

## 明 細 書

発明の名称：塗料選択システムおよび塗料選択方法

### 技術分野

[0001] 本開示は、塗料選択システムおよび塗料選択方法に関する。本出願は、2021年8月24日に出願された日本国特許出願2021-136344号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

### 背景技術

[0002] 従来から、海水等に長期間曝される船舶等の船底等には、水中の生物が付着することが知られている（例えば、特許文献1）。生物付着は、船舶が運航する際の抵抗を上昇させるので、船舶の速度を低下させたり、燃費を悪化させたりする。また、船舶等への生物付着は、船舶等の清掃コストを上昇させる一因となり、また、船舶等の対象物における耐久性を悪化させるおそれがある。一般に、船体に生物が付着することを抑制する性質を示す防汚性を有する塗料が船体に塗布される。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2018-167654号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 生物付着に関する評価は、数か月から数年の評価時間を要することが多い。また、生物付着に関する評価方法としては、目視等の精度の低い方法が用いられることが多い。このため、現状では、船舶等に応じた塗料を選択することが困難であり、いわゆる「経験と勘」に頼って塗料が選択されている。すなわち、適切な防汚性を有する塗料が選択できているとは言い難い状況であった。このような課題は、船舶に限らず、水中で用いられる漁具や配管等の任意の対象物に用いられる塗料についても共通する。このため、適切な防汚性を有する塗料を選択できる技術が望まれる。

### 課題を解決するための手段

- [0005] 本発明は、以下の形態として実現することが可能である。
- [0006] (1) 本発明の一形態によれば、塗料を選択するための塗料選択システムが提供される。この塗料選択システムは、評価水域の位置情報と、複数の塗料の防汚性と、の対応関係を含む塗料防汚性データが記憶された記憶部と、特定水域の位置情報の入力を受け付ける入力部と、前記塗料防汚性データと前記特定水域の位置情報とを用いて、前記特定水域において使用する前記塗料を特定する特定部と、特定された前記塗料の識別情報を出力する出力部と、を備え、前記塗料防汚性データは、前記塗料が予め塗布された試料であって、前記評価水域に浸漬された前記試料に付着した生物を分析することにより作成されている。この形態の塗料選択システムによれば、塗料防汚性データが記憶された記憶部と、塗料防汚性データと特定水域の位置情報とを用いて特定水域において使用する塗料を特定する特定部とを備えるので、特定水域で使用される対象物に応じた適切な防汚性を有する塗料を選択できる。
- [0007] (2) 上記形態の塗料選択システムにおいて、前記記憶部には、複数の前記塗料のそれぞれの価格と対応する価格データが記憶されており、前記特定部は、前記塗料防汚性データと前記価格データと前記特定水域の位置情報とを用いて、前記特定水域において使用する前記塗料を特定してもよい。この形態の塗料選択システムによれば、塗料防汚性データと特定水域の位置情報とに加えて価格データを用いて特定水域において使用する塗料を特定するので、価格が考慮された適切な塗料を選択できる。
- [0008] (3) 上記形態の塗料選択システムにおいて、前記塗料防汚性データには、前記評価水域の位置情報が複数含まれており、前記特定部は、前記特定水域の位置情報が、複数の前記評価水域の位置情報のうちのいずれか1つと同じであるか否かを判定し、同じであると判定された場合、同じであると判定された前記評価水域における前記塗料防汚性データに基づいて前記塗料を特定し、同じでないと判定された場合、複数の前記評価水域のうち前記特定水域と最も距離が近い前記評価水域における前記塗料防汚性データに基づいて前

記塗料を特定してもよい。この形態の塗料選択システムによれば、特定水域の位置情報が複数の評価水域の位置情報のうちのいずれか1つと同じでない場合に、複数の評価水域のうち特定水域と最も距離が近い評価水域における塗料防汚性データに基づいて塗料を特定するので、塗料防汚性データに含まれない水域において使用される対象物に対しても、適切な塗料を選択できる。

- [0009] (4) 上記形態の塗料選択システムにおいて、前記塗料防汚性データの作成において分析される前記生物は、原核生物であってもよい。この形態の塗料選択システムによれば、細胞の大きさが比較的均一な原核生物を指標として塗料防汚性データが作成されているので、防汚性に関する分析誤差を小さくできる結果、防汚性の評価精度を高めることができる。
- [0010] (5) 上記形態の塗料選択システムにおいて、前記塗料防汚性データの作成において分析される前記生物は、真核生物であってもよい。この形態の塗料選択システムによれば、真核生物を指標として塗料防汚性データが作成されているので、例えば大型の海藻類等、船舶等の対象物を使用する際の抵抗上昇に直接的に寄与する生物群を指標とできる結果、防汚性に関する直接的なデータを用いて塗料を選択できる。
- [0011] (6) 上記形態の塗料選択システムにおいて、前記塗料防汚性データの作成において分析される前記生物は、原核生物および真核生物であってもよい。この形態の塗料選択システムによれば、原核生物と真核生物とを指標として塗料防汚性データが作成されているので、原核生物と真核生物とを指標とした総合的な塗料防汚性データを用いて塗料を選択できる。
- [0012] (7) 上記形態の塗料選択システムにおいて、前記塗料は、船舶に使用される塗料であってもよい。この形態の塗料選択システムによれば、船舶に使用される塗料を選択するので、船舶に応じた適切な防汚性を有する塗料を選択できる。この結果、生物付着に起因して船舶が運航する際の抵抗が上昇することを抑制できるので、船舶の速度低下を抑制でき、また、燃費の悪化を抑制できる。

- [0013] (8) 本発明の他の形態によれば、塗料を選択するための塗料選択方法が提供される。この塗料選択方法は、前記塗料が予め塗布された試料であって評価水域に浸漬された前記試料に付着した生物を分析することにより、前記評価水域の位置情報と複数の前記塗料の防汚性との対応関係を含む塗料防汚性データを作成する工程と、特定水域の位置情報の入力を受け付ける工程と、前記塗料防汚性データと前記特定水域の位置情報とを用いて、前記特定水域において使用する前記塗料を特定する工程と、特定された前記塗料の識別情報を出力する工程と、を含む。
- [0014] (9) 本発明の他の形態によれば、船舶の塗料を選択するための塗料選択システムが提供される。この塗料選択システムは、前記塗料が予め塗布された試料であって評価水域に浸漬された前記試料に付着した生物種の情報である第1の生物種情報と、複数の前記塗料の防汚性と、の対応関係を含む塗料防汚性データが記憶された記憶部と、前記船舶が使用される使用水域に浸漬された前記船舶に付着した生物種の情報である第2の生物種情報を含む入力データの入力を受け付ける入力部と、前記塗料防汚性データと前記入力データとを用いて、前記船舶に塗布する前記塗料を特定する特定部と、特定された前記塗料の識別情報を出力する出力部と、を備える。この形態の塗料選択システムによれば、第1の生物種情報と複数の塗料の防汚性との対応関係を含む塗料防汚性データと、使用水域において船舶に付着した生物種の情報である第2の生物種情報を含む入力データとを用いて、船舶に塗布する塗料を特定する特定部を備えるので、目的の船舶に付着しやすい生物種に対して適切な防汚性を有する塗料を選択できる。この結果、船舶に応じて適切な防汚性を有する塗料を選択できる。
- [0015] (10) 上記形態の塗料選択システムにおいて、前記記憶部には、複数の前記塗料のそれぞれの価格と対応する価格データが記憶されており、前記特定部は、前記塗料防汚性データと前記価格データと前記第2の生物種情報とを用いて、前記船舶に塗布する前記塗料を特定してもよい。この形態の塗料選択システムによれば、塗料防汚性データと第2の生物種情報とに加えて価格

データを用いて、船舶に塗布する塗料を特定するので、価格が考慮された適切な塗料を選択できる。この結果、船舶に応じて防汚性および経済性に優れた塗料を選択できる。

[0016] (11) 上記形態の塗料選択システムにおいて、前記第1の生物種情報および前記第2の生物種情報は、生物種の組成に関する情報を含んでもよい。この形態の塗料選択システムによれば、第1の生物種情報および第2の生物種情報が、生物種の組成に関する情報を含んでいるので、その船舶が使用される使用水域における生物種組成に応じた適切な防汚性を有する塗料を選択できる。

[0017] (12) 上記形態の塗料選択システムにおいて、前記第1の生物種情報および前記第2の生物種情報は、予め定められた生物種に関する情報を含んでもよい。この形態の塗料選択システムによれば、第1の生物種情報および第2の生物種情報が、予め定められた生物種に関する情報を含んでいるので、船舶に付着する生物種として留意すべき任意の生物種等に対して適切な防汚性を有する塗料を選択できる。

[0018] (13) 上記形態の塗料選択システムにおいて、前記第1の生物種情報および前記第2の生物種情報は、原核生物種に関する情報であってもよい。この形態の塗料選択システムによれば、第1の生物種情報および第2の生物種情報が、原核生物種に関する情報であるので、細胞の大きさが比較的均一な原核生物を指標として塗料防汚性データが作成されている。この結果、防汚性に関する分析誤差が小さく防汚性の評価精度が高い塗料防汚性データを用いて塗料を選択できる。

[0019] (14) 上記形態の塗料選択システムにおいて、前記第1の生物種情報および前記第2の生物種情報は、真核生物種に関する情報であってもよい。この形態の塗料選択システムによれば、第1の生物種情報および第2の生物種情報が、真核生物種に関する情報であるので、真核生物を指標として塗料防汚性データが作成されている。この結果、例えば大型の海藻類等、船舶等の対象物を使用する際の抵抗上昇に直接的に寄与する生物群を指標とできる結果

、防汚性に関する直接的なデータを用いて塗料を選択できる。

[0020] (15) 上記形態の塗料選択システムにおいて、前記第1の生物種情報および前記第2の生物種情報は、原核生物種および真核生物種に関する情報であってもよい。この形態の塗料選択システムによれば、原核生物と真核生物とを指標として塗料防汚性データが作成されているので、原核生物と真核生物とを指標とした総合的な塗料防汚性データを用いて塗料を選択できる。

[0021] (16) 上記形態の塗料選択システムにおいて、前記塗料防汚性データには、前記船舶の運航速度に関する第1の速度情報がさらに含まれており、前記入力データには、前記船舶の運航速度に関する第2の速度情報がさらに含まれていてもよい。この形態の塗料選択システムによれば、船舶の運航速度に関する第1の速度情報が塗料防汚性データに含まれており、船舶の運航速度に関する第2の速度情報が入力データに含まれているので、船舶の運航速度に応じた適切な防汚性を有する塗料を選択できる。

[0022] (17) 上記形態の塗料選択システムにおいて、前記塗料防汚性データには、前記船舶の運航頻度に関する第1の頻度情報がさらに含まれており、前記入力データには、前記船舶の運航頻度に関する第2の頻度情報がさらに含まれていてもよい。この形態の塗料選択システムによれば、船舶の運航頻度に関する第1の頻度情報が塗料防汚性データに含まれており、船舶の運航頻度に関する第2の頻度情報が入力データに含まれているので、船舶の運航頻度に応じた適切な防汚性を有する塗料を選択できる。

[0023] (18) 本発明の他の形態によれば、船舶の塗料を選択するための塗料選択方法が提供される。この塗料選択方法は、前記塗料が塗布される前記船舶であって、前記船舶が使用される使用水域に浸漬された前記船舶に付着した生物を分析することにより、前記船舶に付着した生物種の情報である第2の生物種情報を取得する工程と、前記第2の生物種情報を含む入力データの入力を受け付ける工程と、第1の生物種情報と複数の前記塗料の防汚性との対応関係を含む塗料防汚性データと、前記入力データとを用いて、前記船舶に塗布する前記塗料を特定する工程と、特定された前記塗料の識別情報を出力す

