

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：10107

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2023

課題番号：18K05812

研究課題名(和文) 付着珪藻の生物皮膜形成メカニズムに基づく新規防汚性表面微細構造の開発

研究課題名(英文) Development of micro-structured surfaces with anti-fouling activities based on the biofilm formation mechanism of marine benthic diatoms

研究代表者

室崎 喬之 (Murosaki, Takayuki)

旭川医科大学・医学部・准教授

研究者番号：40551693

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、付着基質表面の物理化学的性質が生物皮膜形成に与える影響を明らかにする事である。付着珪藻の培養条件を検討した結果、増殖が速く接着力の強いNavicula種を用いた付着実験系を確立した。これにより異なる表面特性を持つ付着基質上での生物皮膜形成過程を調査した。その結果、表面官能基の違いにより、付着珪藻の増殖速度を制御できる事が示され、特にOH基は付着珪藻の増殖を抑制する傾向がある事が分かった。また、異なる表面微細構造上での付着実験の結果、初期の細胞分散性と表面被覆率の間に負の相関性が存在する事が示された。これは微細構造が細胞の滑走運動を抑制している事を示唆していると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果から、Navicula種が付着実験に用いるモデル生物に適している事が明らかとなった。付着実験系の構築に成功した事で、今後は安定した室内環境での生物皮膜形成過程の調査が可能となった。既存の研究では、付着基質表面での付着生物の付着や剥離といった結果のみが着目され、途中の過程は報告が少ない。また、防汚の面では化学物質の徐放による生物防除が主流である。表面の物理化学的な性質による生物皮膜形成過程に焦点を当てた事が、本研究の特色である。その結果、初期の細胞分散性が増殖速度に影響を与える可能性を明らかにした。本研究から得られた知見は、防汚技術・水産増殖技術両方において有用なものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated the biofilm formation on the substrates with several surface properties.

From the results, the experimental system for settlement assay using benthic diatom (Navicula sp.) was established. This allowed us to observe the biofilm development on the substrates with different surface characteristics. It was found that the growth rates of benthic diatoms was different on each surface with different surface functional groups, and especially that the diatom growth rate on the surface with OH groups was lower compared to other substrates. Furthermore, the results of settlement assay on the surfaces with different microstructures showed a negative correlation between initial cell distribution and surface coverage. This result suggested that the surface microstructure might restrict cell motility.

研究分野：高分子化学

キーワード：高分子材料 微細形状 生物付着 付着生物 バイオフィルム 防汚技術

1. 研究開始当初の背景

水中の付着基質に固着して生活をする付着生物は、沿岸部において主要な位置を占める生物群である。中でもカキやマボヤ、コンブなど是有用な水産資源として利用されている。その一方で人間活動にとって好ましくない場所（船底や漁網など）に付着し汚損する付着生物種も多く、彼らが引き起こす経済的損失が問題となっている。水中に付着基質を浸漬した場合、まず細菌や付着珪藻による生物皮膜が表面に形成される。生物皮膜は付着生物の増殖とともに付着生物が分泌する粘性多糖類や、周囲の鉱物粒子などを取り込みながらスライムと呼ばれる状態へと成長していく。スライムが臨海発電施設の冷却水システム内部に発生した場合、この働きを阻害し腐食させるなどの被害をもたらす。またフジツボや二枚貝など大型の付着生物はスライムに誘引され、付着基質表面にさらなる汚損を引き起こす。

