

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2023-103645
(P2023-103645A)

(43)公開日 令和5年7月27日(2023.7.27)

(51)国際特許分類	F I			テーマコード (参考)	
C 1 2 N 1/12 (2006.01)	C 1 2 N	1/12	A	4 B 0 2 9	
C 1 2 N 1/00 (2006.01)	C 1 2 N	1/00	C	4 B 0 6 5	
C 1 2 M 1/00 (2006.01)	C 1 2 M	1/00	E		

審査請求 未請求 請求項の数 22 O L (全15頁)

(21)出願番号 特願2022-4281(P2022-4281)	(71)出願人 000006035
(22)出願日 令和4年1月14日(2022.1.14)	三菱ケミカル株式会社
(出願人による申告) 平成30年度、国立研究開発法人科学技術振興機構、研究成果展開事業、産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム「低CO2と低環境負荷を実現する微細藻バイオリファインリーの創出」委託研究、産業技術力強化法第17条の適用を受ける特許出願	東京都千代田区丸の内一丁目1番1号
	(71)出願人 599011687
	学校法人 中央大学
	東京都八王子市東中野742-1
	(74)代理人 100165179
	弁理士 田 崎 聡
	(74)代理人 100152146
	弁理士 伏見 俊介
	(74)代理人 100140774
	弁理士 大浪 一徳
	(72)発明者 安保 貴永
	東京都千代田区丸の内一丁目1番1号
	三菱ケミカル株式会社内
	最終頁に続く

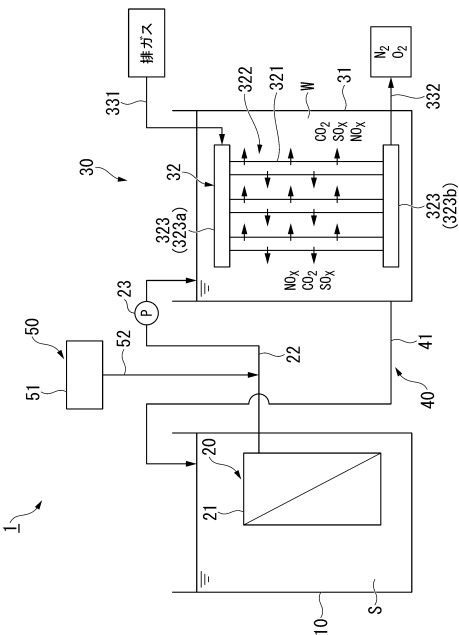
(54)【発明の名称】 微細藻類の培養方法及び微細藻類の培養装置

(57)【要約】

【課題】大気への二酸化炭素の拡散を抑制しつつ、効率よく微細藻類を培養できる微細藻類の培養方法及び微細藻類の培養装置の提供。

【解決手段】微細藻類の培養方法及び培養装置1であって、微細藻類の培養方法では、培養液Sから微細藻類を除去して分離液を得る分離工程と、分離液に炭酸物質を溶解させて溶解液Wを得る溶解工程と、溶解液Wと前記培養液Sを接触させ、前記培養液Sに炭素源を供給する供給工程とを有する。微細藻類の培養装置1は、培養液Sを収容する培養槽10と、培養液Sから微細藻類を除去して分離液を得る分離手段20と、分離液に炭酸物質を溶解させて溶解液Wを得る溶解手段30と、溶解液Wと前記培養液Sを接触させ、前記培養液Sに炭素源を供給する供給手段40とを備える。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

培養槽に培養液を収容し、微細藻類を培養する方法であって、
前記培養液から前記微細藻類を除去して分離液を得る分離工程と、
前記分離液に炭酸物質を溶解させて溶解液を得る溶解工程と、
前記溶解液と前記培養液を接触させ、前記培養液に炭素源を供給する供給工程と、を有する、微細藻類の培養方法。

【請求項 2】

前記分離工程が、前記培養槽中で行われる、請求項 1 に記載の微細藻類の培養方法。

【請求項 3】

前記分離工程が、前記培養槽から培養液の一部を抜き出し、前記培養槽の外側で行われる、請求項 1 に記載の微細藻類の培養方法。

【請求項 4】

前記溶解工程が、気体状の二酸化炭素を前記分離液に溶解させて前記溶解液を得る工程である、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の微細藻類の培養方法。

【請求項 5】

非多孔質膜を用いる方法又は加圧溶解による方法により、前記気体状の二酸化炭素を前記分離液に溶解させる、請求項 4 に記載の微細藻類の培養方法。

【請求項 6】

前記非多孔質膜が、高分子膜である、請求項 5 に記載の微細藻類の培養方法。

【請求項 7】

二酸化炭素を含む排ガスを利用して、前記気体状の二酸化炭素を前記分離液に溶解させる、請求項 4 ～ 6 のいずれか一項に記載の微細藻類の培養方法。

【請求項 8】

前記排ガスが、石炭火力発電所、ごみ焼却場、セメント工場及び製鉄所から選択される 1 つ以上より排出される排ガスである、請求項 7 に記載の微細藻類の培養方法。

【請求項 9】

前記微細藻類が、ユーグレナ、シュードコリスチス及びスピルリナから選択される 1 種以上である、請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の微細藻類の培養方法。

【請求項 10】

前記培養槽が、フォトバイオリアクター型水槽である、請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の微細藻類の培養方法。

【請求項 11】

前記培養液又は前記分離液に、水、又は炭酸物質以外の有用成分を含む水溶液を混合する混合工程をさらに有する、請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載の微細藻類の培養方法。

【請求項 12】

微細藻類の培養装置であって、
培養液を収容する培養槽と、
前記培養液から前記微細藻類を除去して分離液を得る分離手段と、
前記分離液に炭酸物質を溶解させて溶解液を得る溶解手段と、
前記溶解液と前記培養液を接触させ、前記培養液に炭素源を供給する供給手段と、を備える、微細藻類の培養装置。