る工程と、を含み、前記塗料防汚性データは、前記塗料が予め塗布された試料であって評価水域に浸漬された前記試料に付着した生物を分析することにより、前記試料に付着した生物種の情報である前記第1の生物種情報を取得して作成されている。

[0024] なお、本発明は、種々の形態で実現することが可能であり、例えば、塗料選択装置、塗料選択システムを実行するためのプログラム等の態様で実現することができる。

### 図面の簡単な説明

[0025] [図1]塗料選択システムの概略構成を示すブロック図。

[図2]塗料防汚性データを作成するために用いる試料の一例を示す説明図。

[図3]塗料防汚性データの一例を示す説明図。

[図4]価格データの一例を示す説明図。

[図5]塗料選択方法の手順を示すフローチャート。

[図6]第2実施形態における塗料選択方法の手順を示すフローチャート。

[図7]第3実施形態における塗料防汚性データの一例を示す説明図。

[図8]塗料防汚性データの他の例を示す説明図。

[図9]第3実施形態における塗料選択方法の手順を示すフローチャート。

[図10]第4実施形態における塗料防汚性データの一例を示す説明図。

[図11]第5実施形態における塗料防汚性データの一例を示す説明図。

[図12]宜野湾マリーナにおける、ホヤおよびコケムシの付着量を示す説明図。

[図13]与那原マリーナにおける、ホヤおよびコケムシの付着量を示す説明図。

[図14]宜野湾マリーナにおける原核生物のシャノンの多様度指数を示す説明図。

[図15]与那原マリーナにおける原核生物のシャノンの多様度指数を示す説明図。

[図16]原核生物のシャノンの多様度指数および配列種類数の推移を示す説明

図。

[図17]図16に示す結果に基づく塗料の防汚性の順位の推移を示す説明図。

[図18]宜野湾マリーナにおける、真核生物の $\beta$ 多様性の評価結果を示す説明図。

[図19]与那原マリーナにおける、真核生物の $\beta$ 多様性の評価結果を示す説明図。

[図20]海中から取り出したパネルを示す説明図。

[図21]各試料において検出された原核生物由来の配列の総種数を示す説明図。

[図22]塗装後6か月において上架した船舶における生物付着の様子を示す説明図。

### 発明を実施するための形態

#### [0026] A. 第1実施形態

図1は、本発明の一実施形態としての塗料選択システム100の概略構成を示すブロック図である。本実施形態の塗料選択システム100は、水中で使用される船舶等の対象物に塗布される塗料を選択するために用いられる。本願発明者らは、水域によって生息する生物種が異なることに着目し、水域ごとに船舶等の対象物に付着しやすい生物種が異なることから、その水域において適切な防汚性を有する塗料を選択して対象物に適用することを想定し、本願発明に至った。塗料が塗布される対象物は、船舶に限らず、漁具や発電所の配管等、水中で使用される任意の対象物であってもよい。本明細書において、「船舶」とは、推進器の有無に関わらず、人や物をのせて水上または水中移動する目的で作られた乗り物の総称を意味している。このため、本明細書における「船舶」には、潜水艦や、進水した建造中の船舶構築物等も含まれる。本明細書において、「防汚性」とは、「生物が表面に付着することに起因する汚れ」を抑制する性能を示す。このため、「塗料の防汚性」とは、「その塗料が対象物の表面に塗布されていることにより、生物が対象物の表面に付着することを抑制する性能」を示す。本明細書では、対象物が使

用される或る特定の水域を「特定水域」と呼ぶ。特定水域の具体例としては、例えば、船舶が停泊する海港や船舶が航行する航路等を挙げることができる。なお、特定水域は、海に限らず、湖や河川等であってもよい。本実施形態の塗料選択システム１００は、特定水域で使用される対象物に応じた適切な防汚性を有する塗料を選択する。選択対象となる塗料は、主に対象物の外壁面に塗布されることが想定され、特に対象物が船舶である場合には、船底に塗布されることが想定される。

[0027] 塗料選択システム１００は、記憶部１０と、入力部２０と、特定部３０と、出力部４０と、を備える。塗料選択システム１００は、プログラムに従って動作するコンピュータのＣＰＵ（Central Processing Unit）によって実現される。記憶部１０は、ＲＯＭ（Read Only Memory）とＲＡＭ（Random Access Memory）とを有し、対象物に適用する塗料を選択するための塗料選択プログラム１２が予め記憶されている。ＣＰＵは、記憶部１０に予め記憶されている塗料選択プログラム１２を実行することにより、特定部３０として機能する。

[0028] 記憶部１０は、塗料選択プログラム１２に加えて、塗料防汚性データ１４と、価格データ１６と、を記憶している。本実施形態において、塗料防汚性データ１４とは、評価水域の位置情報と複数の塗料の防汚性との対応関係を含むデータを意味する。本明細書において、評価水域とは、後述する評価方法によって、複数の塗料の防汚性を予め評価した水域を意味する。評価水域の位置情報は、例えば、評価水域である港等の名称や住所、評価水域の緯度および経度の情報等であってもよい。また、評価水域の位置情報は、例えば、防汚性を評価した特定の航路や海域等の情報であってもよい。塗料防汚性データ１４についての詳細な説明は、後述する。本明細書において、価格データ１６とは、複数の塗料のそれぞれの価格と対応するデータを意味する。価格データ１６についての詳細な説明は、後述する。なお、記憶部１０は、価格データ１６を記憶していなくてもよい。すなわち、価格データ１６は、省略されていてもよい。

- [0029] 入力部20は、特定水域の位置情報の入力を受け付ける。入力部20の具体的な構成は、特に限定されないが、例えば、キーボードやボタン、タッチパネルの画面等の操作部によって構成されていてもよく、ユーザーの音声等を受け付けるマイクにより構成されていてもよい。また、入力部20は、無線通信または有線通信を行う機能を有する通信装置によって構成されていてもよい。通信装置は、例えば、ユーザーの携帯情報端末等に入力された特定水域の位置情報を受け付けてもよい。特定水域の位置情報は、例えば、港の名称や住所、緯度および経度の情報等、特定水域の位置を指定可能な任意の情報であってもよい。また、特定水域の位置情報は、例えば、特定の航路や海域等、特定水域の位置を指定可能な任意の情報であってもよい。
- [0030] 特定部30は、記憶部10に記憶されている塗料防汚性データ14と、入力部20が受け付けた特定水域の位置情報とを用いて、特定水域において使用する塗料を特定する。塗料防汚性データ14と特定水域の位置情報とを用いて特定水域において使用する塗料を特定することは、塗料選択プログラム12を実行することに相当する。塗料の特定についての詳細な説明は、後述する。
- [0031] 出力部40は、特定部30によって特定された塗料の識別情報を出力する。出力部40の具体的な構成は、特に限定されないが、例えば、モニターやタッチパネルの画面等の表示部によって構成されていてもよく、スピーカー等により構成されていてもよい。また、出力部40は、無線通信または有線通信を行う機能を有する通信装置によって構成されていてもよい。通信装置は、例えば、ユーザーの携帯情報端末等に対して塗料の識別情報を出力してもよい。塗料の識別情報は、特に限定されないが、例えば、塗料名や塗料の識別番号等、塗料を識別可能な任意の情報であってもよい。
- [0032] 塗料防汚性データ14は、塗料が予め塗布された試料であって評価水域に浸漬された試料に付着した生物を分析することにより作成されている。
- [0033] 図2は、塗料防汚性データ14を作成するために用いる試料の一例を示す説明図である。図2に示す例では、各塗料が塗布された試料50が複数固定

されたパネル60が用いられている。試料50やパネル60としては、特に限定されないが、例えば、鉄板等の金属板や、プラスチック製の板、船舶の船底の表面の少なくとも一部等を用いることができる。また、試料50として、実際に運航している船舶の船底等の少なくとも一部を用いてもよい。また、複数の試料50が固定されたパネル60を用いることに限らず、各試料50がそれぞれ独立した態様で評価水域に浸漬されてもよい。なお、パネル60には、対照として、塗料が塗布されていない試料や、防汚性を有しないと予測される塗料が塗布された試料等が含まれていてもよい。また、パネル60には、対照として、浸漬した水域の海水試料が含まれていてもよい。また、各塗料が塗布された試料50の数、すなわち評価に用いる塗料数は、特に限定されないが、例えば、10種類や20種類、30種類、40種類等の任意の数に設定できる。また、分析誤差を少なくするために、1種類の塗料を複数の箇所に塗り分けてもよい。

[0034] 評価水域は、塗料の防汚性評価に用いた水域を意味する。評価水域は、特に限定されないが、対象物が用いられることが想定される水域であることが好ましい。例えば、対象物が船舶である場合には、船舶が停泊することが想定される海港等の水域であることが好ましい。なお、評価水域は、海に限らず、湖や河川等であってもよい。上記試料を評価水域に浸漬させる期間（以下、「浸漬期間」または「評価期間」とも呼ぶ）は、特に限定されないが、例えば、1週間や2週間、4週間、6週間、10週間等の任意の期間に設定できる。また、浸漬期間は、例えば、数ヵ月や1年等の任意の期間に設定されてもよい。上記試料を評価水域に浸漬させることにより、試料の表面には複数種の生物が付着する。なお、評価水域は、1箇所の水域であってもよく、複数箇所の水域であってもよい。

[0035] 試料に付着した生物の分析は、特に限定されないが、例えば、核酸分析法を用いて行うことができる。なお、核酸分析法に限らず、アミノ酸分析法等の任意の方法によって生物組成の分析を行ってもよく、核酸分析法に加えてアミノ酸分析法や目視観察等の任意の方法を組み合わせてもよい。本明細書

において、「核酸分析法」とは、DNAまたはRNAに含まれる塩基配列を分析する方法を意味する。核酸分析法を用いて生物の分析を行うことにより、生物種の同定の精度が高く、かつ、生物種の検出の感度が高い評価を短時間で行うことができる。核酸分析法としては、塩基配列を決定しない方法と、塩基配列を決定する方法とが挙げられる。

[0036] 塩基配列を決定しない方法としては、特に限定されないが、例えば、変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法（denaturing gradient gel electrophoresis：D G G E）、DNAチップによる遺伝子検出法等が挙げられる。D G G E法は、変性剤を含むゲルを用いて、PCR増幅したDNAの電気泳動を行い、得られたDNAバンドのパターンから生物種組成を推定する方法である。DNAチップによる遺伝子検出法は、生物種特異的な配列をスポットしたDNAアレイに核酸をハイブリダイズさせ、その強度に基づいて生物の存在の有無を推定する方法である。

[0037] 塩基配列を決定する方法としては、特に限定されないが、例えば、次世代シーケンシング法、サンガー法、マキシム・ギルバート法等が挙げられる。本実施形態では、核酸分析法として、次世代シーケンシング法を用いる。本明細書において、「次世代シーケンシング法」とは、サンガー法およびマキシム・ギルバート法以外の方法であって、一度の解析で千断片以上のDNAまたはRNAに含まれる塩基配列を解析する方法を示す。

[0038] 次世代シーケンシング法を用いることにより、一度に多数の核酸を分析することで、試験片に含まれる生物種について、存在割合の極めて小さい種も同定できる。さらに、次世代シーケンシング法を用いることにより、得られた核酸の塩基配列を塩基配列データベースに照合することで、生物種を生物分類の細かいランクまで同定できる。

