

(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
2018年10月4日(04.10.2018)



(10) 国際公開番号

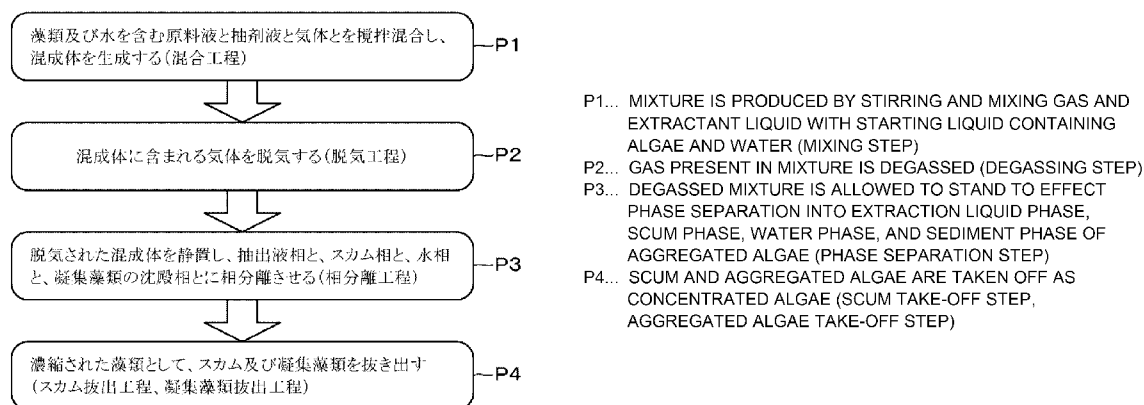
WO 2018/179082 A1

- (51) 国際特許分類:
C12N 1/02 (2006.01) C12M 1/06 (2006.01)
C12M 1/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/012614
- (22) 国際出願日: 2017年3月28日(28.03.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日揮株式会社 (JGC CORPORATION)
[JP/JP]; 〒2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい二丁目3番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 中山 喬 (NAKAYAMA, Takashi);
〒2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい2丁目3番1号 日揮株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人弥生特許事務所(YAYOI PATENT OFFICE); 〒2310058 神奈川県横浜市中区弥生町2丁目15番1号ストークタワー大通り公園3601号 Kanagawa (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: ALGAE CONCENTRATION METHOD AND ALGAE CONCENTRATION APPARATUS

(54) 発明の名称: 藻類濃縮方法、及び藻類濃縮装置

【図1】



(57) Abstract: [Problem] To provide an algae concentration method and so forth that can obtain concentrated algae from a starting liquid in which algae are dispersed in water, while restraining the effects on an oil extraction process in a later stage. [Solution] To obtain concentrated algae from a starting liquid containing algae and water, in a mixing step, the starting liquid is stirred and mixed with gas and an extractant liquid that is poorly soluble in water and that can extract lipid from algal cells, to produce a mixture containing bubbles, algae, lipid, the extractant liquid, and water. In a degassing step, the gas present in the mixture is degassed. In a phase separation step, the degassed mixture is subjected to phase separation into an extraction liquid phase containing an extraction liquid into which lipid soluble in the extractant liquid has been extracted, a scum phase containing algae and lipid that is poorly soluble in the extractant liquid, and a water phase. In a scum take-off step, scum is taken off, as concentrated algae, from the scum phase.

【続葉有】

(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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 【課題】後段のオイル抽出処理への影響を抑えつつ、水中に藻類が分散した原料液から、濃縮された藻類を得ることが可能な藻類濃縮方法などを提供する。【解決手段】藻類と水とを含む原料液から濃縮された藻類を得るにあたり、混合工程では、原料液と、水に対して難溶性であると共に、藻類細胞から脂質を抽出することが可能な抽剤液と、気体とを攪拌混合して、気泡、藻類、脂質、抽剤液、及び水を含む混成体を生成させる。脱気工程では、混成体に含まれる気体を脱気し、相分離工程では、脱気された混成体を、抽剤液に可溶性の脂質が抽出された抽出液を含む抽出液相と、藻類と抽剤液に難溶性の脂質とを含むスカム相と、水相とに相分離させ、スカム拔出工程では、スカム相から、濃縮された藻類としてスカムを抜き出す。

明 細 書

発明の名称：藻類濃縮方法、及び藻類濃縮装置

技術分野

[0001] 本発明は、藻類と水とを含む原料液中の藻類を濃縮する技術に関する。

背景技術

[0002] 藻類（微細藻類）には、光合成により脂質を代謝する能力を持つものが存在し、この種の藻類から産出されるオイルは、「第3のバイオ燃料」として注目されている。

[0003] 藻類からオイルを工業的に生産するためには、藻類を大規模培養し、培養された藻類を含む水（原料液）中の藻類を濃縮した後、藻類からオイルを抽出する処理が必要となる。

これらの処理のうち、原料液中の藻類の濃縮は、水と藻類との密度差が小さいため、遠心分離などの大量のエネルギーを消費する濃縮方法を用いなければ実施が困難な状況である。

[0004] ここで特許文献1には、微生物を含む試料に金属ケイ酸塩や珪藻土などの粒子状の濃縮剤を添加し、当該濃縮剤に微生物を固定した組成物を形成させて微生物を濃縮する手法が記載されている。また、特許文献2には、アオコや水生微細藻類（植物プランクトン）などの懸濁物を含む懸濁水に、タピオカデンプンやグルコマンナンなどの水溶性中性多糖類を添加して、懸濁物を凝集させ、除去する手法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2014-204726号公報

特許文献2：特開2015-85219号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら引用文献1、2に記載の技術は、濃縮された微生物や懸濁物

に対して、濃縮剤や水溶性中性多糖類が混入してしまう。このため、オイル生産のための藻類の濃縮に対してこれらの技術を適用すると、これらの混入物が、濃縮された藻類からオイルを抽出する際の処理の妨げとなったり、抽出効率を低下させたりしてしまうおそれがある。

[0007] 本発明は、このような背景の下になされたものであり、その目的は、後段のオイル抽出処理への影響を抑えつつ、水中に藻類が分散した原料液から、濃縮された藻類を得ることが可能な藻類濃縮方法、及び藻類濃縮装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の藻類濃縮方法は、藻類と水とを含む原料液から濃縮された藻類を得る藻類濃縮方法において、

前記原料液と、水に対して難溶性であると共に、前記藻類から脂質を抽出することが可能な抽剤液と、気体とを攪拌混合して、気泡、藻類、脂質、抽剤液、及び水を含む混成体を生成させる混合工程と、

前記混成体を分解するために、当該混成体に含まれる気体を脱気する脱気工程と、

脱気された前記混成体を、前記抽剤液に可溶性の脂質が抽出された抽出液を含む抽出液相と、前記藻類と前記抽剤液に難溶性の脂質とを含むスカム相と、水相とに相分離させる相分離工程と、

前記スカム相から、濃縮された藻類として、前記藻類と難溶性の脂質とを含むスカムを抜き出すスカム拔出工程と、を含むことを特徴とする。

[0009] 前記藻類濃縮方法は以下の特徴を備えていてもよい。

(a) 前記スカム相から凝集した藻類を沈殿させて、凝集藻類の沈殿相を形成する沈殿工程と、前記沈殿相から、濃縮された藻類として前記凝集藻類を抜き出す凝集藻類拔出工程と、を含むこと。ここで前記沈殿工程は、前記沈殿相が形成されるまで、前記スカム相を静置する操作を含むこと。

(b) 前記気体は、直径が1000 μ m以下の気泡の状態で前記原料液及び抽剤液と攪拌混合されること。

(c) 前記脱気工程は、前記混成体を減圧する減圧操作、または複数の孔部が形成された多孔板から前記混成体を流下させる脱泡操作の少なくとも一方を含むこと。

(d) 前記相分離工程は、脱気後の前記混成体を静置する操作を含むこと。

(e) 前記抽剤液は、ペンタン、ヘキサン、ヘプタン、オクタン、ノナン、デカノール、ドデカノール、ウンデカノール、イソプロピルエーテル、イソブチルエーテル、イソアミルエーテル、シクロペンタン、シクロヘキサン、エチルシクロペンタン、メチルシクロヘキサンからなる抽剤原料群から選択される少なくとも一つの抽剤原料を含むこと。

