(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2025年6月5日(05.06.2025)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2025/115560 A1

(51) 国際特許分類:
*A01G 33/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2024/039729

(22) 国際出願日： 2024年11月8日(08.11.2024)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2023-203483 2023年11月30日(30.11.2023) JP

(71) 出願人: 国立大学法人京都大学 (**KYOTO UNIVERSITY**) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町３６番地１ (JP).

(72) 発明者: 植田 充美 (**UEDA, Mitsuyoshi**); 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町３６番地１ 国立大学法人京都大学内 (JP).

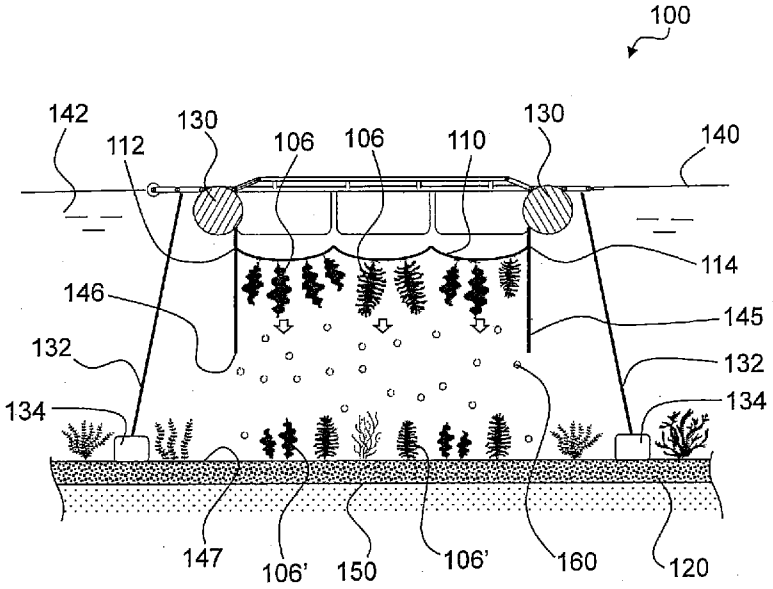
(74) 代理人: 中道 佳博 (**NAKAMICHI, Yoshihiro**); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満３丁目２番９号翁ビル５階 創樹国際特許事務所 (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS,

(54) **Title:** ALGACULTURE SYSTEM AND ALGACULTURE METHOD USING SAME

(54) 発明の名称： 藻類養殖システムおよびそれを用いた藻類の養殖方法




(57) **Abstract:** An algaculture system according to the present invention comprises: an algaculture means which is immersed in water and to which algae are fixed; and an adhesion substrate which is provided at an interval below the algaculture means. Here, the shortest distance between the algaculture means and the adhesion substrate is 3.0-14.5 m.

(57) 要約：本発明の藻類養殖システムは、水中に浸漬されておりかつ藻類が固定された藻類養殖手段と、藻類養殖手段の下方に間隔を空けて設けられた着生基材とを備える。ここで、藻類養殖手段と着生基材との間の最短距離は３．０ｍ～１４．５ｍである。

WO 2025/115560 A1

［続葉有］

MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

# 明　細　書

## 発明の名称 ：

## 藻類養殖システムおよびそれを用いた藻類の養殖方法

## 技術分野

[0001]　本発明は、藻類養殖システムおよびそれを用いた藻類の養殖方法に関する。

## 背景技術

[0002]　地球温暖化問題の解決に向け、温室効果ガスの排出をゼロにする「カーボンニュートラル」を目指す重要性が国内外で掲げられている。ここで、カーボンニュートラルを実現するために取り得る戦略には、（ｉ）人為的に排出される$CO_2$を削減するための技術開発や行動変容、および（ｉｉ）環境中に排出された$CO_2$を回収しかつ吸収するネガティブエミッション技術の開発の２つに大別される。

[0003]　しかし、戦略（ｉ）と比較して戦略（ｉｉ）の技術開発は十分に進んでおらず、抜本的な研究開発が必要とされている。

[0004]　一方、大気中に存在する低濃度の$CO_2$に対して大型藻類により行われる自然プロセス（$CO_2$固定）が注目されている。表１に示すように大型藻類、微細藻類などが属する藻類（３Ｇ）バイオマスは、澱粉糖質系（１Ｇ）、木質系（２Ｇ）の各バイオマスと比較して、単年当たりの生産性が高く、特に大型藻類は、他のバイオマスと比較して$CO_2$吸収・固定量比が著しく高くかつバイオマスエネルギー生産工程および生産条件が比較的シンプルであることが知られている（非特許文献１）。

[0005]

[表1]

| | 澱粉糖質系(1G) | 木質系(2G) | 藻類(3G) | |
|---|---|---|---|---|
| 原料 | 農産物<br>(トウモロコシなど) | 森林<br>(スギなど) | 微細藻類<br>(スプルリナなど) | 大型藻類<br>(クロメ*1)/(タマハハキモク) |
| バイオマス生産性<br>(t/ha/年) | 11 | 9 | 10～20 | 30/210 |
| 単位面積当たりの$CO_2$吸収・固定量<br>(kg-$CO_2$/$m^2$/年) | 1.6 | 0.84 | 1．5～2.9 | 3.3/8.8 |
| $CO_2$固定量比 | 2.3 | 1 | 7.6 | 13/240 |
| バイオマスエネルギー生産工程 | シンプル | 複雑<br>(リグニン除去) | シンプル | シンプル |
| 問題点 | 食糧と競合 | 陸地を利用 | 陸地を利用<br>コンタミのリスク<br>コスト高 | 藻場の拡大 |
| 生産条件 | 日光，$CO_2$，淡水，陸地，肥料，農薬 | 日光，$CO_2$，淡水，陸地，肥料，農薬 | 日光，$CO_2$，淡水/汽水，陸地 | 日光，$CO_2$，海水 |

*1 カジメの亜種

[0006] 日本は周りを海に囲まれた島国であり、国土面積の約１２倍の排他的経済水域（世界大６位）を有する。このため大型藻類の養殖に適した藻場も多く存在する。

[0007] しかし、上記カーボンニュートラルを目指すには、藻場の拡大が重要であり、各藻場における大型藻類の生産効率も向上させることが所望される。また、大型藻類の成熟時期は、年間を通じて一部の期間に限られている。年間を通じて安定したカーボンニュートラルを目指すには程遠いものであると言わざるを得ない。

## 先行技術文献

## 非特許文献

[0008] 非特許文献1：経営センサー，”微細藻類の産業利用”，株式会社東レ経営研究所，２０２１年１２月，ｐ．５－９

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0009] 本発明は、上記問題の解決を課題とするものであり、その目的とするとこ

ろは、大型藻類などの各種藻類を一層効率的に養殖することができ、かつ様々な生産規模に対応し得る藻類養殖システムおよびそれを用いた藻類の養殖方法を提供することにある。

