

明 細 書

発明の名称：付着繁殖抑制方法、付着繁殖抑制装置及び水質計

技術分野

[0001] 本発明は、付着繁殖抑制方法、付着繁殖抑制装置及び水質計に関する。

背景技術

[0002] 従来、水質計や火力発電所、原子力発電所等の海水系統設備等の構造物へのフジツボ類等の付着生物の付着を防止する技術が知られている。例えば特許文献1には、水中の構造物に対して、409～412nmの波長を含む光を照射することで、構造物に対する付着生物の付着を防止する方法が知られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-188570号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に開示された方法は、構造物に対して放射照度の高い光が照射される箇所への付着生物の付着を抑制できる。一方で、光照射装置同士の間や端部等の放射照度の低い光が照射される箇所や光が当たらず影になる箇所に付着生物を誘引してしまう可能性があり、付着生物の付着を抑制する効果が不十分であるという課題があった。また光の照射に起因する発熱によって照射装置が劣化する傾向にあり、照射装置の長寿命化という点で改善の余地があった。

[0005] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであり、対象物への付着生物の付着を効率的に抑制でき、かつ照射装置の長寿命化を実現できる付着繁殖抑制方法、付着繁殖抑制装置及び水質計を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] (1) 本発明は、付着生物が付着し得る対象物への付着生物の付着及び

／又は繁殖を抑制する付着繁殖抑制方法であって、下記式（１）で表される条件を満たし、かつ間欠的に前記対象物に対して光を照射する、付着繁殖抑制方法に関する。

$$X \times a / (a + b) \geq Y \cdots \text{式 (1)}$$

ただし、 X は光の放射照度（ Wm^{-2} ）であり、 a は光が照射される時間であり、 b は光が照射されない時間であり、 Y は付着生物毎に設定される光の放射照度（ Wm^{-2} ）である。

[0007] （２） 前記式（１）の Y が２０である、（１）に記載の付着繁殖抑制方法。

[0008] （３） 前記式（１）の Y が１５０である、（１）に記載の付着繁殖抑制方法。

[0009] （４） 前記対象物に対して照射する光は、４００～４３０nmの波長域においてピークを有する、（１）～（３）のいずれか１項に記載の付着繁殖抑制方法。

[0010] （５） また本発明は、対象物に対して光を照射する照射装置と、前記照射装置を制御する制御部と、を有する付着繁殖抑制装置であり、前記制御部は、前記照射装置から前記対象物に対して、下記式（１）で表される条件を満たし、かつ間欠的に光が照射されるように前記照射装置を制御する、付着繁殖抑制装置に関する。

$$X \times a / (a + b) \geq Y \cdots \text{式 (1)}$$

ただし、 X は前記照射装置からの光の放射照度（ Wm^{-2} ）であり、 a は前記照射装置から光が照射される時間であり、 b は前記照射装置から光が照射されない時間であり、 Y は前記付着生物毎に設定される光の放射照度（ Wm^{-2} ）である。

[0011] （６） また本発明は、（５）に記載の前記付着繁殖抑制装置と、センサ装置と、を有する水質計であり、前記照射装置は、前記センサ装置の検出部に対して光を照射し、前記照射装置から照射される光は、４００～４２０nmの波長域においてピークを有し、前記センサ装置は、予め定められた所定

の検出タイミング毎に検出動作を行い、前記制御部は、前記所定の検出タイミング以外の照射時間毎に前記照射装置から前記検出部に対して間欠的に光が照射されるように、前記照射装置を制御する、水質計に関する。

[0012] (7) 前記照射装置の照射面は、前記検出部に対向して配置される、(6)に記載の水質計。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、対象物への付着生物の付着を効率的に抑制でき、かつ照射装置の長寿命化を実現できる付着繁殖抑制方法、付着繁殖抑制装置及び水質計を提供できる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の一実施形態に係る付着繁殖抑制装置の構成を示すブロック図である。

[図2]本発明の第1実施形態に係る水質計の構成を示す図である。

[図3]本発明の第2実施形態に係る水質計の構成を示す図である。

[図4]本発明の第3実施形態に係る水質計の構成を示す図である。

[図5]本発明の第4実施形態に係る水質計の構成を示す図である。

[図6]幼フジツボ率の結果に対する箱ひげ図である。

[図7]波長405nm、放射照度20Wm⁻²の連続照射及び間欠照射(1/1、1/2)の照射条件下におけるキプリス幼生の走光状況を示す図である。

[図8]波長405nm、放射照度400Wm⁻²の連続照射及び間欠照射(1/1、1/2)の照射条件下におけるキプリス幼生の走光状況を示す図である。

[図9]波長405nm、放射照度600Wm⁻²の連続照射及び間欠照射(1/1、1/2)の照射条件下におけるキプリス幼生の走光状況を示す図である。

[図10]波長405nm、放射照度2000Wm⁻²の連続照射及び間欠照射(1/1、1/2)の照射条件下におけるキプリス幼生の走光状況を示す図である。

[図11]波長405nm、放射照度600Wm⁻²の連続照射及び間欠照射（0.1/0.1、0.1/0.2、0.1/0.3）の照射条件下におけるキプリス幼生の走光状況を示す図である。

[図12]波長520nm、放射照度600Wm⁻²の連続照射及び間欠照射（1/1、1/2）の照射条件下におけるキプリス幼生の走光状況を示す図である。

[図13]放射照度500Wm⁻²の各間欠照射条件下における淡水ヒドラの反応状況を示す図である。

[図14]放射照度1000Wm⁻²の各間欠照射条件下における淡水ヒドラの反応状況の評価を示す図である。

[図15]本発明の実施例3で使用した実験装置を説明する図である。

[図16]本発明の比較例6に係る試験後の試験板を示す画像である。

[図17]本発明の実施例3に係る試験後の試験板を示す画像である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明の実施形態について説明する。なお、本発明は以下の実施形態に制限されず、適宜変更が可能である。

[0016] <付着繁殖抑制方法>

本実施形態に係る付着繁殖抑制方法は、付着生物が付着し得る対象物に対して、所定の条件を満たすように光を間欠的に照射（以下、間欠照射という）することで、対象物への生物の付着を抑制する方法である。なお、間欠照射とは、対象物に光が照射されている状態と、照射されていない状態とを切り替えて光を照射することをいう。

[0017] 対象物としては、水中に設置される構造物（水や汗等の液体で永続的又は一時的に濡れた構造物を含む）または気中に設置される構造物、例えば、火力発電所、原子力発電所等の発電施設における海水系統の設備や、これらの設備点検を行うための点検窓が挙げられる。上記以外に、対象物としては、水質計、水中カメラ装置、取水管路、ロータリースクリーン、バースクリーン、ドラムスクリーン、マッセルフィルター、ネットスクリーン、取水ポン

プ、循環水ポンプ、循環水管、熱交換器、復水器、軸受冷却水冷却器、潤滑油冷却器、LNG気化器、発電機、放水管路、水車、インペラ、バルブ、回転軸、導水管路、ろ過槽、膜、ダム、船舶、造船所における船体、バラスト水タンク、バラスト水導入・排出管、ポンプ類、水産養殖設備、水産試験場、水産設備、水族館、魚介類飼育水槽における水槽、配管、ポンプ類、冷却塔の水タンク・放熱板、スクラバー水タンク等であってもよい。また例えば浴室やプール、シャワールーム、トイレ、台所などの床等であってもよい。また、室内や車内のシート、病院の手術室でもよく、机、椅子であってもよく、ビルの外壁・内壁、窓ガラスでも良い。また、パック容器の表面、内面、生鮮食品、合成食品でもよく、泡、クリーム、ゼリー、ゲル等でも良い。また、ここでのいう構造物とは、生物体であってもよい。例えば、牡蠣の殻や軟体部、魚、魚に寄生した原虫、プランクトン、藻類、微生物、生物組織の一部、歯、皮膚、細胞及びその分泌物であっても良い。また、構造物は固体でなくとも良い。例えば、水中の気泡も、その表面に多数の付着微生物の集積付着する構造物になりうる。同様に、気中の液滴も、多数の付着微生物の集積付着する構造物になりえる。

[0018] 上記対象物に付着し得る付着生物としては、水中の構造物（水や汗等の液体で永続的又は一時的に濡れた構造物を含む）または気中の構造物の表面に付着する性質を持つ生物であれば特に限定されないが、例えば、イガイ類、フジツボ類、ヒドロ虫類等の付着生物や細菌類、ウイルス類、真菌類、藍藻類、原生動物等の微生物が挙げられる。付着生物は、初期幼生の間は海中を浮遊しており、付着期幼生になると、適当な対象物に付着して成体に変態する生物である。また、付着珪藻類、緑藻類、褐藻類、紅藻類等の微小藻体、カイメン類、クラゲ類、管棲多毛類、コケムシ類、ヨコエビ類等の幼生もこれに含まれる。

[0019] イガイ類とは、イガイ科（*Mytilidae*）の二枚貝類の総称であり、例えば、ヒバリガイなどのヒバリガイ亜科（*Modiolinae*）、イシマテ等のイシマテ亜科（*Lithophaginae*）、キザミガイ、ホ

