

外来生物の船体付着総合管理に 関する調査 成果報告会

水棲外来生物による生態系の多様性保全を目指して

2011年6月21日

華山 伸一(海洋政策研究財団)



Today's presentation

1. 本事業の概要
2. 船体付着生物の対策の必要性
3. IMOにおける議論の経緯
4. IMOのボランタリーガイドラインの概要
5. 水中清掃の取り扱い
6. まとめ
7. AFSを使用する際のリスクの考え方
(化学的リスク)
8. AFSを使用する際のリスクの考え方
(生物移入リスク)

Today's presentation

1. 本事業の概要

→ **必ずしもIMOガイドラインに全てが反映されている訳ではないことに注意。**

2. 船体付着生物の対策の必要性
3. IMOにおける議論の経緯
4. IMOのボランタリーガイドラインの概要
5. 水中清掃の取り扱い
6. まとめ
7. AFSを使用する際のリスクの考え方
(化学的リスク)
8. AFSを使用する際のリスクの考え方
(生物移入リスク)

Outline of This Project

海洋政策研究財団は、船体付着に起因する外来生物の侵入の防止に関して、具体的な方法の検討を行い、総合的な管理システムの構築のための事業を、ポートルースの交付金による日本財団の助成事業として平成20年から平成22年に渡り実施しました。

本事業は、東京大学アジア生物資源環境研究センター福代康夫教授を委員長とする「外来生物の船体付着総合管理に関する調査委員会」各委員の熱心なご審議とご指導、また、国土交通省海事局をはじめ、関係機関の多くの皆様からのご協力をいただき完遂することができました。今回の難しい課題に対し、豊富な知識と経験をもって真摯に取り組んでいただきました委員及び関係者の皆様、並びに本事業にご協力いただきました皆様に対しまして、心から厚くお礼申し上げます。

Outline of This Project

委員長

福代 康夫 東京大学アジア生物資源環境研究センター長

委員

高田 秀重 東京農工大学農学部環境有機地球化学研究室 教授

小島 隆志 独立行政法人海上技術安全研究所

環境影響評価研究グループ 研究員

松田 泰英 社団法人日本船主協会海務部 課長

吉川 栄一 社団法人日本船用工業会 塗装専門家

原 猛也 財団法人海洋生物環境研究所中央研究所 所長代理

堀口 慎也 社団法人日本中小型造船工業会塗装委員会 委員

大谷 道夫 株式会社海洋生態研究所 主任研究員

華山 伸一 海洋政策研究財団海技研究グループ 主任研究員

(委員の所属および肩書きは、委員委嘱時のもの)



5

Outline of This Project

本報告書をまとめるに当たり、特にご協力いただいた方々

いであ(株) 南城 利勝、大西 悠太、山口 友樹

(株)水圏科学コンサルタント 高野 泰隆、吉田 勝美、長濱 幸生

郵船ナブテック(株) 陶山 和民、山口 保徳

(財)化学物質評価研究機構 川原 和三、奈良 志ほり

(所属は、2010年7月 報告書作成時のもの)

6

Outline of This Project

- 近年、各国より船体付着生物の侵入を原因とする経済的被害及び生態系攪乱の被害、すなわち生物移入による被害の報告が活発に発信されるようになった。ただし、人的な健康被害はまだ知られていない。
- このような状況に鑑みると、早期に総合的な付着生物管理システムを構築し、世界的な対応策を講ずるべき時期が来ていると推察される。ただし、この対応策は海運界にとっても受け入れやすいものでなければならない。
- また、バラスト水管理条約のように、生物的な指標を用いた性能をオンボードでも担保するような規制では、型式承認およびPSCにおいて性能を確認するための試験に膨大な時間とコストを要する。将来において付着生物を管理する枠組みを作成する際には、このような枠組みは避けるべきである。

Outline of This Project

- 化学的環境リスクと外来生物の移入(量)は、基本的に相反するものである。例えば、現状において主要な付着防止技術である自己研磨型防汚塗料による生物付着に対して、その効果を高めることは、同時に周辺環境への化学的リスクの増加を意味する。
- 将来において構築されるべき総合的な付着生物管理システムは、この相反する生物移入と化学的環境リスクの両方の観点から、妥当かつ実施可能な技術の組み合わせと運用上の基準を調和させることが重要なポイントとなる。たとえば、部位別に適切な性能要件を定めることも一つの考え方である。

Outline of This Project

●総合的な付着生物管理システムにおいては、水中清掃 (IWC; In-Water Cleaning)の取り扱い方が重要である。水中清掃は、AFCSによって防ぎ切れなかった船体付着生物を入渠なしに取り除くことができるが、①船体表面あるいは塗装表面を傷つける、②剥離した塗料片が港湾内に落下して化学リスクを増加させる、③剥離した生物が生き残り、かえって外来生物移入リスクを増大させる、④時間やコストが増大するなどの問題が指摘されている。

●しかし、AFCSの現状、あるいは、防汚効果に相反して増大する化学リスクとのバランスを考えると、水中清掃は今後も必須あるいはむしろ積極的に使用するべきと考える。その場合は、破片の回収を考慮するべきであろう。

Outline of This Project

●今後の課題として、①付着防止と除去システム毎の要求性能の評価のための試験方法 及び②環境リスクの評価方法と統一基準を早急に作成する必要がある。これらは、現在世界的にも統一されていないか、あるいはメーカー独自で実施されているのが現状である。将来的に、透明性を確保しつつ、公平な管理・運用を行うためには、これらの課題の解決も望まれる。

→reaching rateだけでなく、Emission scenario document全体の開発とIMOにおける合意が重要。対象はAFS?物質?

●この他、除去物質の回収機能を備えたIWC装置の普及とIWC 事業者数の充実も課題として挙げられる。

船体付着生物の対策の必要性

BIOFOULING INVASIONS IN NEW ZEALAND

- 288 non-indigenous species, 390 including cryptogenic species
 - 59% could only have been introduced through biofouling
 - 28% could have been ballast or biofouling
 - 4% could only have been ballast water
 - 9% 'other' – aquaculture etc.

なお、生物史および初出現地から推定したものであり、真相はわからない。水産業からの侵入は過小評価の可能性もある

船体付着生物の対策の必要性

船体付着生物は、どのようなメカニズムで外地で繁殖(再生産)するのか。外地での剥離は大きな負荷量とならない。産卵機会を持つことが再生産に繋がる。

付着生物は、以下に示す侵入メカニズムをたどっていると想定される。

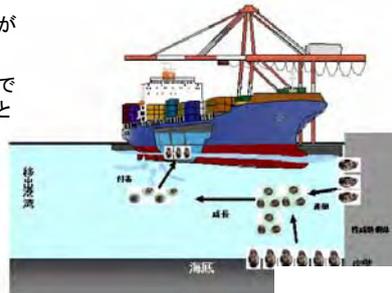
- ① 港湾に生息する固着生物等が産卵して浮遊幼生が港湾海域に浮遊
- ② 船舶が港湾に停泊している時に浮遊幼生が船体に付着
- ③ 船体に付着した状態で成長し性成熟
- ④ 性成熟後、産卵に適した環境に遭遇した場合に卵を放出
- ⑤ 放出海域の環境が生息に適している場合に、放出された卵から発生した幼生が護岸等の基盤に付着
- ⑥ 付着した個体が成長して性成熟しその次の世代となる卵を放出
- ⑦ 成熟—卵放出の繰り返しにより他国の海域で再生産が行われ侵入とみなされる