## 課題を解決するための手段

[0010] 本発明は、藻類養殖システムであって、

水中に浸漬されておりかつ該藻類が固定された藻類養殖手段と、

該藻類養殖手段の下方に間隔を空けて設けられた着生基材と、

を備え、

該藻類養殖手段と該着生基材との間の最短距離が３．０ｍ～１４．５ｍである、藻類養殖システムである。

[0011] １つの実施形態では、上記水は天然海水または人工海水である。

[0012] さらなる実施形態では、上記藻類は、ホンダワラ科褐藻類およびコンブ科褐藻類からなる群から選択される少なくとも１つの大型藻類である。

[0013] さらなる実施形態では、上記藻類養殖手段は上記海水中に吊り下げられた状態で固定されている。

[0014] 本発明はまた、藻類の養殖方法であって、

水中で上記藻類養殖システムにおける藻類養殖手段に藻類を固定する工程、

該藻類が放出する遊走子または受精卵を通じて該藻類養殖システムにおける着生基材に該藻類を共役育種する工程、

該藻類養殖手段および該着生基材の両方から該藻類を回収する工程、

を含む、方法である。

[0015] １つの実施形態では、上記水は天然海水または人工海水である。

[0016] １つの実施形態では、上記藻類は、アカモク、タマハハキモク、トゲモク、ウミトラノオ、ヨレモク、マメタワラ、アキヨレモク、ノコギリモク、ヤナギモク、エンドウモク、ヤツマタモク、コンブ、ワカメ、アントクメ、アラメ、クロメ（カジメの亜種）、カジメ、およびサガラメからなる群から選択される少なくとも１種の大型藻類である。

[0017] さらなる実施形態では、上記藻類は、成熟時期に合わせてその種類が変更される条件下で一年を通じて継続的に養殖される。

[0018] 本発明はまた、バイオエタノール原料の製造方法であって、

水中で上藻類養殖システムにおける藻類養殖手段に藻類を固定する工程、

該藻類が放出する遊走子または受精卵を通じて該藻類養殖システムにおける着生基材に該藻類を共役育種する工程、

該藻類養殖手段および該着生基材の両方から該藻類を該バイオエタノール原料として回収する工程、

を含む、方法である。

[0019] １つの実施形態では、上記水は天然海水または人工海水である。

[0020] １つの実施形態では、上記藻類は、アカモク、タマハハキモク、トゲモク、ウミトラノオ、ヨレモク、マメタワラ、アキヨレモク、ノコギリモク、ヤナギモク、エンドウモク、ヤツマタモク、コンブ、ワカメ、アントクメ、アラメ、クロメ（カジメの亜種）、カジメ、およびサガラメからなる群から選択される少なくとも１種の大型藻類である。

[0021] さらなる実施形態では、上記藻類は、成熟時期に合わせてその種類が変更される条件下で一年を通じて継続的に養殖される。

## 発明の効果

[0022] 本発明によれば、大型藻類などの藻類を、藻場の単位区画当たりの生産性を高めて効率良く養殖することができる。また、この養殖のために特殊な機械等も必要とされない。また、一年を通じてほぼ連続的に藻類の養殖が可能となり、得られる藻類は例えば秋穂エタノール原料としてより安定的に提供可能である。

## 図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の藻類養殖システムの一例を示す概略図である。

[図2]本発明の藻類養殖システムの他の例を示す概略図である。

[図3]本発明の藻類養殖システムの別の例を示す概略図である。

[図4]本発明の藻類養殖システムのさらに別の例を示す概略図である。

[図5]本発明の藻類養殖システムを用いて養殖可能な大型藻類の種類と日本におけるその成熟時期（最大現存量の時期）との関係を示す図である。

## 発明を実施するための形態

[0024]（藻類養殖システム）

本発明の藻類養殖システムを、添付の図面を参照して説明する。なお、以下のすべての図面に共通して同様の参照番号を付した構成は、他の図面に示したものと同様である。

[0025] 図１は、本発明の藻類養殖システムの一例を示す概略図である。藻類養殖システム（以下、単に「システム」ということがある）１００は、藻類養殖手段１１０および着生基材１２０を備える。

[0026] 藻類養殖手段１１０は、水中に浸漬されており、かつ予め藻類が固定されたものである藻類養殖手段１１０は、例えば、ネット状、ロープまたはワイヤ状の形態を有するものであり、化学繊維（例えばナイロンおよびポリエステルならびにそれらの組み合わせ）、天然繊維（例えば、麻、木綿、絹、および藁、ならびにそれらの組み合わせ）、金属（例えば、ステンレススチール、タングステン、アルミニウム、および銅ならびにそれらの）などの材料で構成されている。藻類養殖手段１１０の好ましい例としては漁網が挙げられる。藻類養殖手段１１０が漁網である場合、当該漁網を構成する太さ（号）、目の大きさ（寸目）、目の縦方向の数（掛）、および横方向の大きさ（間）はいずれも限定されず、当業者によって任意の数または大きさの漁網が選択され得る。

[0027] 藻類養殖手段１１０には、養殖対象となる藻類１０６が固定されている。藻類１０６は同一種のみで構成されていてもよく、あるいは２つまたはそれ以上の種類のものが固定されていてもよい。例えば、藻類１０６は予め当業者に周知の糸（例えばクレモナ糸）に付着した状態で、当該糸を藻類養殖手段１１０に巻き付けることによって固定されている。

[0028] 藻類１０６は淡水、汽水、または海水のいずれで生育するものであってもよい。養殖環境下の水１４２に合わせて、養殖される藻類１０６の種類が選

択され得る。本発明においては、海洋環境を利用して大量に養殖することができるとの理由から、藻類１０６は海水下で生育可能な藻類であることが好ましい。また、上記の通り$CO_2$固定量比が高いという理由から藻類１０６は大型藻類であることが好ましい。

[0029] 藻類１０６が生育する環境（すなわち周囲の水）が海水である場合、当該海水は天然海水または人工海水のいずれであってもよい。例えば、藻類１０６が生育する環境が天然海水である場合、本発明の藻類養殖システムは海中に配置される。あるいは、藻類１０６が生育する環境が人工海水である場合、本発明の藻類養殖システムは海中に配置されなくてもよい。例えば、工場などの陸地で陸上養殖用のシステムとして使用することも可能である。

[0030] 大型藻類に属する藻類１０６としては、特に限定されないが、例えば、ホンダワラ科褐藻類およびコンブ科褐藻類に属するものが挙げられる。

[0031] 大型藻類に属する藻類１０６としては、特に限定されないが、例えば、アカモク(Sargassum horneri)、タマハハキモク(Sargassum muticum)、トゲモク(Sargassum micracanthum)、ウミトラノオ(Sargassum thunbergii)、ヨレモク(Sargassum siliguastrum)、マメタワラ(Sargassum piluliferum)、アキヨレモク(Sargassum autumnale)、ノコギリモク(Sargassum macrocarpum)、ヤナギモク(Sargassum ringgoldianum ssp. coreanum)、エンドウモク(Sargassum yendoi)、ヤツマタモク(Sargassum patens)、コンブ(Saccharina japonica)、ワカメ(Undaria pinnatifida)、アントクメ(Eckloniopsis radicosa)、アラメ(Eisenia bicyclis)、カジメ(Ecklonia cava)、クロメ(Ecklonia cava ssp. kurome；（カジメの亜種））、サガラメ(Eisenia nipponica)、イズミイシノカワ(Heribaudiella fluviatilis)、ウミトラノオ(Sargassum thunbergii)、カワモズク(Batrachospermum gelatinosum)、カワノリ(Prasiola japonica)、ならびにそれらの組み合わせが挙げられる。