[0039] 次世代シーケンシング法としては、特に限定されないが、例えば、パイロシーケンス法、イオン半導体シーケンス法、可逆的ターミネーター法、一分子リアルタイムシーケンス法、ナノポアシーケンス法等が挙げられる。パイロシーケンス法に使用する装置としては、特に限定されないが

、例えば、ロシュ・ダイアグノスティックス社製のG S F L X等が挙げられる。イオン半導体シーケンス法に使用する装置としては、特に限定されないが、例えば、Thermo Fischer Scientific社製のI o n P G M等が挙げられる。可逆的ターミネーター法に使用する装置としては、特に限定されないが、例えば、イルミナ社製のM i S e q等が挙げられる。一分子リアルタイムシーケンス法に使用する装置としては、特に限定されないが、例えば、Pacific Bioscience社製のP a c B i o（登録商標）R S I I等が挙げられる。ナノポアシーケンス法に使用する装置としては、特に限定されないが、例えば、オックスフォード・ナノポアテクノロジーズ社製のM i n I O N等が挙げられる。

[0040] 上記試料1枚当たりにおいて分析する核酸分子の断片数は、特に限定はないが、100断片以上が好ましく、1,000断片以上がより好ましく、10,000断片以上がさらに好ましい。試料1枚当たりにおいて分析する核酸分子の断片数が多いほど、存在比率が極端に少ない生物種の存在についても検出することができる。

[0041] 塗料防汚性データ14の作成において分析される生物は、原核生物のみであってもよく、真核生物のみであってもよく、原核生物と真核生物との両方であってもよい。

[0042] 原核生物は、70Sリボソームを有することを特徴とする。原核生物としては、特に限定されないが、例えば、真正細菌であるプロテオバクテリアやシアノバクテリア等や、古細菌であるメタン細菌等が該当する。原核生物の生物種の分析は、例えば16S rRNA等の原核生物に保存された遺伝子の塩基配列を解析することにより行うことができる。原核生物の生物種の分析による塗料の防汚性の評価では、例えば、試料に付着した原核生物の生物種が少ないほど、塗料の防汚性が高いと評価してもよい。原核生物の生物種は、例えばP h y l u m（門）レベルで分析してもよく、検出された配列を1塩基レベルで区別して分析してもよく、試料に付着した全生物種に対する相対値（相対出現頻度）として示されてもよい。また、原核生物の生物種は

、例えば、Genus（属）やOrder（目）レベル等の特定のレベルで分析してもよい。原核生物は、細胞の大きさが比較的均一であるため、例えばアルファ多様性を用いた防汚性の評価において、分析誤差を小さくできる。このため、原核生物を分析して塗料防汚性データ14を作成することにより、防汚性に関する分析誤差を小さくして防汚性の評価精度を高めることができる。

[0043] 真核生物は、80Sリボソームを有することを特徴とする。真核生物としては、特に限定されないが、例えば、昆布、イソギンチャク、貝、エビ、フジツボ、ホヤ、コケムシ等が該当する。真核生物の生物種の分析は、例えば18S rRNA等の真核生物に保存された遺伝子の塩基配列を解析することにより行うことができる。真核生物の生物種の分析による防汚性の評価では、例えば、試料に付着した真核生物の生物種が多いほど、塗料の防汚性が高いと評価してもよい。また、試料に付着した生物種の全体に対する特定の分類群、例えば、燃費に悪影響を与える大型の海藻類等の生物種組成比が小さいほど、塗料の防汚性が高いと評価してもよい。真核生物の生物種は、例えばClass（綱）レベルで分析してもよく、検出された配列を1塩基レベルで区別して分析してもよく、試料に付着した全生物種に対する相対値（相対出現頻度）として示されてもよい。また、例えば、予め定められた生物種の付着量が少ないほど、塗料の防汚性が高いと評価してもよい。真核生物の生物種の組成を用いて防汚性を評価することにより、船舶が運航する際の抵抗上昇等、対象物を使用する際の抵抗上昇に直接的に寄与する生物群を指標とできる。このため、真核生物を分析して塗料防汚性データ14を作成することにより、直接的な結果を示す塗料防汚性データ14を用いて塗料を選択できる。

[0044] 塗料防汚性データ14の作成において分析される生物は、原核生物と真核生物との両方であってもよい。原核生物と真核生物とを指標として塗料防汚性データ14が作成されることにより、原核生物と真核生物とを指標とした総合的な塗料防汚性データ14を用いて塗料を選択できる。

[0045] 塗料防汚性データ 14 の作成において分析される生物は、評価水域毎に異なっているとしてもよい。例えば、ホヤやコケムシ、二枚貝、フジツボ等の留意すべき生物群が存在する場合には、そのような特定の生物群の付着量を分析してもよい。より具体的には、例えば、船舶等の対象物にフジツボが付着しやすい評価水域においては、フジツボの付着量を分析して防汚性を評価してもよい。また、例えば、船舶等の対象物に付着する生物として代表的なホヤの付着量を分析して防汚性を評価してもよい。また、塗料防汚性データ 14 の作成において分析される生物は、対象とする船舶等の対象物の種類毎に異なっているとしてもよい。すなわち、塗料防汚性データ 14 の作成において分析される生物は、防汚性の目的に応じて異なっているとしてもよい。

[0046] 塗料の防汚性評価においては、生物組成の多様度指数を用いて評価を行ってもよい。本明細書において、「多様度指数」とは、生物種の多様性を表す指数を示す。多様度指数を用いて評価を行うことにより、防汚性を定量的に評価できる。なお、評価水域毎に異なる多様度指数を用いてもよい。

[0047] 多様度指数としては、特に限定されないが、例えば、(i) 出現した配列の総種数、(i i) 配列毎の個体数に関する情報を含む指数であるシンプソン指数またはシャノン指数、(i i i) 配列毎の系統学的距離から算出するフェイスの系統学的多様度指数等を用いることができる。また、多様度指数として、1つの試料に付着した生物の多様性（いわゆる「 $\alpha$ 多様性」）を示す指数を用いてもよく、複数の試料間における多様性（いわゆる「 $\beta$ 多様性」）を示す指数を用いてもよく、複数の試料全体の多様性（いわゆる「 $\gamma$ 多様性」）を示す指数を用いてもよい。シンプソン指数、シャノン指数、フェイスの系統学的多様度指数、 $\alpha$ 多様性、 $\beta$ 多様性、 $\gamma$ 多様性は、Caporaso J. G.ら“QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data” (Nat Methods. 2010 May;7(5):335-6) に記載の方法により算出することができる。

[0048] 図3は、塗料防汚性データ 14 の一例を示す説明図である。図3に示す塗料防汚性データ 14 では、上述のように、評価水域の位置情報と塗料毎の防

汚性との対応関係が示されている。図3に示す塗料防汚性データ14では、評価水域の位置情報として、複数の塗料の防汚性を予め評価した港の名称が用いられている。より具体的には、図3では、a港、b港、c港等の名称が示されている。また、図3に示す塗料防汚性データ14において、塗料の防汚性は、評価水域において評価を行った複数の塗料において、防汚性が高いと評価された順に順位付けした数値により示されている。

[0049] 塗料防汚性データ14における塗料の防汚性は、図3に示すような複数の塗料の防汚性を順位付けした数値に限らず、塗料の防汚性レベルや、個々の塗料の防汚性を示す数値等、任意のパラメータによって示されてもよい。塗料の防汚性レベルは、例えば、評価水域において評価を行った複数の塗料のうち、防汚性が高いと評価された上位3種等の塗料を最高レベルであるレベル5等とし、その3種等の次に防汚性が高いと評価された3種等の塗料をレベル4とすること等により設定されてもよい。また、塗料の防汚性レベルは、例えば、評価水域において評価を行った複数の塗料のうち、相対出現頻度や多様度指数の値が、防汚性が高いと評価される所定の範囲である塗料を最高レベルであるレベル5等とし、それに次ぐ所定の範囲である塗料をレベル4とすること等により設定されてもよい。また、塗料防汚性データ14は、図3に示すような表に限らず、例えば地図上に示されるデータや、グラフやマップ等、評価水域の位置情報と防汚性評価によって得られる塗料の防汚性との対応関係を含む任意のデータによって構成されていてもよい。なお、塗料防汚性データ14に含まれる評価水域の数は、1以上の任意の数であってもよい。

[0050] 塗料選択システム100の入力部20が、特定水域として例えば「a港」という位置情報の入力を受け付けると、塗料選択システム100の特定部30は、塗料防汚性データ14と「a港」という位置情報とを用いて、a港において使用する塗料を特定する。図3に示す塗料防汚性データ14の場合、a港において最も防汚性が高い塗料として塗料Bが示されているため、特定部30は、a港において使用する塗料として塗料Bを特定する。その後、出

力部40は、特定された塗料Bの識別情報を出力する。

[0051] 図4は、価格データ16の一例を示す説明図である。図4に示す価格データ16では、複数の塗料のそれぞれの価格と対応するデータとして、塗料毎の価格（円/kg）が用いられている。なお、価格データ16は、塗料毎の価格そのもののデータに限らず、複数の塗料を価格が安い順に順位付けしたデータであってもよく、複数の塗料の価格を価格帯毎にレベル付けしたデータ等であってもよい。

[0052] 塗料選択システム100の記憶部10が価格データ16を記憶している態様において、特定部30は、塗料防汚性データ14と価格データ16と特定水域の位置情報とを用いて特定水域において使用する塗料を特定してもよい。入力部20が特定水域として例えば「b港」という位置情報の入力を受け付けると、特定部30は、塗料防汚性データ14と価格データ16と「b港」という位置情報とを用いて、b港において使用する塗料を特定する。図3に示す塗料防汚性データ14と図4に示す価格データ16とを用いる場合、b港において最も防汚性が高い塗料として塗料Aおよび塗料Dが示されており、価格データ16において塗料Dの方が塗料Aよりも安いことが示されている。このため、特定部30は、b港において使用する塗料として塗料Dを特定する。その後、出力部40は、特定された塗料Dの識別情報を出力する。

[0053] 図5は、塗料選択方法の手順を示すフローチャートである。塗料選択方法は、塗料防汚性データを作成する工程（工程P110）と、特定水域の位置情報の入力を受け付ける工程（工程P120）と、特定水域において使用する塗料を特定する工程（工程P130）と、特定された塗料の識別情報を出力する工程（工程P140）と、を備える。工程P110において作成される塗料防汚性データは、上述のように、塗料が予め塗布された試料であって評価水域に浸漬された試料に付着した生物を分析することにより作成される。工程P130では、塗料防汚性データと特定水域の位置情報とを用いて塗料を特定する。なお、工程P130では、塗料防汚性データと特定水域の位

置情報とに加えて、上述のような価格データを用いて塗料を特定してもよい。

[0054] 以上説明した第1実施形態における塗料選択システム100によれば、塗料が予め塗布された試料であって評価水域に浸漬された試料に付着した生物を分析することによって塗料防汚性データ14が作成されているので、水域毎に、生息する生物種に基づいた塗料の防汚性データを作成できる。そして、塗料選択システム100が、評価水域の位置情報と複数の塗料の防汚性との対応関係を含む塗料防汚性データ14が記憶された記憶部10と、塗料防汚性データ14と特定水域の位置情報とを用いて特定水域において使用する塗料を特定する特定部30とを備えるので、特定水域で使用される対象物に応じた適切な防汚性を有する塗料を選択できる。

[0055] また、価格データ16が記憶部10に記憶され、塗料防汚性データ14と価格データ16と特定水域の位置情報とを用いて特定水域において使用する塗料を特定部30が特定する態様によれば、価格が考慮された適切な塗料を選択できる。この結果、特定水域で使用される対象物に応じて、防汚性および経済性に優れた塗料を選択できる。