(f) 前記気体は、空気、窒素、二酸化炭素からなる気体原料群から選択される少なくとも一つの気体原料を含むこと。

[0010] また、他の発明に係る藻類濃縮装置は、藻類と水とを含む原料液から濃縮された藻類を得る藻類濃縮装置において、

前記原料液が供給される原料液供給ラインと、水に対して難溶性であると共に、前記藻類に含まれる脂質を抽出することが可能な抽剤液が供給される抽剤液供給ラインと、気体が供給される気体供給ラインとに接続され、前記原料液と抽剤液と気体との攪拌混合を行い、気泡、藻類、脂質、抽剤液、及び水を含む混成体を生成させるための攪拌混合部と、

前記混成体を抜き出すための混成体拔出ラインを介して前記攪拌混合部に接続され、当該攪拌混合部から抜き出され混成体を分解するために、当該混成体に含まれる気体を脱気する脱気部と、

脱気された前記混成体を、前記抽剤液に可溶性の脂質が抽出された抽出液を含む抽出液相と、前記藻類と前記抽剤液に難溶性の脂質とを含むスカム相と、水相と、に相分離させるための相分離部と、

前記スカム相から、濃縮された藻類として、前記藻類と難溶性の脂質とを含むスカムを抜き出すためのスカム拔出ラインと、を備えたことを特徴とする。

発明の効果

[0011] 本発明は、原料液と抽剤液と気体とを攪拌混合して生成した混成体の脱気を行うことにより、当該混成体を抽出液相と、濃縮された藻類を含むスカム相と、水相とに分離させることができるので、不純物の含有が少ない状態で濃縮された藻類を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の実施の形態に係る藻類濃縮処理の一例である。

[図2]実施の形態に係る藻類濃縮装置の構成図である。

[図3]前記藻類濃縮装置に設けられている液々接触塔の縦断側面図である。

[図4]他の実施形態に係る藻類濃縮装置の構成図である。

[図5]混成体に含まれる気泡を脱気する脱泡塔の縦断側面図である。

[図6]原料液と抽剤液と気体とを攪拌混合して生成した混成体の外観写真である。

[図7]前記混成体を相分離させた後の外観写真である。

発明を実施するための形態

[0013] <藻類濃縮方法>

はじめに、図1を参照しながら、本発明の藻類濃縮方法に係る処理手順の一例について説明する。

本例の藻類濃縮方法が適用される原料液は、脂質（オイル成分）を代謝する藻類を含んでいる。

[0014] 本例の藻類濃縮方法は、開放系の培養池や閉鎖系のフォトリアクターなどで培養された藻類を含む培養液をそのまま原料液として用いてもよいし、培養液に含まれる水の一部を膜分離などによって分離する予備濃縮などの前処理が行われた後の培養液を原料液としてもよい。

淡水を用いて藻類の培養が行われた培養液から得た原料液は、藻類及び水を含む。また、海水を用いて培養が行われた培養液から得た原料液は、藻類及び水に加えて塩分を含む。

[0015] 原料液に含まれる藻類（微細藻類）は、大きさが1～100 μ m程度であり、水中に分散している。藻類には、細胞内の脂質含有量が乾燥重量で十数

%～80%近くにもなるものがある。藻類が生産する主なオイル成分は中性脂質、リン脂質、糖脂質などが挙げられ、藻類によってはオイル成分の大半が炭化水素のものもある。中性脂質の大部分を占めるトリグリセリドは高級脂肪酸3分子とグリセロールとがエステル結合したものである。高級脂肪酸はオレイン酸（炭素原子を18個、二重結合を1個含み、「C18:1」と記される。以下、高級脂肪酸の記法について同じ）、リノール酸（C18:2）、リノレン酸（C18:3）、パルミチン酸（C16:0）などである。これらの脂質は非極性物質であり、後述の抽剤液に対して可溶性であり、水に対しては難溶性である。

一方で、リンや窒素を含む脂質の中には、後述の抽剤液に対して難溶性を示すものもある。

[0016] 以上に説明した藻類と水とを含む原料液は、抽剤液と、気体と共に攪拌混合され、気泡と藻類と脂質と抽剤液と水とを含む混成体（composite body）を生成する処理が行われる（図1の処理P1：混合工程）。

[0017] 抽剤液は、水に対して難溶性であると共に、藻類に含まれる脂質を抽出可能なものが用いられる。これらの要件を満足する抽剤液としては、直鎖脂肪族化合物およびその異性体であるペンタン、ヘキサン、ヘプタン、オクタン、ノナン、直鎖高級アルコールであるデカノール、ドデカノール、ウンデカノール、エーテルであるイソプロピルエーテル、イソブチルエーテル、イソアミルエーテル、ナフテン系炭化水素であるシクロペンタン、シクロヘキサン、エチルシクロペンタン、メチルシクロヘキサンからなる抽剤原料群から選択される抽剤原料、またはこれらの抽剤原料の混合物を用いる場合を例示することができる。

[0018] 原料液及び抽剤液と混合される気体は、抽剤液に対して難溶性の気体がいられる。当該要件を満足する気体としては、空気、窒素、二酸化炭素からなる気体原料群から選択される気体原料、またはこれらの気体原料の混合物を用いる場合を例示することができる。

[0019] 原料液と抽剤液と気体との攪拌混合は、原料液と抽剤液及び気体とを向流

接触させる多段式の接触塔を用いる場合（図2の液々接触塔1）や、これらの流体が流れる管路上に設けたラインミキサーを用いる場合（図4のラインミキサー51a、51b）を例示することができる。また、混成体の生成に伴う攪拌抵抗の増大の問題が大きい場合は、原料液と抽剤液と気体とが供給される攪拌槽内に回転式の攪拌翼を配置し、当該攪拌翼を駆動して攪拌混合を行ってもよい。

[0020] 攪拌混合の際、気体は、原料液及び抽剤液に対してバブリングにより供給してもよい。また例えば、公知のマイクロバブル発生器（気泡発生部）を用いて、 $1000\mu\text{m}$ 以下、好適には数 μm ～数十 μm 程度範囲の気泡（マイクロバブル）を原料液または抽剤液の少なくとも一方の液体中に発生させ、当該液体が気泡を含んだ状態にて原料液と抽剤液との攪拌混合を行ってもよい。マイクロバブルは上昇速度が小さく、比較的長い時間、液体中に留まることができるので、攪拌混合時に、原料液や抽剤液との接触を十分に行うことができる。

[0021] 原料液と抽剤液と気体とを攪拌混合し、気液液固（気体－水－抽剤液－藻類）接触させると、後述の実施例に実験結果を示すように、抽剤液の相と水相との間に、気泡と、藻類と、藻類から抽出された抽剤液に可溶性の脂質と、水とを含むゾル状の混成体が形成される（図6）。なお、抽剤液を用いず、原料液に気体のみを吹き込み、マイクロバブル化し、攪拌混合しても、混成体は形成されない。

[0022] 前記混成体は比較的長い時間、安定的に存在することが可能であり、静置した状態では1日近くかけてゆっくりと気泡が抜けながら分解する。この観点では、混成体に含まれる気泡は、藻類と脂質と抽剤液と水とを混成状態に保つ機能を有していると考えられる。

また、抽剤液を含んだ状態で混成体を形成すると、抽剤液に対して可溶性の脂質が藻類から抽出される。また、藻類に含まれている難溶性の脂質についても、脂質分子の非極性部分が抽剤液側へと引き出され、藻類細胞の表面から露出した状態となると予想される。この結果、濃縮された藻類からオイ

ルを抽出する処理が容易となる効果も期待される。

[0023] 本例の藻類濃縮方法においては、混合工程にて生成した混成体を短時間で分解させるため、混成体に含まれる気体を脱気する処理を行う（図1の処理P2：脱気工程）。

