R8-1 船底塗料と海

船底の塗料は海に何を出し、それはどこまで分かっていて、表面に成分を固定する方法にはどんな限界があるのか。

読み手	船主、造船所や修繕の会社、塗料や部品を扱う方、自治体の担当者など。専門の知識がなくても読めます。船底の塗料が海に出すものと、塗料とは別の方法の限界を知りたい方。
持って帰ってもらうこと	1. 船底の塗料の多くは、生き物を寄せつけない成分（殺生物剤）を海に少しずつ出して効きます。日本塗料工業会に登録された防汚の方法363件のうち、273件が銅の化合物（亜酸化銅）を含みます。国際海事機関（IMO）の指針は、船体を掃除すると、殺生物剤、金属、顔料、マイクロプラスチック（細かなプラスチックの粒）などが出ることがあるとしています。 2. 殺生物剤を使わない塗膜もすでに売られています。ただし、止まっている間に付きやすい、傷みやすいといった限界が挙げられ、フッ素を含む成分には別の懸念が示されています。IMO の2023年の指針は、殺生物剤を使う方法と使わない方法に、優劣をつけていません（本書の読み方）。 3. 当社は、素材の表面を処理してフッ素系の防汚成分を固定する方法をとっています。銅や銀などの殺生物剤は使いません。この方法にも限界があります。技術監修者の研究では、船のプロペラで5か月使うと成分の一部がはがれ、そこにフジツボが付きました。はがれた成分が海でどうなるかは測られていません。
読んだ後に	自分の船の塗料について、種類（自己研磨型、剥離型など）と、含まれる殺生物剤の名前を、塗料の作り手の資料で確かめる。掃除をするときは、その塗膜に合う方法かどうかも確かめる。

2026年11月　第1版　株式会社シーテックヒロシマ

1. 要点

- 船底の塗料の多くは、生き物を寄せつけない成分（殺生物剤）を海に少しずつ出して効きます。日本塗料工業会に登録された防汚の方法363件のうち、273件が銅の化合物（亜酸化銅）を含みます。[S4] 国際海事機関（IMO）の指針は、船体を掃除すると、殺生物剤、金属、顔料、マイクロプラスチック（細かなプラスチックの粒）などが出ることがあるとしています。[S1]
- 殺生物剤を使わない塗膜もすでに売られています。ただし、止まっている間に付きやすい、傷みやすいといった限界が挙げられ、フッ素を含む成分には別の懸念が示されています。[S5・S6・S7] IMO の2023年の指針は、殺生物剤を使う方法と使わない方法に、優劣をつけていません（本書の読み方）。[S1]
- 当社は、素材の表面を処理してフッ素系の防汚成分を固定する方法をとっています。銅や銀などの殺生物剤は使いません。この方法にも限界があります。技術監修者の研究では、船のプロペラで5か月使うと成分の一部がはがれ、そこにフジツボが付きました。はがれた成分が海でどうなるかは測られていません。[S13]

2. 塗料はどう効き、海に何を出すか

成分を出しながら効く

船の底には、フジツボや貝、藻が付きます。付くと水の抵抗が増え、燃料を余計に使います（くわしくは R1「海の付着がもたらす負担」）。これを防ぐために塗るのが防汚塗料です。

多くの防汚塗料は、殺生物剤を含み、それを海水に少しずつ出して付着を防ぎます。IMO などの国際事業 GloFouling の報告書は、殺生物剤を出す塗料を、最も広く使われ、費用の面でも有利な方法だとしています。[S6] 日本塗料工業会に登録された防汚の方法は363件あり（2026年10月23日時点）、そのうち273件が亜酸化銅（銅の化合物）を含みます。[S4]

自己研磨型と呼ばれる塗料は、表面が少しずつ溶けて、新しい面を出し続けます。IMO の水中清掃の手引き（2025年）は、自己研磨型は表面が溶けるにつれて殺生物剤を出しうると書いています。[S1]

掃除で出るもの

付いた生き物は、水中で船体を掃除して落とすことがあります。IMO の付着管理の指針（2023年）は、掃除で出るものを、溶けたものと粒に分け、殺生物剤、金属、有機物、落とした付着物、顔料、マイクロプラスチックなどを含みうると定義しています。掃除が塗膜を傷め、その寿命を縮め、有害なものを出すことがあるとも書いています。[S1]

