

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6945852号  
(P6945852)

(45) 発行日 令和3年10月6日(2021.10.6)

(24) 登録日 令和3年9月17日(2021.9.17)

(51) Int. Cl. F 1  
C 1 2 M 1/00 (2006.01) C 1 2 M 1/00 D

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2017-207419 (P2017-207419)	(73) 特許権者	598123138 学校法人 創価大学 東京都八王子市丹木町1丁目236番
(22) 出願日	平成29年10月26日(2017.10.26)	(74) 代理人	110000420 特許業務法人エム・アイ・ピー
(65) 公開番号	特開2019-76060 (P2019-76060A)	(72) 発明者	岸 正敏 東京都八王子市丹木町1-236 創価大 大学工学部内
(43) 公開日	令和1年5月23日(2019.5.23)	(72) 発明者	戸田 龍樹 東京都八王子市丹木町1-236 創価大 大学工学部内
審査請求日	令和2年7月20日(2020.7.20)	審査官	西垣 歩美

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光合成微生物用培養容器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対向する第1の面と第2の面を備える薄い袋状の容器であって、  
前記第1の面が一様に光透過性を有し、前記第2の面が一様に光反射性を有すると共に一様に気体透過性を有する多孔質シートであることを特徴とする、  
光合成微生物用培養容器。

【請求項2】

前記第1の面と前記第2の面が容器の幅方向に伸びる複数の線分において接合されることにより蛇行流路が形成されていることを特徴とする、  
請求項1に記載の光合成微生物用培養容器。

【請求項3】

前記第2の面に接触する気体流路が形成されていることを特徴とする、  
請求項1または2に記載の光合成微生物用培養容器。

【請求項4】

並列する複数のチューブ状容器と、隣接する2つのチューブ状容器を接続する形でその間に配置される複数のチューブ状気体流路からなり、

前記チューブ状容器の外表面が一様に光透過性を有し、前記チューブ状容器と前記チューブ状気体流路を接続する境界面が一様に気体透過性を有することを特徴とする、  
光合成微生物用培養容器。

【発明の詳細な説明】

10

20

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、培養容器に関し、より詳細には、光合成微生物の培養に適した培養容器に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、微細藻類やシアノバクテリアなどの光合成微生物を用いたバイオマス生産に期待が集まっており、光バイオリアクターを用いた光合成微生物培養の工業化が強く求められている。

## 【0003】

ここで、期待されているのが汚染に強い閉鎖型の光バイオリアクターであるが（例えば、特許文献1）、光合成微生物は、光合成によって酸素を産生するため、閉鎖型の光バイオリアクターでは、微生物の増殖に伴って培養液の溶存酸素濃度が上昇し、これを放置すると、光合成が阻害され、微生物が死滅してしまう。

## 【0004】

そのため、従来閉鎖型の光バイオリアクターでは、溶存酸素を除去するために培養液を頻繁に曝気しなければならなかったが、この曝気に係るコストが事業の収益性を低下させる原因の一つとなっていた。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献1】特開2016-220697号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

本発明は、上記従来技術における課題に鑑みてなされたものであり、曝気コストを低減しつつ溶存酸素の濃度上昇を抑制可能な光合成微生物用培養容器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】

## 【0007】

本発明者は、曝気コストを低減しつつ溶存酸素の濃度上昇を抑制可能な光合成微生物用培養容器につき鋭意検討した結果、以下の構成に想到し、本発明に至ったのである。

## 【0008】

すなわち、本発明によれば、対向する第1の面と第2の面を備える薄い袋状の容器であって、前記第1の面が一様に光透過性を有し、前記第2の面が一様に光反射性を有すると共に一様に気体透過性を有する多孔質シートであることを特徴とする、光合成微生物用培養容器が提供される。

## 【発明の効果】

## 【0009】

上述したように、本発明によれば、曝気コストを低減しつつ溶存酸素の濃度上昇を抑制可能な光合成微生物用培養容器が提供される。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0010】