脱気の手法としては、混成体を収容した容器内を減圧（減圧操作）してもよいし（図2、4の減圧槽2、2a、2b）、混成体を加熱して気泡を成長させることにより脱気を行ってもよい。

[0024] また、他の脱気手法として、混成体を小孔あるいは、複数の小孔（孔部）が形成された多孔板に供給してもよい。これらの孔を介して混成体を流下させることにより、混成体内の気泡を上昇させ、また、多孔板を用いる場合には混成体を多孔板上に滞留させて前記気泡を合体させ、あるいは気泡を混成体内で合体させた後、上昇させ、分離消滅させることを繰返してもよい（図5の脱泡塔6、脱泡操作）。

[0025] 混成体の脱気を行うと、藻類と脂質と抽剤液と水とが一体の状態を維持することができなくなり、混成体が分解する。この結果、脱気された混成体を静置すると、混成体を形成していた物質の比重差に基づき、これらの物質が相分離する（図1の処理P3：相分離工程、図7）。

[0026] 相分離後の最上相には、抽剤液と、藻類から抽出された、抽剤液に対して可溶性の脂質とを含む抽出液の相（抽出液相）が形成される。抽出液の下方側には、藻類がスカム状に濃縮された相（スカム相）が形成される。スカム相を構成する藻類には、前記抽剤液に対して難溶性の脂質が残存している。また、スカム相には、相分離しなかった抽剤液や水の一部が含まれている場合がある。

[0027] さらに、スカム相の下方側には水相が形成される。そして水相の底部には、スカム相内の藻類が凝集して凝集藻類となった後、凝集藻類が沈殿してなるスラリー状の沈殿相が形成される。

[0028] 上述の相分離により形成されたスカム相から、濃縮された藻類としてスカムが抜き出される（図1の処理P4：スカム拔出工程）。また沈殿相から、

濃縮された藻類として凝集藻類が抜き出される（図 1 の処理 P 4 : 凝集藻類
抽出工程）。

[0029] ここで、脱気された混成体が分解すると、数分～十数分程度で抽出液相、
スカム相、水相の 3 相が形成される。さらにスカム相にて藻類の凝集が進行
し、数十分～1 時間程度で凝集藻類の沈殿相が形成される。そこで、沈殿相
の形成を待たずに、スカム相が形成された段階でスカムの抜き出しを実行す
ることにより、沈殿相からの凝集藻類の抜き出しを省略してもよい。

[0030] これらの工程で得られた濃縮藻類（スカム、凝集藻類）に対しては、オイ
ル抽出処理が行われ、藻類に残存している脂質がオイル成分として抽出され
る。

また抽出液相からは抽出液が抜き出され、蒸発などによって抽剤液と脂質
とが分離された後、抽剤液から分離された脂質はオイル成分として利用され
る。

[0031] <藻類濃縮装置>

次いで、上述の藻類濃縮方法を実施する藻類濃縮装置の構成例について図
2～4 を参照しながら説明する。

図 2、3 は、攪拌混合部に設けられた多段式の接触塔（液々接触塔 1）を
用いて原料液、抽剤液、気体の攪拌混合を行う藻類濃縮装置の実施の形態を
示している。

[0032] 図 2 に示すように、液々接触塔 1 の下部には、抽剤液供給ライン 102 を
介して軽液である抽剤液が供給され、上部には、原料液供給ライン 101 を
介して重液である原料液が供給される。

また、液々接触塔 1 に対する抽剤液の供給位置の手前側には、気体供給ラ
イン 103 から供給される気体（本例では窒素）を用いて抽剤液中にマイク
ロバブルを発生させる気泡発生部 11 が設けられ、抽剤液は窒素を含んだ状
態で液々接触塔 1 に供給される。気泡発生部 11 は、気液旋回流方式やエジ
ェクター方式などの公知の構成のものを利用することができる。

[0033] 液々接触塔 1 の塔頂部からは、混成体の形成に寄与しなかった窒素が抜き

出される。また、混成体の上相側には、混成体の形成に寄与しなかった抽剤液を多く含む抽剤液相が形成され、当該抽剤液相からは、循環供給ライン 104 を介して塔頂液（抽剤液）が抜き出された後、液々接触塔 1 の下部と中間の高さ位置（中間位置）とに再供給される。下部に再供給される塔頂液は、既述の抽剤液供給ライン 102 に合流し、新たに供給された抽剤液と塔頂液との混合液が、気泡発生部 11 にて供給される窒素を含んだ状態で液々接触塔 1 へと供給される。

[0034] また、液々接触塔 1 の中間位置に再供給される塔頂液の供給位置の手前側にも、気体供給ライン 103 から供給される窒素を用いて塔頂液中にマイクロバブルを形成する気泡発生部 11 が設けられ、塔頂液は窒素を含んだ状態で液々接触塔 1 に再供給される。

[0035] 液々接触塔 1 の具体的な構成例としては、例えば出願人が特許を有する W I N T R A Y（登録商標）を用いる場合を例示することができる（日本国特許 5410044 号、米国特許 8240640 号等）。

図 3 に基本構成を示すように、液々接触塔 1 の内部には、塔本体 120 の高さ方向に沿って多数のトレイ 121 が互いに間隔を開けて配置されている。これらのトレイ 121 を上面側から見たとき、各トレイ 121 は、その一端が上下方向に隣り合う他のトレイ 121 と重なり合うように配置されている。各トレイ 121 には、トレイ 121 下方側に分散相側の液（図 3 に示した例では窒素を含む抽剤液：軽液）を溜めるための垂直壁 122 が設けられている。さらに各垂直壁 122 には分散相を横向きに吐出するための開口部 123 が、垂直壁 122 の高さ方向に沿って複数段に亘って設けられている。

[0036] 上述の構成により、液々接触塔 1 の下部、及び中間位置に供給された窒素を含む抽剤液（循環供給された塔頂液を含む）は、トレイ 121 の下方側に溜まることによる合一と、垂直壁 122 開口部 123 から吐出されることによる分散と、を繰り返しながら液々接触塔 1 内を上昇していく。

[0037] このとき抽剤液は、開口部 123 を介して横方向（水平方向）に吐出され

るので、液々接触塔 1 内を降下する連続相側の液（図 3 に示した例では原料液：重液）と交差する。この際、藻類と水とを含む原料液と抽剤液と窒素との気液液固（気体－水－抽剤液－藻類）接触を伴う攪拌混合が進行する（混合工程）。

[0038] 多段式の液々接触塔 1 内では、各垂直壁 1 2 2 に設けられた開口部 1 2 3 からの抽剤液の吐出位置にて、上述の気液液固接触が繰り返し行われることにより、原料液と抽剤液と窒素とが十分に攪拌混合される。

[0039] 液々接触塔 1 の底部には、混成体側へと藻類が収穫された後の原料液（残液である水）が流下し、残液拔出ライン 1 0 6 を介して排水処理設備などの外部へと抜き出される。

一方、液々接触塔 1 の頂部側には、トレイ 1 2 1、垂直壁 1 2 2 が配置されていない、セトラー領域（不図示）が設けられ、当該領域にて混成体と、混成体と共に液々接触塔 1 内を上昇しつつも、混成体の生成に寄与しなかった抽剤液や水からなる抽剤液相、水相に相分離する。抽剤液相側の抽剤液は、循環供給ライン 1 0 4 を介して液々接触塔 1 から抜き出され、液々接触塔 1 に再供給される。また、水相中の水は、重液として原料液と共に液々接触塔 1 内を再び流下していく。

[0040] こうして、液々接触塔 1 の底部から抜き出される水の量とバランスするように、原料液と、窒素を含む抽剤液とを供給すると共に、塔頂側から抜き出された塔頂液を循環供給すると、セトラー領域に混成体が累積していく。