トトギスガイ等のキザミガイ亜科 (Crenellinae)、イガイ、カワヒバリガイ、ムラサキイガイ等のイガイ亜科 (Mytilinae) 等が含まれる。また、フジツボ類とは、甲殻類 (Crustacea)、曼脚亜綱 (Cirripadia)、及び完胸目 (Thoracica) に分類されるものの総称であり、例えば、タテジマフジツボ、アメリカフジツボ、アカフジツボ、サンカクフジツボ、オオアカフジツボ、サラサフジツボ、イワフジツボ、シロスジフジツボ、及びヨーロッパフジツボなどを含むフジツボ型亜目 (Balanomorpha) に属するものが含まれる。また、ヒドロ虫類とは、刺胞動物門 (Cnidaria) ヒドロ虫綱 (Hydrozoa) の動物の総称であり、例えばタマウミヒドラ、淡水ヒドラ、グリーンヒドラ等の花クラゲ目 (Anthomedusae) ヒドラ科 (Hydridae) が含まれる。また、クラゲ類の着生世代としては、ミズクラゲやアカクラゲのポリプ等が含まれる。

[0020] また上記対象物に付着し得る付着生物には、バイオフィームも含まれる。バイオフィームとは、微生物によって形成される構造体である。バイオフィームは通常は膜状であって、微生物が分泌した多糖等の細胞外高分子物質 (EPS, extracellular polymeric substance) を含む。また、バイオフィームには、微生物の遺骸、排泄物、糞、棲管、遺伝子断片、有機粒子、無機粒子等が含まれていてもよい。なお、室内、車内のシート表面や床表面、食品、パック容器表面・内面・内部品、生物個体、藻類、組織、細胞、皮膚、歯等にごく薄いバイオフィームが形成されている場合、このバイオフィームは付着生物とみなしうる。

[0021] 付着繁殖抑制方法において光を間欠照射する上記所定の条件とは、下記式 (1) で表される条件である。

[0022] $X \times a / (a + b) \geq Y \cdots$ 式 (1)

ただし、 X は光の放射照度 (Wm^{-2}) であり、 a は光が照射される時間 (以下、点灯時間という) であり、 b は光が照射されない時間 (以下、消灯時間という) であり、 Y は付着生物毎に設定される光の放射照度 (Wm^{-2}) で

ある。本明細書において、点灯時間とは、間欠照射において対象物への光の照射が開始されて次に照射が停止されるまでの時間を意味する。また消灯時間とは、間欠照射において照射が停止してから次に照射が開始されるまでの時間を意味する。

[0023] Yとしては、付着生物の種類に応じて、該付着生物の対象物への付着及び／又は繁殖の抑制（以下、付着繁殖抑制という）が可能な放射照度が設定される。Yとしての放射照度（以下、放射照度Yという）は、例えば付着生物の光に対する耐性に応じて設定してもよい。この場合、放射照度Yは、例えば光に対して異なる耐性を有する複数の付着生物に対して同じ値を設定してもよく、それぞれ異なる値を設定してもよい。同じ値に設定する場合は、最も光に対する耐性が高い付着生物の付着繁殖抑制に有効な放射照度Yを設定してもよい。本実施形態では、付着生物の種類にかかわらず同じ値に設定している。上記式（1）を用いることで、付着繁殖抑制を行うための光の放射条件を容易に設定することができる。

[0024] 本実施形態では、式（1）の放射照度Yは、例えば 20 W m^{-2} であることが好ましく、 150 W m^{-2} であることがより好ましい。式（1）の放射照度Yが 20 W m^{-2} となるように光の放射照度Xと点灯時間aと、消灯時間bを調整することで、対象物への付着生物の付着及び／又は繁殖を抑制することができる。また式（1）の放射照度Yが 150 W m^{-2} となるように光の放射照度Xと点灯時間aと消灯時間bとを調整することで、対象物への付着生物の付着及び／又は繁殖をほぼ完全に抑制できる。なお、本明細書における放射照度とは、放射照度計Ophir StarLite-PD300RM-8Wにより計測される放射照度の値を意味するものとする。

[0025] 点灯時間aと消灯時間bは、式（1）の条件を満たせば特に限定されない。例えば点灯時間aは、0.1秒未満であってもよく、0.1秒以上であってもよく、1.0秒以上であってもよく、1.0分以上であってもよく、1時間以上であってもよい。また例えば消灯時間bは、0.1秒未満であってもよく、0.1秒以上であってもよく、1.0秒以上であってもよく、1.

0分以上であってもよく、1時間以上であってもよい。即ち、式(1)を満たせば、点灯時間 $a / (点灯時間 a + 消灯時間 b)$ は自由に設定できる。例えば、点灯時間 $a / (点灯時間 a + 消灯時間 b)$ を0.1としてもよく、99.9としてもよい。

[0026] 光の放射照度 X は、式(1)の条件を満たせば特に限定されない。放射照度 X は、例えば付着生物の付着及び／又は繁殖を抑制する観点から 20 W m^{-2} 以上であることが好ましく、 50 W m^{-2} 以上であることがより好ましく、 100 W m^{-2} 以上であることがさらに好ましい。

[0027] 間欠的に、かつ上述した式(1)の条件を満たすように光を照射することで、付着生物の付着及び／又は繁殖をより確実かつ効率的に抑制できるとともに、連続的に光を照射するよりも、光が照射される対象物に対する異物の付着をより好ましく抑制できる。詳細には、連続的に光を照射する場合、強い光が照射される箇所には付着生物等の異物が付着しないものの、比較的弱い光が照射される光軸の周辺部には、走光性によって付着生物が誘引され、付着生物が増殖する場合がある。対象物に間欠的に光が照射されることで、走光性による付着生物の誘引を抑制でき、付着生物の付着及び／又は繁殖を効率的に抑制できる。また、例えば後述する照射装置20等の照射装置から対象物に間欠的に光が照射されることで、照射装置のLED素子の経時的な劣化が抑制されるため、照射装置の耐久性を向上できる。よって、照射装置の長寿命化を図ることができる。

[0028] 対象物に対して照射する光は、 $400 \sim 430 \text{ nm}$ の波長域においてピークを有することが好ましい。波長が 380 nm 以下の紫外線は付着生物の付着繁殖抑制効果があるものの、海水中での透過率が低い問題がある。照射光の波長を上記範囲とすることで、好ましい付着繁殖抑制効果及び付着生物除去効果が得られる。照射光の波長は、本発明の効果を阻害しない範囲内で、上記以外の波長域においてピークを有するものであってもよい。例えば照射光の波長は、 $430 \sim 490 \text{ nm}$ の波長域においてピークを有するものであってもよく、 $490 \text{ nm} \sim 550 \text{ nm}$ の波長域においてピークを有するもの

であってもよい。

[0029] 次に、付着繁殖抑制方法による対象物への付着生物の付着又は繁殖の抑制を実行可能な装置の例について説明する。

[0030] <付着繁殖抑制装置>

まず、付着繁殖抑制装置 1 について図 1 を参照しながら説明する。付着繁殖抑制装置 1 は、図 1 に示すように対象物に対して光を照射する照射装置 20 と、照射装置 20 を制御する制御部 5 と、を備える。

[0031] 照射装置 20 は、例えば LED 照射装置であり、1 つ又は複数の LED 素子を含んで構成される。照射装置 20 は、制御部 5 と通信可能に接続される。

[0032] 照射装置 20 が照射する光は、400～430 nm の波長域においてピークを有することが好ましい。照射光の波長は、本発明の効果を阻害しない範囲内で、上記以外の波長域においてピークを有するものであってもよい。例えば照射光の波長は、430～490 nm の波長域においてピークを有するものであってもよく、490 nm～550 nm の波長域においてピークを有するものであってもよい。

[0033] 制御部 5 は、CPU 等のプロセッサによって構成される演算装置であり、予め設定された各種プログラムやデータを読み込んで実行し、照射装置 20 を制御する。制御部 5 は、照射装置 20 から対象物に対して、上記式 (1) で表される条件を満たし、かつ間欠的に光が照射されるように照射装置 20 を制御することで対象物への付着生物の付着を抑制する。即ち、照射装置 20 は、上記式 (1) の条件を満たすように間欠照射する。

[0034] 照射装置 20 から照射される光の放射照度 X は、式 (1) の条件を満たせば特に限定されない。放射照度 X は、例えば付着生物の付着を抑制する観点から 25 W m^{-2} 以上であることが好ましく、 50 W m^{-2} 以上であることがより好ましく、 100 W m^{-2} 以上であることがさらに好ましい。

[0035] <水質計>

次に、水質計について図 2～図 5 を参照しながら説明する。本実施形態に

係る水質計は、海洋、河川、又は湖沼等の環境における水の水質を所定の期間、例えば１日間以上継続して測定するために用いられる。水質計により測定される水質測定項目としては、例えば、水温、塩分濃度、溶存酸素（ＤＯ）濃度、クロロフィル、有機物、濁度、照度、ｐＨ、ＯＲＰ（酸化還元電位）、導電率、比重、深度、流向流速、各種イオン濃度、可視光及び／又は赤外光画像、等が挙げられる。本実施形態に係る水質計は、上記の水質測定項目を複数測定可能であってもよい。

[0036] 本実施形態に係る水質計は、対象物としてのセンサ装置と、センサ装置の検出部に対して光を照射する照射装置と、照射装置を制御する制御部と、を有する。なお、水質計の照射装置と制御装置とを合わせた構成は、付着繁殖抑制装置１０に相当する。

[0037] 《第１実施形態》

本実施形態に係る水質計１は、図２に示すように、センサ装置としての塩分濃度センサ（検出部３１）、及び水温センサ（検出部３２）を有する水温塩分計である。水質計１は、上記以外に、照射装置２０ａ及び２０ｂと、本体部４と、制御部５と、支持体７ａと、を備える。