[0032] 上記のうち、藻類養殖手段１１０に固定され得る大型藻類に属する藻類１０６は、その成熟時期に合わせて１種または２種以上を組み合わせたもののいずれであってもよい。

[0033] 例えば、日本における１月～５月では、藻類１０６としてアカモクとタマハハキモクとがそれぞれ単独またはこれらを組み合わせて用いられてもよい。

[0034] あるいは、日本における３月～５月では、藻類１０６としてアカモクとタマハハキモクとトゲモクとがそれぞれ単独またはこれらを組み合わせて用いられてもよい。

[0035] あるいは、日本における６月～８月では、藻類１０６としてウミトラノオとヨレモクとマメタワラとエンドウモクとヤツマタモクとノコギリモクとヤナギモクとアントクメとがそれぞれ単独またはこれらを組み合わせて用いられてもよい。

[0036] あるいは、日本における７月～９月では、藻類１０６としてアキヨレモクとノコギリモクとヤナギモクとアントクメとアラメとクロメとカジメとサガラメとがそれぞれ単独またはこれらを組み合わせて用いられてもよい。

[0037] あるいは、日本における９月～１１月では、藻類１０６としてアキヨレモクとノコギリモクとヤナギモクとアントクメとアラメとクロメとカジメとサガラメとがそれぞれ単独またはこれらを組み合わせて用いられてもよい。

[0038] あるいは、日本における９月～１２月では、藻類１０６としてアキヨレモクが用いられてもよい。

[0039] 図１において、藻類養殖手段１１０は水面１４０に浮遊するフロート１３０に端部１１２，１１４が固定されており、端部１１２，１１４の間は任意の間隔でフロート１３０と固定され、例えば全体として緩やかなＵ字状に撓むように、水中１４２で吊り下げられた状態で配置されている。フロート１３０は、それ自体が水面１４０上で任意の方向に移動することを防止するため、例えば、ワイヤ１３２およびアンカー１３４を用いて固定されていてもよい。

[0040] 藻類養殖手段１１０はまた、その外周に水中において鉛直方向に延びる筒状（例えば円円筒状または角筒状）のネット１４５（例えば漁網）が配置されていてもよい。円筒状のネット１４５は、潮流などの水の移動に対して藻

類１０６を保護し、ネット１４５内を穏やかな養殖環境に設定することができる。ネット１４５の下端１４６は、水中１４２で浮遊するよう水底１４７と接していなくてもよく、あるいは水底１４７を接するものであってもよい。

[0041] 着生基材１２０は、水中１４２の水底面１５０上に配置された人工物であり、所定の厚みを有する布帛、シート、板材などの比較的薄くかつ所定の平面を有する部材から構成されている。具体的には、当該着生基材１２０は、ナイロン、ポリエステルなどの化学繊維；麻、木綿、絹、藁などの天然繊維；ステンレススチール、タングステン、アルミニウム、および銅などの金属フィラメント；ならびにそれらの組み合わせ；から構成される織布、編布、または不織布であってもよく、熱可塑性樹脂（例えばナイロンおよびポリエステル、ならびにそれらの組み合わせ）、エラストマー、およびゴム、ならびにそれらの組み合わせから構成されるシートであってもよく、熱可塑性樹脂（例えばナイロンおよびポリエステル、ならびにそれらの組み合わせ）、エラストマー、ゴム、ステンレススチール、タングステン、アルミニウム、銅、木材、コンクリート、モルタル、およびガラス、ならびにそれらの組み合わせから構成される板材（例えば中空板を包含する）であってもよい。

[0042] 着生基材１２０の厚みが特に限定されないが、好ましくは３０ｃｍ～１００ｃｍ、より好ましくは５０ｃｍ～７０ｃｍである。着生基材１２０の厚みが３０ｃｍを下回ると、十分な強度を有さないことがある、潮流等の水の流れによって容易に流される等の不利益を生じることがある。着生基材１２０の厚みが１００ｃｍを上回ると、全体として重くなり、水底面１５０上に配置する際および／または水中１４２から取り出して回収する際の困難性を高めることがある。

[0043] 本発明においては、着生基材１２０は適度に切断された上記布帛、シートおよび／または板材を複数組み合わせて水底面１５０に配置したものであってもよい。

[0044] 着生基材１２０のサイズは特に限定されないが、上方にて吊り下げられた

上記藻類養殖手段１１０よりも大きくなるように、あるいは上記鉛直方向に延びる筒状のネット１４５の水平断面と同じまたはそれよりも大きくなるように設計されている。

[0045] 本発明の養殖システム１００において、着生基材１２０には、藻類１０６’が仮根部（付着器）を通じて固定（付着）される。この藻類１０６’は人為的に配置されたものではなく、藻類養殖手段１１０より吊り下げられた藻類１０６から排出した遊走子または受精卵１６０によって着生基材１２０上に自生したものである。藻類１０６’は、藻類養殖手段１１０より吊り下げられた藻類１０６と同種であってもよいが、水中１４２を漂って外部から提供される他の遊走子または受精卵に起因して自生したものであってもよい。

[0046] 図２は、本発明の藻類養殖システムの他の例を示す概略図である。

[0047] 図２に示す藻類養殖システム２００では、着生基材１２０’に複数の折り目１２２’が設けられている。着生基材１２０’がこのような形態を有していることにより、着生基材１１０上に自生した藻類１０６’は、着生基材１１０の折り目１２２’を利用して水面１４０上に引き上げることにより当業者が容易に回収することができる。

[0048] 再び図１を参照すると、藻類養殖手段１１０に固定された藻類１０６は、その生育につれて水中１４２に生殖細胞または受精卵１６０を放出する。

[0049] 例えば藻類１０６がコンブ科褐藻類である場合、その胞子体からは生殖細胞である遊走子および配偶体が排出される。また、藻類１０６がホンダワラ科褐藻類である場合、その成体からは受精卵が放出される。

[0050] 本発明においては、このような藻類１０６から放出される遊走子（生殖細胞）や受精卵を利用して、これらを着生基材１１０上に到達させることができる。その後、着生基材１１０に到達した生殖細胞または受精卵１６０を通じて藻類１０６’が上記藻類１０６とともに「共役的」に生育され、結果として藻類養殖手段１１０と、その下方に配置される着生基材１２０との両方で藻類１０６，１０６’を育種可能である。

[0051] 藻類養殖手段１１０と着生基材１２０との間の最短距離は、養殖する海藻

の種類、養殖場所における潮流などの水の移動の程度等によって変動するため特に限定されないが、３．０ｍ～１４．５ｍ、好ましくは４．０ｍ～１０ｍである。藻類養殖手段１１０と着生基材１２０との間の最短距離が３．０ｍを下回ると、潮流の影響を受けて、例えば、藻類１０６から放出された遊走子（生殖細胞）または受精卵１６０が下方に存在する着生基材１２０に到達する前に潮流などの水の流れによって過度に流され、結果として着生基材１２０上に藻類１０６’を共役的に育種することが困難となることがある。藻類養殖手段１１０と着生基材１２０との間の最短距離が１４．５ｍを上回ると、そのような深度では着生基材１２０に藻類１０６’の育種に必要な量の日光が届きにくくなることがある。