【請求項 13】

前記分離手段が、前記培養槽中に存在する、請求項 12 に記載の微細藻類の培養装置。

【請求項 14】

前記分離手段が、前記培養槽から培養液の一部を抜き出し、前記微細藻類を除去して前記分離液を得る手段であり、前記培養槽の外側に存在する、請求項 12 に記載の微細藻類の培養装置。

【請求項 15】

10

20

30

40

50

前記溶解手段が、気体状の二酸化炭素を前記分離液に溶解させて前記溶解液を得る手段である、請求項 12 ~ 14 のいずれか一項に記載の微細藻類の培養装置。

【請求項 16】

非多孔質膜を用いる方法又は加圧溶解による方法により、前記気体状の二酸化炭素を前記分離液に溶解させる、請求項 15 に記載の微細藻類の培養装置。

【請求項 17】

前記非多孔質膜が、高分子膜である、請求項 16 に記載の微細藻類の培養装置。

【請求項 18】

二酸化炭素を含む排ガスを利用して、前記気体状の二酸化炭素を前記分離液に溶解させる、請求項 15 ~ 17 のいずれか一項に記載の微細藻類の培養装置。

10

【請求項 19】

前記排ガスが、石炭火力発電所、ごみ焼却場、セメント工場及び製鉄所から選択される 1 つ以上より排出される排ガスである、請求項 18 に記載の微細藻類の培養装置。

【請求項 20】

前記微細藻類が、ユーグレナ、シュードコリスチス及びスピルリナから選択される 1 種以上である、請求項 12 ~ 19 のいずれか一項に記載の微細藻類の培養装置。

【請求項 21】

前記培養槽が、フォトバイオリアクター型水槽である、請求項 12 ~ 20 のいずれか一項に記載の微細藻類の培養装置。

【請求項 22】

20

前記培養液又は前記分離液に、水、又は炭酸物質以外の有用成分を含む水溶液を混合する混合手段をさらに備える、請求項 12 ~ 21 のいずれか一項に記載の微細藻類の培養装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、微細藻類の培養方法及び微細藻類の培養装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、微細藻類等の光合成微生物を原料として生産されるバイオ燃料が、化石燃料に代わるエネルギー源として注目されている。また、微細藻類には多くの栄養素を含むものがあり、そのような微細藻類は食品や化粧品等にも利用される。

30

このような背景のもとに、微細藻類を培養する方法が検討されている。

微細藻類の培養は、培養液に二酸化炭素を気体の状態で供給して行われるのが一般的である。

【0003】

しかし、二酸化炭素の供給量が過剰となると、微細藻類が消費しきれなかった余剰な二酸化炭素は培養液から大気へ拡散されることとなり、地球温暖化の原因となる。

そこで、二酸化炭素を水に溶解させた溶解液を培養液に供給する方法が検討されている。

40

ガスを水に溶解させて微細藻類の培養を行う方法として、例えば特許文献 1 には、ガスを微細気泡化して微細気泡を含んだ微細気泡水を生成し、この微細気泡水を培養液に供給する方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2019 - 193588 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

50

しかしながら、二酸化炭素を水に溶解させた溶解液を培養槽の容量を超えて供給することはできないため、二酸化炭素の供給量には限界がある。

本発明は、大気への二酸化炭素の拡散を抑制しつつ、効率よく微細藻類を培養できる微細藻類の培養方法及び微細藻類の培養装置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】

本発明は、下記の態様を有する。

[1] 培養槽に培養液を収容し、微細藻類を培養する方法であって、
前記培養液から前記微細藻類を除去して分離液を得る分離工程と、
前記分離液に炭酸物質を溶解させて溶解液を得る溶解工程と、
前記溶解液と前記培養液を接触させ、前記培養液に炭素源を供給する供給工程と、を有する、微細藻類の培養方法。

[2] 前記分離工程が、前記培養槽中で行われる、前記[1]の微細藻類の培養方法。

[3] 前記分離工程が、前記培養槽から培養液の一部を抜き出し、前記培養槽の外側で行われる、前記[1]の微細藻類の培養方法。

[4] 前記溶解工程が、気体状の二酸化炭素を前記分離液に溶解させて前記溶解液を得る工程である、前記[1]～[3]のいずれかの微細藻類の培養方法。

[5] 非多孔質膜を用いる方法又は加圧溶解による方法により、前記気体状の二酸化炭素を前記分離液に溶解させる、前記[4]の微細藻類の培養方法。

[6] 前記非多孔質膜が、高分子膜である、前記[5]の微細藻類の培養方法。

[7] 二酸化炭素を含む排ガスを利用して、前記気体状の二酸化炭素を前記分離液に溶解させる、前記[4]～[6]のいずれかの微細藻類の培養方法。

[8] 前記排ガスが、石炭火力発電所、ごみ焼却場、セメント工場及び製鉄所から選択される1つ以上より排出される排ガスである、前記[7]の微細藻類の培養方法。

[9] 前記微細藻類が、ユーグレナ、シュドコリスチス及びスピルリナから選択される1種以上である、前記[1]～[8]のいずれかの微細藻類の培養方法。

[10] 前記培養槽が、フォトバイオリアクター型水槽である、前記[1]～[9]のいずれかの微細藻類の培養方法。

[11] 前記培養液又は前記分離液に、水、又は炭酸物質以外の有用成分を含む水溶液を混合する混合工程をさらに有する、前記[1]～[10]のいずれかの微細藻類の培養方法。

【0007】

[12] 微細藻類の培養装置であって、

培養液を収容する培養槽と、

前記培養液から前記微細藻類を除去して分離液を得る分離手段と、

前記分離液に炭酸物質を溶解させて溶解液を得る溶解手段と、

前記溶解液と前記培養液を接触させ、前記培養液に炭素源を供給する供給手段と、を備える、微細藻類の培養装置。

[13] 前記分離手段が、前記培養槽中に存在する、前記[12]の微細藻類の培養装置。

[14] 前記分離手段が、前記培養槽から培養液の一部を抜き出し、前記微細藻類を除去して前記分離液を得る手段であり、前記培養槽の外側に存在する、前記[12]の微細藻類の培養装置。