そこで、ある程度の量の混成体が累積したタイミングにて、混成体拔出ライン 1 0 5 に設けられた開閉弁 V 1 を開き、減圧槽 2 へ向けて混成体を抜き出す。なお、セトラー領域の上部側には、混成体が塔頂液と共に循環供給ライン 1 0 4 側へと抜き出されることを抑制するためのメッシュなどを設けてもよい。

[0041] また、後述の実施例に実験結果を示すように、液々接触塔 1 内において、窒素を含む抽剤液を分散相とし、原料液を連続相とすることは必須の要件ではなく、窒素（気体）を含む抽剤液を連続相、原料液を分散相としてもよい。

。この場合には、重液である原料液がトレイ 1 2 1 上に溜まった後、垂直壁 1 2 2 の開口部 1 2 3 から吐出されるように、図 3 に示す液々接触塔 1 の上下を反転させて配置する。

[0042] この場合には、混成体は連続相側の下流側に形成される傾向があるので、セトラー領域は液々接触塔 1 の底部側に設けて混成体と水相との相分離を行う。しかる後、液々接触塔 1 の底部側に接続された混成体拔出ライン 1 0 5 を介して、累積した混成体を減圧槽 2 へ向けて間欠的に抜き出す。

[0043] 図 2 に示す減圧槽 2 は、本実施の形態の脱気部を構成し、混成体拔出ライン 1 0 5 を介して液々接触塔 1 から抜き出された混成体を収容する。また減圧槽 2 は、混成体を収容した状態で内部雰囲気圧を減圧することにより、混成体に含まれる気体の脱気を行う役割を果たす（脱気工程）。

[0044] 減圧槽 2 の上面には減圧槽 2 の真空排気を行うための真空排気ライン 2 0 1 が接続され、真空排気ライン 2 0 1 の下流側には、真空ポンプなどからなる不図示の真空排気部が設けられている。さらに減圧槽 2 の上面には、減圧状態の減圧槽 2 内の圧力を常圧に復帰させるために、圧力調節用の気体（本例では窒素）を供給するための圧力調節ライン 2 0 2 が接続されている。

また、減圧槽 2 の底部はコーン形状となっていて、コーンの下端部には、脱気後の混成体を抜き出すための分解混成体拔出ライン 2 0 3 が接続されている。

[0045] 液々接触塔 1 から抜き出された混成体を減圧槽 2 に収容した後、混成体拔出ライン 1 0 5、圧力調節ライン 2 0 2、分解混成体拔出ライン 2 0 3 に設けられた各開閉弁 V 1、V 3、V 2 を閉じ、真空排気ライン 2 0 1 に設けられた開閉弁 V 4 を開く。この結果、減圧槽 2 内の真空排気が行われ、混成体を収容した減圧槽 2 内が 0.4 ~ 0.9 気圧程度の範囲内の減圧雰囲気となって、混成体に含まれる気体（気泡）が脱気される。

既述のように、混成体に含まれる気体は、藻類と脂質と抽剤液と水とを混成状態に保つ役割を有しているので、脱気に伴って混成体が分解を開始する。

[0046] 混成体に含まれる気体が十分に脱気されるタイミングまで、減圧槽 2 内の真空排気を実施したら、真空排気ライン 201 の開閉弁 V 4 を閉じる一方、圧力調節ライン 202 の開閉弁 V 3 を開いて減圧槽 2 内に窒素を導入し、減圧槽 2 内の雰囲気気を常圧に戻す。

しかる後、分解混成体抽出ライン 203 の開閉弁 V 2 を開き、脱気後の混成体を静置分離槽 3 へと抜き出す。混成体の抜き出しが完了したら、開閉弁 V 2 を閉じて、液々接触塔 1 から次の混成体を受け入れることが可能な状態とする。

[0047] 脱気された混成体は、静置分離槽 3 内で例えば数十分～1 時間程度静置され、既述の抽出液相とスカム相と水相と沈殿相とへの相分離が進行する（相分離工程）。最も上相側の抽出液相からは、抽出液抽出ライン 302 を介して抽出液が抜き出され、スカム相からは、スカム抽出ライン 301 を介して濃縮された藻類であるスカムが抜き出される（藻類抽出工程）。

[0048] 本例では、静置分離槽 3 の下相の水相及び沈殿相は、下相抽出ライン 303 を介して分離槽 4 へと抜き出され、分離槽 4 内にて水相と沈殿相とに再分離させる。しかる後、沈殿相から、凝集藻類抽出ライン 402 を介して濃縮された藻類である凝集藻類の抜き出しを行う（凝集藻類抽出工程）。また、水相側の水は、上澄水抽出ライン 401 を介して排水処理設備などの外部へと抜き出される。

以上に説明した静置分離槽 3 及び分離槽 4 は、本例の相分離部を構成している。なお、静置分離槽 3 の後段に分離槽 4 を設けることは必須ではなく、静置分離槽 3 から直接、抽出液、スカム、水、濃縮藻類を抜き出してもよい。また、混成体の脱気を行う減圧槽 2 を分離槽 4 に兼用し、脱気が行われた後の減圧槽 2 内にて相分離工程を実施してもよい。

[0049] さらにまた、減圧槽 2、静置分離槽 3、分離槽 4 は複数個ずつ設けてもよい。この場合には、後段側の一の槽 2～4 にて脱気や相分離などの操作が行われている期間中であっても、これらの操作が行われていない他の槽 2～4 へ向けて、前段側の液々接触塔 1 や減圧槽 2、静置分離槽 3 から、混成体な

どを抜き出すことができる。

[0050] 次に、攪拌混合部にラインミキサー 5 1 a、5 1 b が設けられた藻類濃縮装置の構成例について、図 4 を参照しながら説明する。

図 4 に示す藻類濃縮装置において、図 2、3 を用いて説明した藻類濃縮装置と共通の機能を持つ機器には、図 2、3 にて使用したものと共通の符号を付してある。また、同じ機能を持つ機器が複数（例えば 2 つ）設けられている場合には、各符号の最後に「a、b」の識別符号を付した。

[0051] 図 4 に示す藻類濃縮装置は、攪拌混合部として、原料液と抽剤液と気体（本例では窒素）との攪拌混合を行うラインミキサー 5 1 a、5 1 b と、攪拌混合された後の流体の粗分離を行うセトラー 5 2 a、5 2 b とを備える。さらに、本例の藻類濃縮装置は、前段側のラインミキサー 5 1 a－セトラー 5 2 a－減圧槽 2 a の組と、後段側のラインミキサー 5 1 b－セトラー 5 2 b－減圧槽 2 b の組とが直列に接続された構成となっている。

[0052] ラインミキサー 5 1 a、5 1 b は、管路内に、可動式あるいは固定式の攪拌翼が配置され、当該管路内を通流する流体の攪拌混合を進行させる公知の構成を備える。本例では気泡発生部 1 1 a、1 1 b を用いて抽剤液に対して窒素が予め供給された後、ラインミキサー 5 1 a、5 1 b にて、原料液と抽剤液と窒素との攪拌混合が実施される。

[0053] セトラー 5 2 a、5 2 b は、ラインミキサー 5 1 a、5 1 b にて攪拌混合された後の流体を受け入れる受槽として構成され、攪拌混合後の流体は、その内部にて抽剤液の成分を多く含む塔頂液と、混成体と、水を多く含む塔底液とに粗分離される。

[0054] 各セトラー 5 2 a、5 2 b は、循環供給ライン 1 0 4 a、1 0 4 b を介して塔頂液をラインミキサー 5 1 a、5 1 b に循環供給し、塔底液の一部についても、塔底液循環供給ライン 1 0 7 a、1 0 7 b を介してラインミキサー 5 1 a、5 1 b へ循環供給する。

[0055] 一方、前段側のセトラー 5 2 a において、循環供給されない残りの塔底液は、塔底液移送ライン 1 0 8 を介して後段側のラインミキサー 5 1 b へ供給

される。また、後段側のセトラー 5 2 b においては、循環供給されない残りの塔底液は、藻類が収穫された後の残液として、残液拔出ライン 1 0 6 を介して、排水処理設備などへ向けて抜き出される。