[0038] （照射装置）

照射装置２０ａ及び２０ｂは、４００～４３０ｎｍの波長域においてピークを有する光を、塩分濃度センサの検出部３１、及び水温センサの検出部３２に対して間欠的に照射する。これにより、塩分濃度センサの検出部３１、及び水温センサの検出部３２に対する付着生物の付着が抑制される。照射装置２０ａ及び２０ｂは、例えばＬＥＤ照射装置であり、１つ又は複数のＬＥＤ素子を含んで構成される。照射装置２０ａ及び２０ｂは、それぞれ筐体部２１ａ及び２１ｂと、照射面２２ａ及び２２ｂと、を有する。照射面２２ａは、塩分濃度センサの検出部３１が配置される孔部の一方の開口３１ａ、及び水温センサの検出部３２に対向して配置される。照射面２２ｂは、塩分濃度センサの検出部３１が配置される孔部の他方の開口３１ｂに対向して配置される。

- [0039] 上記検出部に付着し得る付着生物としては、水中に配置される対象物の表面に付着する性質を持つ生物であれば特に限定されないが、例えば、イガイ類、フジツボ類、ヒドロ虫類、海洋細菌等の微生物やバイオフィーム等が挙げられる。
- [0040] 照射装置20a及び20bから照射される光は、400～430nmの波長域においてピークを有する。照射光の波長は、本発明の効果を阻害しない範囲内で、上記以外の波長域を含んでいてもよい。例えば、400～440nmの波長域の光を含んでいてもよい。
- [0041] 照射装置20a及び20bから照射される光の放射照度は、付着生物の付着を抑制する観点から 25Wm^{-2} 以上であることが好ましく、 50Wm^{-2} 以上であることがより好ましく、 100Wm^{-2} 以上であることが更に好ましい。
- [0042] 照射装置20a及び20bから間欠的に光を照射することで、連続的に光を照射するよりも、光が照射される検出部31、及び検出部32に対する異物の付着をより好ましく抑制できる。詳細には、連続的に光を照射する場合、強い光が照射される箇所には付着生物等の異物が付着しないものの、比較的弱い光が照射される光軸の周辺部には、藻類等の光合成により成長する付着生物が増殖しやすくなる場合がある。これは、照射装置20a及び20bから照射される光が光合成に有効な光の波長を含むためと考えられる。照射装置20a及び20bから間欠的に光が照射されることで、藻類等の増殖が抑制される。上記の理由については定かではないが、間欠的に光が照射されることで、藻類等の光合成を行うための光量が不足し、成長が阻害されることが理由として考えられる。
- [0043] 上記照射装置20a及び20bから間欠的に光が照射されることで、照射装置20a及び20bの照射面22a及び22bに対する藻類等の付着を抑制する効果が得られる。照射装置20a及び20bが複数のLED素子を含んで構成され、連続的に照射装置20a及び20bから光が照射される場合、複数のLED素子同士の間には藻類等が付着することで、照射される光の放

射照度が低下する場合がある。しかし、照射装置 20a 及び 20b から間欠的に光が照射されることで、照射装置 20a 及び 20b が複数の LED 素子を含む場合であっても、照射される光の放射照度が低下することを抑制できる。また、照射装置 20a 及び 20b から間欠的に光が照射されることで、LED 素子の経時的な劣化が抑制されるため、水質計 1 の耐久性を向上できる。

[0044] (センサ装置)

塩分濃度センサは、水中の塩分濃度を検出するセンサ装置である。塩分濃度センサの検出部 31 は、液体が流通可能な孔部内に設けられる。上記孔部に対する付着生物の付着により海水等の液体の流通が阻害されると、塩分濃度センサによる正確な塩分濃度の測定を行うことができない。本実施形態に係る水質計 1 の照射装置 20a 及び 20b から照射される光により、検出部 31 だけでなく、検出部 31 が配置される孔部に対する付着生物の付着が抑制される。これにより、塩分濃度センサにより継続的かつ正確に塩分濃度の測定を行うことができる。

[0045] 水温センサは、水温を検出するセンサ装置である。水温センサの検出部 32 に対し、照射装置 20a から照射される光により、検出部 32 に対する付着生物の付着が抑制される。これにより、水温センサにより継続的かつ正確に水温の測定を行うことができる。

[0046] センサ装置としての塩分濃度センサ、及び水温センサは、予め定められた所定の検出タイミング毎に、検出動作を行うように設定される。上記検出を行う検出間隔は特に限定されないが、センサ装置の検出結果が照射装置から照射される光による残熱の影響を受けないようにするため、例えば、10 分以上の間隔とすることができる。上記検出間隔は、1 日間隔としてもよい。塩分濃度センサ、及び水温センサの所定の検出タイミングは、同一のタイミングであることが好ましい。

[0047] (本体部)

本体部 4 は、塩分濃度センサ、及び水温センサを収容する。上記以外に、

本体部４は、塩分濃度センサ、及び水温センサによる測定結果を記憶する記憶部を備えていてもよい。

[0048] (制御部)

制御部５は、照射装置２０a及び２０bから間欠的に光が照射されるように、照射装置２０a及び２０bの照射タイミングを制御する。制御部５は、それぞれ配線６a及び６bにより、照射装置２０a及び２０bに対して通信可能に接続される。

[0049] 照射装置２０a及び２０bは、上記塩分濃度センサ、及び水温センサが検出動作を行う所定のタイミング以外の照射時間毎に、塩分濃度センサの検出部３１、及び水温センサの検出部３２に対して光を照射するように、制御部５によって制御される。照射装置２０a及び２０bから検出部３１、及び検出部３２に対して光が照射されている最中に、塩分濃度センサ、及び水温センサが検出動作を行う場合、塩分濃度センサ、及び水温センサにより正確な測定を行うことができない場合がある。しかし、上記構成により、上記塩分濃度センサ、及び水温センサが検出動作を行っている最中には、照射装置２０a及び２０bは、検出部３１、及び検出部３２に対して光を照射しないように制御部５により制御される。これにより、塩分濃度センサ、及び水温センサにより正確な測定を行うことができる。正確な測定を行う観点から、上記塩分濃度センサ、及び水温センサが検出動作を行う所定のタイミングは、照射装置２０a及び２０bから光が照射されない時間の中央のタイミングとすることが好ましい。

[0050] 制御部５は、照射装置２０a及び２０bから検出部３１及び検出部３２に対して光が照射される照射時間の割合が、照射時間と照射装置２０a及び２０bから光が照射されない時間との合計（即ち、経過時間）に対して３０～７０％となるように、照射装置２０a及び２０bを制御することが好ましい。これにより、付着生物等の異物の付着を防止する効果が得られ、かつ、比較的弱い光が照射される箇所に対する藻類等の付着を抑制できる。

[0051] 制御部５は、例えば、センサ装置の検出間隔が２０分間隔であり、上記照

射時間の割合が50%である場合、センサ装置の検出タイミングから5分経過後に照射装置20a及び20bから検出部31及び検出部32に対して光を照射させる。10分間の照射時間の間、照射装置20a及び20bから継続して光が照射される。制御部5は、10分間の照射時間が経過すると、照射装置20a及び20bからの光の照射を停止させる。その後、5分間経過後に次のセンサ装置の検出タイミングが到来し、センサ装置は検出動作を行う。これによって、例えば照射装置20a及び20bから光が照射されることによる水温上昇等のセンサ装置の検出に与える影響を無くすることができる。

[0052] (支持体)

支持体7aは、照射装置20a及び20bを固定するための支持体であり、検出部31及び検出部32に対して外部からの水が通水可能に構成される。支持体7aは、例えば枠体形状を有し、材質としても特に限定されず、金属や樹脂等の材質を適宜用いることができる。支持体7aにより、照射面22a及び22bを、検出部31及び検出部32に対向するように配置できる。

[0053] 以下、本発明の他の実施形態について説明する。上記第1実施形態と同様の構成については、説明を省略する場合がある。

[0054] 《第2実施形態》

第2実施形態に係る水質計1aは、図3に示すように、センサ装置としての溶存酸素(DO)濃度センサ(検出部33)と、水温センサ(検出部34)と、を有する。水質計1aは、上記以外に、照射装置20cと、本体部4aと、制御部5aと、支持体7bと、ワイパー装置8と、を備える。

[0055] 本実施形態に係る照射装置20cは、筐体部21cと、照射面22cと、を有する。本実施形態において、照射装置20cは単一の照射装置であり、照射面22cは、溶存酸素(DO)濃度センサの検出部33、及び水温センサの検出部34に対向して配置される。照射装置20cは、支持体7bにより固定されて支持される。支持体7bは、支持体7aと同様に枠体形状を有

する。

[0056] 溶存酸素（DO）濃度センサは、水中の溶存酸素（DO）濃度を測定するセンサ装置である。溶存酸素（DO）濃度センサの検出部33、及び水温センサの検出部34に対して照射装置20cから400～430nmの波長域においてピークを有する光が間欠的に照射されることで、上記検出部33、及び検出部34に対する付着生物の付着が抑制される。溶存酸素（DO）濃度センサ、及び水温センサの検出タイミング、並びに照射装置20cから光が照射される照射タイミングが制御部5aにより制御される構成は、第1実施形態に係る水質計1と同様である。制御部5aは、本体部4aの内部に収容され、配線6cにより照射装置20cと通信可能に接続される。