[0056] B. 第2実施形態

第2実施形態の塗料選択システムは、特定部の具体的な機能が第1実施形態の特定部30とは異なる点において、上記第1実施形態の塗料選択システム100と異なる。その他の構成については第1実施形態の塗料選択システム100と同様であるため、その詳細な説明を省略する。

[0057] 第2実施形態の塗料選択システムが備える特定部は、受け付けられた特定水域の位置情報が、複数の評価水域の位置情報のうちのいずれか1つと同じであるか否かを判定する。特定水域の位置情報が、複数の評価水域の位置情報のうちのいずれか1つと同じであると判定された場合、同じであると判定された評価水域における塗料防汚性データに基づいて塗料を特定する。他方、特定水域の位置情報が、複数の評価水域の位置情報のうちのいずれか1つと同じでないと判定された場合、複数の評価水域のうち特定水域と最も距離

が近い評価水域における塗料防汚性データに基づいて塗料を特定する。特定水域と最も距離が近い評価水域における生物種の組成は、複数の評価水域のうち、特定水域における生物種の組成と最も類似することが推定される。なお、第2実施形態の塗料選択システムが備える記憶部は、評価水域の位置情報が複数含まれた塗料防汚性データを予め記憶している。

[0058] 図6は、第2実施形態における塗料選択方法の手順の一部を示すフローチャートである。第2実施形態における塗料選択方法は、上記第1実施形態における塗料選択方法の工程P130が、以下に説明する工程P132～工程P136を含む点において、第1実施形態における塗料選択方法と異なる。その他の工程については第1実施形態における塗料選択方法と同様であるため、その詳細な説明を省略する。

[0059] 塗料防汚性データと特定水域の位置情報とを用いて、特定水域において使用する塗料を特定する工程（工程P130）では、まず、特定水域の位置情報が、複数の前記評価水域の位置情報のうちのいずれか1つと同じであるか否かを判定する（工程P132）。工程P132において、同じであると判定された場合（工程P132：YES）、同じであると判定された評価水域における塗料防汚性データを用いて塗料を特定する（工程P134）。工程P132において、同じでないと判定された場合（工程P132：NO）、複数の評価水域のうち特定水域と最も距離が近い評価水域における塗料防汚性データを用いて塗料を特定する（工程P136）。以上により、工程P130が完了する。なお、第4実施形態の塗料選択方法においても、第2実施形態の塗料選択方法と同様に、工程P130において、塗料防汚性データと特定水域の位置情報とに加えて価格データが用いられてもよい。

[0060] 以上説明した第2実施形態の塗料選択システムによれば、塗料防汚性データに含まれる評価水域のうち、特定水域と最も距離が近い評価水域における塗料防汚性データを用いるので、塗料防汚性データに含まれない水域においても、適切な塗料を選択できる。換言すると、第3実施形態としての塗料選択システムによれば、塗料の防汚性が評価されていない水域が特定水域とし

て入力された場合においても、適切な塗料を選択できる。

[0061] C. 第3実施形態

第3実施形態の塗料選択システムは、記憶部が記憶する塗料防汚性データの具体的な態様と、入力部が受け付けるデータの態様と、特定部の具体的な機能とにおいて、上記第1実施形態の塗料選択システム100と異なる。その他の構成については第1実施形態の塗料選択システム100と同様であるため、その詳細な説明を省略する。

[0062] 第3実施形態の塗料選択システムは、水中で使用される船舶に塗布される塗料を選択するために用いられる。本願発明者らは、塗料によって付着しやすい生物種が異なることに着目し、船舶が使用される水域に生息する生物種に対して適切な防汚性を有する塗料を選択して船舶に適用することを想定し、本願発明に至った。本実施形態では、目的の船舶が使用される或る特定の水域を「使用水域」と呼ぶ。使用水域の具体例としては、特に限定されないが、例えば、船舶が停泊する海港や船舶が航行する航路等を挙げることができる。なお、使用水域は、海に限らず、湖や河川等であってもよい。第3実施形態の塗料選択システムは、使用水域で使用される船舶に応じた適切な防汚性を有する塗料を選択する。選択対象となる塗料は、主に船舶の船底等の外壁面に塗布されることが想定される。

[0063] 第3実施形態の塗料選択システムが備える記憶部は、塗料防汚性データを記憶している。本実施形態において、塗料防汚性データとは、第1の生物種情報と複数の塗料の防汚性との対応関係を含むデータを意味する。本実施形態において、第1の生物種情報とは、評価水域に浸漬された試料に付着した生物種の情報を意味している。この試料には、塗料が予め塗布されている。評価水域とは、複数の塗料の防汚性を予め評価した水域を意味する。したがって、第1の生物種情報は、塗料の防汚性を評価した水域において、各塗料に付着しやすい生物種の情報に相当する。第1の生物種情報および塗料防汚性データについての詳細な説明は、後述する。

[0064] 第3実施形態の塗料選択システムが備える入力部は、第2の生物種情報を

含む入力データの入力を受け付ける。本実施形態において、第2の生物種情報とは、使用水域に浸漬された船舶に付着した生物種の情報を意味する。このため、第2の生物種情報は、その船舶が使用される使用水域において、その船舶に付着しやすい生物種の情報に相当する。第2の生物種情報および入力データについての詳細な説明は、後述する。

[0065] 第3実施形態の塗料選択システムが備える特定部は、記憶部に記憶されている塗料防汚性データと、入力部が受け付けた入力データとを用いて、その船舶に塗布する塗料を特定する。塗料防汚性データと入力データとを用いてその船舶に塗布する塗料を特定することは、塗料選択プログラムを実行することに相当する。

[0066] 第1の生物種情報は、塗料が予め塗布された試料であって評価水域に浸漬された試料に付着した生物を分析することにより作成されている。第1の生物種情報は、特に限定されないが、例えば、予め定められた生物種に関する情報であってもよく、生物種の組成に関する情報であってもよく、生物種の組成と予め定められた生物種との両方を含む情報であってもよい。予め定められた生物種に関する情報としては、任意の1種類の生物種の情報であってもよく、任意の複数種の生物種の情報であってもよい。より具体的には、例えば、船舶に付着する生物種として留意すべき生物種が、ホヤやコケムシ、二枚貝、フジツボ等である場合には、ホヤのみの情報やフジツボのみ等の情報であってもよく、ホヤとフジツボ等との生物群としての情報であってもよい。生物種の組成に関する情報としては、特に限定されないが、例えば、生物組成の多様度指数に関する情報であってもよく、生物種の数に関する情報等であってもよい。生物種の組成と予め定められた生物種との両方を含む情報としては、特に限定されないが、例えば、試料に付着した全生物種に対する、所定の生物種の相対出現頻度に関する情報等であってもよい。

[0067] 第1の生物種情報を取得するための方法、すなわち塗料防汚性データを作成するための方法は、上記第1実施形態と同様である。第3実施形態における塗料防汚性データは、取得された第1の生物種情報に基づいて、第1の生

物種情報と各塗料の防汚性との対応関係を特定することによって作成される。なお、第1の生物種情報は、原核生物種に関する情報であってもよく、真核生物種に関する情報であってもよく、原核生物種および真核生物種に関する情報であってもよい。

[0068] 塗料防汚性データの作成において分析される生物は、対象とする船舶の種類毎に異なってもよい。すなわち、塗料防汚性データの作成において分析される生物は、防汚性の目的に応じて異なってもよい。例えば、対象とする船舶において想定される運航速度や運航頻度等に応じて、分析される生物が異なってもよい。また、例えば、対象とする船舶の大きさや、対象とする船舶が特に運航される季節、対象とする船舶が運航する水域における海流の速度等に応じて、分析される生物が異なってもよい。このように、第1の生物種情報は、防汚性の目的に応じて任意に設定されてもよい。

[0069] 図7は、第3実施形態における塗料防汚性データの一例を示す説明図である。図7に示す塗料防汚性データでは、上述のように、第1の生物種情報と塗料毎の防汚性との対応関係が示されている。図7に示す塗料防汚性データでは、第1の生物種情報として、予め定められた生物種の名称が用いられている。より具体的には、図7では、a種、b種、c種等の生物種毎の名称が示されている。

[0070] 図7に示す塗料防汚性データにおいて、塗料の防汚性は、複数の評価水域においてそれぞれ評価を行った複数の塗料において、生物種毎に防汚性が高いと評価された順に順位付けした数値により示されている。塗料防汚性データにおける生物種毎の塗料の防汚性は、図7に示すような複数の塗料の防汚性を順位付けした数値に限らず、塗料の防汚性レベルや、個々の塗料の防汚性を示す数値等、任意のパラメータによって防汚性が示されてもよい。塗料の防汚性レベルは、特に限定されないが、例えば、複数の評価水域においてそれぞれ評価を行った複数の塗料のうち、生物種毎に防汚性が高いと評価された上位3種等の塗料を最高レベルであるレベル5等とし、その3種等の次に防汚性が高いと評価された3種等の塗料をレベル4とすること等により設

定されてもよい。

[0071] 図8は、塗料防汚性データの他の例を示す説明図である。図8に示す塗料防汚性データでは、第1の生物種情報として、生物種の組成に関する情報の一例として、生物種の組成を示す記号が用いられている。より具体的には、図8では、生物種組成a、生物種組成b、生物種組成c等の記号が示されている。それぞれの生物種組成は、特に限定されないが、例えば、評価水域毎に分析された生物種の組成と対応していてもよく、生物種の組成が互いに類似する複数の評価水域における生物種の組成を示す記号等であってもよい。

「評価水域毎に分析された生物種の組成と対応」するものとしては、例えば、a港における生物種の組成またはそれに類似する組成を生物種組成aとし、b港における生物種の組成またはそれに類似する組成を生物種組成bとし、c港における生物種の組成またはそれに類似する組成を生物種組成cとしてもよい。また、「生物種の組成が互いに類似する複数の評価水域における生物種の組成を示す記号」としては、例えば、分析された全生物種のうち特定の複数の生物種が占める割合等を基準に設定されてもよい。より具体的には、例えば、ホヤとフジツボとコケムシとの合計の含有割合が90%以上であるものを生物種組成aとし、その含有割合が70%以上90%未満であるものを生物種組成bとし、その含有割合が50%以上70%未満であるものを生物種組成cとしてもよい。「生物種の組成が互いに類似する」ことは、例えば、原核生物または真核生物の組成の $\beta$ 多様性において、Aitchison距離やBray-Curtis距離、Unifrac距離、Jaccard距離等、生物種の組成が互いに類似することを示す任意の指標に基づいて定められることが好ましい。

[0072] 図8に示す塗料防汚性データにおいて、塗料の防汚性は、複数の評価水域において評価を行った複数の塗料において、生物種組成毎に防汚性が高いと評価された順に順位付けした数値により示されている。塗料防汚性データにおける生物種組成毎の塗料の防汚性は、図8に示すような複数の塗料の防汚性を順位付けした数値に限らず、塗料の防汚性レベルや、個々の塗料の防汚

性を示す数値等、任意のパラメータによって示されてもよい。塗料の防汚性レベルは、特に限定されないが、例えば、評価水域において評価を行った複数の塗料のうち、生物種組成毎に防汚性が高いと評価された上位3種等の塗料を最高レベルであるレベル5等とし、その3種等の次に防汚性が高いと評価された3種等の塗料をレベル4とすること等により設定されてもよい。また、生物種毎の塗料の防汚性レベルは、例えば、評価水域において評価を行った複数の塗料のうち、相対出現頻度や多様度指数の値が、防汚性が高いと評価される所定の範囲である塗料を最高レベルであるレベル5等とし、それに次ぐ所定の範囲である塗料をレベル4とすること等により設定されてもよい。