[0056] 上述の構成を備える藻類濃縮装置の作用について述べると、前段側のラインミキサー 5 1 a には、抽剤液供給ライン 1 0 2 a から供給された抽剤液と、循環供給ライン 1 0 4 a を介して循環供給された抽剤液の成分を多く含むセトラー 5 2 a の塔頂液とが、気泡発生部 1 1 a にて窒素を含ませた状態で供給される。

[0057] さらにラインミキサー 5 1 a には、原料液供給ライン 1 0 1 a から供給された原料液と、塔底液循環供給ライン 1 0 7 a を介して循環供給された水を多く含む塔底液とが供給され、ラインミキサー 5 1 a 内にて原料液と抽剤液と窒素との攪拌混合が実施される（混合工程）。

[0058] 攪拌混合された流体は、セトラー 5 2 a にて混成体と、混成体の生成に寄与しなかった塔頂液、塔底液とに粗分離され、累積した混成体は、間欠的に減圧槽 2 a に向けて抜き出される。

減圧槽 2 a における脱気工程、静置分離槽 3、分離槽 4 における相分離工程、スカム拔出工程、凝集藻類拔出工程の内容については、図 2 を用いて説明した内容と同じなので、再度の説明を省略する。

[0059] ここで、図 1、2 を用いて説明した多段式の液々接触塔 1 と比較して、前段側のラインミキサー 5 1 a のみでは、原料液と抽剤液と窒素との攪拌混合を進行させる能力が低く、混成体の生成量が少ない（藻類の濃縮が十分でない）場合がある。

そこで本例の藻類濃縮装置は、循環供給されない残りの塔底液については、塔底液移送ライン 1 0 8 を介して後段のラインミキサー 5 1 b の原料液として供給し、再度、窒素を含む抽剤液との攪拌混合を行って、塔底液中に残存している藻類から混成体を生成する構成となっている。

[0060] セトラー 5 2 b の作用については、循環供給されない残りの塔底液が、藻類の収穫が行われた後の残液として外部に排出される点を除いて前段側のセ

トラー 5 2 a と同様である。また、減圧槽 2 b における脱気工程、静置分離槽 3、分離槽 4 における相分離工程、スカム抽出工程、凝集藻類抽出工程の内容についても、図 2 を用いて説明した内容と同様である。

[0061] なお、図 4 には、ラインミキサー 5 1 a、5 1 b を含む攪拌混合部（ラインミキサー 5 1 a – セトラー 5 2 a、ラインミキサー 5 1 b – セトラー 5 2 b）を 2 段直列に接続した例を示したが、ラインミキサーの能力に応じて 3 段以上の攪拌混合部を直列接続してもよい。これとは反対に、1 段のラインミキサー 5 1 a のみで十分に藻類の濃縮を行うことが可能な場合は、攪拌混合部を複数段設けることは必須ではない。

[0062] 以上に説明した実施の形態に係る藻類の濃縮技術によれば以下の効果がある。原料液と抽剤液と気体とを攪拌混合して生成した混成体の脱気を行うことにより、当該混成体を抽出液相と、濃縮された藻類を含むスカム相と、水相と、藻類凝集相とに分離させることができるので、不純物の含有が少ない状態で濃縮された藻類を得ることができる。

[0063] 次に図 5 は、図 2、4 を用いて説明した減圧槽 2、2 a、2 b に替えて、脱気部である脱泡塔 6 を用いて混成体の脱気（脱気工程）を実施する例を示している。

脱泡塔 6 は、多段に配置された多孔板 6 1 を備え、最上段の多孔板 6 1 の上方側に設けられた分散ノズル 6 4 から混成体が分散供給される。脱泡塔 6 内に分散供給された混合体は、ウエア 6 3 に堰き止められて多孔板 6 1 上に溜まった後、多孔板 6 1 に設けられた複数の小孔（孔部）6 1 0 を介して流下する際に、既述のメカニズムによる脱気が進行する。そして、混合体が複数段の多孔板 6 1 を通過し、脱気が繰り返されることにより、混成体が分解していく。一方、混成体から分離された気体は、アップカマー 6 2 に案内されて脱泡塔 6 内を上昇していく。さらに、図 5 に示す脱泡塔 6 内を減圧して脱気を促進してもよい。

[0064] また、上述の実施の形態では、オイル成分（脂質）を生産する藻類を濃縮する技術の適用例について説明したが、当該技術の適用範囲は、この例に限

定されない。例えば、脂質以外の他の有用成分である β -カロテン ($C_{40}H_{56}$)、アスタキサンチン ($C_{40}H_{52}O_4$) などの色素類を生産する藻類の濃縮に適用してもよいし、他の有用成分を生産する藻類以外の微生物の濃縮に適用してもよい。これら微生物濃縮方法や微生物濃縮装置へ適用する場合は、水に対して難溶性であり、藻類や微生物から他の有用成分を抽出することが可能な抽剤液が選択される。

実施例

[0065] (実験 1)

種々の条件下で原料液と抽剤液と気体とを攪拌混合することにより、混成体の生成を確認した。

[実施例 1-1]

茨城県大洗海岸の海水を採取し、10倍濃縮した原料液である海洋性藻類水溶液 200 mL と、抽剤液である N-ヘキサン（以下、「ヘキサン」と記す）200 mL とを分液ロート（1 L）に入れ、振盪器を用いて 250 spm (Strokes per minute) にて 30 分振盪し、静置した。その結果、ヘキサン相と水相との間に第三相が生成した。第三相は気泡（分液ロート内の大気）と藻類と脂質とヘキサンと水とを含む混成体であった。

[実施例 1-2]

茨城県大洗町の日揮株式会社大洗研究所敷地内調整池から採取し、10倍濃縮した原料液である淡水性藻類水溶液 200 mL と、抽剤液であるヘキサン 200 mL とを分液ロートに入れ、振盪器を用いて 250 spm にて 30 分振盪し、静置した。その結果、ヘキサン相と水相との間に第三相が生成した。第三相は気泡（分液ロート内の大気）と藻類と脂質とヘキサンと水とを含む混成体であった。

実施例 1-1、1-2 より、海洋性藻類、淡水性藻類のいずれについても、藻類と水とを含む原料液と、抽剤液と、気体とを攪拌混合することにより、混成体を生成することが可能であることを確認した。

[0066] [実施例 2-1]

日揮株式会社大洗研究所敷地内調整池から採取し、10倍濃縮した原料液である淡水性藻類水溶液200mLと、抽剤液であるヘキサン200mLとを分液ロートに入れた後、分液ロートに窒素ガスを導入して空気を追い出し、窒素ガスで満たした。しかる後、振盪器を用いて、分液ロートを250spmにて30分振盪し、静置した。その結果、ヘキサン相と水相との間に第三相が生成した。第三相は気泡（分液ロート内の窒素）と藻類と脂質とヘキサンと水とを含む混成体であった。

[実施例2-2]

分液ロートに導入するガスを二酸化炭素ガスに変更した点以外は、実施例2-1と同様の条件で実験を行った。その結果、ヘキサン相と水相との間に第三相が生成した。第三相は気泡（分液ロート内の二酸化炭素）と藻類と脂質とヘキサンと水とを含む混成体であった。

原料液と抽剤液と共に攪拌混合される気体を空気（実施例1-2）から、窒素（実施例2-1）、二酸化炭素（実施例2-2）に変更しても混成体が生成することを確認できた。

[0067] [実施例3-1]

日揮株式会社大洗研究所敷地内調整池から採取し、10倍濃縮した原料液である淡水性藻類水溶液200mLと、抽剤液であるデカノール200mLとを分液ロートに入れ、振盪器を用いて250spmにて30分振盪し、静置した。その結果、デカノール相と水相との間に第三相が生成した。第三相は気泡（分液ロート内の大気）と藻類と脂質とデカノールと水とを含む混成体であった。

[実施例3-2]

抽剤液をジイソプロピルエーテルに変更した点以外は、実施例3-1と同様の条件で実験を行った。その結果、ジイソプロピルエーテル相と水相との間に第三相が生成した。第三相は気泡（分液ロート内の大気）と藻類と脂質とジイソプロピルエーテルと水とを含む混成体であった。