[0052] 図３は、本発明の藻類養殖システムの別の例を示す概略図である。

[0053] 図３に示す藻類養殖システム３００では、藻類養殖手段１１０が、図１に示すフロート１３０に代えて、複数のブイ３３０に固定されている。フロートへの固定に代えてこのようなブイ３３０への藻類養殖手段１１０により、得られる藻類養殖システム３００はより単純またはコンパクトな構成を有することができる。

[0054] 図３に示す藻類養殖システム３００もまた、藻類養殖手段１１０に吊り下げられた藻類１０６から放出される生殖細胞または受精卵１６０が着生基材１２０に移動し、当該藻類１０６とともに当該着生基材１２０上で藻類１０６’を共役的に育種可能である。

[0055] 図４は、本発明の藻類養殖システムのさらに別の例を示す概略図である。

[0056] 図４に示す藻類養殖システム４００では、藻類養殖手段１１０が、図１に示すフロート１３０に代えて、複数のブイ３３０に固定されている。また、藻類養殖手段１１０の端部４１２，４１４が水面１４０に浮揚するフレーム４３０に固定されており、当該フレーム４３０は、複数の堅い支柱４３２を通じて水中１４２に配置されたアンカー１３４に固定されている。

[0057] このような構成を有していることにより、水面１４０上でのフレーム４３０の移動は制限される。これにより、例えば、強風等によって藻類養殖シス

テム４００が他の場所に流れ着く可能性を低減できる。

[0058] 図４に示す藻類養殖システム４もまた、藻類養殖手段１１０に吊り下げられた藻類１０６から放出される生殖細胞または受精卵１６０が着生基材１２０に移動し、当該藻類１０６とともに当該着生基材１２０上で藻類１０６’を共役的に育種可能である。

[0059] 本発明の藻類養殖システムは、水面から見た限られた区画の範囲において、より大量の藻類を養殖することができる。特に藻類養殖手段１１０に吊り下げられた藻類１０６を通じて、着生基材１２０上の藻類１０６’を共役的に生育可能であり、藻類１０６，１０６’をいずれも容易に回収することができる。

[0060]（藻類の養殖方法）

次に本発明の藻類の養殖方法について説明する。

[0061] 本発明の方法では、まず水（例えば、淡水中、汽水中、または海水）中で上記藻類養殖システムにおける藻類養殖手段に藻類が固定される。

[0062] 藻類養殖手段に固定される藻類は、好ましくは当業者に公知の方法で予め生長させた幼体である。本発明においては、磯焼けの原因となる魚や貝類の食餌となることを避けるため、養殖密度を適切に上げて養殖を行うことが好ましい。大型藻類などの藻類は、養殖密度を制御することにより、藻体外に２，４－ジブロモフェノール、２，４，６－トリブロモフェノールなどのブロモフェノール類を分泌する。当該ブロモフェノールは、魚、貝類などの海産藻食性動物に対する化学防御物質（忌避剤）として機能し、結果として上記磯焼けを回避することができる。

[0063] 次いで、藻類が放出する生殖細胞または受精卵を通じて藻類養殖システムにおける着生基材に藻類が共役育種される。

[0064] 藻類からの生殖細胞または受精卵の放出は、上記藻類養殖手段に固定された藻類（幼体）は海洋で養殖する場合は沖だし（海に出す）した後、所定期間を経て藻類自体が自然に開始することを待つことにより行われる。このような所定期間は養殖する藻類の種類、時期、養殖環境（例えば、水温、養殖

密度）によって変動するため必ずしも限定されないが、例えば、藻類養殖手段への固定（または沖だし）後、好ましくは１５０日間～３６０日間である。さらに、放出された生殖細胞または受精卵が着生基材に受容され、共役育種が行われるまでの期間についてもまた、養殖する藻類の種類、時期、養殖環境（例えば、水温、養殖密度）によって変動するため必ずしも限定されないが、例えば、藻類からの生殖細胞または受精卵の放出後、好ましくは３０日間～６０日間である。

[0065] その後、藻類養殖手段および着生基材の両方から藻類が回収される。

[0066] すなわち、本発明の方法では、目的の藻類が藻類養殖手段に加え、着生基材からも回収可能であるため、得られる藻類の回収量は藻類養殖手段単独で使用する場合よりも確実に増加する。

[0067] このようにして藻類の養殖を一層効率的に行うことができる。

[0068] 上記方法によって養殖される藻類は、例えば後述する方法を用いて得ることのできるバイオエタノールの原料として使用することができる。こうした藻類をバイオエタノール原料として用いる場合、当該原料は季節を問わず所定量が恒常的に得られることが望ましい。本発明においては、こうした恒常的なバイオエタノール原料の入手を可能にするために、養殖対象となる藻類をその時期に合わせて異なるものを選択することが好ましい。

[0069] 図５は、本発明の藻類養殖システムを用いて養殖可能な大型藻類の種類と日本の東北以南におけるその成熟時期（最大現存量の時期）との関係を示す図である。

[0070] 日本近海において養殖可能な大型藻類はその種類によって成熟時期が異なっており、全体として１月から１２月にかけていずれかの藻類を得ることができる。

[0071] 図５に示すように、例えば、日本における１月～５月は、アカモクおよびタマハハキモクのそれぞれの成熟時期に該当する。また、日本における３月～５月は、アカモク、タマハハキモクおよびトゲモクのそれぞれの成熟時期に該当する。さらに、日本における６月～８月は、ウミトラノオ、ヨレモク

、マメタワラ、エンドウモクおよびヤツマタモクのそれぞれの成熟時期に該当する。さらに、日本における７月～９月は、ノコギリモク、ヤナギモクおよびアントクメのそれぞれの成熟時期に該当する。さらに、日本における９月～１１月は、アキヨレモク、アラメ、クロメ、カジメ、およびサガラメのそれぞれの成熟時期に該当する。またさらに、日本における９月～１２月は、アキヨレモクの成熟時期に該当する。

[0072] このことから、１月～１２月の一年を通じて、養殖対象となる藻類を適切に選択することにより、バイオエタノール原料となる上記藻類を恒常的に製造することが可能である。

[0073] 上記によって得ることのできる藻類（例えば大型藻類）には、セルロース、ヘミセルロース、アルギン酸、マンニトール、ラミナラン等の糖類が豊富に含まれている。このように藻類に含まれる糖類からエタノール（すなわち、バイオエタノール）を製造することができる。

[0074] （バイオエタノールの製造方法）

養殖した藻類をバイオエタノール原料として用い、バイオエタノールを製造する方法は公知であり、例えば、所定の酵素類を細胞表層に提示したアーミング酵母を用いて製造することができる。

[0075] アーミング酵母の細胞表層に提示される酵素類の例としては、エンドグルカナーゼ、β－グルコシダーゼ、セロビオヒドロラーゼ、キシラナーゼ、β－キシロシダーゼ、キシロースイソメラーゼ、エキソ型／エンド型アルギン酸リアーゼ、およびラミナラン分解酵素（ＧＩｙ５Ｍ）が挙げられる。

[0076] アーミング酵母の具体的な例としては、セルロース分解アーミング酵母（Fujita et al., Appl. Environ. Microbiol., 68, 5136-5141 (2002); Bae et al., Appl. Environ. Microbiol.,81, 59-66 (2015)）、ヘミセルロース分解アーミング酵母（Fujita et al., J. Mol. Catalys. 17,189-195(2002); Ota, et al., Biotechnol. Progress, 29, 346-351 (2013); Sasaki, et al., Biotechnol. Progress, 33, 1068-1076(2017)）、アルギン酸・マンニトール分解アーミング酵母（Takagi et al., Appl. Microbiol., Biotechnol., 1