2025年の手引きは、主なリスクとして、殺生物剤・プラスチック・マイクロプラスチックがまわりの水に出ることを挙げています。手引きによると、くずを回収しながら掃除しても、回収しきれない分が残ることがあります。[S1]

塗料が原因とみられる銅が海底で見つかった例や、掃除のあとに銅の溶け出しが増えるという試験と計算の結果は、R1 の3章にまとめています。

止まっている船

塗料の効き方は、船の使い方で変わります。IMO の指針は、防汚の方法がそれぞれ特定の速さに合わせて作られていること、船が動かない間は付着が増えることがあることを書いています。[S1] 2025年の手引きも、塗膜がいつもすべての面を守れるわけではないとし、船に合わない製品を選んだとき、長く止まったとき、使い方が想定と違うときを例に挙げています。[S1]

量は分かっていない

船底の塗膜から出るマイクロプラスチックが、年にどれだけの量になるかを示した資料は、当社が調べた範囲では見つかりませんでした。

3. 規制の流れ

禁じられた成分は2つ

船の防汚の方法を定める国際条約（AFS 条約）は、2001年に採択され、2008年9月17日に発効しました。条約が禁じている成分は2つです。[S2]

- 有機スズ化合物（スズを含む殺生物剤）は、2003年1月1日から新しく塗れなくなりました。2008年1月1日からは、船体に残さないか、溶け出さないよう上から塗膜で覆うことになっています。
- シブトリン（藻に効く殺生物剤）は、2023年1月1日から新しく塗れなくなりました。残っている分の扱いは、R1の4章に書いています。

日本は、船舶安全法の省令でこの条約を実施しています。省令は「防汚方法」を、被覆、塗料、表面処理、装置を使って船への生き物の付着を抑えたり防いだりする方法と定めています。塗料だけでなく、表面処理も入ります。[S3]

殺生物剤のあるなしで分けていない

IMO の2023年の指針は、殺生物剤を使う方法と使わない方法に、優劣をつけていません（本書の読み方）。求めているのは、有害なものが出ることの影響を考えること、塗膜に合った掃除の方法を選ぶこと、塗膜の作り手が殺生物剤と塗膜の種類を公開することです。[S1]

義務にする動き

付着の管理についての IMO の指針と手引きは、どちらも任意です。IMO の海洋環境保護委員会は2026年4〜5月の会合で、付着の管理を義務づける独立した国際文書を作ることに合意しました。検討の範囲には、有害なものやマイクロプラスチックが出ることへの対処が入っています。作業を終える目標は2029年です。[S8]

成分ごとの規制の日付や、EU と米国の動きは、R1 の3章と4章にまとめています。

4. 殺生物剤を使わない塗膜

すでに売られている

殺生物剤を含まない塗膜は、すでに売られています。代表は剥離型と呼ばれる塗膜で、付着そのものは防がず、付いた生き物の付き方を弱くして、船が進むときの水の力や、やさしい掃除で落とします。[S7] 1970年代に開発が始まりました。[S6] 米国ワシントン州の報告（2024年）によると、塗膜をつくる樹脂には、ふつうシリコーン系かフッ素樹脂系が使われます。[S5] プロペラ向けの、殺生物剤を含まない塗膜も売られています。

日本の登録363件のうち、種類に「殺生物剤なし」と書かれたものは22件です（R1 の23件は、殺生物剤の記載がない登録の数です）。[S4] 「剥離型」と名の付く塗膜のすべてが殺生物剤を含まないわけではありません。IMO の手引きも、剥離型には殺生物剤を含むものと含まないものがあると書いています。[S1]

限界

公的な資料と論文は、剥離型の限界を次のように挙げています。

- 剥離型は、速く、よく動く船に最も向くとされます。長く港にいる船や遅い船には向きにくいと、2011年の総説（研究をまとめた論文）は書いています。[S6・S7]
- シリコーン系の剥離型は、ほかの塗膜より長持ちしにくく、傷みやすいと、同じ総説にあります。[S7] ワシントン州は、止まっている間の付着と、塗膜の弱さを主な弱点に挙げています。[S5]
- 水の流れが少ないくぼみでは、剥離型の性能が大きく落ちることがあります。[S6]