抽剤液をヘキサン（実施例1-2）から、デカノール（実施例3-1）や

ジイソプロピルエーテル（実施例 3-2）に変更しても混成体が生成することを確認した。

[0068] [実施例 4-1]

日揮株式会社大洗研究所敷地内調整池から採取し、10倍濃縮した原料液である淡水性藻類水溶液 100 mL と、抽剤液であるヘキサン 300 mL とを分液ロートに入れ、振盪器を用いて 250 s p m にて 30 分振盪し、静置した。その結果、ヘキサン相と水相との間に第三相が生成した。第三相は気泡（分液ロート内の大気）と藻類と脂質とヘキサンと水とを含む混成体であった。

[実施例 4-2]

分液ロートに入れる原料液を 300 mL、抽剤液を 100 mL とした点以外は、実施例 4-1 と同様の条件で実験を行った。その結果、ヘキサン相と水相との間に第三相が生成した。第三相は気泡（分液ロート内の二酸化炭素）と藻類と脂質とヘキサンと水とを含む混成体であった。

原料液と抽剤液の体積比を 1/3（実施例 4-1）、1/1（実施例 1-2）、3/1（実施例 4-2）に変化させても、混成体が生成することを確認した。

[0069] （実験 2）

多段式の液々接触塔 1 を用いて混成体の生成実験を行った。

[実施例 5]

A. 実験条件

日揮株式会社大洗研究所敷地内調整池から採取し、10倍濃縮した原料液である淡水性藻類水溶液 50 L を原料タンクに仕込み、抽剤液であるヘキサン 50 L を抽剤タンクに仕込んだ。原料液を原料タンクから液々接触塔 1 の上部に 100 L/h で供給すると共に、気泡発生部 11（ニッタ株式会社製、品番 BL12AA-12-D4）に抽剤液を 100 L/h、窒素ガスを 30 N-L/h 供給し、窒素を含んだ状態の抽剤液を液々接触塔 1 の下部に供給した。液々接触塔 1 は、横幅 100 mm × 奥行 40 mm × 接触領域の高さ 2,000 mm

mの塔本体120の内部に、図3を用いて説明したトレイ121と垂直壁122とを備えるWINTRAYを18段配置した構成となっている。また、接触領域の上部及び下部には、WINTRAYが配置されていない、セトラ領域が設けられている。図3に示す例と同様に、窒素を含む抽剤液を分散相に選り、原料液を連続相とした。

液々接触塔1の塔底から流出した塔底液（水）は、原料タンクに戻し、循環再使用した。また液々接触塔1の塔頂から流出した塔頂液（抽剤液）は抽剤タンクに戻し、循環再使用した。液々接触塔1の運転は2時間行い、生成した混成体をセトラ領域に設置したノズルから間欠的に抜き出した。

B. 実験結果

実験の結果、液々接触塔1の上部のセトラ領域にて、ヘキサン相と水相との間に混成体が累積した。

実験開始時の原料タンク内の原料液の藻類濃度（乾燥重量基準）は0.05 g/L、1時間、2時間経過時の原料タンク内のそれぞれの藻類濃度は0.021 g/L、0.0145 g/Lであった。液々接触塔1を用いた2時間の攪拌混合処理により、原料液から71%の藻類が除去され、混成体として収穫されたことが確認された。

[0070] [実施例6]

A. 実験条件

図3に示す液々接触塔1の上下を反転させ、窒素を含む抽剤液を連続相に選り、原料液を分散相とした点を除いて、実施例5と同じ条件で実験を行なった。さらに、収穫した混成体を脱気し、ヘキサン相（抽出液相）、スカム相、水相、沈殿相に相分離させた後、スカム及び凝集藻類を抜き出した。

B. 実験結果

実験の結果、液々接触塔1の下部のセトラ領域にて、ヘキサン相と水相との間に混成体が累積した。

実験開始時の原料タンク内の原料液の藻類濃度は0.081 g/L、1時間、2時間経過時の原料タンク内のそれぞれの藻類濃度は0.051 g/L、0

. 0 4 5 g / L であった。2 時間経過後、藻類の 4 4 % が藻類水溶液から除去されたことが確認された。

実施例 5、6 の結果を比較すると、窒素を含む抽剤液を分散相に選んだ方が、藻類の収穫効率が高くなることが確認された。

また前記実施例 6 において、相分離後に抜き出されたスカム、及び凝集藻類の体積はそれぞれ 1 4 . 8 m L、4 . 7 m L であり、両者（以下、「濃縮液」ともいう）の合計は 1 9 . 5 m L であった。原料液 5 0 L 中の藻類の 4 4 % が 1 9 . 5 m L の濃縮液に濃縮されたことになる。言い替えると、濃縮液 1 9 . 5 m L の藻類が 5 0 L の原料液中に分散していたのであるから、濃縮液は約 2 5 0 0 倍の濃縮が行われた結果であるといえる。

[0071] [実施例 7]

A. 実験条件

気泡発生部 1 1 を用いて抽剤液に窒素を予め混合する手法に替えて、抽剤液と窒素とを別個に塔下部から供給した点を除いて実施例 5 と同じ条件で、実験を行なった。窒素ガスは、焼結金属ノズルを用いて平均径が数 m m 程度の気泡の状態で供給した。

B. 実験結果

実験の結果、液々接触塔 1 の上部のセトラー領域にて、ヘキサン相と水相との間に混成体が累積した。

実験開始時の原料タンク内の藻類水溶液の藻類濃度は 0 . 0 9 4 g / L、2 時間経過時の原料タンク内の藻類濃度は 0 . 0 5 4 5 g / L であった。2 時間経過後、藻類の 4 2 % が藻類水溶液から除去された。

実施例 5、7 の結果を比較すると、気泡径が小さい状態で気体を供給した方が、藻類の収穫効率が高くなることが確認された。

[0072] [実施例 8 - 1]

液々接触塔 1 にて収穫された混成体をナス型フラスコ（1 L）に移してから 1 時間経過した後の状態を観察した（図 6）。上相に混成体の形成に寄与しなかったヘキサンを多く含む抽剤液相が形成され、中間相として混成体、

下相に混成体の形成に寄与しなかった水を多く含む水相が形成される粗分離状態となった。

[実施例 8 - 2]

混成体を抜き出して 18 時間経過した後の状態を観察した (図 7)。気泡が抜けたことに伴い、混成体が分解し、ヘキサン相 (抽出液相)、スカム粗、水相、凝集藻類の沈殿相に相分離していることが確認できる。

さらに、ヘキサン相の分析を行った結果、C 16 ~ C 18 の脂肪酸やトリグリセリドなどの存在が確認された。一方で、窒素 (N) やリン (P) を含む成分は確認されなかった。これは、ヘキサンに可溶性の非極性の脂質が抽出された結果であるといえる。

符号の説明

- [0073] 1 液々接触塔
- 101 原料液供給ライン
- 102 抽剤液供給ライン
- 103 気体供給ライン
- 105 混成体拔出ライン
- 2、2a、2b 減圧槽
- 3 静置分離槽
- 4 分離槽
- 51a、51b ラインミキサー
- 52a、52b セトラー