01,6627-6636(2017)、およびラミナラン分解アーミング酵母（Motone et al., J. Biotechnol., 231, 129-135 (2016)）が挙げられる。

[0077] このような方法により得られたバイオエタノールは、例えばガソリンに変わる自動車用燃料として使用することができる。また、当該バイオエタノールは、上記の通り藻類の養殖を通じて製造されるため、食糧生産との競合問題も生じない。

[0078] 本発明によれば、上記の通り藻類を恒常的に製造可能となる点で、得られるバイオエタノールの市場への安定的な供給も可能となる。さらに、$CO_2$吸収・固定量比の大きい大型藻類を養殖することができるため、環境中に排出された$CO_2$を回収しかつ吸収するネガティブエミッション技術としても有用である。その結果、本発明は、カーボンニュートラルの実現にも貢献し得る。

## 実施例

[0079] 以下、実施例により本発明を詳述する。ただし、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0080]（実施例１：藻類養殖システム（Ｒ１）の作製）

図１に示す藻類養殖システム（Ｒ１）を以下のようにして作製した。

[0081] 具体的には、２０２１年　１２月に藻類１０６として、後述の実施例２で作製した大型藻類であるコンブ科褐藻類の種付けをクレモナ糸（３６本，左３ツ撚り，長さ５ｍ）に種付けし、かつそれを直径１２ｍｍポリロープに左撚りで巻き付けて藻類養殖手段１１０を作製し、これを１０本用意してフロート１３０に吊るし、周囲に漁網（ネット１４５）を設け、日本国三重県鳥羽市小浜港の沖合約１００ｍの場所（養殖現場）にアンカー１３４で固定した。また、当該養殖現場の海底には、化学繊維と天然繊維を組み合わせた布帛で構成される着生基材１２０（厚さ５０ｃｍ）を敷き詰め、当該着剤基材１２０が潮流によって移動することのないよう、その端部を海底面１５０と固定した。なお、この養殖現場における藻類養殖手段１１０と着生基材１２０との間の最短距離は約８ｍであった。これにより標題の藻類養殖システム

（Ｒ１）を作製した。

[0082]（実施例２：大型藻類の養殖）

実施例１で作製した藻類養殖システム（Ｒ１）を用いて、コンブ科褐藻類を以下のようにして養殖した。

[0083] まず、実験室にて継代培養してきたフリー配偶体をミキサーで粉砕後，クレモナ糸へ吹き付けた。クレモナ糸を、海水を満たした容器へ沈めた後、１８℃から２０℃で培養した。この培養を幼体（胞子体）が肉眼で確認できるサイズになるまで継続した。次いで、このクレモナ糸を上記のようにポリロープへ巻き付け、沖出しした。約半年、海面付近で培養を行い、藻類養殖手段１１０に種付けされたコンブ科褐藻類としてクロメ(Ecklonia cava ssp. kurome；（カジメの亜種）)が大きく生育し、当該藻類養殖手段１１０の下方に配置された着生基材１２０にも同様のコンブ科褐藻類が共役的に生育していたことを確認した。その後、藻類養殖手段１１０および着生基材１２０から、乾燥質量で約２０ｋｇのクロメ(Ecklonia cava ssp. kurome)を得た。

[0084]（参考例１～４：大型藻類からのエタノール生産）

実施例２で得られたクロメ１ｋｇを５～５０ｍｍの断片に裁断して通常酵母培養液に添加した。次いで、この培養液に対して、表２に示す、所定の酵素類を細胞表層に提示したアーミング酵母(Murai et. al., Appl. Environ. Microbiol., 63, 1362-1366 (1997)) を等比（ＯＤ２０～３０）で加え、３０℃で２４～４８時間嫌気培養することにより、それぞれの培養液から１５０ｇ～２００ｇのエタノールを得た。

[0085]

[表2]

| | 使用したアーミング酵母 |
|---|---|
| 参考例1 | セルロース分解アーミング酵母(Fujita et al., Appl. Environ. Microbiol., 68, 5136-5141 (2002); Bae et al., Appl. Environ. Microbiol.,81, 59-66 (2015)) |
| 参考例2 | ヘミセルロース分解アーミング酵母(Fujita et al., J. Mol. Catalys. 17,189-195(2002); Ota, et al., Biotechnol. Progress, 29, 346-351 (2013); Sasaki, et al., Biotechnol. Progress, 33, 1068-1076(2017)) |
| 参考例3 | アルギン酸・マンニトール分解アーミング酵母(Takagi et al., Appl. Microbiol., Biotechnol., 101,6627-6636(2017) |
| 参考例4 | ラミナラン分解アーミング酵母(Motone et al., J. Biotechnol., 231, 129-135 (2016)) |

[0086] クロメ（カジメの亜種）のような大型藻類には、セルロース、ヘミセルロース、アルギン酸、マンニトール、ラミナランのような多糖類を含み、実施例２で養殖して得られたクロメについても当該多糖類を豊富に含有していた。このため、表２に示すような各アーミング酵母を用いて培養を行うと所望のエタノールを効率よく生産することができた。

## 産業上の利用可能性

[0087] 本発明によれば、例えばバイオエタノール製造用の原料を得るために有用である。

## 符号の説明

[0088]

| | |
|---|---|
| １００，２００，３００，４００ | 藻類養殖システム |
| １０６，１０６’ | 藻類 |
| １１０ | 藻類養殖手段 |
| １１２，１１４，４１２，４１４ | 端部 |
| １２０，１２０’ | 着生基材 |
| １２２’ | 折り目 |
| １３０ | フロート |
| １３２ | ワイヤ |
| １３４ | アンカー |
| １４０ | 水面 |

| | |
|---|---|
| １４２ | 水中 |
| １４５ | ネット |
| １４６ | 下端 |
| １４７ | 水底 |
| １５０ | 水底面 |
| １６０ | 遊走子または受精卵 |
| ３３０ | ブイ |
| ４３０ | フレーム |
| ４３２ | 支柱 |

# 請求の範囲

[請求項1] 藻類養殖システムであって、

水中に浸漬されておりかつ該藻類が固定された藻類養殖手段と、

該藻類養殖手段の下方に間隔を空けて設けられた着生基材と、

を備え、

該藻類養殖手段と該着生基材との間の最短距離が３．０ｍ～１４．５ｍである、藻類養殖システム。

[請求項2] 前記水が天然海水または人工海水である、請求項１に記載の藻類養殖システム。

[請求項3] 前記藻類が、ホンダワラ科褐藻類およびコンブ科褐藻類からなる群から選択される少なくとも１つの大型藻類である、請求項２に記載の藻類養殖システム。

[請求項4] 前記藻類養殖手段が前記海水中に吊り下げられた状態で固定されている、請求項２に記載の藻類養殖システム。

[請求項5] 藻類の養殖方法であって、

水中で請求項１から４のいずれかに記載の藻類養殖システムにおける藻類養殖手段に藻類を固定する工程、

該藻類が放出する遊走子または受精卵を通じて該藻類養殖システムにおける着生基材に該藻類を共役育種する工程、

該藻類養殖手段および該着生基材の両方から該藻類を回収する工程、

を含む、方法。

[請求項6] 前記水が天然海水または人工海水である、請求項５に記載の方法。

[請求項7] 前記藻類が、アカモク、タマハハキモク、トゲモク、ウミトラノオ、ヨレモク、マメタワラ、アキヨレモク、ノコギリモク、ヤナギモク、エンドウモク、ヤツマタモク、コンブ、ワカメ、アントクメ、アラメ、クロメ、カジメ、およびサガラメからなる群から選択される少なくとも１種の大型藻類である、請求項６に記載の方法。