船体付着生物の対策の必要性

船体付着生物は、どのようなメカニズムで外地で繁殖(再生産)するのか。外地での剥離は大きな負荷量とならない。産卵機会を持つことが再生産に繋がる。

横浜港において貝やフジツボが付着

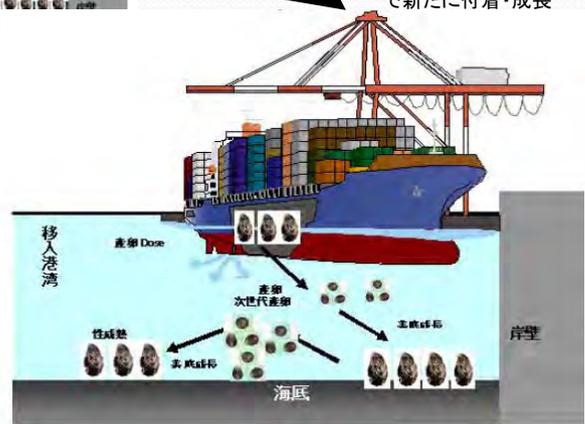
付着直後であれば、水流などで落ちるが、一定程度成長するとそのまま外地へ移動。



船体に付着した成体が剥落した後、海底で生残する。



船体に付着した成体が、外地の港湾内で放卵・放精。受精卵が港湾内で新たに付着・成長



船体付着生物の対策の必要性

我が国においては、外来海生生物の移入・定着問題が顕在化する以前から、在来(付近の海域にもともと分布していた海生生物)の付着生物による環境被害の問題は存在した。例えば、冷却水として大量の海水を必要とする火力及び原子力発電所においては、冷却水の導水管内あるいは熱交換器に海生生物が大量に付着して、導水効率もしくは熱交換効率を低下させることが大きな問題となった。

他方、この時代は、海運による国際貿易が盛んになり、物流手段としてタンカーなどの大型船及びコンテナ船などの高速船が多く使われ出した時代と重なる。このため、日本だけでなく海運が発達した全ての国々において、外来海生生物の移出入の機会が増加したと考えられる。付着生物の被害を受けやすい産業施設の増加と、移入の機会の増加が複合的に重なった結果、これまでの在来種に加え、外来から移入した海生生物による付着生物の陸上の活動に対する影響や環境被害が世界各地で顕著化してきた。

船体付着生物の規制の必要性

被害事例は世界各国から多数報告されており、例えば米国における年間の被害額は24億ドル(約2,160億円)との報告もある。このような状態を放置した場合には、生物多様性の喪失による環境被害だけでなく、沿岸立地産業や水産業に対する社会経済的な被害を増大させることになる。

IMOにおける議論は、必ずしもきれいごとだけでは済まない。**生物多様性の喪失**だけでは、規制の必要性の議論はスタートしなかったかもしれないが、上記のように**沿岸立地産業や水産業に対する社会経済的な被害**が報告されていると圧力も大きくなる。ただし、人に対する直接的な健康被害は、未だ報告されていない。(当初、豪州は、日本のカキ剥き業者のアレルギー発症をこの問題として提示していたが、わが国からの詳細情報により削除された)

Today's presentation

1. 本事業の概要
2. 船体付着生物の対策の必要性
- 3. IMOにおける議論の経緯**
4. IMOのボランタリーガイドラインの概要
5. 水中清掃の取り扱い
6. まとめ
7. AFSを使用する際のリスクの考え方
(化学的リスク)
8. AFSを使用する際のリスクの考え方
(生物移入リスク)

IMOにおける議論の経緯

- 1 船体への付着による外来生物の侵入の問題は、2006年3月にIMOで開催された海洋環境保護委員会(MEPC: Marine Environment Protection Committee)第54回会合においてはじめて議題として取り上げられた。豪州政府は、各国に対して管理方針に関するアドバイスを求めた。これを受け、MEPCは同様の情報の提供を各国に要請した。この報告と要請がIMOにおける規制の議論の始まりである。
- 2 船体付着問題に対する議論は、その後、MEPC第56回会合において、「船体付着による有害水生生物の移動を最小限化する国際方策の開発」をばら積み液体・気体小委員会(Sub Committee on Bulk Liquid and Gas: BLG)第12回会合における優先議題とすることが承認され、本格的な規制の議論が開始された。2009年2月のBLG第13回会合では、BLG第15回会合に向けて「船体付着による侵入水生生物の移動を最小化するためのガイドライン(案)」を策定することとなった。
- 3 2011年2月に開催予定のBLG第15回会合において、同ガイドラインが最終化された。本年7月のMEPC62においてMEPC決議として採択される見込みである。なお、今回IMOで作成が検討されているガイドラインは、あくまでもボランタリーベースのものであり船主、造船所及び運航業者に対して強制力はない。

IMOにおける議論の経緯

- 4 ただし、豪州や米国は、強制力を持つ国際的な枠組みがIMOにおいて将来作成されるべきであると引き続き主張している。本ガイドラインの有効性の判定を含めて、今後の動きには注意は必要である。また、将来における規制においても、今回のようなボランタリーなガイドラインにおける基本的な枠組みが採用されることが多い。本調査事業では、これらのことを十分考慮して、本事業で検討した結果が、将来的に国際的な枠組みにおけるガイドライン等の作成の一助となるように努めた。
- 5 「船体付着による侵入水生生物の移動を最小化するためのガイドライン」最終案は、BLG 15/19 annex6 “DRAFT MEPC RESOLUTION ON GUIDELINES FOR THE CONTROL AND MANAGEMENT OF SHIPS ‘ BIOFOULING TO MINIMIZE THE TRANSFER OF INVASIVE AQUATIC SPECIES” として、入手可能。
なお、本財団ブログからダウンロード可能。

<http://blog.canpan.info/oprf/archive/910>

IMOにおける議論の経緯

議論のポイント

- **強制化か、ボランタリーか(その1)**

豪州などは当初、強制力はないものの強制化を前提として実質的には義務的な表現を用いたガイドラインを作成。港湾における独自の規制にそのまま使用できる文面を想定。

→目的を船主・造船所・ドック・AFS製造業者に対するアドバイザー的な非強制ガイドラインとして明確化。表現もこれに伴い変更。

- **モニタリング**

定期的な水中モニタリングの取り扱い

- **水中清掃**

豪州、カナダ、米国は、水中清掃を生物移入リスクと化学リスクを増大させるものとして将来的に禁止すべき方策とした。

→AFCSの性能の現状を考えると、水中清掃はAFCSを補完するものと位置づけた。

IMOにおける議論の経緯

議論のポイント(その2)

- **共通の試験方法が確立されていないため、AFS(防汚塗料や海水電解装置注入装置など)にもとめられる防汚効果については、定量的な指針値は盛り込まれなかった。ハルに対して船首、舵、海水冷却系およびシーチェストなど異なった部位には、それぞれに適したAFSを適用するべきとしている。**

→将来の課題として、異なった自然環境下での防汚効果に関して第三者が評価した情報を求めている。

- **毒性については、現時点ではAFS条約の要件を満たすこととされている。AFSそのもののリスク評価については、盛り込まれていない。**

Today's presentation

1. 本事業の概要
2. 船体付着生物の対策の必要性
3. IMOにおける議論の経緯
- 4. IMOのボランタリーガイドラインの概要**
5. 水中清掃の取り扱い
6. まとめ
7. AFSを使用する際のリスクの考え方
(化学的リスク)
8. AFSを使用する際のリスクの考え方
(生物移入リスク)

IMOのボランタリーガイドラインの概要

ガイドラインの構成

- 1 INTRODUCTION
- 2 DEFINITIONS
- 3 APPLICATION
- 4 OBJECTIVES
- 5 BIOFOULING MANAGEMENT PLAN AND RECORD BOOK
 - Biofouling Management Plan
 - Biofouling Record Book
- 6 ANTI-FOULING SYSTEM INSTALLATION AND MAINTENANCE
 - Choosing the anti-fouling system
 - Installing, re-installing, or repairing the anti-fouling system
 - Procedures for ship maintenance and recycling facilities
- 7 IN-WATER INSPECTION, CLEANING AND MAINTENANCE
 - In-water inspection of ships
 - In-water cleaning and maintenance
- 8 DESIGN AND CONSTRUCTION
- 9 DISSEMINATION OF INFORMATION
- 10 TRAINING AND EDUCATION
- 11 OTHER MEASURES
- 12 FUTURE WORK
 - Research needs
 - Independent information needs
- APPENDIX 1 BIOFOULING MANAGEMENT PLAN AND RECORD BOOK – Format and content of Biofouling Management Plan
- APPENDIX 2 BIOFOULING MANAGEMENT PLAN AND RECORD BOOK – Biofouling Record Book Form

IMOのボランタリーガイドラインの概要

4 OBJECTIVES

- 4.1 The objectives of these Guidelines are to provide practical guidance to States, ship masters, operators and owners, shipbuilders, ship repair, dry-docking and recycling facilities, ship cleaning and maintenance operators, ship designers, classification societies, anti-fouling paint manufacturers and suppliers and any other interested parties, on measures to minimize the risk of transferring invasive aquatic species from ships' biofouling. It is important that biofouling management procedures be effective as well as environmentally safe, practical, designed to minimize costs and delays to the ship, and based upon these Guidelines whenever possible.
- 4.2 To minimize the transfer of invasive aquatic species, a ship should implement biofouling management practices, including the use of anti-fouling systems and other operational management practices to reduce the development of biofouling. The intent of such practices is to keep the ship's submerged surfaces, and internal seawater cooling systems, as free of biofouling as practical. A ship following this guidance and minimizing macrofouling would have a reduced potential for transferring invasive aquatic species via biofouling.
- 4.3 The management measures outlined within these Guidelines are intended to complement current maintenance practices carried out within the industry.