[15] 前記溶解手段が、気体状の二酸化炭素を前記分離液に溶解させて前記溶解液を得る手段である、前記[12]～[14]のいずれかの微細藻類の培養装置。

[16] 非多孔質膜を用いる方法又は加圧溶解による方法により、前記気体状の二酸化炭素を前記分離液に溶解させる、前記[15]の微細藻類の培養装置。

[17] 前記非多孔質膜が、高分子膜である、前記[16]の微細藻類の培養装置。

[18] 二酸化炭素を含む排ガスを利用して、前記気体状の二酸化炭素を前記分離液に溶解させる、前記[15]～[17]のいずれかの微細藻類の培養装置。

〔 1 9 〕 前記排ガスが、石炭火力発電所、ごみ焼却場、セメント工場及び製鉄所から選択される 1 つ以上より排出される排ガスである、前記〔 1 8 〕の微細藻類の培養装置。

〔 2 0 〕 前記微細藻類が、ユーグレナ、シュードコリスチス及びスピルリナから選択される 1 種以上である、前記〔 1 2 〕～〔 1 9 〕のいずれかの微細藻類の培養装置。

〔 2 1 〕 前記培養槽が、フォトバイオリアクター型水槽である、前記〔 1 2 〕～〔 2 0 〕のいずれかの微細藻類の培養装置。

〔 2 2 〕 前記培養液又は前記分離液に、水、又は炭酸物質以外の有用成分を含む水溶液を混合する混合手段をさらに備える、前記〔 1 2 〕～〔 2 1 〕のいずれかの微細藻類の培養装置。

【発明の効果】

10

【 0 0 0 8 〕

本発明によれば、大気への二酸化炭素の拡散を抑制しつつ、効率よく微細藻類を培養できる微細藻類の培養方法及び微細藻類の培養装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 〕

【図 1】本発明の第一の態様の微細藻類の培養装置の一例を模式的に示す概略構成図である。

【図 2】本発明の第二の態様の微細藻類の培養装置の一例を模式的に示す概略構成図である。

【発明を実施するための形態】

20

【 0 0 1 0 〕

以下、本発明に係る微細藻類の培養方法及び微細藻類の培養装置の一実施形態を挙げ、図 1、2 を適宜参照しながら詳述する。

なお、以下の説明で用いる各図面は、その特徴をわかりやすくするために、便宜上、特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各構成要素の寸法比率等は実際とは異なる場合がある。また、以下の説明において例示される材料、寸法等は一例であって、本発明はそれらに限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲で適宜変更して実施することが可能である。

また、図 2 おいて、図 1 と同じ構成要素には同じ符号を付して、その説明を省略する。

【 0 0 1 1 〕

30

本発明において、微細藻類とは、合成機能を有する単細胞生物であり、体長（細胞の長さ）が $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下のものをいう。

本発明で培養される微細藻類としては特に制限されないが、例えば藍藻類、原核緑藻類、紅藻類、灰色藻類、クリプト藻類、渦鞭毛藻類、黄金色藻類、珪藻類、褐藻類、黄緑藻類、ハプト藻類、ラフィド藻類（緑色鞭藻類）、クロララクニオン藻類、ミドリムシ藻類（ユーグレナ）、プラシノ藻類、緑藻類、車軸藻類などが挙げられる。これらの中でも、多くの栄養素を含み、食品、化粧品等に好適に利用できる観点から、ユーグレナ、緑藻類の一種であるシュードコリスチス、藍藻類の一種であるスピルリナが好ましい。

【 0 0 1 2 〕

また、本発明において、炭酸物質とは、二酸化炭素（ CO_2 ）、炭酸（ H_2CO_3 ）、炭酸水素イオン（重炭酸イオン）（ HCO_3^- ）、炭酸イオン（ CO_3^{2-} ）の総称である。

40

【 0 0 1 3 〕

本発明の微細藻類の培養方法及び微細藻類の培養装置は、温室効果ガスの排出を軽減できる観点から、二酸化炭素を含む排ガスを利用して微細藻類を培養することが好ましい。

微細藻類の培養に利用する排ガスとしては、石炭火力発電所、ごみ焼却場、セメント工場、製鉄所等の化石燃料を使用する施設から排出される排ガスが挙げられる。

排ガスには、二酸化炭素（ CO_2 ）、酸素（ O_2 ）、窒素（ N_2 ）、二酸化窒素（ NO_2 ）等の窒素酸化物（ NO_x ）、二酸化硫黄（ SO_2 ）等の硫黄酸化物（ SO_x ）などが含まれる。また、排ガスは、これらのガス成分に加えて、ばいじん、重金属等の有害成分

50

を含むこともある。

排ガスに含まれるガス成分のうち、二酸化炭素（ CO_2 ）、窒素酸化物（ NO_x ）及び硫黄酸化物（ SO_x ）が微細藻類の主な有用成分である。

【0014】

「第一の態様」

[微細藻類の培養装置]

図1に、本発明の第一の態様の微細藻類の培養装置の一例を示す。

図1に示す微細藻類の培養装置1は、培養槽10と、分離手段20と、溶解手段30と、供給手段40と、混合手段50とを備える。

【0015】

培養槽10は、培養液Sを収容する槽である。

培養槽10としては、微細藻類の培養を閉鎖系で行う場合は閉鎖系の培養槽を用い、微細藻類の培養を開放系で行う場合は開放系の培養槽を用いればよい。

ここで、「閉鎖系」とは、培養槽内の環境が培養槽の外の環境と遮断されていることを意味する。培養液Sに供給された二酸化炭素等の有用成分が水面から気相へ放出されにくい点、培養槽の外の環境に微細藻類の培養が影響を受けにくい点、ゴミ等の異物混入を防止できる点などから、微細藻類の培養を閉鎖系で行うことが好ましい。