[0057] （ワイパー装置）

ワイパー装置8は、溶存酸素（DO）濃度センサの検出部33、及び水温センサの検出部34に付着する付着生物を拭き取ることで除去する装置である。ワイパー装置8は、検出部33及び検出部34に回転可能に当接する当接部を有する。上記当接部は、樹脂等の可撓性を有する部材により構成される。水質計1aは、照射装置20cに加えてワイパー装置8を有することにより、仮に一方の装置による検出部33及び検出部34に対する付着生物の付着繁殖抑制又は除去効果が、装置の不調等により十分に得られない場合であっても、他方の装置により検出部33及び検出部34に対する付着生物の付着繁殖抑制又は除去効果が得られるため、より確実にセンサ装置による正確な測定を行うことができる。

[0058] 《第3実施形態》

第3実施形態に係る水質計1cは、図5に示すように、センサ装置としてのpH/ORPセンサ（検出部36）と、クロロフィル／濁度センサ（検出部37）と、深度センサ（検出部38）と、を有する。水質計1cは、上記以外に、照射装置20eと、本体部4cと、制御部5cと、を備える。

[0059] 本実施形態に係る照射装置20eは、筐体部21eと、照射面22eと、を有する。本実施形態において、照射装置20eは単一の照射装置であり、

照射面 22 e は、pH/ORP センサの検出部 36、クロロフィル/濁度センサの検出部 37、及び深度センサの検出部 38 に対向して配置される。照射装置 20 e は、支持体 7 c により固定されて支持される。支持体 7 c は、支持体 7 a と同様に棒体形状を有する。

[0060] pH/ORP センサは、水中の水素イオン指数、及び酸化還元電位（ORP）を測定するセンサ装置である。クロロフィル/濁度センサは、水中のクロロフィル濃度、及び濁度を測定するセンサ装置である。深度センサは、水面からの深度を測定するセンサ装置である。

[0061] pH/ORP センサの検出部 36、クロロフィル/濁度センサの検出部 37、及び深度センサの検出部 38 に対して照射装置 20 e から 400～430 nm の波長域においてピークを有する光が間欠的に照射されることで、上記検出部 36、検出部 37、及び検出部 38 に対する付着生物の付着が抑制される。pH/ORP センサ、クロロフィル/濁度センサ、及び深度センサの検出タイミング、並びに照射装置 20 e から光が照射される照射タイミングが制御部 5 c により制御される構成は、第 1 実施形態に係る水質計 1 と同様である。制御部 5 c は、本体部 4 c の内部に収容され、配線 6 e により照射装置 20 e と通信可能に接続される。

[0062] 次に、本実施形態に係る付着繁殖抑制方法を水中カメラ装置に適用した例について説明する。水中カメラ装置 1 b は、図 4 に示すように、センサ装置としての照度センサ（検出部 35）を有する。水中カメラ装置 1 b は、上記以外に、照射装置 20 d と、本体部 4 b と、制御部 5 b と、ワイパー装置 8 a と、撮像部（カメラレンズ 9）と、を備える。

[0063] 水中カメラ装置 1 b は、撮像部により定期的に水中画像を撮影可能である。上記水中画像は、例えば、可視光画像である。水中カメラ装置 1 b は、カメラレンズ 9 の周囲に複数の照射装置 20 d を備える。照射装置 20 d から、400～430 nm の波長域においてピークを有する光を照射することが可能であり、更に白色光を照射できることが好ましい。

[0064] 照射装置 20 d から照射される、400～430 nm の波長域においてピ

ークを有する光の点灯時間 a と消灯時間 b は、式 (1) の条件を満たせば特に限定されない。即ち、式 (1) を満たせば、制御部 5 b は、点灯時間 $a / (点灯時間 a + 消灯時間 b)$ を自由に設定できる。例えば、点灯時間 $a / (点灯時間 a + 消灯時間 b)$ を 0.1 としてもよく、99.9 としてもよい。

[0065] 照射装置 20 d から撮像部の撮影タイミングに合わせて光を照射することで、照明として利用してもよい。例えば、撮像部の撮影タイミングに周囲の照度が低い場合に、照射装置 20 d から白色光を照射する場合は、照明として白色光を照射することで、撮影対象物の色情報を含めた画像を入手することができる。

[0066] 撮像部の撮影タイミングに周囲の照度が低い場合に、照射装置 20 d から 400 ~ 430 nm の波長域においてピークを有する光を照射する場合は、400 ~ 430 nm の波長域においてピークを有する光は海中での透過性の高い波長域を有する光であるため、比較的遠い領域に対する水中画像を撮影することができる。

[0067] 照射装置 20 d は、本実施形態において、カメラレンズ 9 の周囲に複数（本実施形態においては、7 つ）設けられる。

[0068] 照度センサ（検出部 35）は、周囲の照度を計測し、周囲の照度が所定の値よりも低い条件（暗い条件）において照射装置 20 d から照明を点灯するためのものである。

[0069] 次に、本実施形態に係る付着繁殖抑制方法を適用した別の例を示す。上述した水中カメラ装置に適用した例では、光が間欠的に照射される照射装置 20 を用いて付着繁殖抑制を行っていたが、光を連続的に照射する（以下、連続照射という）装置を用いて付着繁殖抑制を行ってもよい。

[0070] 例えば、照射装置を固定した状態で、回転するプロペラの羽根等に光を連続照射する。このとき、照射装置からプロペラ全体に光を照射せずに、プロペラの位置と光の照射方向を固定し、プロペラの一部の羽根に光が照射されるように光を照射することで、照射装置から連続照射を行いながらプロペラの各羽根に間欠的に照射することができる。そして、プロペラの回転速度と

照射装置からの光の放射照度を上述した式（１）を満たすように調整して連続照射することで、付着生物の付着を効率的に抑制できる。

- [0071] また例えば、停泊中の船体等の大型の構造物に対して、照射装置をドローン等に搭載して移動させながら船体をスキャンするように光を連続照射させてもよい。このとき、船体の同じ箇所定期的に光が照射されるように照射装置を移動させることで、間欠的な照射と同じ効果が発揮される。そして、照射装置からの放射照度と照射装置の移動速度を式（１）で表される条件を満たすように調整して連続照射することで、付着生物の付着を効率的に抑制できる。また、例えば、一過式の海水流水条件下において、上流で高強度の光を照射し、その後、下流域の一定時間付着を抑制し、排水された後、付着を回復させることで、環境に影響を与えることなく、所内の生物付着被害を効率的に抑制できる。このような照射方法も、一種の間欠照射と捉えることができる。

実施例

- [0072] 以下、実施例に基づいて本発明の内容を更に詳細に説明する。本発明の内容は以下の実施例の記載に限定されない。

- [0073] [付着抑制効果確認試験１]

タテジマフジツボのキプリス幼生（以下、キプリス幼生という）を用いて、ＬＥＤ光による生物の付着抑制効果を確認した。なお、キプリス幼生は、浮遊期であるノープリウス幼生が脱皮を繰り返し、対象物に付着可能に成長した付着期幼生である。後述する幼フジツボは、キプリス幼生が試験容器等の対象物に付着し、変態したフジツボである。

- [0074] 試験容器（径６ｃｍ×高さ６ｃｍのシャーレ）に７０ｍｌの試験海水（孔径０．４５μｍメンブレンで濾過した海水）とキプリス幼生（個体数：４４±１２、ただし、放射照度１２００Ｗｍ⁻²の試験区では３０±５）を入れた。試験区として、この試験容器にガラス蓋を通して、ＬＥＤ光（ピーク波長：４０５ｎｍ）を以下表１～表３に示す各照射条件で照射した。ＬＥＤ光の光源としては、ＵＦＬ－５０１－０８ ＵＶ－ＵＴ（株式会社ユーテクノロ

ジー製)を用いた。LED光の照射による試験海水等の昇温を防ぐために、試験中、試験容器の底部外側を水道水に浸した。試験容器をアルミホイルでカバーし、LED光を照射せずに略恒暗条件としたものを対照区とした。試験は、96時間行い、対照区と各試験区との幼フジツボ率を比較した。なお、幼フジツボ率とは、各試験容器内に存在するタテジマフジツボ個体数のうち幼フジツボが占める割合である。

[0075] [表1]

放射照度 (Wm^{-2})	100	200	200	200	200	0 (対照区)
点灯時間 (秒)	連続	連続	0.2	0.1	0.1	—
消灯時間 (秒)	—	—	0.1	0.1	0.2	—
N数	15	15	3	3	3	15
96時間後の 幼フジツボ率 平均 $\pm$ SD (%)	7.5 $\pm$ 5.8	0.5 $\pm$ 1.3	1.3 $\pm$ 1.8	6.4 $\pm$ 0.8	23.2 $\pm$ 13.3	93.5 $\pm$ 5.3

[0076] [表2]

放射照度 (Wm^{-2})	400	600	600	600	600	600	0 (対照区)
点灯時間 (秒)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	—
消灯時間 (秒)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1.1	—
N数	15	12	11	9	18	3	25
96時間後の 幼フジツボ率 平均 $\pm$ SD (%)	0.5 $\pm$ 1.2	0.9 $\pm$ 1.6	4.1 $\pm$ 8.3	6.1 $\pm$ 9.2	7.5 $\pm$ 6.5	77.3 $\pm$ 6.2	81.2 $\pm$ 12.2

[0077]

[表3]

放射照度 (Wm^{-2})	600	1200	0 (対照区)
点灯時間 (分)	5	12	—
消灯時間 (分)	10	60	—
N数	12	15	20
96時間後の 幼フジツボ率 平均 $\pm$ SD (%)	0.7 $\pm$ 1.0	1.8 $\pm$ 2.7	89.3 $\pm$ 4.5