試験の結果は分かれています。静かな海に置いた試験で剥離型に多く付いた例も、12か月の試験で殺生物剤を含まない製品が良い成績だった例もあります（R1 の3章）。

出るもの

殺生物剤を含まない塗膜からも、ものは出ます。ワシントン州の報告は、剥離型からシリコーン油や反応しきらなかった成分などが出うること、塗膜の粒がマイクロプラスチックになりうることを書いています。そのうえで、剥離型の毒性と環境への影響について結論を出すには情報が足りないとしています。[S5]

同じ報告は、殺生物剤を含まない塗料に使われるフッ素系の成分にも触れています。PFAS と呼ばれる、フッ素を含む化合物の一群です。報告は、PFAS を海の環境で懸念の大きい汚染物質だとし、銅の代わりに使うことは支持できないと書いています。[S5]

5. 表面に成分を固定する方法

ここからは、本書の発行者（株式会社シーテックヒロシマ）の方法と、その限界を書きます。

当社の方法

当社は、素材の表面を処理して、フッ素系の防汚成分を表面に固定します。銅や銀などの殺生物剤は使いません。[S14] 成分がどれだけ離れにくいかを測った記録は、公開の資料にはありません。

この方法は、技術監修の黒田健介（ナゴヤサーフェステクノロジー 代表、名古屋大学 未来社会創造機構 特任教授）が研究代表を務めた研究がもとになっています。国の研究費（科研費）による研究で、番号は 22K04725、期間は2022〜2024年度です。黒田は、個人として当社の技術を監修しています。以下は、公開されている研究成果報告書と、各年度の報告に書かれていることです。当社の試験の結果ではありません。[S13・S14]

- 2022年度の報告によると、銀・銅・亜鉛を付けた表面は、実験室では貝が付きにくくなりましたが、海では波で表面が削られ、効き目が見られませんでした。最終の報告の実験室の試験では、亜鉛は処理しない場合とほぼ同じでした。銀のイオンを固定したポリエチレンの板は、海に吊るして3か月で、処理しない板と同じ様子になりました。
- 研究はそのあと、水をはじく性質の高い「CF 系物質」を定着させる方法に切り替えています。報告書は物質の名前を書いていません。
- 直径16mmのビニロン（合成繊維）のロープは、海で10か月たっても、目で見て付着が少ない状態でした。図に写っているロープは、条件ごとに1本です。
- 高密度ポリエチレンの浮き玉（直径約150mm）は、設置して1年後、留めたロープには昆布などが茂っていましたが、浮き玉に貝や藻は付いていませんでした。報告書は浮き玉の数を書いていません。図に写っている処理した浮き玉は、時点ごとに1つです。処理しない浮き玉は、5か月の写真が1枚あるだけで、1年後の写真はありません。
- 真鍮のプロペラは、船に付けてほぼ毎日動かしました。5か月使うと CF 系物質の一部がはがれ、真鍮が出たところにフジツボが付きました。報告書は、耐久性を上げることが課題だとしています。処理しないプロペラとは比べていません。
- 2023年度には、海苔網用の直径2mmのロープを1m四方の枠4枚で試しました。ロープの留め方が足りなかったためか、処理した部材が海に流出し、効き目を確かめられませんでした。報告は、回収と評価を行わなかったとし

ています。

報告書はまとめとして、海のような厳しい環境では耐久性に問題のある表面改質もあり、耐久性と持続性を保つにはさらに研究が要ると書いています。[S13] この研究の論文や学会発表は、科研費のデータベース（KAKEN）には登録されていません。[S13]

大きさの限界

当社がいま使っている装置で処理できるのは、サッカーボール程度の大きさまでです。大きな船の船体をそのまま処理することはできず、それには別の装置の開発が要ります。まずは、プロペラのように汚れやすい小さな部品から始める考えです。