【0016】

閉鎖系の培養槽としては、例えばフォトバイオリアクター型水槽などが挙げられる。

フォトバイオリアクター型水槽としては、例えば平板型水槽、チューブ型水槽、太陽光集光型水槽、内部照射型水槽などが挙げられる。

開放系の培養槽としては、例えばレースウェイ型水槽などが挙げられる。また、培養槽10に代えて、池などで微細藻類の培養を行ってもよい。

【0017】

培養槽10に収容される培養液Sとしては、培養する微細藻類の種類に応じて適宜、決定すればよい。

【0018】

分離手段20は、培養液Sから微細藻類を除去して分離液を得る手段である。

図1に示す分離手段20は、培養槽10内に配置された第一の分離膜モジュール21を備える。すなわち、図1に示す分離手段20は、培養槽10中に存在する。

第一の分離膜モジュール21を用いることにより、培養液Sから微細藻類を高い分離能で除去し、微細藻類が十分に除去された分離液を得ることができる。

【0019】

第一の分離膜モジュール21は、精密濾過膜、限外濾過膜等の濾過膜（固液分離膜）を備える。精密濾過膜としては、中空糸膜、平膜、チューブラ膜、モノリス型膜等が挙げられる。限外濾過膜としては、中空糸膜、平膜、チューブラ膜等が挙げられる。これらの中でも、容積充填率が高いことから、中空糸膜が好ましく用いられる。

【0020】

第一の分離膜モジュール21の濾過膜に中空糸膜を用いる場合、その材質としては、セルロース、ポリオレフィン、ポリスルホン、ポリフッ化ビニリデンジフロライド（PVDF）、ポリ四フッ化エチレン（PTFE）等が挙げられる。これらの中でも、中空糸膜の材質としては、耐薬品性やpH変化に強い点から、ポリフッ化ビニリデンジフロライド（PVDF）、ポリ四フッ化エチレン（PTFE）が好ましい。

第一の分離膜モジュール21の濾過膜にモノリス型膜を用いる場合、セラミック製の膜を用いることが好ましい。

【0021】

精密濾過膜または限外濾過膜に形成される微細孔の平均孔径は、 $0.01 \sim 1.0 \mu\text{m}$ が好ましく、 $0.05 \sim 0.45 \mu\text{m}$ がより好ましい。微細孔の平均孔径が上記下限値以上であれば、固液分離に要する圧力を十分小さく抑えられる。微細孔の平均孔径が上記上限値以下であれば、微細藻類が分離液中に漏出しにくくなる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

図 1 に示す第一の分離膜モジュール 2 1 には、分離液供給ライン 2 2 が接続されている。

分離液供給ライン 2 2 は、第一の分離膜モジュール 2 1 の濾過膜を透過した透過液、すなわち培養液 S から微細藻類が除去された分離液を溶解手段 3 0 に供給する配管である。

分離液供給ライン 2 2 には、ポンプ 2 3 が設置されている。これにより、分離液を培養槽 1 0 から排出し、溶解手段 3 0 に供給できるようになっている。

【 0 0 2 3 】

溶解手段 3 0 は、分離液に炭酸物質を溶解させて溶解液 W を得る手段である。

図 1 に示す溶解手段 3 0 は、二酸化炭素を含む排ガスを利用し、排ガスに含まれる二酸化炭素を分離液に溶解させて溶解液 W を得る手段である。 10

図 1 に示す溶解手段 3 0 は、溶解槽 3 1 と、ガス分離膜 3 2 1 とを備える。

【 0 0 2 4 】

溶解槽 3 1 は、溶解液 W を得るための槽である。排ガスを供給する前の溶解槽 3 1 には、分離手段 2 0 から供給された分離液が貯留されており、溶解槽 3 1 に貯留された分離液に二酸化炭素が溶解することで、溶解液 W が得られる。

【 0 0 2 5 】

ガス分離膜 3 2 1 は、排ガスから有用成分を分離しつつ、排ガスから分離した有用成分を分離液に供給する供給手段である。

ガス分離膜 3 2 1 は、排ガスから有用成分を分離できるものであれば特に制限されず、多孔質膜であってもよいし、非多孔質膜であってもよい。また、高分子膜であってもよいし、セラミックス、金属等の無機系材料からなる分離膜であってもよい。中でも、ガス分離膜 3 2 1 としては、多孔質の高分子膜又は非多孔質の高分子膜が好ましい。 20

特に、ガス分離膜 3 2 1 が非多孔質膜であれば、排ガスが有害成分を含んでいる場合、排ガスから有害成分を分離することなく、すなわち、有害成分を分離液側に透過せずに、排ガスから有用成分を分離して分離液中に供給することができる。

なお、排ガスが有害成分を含んでいない場合、あるいは、排ガスが有害成分を含んでいても、有害成分の大きさ（粒子径等）よりも細孔の孔径が小さい場合は、ガス分離膜 3 2 1 として多孔質膜を用いてもよい。

【 0 0 2 6 】

非多孔質膜は、高分子材料、例えばポリオレフィン系樹脂、ポリウレタン系樹脂、フッ素系樹脂及びシリコン系樹脂から選ばれる 1 種以上を含む材料からなる高分子膜であることが好ましい。特に、排ガスから有用成分を効率よく分離して、十分な量の有用成分を分離液中に供給できる観点から、ポリオレフィン系樹脂、ポリウレタン系樹脂及びシリコン系樹脂から選ばれる 1 種以上を含む材料からなることが好ましい。