[0078] (試験結果)

表1は、放射照度 100Wm^{-2} の連続照射、放射照度 200Wm^{-2} の連続照射、放射照度 200Wm^{-2} の間欠照射（0.2秒点灯／0.1秒消灯、0.1秒点灯／0.1秒消灯、0.1秒点灯／0.2秒消灯）の試験区及び対照区における幼フジツボ率を示している。表2は、放射照度 400Wm^{-2} の間欠照射（0.1秒点灯／0.1秒消灯）、放射照度 600Wm^{-2} の間欠照射（0.1秒点灯／0.2秒～1.1秒消灯）の試験区及び対照区における幼フジツボ率を示している。表3は、放射照度 600Wm^{-2} の間欠照射（5分点灯／10分消灯）、放射照度 1200Wm^{-2} の間欠照射（12分点灯／60分消灯）の試験区及び対照区における幼フジツボ率を示している。表1中のN数とは試験回数のことである（以下の表も同様）。

[0079] 表1に示すように、放射照度が 200Wm^{-2} の0.1秒点灯／0.1秒～0.2秒消灯の照射条件では、対照区と比較してフジツボの付着を大幅に低減できることが確認された。連続照射及び0.2秒点灯／0.1秒消灯の照射条件では、ごく少数の付着した個体も全て曼脚運動が見られず、試験容器への付着をほぼ完全に抑制可能であることが確認された。

[0080] 表2に示すように、放射照度 400Wm^{-2} の0.1秒点灯／0.1秒消灯の照射条件と放射照度 600Wm^{-2} の0.1秒点灯／0.2秒消灯の照射条

件では、ごく少数の付着した個体も全て曼脚運動が見られず、試験容器への付着をほぼ完全に抑制可能であることが確認された。放射照度が 600 W m^{-2} の0.1秒点灯／1.1秒消灯の照射条件では、対照区と比較して約0.4%の差ではあるがフジツボの付着を抑制できることが確認された。その他の照射条件では、対照区と比較してフジツボの付着を大幅に低減できることが確認された。

[0081] 表3に示すように、放射照度 600 W m^{-2} の5分点灯／10分消灯の照射条件と放射照度 1200 W m^{-2} の12分点灯／60分消灯の照射条件では、ごく少数付着した個体も全て曼脚運動が見られず、試験容器への付着をほぼ完全に抑制可能であることが確認された。

[0082] 表1～表3に示すように、放射照度 200 W m^{-2} の連続照射における幼フジツボ率（ $0.5 \pm 1.3\%$ ）、放射照度 400 W m^{-2} の0.1秒点灯／0.1秒消灯における幼フジツボ率（ $0.5 \pm 1.2\%$ ）、放射照度 600 W m^{-2} の0.1秒点灯／0.2秒消灯における幼フジツボ率（ $0.9 \pm 1.6\%$ ）、放射照度 600 W m^{-2} の5分点灯／10分消灯における幼フジツボ率（ $0.7 \pm 1.0\%$ ）、及び放射照度 1200 W m^{-2} の12分点灯／60分消灯における幼フジツボ率（ $1.8 \pm 2.7\%$ ）がそれぞれ非常に類似した結果となった。また同様に、放射照度 100 W m^{-2} の連続照射における幼フジツボ率（ $7.5 \pm 5.8\%$ ）、放射照度 600 W m^{-2} の0.1秒点灯／0.5秒消灯における幼フジツボ率（ $7.5 \pm 6.5\%$ ）が非常に類似した結果となった。

[0083] （試験結果に対する有意差）

ここで、付着抑制効果確認試験1の各照射条件における幼フジツボ率の結果に対して、統計ソフトRによる多重比較検定（Tukey HSD法）で有意差の検定を行った。図6は、各照射条件における幼フジツボ率の結果の箱ひげ図である。図6の横軸は付着抑制効果確認試験1における各照射条件を示し、縦軸は幼フジツボ率（%）を示している。なお、A1は放射照度 200 W m^{-2} の連続照射、A2は放射照度 400 W m^{-2} の0.1秒点灯／0.

1 秒消灯の間欠照射、A 3 は放射照度 600 W m^{-2} の 0.1 秒点灯 / 0.2 秒消灯の間欠照射、A 4 は放射照度 600 W m^{-2} の 5 分点灯 / 10 分消灯の間欠照射、A 5 は放射照度 1200 W m^{-2} の 12 分点灯 / 60 分消灯の間欠照射、B 1 は放射照度 100 W m^{-2} の連続照射、B 2 は放射照度 600 W m^{-2} の 0.1 秒点灯 / 0.5 秒消灯の間欠照射を示している。

[0084] 有意差検定の結果、A 1 ～ A 5 における各幼フジツボ率の結果の間に有意差は認められなかった (p 値 > 0.05 、 p 値 $0.26 \sim 0.99$)。同様に B 1 及び B 2 における各幼フジツボ率の結果の間に有意差は認められなかった (p 値 > 0.05 、 p 値 0.99)。

[0085] A 1 ～ A 5 と、B 1 及び B 2 との幼フジツボ率の結果及び有意差検定の結果から、各間欠照射における付着抑制に必要な放射条件は、照射エネルギーに比例していることが確認できる。即ち、間欠照射において、生物の付着抑制に必要な放射条件は、上述した式 (1) の方程式が成り立つことが確認できた。

[0086] ここで、放射照度 20 W m^{-2} の連続照射で (光の波長のピーク: $400 \sim 430 \text{ nm}$ の波長域) でフジツボ幼生の対象物への付着及び / 又は繁殖を抑制でき、放射照度 150 W m^{-2} の連続照射 (光の波長のピーク: $400 \sim 430 \text{ nm}$ の波長域) でフジツボ幼生の対象物への付着をほぼ完全に抑制できることが判明している。これらの知見を用いると、例えば光 (光の波長のピーク: $400 \sim 430 \text{ nm}$ の波長域) を間欠的に照射する場合のフジツボの付着を防止するために必要な光の照射条件を、以下の式 (2) 又は式 (3) を用いて求めることができる。

[0087] $X \times a / (a + b) \geq 20$ …… 式 (2)

$X \times a / (a + b) \geq 150$ …… 式 (3)

[0088] [走光性確認試験]

キブリス幼生の走光性を確認した。LED 光の照射条件を除き、付着抑制効果確認試験 1 と同様の手順で試験容器内のキブリス幼生に対して LED 光 (ピーク波長: 405 nm) を 96 時間連続照射した。試験区として、20

Wm^{-2} 及び 50Wm^{-2} の2つの放射照度の条件下で試験を行った。

[0089] (試験結果)

表4は、放射照度 20Wm^{-2} の試験区とその対照区におけるシャーレに付着したフジツボの位置分布を示す表である。表5は、放射照度 50Wm^{-2} の試験区とその対照区におけるシャーレに付着したフジツボの位置分布を示す表である。

[0090] [表4]

放射照度 (Wm^{-2})	0 (対照区)	20
N数	22	15
側面への付着率 (%)	18.8 ± 7.3	46.0 ± 12.4
底面への付着率 (%)	81.2 ± 7.3	54.0 ± 12.4

[0091] [表5]

放射照度 (Wm^{-2})	0 (対照区)	50
N数	10	6
側面への付着率 (%)	20.8 ± 8.6	44.7 ± 19.3
底面への付着率 (%)	79.2 ± 8.6	55.3 ± 19.3

[0092] 表4及び表5に示すように、放射照度 20Wm^{-2} 及び放射照度 50Wm^{-2} の両方の条件において、対照区では約80%の個体がシャーレの底面に付着し、約20%の個体がシャーレの側面に付着した。一方で、試験区では、シャーレの底面と側面への付着率の差が小さいことが確認できた。対照区における側面付着率と試験区における側面付着率について多重比較検定 (Bonferroni法)を行った結果、試験区におけるシャーレの側面付着率が有意に増加することが確認された ($p < 0.01$)。この結果から、キプリ

ス幼生は、付着する場合もLED光（波長ピーク：405 nm）が直射する場所を忌避する傾向があると推察される。

[0093] [走光性に対する効果確認試験]

タテジマフジツボのキプリス幼生を用いて、LED光によるキプリス幼生の遊泳行動への影響を確認した。

[0094] 試験水槽（幅1 cm×高さ1 cm×長さ12 cm）に20 mlの試験海水（孔径0.45 μmメンブレンで濾過した海水）を入れ、試験水槽の長さ方向の一端に試験水槽内に水平にLED光を照射する光源を配置した。光源としては、UFL-501-08 UV-UT（株式会社ユーテクノロジー）（波長ピーク：405 nm）、UFL-501-08 G-UT（株式会社ユーテクノロジー）（波長ピーク：520 nm）を用いた。試験水槽には、その長さ方向の光源側の端部から昇順に5 mm間隔でレーン番号として1から24までの番号を付けた。試験海水を満たした試験水槽の12番のレーンにキプリス幼生を入れ、光源からLED光を各照射条件により照射した。照射条件は後述する。照射開始から1分後にキプリス幼生が何番目のレーンに移動しているかを確認した。1回の試験に用いるキプリス幼生は、15個体とし、試験水槽に5個体ずつと入れ、3回に分けて観察した。この試験を照射条件毎に3回繰り返した。即ち、1つの照射条件において、合計45個体で試験を行った。