[請求項8] 前記藻類が、成熟時期に合わせてその種類が変更される条件下で一年を通じて継続的に養殖される、請求項７に記載の方法。

[請求項9] バイオエタノール原料の製造方法であって、

水中で請求項１から４のいずれかに記載の藻類養殖システムにおける藻類養殖手段に藻類を固定する工程、

該藻類が放出する遊走子または受精卵を通じて該藻類養殖システムにおける着生基材に該藻類を共役育種する工程、

該藻類養殖手段および該着生基材の両方から該藻類を該バイオエタノール原料として回収する工程、

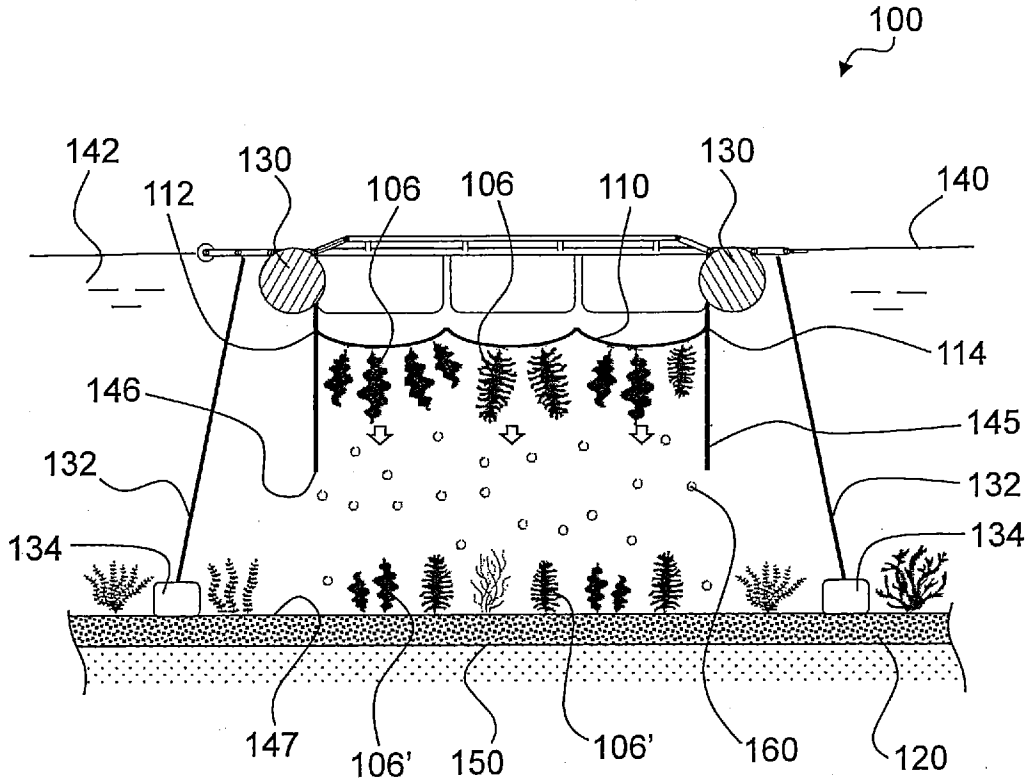
を含む、方法。

[請求項10] 前記水が天然海水または人工海水である、請求項９に記載の方法。

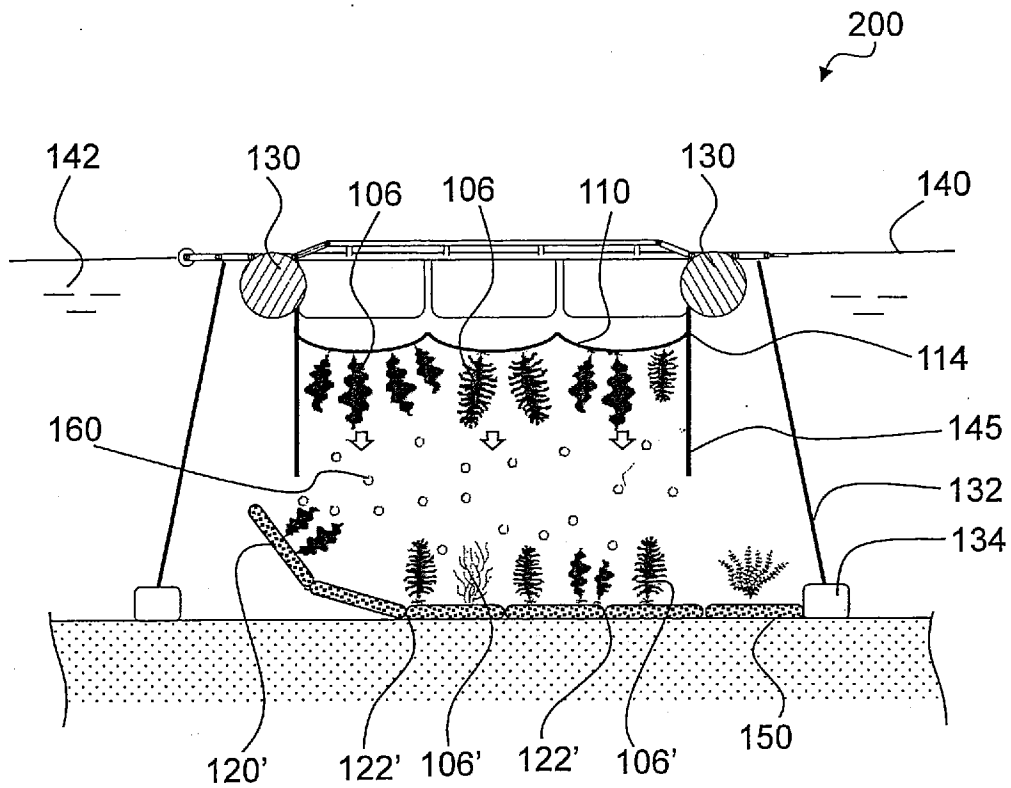
[請求項11] 前記藻類が、アカモク、タマハハキモク、トゲモク、ウミトラノオ、ヨレモク、マメタワラ、アキヨレモク、ノコギリモク、ヤナギモク、エンドウモク、ヤツマタモク、コンブ、ワカメ、アントクメ、アラメ、クロメ、カジメ、およびサガラメからなる群から選択される少なくとも１種の大型藻類である、請求項１０に記載の方法。