【図1】第1実施形態の光合成微生物用培養容器を示す模式図。

【図2】第1実施形態の光合成微生物用培養容器の変形例を示す模式図。

【図3】第2実施形態の光合成微生物用培養容器を示す模式図。

【図4】実験装置を示す模式図。

【図5】実験結果を示すグラフ。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0011】

10

20

30

40

50

以下、本発明を図面に示した実施の形態をもって説明するが、本発明は、図面に示した実施の形態に限定されるものではない。なお、以下に参照する各図においては、共通する要素について同じ符号を用い、適宜、その説明を省略するものとする。

【0012】

(第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態である光合成微生物用培養容器10に培養液を封入した状態を示す模式図であり、図1(a)は前面を示し、図1(b)は後面を示し、図1(c)は側断面を示す。

【0013】

図1に示すように、本実施形態の光合成微生物用培養容器10(以下、培養容器10という)は、矩形の薄い袋状の容器であり、封筒型の容器形状を備える。本実施形態の培養容器10は、対向する2つの可撓性の面12, 14を有しており、面12は一様に光透過性を有し、面14は一様に気体透過性を有する。

【0014】

本実施形態において、面12は、光透過性シート材料で形成されている。ここで、光透過性シート材料としては、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリカーボネート、ポリエチレンテレフタレートといった合成樹脂で形成された無色透明のシート材料を挙げることができる。

【0015】

一方、面14は、防水性の気体透過性シート材料で形成されている。ここで、防水性の気体透過性シート材料としては、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリカーボネート、ポリエチレンテレフタレートといった合成樹脂で形成される多孔質シートや、シリコーンなどで形成される気体透過性の高い無孔性シートを挙げることができる。また、これらの気体透過性シートを通気性シートで補強した複合材を挙げることができる。なお、上述した多孔質シートの孔径は $0.02\mu\text{m}$ ~ $0.3\mu\text{m}$ の範囲であることが好ましい。また、補強用の通気性シートとしては、合成樹脂製の不織布や織物を挙げることができる。

【0016】

加えて、本実施形態においては、対向する面12, 14が、容器の左右いずれかの側端を端として容器の幅方向に伸びる容器の幅に満たない長さの線分16a, 16b, 16cにおいて接合しており、これにより、容器の幅方向に蛇行する流路が形成されている。

【0017】

本実施形態の培養容器10を使用する光バイオリクターでは、光合成微生物(以下、微生物という場合がある)の培養液を封入した培養容器10を支柱18に吊り下げ、光透過性の面12から光が入射するように適切な位置に光源を配置する。なお、培養に際しては、容器に形成された蛇行流路の両端をポンプで接続して培養液を循環させることによって栄養と微生物の密度を均一化することが好ましい。

【0018】

培養液中の微生物は、光透過性の面12を透過して到達する光源からの光と、培養液に溶存する二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )を利用して光合成を行い、酸素( $\text{O}_2$ )を産生しながら増殖する。ここで、微生物の増殖に伴って培養液の溶存酸素濃度が閾値を超えると光合成が阻害されるが、本実施形態では、気体透過性の面14を境にして酸素の濃度勾配が生じた時点で、培養液中の溶存酸素( $\text{O}_2$ )が面14を透過して大気中に放出されるので、溶存酸素の濃度上昇が自動的に抑制される。

【0019】

なお、微生物の増殖に伴って培養液に溶存する二酸化炭素が消費されるが、本実施形態では、気体透過性の面14を境にして二酸化炭素の濃度勾配が生じた時点で、大気中の二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )が面14を透過して培養液に溶解し、光合成に供される。また、必要に応じて、培養液に直接的に二酸化炭素を供給するための追加的手段を設けてもよい。