[0095] （照射条件）

LED光の照射条件は、波長ピーク405 nmの波長又は波長ピーク520 nmの波長で、放射照度20 Wm⁻²、400 Wm⁻²、600 Wm⁻²、又は2000 Wm⁻²とし、各波長及び放射照度を組み合わせた条件において連続照射又は以下の間欠照射でキプリス幼生の走光性を確認した。

<間欠照射条件>

点灯時間（秒）／消灯時間（秒）とすると、0.1／0.1、0.1／0.2、0.1／0.3、1／1、1／2の5条件

[0096] （試験結果）

図7～図12は、本試験の結果を示している。図7～図12の横軸は照射開始から1分後にキプリス幼生が確認された試験水槽のレーン番号であり、縦軸は各レーン番号に移動したキプリス幼生の3回の試験の平均個体数である。

[0097] 図7～図11は波長405 nmでの放射条件の試験結果を示し、図12は波長520 nmでの放射条件の試験結果を示している。また図7は放射照度 20 W m^{-2} の連続照射及び間欠照射（1／1、1／2）の照射条件、図8は放射照度 400 W m^{-2} の連続照射及び間欠照射（1／1、1／2）の照射条件、図9は放射照度 600 W m^{-2} の連続照射及び間欠照射（1／1、1／2）の照射条件、図10は放射照度 2000 W m^{-2} の連続照射及び間欠照射（1／1、1／2）の照射条件、図11は放射照度 600 W m^{-2} の連続照射及び間欠照射（0.1／0.1、0.1／0.2、0.1／0.3）の照射条件、図12は放射照度 600 W m^{-2} の連続照射及び間欠照射（1／1、1／2）の照射条件である。

[0098] 図7～図11に示すように、波長405 nmのLED光の連続照射により、キプリス幼生は光源に接近する傾向と光源とは反対方向に遊泳する傾向があることが確認された。特に放射照度 2000 W m^{-2} の連続照射では、光源とは反対方向に遊泳する明らかな忌避・逃避行動が確認された。一方で、間欠照射の場合、連続照射に比べて光源に誘引される個体が減少するとともに、光源とは反対方向に光源から逃避する個体が減少する傾向があることが確認された。この結果から、間欠照射によって光の照射に対するキプリス幼生の走光性に起因する移動を抑制することが推察される。

[0099] 図12に示すように、波長520 nmでは、連続照射により光源に多くの幼生が遊泳することが確認された。一方で間欠照射の場合、連続照射に比べて光源に接近する個体が減少することが確認された。即ち、間欠照射によって波長520 nmの光に対するキプリス幼生の走光性に起因する誘引を抑制することが推察される。

[0100] [付着抑制効果確認試験2]

ヒドロ虫類のタマウミヒドラのヒドラ茎切片を用いて、ヒドロ虫類に対する光の照射による付着抑制効果を確認した。なお、ヒドラ茎切片は、タマウミヒドラ群体からポリブを分取した後、ヒドラ根及びヒドラ花を切り落として作成した。

[0101] 試験容器（径6 cm×高さ6 cmのガラスシャーレ）に70 mlの試験海水（孔径0.45 μ mメンブレンで濾過した海水）とヒドラ茎切片（個体数：12切片）を入れた。試験区として、この試験容器にガラス蓋を通して、LED光（ピーク波長：405 nm）を以下表4及び表5に示す各照射条件により照射した。試験容器をアルミホイルでカバーし、LED光を照射せずに略恒暗条件としたものを対照区とした。試験は、96時間行い、対照区と各試験区とのヒドラ茎片の再生率及び再生ヒドラ花数を比較した。

[0102] [表6]

放射照度 (Wm^{-2})	点灯時間 (h)	消灯時間 (h)	N数	96時間後の 再生率 平均 $\pm$ SD (%)	96時間後の ヒドロ花数 平均 $\pm$ SD (%)
200	1	1	3	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
0 (対照区)	—	—	5	91.4 $\pm$ 8.7	14.4 $\pm$ 2.7

[0103] [表7]

放射照度 (Wm^{-2})	点灯時間 (h)	消灯時間 (h)	N数	96時間後の 再生率 平均 $\pm$ SD (%)	96時間後の ヒドロ花数 平均 $\pm$ SD (%)
200	2	2	3	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
0 (対照区)	—	—	5	100.0 $\pm$ 0.0	17.4 $\pm$ 1.9

[0104] (試験結果)

表6は、放射照度200 Wm^{-2} の間欠照射（1時間点灯／1時間消灯）の照射条件の試験区及び対照区における96時間後のヒドラ茎切片の再生率及び再生ヒドラ花数を示している。表7は、放射照度200 Wm^{-2} の間欠照射（2時間点灯／2時間消灯）の照射条件の試験区及び対照区における96時

間後のヒドラ茎切片の再生率及び再生ヒドラ花数を示している。表 6 及び表 7 に示すように、放射照度 200 W m^{-2} の 2 つの間欠照射条件において、9 6 時間後のヒドラ茎切片の再生率及び再生ヒドラ花数は 0 % であることが確認された。また試験中にタマウミヒドラの茎部組織が徐々に切断部から退行し、崩壊していく様子が観察された。この結果から、放射照度 200 W m^{-2} の間欠照射条件（1 時間点灯／1 時間消灯）（2 時間点灯／2 時間消灯）の 2 つの条件において海産ヒドロ虫類の群体形成を完全に抑制可能であることが確認できた。なお、付着抑制効果確認試験 1 の結果と比較すると、波長 $405 \pm 25\text{ nm}$ の藍色光に対する耐性は、フジツボよりもヒドロ虫類の方が低いと推察される。

[0105] [付着抑制効果確認試験 3]

淡水ヒドラに対する光の照射による影響を確認した。12 穴ウェルプレートに試験水 3 ml を入れ、1 ウェルに淡水ヒドラを 1 個体入れ、触手及び体部が十分に伸長していることを確認した後、ウェルプレートの斜め上から後述する各照射条件で LED 光（ピーク波長： 405 nm ）を照射した。照射時間を 3 分間とし、照射中の淡水ヒドラが体部を委縮又は収縮させるか否かを顕微鏡下で観察した。各照射条件の試験につき、15 個体観察した。

[0106] 試験水は、純水 1 L に対し、以下（a）～（c）の溶液を 2 ml ずつ添加して調整した。

（a） 0.5 M の CaCl_2 、 0.5 M の NaCl 、 0.05 M の KCl

（b） 0.05 M の MgSO_4

（c） 0.5 M の Tris HCl （ $\text{pH} 7.5$ ）

[0107] LED 光の照射条件として、放射照度を 500 W m^{-2} 又は 1000 W m^{-2} に設定し、各放射照度において複数の間欠照射条件を設定した。間欠照射条件は、点灯時間を 0.1 秒に固定し、消灯時間を放射照度毎に以下のように設定した。

< 500 W m^{-2} における消灯時間>

0 秒（即ち、連続照射）、0.1 秒、0.2 秒、0.3 秒、0.4 秒、0

． 5 秒、 0． 6 秒、 0． 7 秒、 0． 8 秒、 0． 9 秒、 1． 0 秒

<1 0 0 0 Wm⁻²における消灯時間>

0 秒（即ち、連続照射）、 0． 8 秒、 0． 9 秒、 1． 0 秒、 1． 3 秒、 1． 5 秒、 2． 0 秒、 3． 0 秒

[0108] （試験結果）

図 1 3 は、放射照度 5 0 0 Wm⁻²の場合の各間欠照射条件の L E D 光の照射による淡水ヒドラの反応状況の評価を示している。図 1 4 は、放射照度又は 1 0 0 0 Wm⁻²の場合の各間欠照射条件の L E D 光の照射による淡水ヒドラの反応状況の評価を示している。図 1 3 及び図 1 4 の横軸は各間欠照射条件の消灯時間を示し、縦軸は全体のうち各反応を示した淡水ヒドラが占める割合を示している。反応状況は、淡水ヒドラの体部が収縮したことを示す「体部収縮」、体部収縮した後に復帰したことを示す「収縮後復帰」、L E D 光の照射に対して応答しない「応答無し」として評価した。なお、図 1 3 及び図 1 4 では、「体部収縮」を最も密なドットパターン、「収縮後復帰」を次に密なドットパターン、「応答無し」を最も疎なドットパターンで示している。

[0109] 図 1 3 に示すように、放射照度 5 0 0 Wm⁻²の場合、点灯時間 0． 1 秒／消灯時間 0． 1 ～ 0． 3 秒で 8 0 % 以上の個体が体部を収縮させる反応を示すことが確認できた。また、1 0 0 0 Wm⁻²の場合、点灯時間 0． 1 秒／消灯時間 0． 8 ～ 1． 0 秒で 8 0 % 以上の個体が体部を収縮させる反応を示すことが確認できた。一方で、消灯時間が 1． 3 秒以上となると体部収縮の反応率が減少することが確認できた。これらの結果から、淡水ヒドラに対しても、例えば上記式（2）等により設定した所定の間欠照射条件により、連続照射と同様に対象物への付着を抑制できることが推察される。

[0110] [付着抑制効果確認試験 4]

海洋細菌類を寒天培地に塗抹後、L E D 光の照射後に出現したコロニー数を計数することにより、細菌増殖に対する光の照射の影響を確認した。

[0111] 海洋細菌類（フジツボの飼育水槽内の海水中の海洋細菌類全般）を含む海

水0.1 mlをシャーレ（径9 cm×高さ1.5 cm）内の寒天培地表面に滴下して塗抹し、塗抹した寒天培地の半分をアルミホイルで覆い対照区とした。そして、シャーレの上方から表8に示す各照射条件下でLED光（ピーク波長：405 nm）を照射し、照射開始から約24時間後及び約48時間後の各寒天培地表面の対照区及び試験区におけるコロニー数を計数した。これを3回繰り返し、対照区のコロニー数に対する照射区のコロニー数の出現率を算出した。