多孔質膜は、高分子材料、例えばポリオレフィン系樹脂、ポリウレタン系樹脂及びフッ素系樹脂から選ばれる 1 種以上を含む材料からなる高分子膜であることが好ましい。

【 0 0 2 7 】

ガス分離膜 3 2 1 は、単層構造であってもよいし、複層構造であってもよい。ガス分離膜 3 2 1 が複層構造である場合、例えば 2 層の多孔質層と、その間に設けられた 1 層の非 40

【 0 0 2 8 】

ガス分離膜 3 2 1 の平均膜厚は、 $0.7 \sim 1.3 \mu\text{m}$ が好ましく、 $0.8 \sim 1.2 \mu\text{m}$ がより好ましい。ガス分離膜 3 2 1 の平均膜厚が上記下限値以上であれば、製造時に欠陥が発生することなく、安定的に生産することが可能になる。ガス分離膜 3 2 1 の平均膜厚が上記上限値以下であれば、有用成分の透過性を良好に維持できる。

ガス分離膜 3 2 1 の平均膜厚は、ガス分離膜 3 2 1 の断面を走査型電子顕微鏡（SEM）で観察し、この画像を解析してガス分離膜 3 2 1 の膜厚を複数箇所（5 箇所以上）で測定し、その平均値を求めたものである。

【 0 0 2 9 】

ガス分離膜 3 2 1 の形態としては特に制限されず、中空系膜、平膜など、用途に応じた形状をとることができる。中でも、中空系膜が好ましい。

また、ガス分離膜 3 2 1 には、ガス分離膜 3 2 1 を補強するための支持体（例えば、編紐や組紐等の繊維状物）を設けてもよい。例えばガス分離膜 3 2 1 の形態が中空系膜である場合、中空状の支持体上に非多孔質膜又は多孔質膜を形成したものをガス分離膜 3 2 1 としてもよい。

【 0 0 3 0 】

ガス分離膜 3 2 1 は、溶解槽 3 1 に貯留された分離液に浸漬している。なお、溶解液 W が得られた後には、ガス分離膜 3 2 1 は溶解液 W に浸漬していることになる。

図示例のガス分離膜 3 2 1 は、中空系膜であり、第二の分離膜モジュール 3 2 の状態で、分離液（又は溶解槽 3 1 内で得られた溶解液 W）に浸漬している。 10

図示例の第二の分離膜モジュール 3 2 は、複数のガス分離膜 3 2 1 で構成されたシート状物 3 2 2 と、一对のハウジング 3 2 3 とを備えている。

【 0 0 3 1 】

シート状物 3 2 2 は、複数のガス分離膜 3 2 1 同士が一定間隔離れて配置されている。なお、ガス分離膜 3 2 1 が複数束ねられて分離膜束を形成し、複数の分離膜束同士が一定間隔離れて配置されてシート状物 3 2 2 を形成していてもよい。

シート状物 3 2 2 の長手方向の両端は、一对のハウジング 3 2 3 内に挿入されて支持されている。

一对のハウジング 3 2 3 は、シート状物 3 2 2 の両端が挿入、固定される略中空状の部材であり、図 1 に示す例では、第 1 のハウジング 3 2 3 a 及び第 2 のハウジング 3 2 3 b から構成される。すなわち、シート状物 3 2 2 は、第 1 のハウジング 3 2 3 a と第 2 のハウジング 3 2 3 b との間で保持される。 20

【 0 0 3 2 】

第 1 のハウジング 3 2 3 a には排ガスライン 3 3 1 が接続され、排ガスが第 1 のハウジング 3 2 3 a の内部に供給されるように構成されている。一方、第 2 のハウジング 3 2 3 b には排出ライン 3 3 2 が接続され、排ガスから分離されなかった、すなわちガス分離膜 3 2 1 を透過しなかった残りのガス成分（以下、「オフガス」ともいう。）が排出されるように構成されている。

そして、第二の分離膜モジュール 3 2 は、排ガスが第 1 のハウジング 3 2 3 a を介して複数のガス分離膜 3 2 1 の中空部内に送り込まれ、排ガスから有用成分を分離し、分離液中に有用成分を供給するように構成される。すなわち、図 1 に示すように、排ガスに含まれる有用成分（ CO_2 、 NO_x 及び SO_x 等）は、ガス分離膜 3 2 1 を透過して分離液中に拡散され、溶解液 W が得られる。ガス分離膜 3 2 1 を用いることで、排ガスに含まれる気体状の二酸化炭素等の有用成分が、分離液に溶解しつつ、拡散する。 30

また、第二の分離膜モジュール 3 2 は、排ガスから分離されなかった、すなわちガス分離膜 3 2 1 を透過しなかったオフガスが第 2 のハウジング 3 2 3 b を介して溶解槽 3 1 の系外へ排出されるように構成される。オフガスは、主に、 N_2 、 O_2 である。排ガスが有害成分を含む場合、ガス分離膜 3 2 1 として非多孔質膜を用いるか、有害成分の大きさ（粒子径等）よりも細孔の孔径が小さい多孔質膜を用いれば、有害成分もオフガスと共に溶解槽 3 1 の系外へ排出される。 40

【 0 0 3 3 】

供給手段 4 0 は、溶解液 W と培養液 S を接触させ、培養槽 1 0 中の培養液 S に炭素源を供給する手段である。

供給手段 4 0 は、溶解液供給ライン 4 1 を備える。

溶解液供給ライン 4 1 は、溶解槽 3 1 内で得られた溶解液 W を培養槽 1 0 に供給する配管である。

【 0 0 3 4 】

図 1 に示す混合手段 5 0 は、分離液に水（X 1）、又は炭酸物質以外の有用成分を含む水溶液（X 2）を混合する手段である。なお、本発明において水（X 1）及び水溶液（X 50

２）を総称して「液体（Ｘ）」ともいう。

混合手段５０は、タンク５１と、液体供給ライン５２とを備える。

タンク５１は、液体（Ｘ）を収容するタンクである。

液体供給ライン５２は、タンク５１に収容された液体（Ｘ）を分離液に供給する配管であり、分離液供給ライン２２の途中で合流することで、分離液供給ライン２２中で分離液に液体（Ｘ）を供給できるように構成されている。