請求の範囲

- [請求項1] 藻類と水とを含む原料液から濃縮された藻類を得る藻類濃縮方法において、
- 前記原料液と、水に対して難溶性であると共に、前記藻類から脂質を抽出することが可能な抽剤液と、気体とを攪拌混合して、気泡、藻類、脂質、抽剤液、及び水を含む混成体を生成させる混合工程と、
- 前記混成体を分解するために、当該混成体に含まれる気体を脱気する脱気工程と、
- 脱気された前記混成体を、前記抽剤液に可溶性の脂質が抽出された抽出液を含む抽出液相と、前記藻類と前記抽剤液に難溶性の脂質とを含むスカム相と、水相とに相分離させる相分離工程と、
- 前記スカム相から、濃縮された藻類として、前記藻類と難溶性の脂質とを含むスカムを抜き出すスカム拔出工程と、を含むことを特徴とする藻類濃縮方法。
- [請求項2] 前記スカム相から凝集した藻類を沈殿させて、凝集藻類の沈殿相を形成する沈殿工程と、
- 前記沈殿相から、濃縮された藻類として前記凝集藻類を抜き出す凝集藻類拔出工程と、を含むことを特徴とする請求項1に記載の藻類濃縮方法。
- [請求項3] 前記気体は、直径が1000 μm 以下の気泡の状態の前記原料液及び抽剤液と攪拌混合されることを特徴とする請求項1に記載の藻類濃縮方法。
- [請求項4] 前記脱気工程は、前記混成体を減圧する減圧操作、または複数の孔部が形成された多孔板から前記混成体を流下させる脱泡操作の少なくとも一方を含むことを特徴とする請求項1に記載の藻類濃縮方法。
- [請求項5] 前記相分離工程は、脱気後の前記混成体を静置する操作を含むことを特徴とする請求項1に記載の藻類濃縮方法。
- [請求項6] 前記沈殿工程は、前記沈殿相が形成されるまで、前記スカム相を静

置する操作を含むことを特徴とする請求項2に記載の藻類濃縮方法。

[請求項7] 前記抽剤液は、ペンタン、ヘキサン、ヘプタン、オクタン、ノナン、デカノール、ドデカノール、ウンデカノール、イソプロピルエーテル、イソブチルエーテル、イソアミルエーテル、シクロペンタン、シクロヘキサン、エチルシクロペンタン、メチルシクロヘキサンからなる抽剤原料群から選択される少なくとも一つの抽剤原料を含むことを特徴とする請求項1に記載の藻類濃縮方法。

[請求項8] 前記気体は、空気、窒素、二酸化炭素からなる気体原料群から選択される少なくとも一つの気体原料を含むことを特徴とする請求項1に記載の藻類濃縮方法。

[請求項9] 藻類と水とを含む原料液から濃縮された藻類を得る藻類濃縮装置において、

前記原料液が供給される原料液供給ラインと、水に対して難溶性であると共に、前記藻類に含まれる脂質を抽出することが可能な抽剤液が供給される抽剤液供給ラインと、気体が供給される気体供給ラインとに接続され、前記原料液と抽剤液と気体との攪拌混合を行い、気泡、藻類、脂質、抽剤液、及び水を含む混成体を生成させるための攪拌混合部と、

前記混成体を抜き出すための混成体拔出ラインを介して前記攪拌混合部に接続され、当該攪拌混合部から抜き出され混成体を分解するために、当該混成体に含まれる気体を脱気する脱気部と、

脱気された前記混成体を、前記抽剤液に可溶性の脂質が抽出された抽出液を含む抽出液相と、前記藻類と前記抽剤液に難溶性の脂質とを含むスカム相と、水相と、に相分離させるための相分離部と、

前記スカム相から、濃縮された藻類として、前記藻類と難溶性の脂質とを含むスカムを抜き出すためのスカム拔出ラインと、を備えたことを特徴とする藻類濃縮装置。

[請求項10] 前記相分離部は、前記スカム相から、凝集した藻類が沈殿して形成

された凝集藻類の沈殿相より、濃縮された藻類として前記凝集藻類を抜き出すための凝集藻類拔出ラインを備えたことを特徴とする請求項 9 に記載の藻類濃縮装置。

[請求項11] 前記攪拌混合部は、重液である前記原料液と、軽液である前記抽剤液、及び気体とを向流接触させて前記攪拌混合を行うための多段式の接触塔を含むことを特徴とする請求項 9 に記載の藻類濃縮装置。

[請求項12] 前記接触塔の塔頂側から流出し、前記抽剤液の成分を多く含む塔頂液を、前記接触塔に軽液として循環供給する循環供給ラインを備えることを特徴とする請求項 11 に記載の藻類濃縮装置。

[請求項13] 前記循環供給ラインは、前記抽剤液供給ラインと合流し、前記抽剤液と塔頂液との混合液が軽液として前記接触塔に供給されることを特徴とする請求項 12 に記載の藻類濃縮装置。

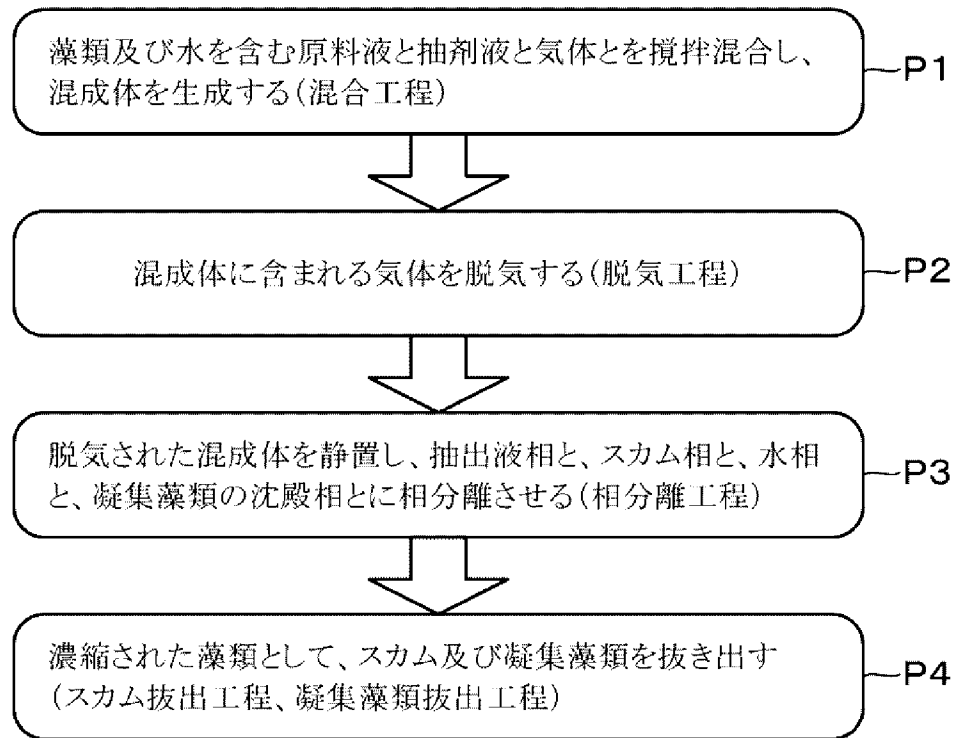
[請求項14] 前記攪拌混合部は、前記原料液と抽剤液と気体との攪拌混合を行うラインミキサーと、前記ラインミキサーにて攪拌混合された後の流体を、抽剤液の成分を多く含む塔頂液と、前記混成体と、水を多く含む塔底液とに粗分離するセトラーと、を含むことを特徴とする請求項 9 に記載の藻類濃縮装置。

[請求項15] 前記気体供給ラインは、前記原料液供給ラインまたは抽剤液供給ラインの少なくとも一方と合流し、当該気体供給ラインが合流する原料液供給ラインまたは抽剤液供給ラインには、前記気体を用いて前記原料液または前記抽剤液の液体中に直径が $1000\mu\text{m}$ 以下の気泡を発生させる気泡発生部が設けられ、前記液体は、前記気泡を含んだ状態で前記攪拌混合部に供給されることを特徴とする請求項 9 に記載の藻類濃縮装置。