[0112] 寒天培地としては、蒸留水1 Lに粉末培地（Marine Agar 2216、Difco社製）を入れ、加熱して溶かし、滅菌した後に、シャーレに約20 ml分注し、30～60分静置し、寒天固体培地としたものを用いた。寒天培地に塗抹する海水としては、孔径0.45 μ mのメンブレンで濾過した海水を用いて10倍希釈したものを用いた。

[0113]

[表8]

放射照度	照射条件			1回目	2回目	3回目	平均
	点灯時間/ 消灯時間	照射時間	照射開始後か らの経過時間				
200 Wm ⁻²	連続	8h	24h	細菌コロニー出現率 (照射区コロニー数/ 対照区コロニー数) 0% (0/126)	細菌コロニー出現率 (照射区コロニー数/ 対照区コロニー数) 2.2% (3/138)	細菌コロニー出現率 (照射区コロニー数/ 対照区コロニー数) 0% (0/199)	細菌コロニー出現率 平均±SD 0.7±1.27%
			48h	1.4% (2/141)	2.1% (3/141)	6.5% (13/200)	
400 Wm ⁻²	1min/1min	8h	24h	0% (0/107)	3.0% (5/167)	0% (0/150)	1.0±1.73%
			48h	3.2% (4/124)	3.4% (6/175)	8.6% (13/152)	
400 Wm ⁻²	1h/1h	8h	24h	0% (0/124)	3.6% (5/140)	0% (0/215)	1.2±2.07%
			48h	0% (0/138)	3.2% (5/157)	6.4% (14/218)	

[0114] (試験結果)

表8は、放射照度 200 W m^{-2} で8時間、連続照射した場合と、放射照度 400 W m^{-2} で8時間、間欠照射（1分点灯／1分消灯）した場合と、放射照度 400 W m^{-2} で8時間、間欠照射（1時間点灯／1時間消灯）した場合の対照区のコロニー数に対する照射区のコロニー数の出現率（以下、細菌コロニー出現率という）を示している。なお、3つの照射条件におけるLED光の照射量は、全て等しく 1600 Wh m^{-2} である。

[0115] 表8に示すように、全ての照射条件において細菌コロニー出現率が48時間後であっても10%よりも低く、海洋細菌類に対して間欠照射においても連続照射と同様の除菌効果が確認された。また全ての照射条件において細菌コロニー出現率がほぼ同様の結果となり、照射量が同一であれば同一の繁殖抑制効果が発揮されることが確認できた。

[0116] [付着試験1]

試験装置を、海中に金属チェーンやロープで吊り下げることで設置した。設置位置は、水深約2mの位置である。試験装置は、間隔を空けて配置される2枚の試験板（塩化ビニル製、 $60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} \times$ 厚さ 5 mm 、評価面は $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ ）と、2枚の試験板の間に間隔を空けて配置され、2枚の試験板に対してLED光を照射する水中LED灯（ピーク波長： 407 nm ）を枠体に固定した。水中LED灯の照射面と一方の試験板との距離を約 20 cm 、水中LED灯の照射面ともう一方の試験板との距離を約 30 cm とした。対照区としては、試験装置に水中LED灯を配置せずに海中に設置した。試験期間は2022年の年4月14日から同5月18日までの約1か月間とした。以下の6通りの条件により試験を行った。

[0117] 実施例1：水中LED灯（放射照度： 200 W m^{-2} （試験板の評価面の中心の位置で）、試験板との間隔： 30 cm ）を用い、1秒毎に照射及び非照射の切替を行い試験板の中央に向けて間欠照射した。

実施例2：水中LED灯（放射照度： 400 W m^{-2} （試験板の評価面の中心の位置で）、試験板との間隔： 20 cm ）を用い、1秒毎に照射及び非照

射の切替を行い試験板の中央に向けて間欠照射した。

比較例 1：水中LED灯（放射照度： 200 W m^{-2} （試験板の評価面の中心の位置で）、試験板との間隔：30 cm）を用い、試験板の中央に向けて連続照射した。

比較例 2：水中LED灯（放射照度： 400 W m^{-2} （試験板の評価面の中心の位置で）、試験板との間隔：20 cm）を用い、試験板の中央に向けて連続照射した。

比較例 3：水中LED灯を用いず、海中に放置した（建屋側の試験面）。

比較例 4：水中LED灯を用いず、海中に放置した（栈橋側の試験面）。

[0118]（試験結果）

表 9 及び表 10 は、対照区の試験板の表面への生物付着状況を示す表である。表 9 では、試験板の表面に付着した生物毎の付着個体数、群体数分析結果（ネンエキボヤ類、イタボヤ類は被覆面積）を示している。表 10 では、試験板の表面に付着した生物毎の湿重量分析結果（各生物を剥離後に測定）を示している。

[0119] [表9]

照射条件		各生物による試験板表面への被覆面積 (cm ²)								
照度	浸漬位置	ネンエキボヤ類	イタボヤ類	ヌメボヤ類	ヨコエビ泥棲管	イソケムシ類	チロケムシ類	フサケムシ類	ウスマコガイ類	カンザシガイ類
0	建屋側	142.25	2	5	0	23	0	13	4	0
0	浅橋側	10	0	0	528	31	0	1	1	0

[0120] [表10]

照射条件		各生物による試験板表面への付着重量 (g)								
照度	浸漬位置	ネンエキボヤ類	イタボヤ類	ヌメボヤ類	ヨコエビ泥棲管	イソケムシ類 チロケムシ類	フサケムシ類	ウスマコガイ類 カンザシガイ類		
0	建屋側	8.82	<0.01	<0.01	0	0.19	0.11	0.01		
0	浅橋側	0.16	0	0	13.87	0.24	<0.01	<0.01		

[0121] 比較例 3 及び比較例 4 では、試験板の全面に、藻類、群体ボヤ類、ヨコエビ泥棲管、コケムシ類等が多数付着し、被覆している状態が観察された。一方で、比較例 1、2 と同様に実施例 1、2 のいずれにおいても、試験板の表

面への生物の付着は、周縁部も含めて少なくとも肉眼では全く観察されなかった。このため、 200 W m^{-2} の光の照射及び非照射を1秒毎に切り替えて間欠的に照射した場合であっても、生物の付着を防止できる結果が確認された。

[0122] [付着試験2]

図15に示す試験装置を、発電所取水口付近の海中にクレーンで吊り下げることで設置した。設置位置は、大潮干潮時にも海上に試験装置の一部が露出しないよう、最低水面の1 m下になるように調整した。試験装置は、図15に示すように、試験板P1及び試験板P2（塩化ビニル製、 $25\text{ cm} \times 25\text{ cm}$ ）、並びに試験区としての試験板P2に対してLED光を照射する水中LED照射装置（ピーク波長： 405 nm 、デルフィス社製）を枠体7に固定した。水中LED照射装置の照射面と試験板P2との距離は約 35 cm とした。試験板P1に対しては光を照射せず、対照区とした。試験板P1及びP2の中央には、それぞれ水温センサの検出部Sを配置し、水温の変化を記録部Mにより記録した。試験期間は2021年8月19日から同9月14日までの約1か月間とした。試験区として、以下の3通りのLED装置を用いて試験を行った。

[0123] 実施例3：小型LED照射装置（6灯タイプ、放射照度設定：（試験板表面の位置で） 100 W m^{-2} ）を用い、ラボタイマーにより15分毎に照射及び非照射の切替を行い試験板P2の中央に向けて間欠照射した。

比較例5：小型LED照射装置（6灯タイプ、放射照度設定：（試験板表面の位置で） 100 W m^{-2} ）を用い、試験板P2の中央に向けて連続照射した。

比較例6：大型LED照射装置（36灯タイプ、放射照度設定：（試験板表面の位置で） 100 W m^{-2} ）を用い、試験板P2の中央に向けて連続照射した。

[0124] （試験結果）

実施例3、比較例5及び6のいずれの試験板P2においても、対照区の試

験板 P 1 と比較して、試験板 P 2 の L E D 光が照射された中央部付近では付着生物等の異物の付着が大きく抑制されていることが確認された。一方で、比較例 5 及び 6 の試験板 P 2 の L E D 光が照射された中央部の周辺及び、照射装置の照射面には緑色の緑藻類の付着が確認された。実施例 3 の試験板 P 2 には上記緑藻類の付着がほとんどみられなかった。

[0125] 図 1 6 は、付着試験後の比較例 6 の試験板 P 2 の異物付着状況を撮影した画像である。比較例 6 の試験板 P 2 の L E D 光が照射された中央部の周辺には、緑藻類 A、及び繊維状の緑藻類 A 1 が付着していた。図 1 7 は、付着試験後の実施例 3 の試験板 P 2 の異物付着状況を撮影した画像である。実施例 3 の試験板 P 2 の L E D 光が照射された中央部の周辺には、緑藻類の付着が確認されなかった。従って、所定の波長の L E D 光を間欠的に照射することで、対象物への L E D 光の照射箇所に対する付着生物等の異物の付着だけでなく、照射箇所の周辺の領域に対する緑藻類の付着が抑制できる結果が確認された。