[請求項12] 前記藻類が、成熟時期に合わせてその種類が変更される条件下で一年を通じて継続的に養殖される、請求項１１に記載の方法。

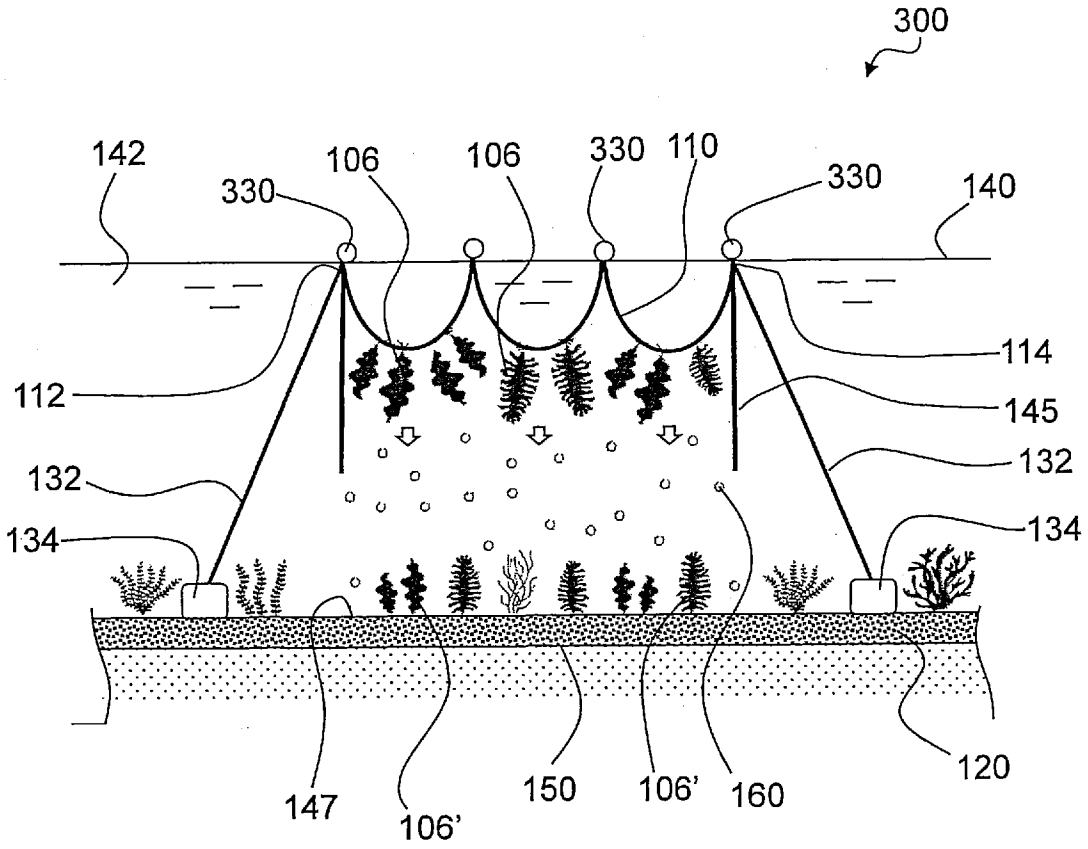
[図1]


100
142
130
112
106
106
110
130
140
114
146
145
132
132
134
134
147
106'
150
106'
160
120

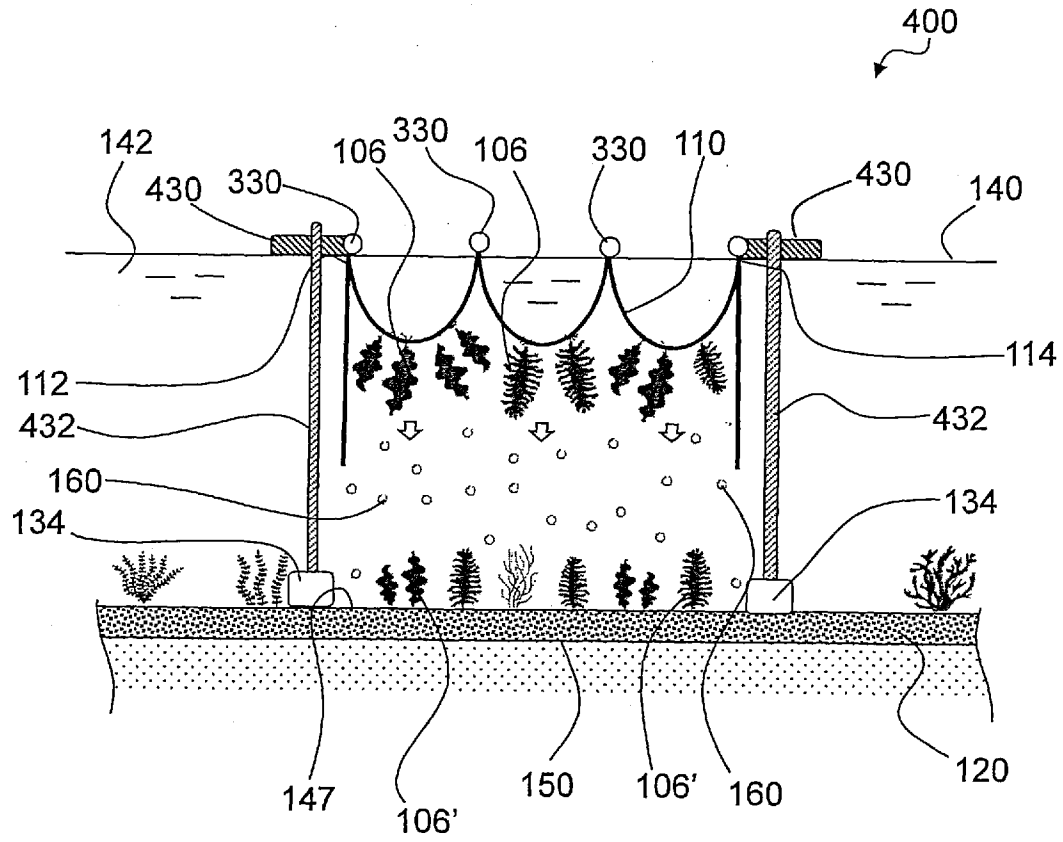
[図2]


200
142
130
106
106
110
130
140
114
160
145
132
134
120'
122'
106'
122'
106'
150

[図3]