外板だけではなく海水冷却系やニッチエリアも含めて対象としている。実用的な範囲でこれらの部位にMicrofoulingも含めて生物付着(biofouling)しないことが目的。

IMOのボランタリーガイドラインの概要

4 OBJECTIVES の概要

- 4.2 To minimize the transfer of invasive aquatic species, a ship should implement biofouling management practices, including the use of anti-fouling systems and other operational management practices to reduce the development of biofouling. The intent of such practices is **to keep the ship's submerged surfaces, and internal seawater cooling systems, as free of biofouling as practical.**

“実用的な範囲でこれらの部位にMicrofoulingも含めて生物付着(biofouling)しないことがゴールであり、定量的な目標はセットされなかった(macrofoulingの除去によりリスクが減少することは明記)。バラスト水の場合は、ここにD-2基準と呼ばれる体積あたりの生物個体数あるいは細胞数が盛り込まれており、実際のmanagementにおいてこの基準を担保することが求められる。

この部分は今後の議論においても非常に重要。確かに1平方メートル当たりフジツボは何個以下にするという定量的な評価が一見科学的に見えるが、バラスト水管理条約の場合、この測定のために多大なコストとマニュアル分析が必要となっており、処理装置の開発者、型式承認のためのtest facilityとPSCにおける定量的分析において大きな障害となっている。

OPRFとしては、このobjectには今後も定量的な生物指標は設けるべきではないと考えている。また、防汚塗料のefficacy試験における基準はこのobjectとは切り離して考えるべき。

IMOのボランタリーガイドラインの概要

3 APPLICATION

- 3.1 The Guidelines are intended to provide useful recommendations on general measures to minimize the risks associated with biofouling for all types of ships and are directed to States, shipmasters, operators and owners, shipbuilders, ship cleaning and maintenance operators, port authorities, ship repair, dry-docking and recycling facilities, ship designers, classification societies, anti-fouling paint manufacturers and suppliers and any other interested parties. A State should determine the extent that the Guidelines are applied within that particular State.
- 3.2 A separate guidance document, based on these Guidelines, provides advice relevant to owners and/or operators of recreational craft less than 24 metres in length, using terminology appropriate for that sector.
- 3.3 States should inform the Organization of any relevant biofouling regulations, management requirements or restrictions they are applying to international shipping.

対象に、船体清掃業者や修繕ドックあるいは解撤も入っていることに留意する必要がある。特に清掃あるいは解撤によって発生する塗料片および生物片の処理については今後丁寧なアセスメントとそれに基づく対策が必要と考えられる。

IMOのボランタリーガイドラインの概要

2 DEFINITIONS (抜粋)

2.1 For the purposes of these Guidelines, the following definitions apply:

Biofouling means the accumulation of aquatic organisms such as micro-organisms, plants, and animals on surfaces and structures immersed in or exposed to the aquatic environment. Biofouling can include microfouling and macrofouling (see below).

Macrofouling means large, distinct multicellular organisms visible to the human eye such as barnacles, tubeworms, or fronds of algae.

Microfouling means microscopic organisms including bacteria and diatoms and the slimy substances that they produce. Biofouling comprised of only microfouling is commonly referred to as a slime layer.

マイクロファイリングとマクロファウリングの定義の違いに注意。日本国はマイクロファウリングだけであれば、許容できると主張したが認められなかった。現実の問題として、シリコン系であろうが自己研磨型であろうが、防汚塗料だけでマイクロファウリングの生成を抑え込むことは不可能であると考えられる。

Today's presentation

1. 本事業の概要
2. 船体付着生物の対策の必要性
3. IMOにおける議論の経緯
4. IMOのボランタリーガイドラインの概要

5. 水中清掃の取り扱い →ガイドラインでの取り扱いあるいは将来のあり方

6. まとめ
7. AFSを使用する際のリスクの考え方
(化学的リスク)
8. AFSを使用する際のリスクの考え方
(生物移入リスク)

水中清掃の取り扱い

Basic principle for IWC in finalized draft

Despite the use of effective anti-fouling systems and operational practices, undesirable amounts of biofouling may still accumulate during the intended lifetime of the anti-fouling system. To maintain a ship as free of biofouling as practical, it may be advisable for the ship to undertake in-water inspection, cleaning and maintenance.

効力が充分にあるAFCS(防汚塗料)を使用しても平均4年以上と想定される入渠間隔の間を” as free of biofouling as practical”とするためには、IWCを含めた措置をすることを推奨するとした。

水中清掃の取り扱い

Basic principle for IWC in finalized draft

In-water cleaning can be an important part of biofouling management. In-water cleaning can also introduce different degrees of environmental risk, depending on the nature of biofouling (i.e. microfouling versus macrofouling), the amount of anti-fouling coating system residue released and the biocidal content of the anti-fouling coating system.(para 7.5)

Where available, appropriate technology should be used to minimize the release of both anti-fouling coating or paint debris, and viable adult, juvenile, or reproductive stages of macrofouling organisms. The collected material should be disposed of in a manner which does not pose a risk to the aquatic environment. (para 7.7)

定量的な回収目標は削除されたものの、IWCの実施は、①剥離した塗料片に含まれる殺傷剤による化学的リスクと、②剥離した生物片による生物移入リスクの増加が考えられ、実施可能な港湾ではこれらの塗料片および生物片を回収し環境中への放出を最小化すべきとされている。

回収装置付きIWCの例



The whole view of Aqua-Shaver
The brush for dissipation prevention of the removed substances at the lower part
The green capture mesh bag at the right hand.

Dimension: 2,300mm long x 1,800mm wide x 400mm thick, Weight: about 800 kg

- Its function is superior due to the thin thickness (height) → One diver can handle.
- Selection of brushes are feasible depending on the bio-fouling status → Any organism can be removed with the least effect on the AFCS surface.

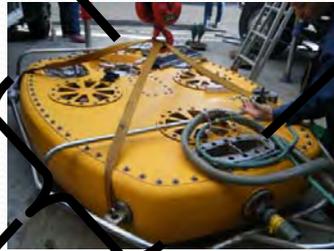


Operational handle



The outlet for removed substances
→ Attachment of captured mesh bags

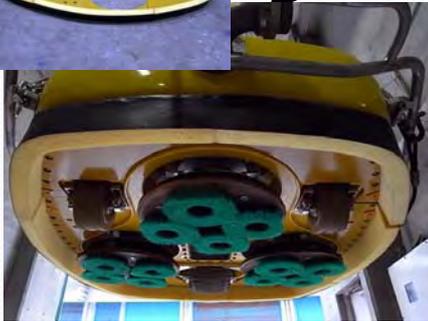
A film to prevent release of removed debris



A pump to capture removed substances is built in.



A driving wheel for transportation



A suction inlet of the removed substances



回収装置付きIWCブラシの選定

It is feasible to select a brush out of 3 kinds depending on the species → It can cope with any bio-fouling. → A damage on AFCS is controlled.