[0073] 第3実施形態における塗料防汚性データは、図7や図8に示すような表に限らず、例えばグラフやマップ等、第1の生物種情報と防汚性評価によって得られる塗料の防汚性との対応関係を含む任意のデータによって構成されていてもよい。また、塗料防汚性データには、試料を評価水域に浸漬させた浸漬期間等の任意の情報が含まれていてもよい。なお、塗料防汚性データに含まれる第1の生物種情報の数は、1以上の任意の数であってもよい。

[0074] 第2の生物種情報および入力データについて、以下説明する。第2の生物種情報は、上述の第1の生物種情報と同様の形式の情報として設定されることが望ましい。例えば、第1の生物種情報が予め定められた生物種に関する情報である態様においては、第2の生物種情報も、予め定められた生物種に関する情報として設定されることが望ましい。より具体的には、第1の生物種情報が、図7に示すような予め定められた生物種の名称である場合には、第2の生物種情報も、生物種の名称として設定されることが望ましい。また、例えば、第1の生物種情報が生物種の組成に関する情報である態様においては、第2の生物種情報も、生物種の組成に関する情報として設定されることが望ましい。より具体的には、第1の生物種情報が、図8に示すような生物種組成を示す記号である場合には、第2の生物種情報も、生物種組成を示す記号として設定されることが望ましい。

- [0075] 第2の生物種情報は、その船舶が使用される使用水域において、浸漬された船舶に付着した生物を分析することにより取得することができる。船舶を使用水域に浸漬させる期間は、特に限定されないが、例えば、3日間や1週間、2週間、4週間等の任意の期間であってもよい。船舶を浸漬させる期間が長いほど、実際に船舶を運航する際に付着する生物種に近い結果を得ることができる。また、船舶を浸漬させる期間が短いほど、第2の生物種情報を簡便に取得することができる。船舶に付着した生物の分析は、核酸分析法等、上述したような評価水域に浸漬された試料に付着した生物の分析方法と同様の方法により行うことができる。
- [0076] 入力データは、第2の生物種情報そのものであってもよく、第2の生物種情報に加えて、船舶を使用水域に浸漬させた浸漬期間等の任意の情報が含まれていてもよい。
- [0077] 塗料選択システムの入力部が、入力データとして、例えば「a種」という第2の生物種情報の入力を受け付けると、塗料選択システムの特定期は、塗料防汚性データと「a種」という入力データとを用いて、a種に対して適切な防汚性を有する塗料を特定する。図7に示す塗料防汚性データの場合、a種に対して最も防汚性が高い塗料として塗料Bが示されているため、特定期は、その船舶に塗布する塗料として塗料Bを特定する。このように、特定期は、その船舶が使用される使用水域において、その船舶に付着しやすい生物種に対して適切な防汚性を有する塗料を特定する。その後、出力部は、特定された塗料Bの識別情報を出力する。
- [0078] 塗料選択システムの入力部が、入力データとして、例えば「生物種組成c」という第2の生物種情報の入力を受け付けると、塗料選択システムの特定期は、図8に示すような塗料防汚性データと「生物種組成c」という入力データとを用いて、生物種組成cに対して適切な防汚性を有する塗料を特定する。図8に示す塗料防汚性データの場合、生物種組成cに対して最も防汚性が高い塗料として塗料Yが示されているため、特定期は、その船舶に塗布する塗料として塗料Yを特定する。このように、特定期は、その船舶が使用さ

れる使用水域における生物種組成に応じた適切な防汚性を有する塗料を特定する。その後、出力部は、特定された塗料Yの識別情報を出力する。

[0079] 入力された第2の生物種情報としての生物種組成が、塗料防汚性データに含まれる第1の生物種情報としての生物種組成のいずれにも該当しない場合、特定部は、生物種組成が最も類似する第1の生物種情報を特定してもよい。「生物種の組成が最も類似する」ことは、例えば、原核生物または真核生物の組成の $\beta$ 多様性において、Aitchison距離やBray-Curtis距離、UniFrac距離、Jaccard距離等、生物種の組成が最も類似することを示す任意の指標に基づいて定められることが好ましい。

[0080] 塗料選択システムが備える記憶部が、図4に示すような価格データを記憶している態様において、特定部は、塗料防汚性データと価格データと入力データとを用いて船舶において使用する塗料を特定してもよい。入力部が入力データとして例えば「b種」という第2の生物種情報の入力を受け付けると、特定部は、塗料防汚性データと価格データと「b種」という入力データとを用いて、b種に対して適切な防汚性を有し、且つ、低価格の塗料を特定する。図7に示す塗料防汚性データと図4に示す価格データとを用いる場合、b種に対して最も防汚性が高い塗料として塗料Aおよび塗料Dが示されており、価格データにおいて塗料Dの方が塗料Aよりも安いことが示されている。このため、特定部は、その船舶に塗布する塗料として塗料Dを特定する。このように、特定部は、その船舶が使用される使用水域において、その船舶に付着しやすい生物種に対して適切な防汚性を有し、且つ、低価格の塗料を特定する。その後、出力部は、特定された塗料Dの識別情報を出力する。

[0081] 図9は、第3実施形態における塗料選択方法の手順を示すフローチャートである。塗料選択方法は、第2の生物種情報を取得する工程（工程P210）と、第2の生物種情報を含む入力データの入力を受け付ける工程（工程P220）と、船舶に塗布する塗料を特定する工程（工程P230）と、特定された塗料の識別情報を出力する工程（工程P240）と、を備える。

[0082] 塗料選択方法では、第2の生物種情報を取得する工程（工程P210）に

先立ち、予め塗料防汚性データが準備されている。塗料防汚性データは、塗料が予め塗布された試料であって評価水域に浸漬された試料に付着した生物を分析することにより、試料に付着した生物種の情報である第1の生物種情報を取得して作成されている。塗料防汚性データは、取得された第1の生物種情報と複数の塗料の防汚性との対応関係を含んでいる。工程P210における第2の生物種情報は、上述のように、塗料が塗布される船舶であって使用水域に浸漬された船舶に付着した生物を分析することにより取得される。工程P230では、塗料防汚性データと入力データとを用いて、船舶に塗布する塗料を特定する。なお、工程P230では、塗料防汚性データと入力データとに加えて、上述のような価格データを用いて塗料を特定してもよい。

[0083] 以上説明した第3実施形態における塗料選択システムによれば、第1の生物種情報と複数の塗料の防汚性との対応関係を含む塗料防汚性データが記憶された記憶部と、使用水域において目的の船舶に付着した生物種の情報である第2の生物種情報を含む入力データの入力を受け付ける入力部と、塗料防汚性データと入力データとを用いて、その船舶に塗布する塗料を特定する特定部とを備える。このため、その船舶が使用される使用水域において、その船舶に付着しやすい生物種に対して適切な防汚性を有する塗料を選択できる。この結果、船舶に応じて適切な防汚性を有する塗料を選択できる。

[0084] また、価格データが記憶部に記憶され、塗料防汚性データと価格データと第2の生物種情報とを用いて、船舶に塗布する塗料を特定部が特定する態様によれば、価格が考慮された適切な塗料を選択できる。この結果、船舶に応じて防汚性および経済性に優れる塗料を選択できる。

[0085] また、第1の生物種情報および第2の生物種情報が、生物種の組成に関する情報を含む態様によれば、その船舶が使用される使用水域における生物種組成に応じた適切な防汚性を有する塗料を選択できる。また、第1の生物種情報および第2の生物種情報が、予め定められた生物種に関する情報を含む態様によれば、船舶に付着する生物種として留意すべき任意の生物種等に対して適切な防汚性を有する塗料を選択できる。

[0086] また、第1の生物種情報および第2の生物種情報が、原核生物種に関する情報である態様によれば、細胞の大きさが比較的均一な原核生物を指標として塗料防汚性データが作成されているので、防汚性に関する分析誤差が小さく防汚性の評価精度が高い塗料防汚性データを用いて塗料を選択できる。また、第1の生物種情報および第2の生物種情報が、真核生物種に関する情報である態様によれば、真核生物を指標として防汚性が評価されているので、例えば大型の海藻類等、船舶が運航する際の抵抗上昇に直接的に寄与する生物種を指標とできる結果、直接的な結果を示す塗料防汚性データを用いて塗料を選択できる。また、第1の生物種情報および第2の生物種情報が、原核生物種および真核生物種に関する情報である態様によれば、原核生物と真核生物とを指標とした総合的な塗料防汚性データを用いて塗料を選択できる。

[0087] D. 第4実施形態

第4実施形態の塗料選択システムは、塗料防汚性データと入力データとの具体的な態様において、上記第3実施形態の塗料選択システムと異なる。その他の構成については第3実施形態の塗料選択システムと同様であるため、その詳細な説明を省略する。第4実施形態の塗料選択システムが備える記憶部が記憶している塗料防汚性データには、船舶の運航速度に関する第1の速度情報がさらに含まれている。また、第4実施形態における入力データには、船舶の運航速度に関する第2の速度情報がさらに含まれている。

[0088] 本願発明者は、船舶の運航速度に応じて、付着する生物種が異なる場合があることを見出した。このような知見に基づき、第4実施形態の塗料選択システムでは、目的の船舶の使用速度、すなわち運航速度に応じた適切な防汚性を有する塗料を選択する。

[0089] 図10は、第4実施形態における塗料防汚性データの一例を示す説明図である。図10に示す塗料防汚性データでは、船舶の運航速度に関する第1の速度情報が考慮された塗料の防汚性が示されている。図10に示す例では、第1の速度情報として、予め定められた速度範囲の数値が用いられている。より具体的には、時速15km未満、時速15km以上30km未満、時速

30km以上等の速度範囲の数値が用いられている。なお、第1の速度情報は、このような速度範囲の数値に限らず、運航速度を示すレベル等の任意の情報であってもよい。また、図10では、第1の生物種情報として、予め定められた生物種の名称が用いられているが、生物種の組成に関する情報等が用いられていてもよい。また、図10では、塗料の防汚性として、防汚性が高いと評価された順に順位付けした数値が示されているが、塗料の防汚性レベルや、個々の塗料の防汚性を示す数値等、任意のパラメータによって防汚性が示されてもよい。

[0090] 第4実施形態における塗料防汚性データは、塗料が予め塗布された試料を評価水域に浸漬させ、複数の運航速度において一定期間運航させた後に、その試料に付着した生物を分析することによって作成することができる。例えば、図2に示すようなパネル60が船舶の船底や曳航ブイ等に取り付けられて評価が行われてもよく、船舶の船底等が複数の塗料で塗り分けられて評価が行われてもよく、単独の塗料が塗布された船舶を複数用いて評価が行われてもよい。また、船舶の運行速度の影響は、船舶を使わずに評価してもよい。例えば、接水した回転型ドラムにパネル60を取り付け、定期的に運転することで、船舶の運行速度の影響を評価してもよい。また、スクリュー等によって海水を所定の速度で流すことが可能な装置を使用し、その流路にパネル60または試験片を設置してもよい。

[0091] 船舶の運航速度に関する第2の速度情報は、上述の第1の速度情報と同様の形式の情報として設定されることが望ましい。例えば、第1の速度情報が予め定められた速度範囲の数値である態様においては、第2の速度情報も、予め定められた速度範囲の数値により設定されることが望ましい。