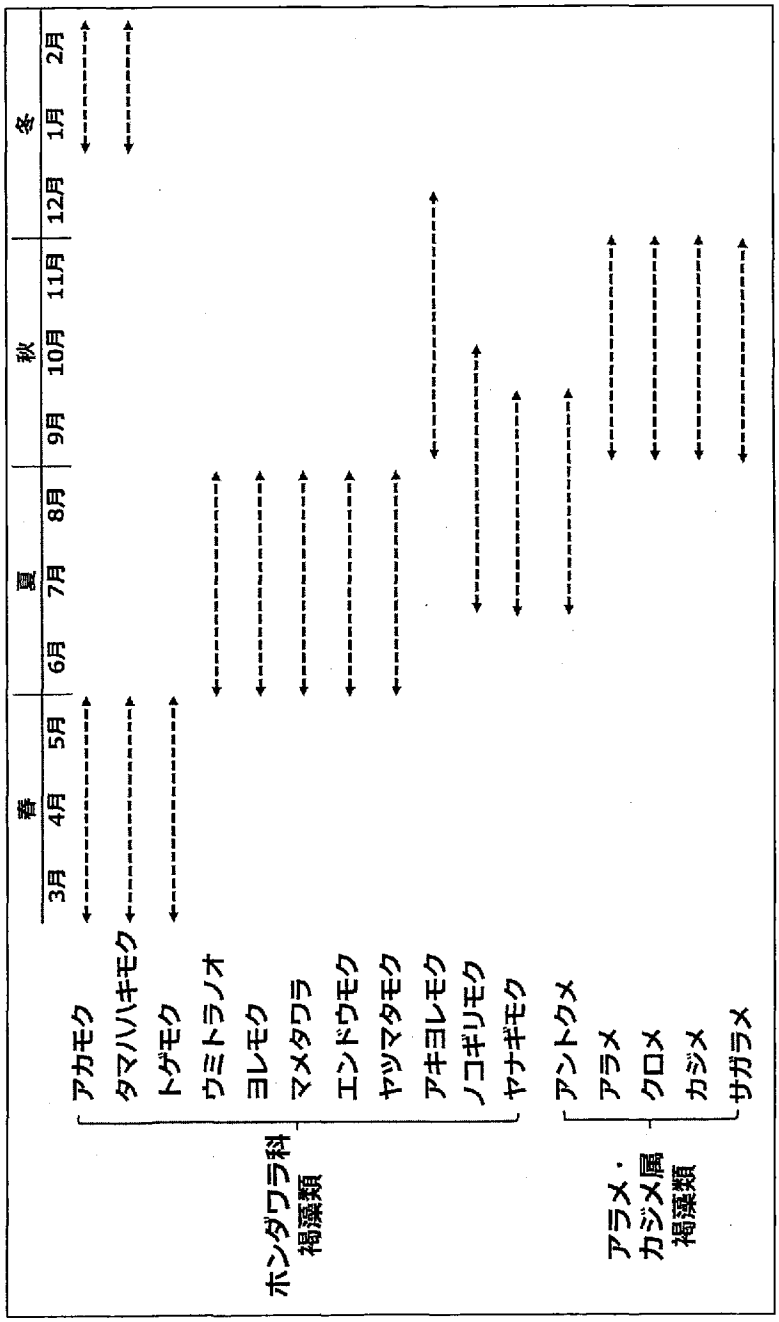

300
142
330
106
106
330
110
330
140
114
112
145
132
132
134
134
147
106'
150
106'
160
120

[図4]


400
142
430
330
106
330
106
330
110
430
140
114
112
432
432
160
134
134
147
106'
150
106'
160
120

[図5]

主な大型藻類の成熟時期（最大現存量の時期）




矢印内に対応する期間が各大型藻類の成熟時期を表す

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
**PCT/JP2024/039729**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

***A01G 33/00***(2006.01)i
FI: A01G33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A01G33/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| X | JP 2014-180232 A (PUBLIC WORKS RESEARCH INSTITUTE) 29 September 2014 (2014-09-29)<br>paragraphs [0011]-[0027], fig. 3 | 1-4 |
| A | | 5-12 |
| A | JP 2023-60792 A (ECONICS CORP.) 28 April 2023 (2023-04-28)<br>entire text, all drawings | 1-12 |
| A | JP 2018-501956 A (WILSON, Tristan Victor) 25 January 2018 (2018-01-25)<br>entire text, all drawings | 1-12 |
| A | JP 2009-38971 A (OKABE CO., LTD.) 26 February 2009 (2009-02-26)<br>entire text, all drawings | 1-12 |
| A | JP 59-205921 A (TOYAMA FISHING NET MFG) 21 November 1984 (1984-11-21)<br>entire text, all drawings | 1-12 |

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| **13 December 2024** | **07 January 2025** |

| Name and mailing address of the ISA/JP | Authorized officer |
|---|---|
| **Japan Patent Office (ISA/JP)**<br>**3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915**<br>**Japan** | Telephone No. |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
**PCT/JP2024/039729**

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| A | JP 60-105444 A (FUKAWA, Susumu) 10 June 1985 (1985-06-10)<br>entire text, all drawings | 1-12 |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**
**Information on patent family members**

International application No.
**PCT/JP2024/039729**

| Patent document cited in search report | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date (day/month/year) |
|---|---|---|---|
| JP 2014-180232 A | 29 September 2014 | JP 5358860 B1<br>paragraphs [0011]-[0027], fig. 3 | |
| JP 2023-60792 A | 28 April 2023 | (Family: none) | |
| JP 2018-501956 A | 25 January 2018 | US 2016/0130542 A1<br>entire text, all drawings<br>US 2016/0281041 A1<br>US 2017/0295734 A1<br>WO 2016/073901 A1<br>KR 10-2017-0088361 A<br>CN 107428579 A | |
| JP 2009-38971 A | 26 February 2009 | (Family: none) | |
| JP 59-205921 A | 21 November 1984 | (Family: none) | |
| JP 60-105444 A | 10 June 1985 | (Family: none) | |

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/039729

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

A01G 33/00(2006.01)i
FI: A01G33/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

A01G33/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|---|---|
| 日本国実用新案公報 | １９２２－１９９６年 |
| 日本国公開実用新案公報 | １９７１－２０２４年 |
| 日本国実用新案登録公報 | １９９６－２０２４年 |
| 日本国登録実用新案公報 | １９９４－２０２４年 |

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献のカテゴリー* | 引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する請求項の番号 |
|---|---|---|
| X | JP 2014-180232 A (独立行政法人土木研究所) 29.09.2014 (2014-09-29)<br>[0011]－[0027],図3 | 1-4 |
| A | | 5-12 |
| A | JP 2023-60792 A (株式会社エコニクス) 28.04.2023 (2023-04-28)<br>全文,全図 | 1-12 |
| A | JP 2018-501956 A (トリスタン ビクター ウィルソン) 25.01.2018 (2018-01-25)<br>全文,全図 | 1-12 |
| A | JP 2009-38971 A (岡部株式会社) 26.02.2009 (2009-02-26)<br>全文,全図 | 1-12 |
| A | JP 59-205921 A (富山漁網株式会社) 21.11.1984 (1984-11-21)<br>全文,全図 | 1-12 |
| A | JP 60-105444 A (府川　進) 10.06.1985 (1985-06-10)<br>全文,全図 | 1-12 |

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"D" 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
"&" 同一パテントファミリー文献

| 国際調査を完了した日 | 国際調査報告の発送日 |
|---|---|
| 13.12.2024 | 07.01.2025 |

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）

小島　洋志 2B 6093

電話番号 03-3581-1101 内線 3237

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/039729

| 引用文献 | 公表日 | パテントファミリー文献 | 公表日 |
|---|---|---|---|
| JP 2014-180232 A | 29.09.2014 | JP 5358860 B1<br>[0011]－[0027],図3 | |
| JP 2023-60792 A | 28.04.2023 | （ファミリーなし） | |
| JP 2018-501956 A | 25.01.2018 | US 2016/0130542 A1<br>全文,全図<br>US 2016/0281041 A1<br>US 2017/0295734 A1<br>WO 2016/073901 A1<br>KR 10-2017-0088361 A<br>CN 107428579 A | |
| JP 2009-38971 A | 26.02.2009 | （ファミリーなし） | |
| JP 59-205921 A | 21.11.1984 | （ファミリーなし） | |
| JP 60-105444 A | 10.06.1985 | （ファミリーなし） | |