- (1) Nylon brush: Micro-fouling
- (2) Wire brush: slightly Macro-fouling.
- (3) Kashime brush: heavily Macro-fouling

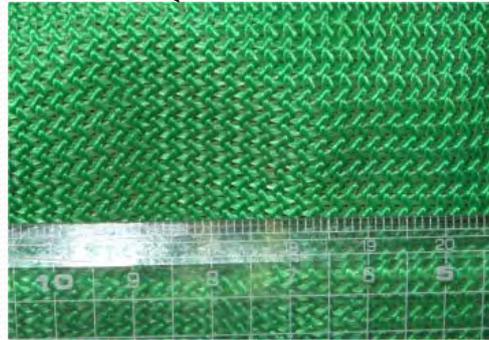


回収装置付きIWC 回収ネットの性状



Out side

In side



Focus on the mesh at the attachment.

Focus on the outer mesh

Focus on the inner mesh .

The capture mesh bag has a double structure which outer mesh, when inflated by the pressure, squeezes the mesh

opening.

35

水中清掃の取り扱い 回収装置付きIWCのコスト解析

IWC 実施の日本国内における運用コストは、監督官庁及び岸壁管理者への作業許可申請のための費用、IWC作業費用及び作業者の旅費、作業船使用料等に区分される。入渠時の船体清掃及びIWC 実施時のそれぞれの基本的な経費を、バラスト水処理におけるコストと比較して、Table 4.3-2 に示す。バラスト水処理装置は、全ての船舶に搭載されるため、その償却費がかかり、他方ランニングコストでは、ややIWC 実施によるコストが高くなる可能性がある。総額では、バラスト水処理システムの運用にかかるコストが高いもしくは同等と推定される。

IWCによる外来生物の侵入リスク低減は、バラスト水処理に比較して十分にコストエフェクティブであるといえる。

Table 4.3-2 船体付着物の除去技術とバラスト水処理のコスト比較

	入渠時の船体清掃	IWC: 現状の2回/年のIWC実施 (VLCC)	バラスト水処理システムのコスト* (VLCC)
初期コスト	400万円: 高圧洗浄機 40万円: プラスト機 40万円: 塗装機	(聞き取りではIWC装置のコストは3,000万円) 300台/年、10年使用として単純計算で1万円/隻/年	72,000 USD 30年償却として単純計算で2,400 USD/年
ランニングコスト	入渠船舶当たり 900~8,000万円 1隻当たり平均2.5年に1度入渠の場合: 360~3,200万円/隻/年	IWCを実施する1船舶当たり約300万円/IWC (大型船の場合) 1隻当たり平均2年に1度のIWC実施の場合: 150万円/隻/年	11,700 USD

*バラスト水処理のコストは、以下のデータより算出

- Lloyd's 2010 による、平均の初期費用 = 281 \$ (200 m³/h) ~ 863 \$ (200 m³/h)、ランニングコスト = 39 \$ (1,000 m³/h)、VLCC のバラスト水体積を 2.5 万 m³、年間 12 回の積み込みを仮定。
- Van Niekerk, 2008. による、ロッテルダム港での合計のバラスト水排水量 = 2.76 million m³/月
- 港湾統計によるロッテルダム港への年間の外航船の入港数 = 84,700 隻/年 (5章参照)

Today's presentation

1. 本事業の概要
2. 船体付着生物の対策の必要性
3. IMOにおける議論の経緯
4. IMOのボランタリーガイドラインの概要
5. 水中清掃の取り扱い

6. まとめ

7. AFSを使用する際のリスクの考え方
(化学的リスク)
8. AFSを使用する際のリスクの考え方
(生物移入リスク)

まとめ

近年、各国より船体付着生物の侵入を原因とする経済的被害及び生態系攪乱の被害が発信されるようになった。ただし、人的な健康被害はまだ知られていない。

このような状況に鑑みると、早期に総合的な付着生物管理システムを構築し、世界的な対応策を講ずるべき時期が来ていると推察される。ただし、この対応策は海運界にとっても受け入れやすいものでなければならない。

このような状況下で、IMOにおいて本年7月にボランタリーなガイドラインが最終化される見込みである。

まとめ

今回のボランタリーガイドラインは強制力はないものの、米国、豪州など生物多様性の保護に積極的な国は、将来において強制力のある国際的な枠組みが必要であると考えている。

これらの国は、本ボランタリーガイドラインの効果を注視しており、その観点からもガイドラインの内容を、造船所やオペレータだけでなく、AFC開発業者やIWCなどの業者、修繕ドックを含めて理解し、可能な範囲で実行することが必要である。

豪州、カナダ、米国は、水中清掃を生物移入リスクと化学リスクを増大させるものとして将来的に禁止すべき方策とされていたが、AFCSの性能の現状を考えると、水中清掃はAFCSを補完するものと位置づけられるべきである。

まとめ

ただし、水中清掃は塗料片と生物片の両方を環境中に放出する可能性があることから、可能な範囲でこれらの破片を回収できる装置を開発・使用することが望まれる。

以下はボランタリーガイドラインより将来を見据えて

防汚塗料も含めたAFSの第3者による性能と残留毒性の評価をまとめ、IMOなどに発信することが重要。

IWCのメッシュサイズは現状の対象生物を考えると、サブmmオーダー(たとえば0.5mm)で充分であると考えられる。

前半を終了いたします。ご清聴ありがとうございました。

全体の報告書は下記URLでダウンロード可能。

<http://www.sof.or.jp/jp/report/index.php>

(一覧から、平成21年度 外来生物の船体付着総合管理に関する調査報告書を選択)

http://www.sof.or.jp/jp/report/pdf/201010_ISBN978_4_88404_250_9.pdf

また、本会場受付に報告書の余部が多少残っています。

さらに、本発表でも紹介した郵船ナブテック(株)殿の水中清掃装置「アクアシェーバー」のパンフレットもおいてございます。

ご興味のある方は、是非ご覧になってください。

Today's presentation

1. 本事業の概要
2. 船体付着生物の対策の必要性
3. IMOにおける議論の経緯
4. IMOのボランタリーガイドラインの概要
5. 水中清掃の取り扱い
6. まとめ
- 7. AFSを使用する際のリスクの考え方
(化学的リスク)**
8. AFSを使用する際のリスクの考え方
(生物移入リスク)

AFSを使用する際のリスクの考え方(化学的リスク)

船体に付着している生物量を減らす方策は、付着防止技術(生物の付着そのものを阻害、もしくは抑制することが目的)と、付着除去技術(付着した生物と掻き落とすなど)の2つに大別される。船舶の外板に対しては、その目的のためにAFCS(Anti-Fouling Coating System)と呼ばれる技術(防汚塗料の使用に代表される)が用いられている。

