に投入されようとしている。コンテナ船の大型化は止まるところを知らない。

第二に「メガシップの就航可能性」について論述した。

(氏名：花房元顕 NO. 3)

ここでは、社船の競合モデルによる就航可能性の検討や、その際に見逃されがちである船底汚損への考慮について述べた。

第三に「海洋付着生物の付着防止を考慮したコンテナ船の費用分析」について述べた。第1章、第2章で明らかにした海洋付着生物の生態とそれを加味した上で、第3章で作製した無機抗菌剤塗料添加剤を考慮し、コンテナ輸送船底への海洋付着生物の付着について述べた。通常、コンテナ船の費用分析は、新造船の状態ですべて計算がなされる。しかも、考慮が必要と考えられる諸経費を積算的に加減してそれらを決定している場合が多い。

この章では、静岡県清水港において16年間にわたって観測した海洋付着生物の生物付着の量と傾向を観測する実験（観測箇所45箇所のデータうち、今回必要と考えられる10箇所のデータを用いた）を行い、計算対象となるコンテナ船底への海洋付着生物の付着量を計算した。また、その経過月変化についても計算し、当該コンテナ船の船体抵抗の増加量についても計算した。当然のことながら、月が経過するにつれて船体抵抗の値は増加していき、そのことは当該コンテナ船のFuelの増加へとつながり、ひいては費用の増加へとつながることを計算した。

万が一、防汚を施していないとした場合、コンテナ船のコストは非常に増加し、大型のコンテナ船の中型船のコンテナ船に対するスケールメリットは大幅に減少することが分かった。

また、第2章、第3章で明らかにした海洋付着生物の生態とそれを加味した上で作製した無機抗菌剤塗料添加剤を考慮し、実際のコンテナ船の運航費用のコスト分析について計算、研究した結果について述べた。無機抗菌剤添加剤を2つのコンテナ船に投入した場合、（防汚効果が80%得られる様に投入した）Fuelの量は2船ともに減少するが、中型のコンテナ船は防汚に大型船の約7倍のコストがかかるため、防汚による大型のコンテナ船のスケールメリットは大いにあがることが分かった。防汚はどの船舶にも有効かつ大切であるが、特に本論で対象としたコンテナ船に関しては非常に有効かつ有意義であることが分かった。

氏名	花房 元顕		
論文 題目	海洋付着生物の船底付着対策による海上輸送システムの効率向上に関する研究		
審査 委員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教授	今井昭夫
	副 査	教授	小林英一
	副 査	教授	三村治夫
	副 査		
印			
要 旨			
<p>本博士学位論文は、海洋付着生物が船底に付着することによる、摩擦抵抗の増大による海上輸送システムのコスト増加を抑制するために、まず、付着生物の生態を明らかにし、船底汚損対策を論じた後に、海上輸送システムへの海洋付着生物の船底への付着の影響と運行効率との関連について述べている。具体的には以下のような内容になっている。</p> <p>第1章では、海洋付着生物の生態に関する研究の概観を紹介している。</p> <p>第2章では、まず、既往の研究で述べられてきている海洋付着生物の一般の生態と特性に関する知見を取りまとめている。これを踏まえて、本章では、「基質の色相・明度と海洋付着生物の生態特性」について述べている。「基質」（海洋付着生物の被付着体）と海洋付着生物の幼生との関連に関しては、長年議論されてきているが、ここではとりわけ、海洋付着生物の幼生がどの基質の色相（照度・明度・彩度）の付着対象物を好むかの選択性について行なった実験結果について述べている。</p> <p>第3章は「無機抗菌剤を用いた海洋構造物防汚システムの開発」について論述している。つまり、まず、無機物質による防汚の可能性について検討した実験について述べている。それを踏まえて、基質に無機抗菌剤による抗菌処理を施した場合の付着生物の付着に関する分析を行っている。つづいて、基質に無機抗菌剤を添加した塗膜を形成して細菌フィルムの抑制をはかった場合での、海洋付着生物の付着状況とその効果について論述している。つまり本章では、第2章の結果を考慮した上で無機抗菌担持剤を開発し、当該担持剤を用いた海洋付着生物の付着防止効果の確認実験について考察している。</p> <p>第4章では清水港における海洋付着生物の生体分布について述べている。この分析は、後述するコンテナ船への船底付着に関するデータを収集することであり、具体的には、季節ごとの付着分布の傾向を把握することを目的としている。</p> <p>第5章では「コンテナ船の運用コスト分析」について論述している。先ず「海上コンテナ輸送の動向」について述べている。ここでは、定期船輸送を大きく変化させたコンテナ船について述べ、特に、コンテナ船の大型化について考察を加えている。さらにメガコンテナ船の就航可能性や、稼動採算性について論述している。さらに最終的に、「世界のコンテナ船の運行費用コスト分析」について分析している。つまり、第2章と第3章で明らかにした海洋付着生物の生態とそれを加味した上で作製した無機抗菌剤塗料添加剤を考慮し、実際のコンテナ船の運航費用のコスト分析について計算した結果について分析している。具体的な知見としては、無機抗菌剤添加剤を超大型船と中型船という2つの船型のコンテナ船に適用すると（防汚効果が80%得られる様に投入した）、比較対象である2船ともに燃料消費量は減少するが、中型コンテナ船は超大型船の約7倍の防汚コストがかかるため、総合的なコスト比較では超大型コンテナ船のメリットが大きいことが分かった。防汚はどの船舶にも有効かつ重要であるが、特に超大型コンテナ船に関しては非常に有意義であることが分かった。</p>			

