

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-275979

(P2004-275979A)

(43) 公開日 平成16年10月7日(2004.10.7)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

B08B 7/00

C02F 1/00

C02F 1/30

// B08B 17/02

F I

B08B 7/00

C02F 1/00

C02F 1/30

B08B 17/02

Z A B

U

テーマコード (参考)

3 B 1 1 6

3 B 1 1 7

4 D O 3 7

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2003-74470 (P2003-74470)

(22) 出願日 平成15年3月18日 (2003.3.18)

(71) 出願人 301021533

独立行政法人産業技術総合研究所  
東京都千代田区霞が関1-3-1

(74) 代理人 100071825

弁理士 阿形 明

(72) 発明者 内海 明博

香川県高松市林町2217番14 独立行政法人産業技術総合研究所四国センター内

(72) 発明者 小比賀 秀樹

香川県高松市林町2217番14 独立行政法人産業技術総合研究所四国センター内

(72) 発明者 カナビリー ル ナンダクマール

香川県高松市林町2217番14 独立行政法人産業技術総合研究所四国センター内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 バイオフィルム除去方法及び除去装置

(57) 【要約】

【課題】 処理される装置や設備の運転を停止することなく、簡単にその表面に付着したバイオフィルムを除去する方法を提供する。

【解決手段】 生物によるバイオフィルムを表面に付着した固体部材から該バイオフィルムを除去する方法であって、バイオフィルムの付着部分を液体と接触させながら、それにパルスレーザを照射する。

【選択図】 なし

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

生物によるバイオフィルムを表面に付着した固体部材から該バイオフィルムを除去する方法であって、バイオフィルムの付着部分を液体と接触させながら、それにパルスレーザを照射することを特徴とするバイオフィルム除去方法。

**【請求項 2】**

レーザ透過性固体基体の液体接触面と反対側の面からパルスレーザを照射して行う請求項 1 記載のバイオフィルム除去方法。

**【請求項 3】**

液体が水である請求項 1 又は 2 記載のバイオフィルム除去方法。

10

**【請求項 4】**

レーザ照射条件を変えることにより、水中生物の死滅率を制御して行う請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のバイオフィルム除去方法。

**【請求項 5】**

レーザパルス発生源とレーザの進行方向を変更させる揺動ミラーと揺動ミラーからのレーザをバイオフィルムに照射するためのレーザ出力口とを備え、水密的にバイオフィルム付着固体表面から隔離されているレーザ発生部、レーザ発生部とバイオフィルム付着固体表面との間に、バイオフィルム付着面に接触させて液体を連続的に供給する液体供給部、バイオフィルム付着面から脱離したバイオフィルムを吸引除去する機構を備えた除去液吸引部及びバイオフィルム付着固体表面をレーザ発生部のレーザ出力口に対し、連続的に移動させるための物体移動機構から構成されたことを特徴とするバイオフィルム除去装置。

20

**【請求項 6】**

レーザパルス発生源とレーザの進行方向を変更させる揺動ミラーと揺動ミラーからのレーザをバイオフィルムに照射するためのレーザ出力口とを備え、該レーザ出力口が透明固体のバイオフィルム付着面とは反対側の面に対向して配置されたレーザ発生部、該透明固体のバイオフィルム付着面に接触させて液体を連続的に供給する液体供給部、バイオフィルム付着面から脱離したバイオフィルムを吸引除去する機構を備えた除去液吸引部及びバイオフィルム付着固体表面の反対側の面をレーザ発生部のレーザ出力口に対し、連続的に移動させるための物体移動機構から構成されたことを特徴とするバイオフィルム除去装置。

30

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、水中生物のような生物により、固体表面に形成されたバイオフィルムを効率よく除去する方法及びそれに使用する装置に関するものである。

**【0002】****【従来の技術】**

船舶や水中構造物、例えば海水又は河川や湖の淡水を冷却水として用いる発電設備、乳酸菌、酵母のような微生物を含む液体を貯蔵するタンク、これらの輸送管など、海水や淡水に接触している固体の表面には、水中生物などにより形成されるバイオフィルムが付着し、種々の障害の原因となるので、これを除去することが必要である。

40

**【0003】**

これまで、このような水中生物の付着を防止するには、有機スズ系塗料が最も有効であったが、環境汚染の面で、2008 年以降はその使用が全面的に禁止されるようになっていく。そのため、それに代わるべき塗料の開発が行われているが、いずれも効力持続性が劣り、頻繁に塗り替えなければならず、その都度多大の作業労働力や経費を要するという欠点がある。