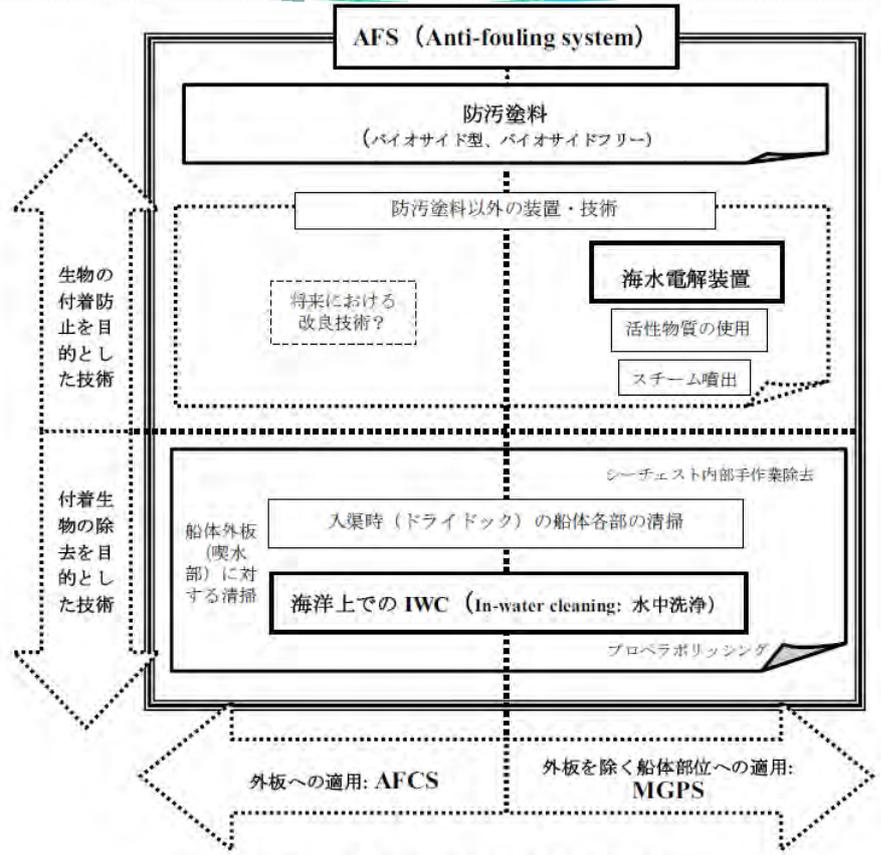


Figure 4.1-1 本調査における付着除去技術の相関図

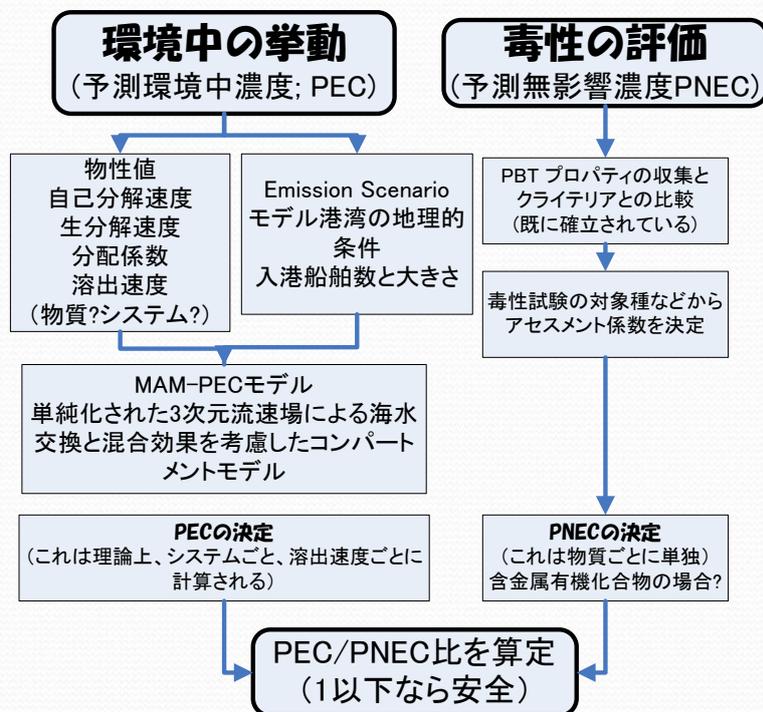
AFSを使用する際のリスクの考え方(化学的リスク)

外板に対する付着防止技術として最も使用頻度が高く、かつ効果が確認されているものは、生物の付着を防止する効果を有する化学物質を含んだ、自己研磨型の防汚塗料の使用である。防汚塗料の使用は、活性成分である化学物質を使用するため、使用過程において化学的な環境リスク、例えば残留毒性などによる沿岸生態系への影響が常に危惧される。このため、定量的な環境リスク評価が業界団体においても既に行われている。

本章では、①付着防止の目的で使用される防汚塗料からの化学物質の溶出、②複雑部位に適用され、MGPSの代表的な装置技術である海水電解装置の使用による塩素化合物の発生、③IWCの実施によって生じる周辺水域の環境生物に対する化学的環境リスクについて評価を行った。

AFSを使用する際のリスクの考え方(化学的リスク)

本調査における環境リスク評価は、国内外において広く用いられている手法であるPEC(Predicted Environmental Concentration)と、有害性データ及びアセスメント係数より算出したPNEC (Predicted No Effect Concentration)の比較(PEC/PNEC)により実施した。すなわち、PECは、MAM(Marine Antifoulant Model)-PEC モデル version 2.5(化学物質の環境中での挙動をシミュレーションする数値モデル)により推定した。



AFSを使用する際のリスクの考え方(化学的リスク)

防汚塗料の使用による環境リスク評価では、最も広く使用されている自己研磨型の防汚塗料中の活性物質である亜鉛ピリチオン、銅ピリチオン、全銅、全亜鉛を評価の対象とした。暴露シナリオは、統計データ等によるモデル港湾での合計船体表面積を算出し、文献報告による化学物質の溶出速度(leaching rate)との掛け算による溶出量(g/day)を用いた。ここでの溶出速度は多分に安全側(つまり高めの値)であることには留意されたい。

Table 5.2-2 化学物質の溶出速度と排出量

CAS 番号	化学物質名	溶出速度 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$)	溶出量 (g/day)	
			横浜港	ロッテルダム港
1317-39-1	亜酸化銅	40	51,984	398,976
13463-41-7	亜鉛ピリチオン	4.57	5,939	45,583
14915-37-8	銅ピリチオン	2.88	3,743	28,726
—*	全銅 (溶存態)	—	46,135	354,091
—*	全亜鉛 (溶存態)	—	1,222	9,380
—*	TBT	1.9	2,469	18,951

*: 全銅、全亜鉛、TBT は、構造が1つに特定されないため、CAS 番号は該当しない。

AFSを使用する際のリスクの考え方(化学的リスク)

本評価において、自己研磨型の防汚塗料の使用によるPEC/PNECが1以上の結果であった化学物質及びシナリオに対して、現状において環境リスクが直ちに許容できないほど大きいと結論することには注意が必要である。本評価では、暴露シナリオの設定条件やPEC及びPNECの算出において十分なデータが得られなかったパラメータについては、ワーストケースを設定したためにリスクを過大評価している可能性がある。このため、より詳細な評価のためには、適切なESD(emission scenario decampments)の整備と、その結果を用いた詳細な環境リスク評価の実施が望まれる。

Table 5.2-5 横浜港での防汚塗料からの溶出による化学物質の PEC/PNEC

化学物質名	港湾内 PEC/PNEC		周辺海域 PEC/PNEC	
	最大値	平均値	最大値	平均値
亜鉛ピリチオン	5.0	2.0	0.048	0.015
銅ピリチオン	2.1	0.33	<0.01	<0.01
全銅(溶存態)	0.96	0.65	0.16	0.15
全亜鉛(溶存態)	0.11	0.07	<0.01	<0.01
TBT	333	202	8.4	2.6

Table 5.2-6 ロッテルダム港での防汚塗料からの溶出による化学物質の PEC/PNEC

化学物質名	港湾内 PEC/PNEC		周辺海域 PEC/PNEC	
	最大値	平均値	最大値	平均値
亜鉛ピリチオン	7.2	2.9	0.12	0.06
銅ピリチオン	2.8	0.42	<0.01	<0.01
全銅(溶存態)	0.45	0.31	0.15	0.14
全亜鉛(溶存態)	0.041	0.023	<0.01	<0.01
TBT	295	161	11.2	5.8

特に、多くの天然由来のキレートや緩衝物質が存在する海水中においては、含金属物質である今回対象の防汚物質は化学形態が変化している可能性が高い。また、利用できる生態毒性データセットが限られる場合、安全をみて大きなアセスメント係数を適用した評価を実施している。

AFSを使用する際のリスクの考え方(化学的リスク)

付着生物除去技術であるIWCは、現状では一部の船舶において航海時の燃費向上の目的で実施されている。本調査においては、現状において全外航船が1回/2年のIWCを限られた港湾で実施し、IWC実施時にはmacro biofoulingの付着が顕著な状態であると仮定して暴露シナリオを構築した。さらに、現状でのIWC実施時においては、塗膜表面から活性物質の多くが溶出した後であり、塗料の塗布時と比較して塗料中の活性物質の残存量が少ない状態であると設定して評価を行った。IWC実施と防汚塗料からの溶出の合計のPECにおけるIWC実施の寄与率は、化学物質の溶出速度に依存し、最大が全亜鉛の約67%、最小は亜酸化銅と全銅で3~5%であった。上乗せが高いケースについても、環境リスクが直ちに許容できないほど大きいと結論することには注意が必要である。仮に回収網等による塗膜片の回収を実施することが可能であれば、IWC実施による周辺環境の生態系に対するリスクは本調査で適用したシナリオを使用した場合においても、受容可能なレベルまで低減されることが考えられる。さらに、将来的にIWCで使用するブラシを改良することにより、IWC実施において剥離される塗膜片の量と、そこに含まれる化学物質の排出量を削減させることができると考えられる。