フッ素系の成分についての決まり

日本には、化学物質の製造や輸入を規制する法律（化審法）があります。フッ素を含む物質のうち、PFOS、PFOA、PFHxS と、PFOA・PFHxS の関連物質は、この法律で製造と輸入が原則として禁じられています。炭素の数が9〜21の長鎖 PFCA とその関連物質も、2026年11月22日から加わりました。表面に結び付けて使う薬品（シラン剤）のうち、フッ素系の一部は、PFOA の関連物質として、2025年1月から禁止の対象です。フライパンの加工などに使われる PTFE のようなフッ素樹脂は、この指定に入っていません。[S9] 指定に入っていないことは、安全が確かめられたという意味ではありません。

EU では、フッ素樹脂を含む PFAS 全体を制限する案が審議されています。案は、完全にフッ素化された炭素（CF3 や CF2）を1つ以上もつ物質を対象にし、製品の中に含まれるものも含めます。5か国が2023年1月に案を出しました。欧州化学品庁では、健康と環境へのリスクを見る委員会が2026年3月に最終の意見を採択しました。社会や経済への影響を見る委員会も最終の意見を採択したと、同庁が2026年11月19日に発表したと報じられています。報道（11月20日）によると、意見の本文は数週間のうちに公表されます。このあと欧州委員会が案を作り、加盟国が採決します。日程は決まっていません。[S10]

案の要約は、船の防汚の塗装、漁網、ロープ、養殖の資材を名指ししていません（釣り糸は、消費者向けの品として挙がっています）。ただし、船は輸送の分野に入り、名指しのない使い道もどこかの分野で扱うとしています。[S10]

当社が使う成分が、これらの決まりのどれに当たるかは、成分の種類によって決まります。成分がフッ素樹脂か、それより小さな分子かの確認は、技術監修者と進めている途中です。確かめが済むまで、当社はどの決まりに当たるかを言い切りません。

すり減ったときに出るもの

4章で見たワシントン州の懸念は、フッ素系の成分を使う点で、当社の方法にも向けられうるものです。

以下は、フッ素樹脂についての議論です。当社の成分が樹脂でない場合は、そのままは当てはまりません。

フッ素樹脂は、環境の中でほとんど分解しません。この点は、規制を求める側も、業界の側も一致しています。[S10・S11] 食い違うのは、分解しないことをどう見るかです。業界の著者が中心の論文は、フッ素樹脂は安定で、体に取り込まれにくく、ほかの PFAS と分けて扱うべきだとします。大学や行政の著者が中心の論文は、作るときに使う補助の薬剤、製品に残る小さな分子、使い終えたあとを含めると、懸念が低いとは言えないとします。[S11]

傷ついた調理器具の被膜からフッ素樹脂の粒が出ることは、研究で示されています（粒の数は見積もりです）。地中海の魚が飲み込んだプラスチックから、フッ素樹脂が見つかった報告もあります。[S12] 魚から見つかった粒がどこ

から来たかは、分かっていません。

次のことは、当社が調べた範囲では、測った研究が見つかりませんでした。

- フッ素系の防汚塗料や表面処理から、海水に成分や粒がどれだけ出るか
- 海水の中で、フッ素樹脂がどれくらいの速さで砕け、分解するか
- フッ素樹脂の粒が、海の生き物にどう影響するか

技術監修者の研究でも、5か月でプロペラからはがれた成分がどこへ行き、どれだけの量だったかは、測られていません。[S13] 研究とは別に、当社は、処理したものをそのまま海に放置しない方針をとっています。

6. 海の側を見る手段

塗料や表面から出たものが海でどうなるかを知るには、海の側を測る手段が要ります。R1 が示すとおり、広島湾の海水や海底の防汚成分を測った資料は、2000年代のものが中心で、今の状態は分かっていません。

当社は、衛星の画像で海の上のカキ筏を見つける仕組みにも取り組んでいます（R5-1「船と漁具の衝突」）。衛星は広い海を繰り返し写せます。ただし、塗料の成分のようにごく薄く水に溶けたものを、衛星の画像から測った例は、当社が調べた範囲では見つかりませんでした。いまのところ、塗料と海の関係を確かめる手段は、水や海底の泥を採って測る調査です。