【0020】

加えて、培養容器を通過する光の光路の長さが短いほど面積収率が増加することが既往研究により報告されているところ、本実施形態の培養容器10は、厚みの薄い袋容器として構成されることから、容器を通過する光の光路の長さOPが必然的に短くなるので、高い面積収率が期待できる。この点に関し、本実施形態においては、培養液を充填した状態における培養容器10の厚みを、容器を通過する光の光路の長さOPの平均値が、好ましくは20mm以下となり、より好ましくは13mm以下となるように設計する。

#### 【0021】

加えて、本実施形態では、好ましくは、面14が一様に光反射性を有するように構成される。面14が光反射性を有する場合、面12を透過した光が面14に反射するため、培養液内の微生物は、光源からの直接光と反射光の両方を利用して光合成を行うことになり、結果として、光エネルギーの利用効率が向上する。ここで、面14を上述した多孔質シートとした場合、多孔質シートは、一般に、高い光反射率を有するので、溶存酸素濃度の自動抑制と光エネルギー利用効率の向上が同時に実現されることになる。

#### 【0022】

以上、説明したように、本実施形態の培養容器10を使用する光バイオリクターにおいては、培養液中の過剰な溶存酸素が気体透過性の面14を介して自動的に系外に放出されるので、溶存酸素を除去するために連続的に曝気を行うといったことが不要となり、その分のコストが低減される。ただし、本実施形態は、微生物の沈降・固着を防止する目的で、間欠的な曝気を行うことを排除するものではない。加えて、本実施形態の培養容器10は、安価な合成樹脂シートで形成することができるので、低価格化により、ディスプレイ製品として供給することが可能である。

#### 【0023】

なお、本実施形態においては、以下のような変形が可能である。

#### 【0024】

図2(a)は、上述した培養容器10の変形例を示す模式図である。図2(a)に示す変形例では、培養容器10の気体透過性の面14の外側に気体不透過性の面15(気体不透過性の合成樹脂で形成されたシート材料)を被せ、面14と面15の間に空隙が生じる形で両者を接合することにより、面14に接触する気体流路Vを形成する。この変形例を使用する光バイオリクターにおいて、任意の燃焼システムから排出される燃焼ガスを気体流路Vに導入するように構成すれば、溶存酸素の除去と二酸化炭素排出量の低減が同時に実現される。

#### 【0025】

なお、この変形例では、図2(a)に示すように、培養容器10を支柱18に吊り下げる態様に加えて、図2(b)に示すように、培養容器10を面15を下にして水上に静置することもできる。この場合、培養容器10内の培養液を水で冷却することが可能となり、水温を適切に調整することで培養液を適温に保持することが可能となる。

#### 【0026】

#### (第2実施形態)

図3は、本発明の第2実施形態である光合成微生物用培養容器20(以下、培養容器20という)に培養液を封入した状態を示す模式図であり、図3(a)は側断面を示し、図3(b)は上面を示し、図3(c)は側断面の拡大図を示す。

#### 【0027】

図3(a)、(b)に示すように、本実施形態の培養容器20は、エアーマット状の形状を有する容器であり、所定の間隔において並列する複数の可撓性のチューブ状容器22と、隣接する2つのチューブ状容器22を、その長手方向において接続する形で、2つのチューブ状容器22の間に配置される複数の可撓性のチューブ状気体流路26とからなる。

#### 【0028】

本実施形態において、チューブ状容器22は、培養液を充填する容器として機能し、その外表面は、第1実施形態と同様の光透過性シート材料で形成されており、一様に光透過

性を有している。一方、チューブ状気体流路 26 の外表面は、気体不透過性のシート材料で形成されている。

#### 【0029】

一方、チューブ状容器 22 とチューブ状気体流路 26 を接続する縦長の境界面 24 は、第 1 実施形態と同様の防水性の気体透過性シート材料で形成されており、一様に気体透過性を有している。これにより、図 3 (c) に示すように、チューブ状容器 22 内の培養液中の溶存酸素 ( $O_2$ ) が気体透過性の境界面 24 を透過してチューブ状気体流路 26 の方に移動して自動的に除去されるとともに、チューブ状気体流路 26 を流れるガスに含まれる二酸化炭素 ( $CO_2$ ) が境界面 24 を透過してチューブ状容器 22 内の培養液に溶解し、光合成に供される。