Table 5.2-21 横浜港での合計 PEC に対する IWC 実施の上乗せ率(%)*(現状) Table 5.2-22 ロッテルダム港での合計 PEC に対する IWC 実施の上乗せ率(%)*(現状)

化学物質名	港湾内		周辺海域	
	最大値	平均値	最大値	平均値
亜酸化銅	4.5	4.5	4.5	4.3
亜鉛ピリチオン	29.3	29.3	29.3	29.3
銅ピリチオン	32.5	32.5	32.6	32.6
全銅(溶存態)	4.4	4.0	0.7	0.2
全亜鉛(溶存態)	66.9	66.9	66.9	65.9
TBT	50.0	50.0	50.0	50.0

化学物質名	港湾内		周辺海域	
	最大値	平均値	最大値	平均値
亜酸化銅	4.5	4.6	4.5	4.6
亜鉛ピリチオン	29.5	29.5	29.4	29.5
銅ピリチオン	32.7	32.6	32.6	32.6
全銅(溶存態)	3.6	2.9	0.4	0.2
全亜鉛(溶存態)	67.0	67.0	66.8	67.1
TBT	50.1	50.1	50.1	50.1

*: $PEC_{IWC}/PEC_{(AFCS+IWC)}$

*: $PEC_{IWC}/PEC_{(AFCS+IWC)}$

AFSを使用する際のリスクの考え方(化学的リスク)

更に将来においてIWCが現在よりも高頻度で行われる場合を想定してリスク評価を行った。仮に、将来シナリオでは、生物の付着の程度に係らず、全船舶が2回/年のIWCを実施下とした場合は、逆に極度の汚損生物付着が期待されないため、ソフトなブラシの使用が期待できる。一日当たりの排出量(平均的な剥落片の厚さが小さくなるため)は、横浜港で6-8%程度にまで削減されると期待される。

	Emission rate (g/day)		Total emission rate (g/day)	Rationale
	Coverage of biofouling			
	Slight	Heavy		
横浜港, CuPt	238	241	479 (8%)	Daily emission rate of active substance due to IWC in port
横浜港、other than CuPt	326	329	655 (6%)	

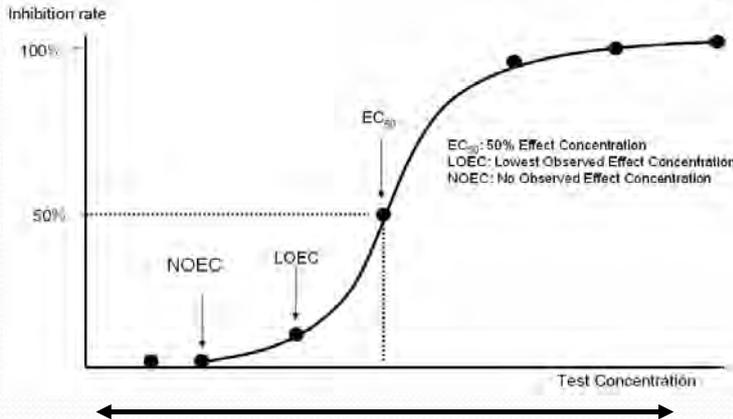
Today's presentation

1. 本事業の概要
2. 船体付着生物の対策の必要性
3. IMOにおける議論の経緯
4. IMOのボランタリーガイドラインの概要
5. 水中清掃の取り扱い
6. まとめ
7. AFSを使用する際のリスクの考え方
(化学的リスク)
- 8. AFSを使用する際のリスクの考え方
(生物移入リスク)**

AFSを使用する際のリスクの考え方(生物移入リスク)

現状の海洋生物学においては、ある生物種が別の国の海域に運ばれた後定着するかどうかを予測することが困難なため、直接生物移入リスクを評価することができない。また、海洋生物学の分野では化学的環境リスクの手法のように定量的な容量 (dose) - 相関 (response) の関係を構築することが困難である。

評価方法が確立されていない生物移入リスクに関して、可能なリスク評価の考え方を整理し、現状で取りうる最適と思われる方法を用いてリスクの試算と評価を行った。具体的には、船体に付着して運ばれる生物量、もしくは船体付着生物が新しい環境に与える負荷量などの相対的なdoseの変化量をリスクの代替として評価する方法を採用した。この運ばれる生物量あるいは負荷量の変化 (または変化率) が、化学的環境リスクのdose-response 関係におけるdoseに相当すると考え、リスクを生物移入の量 (dose) の比較により評価した。



通常のDose- responseは、単なる直線関係ではなく、図のようなロガスティックカーブを描く。

ここでは、Doseの変化率でリスクの削減を評価する。

AFSを使用する際のリスクの考え方(生物移入リスク)

船体付着生物移入リスク評価におけるdoseに用いる生物学的パラメータとしては、船体に付着している個体数と、付着する個体のうち性成熟した個体から産卵される卵の数 (以下、産卵数) の2つが考えられる。このうち個体数は、外地から持ち込まれ船体表面上に存在するだけでは、リスクとはなりえないため、doseに用いる生物学的パラメータとして利用しにくい。さらに、仮に付着個体数が多くても未成熟であれば産卵しないためにリスクとしての評価は小さい。一方、性成熟した個体は、産卵期に遭遇すれば産卵を繰り返すため大きなリスクとなる。

他方、産卵数は個体別・船体別に定量化することが可能なため、生物個体が付着した国や地域を区別し得ればdoseに用いる生物学的パラメータとして適している。さらに、産卵数をdoseとすることは、それらの卵の一部が新たな親となり、次の世代による定着レベルの評価にも繋がることになる。そこで本調査では、産卵数を生物移入リスクのdoseパラメータとして採用し、付着生物管理技術ごとに産卵数の変化を比較し、個々の技術の生物移入リスクを評価するものとした。

船体付着した個体からの産卵は、性成熟個体の雌 (1/2 性成熟個体) が産卵期に港内及びその周辺に存在する場合に起きる。産卵数は、次の式で表される。

$$s_n = (n_{matu}/2) \times e_n \dots\dots\dots (6.9)$$

$n_{matu}/2$: 性成熟 雌 個体数 (個)
 e_n : 性成熟個体 1 個体の産卵数 (個/日)

年間産卵数

$$s_{nY} = (n_{matu}/2) \times e_n \times p \dots\dots\dots (6.10)$$

s_n : 産卵数 (個/日)
 s_{nY} : 年間産卵数 (個/日)
 $n_{matu}/2$: 性成熟 雌 個体数 (個)
 e_n : 性成熟個体 1 個体の産卵数 (個/日)
 p : 産卵期間内の寄港日数 ($0 < p \leq 60$)

AFSを使用する際のリスクの考え方(生物移入リスク)

前頁の式中に示した性成熟個体数は、付着幼生の時間当たりの付着率(付着幼生の付着数、成長速度及び付着面積)に、①自己研磨型防汚塗料による幼生付着防止効果、②自己研磨型防汚塗料による航海中の付着生物幼体の剥落効果が影響するものとして、モデル化した。