7. 確かさと発行者の立場

分かっていないことは、2章、5章、6章に書きました。

規制の日付と条文は、2026年11月12日に、条約、IMO の決議、日本の法令、EU の当局の資料で確かめたものです。欧州化学品庁の資料は、同庁のサイトが開けなかったため、保存された写しで確かめました。2026年11月25日に、日本の長鎖 PFCA の施行と、EU の委員会の採択だけを確かめ直しました。EU の採択は、業界誌の報道によります。EU の制限案と IMO の義務化の作業は、進んでいる途中です。

殺生物剤を使わない塗膜の性能の数字は、ほとんどが作り手の主張です。本書では使っていません。塗料と当社の方法を同じ条件で比べた資料は、見当たりません。そのため、優劣は比べていません。

5章の研究の結果は、研究者自身の報告で、ほかの研究者の審査（査読）を受けた論文ではありません。[S13] 海での試験は、数が書かれていないか、図に写っているのが条件ごとに1つです。

本書の発行者（株式会社シーテックヒロシマ）は、材料の表面処理で付着を抑える事業を行っており、本書が扱う塗料と競合しうる立場です。塗料と組み合わせて使うことも考えています。

8. 出典

2〜5章は、2026年11月12日に別の調査者が出典を開いて確かめた調べをもとにしています。確かさ：A＝条約・法令・国際機関や国・州の資料、B＝論文・研究機関や国際事業の報告、C＝団体の資料・当社のページ。

ID	資料（発行元・年）	種類	確かさ	使った章
S1	IMO：付着管理指針 MEPC.378(80)（2023）・水中清掃の手引き MEPC.1/Circ.918（2025）	指針	A	1〜4章
S2	AFS 条約：IMO の解説ページ・条約の正文（2001）・シブトリン禁止の改正 MEPC.331(76)（2021）	条約	A	3章
S3	船舶安全法施行規則（第19条、第65条）	法令	A	3章
S4	防汚方法の登録リスト（日本塗料工業会・2026年10月。件数は調査者が数えた値）	団体	C	1・2・4章
S5	防汚塗料 議会への第3次報告（米国ワシントン州環境局・2024）	州	A	1・4章
S6	GloFouling：燃費と温室効果ガスの報告（IMO の事業と業界団体の共同、業界団体の会員の資金・2022）	報告	B	1・2・4章
S7	Callow・Callow：海の付着と防汚の動向（Nature Communications・2011）	論文	B	1・4章
S8	IMO 海洋環境保護委員会 第84回 報告書・追補3（2026。シンガポール海事港湾庁が公開する写し）	報告	A	3章
S9	日本の PFAS の規制：化審法施行令・PFAS ハンドブック（環境省・2025年12月）・PFOA の関連物質を定める省令（令和6年厚生労働省・経済産業省・環境省令第4号）	法令	A	5章
S10	EU の PFAS 制限案：5か国の当局による要約（2025）・欧州化学品庁の発表（2026年3月26日）・業界誌の報道（European Coatings・2026年11月20日）	当局	A	5章
S11	フッ素樹脂の評価：Lohmann ほか（2020）・Henry ほか（2018、要旨のみ。著者は業界の所属が中心）	論文	B	5章
S12	フッ素樹脂の粒：Luo ほか（Science of the Total Environment 851巻・2022、要旨のみ）・Capillo ほか（Marine Pollution Bulletin 150巻・2020、要旨のみ）	論文	B	5章
S13	科研費 22K04725（研究代表者 黒田健介）：課題のページ・研究成果報告書（2025年5月14日現在）・2022年度と2023年度の実施状況報告書	報告	B	1・5・7章
S14	当社のページ：表面の技術（株式会社シーテックヒロシマ・2026）	自社	C	5章

関連する資料

- R1「海の付着がもたらす負担」：付着で増える燃料と手間、今の対策とその限界、規制の日付
- R5-1「船と漁具の衝突」：衛星の画像でカキ筏を見つける取組
- R8-2「海に栄養を戻す仕組み」：同じ表面の技術を「付ける」向きに使う提言
- C2「海の課題を組み合わせて解く」：当社がこの方法をどう使おうとしているか