[0092] 第4実施形態における入力データは、船舶を使用水域に浸漬させ、第2の速度情報によって示される運航速度で一定期間運航させた後に、その船舶に付着した生物を分析して取得される第2の生物種情報を含んでいてもよい。すなわち、第2の速度情報が考慮された第2の生物種情報を含む態様であってもよい。このような態様によれば、実際に使用される速度で船舶を運航す

る際に付着する生物種に近い結果を得ることができる。また、第4実施形態における入力データは、使用水域に浸漬された船舶に付着した生物種の情報である第2の生物種情報と、第2の速度情報とを、互いに独立に含む態様であってもよい。この態様における入力データは、特に限定されないが、例えば、船舶を使用水域に静置させ、一定期間経過後にその船舶に付着した生物を分析して取得される第2の生物種情報と、その船舶において想定される運航速度に関する情報と、を含んでいてもよい。

[0093] 以上説明した第4実施形態の塗料選択システムによれば、船舶の運航速度に関する第1の速度情報が塗料防汚性データに含まれており、船舶の運航速度に関する第2の速度情報が入力データに含まれているので、目的の船舶の運航速度に応じた適切な防汚性を有する塗料を選択できる。このため、例えば運航速度が比較的遅いタンカーや、運航速度が中程度であるコンテナ船、運航速度が比較的速い高速旅客船や護衛艦等、目的の船舶に応じた適切な防汚性を有する塗料を選択できる。

[0094] E. 第5実施形態

第5実施形態の塗料選択システムは、塗料防汚性データと入力データとの具体的な態様において、上記第4実施形態の塗料選択システムと異なる。その他の構成については第4実施形態の塗料選択システムと同様であるため、その詳細な説明を省略する。第5実施形態の塗料選択システムが備える記憶部が記憶している塗料防汚性データには、船舶の運航速度に関する第1の速度情報に代えて、船舶の運航頻度に関する第1の頻度情報が含まれている。また、第5実施形態における入力データには、船舶の運航速度に関する第2の速度情報に代えて、船舶の運航頻度に関する第2の頻度情報が含まれている。

[0095] 本願発明者は、船舶の運航頻度に応じて、付着する生物種が異なる場合があることを見出した。このような知見に基づき、第3実施形態の塗料選択システムでは、目的の船舶の使用頻度、すなわち運航頻度に応じた適切な防汚性を有する塗料を選択する。

[0096] 図 1 1 は、第 5 実施形態における塗料防汚性データの一例を示す説明図である。図 1 1 に示す塗料防汚性データでは、船舶の運航頻度に関する第 1 の頻度情報が考慮された塗料の防汚性が示されている。図 1 1 に示す例では、第 1 の頻度情報として、週末のみ、平日のみ、毎日等の運航頻度が示されている。なお、第 1 の頻度情報は、特に限定されないが、例えば、1 週間あたりに使用される日数や、連続運航時間等の数値によって示されていてもよく、運航頻度を示すレベル等の任意の情報であってもよい。また、図 1 1 では、第 1 の生物種情報として、予め定められた生物種の名称が用いられているが、生物種の組成に関する情報等が用いられていてもよい。また、図 1 1 では、塗料の防汚性として、防汚性が高いと評価された順に順位付けした数値が示されているが、塗料の防汚性レベルや、個々の塗料の防汚性を示す数値等、任意のパラメータによって防汚性が示されてもよい。

[0097] 第 5 実施形態における塗料防汚性データは、塗料が予め塗布された試料を評価水域に浸漬させ、複数の運航頻度において一定期間運航させた後に、その試料に付着した生物を分析することによって作成することができる。例えば、図 2 に示すようなパネル 6 0 が船舶の船底等に取り付けられて評価が行われてもよく、船舶の船底等が複数の塗料で塗り分けられて評価が行われてもよく、単独の塗料が塗布された船舶を複数用いて評価が行われてもよい。

[0098] 船舶の運航頻度に関する第 2 の頻度情報は、上述の第 1 の頻度情報と同様の形式の情報として設定されることが望ましい。例えば、第 1 の頻度情報が運航頻度を示すレベルである態様においては、第 2 の頻度情報も、運航頻度を示すレベルにより設定されることが望ましい。

[0099] 第 5 実施形態における入力データは、船舶を使用水域に浸漬させ、第 2 の頻度情報によって示される運航頻度で一定期間運航させた後に、その船舶に付着した生物を分析して取得される第 2 の生物種情報を含んでいてもよい。すなわち、第 2 の頻度情報が考慮された第 2 の生物種情報を含む態様であってもよい。このような態様によれば、実際に使用される頻度で船舶を運航する際に付着する生物種に近い結果を得ることができる。また、第 5 実施形態

における入力データは、使用水域に浸漬された船舶に付着した生物種の情報である第2の生物種情報と、第2の頻度情報とを、互いに独立に含む態様であってもよい。この態様における入力データは、特に限定されないが、例えば、船舶を使用水域に静置させ、一定期間経過後にその船舶に付着した生物を分析して取得される第2の生物種情報と、その船舶において想定される運航頻度に関する情報と、を含んでいてもよい。

[0100] 以上説明した第5実施形態の塗料選択システムによれば、船舶の運航頻度に関する第1の頻度情報が塗料防汚性データに含まれており、船舶の運航頻度に関する第2の頻度情報が入力データに含まれているので、目的の船舶の運航頻度に応じた適切な防汚性を有する塗料を選択できる。このため、例えば週末のみに運航されるレジャーボートや、平日のみに一定時間運航される漁船、昼夜を通して運航されるタンカー等、目的の船舶に応じた適切な防汚性を有する塗料を選択できる。

[0101] F. 他の実施形態

上記各実施形態における塗料選択システムの構成は、あくまで一例であり、種々変更可能である。例えば、塗料防汚性データに、船舶の運航速度に関する第1の速度情報と船舶の運航頻度に関する第1の頻度情報とがさらに含まれており、入力データに、船舶の運航速度に関する第2の速度情報と船舶の運航頻度に関する第2の頻度情報とがさらに含まれている態様であってもよい。このような態様によれば、目的の船舶に応じて、より適切な防汚性を有する塗料を選択できる。

[0102] G. 実施例

以下、実施例により本発明をさらに具体的に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

[0103] 塗料防汚性データを作成するために、まず、複数の塗料がそれぞれ塗布された試料を準備した。本実施例では、繊維強化プラスチック板のパネルを8枚準備した。それぞれの繊維強化プラスチック板は、下地塗料を塗布した後、7.5cm四方の24区画を設け、22種類の防汚塗料をそれぞれの区画

に塗布した。また、対照として、防汚効果の無い錆止め塗料を塗布した区画（C t r l - 1 : 錆止め）と、防汚塗料を塗布しなかった区画（C t r l - 2 : 塗料なし）も用意した。なお、8枚のパネルは、いずれも同じ構成とした。

[0104] 次に、上記複数の塗料がそれぞれ塗布された試料を、評価水域に浸漬させた。評価水域としては、沖縄県与那原マリーナと沖縄県宜野湾マリーナとを用いた。これらの2つの異なる評価水域の港に、それぞれ合計4枚のパネルを海中1 m地点に係留した。パネルを沈めてから1、2、4、6週後に海中から取り出し、塗料表面の付着を、メラミンスポンジを用いて掻き取り、直ちに不活化溶液（DNA／RNA Shield、Zymo Research社製）に浸し、凍結保存した。また、それぞれの評価水域において、孔径が0.22  $\mu$ mのフィルタで海水をろ過したうえで、このフィルタを対照（Seawater）として凍結保存した。海水の容量は、1 Lとした。

[0105] 次に、各試料に付着した生物を分析した。具体的には、核酸分析法を用いて分析を行った。上記凍結保存したそれぞれの試料溶液に対してビーズ破碎処理を施した後、DNA抽出キット（ZymoBIOMICS-96 DNA Kit、Zymo Research社製）を用いてDNA精製した。精製した核酸を鋳型に、16S rRNAのV3-V4可変領域および18S rRNAのV7-V8可変領域をPCRによって増幅した後、次世代シーケンシング法を用いて、それぞれの試料および対照としてのフィルタに付着した生物種の組成を分析した。増幅のためのPCRのプライマーとしては、以下のプライマーを用いた。すなわち、16S rRNAのV3-V4可変領域に対するPCRのプライマーとして、配列番号1に示すプライマー341F : 5'- TCGTCGGCAGCGTCAGATGTGTATAAGAGACAGCCTACGGGNGGCWGCAG -3' と、配列番号2に示すプライマー805R : 5'- GTCTCGTGGGCTCGGAGATGTGTATAAGAGACAGGACTACHVGGGTATCTAATCC -3' とを用いた。18S rRNAのV7-V8可変領域に対するPCRのプライマーとして、配列番号3に示すプライマーF1183 : 5'- TCGTCGGCAGCGTCAGATGTGTATAAGAGACAGAATTTGACTCAACA

CGGG -3' と、配列番号 4 に示すプライマー R 1 6 3 1 : 5' - GTCTCGTGGGCTCGG AGATGTGTATAAGAGACAGTACAAAGGGCAGGGACG -3' とを用いた。なお、得られた P C R 産物を精製した後、サンプル識別のためのインデックス配列を P C R によって付加し、その D N A を精製した。得られた D N A の塩基配列を次世代シーケンシング法を用いて分析した。本実施例の次世代シーケンシング法には、イルミナ社製の M i S e q を用いた。なお、16S rRNA の V 3 - V 4 可変領域は、原核生物を検出することを目的とし、18S rRNA の V 7 - V 8 可変領域は、真核生物を検出することを目的として利用した。

[0106] その後、菌叢解析ソフトウェアである Q I I M E 2 を用いて、次世代シーケンシング法により得られた塩基配列から生物の分類情報を取得した。D A D A 2 プラグインを使用してノイズ除去を行い、rRNA データベース ( S I L V A v e r . 1 3 8 ) を参照して分類情報を取得した。それぞれの各区画から採取した試料や海水あたり、16S rRNA 遺伝子については約 29,000 配列、18S rRNA については約 16,000 配列になるように配列数を希薄化した後、付着した生物の組成を分析した。

[0107] 次に、生物の組成の分析結果を用いて各塗料の防汚性を評価し、上記第 1、2 実施形態で用いるような、評価水域の位置情報と複数の塗料の防汚性との対応関係を示す塗料防汚性データを作成した。同様に、生物の組成の分析結果を用いて各塗料の防汚性を評価し、上記第 3～5 実施形態で用いるような、第 1 の生物種情報と複数の塗料の防汚性との対応関係を示す塗料防汚性データを作成した。以下に、各塗料の防汚性評価の例を示す。

[0108] 図 1 2 は、宜野湾マリーナにおける、ホヤ ( C l a s s : A s c i d i a c e a ) およびコケムシ ( C l a s s : G y m n o l a e m a t a ) の付着量を示す説明図である。図 1 3 は、与那原マリーナにおける、ホヤおよびコケムシの付着量を示す説明図である。図 1 2 および図 1 3 では、評価期間 6 週間の各試料に付着した生物種を解析している。図 1 2 および図 1 3 の縦軸は、各試料に付着した全生物量を 1 とした場合におけるホヤまたはコケムシ

の相対出現頻度を示している。図12および図13に示す結果から、宜野湾マリーナと与那原マリーナとのいずれの評価水域においても、塗料の種類によってホヤの付着量が大きく異なることがわかった。また、2箇所の評価水域の結果を比較することにより、同じ塗料においてもホヤの付着量が異なることが分かった。また、2箇所の評価水域では、コケムシの付着量が大きく異なることが分かった。より具体的には、宜野湾マリーナではコケムシの付着がほとんど認められなかったのに対し、与那原マリーナでは、塗料を塗布しなかった対照の試料においてコケムシの相対出現頻度が1に近く、コケムシが付着しやすい水域であることがわかった。また、与那原マリーナでは、塗料の種類によってコケムシの付着量が異なることがわかった。このようなことから、与那原マリーナでは、コケムシの付着量が少ない塗料ほど防汚性が高いと評価してもよいことがわかった。