付着生物の汚損から付着基質表面を保護する目的で、過去には有機スズ系防汚塗料が広く用いられていた。しかし有機スズ化合物の高い内分泌かく乱作用の為、現在ではその使用は規制されている。その為、環境負荷の低い防汚技術の開発が進められている。中でも近年、海洋生物表面に付着生物があまり見られない事に着想を得た防汚材料の研究が報告されてきている。海藻の表面のようなヒドロゲル表面や、サメの表面形状を模した微細構造表面では付着生物の付着が阻害される事が明らかとなってきている。しかし付着基質表面の物理化学的性状が生物皮膜の形成にどのような影響を及ぼすのか、詳細なメカニズムはまだ明らかになっていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は表面性状の異なる付着基質表面における生物皮膜形成の仕組みを明らかにし、生物皮膜形成の阻害に有効な表面の物理化学的性質を明らかにする事である。(1) 生物皮膜を形成するモデル付着生物には付着珪藻を数種類選定し、まずそれらの付着基質表面における付着増殖形態を調査した。次に、(2) 異なる物理的・化学的性質を有する付着基質表面を各種高分子材料及び自己組織化技術により作製した。その後、(3) 各種付着基質表面における付着珪藻を用いた付着実験を行い、(4) 電子顕微鏡及び画像解析の手法により、生物皮膜形成過程について詳細な観察を行った。

3. 研究の方法

(1) 各種付着珪藻の培養：初めに付着実験に用いるモデル付着珪藻を選定する為、以下の5種類の付着珪藻 (*Navicula sp.*, *Navicula ramosissima*, *Amphora*, *Licmophora sp.*, *Cocconeis sublittoralis*) の培養を行った。100mL 三角フラスコにオートクレーブ滅菌海水（塩分濃度 25~28%）50 mL, 珪藻培養液 KW21（第一製網株式会社製）50 μ L, メタ珪酸ナトリウム水溶液（9g / 100mL）25 μ L, ペニシリン-ストレプトマイシン混合溶液 25 μ L を加えて攪拌した後、各種付着珪藻を数 mL (1.0×10^5 cells/mL) 加えた。その後、各種フラスコにシリコ栓をし、23°C, 24 時間白色蛍光灯の下にて静置した（培養系の周囲は遮光）。

(2) 表面性状の異なる付着基質の作製：①自己組織化単分子膜 (SAM) による官能基修飾表面：初めに金蒸着ガラス基板の表面の汚れを除去する為に、エタノール溶液中での超音波洗浄及び、UV オゾン処理を1時間ずつ行った。その後、末端に各種官能基 (-COOH, -OH, -CH₃) を有するチオール試薬溶液 (1mM) に基板を24時間浸漬させた。チオール試薬溶液中での浸漬処理後、基板の洗浄（エタノール、純水の順）を行った。その後、接触角計を用いて接触角を測定し、官能基修飾後の基板表面の親疎水性の評価を行った。

②ホットエンボス加工によるマイクロディンプル構造表面：初めにレンズピッチサイズの異なるマイクロレンズアレイ構造を有するポリジメチルシロキサン (PDMS) の鋳型を用意した。次にホットエンボス機のサンプル台上に、厚さ 2mm のポリスチレン (PSt) 板と PDMS 鋳型をポリテトラフルオロエチレンシートに挟んだ状態で設置し、PSt 基板に対し熱プレス処理 (150°C, 3MPa) を行う事で構造転写により孔径の異なる各種マイクロディンプル構造表面を有する基板を得た (図1)。

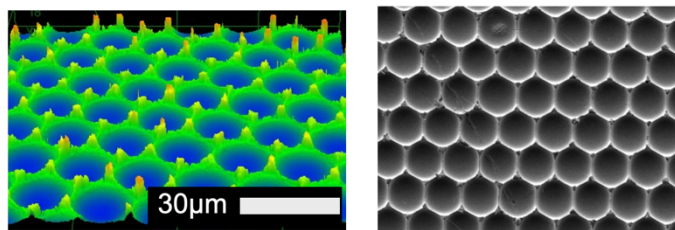


図1 マイクロディンプル構造表面 (左：側面図, 右：上面図)