炭酸物質以外の有用成分としては、例えばリン、窒素、カリウム等の微量元素が挙げられる。

【００３５】

[微細藻類の培養方法]

以下、本発明の第一の態様の微細藻類の培養方法の一例について説明する。なお、以下に説明する微細藻類の培養方法は、図１に示す微細藻類の培養装置１を用いた微細藻類の培養方法の一例である。

本実施形態の微細藻類の培養方法は、培養液Ｓから微細藻類を除去して分離液を得る分離工程と、分離液に炭酸物質を溶解させて溶解液Ｗを得る溶解工程と、溶解液Ｗと培養液Ｓを接触させ、培養液Ｓに炭素源を供給する供給工程と、分離液に液体（Ｘ）を混合する混合工程とを有する。

具体的には、以下の通りである。

【００３６】

まず、分離液供給ライン２２の途中に設けられたポンプ２３を駆動させ、培養液Ｓを第一の分離膜モジュール２１の濾過膜により膜濾過し、濾過膜を透過した、すなわち培養液Ｓから微細藻類が除去された分離液を培養槽１０から排出し、溶解手段３０の溶解槽３１に供給する（分離工程）。

【００３７】

第二の分離膜モジュール３２が浸漬する程度の量の分離液が溶解槽３１に貯留された後に、石炭火力発電所、ごみ焼却場、セメント工場、製鉄所等の化石燃料を使用する施設から排出される排ガスを、排ガスライン３３１及び第１のハウジング３２３ａを介してガス分離膜３２１の中空部に送り込む。

ガス分離膜３２１に送り込まれた排ガスをガス分離膜３２１によって分離する。具体的には、排ガスに含まれる有用成分をガス分離膜３２１によって排ガスから分離し、分離した有用成分を溶解槽３１内にて分離液に溶解させ、溶解液Ｗを得る（溶解工程）。ガス分離膜３２１は溶解槽３１に貯留された分離液に浸漬しているので、ガス分離膜３２１を透過した有用成分は直接、分離液中に拡散される。その際、気泡が発生しにくいので、気体状の二酸化炭素等の有用成分が分離液に溶解しやすい。

排ガスから分離されなかった、すなわちガス分離膜３２１を透過しなかった残りのガス成分（オフガス）を第２のハウジング３２３ｂを介して溶解槽３１の系外へ排出する。

【００３８】

次いで、溶解液供給ライン４１を介して、溶解液Ｗを培養槽１０に添加することで、溶解液Ｗと培養液Ｓを接触させ、培養槽１０中の培養液Ｓに炭素源を供給する（供給工程）。供給工程は、培養の進み具合に応じて、連続的に行ってもよいし、間欠的に行ってもよい。

培養が進行し、培養液Ｓ中の微細藻類の濃度が高くなった場合には、培養槽１０から培養液Ｓを抜き出すことが好ましい。培養槽１０から培養液Ｓを抜き出すと、培養槽１０中の培養液Ｓの量が減るため、混合手段５０により液体（Ｘ）を分離液に供給して、培養槽１０中の培養液Ｓの量を調節することが好ましい（混合工程）。

【００３９】

微細藻類の培養条件としては特に限定されず、培養する微細藻類の種類に応じて決定すればよい。

微細藻類の培養は、閉鎖系で行ってもよいし、開放系で行ってもよい。培養液Ｓに供給された有用成分が水面から気相へ放出されにくい点、培養槽の外の環境に微細藻類の培養

10

20

30

40

50

が影響を受けにくい点、ゴミ等の異物混入を防止できる点などから、微細藻類の培養を閉鎖系で行うことが好ましい。

また、排ガスが有害成分を含んでいる場合は、排ガスから有害成分を分離することなく、すなわち、有害成分を培養液S側に透過せずに、排ガスから有用成分を分離して培養液S中に供給することが好ましい。

培養温度は4～40℃が好ましく、15～35℃がより好ましい。

微細藻類に照射する光は太陽光でもよいし、人工光でもよい。

【0040】

[作用効果]

以上説明した、本発明の第一の態様の微細藻類の培養方法及び微細藻類の培養装置では、培養液から微細藻類を除去した分離液に対して二酸化炭素を溶解させ、得られた溶解液を培養液に返送するので、培養槽の容量を超えることなく、必要な量の二酸化炭素を培養液に供給できる。しかも、培養の進み具合に応じて培養液に溶解させる二酸化炭素の濃度を調節でき、最適な量の二酸化炭素を培養液に供給できるので、二酸化炭素の供給量が過剰となりにくい。また、二酸化炭素を分離液に溶解させて培養液に供給するので、分離液と溶解液とが混ざり合い、二酸化炭素は溶解液に溶解した状態となる。そのため、二酸化炭素が消費しきれなかったとしても、余剰な二酸化炭素は培養液に溶解しているので、二酸化炭素が大気へ拡散しにくい。

よって、本発明の第一の態様の微細藻類の培養方法及び微細藻類の培養装置であれば、大気への二酸化炭素の拡散を抑制しつつ、効率よく微細藻類を培養できる。

特に、石炭火力発電所、ごみ焼却場、セメント工場、製鉄所等の化石燃料を使用する施設から排出される排ガスを二酸化炭素の供給源として利用すれば、温室効果ガスの排出を軽減できる。

【0041】

本発明により培養された微細藻類は、例えば食品、化粧品、バイオ燃料などに利用される。

特に、有害成分を含んだ排ガスを微細藻類の培養に利用する場合、排ガスから有害成分を分離することなく、すなわち、有害成分を培養液側に透過せずに、排ガスから有用成分を分離して培養液中に供給して培養された微細藻類は、食品、化粧品などの原料として好適である。