氏名	花房 元顕
<p>本博士論文で行った一連の研究は、1) 海洋付着生物の生態的特徴を様々な方法で明らかにした、2) それを踏まえたうえで、どのようにすれば海洋環境を汚染させずに毒性を持たない防汚方法が確立できるかについて、無機抗菌剤を用いて実験的に確認した、3) 清水港湾口部とそこに流入する最大の河川である巴川における海洋付着生物の生態分布について明らかにし、港湾に停泊する船舶の船底汚損に関する基礎的なデータを得た。以上の結果を用いて、近年急速に大型化しているコンテナ船について、海洋付着生物の付着防止が運行効率にどのように作用するかを明らかにできた。これらのことから、防汚は他の船舶のみならず大型化するコンテナ船に関してはその運行効率に大きな役割を果たすという非常に有効な知見を得ている。さらに、これらの成果を関連学会の論文集に3編（査読付き）、さらに参考論文5編（査読無し）を発表している。</p>	
<p>以上のことから、論文審査の結果として、本論文は学位論文として審査に値すると判断する。学術的な価値は博士（工学）の学位に値する。</p>	
関連論文一覧	
査読付き論文	
<ol style="list-style-type: none"> <li>花房元顕、海洋環境を考慮した海洋構造物防汚システムの研究－抗菌剤担持剤添加塗料膜による防汚効果の確認－、日本船舶海洋工学会論文集、第9号、pp.22-27、2009。</li> <li>花房元顕、清水港に流入する巴川感潮域に設置した実験板に付着した海洋付着生物の分布について、日本付着生物学会論文集 Sessile Organisms、第28巻、第1号、pp.1-7、2011。</li> <li>花房元顕・今井昭夫、海洋付着生物の付着防止費用を考慮したコンテナ船費用分析、日本航海学会論文集、第124号、pp.249-255、2011。</li> </ol>	
査読無し論文	
<ol style="list-style-type: none"> <li>花房元顕、海洋付着生物の付着正傾向に関する一考察-I－付着個体数からみた基質の色相・明度との相関－、日本航海学会 NAVIGATION、第139号、pp.90-101、1997。</li> <li>花房元顕、海洋付着生物の付着正傾向に関する一考察-II－自然光線と色相・明度をパラメタとした付着量序列の関係－、日本航海学会 NAVIGATION、第140号、pp.35-45、1997。</li> <li>花房元顕、海洋付着生物の一般的生態、日本航海学会 NAVIGATION、第154号、pp.20-30、2002。</li> <li>花房元顕、無機抗菌剤処理基質への海洋付着生物の付着について、日本航海学会 NAVIGATION、第162号、pp.38-46、2005。</li> <li>花房元顕、抗菌剤添加塗膜板への海洋付着生物の付着状況について－効果確認のための予備実験－、日本航海学会 NAVIGATION、第167号、pp.79-83、2007。</li> </ol>	