(3) 付着珪藻を用いた付着実験：作製した各種付着基質上にシリコン製アッセイチャンバーを設置し、内部に滅菌海水 500 μL (KW21 : 25 μL , ペニシリン-ストレプトマイシン混合溶液 : 25 μL , メタケイ酸ナトリウム溶液 : 50 μL を含む)を加え、これを試験槽とした。各種付着珪藻培養の実験の結果に基づき、モデル付着生物として選定した *Navicula sp.*の含まれる培養液をセルストレーナーに通し群体を除去する事で、珪藻個体の分散した溶液を得た。その後各試験槽に対し、珪藻を含む溶液 (濃度 1.0×10^5 cells / mL) を 800 μL 添加した。各試験槽は 23°C で白色蛍光灯下に静置し、培養を行った。

(4) 生物皮膜形成過程の解析：培養開始 1, 2, 3 週間後に各種基板表面での付着珪藻の様子を電界放射型走査電子顕微鏡 (FE-SEM) により観察した。画像解析ソフト Image J を使用し、撮影した各基板表面の SEM 画像から、付着珪藻による表面被覆率及び付着珪藻の細胞クラスターサイズ (1 つの群体の面積) を算出した (図 2)。なお 1 つの基板表面に対し、6 枚の画像の解析を行う事により、表面被覆率の平均値を算出した。

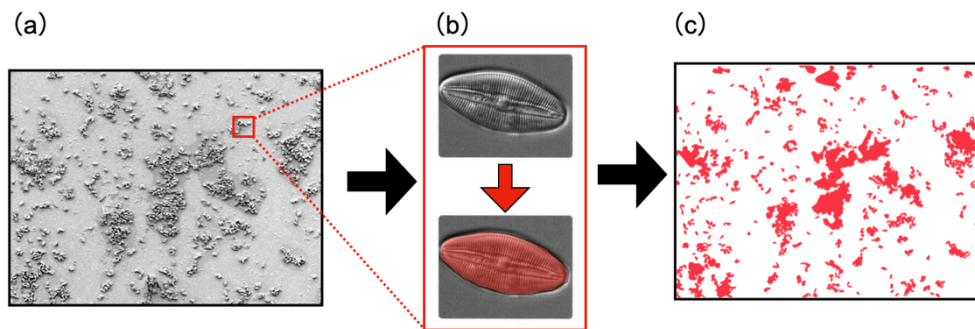


図 2 生物皮膜形成過程解析の様子 (a : 各サンプル表面の SEM 像, b : ImageJ による画像処理, c : 表面被覆面積率及び細胞クラスターサイズの解析)

4. 研究成果

(1) *Navicula sp.*を用いた付着実験系の確立：上記の 5 種類の珪藻を培養した結果、当初の予想に反し増殖が大変遅い結果となった。人工気象器を用いて温度、湿度、照度を制御し、増殖を観察したところ、室温以上では増殖が遅い事が分かった為、23°Cにて培養する事とした。*Amphora*, *Licmophora sp.*, *Cocconeis sublittoralis* の 3 種は *Navicula* 2 種と比較すると、増殖が遅く、また SEM 観察前処理において基板からの剥離が見られるなど接着力も比較的弱い事が分かった。一方、*Navicula* 2 種は他 3 種と比べて増殖が速く、観察前処理においてもほとんど基板からの剥離が見られなかった。また他 3 種では見られなかった活発な滑走運動性が観察された。今回の培養系では、*Navicula sp.*が *Navicula ramosissima* よりも比較的継体培養を行いやすかった為、最終的に *Navicula sp.*をモデル付着珪藻として選定した。モデル生物の選定は今後の室内実験系における付着実験において欠かすことのできないものであり、その意義は大きいと考える。