【0042】

なお、図示例の微細藻類の培養装置1は、1つの培養槽10を備えているが、複数の培養槽を設置して微細藻類を同時に培養してもよい。

複数の培養槽を設置する場合、各培養槽では、同じ種類の微細藻類を培養してもよいし、異なる種類の微細藻類を培養してもよい。また、少なくとも1つの培養槽では培養を閉鎖系で行い、残りの培養槽では培養を開放系で行ってもよい。

また、図示例の微細藻類の培養装置1では、1つの培養槽10に、1つの第一の分離膜モジュール21が浸漬しているが、培養槽10の大きさに応じて、複数の第一の分離膜モジュール21を浸漬させてもよい。

【0043】

また、第一の態様では、非多孔質膜等のガス分離膜321を用いて気体状の二酸化炭素を分離液に溶解させて溶解液Wを調製しているが、加圧溶解による方法で気体状の二酸化炭素を分離液に溶解させて溶解液Wを調製してもよい。具体的には、溶解槽31の気相部に二酸化炭素を充填して溶解槽31を密閉し、溶解槽31内を加圧することで気体状の二酸化炭素を分離液に溶解させて溶解液Wを調製してもよい。

さらに、排ガスに代えて、気体状の二酸化炭素を直接、溶解槽31に供給して溶解液Wを調製してもよいし、炭酸塩（例えば炭酸ナトリウム、炭酸カリウム等）及び重炭酸塩（例えば重炭酸ナトリウム、重炭酸カリウム等）のいずれか一方又は両方を直接又は水溶液の状態で、溶解槽31に供給して溶解液Wを調製してもよい。ただし、溶解液W中の炭酸物質の濃度を制御しやすい観点で、気体状の二酸化炭素を分離液に溶解させて溶解液Wを

10

20

30

40

50

調製することが好ましい。その中でも、効率よく二酸化炭素を分離液に溶解できる観点から、非多孔質膜等のガス分離膜 3 2 1 を用いる方法が特に好ましい。

【 0 0 4 4 】

また、図示例の微細藻類の培養装置 1 では、液体供給ライン 5 2 が分離液供給ライン 2 2 の途中で合流しており、分離液供給ライン 2 2 中で分離液に液体 (X) を供給しているが、液体 (X) を培養槽 1 0 中の培養液 S に直接添加し、混合してもよい。

【 0 0 4 5 】

「第二の態様」

[微細藻類の培養装置]

図 2 に、本発明の第二の態様の微細藻類の培養装置の一例を示す。

10

図 2 に示す微細藻類の培養装置 2 は、培養槽 1 0 と、分離手段 2 0 と、溶解手段 3 0 と、供給手段 4 0 と、混合手段 5 0 とを備える。

培養槽 1 0 、溶解手段 3 0 、供給手段 4 0 及び混合手段 5 0 は、第一の態様と同様であるため、その説明を省略する。

【 0 0 4 6 】

図 2 に示す分離手段 2 0 は、培養槽 1 0 の外側に配置された第一の分離膜モジュール 2 1 を備える。すなわち、図 2 に示す分離手段 2 0 は、培養槽 1 0 から培養液 S の一部を抜き出し、抜き出した培養液 S から微細藻類を除去して分離液を得る手段であり、培養槽 1 0 の外側に存在する。

第一の分離膜モジュール 2 1 としては、第一の態様の説明において先に例示した第一の分離膜モジュールが挙げられる。

20

【 0 0 4 7 】

図 2 に示す第一の分離膜モジュール 2 1 には、分離液供給ライン 2 2 と、培養液供給ライン 2 4 と、濃縮液返送ライン 2 5 とが接続されている。

分離液供給ライン 2 2 は、第一の態様と同様であるため、その説明を省略する。

培養液供給ライン 2 4 は、培養槽 1 0 から培養液 S の一部を抜き出し、抜き出した培養液 S を第一の分離膜モジュール 2 1 に供給する配管である。培養液供給ライン 2 4 の一端は培養槽 1 0 に接続され、他端は第一の分離膜モジュール 2 1 に接続されている。

濃縮液返送ライン 2 5 は、第一の分離膜モジュール 2 1 の濾過膜を透過せず、微細藻類が濃縮された濃縮液を培養槽 1 0 に返送する配管である。濃縮液返送ライン 2 5 の一端は第一の分離膜モジュール 2 1 に接続され、他端は培養槽 1 0 に接続されている。これにより、培養槽 1 0 から抜き出された培養液 S 中の微細藻類が、培養槽 1 0 と分離手段 2 0 とを循環できるようになっている。

30

また、濃縮液返送ライン 2 5 の途中には、濃縮液排出ライン 2 6 が接続されており、濃縮液の少なくとも一部を排出できるようになっている。

【 0 0 4 8 】

[微細藻類の培養方法]

以下、本発明の第二の態様の微細藻類の培養方法の一例について説明する。なお、以下に説明する微細藻類の培養方法は、図 2 に示す微細藻類の培養装置 2 を用いた微細藻類の培養方法の一例である。

40

本実施形態の微細藻類の培養方法は、培養液 S から微細藻類を除去して分離液を得る分離工程と、分離液に炭酸物質を溶解させて溶解液 W を得る溶解工程と、溶解液 W と培養液 S を接触させ、培養液 S に炭素源を供給する供給工程と、分離液に液体 (X) を混合する混合工程とを有する。

具体的には、以下の通りである。

【 0 0 4 9 】

まず、分離液供給ライン 2 2 の途中に設けられたポンプ 2 3 を駆動させ、培養槽 1 0 から培養液 S の一部を抜き出し、培養液供給ライン 2 4 を介して抜き出した培養液 S を分離手段 2 0 の第一の分離膜モジュール 2 1 に供給する。引き続き、培養液 S を第一の分離膜モジュール 2 1 の濾過膜により膜濾過し、濾過膜を透過した、すなわち培養液 S から微細