また、船舶の運航モデルなども含めたパラメータの設定は左表に示すとおりである。

項目	要素	設定内容
船舶	航路	北半球 A 国、南半球 B 国の往復航路
	運行スケジュール	航海日数往復 20 日、荷役日数 2.5 日×2 回: 計 25 日/往復
	船舶入渠間隔	出渠後 3 年で再入渠
	使用塗料	自己研磨型防汚塗料
	計算対象船舶往復数	48 往復/年 AB 国を各月 1 日と 15 日に出入運行する 48 隻
付着生物	種類	フジツボ類、二枚貝類 AB 国では別種とする
	生殖方法	雌雄異体、放卵放精による水中受精
	付着期	北半球 A 国 7~8 月の 2 ヶ月、南半球 B 国 1~2 月の 2 ヶ月
	幼生の付着時サイズ	付着部半径 0.15 mm
	塗装表面へ 1 日に付着する幼生の数	4 個/10,000 mm ² /日 (ただし上記産卵期のみ)
	成長速度 (付着部半径)	半径 5 mm 到達まで、0.025 mm/日 半径 5 mm 到達後、0.0005 mm/日
	成熟期間	200 日
	性成熟期サイズ (付着部半径)	5 mm
	付着後 1 年経過時サイズ (付着部半径)	5.08 mm
	産卵期 ^{*1} 、 ^{*2} (付着期と同一)	北半球 A 国 7~8 月の 2 ヶ月、南半球 B 国 1~2 月の 2 ヶ月 ^{*2}
	産卵数	5.58×10 ⁵ 個/個体
	寿命	5 ヶ年

*1: 通常、付着生物の産卵盛期は夏期を中心とした幅広い期間であることが多い。今回のモデルによる評価は、産卵数を用いて各技術間の性能比較を行うことが目的であるため、性能差を確認しやすいことが必要である。このためモデルでは産卵期を夏期(南半球では冬期)の 2 ヶ月間に限定して計算を行った。

*2: 付着生物が仮に北半球だけに生息していれば 1 年経過前に産卵することはないが、たとえば北半球で付着した個体が一定サイズ(ここでは半径 5 mm と仮定)に達し、卵巣も放卵に十分なサイズにまで成長していた場合、南半球で類似種が産卵する季節(南半球の冬期)に遭遇した際には、水温の上昇等の刺激によって産卵が起きると仮定した。すなわち、産卵までの期間に関しては、移入という人工的な環境によって 1 年よりも短い期間で産卵行為がおきる最悪条件を想定している。

AFSを使用する際のリスクの考え方(生物移入リスク)

要素	設定内容
航路	北半球A国、南半球B国の往復航路
運行スケジュール	航海日数往復20日、荷役日数2.5日×2回: 計25日/往復
船舶入渠間隔	出渠後3年で再入渠
使用塗料	自己研磨型防汚塗料
計算対象船舶往復数	48往復/年 AB国を各月1日と15日に出入運行する48隻
種類	フジツボ類、二枚貝類 AB国では別種とする
生殖方法	雌雄異体、放卵放精による水中受精
付着期	北半球A国7~8月の2ヶ月、南半球B国1~2月の2ヶ月
幼生の付着時サイズ	付着部半径0.15 mm
塗装表面へ1日に付着する幼生の数	4個/10,000 mm ² /日 (ただし上記産卵期のみ)
成長速度 (付着部半径)	半径5 mm到達まで、0.025 mm/日 半径5 mm到達後、0.0005 mm/日
成熟期間	200日
性成熟期サイズ (付着部半径)	5 mm
付着後1年経過時サイズ(付着部半径)	5.08 mm
産卵期 ^{*1} 、 ^{*2} (付着期と同一)	北半球A国7~8月の2ヶ月、南半球B国1~2月の2ヶ月 ^{*2}
産卵数	5.58×10 ⁵ 個/個体
寿命	5ヶ年

リスク評価例 IWCを毎年実施した場合の産卵数の増加

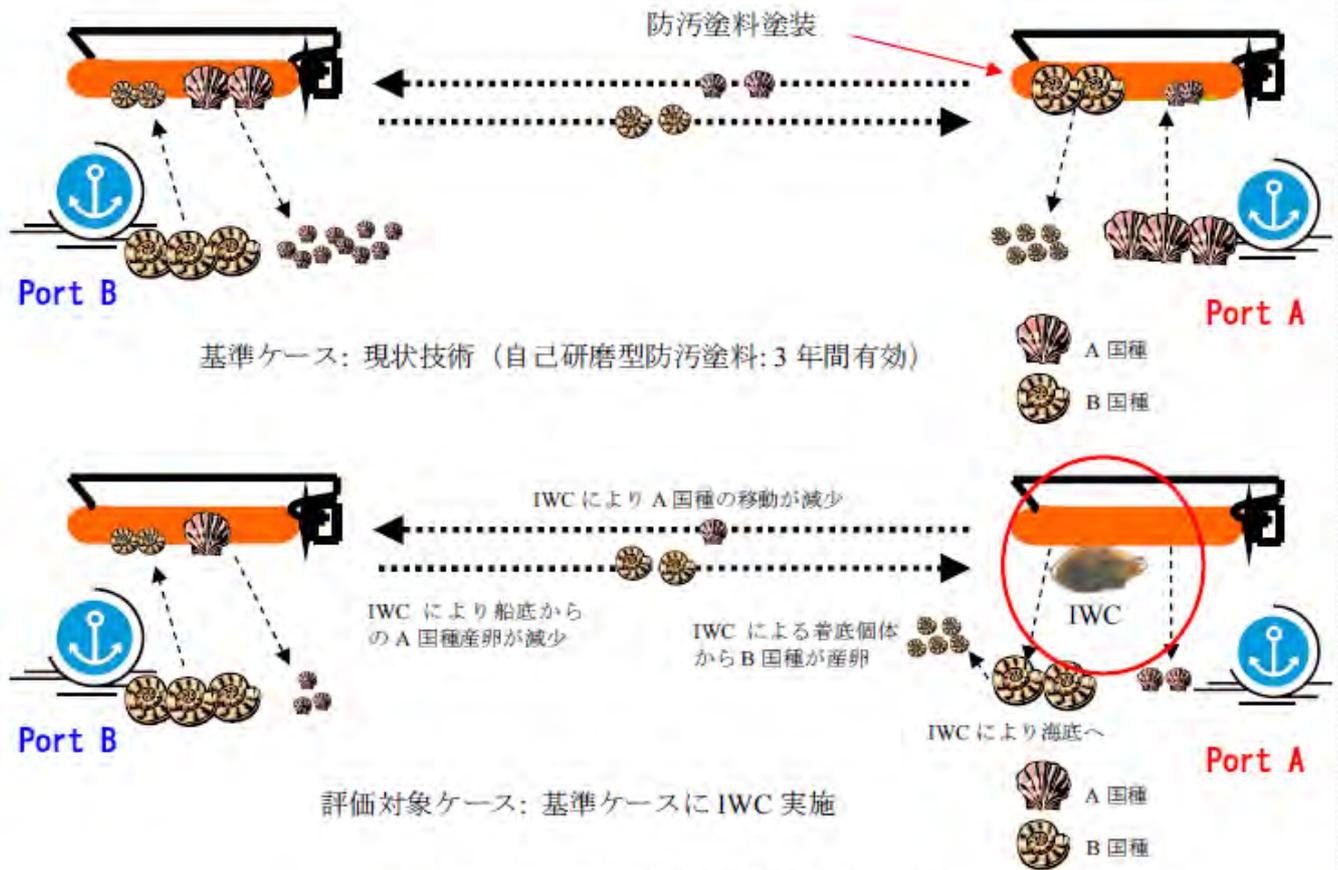


Figure 6.2-3 IWC による産卵数削減効果の模式図

リスク評価例 IWCを毎年実施した場合の産卵数の増加

Table 6.2-19 現状技術 (自己研磨型防汚塗料) 時の性成熟個体からの累積産卵数と IWC^{*1} 実施後に船体付着した性成熟個体及び IWC によって海域に飛散した後、生存して性成熟する個体からの累積産卵数

単位: 産卵数/10,000 mm²

出渠後 経過年数	基準ケース (計算ケース 1)	IWC 実施 ^{*1} (計算ケース 6)		
	現状技術 (自己研磨型防汚塗料: 3年間有効)	(a) IWC 実施後に船体に付着し性成熟した個体からの産卵数	(b) IWC 実施時に海域に飛散した後、生存して性成熟した個体からの産卵数 (網による回収せず)	合計 (a) + (b)
1年	1.56×10^3	1.56×10^3	0.0	1.56×10^3
2年	4.51×10^4	2.13×10^4	9.79×10^3	3.11×10^4
3年	2.78×10^5	6.37×10^4	2.02×10^5	2.66×10^5