(2) 表面官能基の違いが生物皮膜形成過程に与える影響：各官能基修飾表面の接触角測定を行った結果、 CH_3 では 101.6°, COOH では 42.4°, OH 基では 23.3°であった。一方、未修飾基板表面では 37.5°であった。このように SAM による表面官能基修飾により、付着基板表面の親疎水性を制御する事に成功した。付着実験開始 1 週間後の観察の結果、各基板表面における表面被覆率は約 10%であり、基板間での顕著な違いは見られなかった。図 3 に実験開始 2 週間後の表面被覆率を示す。 CH_3 , COOH 修飾表面での表面被覆率は約 60%であったのに対し、 OH 修飾表面では約 40%と生物皮膜の形成が遅い事が観察された。その後、実験開始 3 週間後の観察では全ての基板表面は、ほぼコンフルエントとなった。これまでの研究から、 OH 基を有する表面には付着生物に対する高い付着忌避効果がある事が分かっている。付着珪藻は粘液を分泌し滑走運動をしながら増殖する為、 OH 基表面において接着力が比較的弱く増殖速度が低下した可能性が考えられる。今後は各官能基修飾表面における付着珪藻の接着力に違いがあるのか検討を行う必要があると考える。表面官能基の違いにより増殖速度を制御できる事は防汚技術、水産増殖両面にとって有意な知見であると言える。

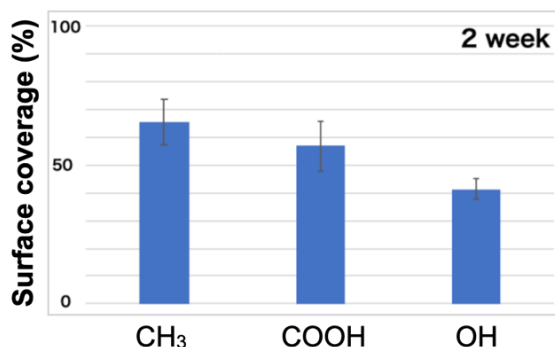


図 3 各表面官能基修飾表面における表面被覆率

(3) 表面微細構造の違いが生物皮膜形成過程に与える影響：初期（付着実験開始1週間後）の細胞分散性（細胞クラスターサイズ）についての解析結果は以下ようになった。マイクロディンプルの孔径が6 μm の場合、クラスターサイズは10~20 μm^2 が多く見られ、孔径22 μm では20~30 μm^2 が多く見られた。一方、平滑面ではクラスターサイズは20~60 μm^2 が多く見られ、マイクロディンプルの結果と比べて分布の幅が広がった。次に、各基板における付着珪藻の表面被覆率について解析を行った。実験開始1週間後、各基板とも表面被覆率は10~20%程度と顕著な違いは見られなかったが、3週間後にはマイクロディンプル孔径6 μm の表面はほぼ全体が付着珪藻に覆われた。一方、平滑面は比較的皮膜形成が遅く50%程度に留まった。マイクロディンプル孔径22 μm 表面では、この両者の中間的（60%程度）な結果となった。図4に各基板における初期細胞分散性（平均クラスターサイズ）及び最終的な表面被覆率を示す。これより、初期細胞分散性と表面被覆率の間には負の相関性があることが分かる。孔径の小さなディンプル構造表面では、付着珪藻は大きな塊を作らずに分布しており、最終的に全体を覆うまで増殖する。一方、平滑面では比較的早い段階で細胞塊を作り、その後の増殖は遅くなる。この結果から分散性が高い場合、珪藻は周囲に影響されずに増殖できるが、分散性が低い場合は細胞塊内部に位置する珪藻の増殖が抑制される可能性があると考えられる。また、細胞分散性には表面のマイクロディンプル形状が影響しており、マイクロディンプルの形状によって付着珪藻の滑走運動が抑制された結果、マイクロディンプル表面では平滑面に比べ分散性が増加したものと考えられる。これまでの研究より、表面性状の違いによる付着率や剥離の様子については知られているものの、表面性状による細胞分散性に関してはあまり知られていなかった。初期の細胞分散性がその後の生物皮膜形成に与える影響を明らかにした事は、環境負荷の少ない防汚技術開発や海産生物に対する初期飼料としての付着珪藻培養の技術などにとって大きな知見である。モデル付着生物として用いた *Navicula* 種は、比較的高い滑走運動性を有する。付着基質の表面性状の違いによる細胞の滑走能の評価は、今後のさらなる防汚・水産増殖技術開発における重要な課題と考えられる。