10

#### 【0030】

加えて、本実施形態では、好ましくは、境界面 24 が一様に光反射性を有するように構成される。この場合、チューブ状容器 22 に入射した光の一部が境界面 24 に反射するため、光エネルギーの利用効率が向上する。ここで、境界面 24 を上述した多孔質シートとした場合、多孔質シートは、一般に、高い光反射率を有するので、溶存酸素濃度の自動抑制と光エネルギー利用効率の向上が同時に実現されることになる。

#### 【0031】

加えて、本実施形態の培養容器 20 は、図 3 (a) に示すように、水上に静置することができ、この場合、水温の調整により培養液を適温に保持することができる。

#### 【0032】

加えて、培養容器 20 を使用する光バイオリアクターにおいて、任意の燃焼システムから排出される燃焼ガスをチューブ状気体流路 26 に導入するように構成すれば、溶存酸素の除去と二酸化炭素排出量の低減が同時に実現される。

20

#### 【0033】

以上、本発明について実施形態をもって説明してきたが、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、当業者が推考しうるその他の実施態様の範囲内において、本発明の作用・効果を奏する限り、本発明の範囲に含まれるものである。例えば、本発明は、上述した実施形態における光透過性の面 (面 12、チューブ状容器 22 の外表面) が、同時に、気体透過性を有することを排除するものではないし、上述した実施形態における気体透過性の面 (面 14、境界面 34) が、同時に、光透過性を有することを排除するものではない。

30

#### 【実施例】

#### 【0034】

以下、本発明の光合成微生物用培養容器について、実施例を用いてより具体的に説明を行なうが、本発明は、後述する実施例に限定されるものではない。

#### 【0035】

図 4 に示す実験装置を使用して培養実験を行った。図 4 に示すように、本実験装置は、本発明の光合成微生物用培養容器 50 (以下、培養容器 50 という) と、培養容器 50 に充填された培養液を循環させるための遠心ポンプ 60 と、培養容器 50 に対して新規培地を供給するとともに、培養容器 50 からオーバーフローした培養液を回収するための定量送液ポンプ 70 (ペリスタルティックポンプ) と、微細藻類の沈降・固着を防止することを目的とした曝気を行うためのエアコンプレッサー 80 とを含んで構成されている。

40

#### 【0036】

本実験では、20 分に 1 回の割合 (1 分間駆動、19 分間停止) でエアコンプレッサー 80 を駆動して曝気を行うとともに、20 分に 1 回の割合 (曝気直後に 12 秒間駆動、19 分 48 秒停止) で遠心ポンプ 60 を駆動して槽内循環を生じさせた。併せて、本実験では、培養液回収速度が約  $0.950 \text{ L d}^{-1}$ 、水理学的滞留時間が約 2 日となるように定量送液ポンプ 70 を駆動制御した。

#### 【0037】

本発明の培養容器 50 は、防水性と気体透過性に優れた多孔質フィルム (3M 製、マイ

50

クロポラスフィルム、厚み：38 $\mu\text{m}$ 、透気度：210sec/100cc)と、光透過性のOPPフィルム(東洋紡製、P8128、片面ヒートシール性、厚み：50 $\mu\text{m}$ )の四辺を熱溶着により接着した後、多孔質フィルム側にテترونゴース(ポリエステル製の織物)を当てて補強することにより作製した。