**【0004】**

他方、冷却水に海水を利用する発電施設においては、塩素のような殺菌性ガスを水中に散布し、水中生物自体を殺滅することが行われているが、塩素は人体に有害であり、しかも高濃度のものは配管材料の腐食の原因になるという欠点がある上に、バイオフィルムの付

50

着防止の点で効果が不十分であるため、バイオフィルムの除去には使用されていない。

【0005】

そのほか、水中生物の付着を防止する方法として、水管内に波長変換可能な色素レーザを照射する方法（特許文献1、特許文献2参照）、水管内に大型水生付着生物の浮遊生活期幼生にエキシマレーザを照射する方法（特許文献3、特許文献4参照）などが知られているが、これらの方法はバイオフィルムの除去に利用することはできない。

【0006】

したがって、これまでバイオフィルムの除去は、例えば熱交換器の場合、多数の伝熱管内にスポンジボールを海水とともに循環させ、スポンジボールの圧力により付着したバイオフィルムを取り除く、いわゆるボールクリーニング装置を用いて行うのが普通であった。

10

【0007】

しかしながら、このボールクリーニング装置は、循環中のスポンジボールが循環経路外に流出し、スポンジボールが紛失したり、スポンジボールが摩耗し、効果が減退するため、頻繁にスポンジボールの追加や交換をしなければならないという欠点がある。

【0008】

【特許文献1】

特開平5-228454号公報（特許請求の範囲その他）

【特許文献2】

特開平5-228455号公報（特許請求の範囲その他）

【特許文献3】

20

特開平5-228456号公報（特許請求の範囲その他）

【特許文献4】

特開平5-228457号公報（特許請求の範囲その他）

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

このような事情のもとで、本発明は、処理される装置や設備の運転を停止することなく、簡単にその表面に付着したバイオフィルムを除去する方法を提供することを目的としてなされたものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】

30

本発明者らは、固体表面のバイオフィルムを効率よく除去する方法を開発するために鋭意研究を重ねた結果、バイオフィルムの付着部分を液体と接触させながらパルスレーザを照射すれば、意外にも簡単にバイオフィルムが除去されること、及び特定の構造をもつ装置を用いれば、容易にこの方法を実施しうることを見出し、この知見に基づいて本発明をなすに至った。

【0011】

すなわち、本発明は、生物によるバイオフィルムを表面に付着した固体部材から該バイオフィルムを除去する方法であって、バイオフィルムの付着部分を液体と接触させながら、それにパルスレーザを照射することを特徴とするバイオフィルム除去方法と、その方法に用いる、レーザパルス発生源とレーザの進行方向を変更させる揺動ミラーと揺動ミラーからのレーザをバイオフィルムに照射するためのレーザ出力口とを備え、水密的にバイオフィルム付着固体表面から隔離されているレーザ発生部、レーザ発生部とバイオフィルム付着固体表面との間に、バイオフィルム付着面に接触させて液体を連続的に供給する液体供給部、バイオフィルム付着面から脱離したバイオフィルムを吸引除去する機構を備えた除去液吸引部及びバイオフィルム付着固体表面をレーザ発生部のレーザ出力口に対し、連続的に移動させるための物体移動機構から構成されたことを特徴とするバイオフィルム除去装置、及びレーザパルス発生源とレーザの進行方向を変更させる揺動ミラーと揺動ミラーからのレーザをバイオフィルムに照射するためのレーザ出力口とを備え、該レーザ出力口が透明固体のバイオフィルム付着面とは反対側の面に対向して配置されたレーザ発生部、該透明固体のバイオフィルム付着面に接触させて液体を連続的に供給する液体供給部、バ

40

50

イオフィルム付着面から脱離したバイオフィルムを吸引除去する機構を備えた除去液吸引部及びバイオフィルム付着固体表面の反対側の面をレーザ発生部のレーザ出力口に対し、連続的に移動させるための物体移動機構から構成されたことを特徴とするバイオフィルム除去装置を提供するものである。

【 0 0 1 2 】

【 発 明 の 実 施 の 形 態 】

本発明方法により除去しようとするバイオフィルムは、海水中、河川水、湖水のような淡水中に浸漬している、船舶や水中構造物の固体表面に、微生物、微細藻類などの水中生物により形成された皮膜であり、送水管の取水量の減少、熱交換器の熱伝導度の劣化による効率低下、ポンプの能力低下などの原因となっている。