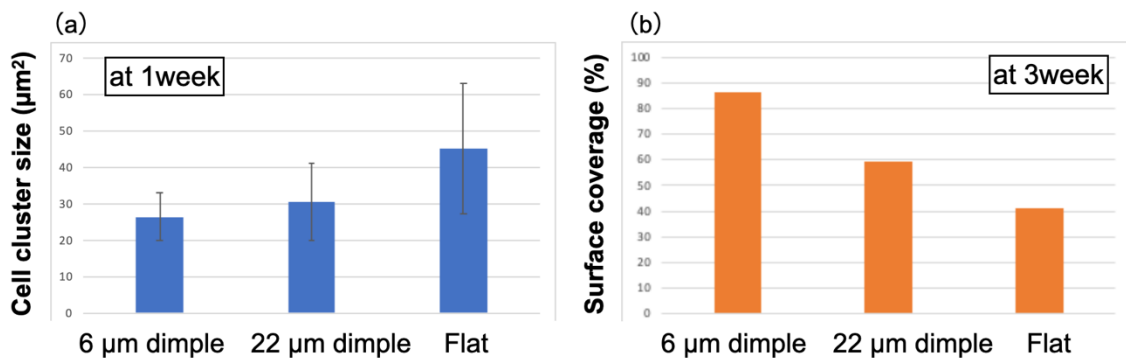


図4 各微細構造表面における(a)初期の細胞分散性 (b) 表面被覆率

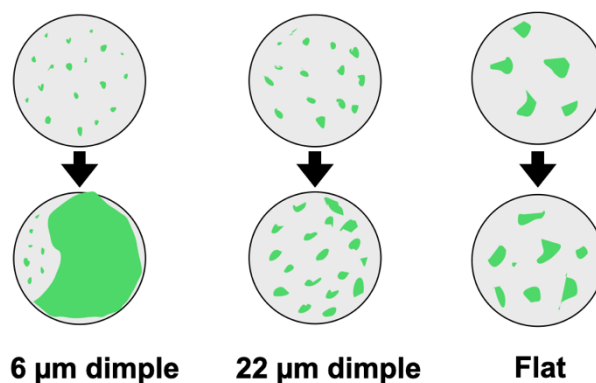


図5 各微細構造表面における生物被膜形成過程の模式図

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Takayuki Murosaki, Ai Momose, Yasuyuki Nogata, Shinya Onodera, Otohiko Azuma, Yuji Hirai	4. 巻 33(6)
2. 論文標題 Antifouling Activity of Hydroxyl Functional Groups in PVA Thin Films Against the Settlement of Sessile Organisms in Laboratory and Field Conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 591-598
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2494/photopolymer.33.591	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 室崎喬之	4. 巻 275(7)
2. 論文標題 付着基質表面の性状による付着生物の接着制御	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 医学のあゆみ	6. 最初と最後の頁 842-848
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Murosaki Takayuki, Abe Kentaro, Nogata Yasuyuki, Hirai Yuji	4. 巻 32
2. 論文標題 Barnacle Settlement Behaviors on Microstructured Surfaces with Different Geometric Parameters	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 303 ~ 308
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2494/photopolymer.32.303	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 百々瀬愛, 室崎喬之, 野方靖行, 小野寺真也, 東乙比古, 下村政嗣, 平井悠司	4. 巻 37(1)
2. 論文標題 架橋PVAコーティングのフジツボ付着防止効果の検証	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sessile Organisms	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4282/sosj.37.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 室崎喬之, 平井悠司, 野方靖行	4. 巻 54(2)
2. 論文標題 付着基質表面の微細形状がフジツボの付着に及ぼす影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 塗装工学	6. 最初と最後の頁 446-451
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計44件 (うち招待講演 12件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 渡邊純平, 三上恵, 室崎喬之, 野方靖行, 下村政嗣, 平井悠司
2. 発表標題 表面官能基パターンニング基板上におけるフジツボキブリス幼生の付着評価
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takayuki Murosaki, Taiki Kishigami, Yuji Hirai, Yasuyuki Nogata
2. 発表標題 Growth behaviors of marine benthic diatoms on the surfaces with micro dimple arrays
3. 学会等名 The 39th International Conference of Photopolymer Science and Technology(ICPST-39) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 室崎 喬之, 渡邊 純平, 平井 悠司, 野方 靖行
2. 発表標題 海洋生物の付着基質選択性と付着制御技術
3. 学会等名 第71回高分子討論会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡邊純平, 室崎喬之, 野方靖行, 下村政嗣, 平井悠司
2. 発表標題 異なる表面官能基でマイクロパターン化されたSAM基板上でのフジツボ付着評価
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 室崎 喬之, 渡邊 純平, 岸上 大輝, 平井 悠司, 野方 靖行
2. 発表標題 付着生物の付着基質選択性 - 表面官能基の種類, 面積率, 及び幾何的パターンに関して -
3. 学会等名 第73回コロナおよび界面化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 室崎 喬之, 渡邊 純平, 平井 悠司, 野方 靖行
2. 発表標題 表面微細構造上における付着珪藻の増殖挙動
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Jumpei Watanabe, Takayuki Murosaki, Yasuyuki Nogata, Masatsugu Shimomura, Yuji Hirai