A 国及び B 国での累積産卵数は同数

*1: 1 年間隔で、出渠後毎 1 年経過直前の入港国で IWC を実施

リスク評価例 IWCを毎年実施した場合の産卵数の増加

IWC実施による上乗せの産卵数

IWC実施時のdose (3年累積産卵数) は、基準ケースであるIWCを実施しない現状技術 (自己研磨型防汚塗料) の95.3%であった。

防汚塗料がカタログ上の性能を実海域において十分に発揮していない場合には、IWCを実施することによる生物移入リスクの上乗せはそれほど大きくないという計算結果になった。すなわちIWCを直ちに禁止する必要がないことを示している。なお、95.3%の内訳は、IWC実施後の船体付着生物を起源とする産卵が22.8%、除去物質を回収しないため海域に飛散した生物を起源とする産卵が72.4%であった。この結果は、IWC実施時に除去物質を回収すれば生物移入リスクが大きく低下することを示唆している。

Table 6.2-20 基準ケースの累積産卵数に対する評価対象ケース (IWC 実施) の累積産卵数の比

出渠後経過年数	基準ケース (計算ケース 1)	IWC 実施 (計算ケース 6)		
	現状技術 (自己研磨型防汚塗料) (3年間付着防止を維持)	(a) IWC 実施後に船体に付着し性成熟した個体からの産卵数	(b) IWC 実施時に海域に飛散した後、生存して性成熟した個体からの産卵数 (網による回収せず)	合計 (a) + (b)
1年	1	1	0	1
2年	1	0.473	0.217	0.690
3年	1	0.228	0.724	0.953

リスク評価例 IWCを毎年実施し かつ成体を回収した場合



Figure 6.2-5 IWC 除去物質回収による産卵数変化の模式図

リスク評価例 IWCを毎年実施し かつ成体を回収した場合の産卵数の増加

除去物質を回収した場合のdose (3年累積産卵数) は、メッシュサイズ10 mmで41.3%、メッシュサイズ5 mmで34.5%、メッシュサイズ0.5 mmで24.0%に減少する。また、海域に飛散した個体を起源とした累積産卵数だけに注目すると、メッシュサイズ10 mm回収で基準ケースの22.8%、メッシュサイズ5 mm回収で基準ケースの13.9%、メッシュサイズ0.5 mmでは基準ケースの0%に減少している。除去物質の回収効果は、網のメッシュサイズがある程度大きくても極めて有効である。より細かい網目サイズで回収すれば、今回対象とした生物よりも小さい大きさの生物の移入リスクも低下する。将来においてはIWC実施時に除去物質の回収を必ず伴うべきであると考えられる。

Table 6.2-32 基準ケースの累積産卵数に対する評価対象ケース (IWC 実施で除去物質回収) の累積産卵数の比

出港後経過年数	基準ケース (ケース6) 1年間隔でIWCを実施し回収せず			1年間隔でIWCを実施し除去物質を回収 (ケース9) (回収網のメッシュサイズ: 10 mm, 5 mm, 0.5 mm)					
	(a) IWC実施後に新たに船体に付着し性成熟した個体からの産卵数	(b) IWCにより海域に飛散した後、生存して性成熟した個体からの産卵数	合計 (a) + (b)	10mm未回収		5mm未回収		0.5mm未回収	
				(c) IWCにより海域に飛散した後、生存して性成熟した個体からの産卵数	合計 (a) + (c)	(d) IWCにより海域に飛散した後、生存して性成熟した個体からの産卵数	合計 (a) + (d)	(e) IWCにより海域に飛散した後、生存して性成熟した個体からの産卵数	合計 (a) + (e)
1年	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2年	1	0.460	1.46	0	1	0	1	0	1
3年	1	3.17	4.17	0.722	1.72	0.440	1.44	0	1

AFSを使用する際のリスクの考え方(生物移入リスク)Conclusion

防汚塗料の現状評価

有効期間3年を基準とした場合、付着防止期間1年、2年、3年の船が均等に混在している場合の平均的なdose (3年累積産卵量) は、基準ケースの164.4%に増加する。つまり、全船舶が3年間の防汚性能を実海域で将来的に担保できた場合、相対的な侵入リスク(dose)は1/1.6に低減できることになる。

また、船体付着生物による累積産卵数の削減には、自己研磨型防汚塗料の性能向上、特に初期の防汚効果の果たす役割が大きいことが示唆された。これは、初期(1年目)に付着した個体の産卵機会の方が、多く期待されることによる。

IWC の現状評価

将来技術としてのIWC 1年間間隔の実施は、除去生物の回収をせずとも、IWC非実施時に比較してdose(3年累積産卵数)は95.3%であり、IWC技術を、総合的な付着管理システムにおいて利用可能な要素技術とするためには除去物質の回収を必ず行うべきであると考えられた。

IWCの間隔を0.5年間に短縮した場合は、船体に付着する生物個体からの産卵をなくすことができる。船体付着した個体を起源とする産卵とIWCにより海域に飛散した個体を起源とする産卵を合計した総数で見ると、IWC半年間の間隔短縮はdose(3年累積産卵数)を91.3%にする。しかし、IWCにより海域に飛散した個体を起源とする産卵だけで見ると、doseは基本ケースの120%に増加する。IWCにより海域に飛散する個体は、状況により、回収等の検討が必要であると考えられる。

IWC の現状評価(続き)

仮にIWC実施を受け入れない国がある場合について試算した。両国でIWCを実施するケースが基準である。2国間往復の航路で、一方の国がIWCを実施せず他方の国がすべてのIWCを実施する場合、IWCを実施しない国のdose(3年累積産卵数)は24.0%に低下し、IWC実施国のdose(3年累積産卵数)は176.0%に増加する。IWC実施国の偏りが生む2国のdoseの差は大きいと言える。特定の海域でIWCの実施を禁止することは他国に対してのデメリットが大きい。

また、IWCにより海域に飛散した個体を起源とする産卵数だけに注目すれば、除去物質回収のdose(3年累積産卵数)は、メッシュサイズ10mm網使用で22.8%に、メッシュサイズ5mm網使用で13.9%、メッシュサイズ0.5mm網使用で0%に減少する。よって適切なメッシュサイズによる除去物質の回収は、産卵数の削減に極めて有効である。

船舶運用上の影響（沖待ちの評価）

豪州などの石炭船や鉄鉱石船などに見られるように、荷役の都合で船舶が港外で長期間沖待ちするケースが増えているため沖待ちの影響について検討した。ただし、沖待ちは運用上の問題であるため、定まった現状状態、将来状態が無い。AB国を単純往復する場合を基準ケースとして沖待ちした場合の生物産卵量を計算し、計算結果に見られる影響についてまとめた。

各航海14日間の沖待ちは、沖待ちする海域、しない海域共にdose(3年累積産卵数)を大きくする。モデル計算によれば、沖待ち国で311.2%、非沖待ち国で297.1%となり、沖待ち時間内に付着する生物量増加の影響が両国に現れる。さらに沖待ちにより産卵機会が増えることもその背景にある。

したがって、沖待ちは他国に対して産卵量を増加させるだけでなく、沖待ち国自身への産卵量も増加させることを国際的に認知するべきであり、沖待ちが頻発する航路に対しては、両国間の対策や合意形成が非常に重要になる。

後半を終了いたします。ご清聴ありがとうございました。

全体の報告書は下記URLでダウンロード可能です。

<http://www.sof.or.jp/jp/report/index.php>

(一覧から、平成21年度 外来生物の船体付着総合管理に関する調査報告書を選択)

http://www.sof.or.jp/jp/report/pdf/201010_ISBN978_4_88404_250_9.pdf

また、本会場受付に報告書(和文英文)の余部が多少残っています。さらに、本発表でも紹介した郵船ナブテック(株)殿の水中清掃装置「アクアシェーバー」のパンフレットもおいてございます。

ご興味のある方は、是非ご覧になってください。