10

【 0 0 1 3 】

本発明方法によれば、このようなバイオフィルムは、これに液体、例えば海水や淡水を接触させながら、パルスレーザを照射することにより簡単に除去することができる。

【 0 0 1 4 】

本発明方法におけるパルスレーザとしては、紫外線、可視光線又は赤外線いずれのパルスレーザを用いることができるが、短いレーザパルス幅で用いるのが好ましい。例えば、このレーザパルス幅は  $1 \text{ fs} \sim 100 \text{ ns}$ 、好ましくは  $10 \text{ ns}$  以下の範囲で選ばれる。このパルス幅を大きくすると、ピークパワーが不足して、十分にバイオフィルムを除去することができない。レーザの周波数は、通常使用されている  $5 \text{ Hz} \sim 100 \text{ MHz}$  を用いることができる。また、レーザフルエンスとしては、 $0.01 \sim 1.0 \text{ J/cm}^2$ 、好ましくは  $0.05 \sim 0.1 \text{ J/cm}^2$  の範囲が選ばれる。この照射時間は、レーザパルス幅、レーザフルエンス周波数などに左右されるが、 $0.01$  秒ないし  $10$  分間で十分である。

20

また、本発明方法においては、所望に応じこれらのレーザ照射条件を変えることにより、バイオフィルムを形成する水中生物の死滅率を制御することができる。

【 0 0 1 5 】

次に、添付図面により本発明方法において用いるのに好適な装置の例を説明する。

図 1 は、本発明方法により、基体 1 上に付着したバイオフィルム 2 に清浄液流 3 を通しながら、清浄液流 3 とバイオフィルム 2 との接触面とは反対側からウインド 4 を通してレーザビーム 5 を照射し、バイオフィルム 2 を除去する装置の構造を説明するための断面図であって、レーザビーム 5 は、レーザビーム発生源（図示せず）からレンズ 6 を通って集光され、屈折ミラー 7 により屈折されてウインド 4 からバイオフィルム 2 に照射される。この間、清浄液供給口 8 から導入された清浄液流 3 がバイオフィルム 2 の表面に接触しながら、除去されたバイオフィルムを帯同して除去液流路 9 を通り、排出口 10 から排出される。

30

【 0 0 1 6 】

上記のウインド 4 の内側部分は、清浄液流 3 から液密的に隔離され、レーザ発生部及びレンズとミラーの光学系の収容部 A に清浄液流 3 が流入しないようになっている。屈折ミラー 7 は、矢印方向に揺動可能となっており、これを揺動させることによってウインド面に万遍なくレーザを分散照射させることができる。また、この装置には、別途設けた物体移動機構によりバイオフィルム面に平行に移動可能として、基体上のバイオフィルムを連続的に処理しうようになっている。

40

【 0 0 1 7 】

図 2 は、図 1 とは異なった構造のバイオフィルム除去装置の断面図であって、これはバイオフィルムが付着している基体がレーザに対し透明なものの場合に用いられる。

この図において、バイオフィルム 2 を付着した透明基体 1 には、バイオフィルム付着面の反対側から、レーザビーム 5 がレンズ 6 を経て、ミラー 7 により屈折され、ウインド 4 を通って照射される。そして、バイオフィルム 2 には、清浄液供給口 8 から導入された清浄液流 3 が接触し、これを除去しながら除去液流路 9 を通り、排出される。この装置においてもミラー 7 は揺動可能に取り付けられ、レーザ発生部及び光学系の収容部 A は、物体移

50

動機構により、バイオフィルム面に対し平行移動しうるようになっている。

【0018】

このように、いずれの装置においても、バイオフィルム面に清浄液を連続的に流すことにより、レーザビーム照射によって除去されたバイオフィルムは、再付着することなく系外に排出される。

これらの装置には、その除去液流路10の適所に、除去されたバイオフィルム2の再付着の防止を確実にするために、脱離したバイオフィルムを吸引除去する機構を備えることが好ましい。

【0019】

また、レーザビームを発振器から発生したまま用いると、強度にバラツキを生じ、強度の低い部分でバイオフィルムが若干残留することがあるが、ビーム強度の均一化を行い、かつレーザを走査することにより広い面積のバイオフィルムを均一に除去することができる。

【0020】

【実施例】

次に、実施例により本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらの例によりなんら限定されるものではない。

【0021】

実施例1

鏡面仕上げしたガラス板を、微生物[シュウドアルテロモナス・カラゲエノボラ(Pseudomonas carrageenovora)]を含む蒸留水中に浸漬し、6時間静置することにより、その表面にバイオフィルムを形成させた。