2. 発表標題 Investigation of the larval surface recognition abilities of barnacles on the surfaces with several patterned surface functional groups
3. 学会等名 Chitose International Forum on Science & Technology 2022 (CIF 22) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡邊純平, 室崎喬之, 野方靖行, 下村政嗣, 平井悠司
2. 発表標題 表面官能基の幾何学的なパターンがフジツボキプリス幼生の着生に与える影響
3. 学会等名 日本付着生物学会 50 周年記念シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Junpei Watanabe, Takayuki Murosaki, Yasuyuki Nogata, Masatsugu Shimomura, Yuji Hirai
2. 発表標題 Barnacle Settlements on the Dot-patterned SAM surfaces
3. 学会等名 35th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浅野祥大, 渡邊純平, 室崎喬之, 野方靖行, 下村政嗣, 平井悠司
2. 発表標題 SAM基板上におけるフジツボ探索挙動の動画解析
3. 学会等名 2023年度日本付着生物学会研究集会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takayuki Murosaki, Yasuyuki Nogata, Yuji Hirai
2. 発表標題 The pre-settlement behaviors of barnacles on antifouling micro-topographic surfaces
3. 学会等名 The 38th International Conference of Photopolymer Science and Technology(ICPST-38) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 室崎 喬之
2. 発表標題 付着基質の表面形状を利用した海洋生物付着抑制技術
3. 学会等名 表面技術協会北海道支部及び腐食防食学会北海道支部 2021年北海道夏期セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 室崎 喬之
2. 発表標題 フジツボキブリス幼生の着生前探索行動と付着基質表面性状との関係
3. 学会等名 ベントス・プランクトン合同大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Taiki Kishigami, Takayuki Murosaki, Yasuyuki Nogata, Masatsugu Shimomura, Yuji Hirai
2. 発表標題 The adhesion of marine benthic diatoms on the surfaces with hexagonal packed micro dimple arrays
3. 学会等名 34th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kei Mikami, Jumpei Watanabe, Takayuki Murosaki, Yasuyuki Nogata, Masatsugu Shimomura, Yuji Hirai
2. 発表標題 Investigation of the influence of a surface functional group against barnacle settlements using the 3D printed new experimental setup
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science (ISSS-9) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Junpei Watanabe, Kei Mikami, Takayuki Murosaki, Yasuyuki Nogata, Masatsugu Shimomura, Yuji Hirai
2. 発表標題 Selectivity for surface functional groups during larvae of barnacles
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science(ISSS-9) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 室崎喬之
2. 発表標題 海洋付着生物の付着基質選択性に着目した付着制御技術
3. 学会等名 NBCI テクノロジー委員会 バイオミメティクス分科会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 室崎喬之
2. 発表標題 表面性状による付着生物の接着制御 ~「付」と「着」~
3. 学会等名 PWCバイオミメティクス研究クラスター講演会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岸上大輝, 室崎喬之, 野方靖行, 下村政嗣, 平井悠司
2. 発表標題 付着基質表面のマイクロディンプル形状が付着珪藻(Navicula sp.)の付着挙動に及ぼす影響
3. 学会等名 2022年度日本付着生物学会研究集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三上恵, 百々瀬愛, 室崎喬之, 野方靖行, 平井悠司, 下村政嗣