#### 【0038】

本実験では、本発明の培養容器50の四辺を金属製のフラットバーに固定するとともに、OPPフィルムの上に金属製の邪魔板52を当てて固定することで培養液の流路を形成した。また、本実験では、培養容器50の前方(OPPフィルム側)に光源としてLED照明(図示せず)を配置した。この状態において、培養容器50の有効面積(光が照射される部分の面積)は0.165 $\text{m}^2$ であり、容積は約1.9Lであり、平均厚みは約12mmであり、比表面積は約87 $\text{m}^2$ であった。

#### 【0039】

本実験では、実施例として、図4に示す実験装置を使用して微細藻類(*A.platensis*)を15日間培養し、1日ごとに、回収された培養液1リットルあたりに含まれるバイオマス(*A.platensis*)の乾燥重量を測定した。なお、15日間の培養期間において、初日から6日目までは、培養容器50に入射する光の平均光子束密度が150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ となるように光源を制御し、7日目から15日目までは、培養容器50に入射する光の平均光子束密度が315 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (太陽光の5分の1程度)となるように光源を制御した。

#### 【0040】

併せて、本実験では、比較例として、実施例の培養容器50と同形・同サイズのポリプロピレン製の培養容器を作製し、その片面に、上述した多孔質フィルム(3M製、マイクロポラスフィルム)と同等の光反射特性を付与した。比較例では、実施例の培養容器50(気体透過性)に代えて、比較例の培養容器(気体不透過性)を図4に示す実験装置にセットして、実施例と同じ条件で微細藻類(*A.platensis*)を15日間培養し、1日ごとに、回収された培養液1リットルあたりに含まれるバイオマス(*A.platensis*)の乾燥重量を測定した。

#### 【0041】

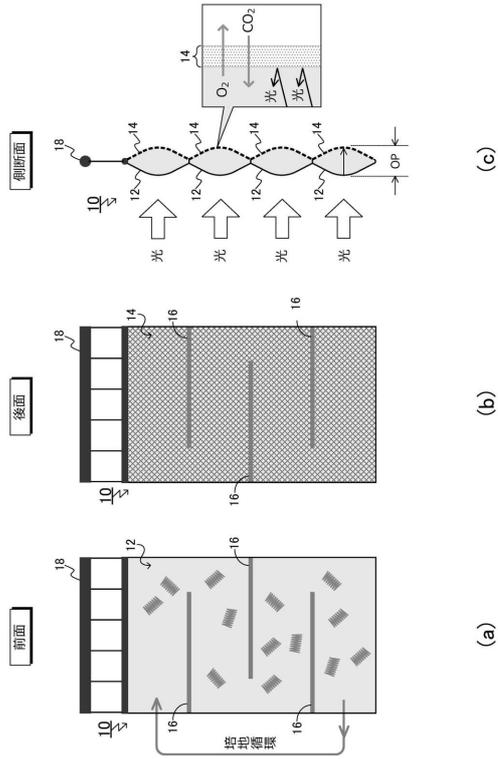
図5は、測定したバイオマス量の時系列変化を示すグラフである。図5に示すように、培養を開始してから6日目までは、実施例と比較例のバイオマス量は、ほぼ同じように徐々に増加した。その後、光量を増加させた影響で、7日目から9日目までは、実施例と比較例のバイオマス量は、ほぼ同じように急増した。その後、10日目から15日目までは、溶存酸素阻害により比較例のバイオマス量の増加が止まったのに対し、実施例のバイオマス量は増加を続け、その量は、最大で比較例の1.6倍となった。このように、実施例では、20分に1回(1分間)しか曝気を行っていないにもかかわらず、溶存酸素阻害が好適に回避される結果となり、連続的な曝気を必要とする従来方式と比較して、曝気コストを少なくとも1/20に低減できることが示された。