次に、YAGレーザの2倍波のパルスレーザを用い、上記表面に蒸留水を流しながら、パルス幅5ns、周波数10Hzでレーザ照射を行いバイオフィルムを除去した。この照射は、レーザフルエンス0.05J/cm<sup>2</sup>で10分間又は0.1J/cm<sup>2</sup>で10分間行った。このように処理したのち、各基体を染色して残存しているバイオフィルムを光学顕微鏡で観察した。その結果を顕微鏡写真として図3に示す。

図3の中の(イ)は未照射のもの(対照)、(ロ)はレーザフルエンス0.05J/cm<sup>2</sup>のもの、(ハ)はレーザフルエンス0.1J/cm<sup>2</sup>のものである。これらの図から分るように、レーザ照射によりバイオフィルムは除去されるが、レーザフルエンスの大きいものの方が除去量が多い。

【0022】

実施例2

ガラス板の代りに表面を研磨したチタン板を用い、実施例1と同様にしてバイオフィルムの除去実験を行った。その結果得られた顕微鏡写真を図4に示す。この図中の(ニ)は未照射のもの(対照)、(ホ)はレーザフルエンス0.05J/cm<sup>2</sup>で10分間照射したもの、(ヘ)はレーザフルエンス0.1J/cm<sup>2</sup>で10分間照射したものである。

この例においても、レーザフルエンスの大きいものの方がバイオフィルムの除去量が多い。

【0023】

実施例3

実施例1及び2と同様にして、YAGレーザの2倍波のパルスレーザを用い、ガラス板及びチタン板におけるバイオフィルムの除去実験を行った。この際のレーザ照射時間に対するバイオフィルムの被覆率を求め、棒グラフとして図5及び図6に示す。図5はレーザフルエンス0.05J/cm<sup>2</sup>の場合、図6はレーザフルエンス0.1J/cm<sup>2</sup>の場合である。

これらの図から分るように、ガラス板の場合には、いずれのレーザフルエンスにおいてもレーザ照射時間が30秒付近で、除去量はほとんど一定になるが、チタン板の場合は、5分後においてもバイオフィルムが残っている。これは研磨に際して若干の凹凸を生じて、凹部ではバイオフィルムが厚く生成し、その厚い部分がレーザ照射後も残留しているため

と思われる。

【0024】

#### 実施例 4

実施例 3 と同じ条件でレーザー照射後、基材表面のバイオフィルムを寒天培地で培養し、生存している微生物の量を調べ、レーザー照射時間と生存量との関係を棒グラフで示した。図 7 はレーザーフルエンス  $0.05 \text{ J/cm}^2$  の場合、図 8 はレーザーフルエンス  $0.1 \text{ J/cm}^2$  の場合である。

【0025】

#### 実施例 5

実施例 3 と同じ条件でレーザー照射後、基材に接して存在する微生物を含む水を採取し、その中の  $1 \text{ ml}$  中の生存微生物数と、レーザー照射時間との関係を棒グラフで示した。図 9 はレーザーフルエンス  $0.05 \text{ J/cm}^2$  の場合、図 10 はレーザーフルエンス  $0.1 \text{ J/cm}^2$  の場合を示す。

これらの図から分るように、レーザー照射直後に微生物の生存量が増加しているが、これは基材表面に付着していた微生物が生存したまま除去されているためである。

【0026】

#### 【発明の効果】

本発明によると、船舶や水中構造物の固体表面に形成されるバイオフィルムを再付着させることなく、簡単かつ効率よく除去することができる。また、本発明においては、レーザー照射を用いるため、機械的除去手段による場合のような固体表面の磨耗や損傷を生じないという利点がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明で用いるバイオフィルム除去装置の 1 例の断面図。

【図 2】図 1 とは異なった構造のバイオフィルム除去装置の 1 例の断面図。

【図 3】実施例 1 における残存しているバイオフィルムの顕微鏡写真図。

【図 4】実施例 2 における残存しているバイオフィルムの顕微鏡写真図。

【図 5】レーザーフルエンス  $0.05 \text{ J/cm}^2$  の場合のレーザー照射時間に対するバイオフィルムの被覆率を示す棒グラフ。

【図 6】レーザーフルエンス  $0.1 \text{ J/cm}^2$  の場合のレーザー照射時間に対するバイオフィルムの被覆率を示す棒グラフ。

【図 7】レーザーフルエンス  $0.05 \text{ J/cm}^2$  の場合のレーザー照射時間と生存量との関係を示す棒グラフ。

【図 8】レーザーフルエンス  $0.1 \text{ J/cm}^2$  の場合のレーザー照射時間と生存量との関係を示す棒グラフ。

【図 9】レーザーフルエンス  $0.05 \text{ J/cm}^2$  の場合の生存微生物数とレーザー照射時間との関係を示す棒グラフ。

【図 10】レーザーフルエンス  $0.1 \text{ J/cm}^2$  の場合の生存微生物数とレーザー照射時間との関係を示す棒グラフ。

#### 【符号の説明】

- 1 基体
- 2 バイオフィルム
- 3 清浄液流
- 4 ウインド
- 5 レーザビーム
- 6 レンズ
- 7 屈折ミラー
- 8 清浄液供給口
- 9 除去液流路
- 10 排出口