2. 発表標題 表面微細構造と表面化学組成を組み合わせた基板上におけるフジツボ付着の調査
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 室崎 喬之, 百々瀬 愛, 野方 靖行, 小 野寺 真也, 東 乙比古, 平井 悠司
2. 発表標題 フィールド環境下における海洋付着生物に対する PVA 薄膜の抗付着効果
3. 学会等名 第71回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kei Mikami, Ai Momose, Takayuki Murosaki, Yasuyuki Nogata, Yuji Hirai, Masatsugu Shimomura
2. 発表標題 Effects of surface functional groups against barnacle settlement
3. 学会等名 MNC 2020, 33rd International Microprocesses and Nanotechnology Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三上恵, 渡邊純平, 室崎喬之, 野方靖行, 下村政嗣, 平井悠司
2. 発表標題 着生防止基板を同時評価可能な新規フジツボ着生実験系の検討
3. 学会等名 2021年度日本付着生物学会研究集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡邊純平, 三上恵, 室崎喬之, 野方靖行, 下村政嗣, 平井悠司
2. 発表標題 フジツボキプリス幼生着生時の表面官能基に対する選択性
3. 学会等名 2021年度日本付着生物学会研究集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 百々瀬愛, 瀬川雄太, 室崎喬之, 平井悠司, 野方靖行, 下村政嗣
2. 発表標題 ヒドロキシ基比率の異なる基板上におけるフジツボ付着の調査
3. 学会等名 第68回高分子年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takayuki Murosaki, Yasuyuki Nogata, Yuji Hirai
2. 発表標題 Barnacle settlement behaviors on microstructured surfaces with different geometric parameters
3. 学会等名 The 36th International Conference of Photopolymer Science and Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 室崎喬之
2. 発表標題 表面微細構造による海洋付着生物の付着抑制技術
3. 学会等名 2019年度粉体操作に伴う諸現象に関する勉強会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 百々瀬愛, 室崎喬之, 平井悠司, 野方靖行, 下村政嗣
2. 発表標題 末端 OH / COOH基混合自己組織化単分子膜上でのフジツボの付着挙動
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takayuki Murosaki, Yasuyuki Nogata, Yuji Hirai
2. 発表標題 Pre-settlement behaviors of cypris larvae of the barnacle, Amphibalanus amphitrite, on the micro-structured surfaces
3. 学会等名 The open International Symposium: Reproductive Biology of Barnacles (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takayuki Murosaki, Yasuyuki Nogata, Yuji Hirai
2. 発表標題 Settlement behavior of sessile organisms on micro-structured surfaces
3. 学会等名 Okinawa Colloids 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ai Momose, Takayuki Murosaki, Yuji Hirai, Yasuyuki Nogata, Masatsugu Shimomura
2. 発表標題 Antifouling coatings of cross-linked PVA against marine sessile organisms
3. 学会等名 Okinawa Colloids 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 室崎喬之
2. 発表標題 材料の表面形態と海洋付着生物（主にフジツボ類）の付着に関する最新のトピックス
3. 学会等名 旭川高専特別講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三上恵, 百々瀬愛, 室崎喬之, 平井悠司, 野方靖行, 下村政嗣
2. 発表標題 ヒドロキシル基比率の異なる基板におけるフジツボの付着挙動
3. 学会等名 2020年度日本付着生物学会研究集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 百々瀬愛, 瀬川雄太, 室崎喬之, 平井悠司, 野方靖行, 下村政嗣
2. 発表標題 表面化学組成の違いがフジツボの付着に及ぼす影響
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ai Momose, Yuta Segawa, Takayuki Murosaki, Yuji Hirai, Yasuyuki Nogata, Masatsugu Shimomura