#### 【符号の説明】

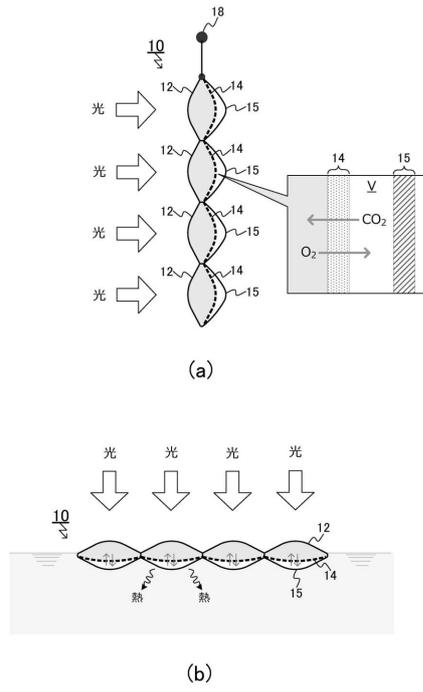
#### 【0042】

10 光合成微生物用培養容器、12, 14, 15 面、16a, 16b, 16c 線分、18 支柱、20 光合成微生物用培養容器、22 チューブ状容器、24 境界面、26 チューブ状気体流路、50 光合成微生物用培養容器、52 邪魔板、60 遠心ポンプ、70 定量送液ポンプ、80 エアコンプレッサー

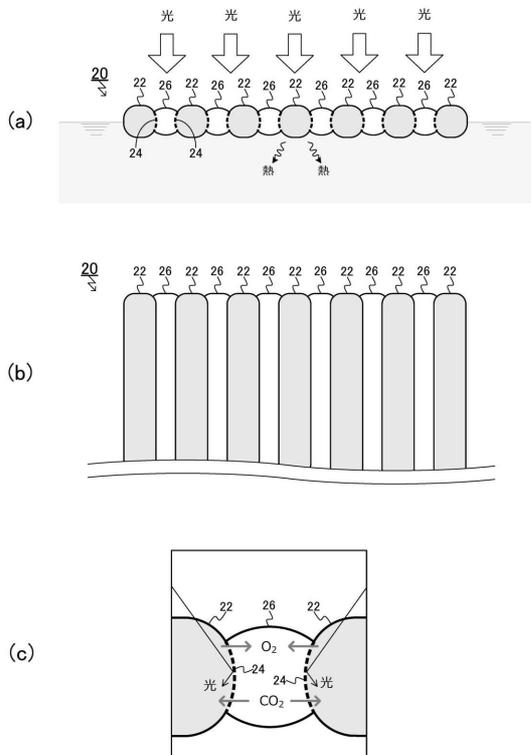
【図1】



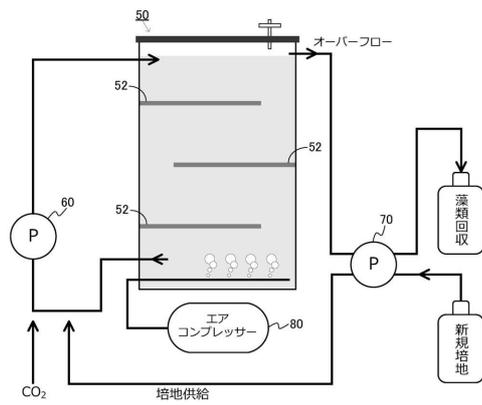
【図2】



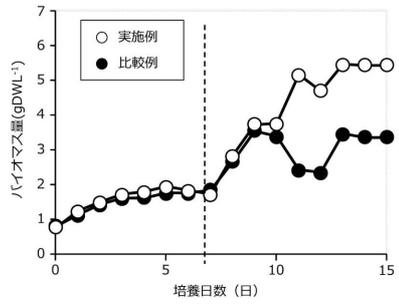
【図3】



【図4】



【図 5】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2017/093744(WO, A1)

特表2009-539608(JP, A)

特開2005-323588(JP, A)

特開平03-172169(JP, A)

国際公開第2016/060892(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C12M 1/00-3/10

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)