10

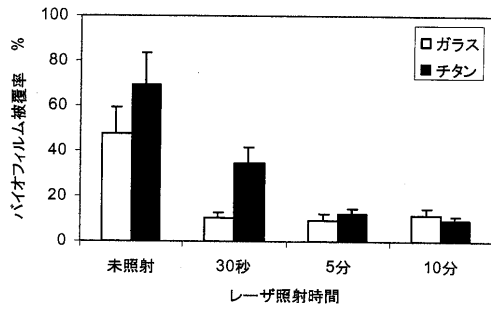
20

30

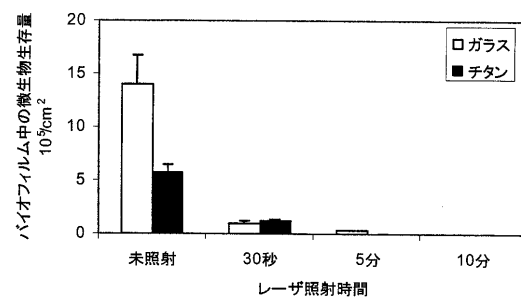
40



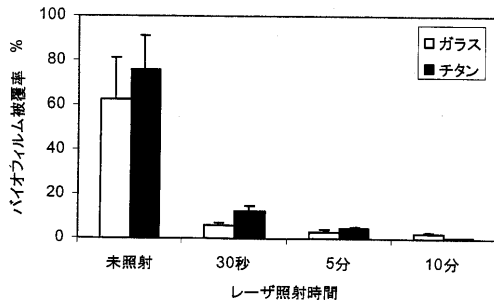
【図 5】



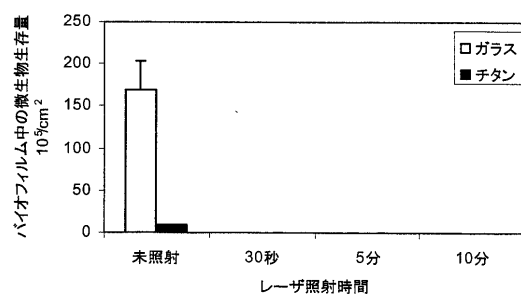
【図 7】



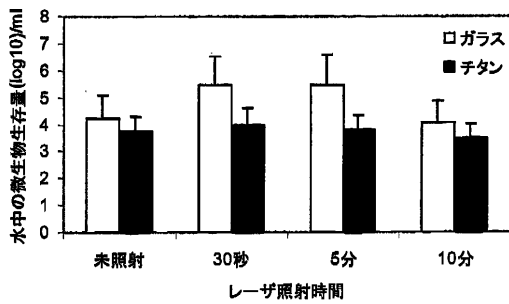
【図 6】



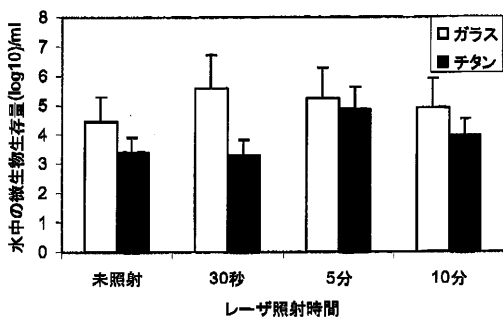
【図 8】



【図 9】



【図 10】





---

フロントページの続き

- (72)発明者 矢野 哲夫  
香川県高松市林町 2 2 1 7 番 1 4 独立行政法人産業技術総合研究所四国センター内
- (72)発明者 篠崎 琢也  
香川県高松市林町 2 2 1 7 番 1 4 独立行政法人産業技術総合研究所四国センター内
- (72)発明者 大家 利彦  
香川県高松市林町 2 2 1 7 番 1 4 独立行政法人産業技術総合研究所四国センター内
- F ターム(参考) 3B116 AA21 AA31 AA46 AB51 BB81 BC01  
3B117 AA06  
4D037 AA05 AA06 AB03 BA16