2. 発表標題 Evaluations of barnacle settlements on self-assembled monolayer surfaces
3. 学会等名 14th International Conference on Modern Materials and Technologies(CIMTEC2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 室崎喬之
2. 発表標題 有機多孔質材料の表面形状によるフジツボの付着制御
3. 学会等名 142委員会ABC合同研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 室崎喬之
2. 発表標題 付着生物フジツボとその汚損対策
3. 学会等名 海生生物付着防止・防汚勉強会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 室崎喬之，野方靖行，平井悠司
2. 発表標題 フジツボの付着場所選択行動を利用した防汚材料開発
3. 学会等名 バイオミメティクス研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 室崎喬之，野方靖行，平井悠司
2. 発表標題 海洋付着生物に対する表面微細構造を用いた低環境負荷型防汚材料の開発
3. 学会等名 第67回高分子討論会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 百々瀬愛, 瀬川雄太, 室崎喬之, 平井悠司, 野方靖行, 下村政嗣
2. 発表標題 基板表面のヒドロキシ基がフジツボの付着に与える影響
3. 学会等名 第67回高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 室崎喬之, 野方靖行, 平井悠司
2. 発表標題 海洋付着生物フジツボと低環境負荷型防汚材料
3. 学会等名 バイオ・高分子研究会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ai Momose, Yuta Segawa, Takayuki Murosaki, Yuji Hirai, Yasuyuki Nogata, Masatsugu Shimomura
2. 発表標題 Investigation of the barnacle settlements on the surfaces with different hydroxyl group ratio
3. 学会等名 The 12th SPSJ International Polymer Conference (IPC2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 室崎喬之, 百々瀬愛, 小野寺真也, 東乙比古, 平井悠司
2. 発表標題 環境下におけるヒドロキシ基修飾表面及び PVAフィルムの付着生物に対する防汚性
3. 学会等名 2019年度日本付着生物学会研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 百々瀬愛, 瀬川雄太, 平井悠司, 下村政嗣, 室崎喬之, 野方靖行
2. 発表標題 自己組織化単分子膜表面のヒドロキシ基比率とフジツボの着生との関係
3. 学会等名 2019年度日本付着生物学会研究集会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 Takayuki Murosaki	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Jenny Stanford Publishing	5. 総ページ数 340
3. 書名 “Anti-Biofouling Effects against Sessile Organisms of Soft Materials” in Biomimetics - Connecting Ecology and Engineering by Informatics- (Edited By Akihiro Miyauchi, Masatsugu Shimomura)	

1. 著者名 Takayuki Murosaki (edited by R. Kado, H. Mimura and N. Endo)	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Nova Science Publishers	5. 総ページ数 151
3. 書名 "Section II. Approaches to Antifouling, Chapter 7. Barnacle Settlement on Soft Materials", Barnacles: Recent Progress in Biology and Antifouling	

1. 著者名 眞山博幸, 室崎 喬之, 秋田谷龍男	4. 発行年 2018年
2. 出版社 公益社団法人日本化学会	5. 総ページ数 544
3. 書名 「6.1.5 非線形ダイナミクス」, 第4版 現代界面コロイド化学の基礎 - 原理・応用・測定ソリューション	

1. 著者名 室崎喬之 (公益社団法人日本動物学会 編)	4. 発行年 2018年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 800
3. 書名 「第12章6節 付着生物フジツボに対するハイドロゲルの抗付着効果」, 動物学の百科事典	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	平井 悠司 (Hirai Yuji) (30598272)	公立千歳科学技術大学・理工学部・准教授 (20106)	
連携研究者	野方 靖行 (Nogata Yasuyuki) (10371535)	一般財団法人電力中央研究所・サステナブルシステム研究本部 生物・環境化学研究部門・上席研究員 (82641)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------