[0126] 水温センサにより検出された水温変化は、比較例 5 で用いた小型 L E D 照射装置においては、対照区と比較して約 0.4℃の水温の上昇、比較例 6 で用いた大型 L E D 照射装置においては対照区と比較して約 0.6℃の水温の上昇がみられた。一方で、実施例 3 においては、照射を非照射に切り替えると速やかに対照区と同等の水温となることが確認された。

[0127] 比較例 5 の付着試験後の小型 L E D 照射装置は、付着試験後の放射照度が 100 W m^{-2} から 58.2 W m^{-2} まで低下していた。比較例 6 の付着試験後の小型 L E D 照射装置は、付着試験後の放射照度が 100 W m^{-2} から 22.5 W m^{-2} まで低下していた。比較例 5 及び比較例 6 の L E D 照射装置の照射面を清掃し、再度放射照度を測定すると、放射照度は 100 W m^{-2} 付近にまで回復した。このため、比較例 5 及び比較例 6 の放射照度の低下は、照射面に対する異物の付着によるものであると推察される。一方で、実施例 3 の小型 L E D 照射装置は、付着試験後の放射照度の低下が確認されなかった。このため、所定の波長の L E D 光を間欠的に照射することで、L E D 照射装置

の照射面に対する異物の付着が抑制できる結果が確認された。

[0128] [気中の微生物に対する光の照射による影響の確認試験 1]

L B 培地に落下した微生物を培養し、L E D 光の照射後に出現したコロニー数を計数することにより、気中の構造物に付着する微生物に対する光の照射による影響について確認した。

[0129] メディウム瓶にトリプトン 5 g、酵母エキス 2.5 g、NaCl 5 g、寒天 7.5、蒸留水 480 ml を加えて攪拌したものを 121℃、20 分でオートクレーブ処理し、シャーレに 20 ml 分注したものを室温で固化させて L B 培地を作成した。この L B 培地が入った 3 つのシャーレのフタを開けた状態で、室内における屋外への出口付近の床面から高さ約 90 cm のカウンタに置き、8 時間静置した。8 時間後にフタを閉め、3 つのシャーレをそれぞれサンプル 1～3 とし、各サンプルの真上から表 11 に示す各サンプルの照射条件下で L E D 光（ピーク波長：405 nm）を照射し、照射開始から 8 時間後に各サンプルを 35℃ に設定した恒温インキュベータ内で 48 時間培養し、各サンプルの培地表面のコロニー数を計数した。L E D 光の光源としては、UFL-501-08 UV-UT（株式会社ユーテクノロジー製）を用いた。なお、L E D 光を照射せずに 8 時間静置したシャーレであるサンプル 3 を対照区とした。

[0130] [表 11]

サンプル	照射条件				コロニー数	対照区に対する除菌率 (%)
	放射照度	点灯時間/ 消灯時間	照射時間	照射量		
1	200Wm ⁻²	連続	8h	1600Whm ⁻²	1	97.9
2	400Wm ⁻²	1h / 1h	8h	1600Whm ⁻²	3	93.6
3	0 (対照区)	—	—	0	47	—

[0131] (試験結果)

表 11 は、各サンプルのコロニー数と、照射量 1600Whm⁻² の L E D 光を連続照射した場合と間欠照射した場合の対照区に対する除菌率を示している。表 11 に示す対照区に対する除菌率は、L E D 光を照射した後のサン

プル1又は2のコロニー数をサンプル3の対照区のコロニー数で割った値である。表11に示すように、対照区であるサンプル3では、細菌や真菌類のコロニーが47個観察された。これに対して、サンプル1では1つのコロニー、サンプル2で3つのコロニーが観察され、上記式(1)の放射照度 Y が 200 W m^{-2} の間欠照射でLED光を照射することで、上記除菌率が90%以上となった。この結果から、気中の細菌や真菌類等の気中の構造物の表面に付着する付着生物に対しても、放射照度 Y が 200 W m^{-2} 以上となるように調整することで気中の構造物に付着する付着生物の付着及び／又は繁殖をほぼ完全に抑制できると推察される。

[0132] [気中の微生物に対する光の照射による影響の確認試験2]

LB培地に落下した微生物を培養し、表12に示す放射条件よりも低い放射照度でLED光の照射後に出現したコロニー数を計数することにより、気中の構造物に付着する微生物に対する光の照射による影響について確認した。

[0133] 上記「気中の微生物に対する光の照射による影響の確認試験1」と同じ手順でLB培地を作成し、LB培地が入った5つのシャーレのフタを開けた状態で、室内における屋外への出口付近の床面から高さ約90cmのカウントに置き、8時間静置した。8時間後にフタを閉め、5つのシャーレをそれぞれサンプル4～8とし、各サンプルの真上から表14に示す各サンプルの照射条件下でLED光（ピーク波長：405nm）を照射し、照射開始から8時間後に各サンプルを35℃に設定した恒温インキュベータ内で48時間培養し、各サンプルの培地表面のコロニー数を計数した。LED光の光源としては、UFL-501-08 UV-UT（株式会社ユーテクノロジー製）を用いた。なお、LED光を照射せずに8時間静置したシャーレであるサンプル6～8を対照区とした。

[0134]

[表12]

サンプル	照射条件				コロニー数	サンプル6～8の 平均コロニー数	対照区の平均コロニー 数に対する除菌率 (%)
	放射照度	点灯時間/ 消灯時間	照射時間	照射量			
4	20Wm ⁻²	連続	8h	160Whm ⁻²	5	—	66.7
5	40Wm ⁻²	1h / 1h	8h	160Whm ⁻²	5	—	66.7
6	0 (対照区)	—	—	0	18	15	—
7	0 (対照区)	—	—	0	13		—
8	0 (対照区)	—	—	0	15		—

[0135] (試験結果)

表 1 2 は、各サンプルのコロニー数と、照射量 1 6 0 W h m⁻² の L E D 光を連続照射した場合と間欠照射した場合の対照区の平均コロニー数に対する除菌率を示している。表 1 2 に示す対照区の平均コロニー数に対する除菌率は、L E D 光を照射した後のサンプル 4 又は 5 のコロニー数をサンプル 6 ～ 8 の対照区のコロニー数の平均で割った値である。表 1 2 に示すように、3 つの対照区では、細菌や真菌類のコロニーが 1 3 ～ 1 8 個観察された。これに対して、サンプル 4、5 ではそれぞれ 5 つのコロニーが観察され、上記式 (1) の放射照度 Y が 2 0 W m⁻² の間欠照射で L E D 光を照射した場合であっても、上記除菌率が 6 0 % 以上となった。この結果から、気中の細菌や真菌類等の気中の構造物の表面に付着する付着生物に対しては、放射照度 Y が 2 0 W m⁻² 以上となるように調整することで、対象物への付着生物の付着及び繁殖を効率的に抑制できると推察される。

符号の説明

[0136]	1、1 a、1 b、1 c	水質計
	1 0	付着繁殖抑制装置
	2 0、2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d、2 0 e	照射装置
	2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d、2 2 e	照射面
	3 1、3 2、3 3、3 4、3 5、3 6、3 7、3 8	検出部
	5、5 a、5 b、5 c	制御部

請求の範囲

- [請求項1] 付着生物が付着し得る対象物への前記付着生物の付着及び／又は繁殖を抑制する付着繁殖抑制方法であって、
下記式（１）で表される条件を満たし、かつ間欠的に前記対象物に対して光を照射する、付着繁殖抑制方法。
$$X \times a / (a + b) \geq Y \cdots \text{式（１）}$$

ただし、 X は光の放射照度（ W m^{-2} ）であり、 a は光が照射される時間であり、 b は光が照射されない時間であり、 Y は前記付着生物毎に設定される光の放射照度（ W m^{-2} ）である。
- [請求項2] 前記式（１）の Y が20である、請求項1に記載の付着繁殖抑制方法。
- [請求項3] 前記式（１）の Y が150である、請求項1に記載の付着繁殖抑制方法。
- [請求項4] 前記対象物に対して照射する光は、400～430nmの波長域においてピークを有する、請求項1～3のいずれか1項に記載の付着繁殖抑制方法。
- [請求項5] 付着生物が付着する対象物に対して光を照射する照射装置と、前記照射装置を制御する制御部と、を有する付着繁殖抑制装置であり、
前記制御部は、前記照射装置から前記対象物に対して、下記式（１）で表される条件を満たし、かつ間欠的に光が照射されるように前記照射装置を制御する付着繁殖抑制装置。
$$X \times a / (a + b) \geq Y \cdots \text{式（１）}$$

ただし、 X は前記照射装置からの光の放射照度（ W m^{-2} ）であり、 a は前記照射装置から光が照射される時間であり、 b は前記照射装置から光が照射されない時間であり、 Y は前記付着生物毎に設定される光の放射照度（ W m^{-2} ）である。
- [請求項6] 請求項4に記載の前記付着繁殖抑制装置と、センサ装置と、を有する水質計であり、

前記照射装置は、前記センサ装置の検出部に対して光を照射し、
前記照射装置から照射される光は、400～430nmの波長域においてピークを有し、

前記センサ装置は、予め定められた所定の検出タイミング毎に検出動作を行い、

前記制御部は、前記所定の検出タイミング以外の照射時間毎に前記照射装置から前記検出部に対して間欠的に光が照射されるように、前記照射装置を制御する、水質計。

[請求項7] 前記照射装置の照射面は、前記検出部に対向して配置される、請求項6に記載の水質計。