[0109] 図12および図13に示す結果から作成する塗料防汚性データとしては、以下のようなものが想定される。上記第1、2実施形態で用いる塗料防汚性データとして、例えば、宜野湾マリーナでは、ホヤの付着量を指標として、防汚性の高い順に、塗料Fを1位、塗料Dを2位、塗料Cを3位、塗料Aを4位、塗料Vおよび塗料Sを5位というように順位付けしてもよく、塗料F、D、C、Aを防汚性の最高レベルであるレベル5、塗料V、S、U、Oをレベル4としてもよい。例えば、与那原マリーナでは、コケムシの付着量を指標として、防汚性の高い順に、塗料I、E、Mを防汚性の最高レベルであるレベル5、塗料N、L、K、R、Gをレベル4としてもよい。

[0110] また、上記第3～5実施形態で用いる塗料防汚性データとして、例えば、第1の生物種情報としてのホヤに効果的な塗料としては、両方のマリーナにおいてホヤの付着量を低下させた塗料を選択し、塗料Cを1位、塗料Aを2位、塗料Dを3位、塗料Fを4位、塗料Oおよび塗料Sを5位というように順位付けしてもよく、塗料C、A、D、Fを防汚性の最高レベルであるレベル5、塗料O、S、U、Vをレベル4としてもよい。また、例えば、第1の生物種情報としてのコケムシに効果的な塗料としては、与那原マリーナでの

試験結果を参照し、防汚性の高い順に、塗料 I、E、M を防汚性の最高レベルであるレベル 5、塗料 N、L、K、R、G をレベル 4 としてもよい。

- [0111] 作成された塗料防汚性データを用いて、船舶に塗布する塗料を選択した。より詳細には、特定の港に停泊する船舶の生物付着を採取し、上記試料と同様の方法によって生物種の分析を行ったところ、コケムシが優先していることがわかった。このため、第 2 の生物種情報として「コケムシ」との入力データを入力することにより、第 1 の生物種情報としてのコケムシに対して防汚性効果の高い塗料 I、E、M のうち、特に価格の安い塗料 I が特定されて出力された。また、別の航路を航行する船舶の生物付着を採取し、上記試料と同様の方法によって生物種の分析を行ったところ、ホヤが優先していることがわかった。このため、第 2 の生物種情報として「ホヤ」との入力データを入力することにより、第 1 の生物種情報としてのホヤに対して防汚性効果の高い塗料 C が特定されて出力された。

- [0112] 図 14 は、宜野湾マリーナにおける原核生物の分析によって得られたシャノンの多様度指数を試料毎に比較して示す説明図である。図 15 は、与那原マリーナにおける原核生物の分析によって得られたシャノンの多様度指数を試料毎に比較して示す説明図である。図 14 および図 15 では、評価期間 6 週間の各試料において、それぞれの試料に付着した原核生物の多様性（ $\alpha$  多様性）を解析している。シャノンの多様度指数（Shannon index）の値が低いほど、原核生物に効果的な塗料といえる。このため、宜野湾マリーナでは、塗料 G、塗料 E および塗料 J を、防汚性が特に高いと評価してもよいことがわかった。同様に、与那原マリーナでは、塗料 S、塗料 N および塗料 E を、防汚性が特に高いと評価してもよいことがわかった。また、宜野湾マリーナの生物付着組成に対しては、塗料 G、塗料 E および塗料 J を、防汚性が特に高いと評価してもよいことがわかった。同様に、与那原マリーナの生物付着組成に対しては、塗料 S、塗料 N および塗料 E を、防汚性が特に高いと評価してもよいことがわかった。

- [0113] 図 14 および図 15 に示す結果から作成する塗料防汚性データとしては、

以下のようなものが想定される。上記第 1、2 実施形態で用いる塗料防汚性データとして、例えば、宜野湾マリーナでは、原核生物のシャノン多様度指数を指標として、防汚性の高い順に、塗料 G を 1 位、塗料 E を 2 位、塗料 J を 3 位、塗料 I を 4 位、塗料 L を 5 位というように順位付けしてもよい。同様に、与那原マリーナでは、防汚性の高い順に、塗料 S を 1 位、塗料 N を 2 位、塗料 E を 3 位、塗料 H を 4 位、塗料 G を 5 位というように順位付けしてもよい。

[0114] また、上記第 3～5 実施形態で用いる塗料防汚性データとして、例えば、宜野湾マリーナの生物付着組成に関する第 1 の生物種情報に対しては、原核生物のシャノン多様度指数を指標として、防汚性の高い順に、塗料 G を 1 位、塗料 E を 2 位、塗料 J を 3 位、塗料 I を 4 位、塗料 L を 5 位というように順位付けしてもよい。同様に、与那原マリーナの生物付着組成に関する第 1 の生物種情報に対しては、防汚性の高い順に、塗料 S を 1 位、塗料 N を 2 位、塗料 E を 3 位、塗料 H を 4 位、塗料 G を 5 位というように順位付けしてもよい。

[0115] 作成された塗料防汚性データを用いて、船舶に塗布する塗料を選択した。より詳細には、特定の船舶の生物付着を採取し、上記試料と同様の方法によって生物種の分析を行った。分析結果に基づいて第 2 の生物種情報として生物種組成の入力データを入力したところ、宜野湾マリーナにおける生物種組成とよく似ていると特定され、宜野湾マリーナの生物付着組成に対して防汚性効果の高い塗料 G が特定されて出力された。また、別の航路を航行する船舶の生物付着を採取し、上記試料と同様の方法によって生物種の分析を行った。分析結果に基づいて第 2 の生物種情報として生物種組成の入力データを入力したところ、与那原マリーナにおける生物種組成とよく似ていると特定され、与那原マリーナの生物付着組成に対して防汚性効果の高い塗料 S が特定されて出力された。

[0116] 図 16 は、原核生物の解析によって得られたシャノンの多様度指数および観測された配列の種類数の推移を示す説明図である。図 16 に示される 4 つ

のグラフにおいて、横軸はいずれも評価期間を示し、図面左上のグラフは、宜野湾マリーナにおけるシャノンの多様度指数の推移を示し、図面右上のグラフは、与那原マリーナにおけるシャノンの多様度指数の推移を示している。また、図面左下のグラフは、宜野湾マリーナにおいて観測された配列の総種数の推移を示し、図面右下のグラフは、与那原マリーナにおいて観測された配列の総種数の推移を示している。図16に示す結果から、評価期間が長くなるほど徐々に多様性が増加し、評価期間4週間と6週間とは多様度指数が類似していることがわかる。また、原核生物を分析した場合には、シーケンスした配列数の影響が小さいため、多様性による塗料の評価に適していることがわかった。

[0117] 図17は、図16に示す結果に基づく塗料の防汚性の順位の推移を示す説明図である。図17に示される4つのグラフにおいて、横軸はいずれも評価期間を示し、図面左上のグラフは、宜野湾マリーナにおけるシャノン多様度指数に基づく順位を示し、図面右上のグラフは、与那原マリーナにおけるシャノン多様度指数に基づく順位を示している。また、図面左下のグラフは、宜野湾マリーナにおいて観測された配列の総種数に基づく順位を示し、図面右下のグラフは、与那原マリーナにおいて観測された配列の総種数に基づく順位を示している。図17に示す結果から、塗料Eや塗料Gは、他の塗料に比べて評価期間を通じて多様性が低い傾向にあることから、塗料の防汚性の順位（rank）が高かった。このため、塗料Eや塗料Gは、宜野湾マリーナと与那原マリーナとの両方の評価水域において防汚性に優れている可能性があることがわかった。また、塗料Eや塗料Gは、宜野湾マリーナと与那原マリーナとの両方の評価水域における生物種組成に対して防汚性に優れている可能性があることがわかった。

[0118] 図16および図17に示す結果から作成する塗料防汚性データとしては、以下のようなものが想定される。上記第1、2実施形態で用いる塗料防汚性データとして、例えば、宜野湾マリーナでは、評価期間6週間目において観測された配列の種類数を指標として、防汚性の高い順に、塗料Jを1位、塗

料Gを2位、塗料Eを3位、塗料Hを4位、塗料Lを5位というように順位付けしてもよい。同様に、与那原マリーナでは、防汚性の高い順に、塗料Qを1位、塗料Nを2位、塗料Aを3位、塗料Hを4位、塗料Gを5位というように順位付けしてもよい。

[0119] また、上記第3～5実施形態で用いる塗料防汚性データとして、例えば、宜野湾マリーナの生物付着組成に関する第1の生物種情報に対しては、評価期間6週間目において観測された配列の種類数を指標として、防汚性の高い順に、塗料Jを1位、塗料Gを2位、塗料Eを3位、塗料Hを4位、塗料Lを5位というように順位付けしてもよい。同様に、与那原マリーナの生物付着組成に関する第1の生物種情報に対しては、防汚性の高い順に、塗料Qを1位、塗料Nを2位、塗料Aを3位、塗料Hを4位、塗料Gを5位というように順位付けしてもよい。

[0120] 作成された塗料防汚性データを用いて、船舶に塗布する塗料を選択した。より詳細には、特定の船舶にパネルを設置し、評価1週間目の生物種組成を上記の方法によって調べた。第2の生物種情報としての評価1週間目の生物種組成と、浸漬期間としての「1週間」との入力データを入力したところ、宜野湾マリーナの1週目の生物種組成とよく似ていると特定された結果、宜野湾マリーナと同様の生物付着の変化を伴うことが推定された。このため、宜野湾マリーナの評価6週間目における生物種組成に対して最も防汚性効果の高い塗料Gが特定されて出力された。

[0121] 図18は、宜野湾マリーナにおける、Aitchison距離のPCA解析による真核生物の $\beta$ 多様性の評価結果を示す説明図である。図19は、与那原マリーナにおける、Aitchison距離のPCA解析による真核生物の $\beta$ 多様性の評価結果を示す説明図である。図18および図19では、評価期間6週間の各試料に付着した真核生物を分析することにより、複数の試料間における多様性を解析している。この解析によれば、対照試料とのプロット距離が離れるほど、真核生物全体に効果的な塗料といえる。このため、図18および図19に示すように、各評価水域において、それぞれ破線で囲

った範囲に位置する塗料を防汚性が高いと評価してもよいことがわかった。  
また、各評価水域の生物付着組成に関する第1の生物種情報に対しては、それぞれ破線で囲った範囲に位置する塗料を防汚性が高いと評価してもよいことがわかった。

[0122] 作成された塗料防汚性データを用いて、船舶に塗布する塗料を選択した。  
より詳細には、特定の船舶の生物付着を採取し、上記試料と同様の方法によって生物種の分析を行った。分析結果に基づいて第2の生物種情報として真核生物の種組成の入力データを入力したところ、宜野湾マリーナにおける生物種組成とよく似ていると特定され、宜野湾マリーナの生物付着組成に対して防汚性効果の高い塗料E、H、Jが特定されて出力された。

[0123] 他の実施例として、防汚性の評価結果に基づいて選定された塗料を船舶に塗布し、数か月経過後に、船舶に付着した生物を確認した。試験の詳細については、以下に説明する。