50

藻類が除去された分離液を溶解手段 30 の溶解槽 31 に供給する（分離工程）。

第一の分離膜モジュール 21 の濾過膜を透過せず、微細藻類が濃縮された濃縮液は、濃縮液返送ライン 25 を介して培養槽 10 に返送される。なお、培養が進行し、培養液 S 中の微細藻類の濃度が高くなった場合には、濃縮液排出ライン 26 を介して、濃縮液の少なくとも一部を排出する。

【0050】

分離工程に続く溶解工程及び供給工程及は、第一の態様と同様であるため、その説明を省略する。

また、上述したように、培養が進行して濃縮液の少なくとも一部を排出した場合は、培養槽 10 中の培養液 S の量が減るため、混合手段 50 により液体（X）を分離液に供給して、培養槽 10 中の培養液 S の量を調節することが好ましい（混合工程）。

10

微細藻類の培養条件等は、第一の態様と同様であるため、その説明を省略する。

【0051】

[作用効果]

以上説明した、本発明の第二の態様の微細藻類の培養方法及び微細藻類の培養装置では、培養液から微細藻類を除去した分離液に対して二酸化炭素を溶解させ、得られた溶解液を培養液に返送するので、培養槽の容量を超えることなく、必要な量の二酸化炭素を培養液に供給できる。しかも、培養の進み具合に応じて培養液に溶解させる二酸化炭素の濃度を調節でき、最適な量の二酸化炭素を培養液に供給できるので、二酸化炭素の供給量が過剰となりにくい。また、二酸化炭素を分離液に溶解させて培養液に供給するので、分離液と溶解液とが混ざり合い、二酸化炭素は溶解液に溶解した状態となる。そのため、二酸化炭素が消費しきれなかったとしても、余剰な二酸化炭素は培養液に溶解しているので、二酸化炭素が大気へ拡散しにくい。

20

よって、本発明の第一の態様の微細藻類の培養方法及び微細藻類の培養装置であれば、大気への二酸化炭素の拡散を抑制しつつ、効率よく微細藻類を培養できる。

特に、石炭火力発電所、ごみ焼却場、セメント工場、製鉄所等の化石燃料を使用する施設から排出される排ガスを二酸化炭素の供給源として利用すれば、温室効果ガスの排出を軽減できる。

また、本発明の第二の態様の微細藻類の培養装置は、培養槽の外側に分離手段が存在しているので、第一の分離膜モジュール 21 のメンテナンス（例えば濾過膜の洗浄等）が容易である。

30

【0052】

なお、図示例の微細藻類の培養装置 2 は、1 つの培養槽 10 を備えているが、複数の培養槽を設置して微細藻類を同時に培養してもよい。

複数の培養槽を設置する場合、各培養槽では、同じ種類の微細藻類を培養してもよいし、異なる種類の微細藻類を培養してもよい。また、少なくとも 1 つの培養槽では培養を閉鎖系で行い、残りの培養槽では培養を開放系で行ってもよい。

また、図示例の微細藻類の培養装置 2 では、1 つの培養槽 10 に、1 つの第一の分離膜モジュール 21 が浸漬しているが、培養槽 10 の大きさに応じて、複数の第一の分離膜モジュール 21 を浸漬させてもよい。

40

【0053】

また、第二の態様では、非多孔質膜等のガス分離膜 321 を用いて気体状の二酸化炭素を水に溶解させて溶解液 W を調製しているが、加圧溶解による方法で気体状の二酸化炭素を水に溶解させて溶解液 W を調製してもよい。具体的な方法は、第一の態様と同様である。

さらに、排ガスに代えて、気体状の二酸化炭素を直接、溶解槽 31 に供給して溶解液 W を調製してもよいし、炭酸塩（例えば炭酸ナトリウム、炭酸カリウム等）及び重炭酸塩（例えば重炭酸ナトリウム、重炭酸カリウム等）のいずれか一方又は両方を直接又は水溶液の状態で、溶解槽 31 に供給して溶解液 W を調製してもよい。

【0054】

50

また、図示例の微細藻類の培養装置 2 では、液体供給ライン 5 2 が分離液供給ライン 2 2 の途中で合流しており、分離液供給ライン 2 2 中で分離液に液体 (X) を供給しているが、液体 (X) を培養槽 1 0 中の培養液 S に直接添加し、混合してもよい。また、液体供給ライン 5 2 を培養液供給ライン 2 4 の途中で合流させ、培養液供給ライン 2 4 中で、培養槽 1 0 から抜き出した培養液 S に供給してもよい。

【符号の説明】

【 0 0 5 5 】

1	微細藻類の培養装置	
2	微細藻類の培養装置	
1 0	培養槽	10
2 0	分離手段	
2 1	第一の分離膜モジュール	
2 2	分離液供給ライン	
2 3	ポンプ	
2 4	培養液供給ライン	
2 5	濃縮液返送ライン	
2 6	濃縮液排出ライン	
3 0	溶解手段	
3 1	溶解槽	
3 2	第二の分離膜モジュール	20
3 2 1	ガス分離膜	
3 2 2	シート状物	
3 2 3	ハウジング	
3 2 3 a	第 1 のハウジング	
3 2 3 b	第 2 のハウジング	
3 3 1	排ガスライン	
3 3 2	排出ライン	
4 0	供給手段	
4 1	溶解液供給ライン	
5 0	混合手段	30
5 1	タンク	
5 2	液体供給ライン	
S	培養液	
W	溶解液	

フロントページの続き

(72)発明者 中原 禎仁

東京都千代田区丸の内一丁目 1 番 1 号 三菱ケミカル株式会社内

(72)発明者 山村 寛

東京都文京区春日 1 - 1 3 - 2 7 学校法人中央大学後楽園キャンパス内

F ターム (参考) 4B029 AA02 BB04 CC01 DB16

4B065 AA83X BC07 BC12 CA03 CA41 CA50