[0124] 塗料防汚性データを作成するために、まず、複数の塗料がそれぞれ塗布された試料を準備した。本実施例では、繊維強化プラスチック板のパネルを1枚準備した。繊維強化プラスチック板は、下地塗料を塗布した後、5 cm四方の96区画を設け、31種類の防汚塗料（A～Zおよびa～f）を、それぞれ任意の3箇所の区画に塗布した。また、対照として、防汚塗料を塗布しない区画（C t r l）を3区画設けた。

[0125] 次に、上記複数の塗料がそれぞれ塗布された試料を含むパネルを、評価水域に浸漬させた。評価水域としては、愛知県蒲郡市にあるラグナマリーナを用いた。パネルを海中1 m地点に係留し、4週後に海中から取り出した。図20は、海中から取り出したパネルを示す説明図である。その後、塗料表面の付着を、メラミンスポンジを用いて掻き取り、冷蔵保存して実験室に持ち帰った。掻き取られた付着生物を、その後、超純水に懸濁し、懸濁液の一部を直ちに凍結保存した。

[0126] 次に、各試料に付着した生物を分析した。具体的には、核酸分析法を用いて分析を行った。上記凍結保存したそれぞれの試料溶液に対してビーズ破砕

処理を施した後、DNA抽出キット（DNeasy 96 Blood & Tissue Kit、Qiagen社製）を用いてDNAを精製した。精製したDNAを鋳型に、16S rRNAのV3-V4可変領域を、配列番号1および2に示すプライマーを用いてPCRによって増幅した。その後、得られたPCR産物を精製し、サンプル識別のためのインデックス配列をPCRによって付加し、DNAを精製した。その後、得られたDNAの塩基配列をイルミナ社製のMiSeqを用いてシーケンスし、それぞれの試料に付着した原核生物の組成を分析した。

[0127] その後、菌叢解析ソフトウェアであるQIIME2を用いて、次世代シーケンシング法により得られた塩基配列から原核生物の分類情報を取得した。DADA2プラグインを使用してノイズ除去を行い、rRNAデータベース（SILVA ver. 138）を参照して分類情報を取得した。それぞれの各区画から採取した試料あたり、約39,000配列になるように配列数を希薄化した後、付着した生物の組成を分析した。

[0128] 図21は、各試料において検出された原核生物由来の配列の総種数を示す説明図である。図21では、31種類の防汚塗料を塗布した試料と、防汚塗料を塗布しなかった試料とが横軸に示されており、その表面に付着した原核生物由来の配列の総種数（Number of sequence variants）が縦軸に示されている。図21では、各試料について、それぞれ3区画の分析結果が、箱ひげ図として示されている。図21の結果に基づいて、検出された総種数が最も小さい塗料Gを、ラグナマリーナにおける最適塗料（Best paint）として選定した。また、船舶の塗料として一般的によく用いられる塗料のうち、検出された総種数が比較的大きかった塗料Wを、ラグナマリーナでは効果の低い塗料、すなわち、ラグナマリーナにおける対照塗料（Control paint）として選定した。

[0129] 続いて、選定した塗料における防汚性の効果を、実船舶において確認した。塗料Gおよび塗料Wをラグナマリーナで運用しているセンターコンソール艇（YAMAHA社製、全長21フィート）の船底の後方と前方にそれぞれ

塗り分けた。船舶を運用し、塗装後 2 か月、塗装後 4 か月、塗装後 6 か月のそれぞれにおいて、船舶をクレーンでつり上げ、生物付着の程度を目視確認した。

[0130] 図 2 2 は、塗装後 6 か月において上架した船舶における生物付着の様子を示す説明図である。図 2 2 に示す写真の右側半分は、塗料 G が塗布された領域を示し、写真の左側半分は、塗料 W が塗布された領域を示している。最適な塗料として選定された塗料 G を塗布した領域では、塗装後 2 か月、塗装後 4 か月、塗装後 6 か月のいずれにおいても、フジツボの付着が少なかった。換言すると、塗料 G を塗布した領域では、フジツボの付着が明確に抑制されていた。これに対し、対照塗料として選定された塗料 W を塗布した領域では、フジツボの付着が多く認められた。換言すると、塗料 W を塗布した領域では、フジツボの付着は抑制されなかった。これらの結果は、DNA 分析によって選定した最適塗料が、当該地点に位置する実船舶の船底の生物付着防止に有用であることを示している。

[0131] 本発明は、上述の実施形態に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の構成で実現することができる。例えば、発明の概要の欄に記載した各形態中の技術的特徴に対応する実施形態、実施例中の技術的特徴は、上述の課題の一部または全部を解決するために、あるいは、上述の効果の一部または全部を達成するために、適宜、差し替えや、組み合わせを行うことが可能である。また、その技術的特徴が本明細書中に必須なものとして説明されていなければ、適宜、削除することが可能である。

### 符号の説明

[0132] 10…記憶部、12…塗料選択プログラム、14…塗料防汚性データ、16…価格データ、20…入力部、30…特定部、40…出力部、50…試料、60…パネル、100…塗料選択システム

## 請求の範囲

- [請求項1] 塗料を選択するための塗料選択システムであって、  
評価水域の位置情報と、複数の塗料の防汚性と、の対応関係を含む塗料防汚性データが記憶された記憶部と、  
特定水域の位置情報の入力を受け付ける入力部と、  
前記塗料防汚性データと前記特定水域の位置情報とを用いて、前記特定水域において使用する前記塗料を特定する特定部と、  
特定された前記塗料の識別情報を出力する出力部と、  
を備え、  
前記塗料防汚性データは、  
前記塗料が予め塗布された試料であって、前記評価水域に浸漬された前記試料に付着した生物を分析することにより作成されている、  
塗料選択システム。
- [請求項2] 請求項1に記載の塗料選択システムにおいて、  
前記記憶部には、複数の前記塗料のそれぞれの価格と対応する価格データが記憶されており、  
前記特定部は、前記塗料防汚性データと前記価格データと前記特定水域の位置情報とを用いて、前記特定水域において使用する前記塗料を特定する、  
塗料選択システム。
- [請求項3] 請求項1または請求項2に記載の塗料選択システムにおいて、  
前記塗料防汚性データには、前記評価水域の位置情報が複数含まれており、  
前記特定部は、  
前記特定水域の位置情報が、複数の前記評価水域の位置情報のうちのいずれか1つと同じであるか否かを判定し、  
同じであると判定された場合、同じであると判定された前記評価水域における前記塗料防汚性データに基づいて前記塗料を特定し、

同じでないと判定された場合、複数の前記評価水域のうち前記特定水域と最も距離が近い前記評価水域における前記塗料防汚性データに基づいて前記塗料を特定する、

塗料選択システム。

[請求項4] 請求項1から請求項3までのいずれか一項に記載の塗料選択システムにおいて、

前記塗料防汚性データの作成において分析される前記生物は、原核生物である、

塗料選択システム。

[請求項5] 請求項1から請求項3までのいずれか一項に記載の塗料選択システムにおいて、

前記塗料防汚性データの作成において分析される前記生物は、真核生物である、

塗料選択システム。

[請求項6] 請求項1から請求項3までのいずれか一項に記載の塗料選択システムにおいて、

前記塗料防汚性データの作成において分析される前記生物は、原核生物および真核生物である、

塗料選択システム。

[請求項7] 請求項1から請求項6までのいずれか一項に記載の塗料選択システムにおいて、

前記塗料は、船舶に使用される塗料である、

塗料選択システム。

[請求項8] 塗料を選択するための塗料選択方法であって、

前記塗料が予め塗布された試料であって評価水域に浸漬された前記試料に付着した生物を分析することにより、前記評価水域の位置情報と複数の前記塗料の防汚性との対応関係を含む塗料防汚性データを作成する工程と、

特定水域の位置情報の入力を受け付ける工程と、  
前記塗料防汚性データと前記特定水域の位置情報とを用いて、前記特定水域において使用する前記塗料を特定する工程と、  
特定された前記塗料の識別情報を出力する工程と、  
を含む、  
塗料選択方法。

[請求項9] 船舶の塗料を選択するための塗料選択システムであって、  
前記塗料が予め塗布された試料であって評価水域に浸漬された前記試料に付着した生物種の情報である第1の生物種情報と、複数の前記塗料の防汚性と、の対応関係を含む塗料防汚性データが記憶された記憶部と、  
前記船舶が使用される使用水域に浸漬された前記船舶に付着した生物種の情報である第2の生物種情報を含む入力データの入力を受け付ける入力部と、  
前記塗料防汚性データと前記入力データとを用いて、前記船舶に塗布する前記塗料を特定する特定部と、  
特定された前記塗料の識別情報を出力する出力部と、  
を備える、  
塗料選択システム。

[請求項10] 請求項9に記載の塗料選択システムにおいて、  
前記記憶部には、複数の前記塗料のそれぞれの価格と対応する価格データが記憶されており、  
前記特定部は、前記塗料防汚性データと前記価格データと前記第2の生物種情報とを用いて、前記船舶に塗布する前記塗料を特定する、  
塗料選択システム。

[請求項11] 請求項9または請求項10に記載の塗料選択システムにおいて、  
前記第1の生物種情報および前記第2の生物種情報は、生物種の組成に関する情報を含む、

塗料選択システム。

[請求項12] 請求項9から請求項11までのいずれか一項に記載の塗料選択システムにおいて、

前記第1の生物種情報および前記第2の生物種情報は、予め定められた生物種に関する情報を含む、

塗料選択システム。

[請求項13] 請求項9から請求項12までのいずれか一項に記載の塗料選択システムにおいて、

前記第1の生物種情報および前記第2の生物種情報は、原核生物種に関する情報である、

塗料選択システム。

[請求項14] 請求項9から請求項12までのいずれか一項に記載の塗料選択システムにおいて、

前記第1の生物種情報および前記第2の生物種情報は、真核生物種に関する情報である、

塗料選択システム。

[請求項15] 請求項9から請求項12までのいずれか一項に記載の塗料選択システムにおいて、

前記第1の生物種情報および前記第2の生物種情報は、原核生物種および真核生物種に関する情報である、

塗料選択システム。

[請求項16] 請求項9から請求項15までのいずれか一項に記載の塗料選択システムにおいて、

前記塗料防汚性データには、前記船舶の運航速度に関する第1の速度情報がさらに含まれており、

前記入力データには、前記船舶の運航速度に関する第2の速度情報がさらに含まれている、

塗料選択システム。

- [請求項17]       請求項9から請求項16までのいずれか一項に記載の塗料選択システムにおいて、
- 前記塗料防汚性データには、前記船舶の運航頻度に関する第1の頻度情報がさらに含まれており、
- 前記入力データには、前記船舶の運航頻度に関する第2の頻度情報がさらに含まれている、
- 塗料選択システム。
- [請求項18]       船舶の塗料を選択するための塗料選択方法であって、
- 前記塗料が塗布される前記船舶であって、前記船舶が使用される使用水域に浸漬された前記船舶に付着した生物を分析することにより、前記船舶に付着した生物種の情報である第2の生物種情報を取得する工程と、
- 前記第2の生物種情報を含む入力データの入力を受け付ける工程と、
- 、
- 第1の生物種情報と複数の前記塗料の防汚性との対応関係を含む塗料防汚性データと、前記入力データとを用いて、前記船舶に塗布する前記塗料を特定する工程と、
- 特定された前記塗料の識別情報を出力する工程と、
- を含み、
- 前記塗料防汚性データは、前記塗料が予め塗布された試料であって評価水域に浸漬された前記試料に付着した生物を分析することにより、前記試料に付着した生物種の情報である前記第1の生物種情報を取得して作成されている、
- 塗料選択方法。