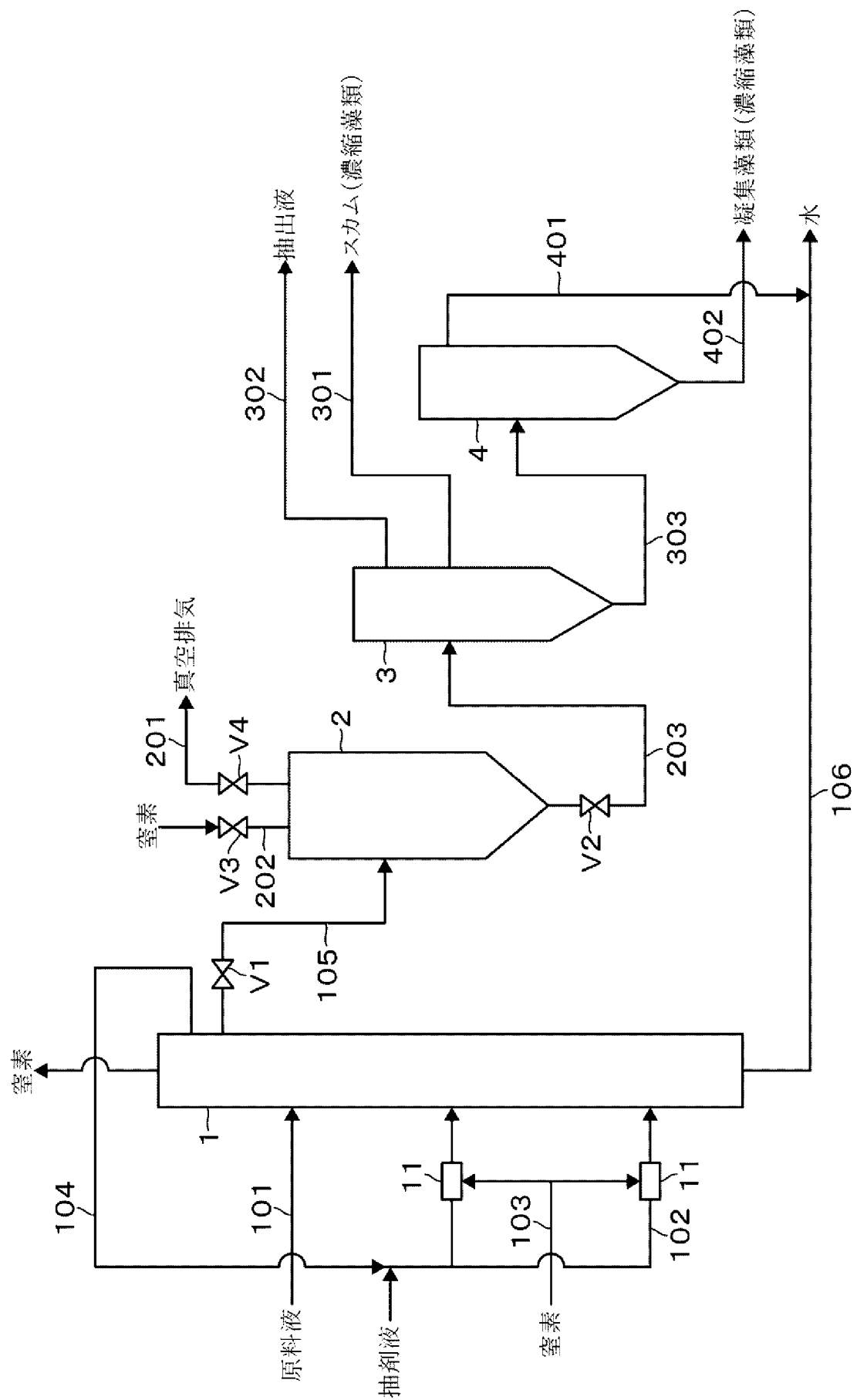
[請求項16] 前記脱気部は、前記混成体拔出ラインを介して抜き出された混成体を収容すると共に、内部雰囲気圧を減圧することにより前記混成体に含まれる気体を脱気するための真空排気ラインに接続された減圧槽を含むことを特徴とする請求項 9 に記載の藻類濃縮装置。

- [請求項17] 前記脱気部は、複数の孔部が形成された多孔板を多段に備え、前記混成体拔出ラインを介して抜き出された混成体を、前記多孔板から流下させることにより、当該混成体に含まれる気体を脱気するための脱泡塔を含むことを特徴とする請求項9に記載の藻類濃縮装置。
- [請求項18] 前記相分離部は、前記スカム拔出ラインに接続され、前記脱気部にて脱気された後の前記混成体を静置して、前記相分離を進行させるための静置分離槽を含むことを特徴とする請求項9に記載の藻類濃縮装置。
- [請求項19] 前記抽剤液供給ラインから供給される抽剤液は、ペンタン、ヘキサン、ヘプタン、オクタン、ノナン、デカノール、ドデカノール、ウンデカノール、イソプロピルエーテル、イソブチルエーテル、イソアミルエーテル、シクロペンタン、シクロヘキサン、エチルシクロペンタン、メチルシクロヘキサンからなる抽剤原料群から選択される少なくとも一つの抽剤原料を含むことを特徴とする請求項9に記載の藻類濃縮装置。
- [請求項20] 前記気体供給ラインから供給される気体は、空気、窒素、二酸化炭素からなる気体原料群から選択される少なくとも一つの気体原料を含むことを特徴とする請求項9に記載の藻類濃縮装置。

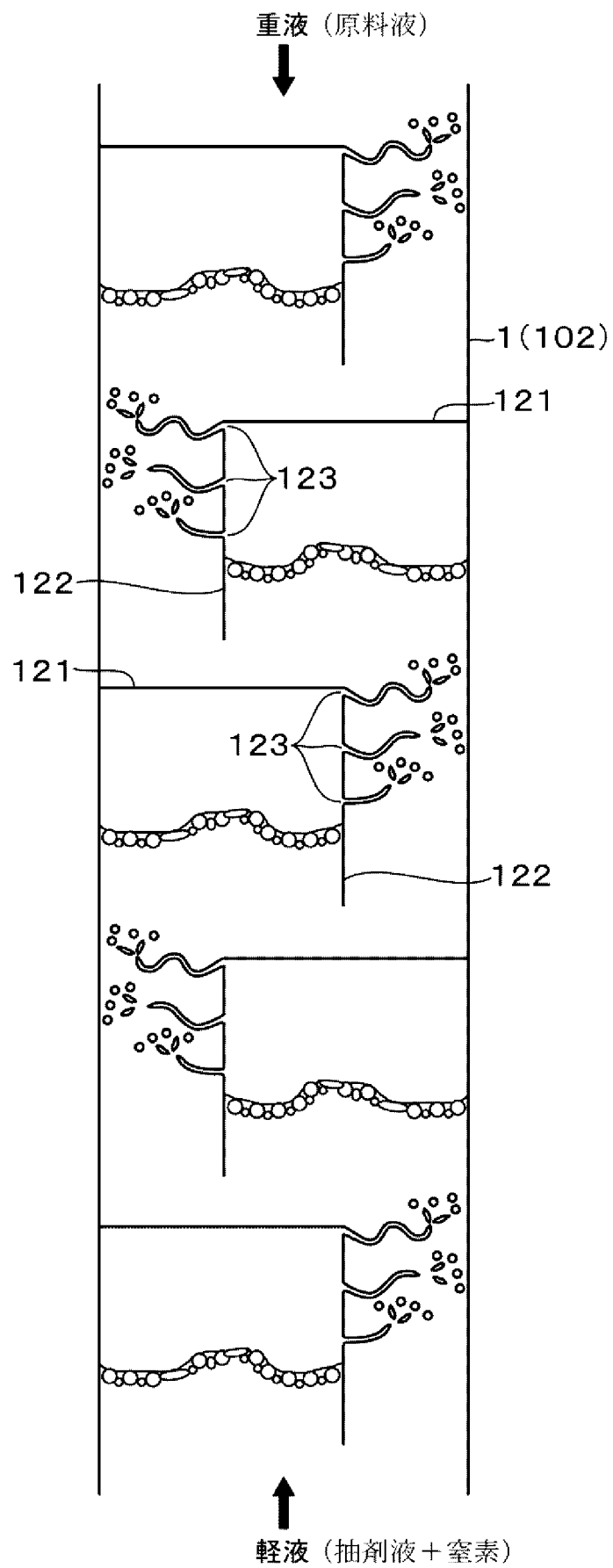
[図1]



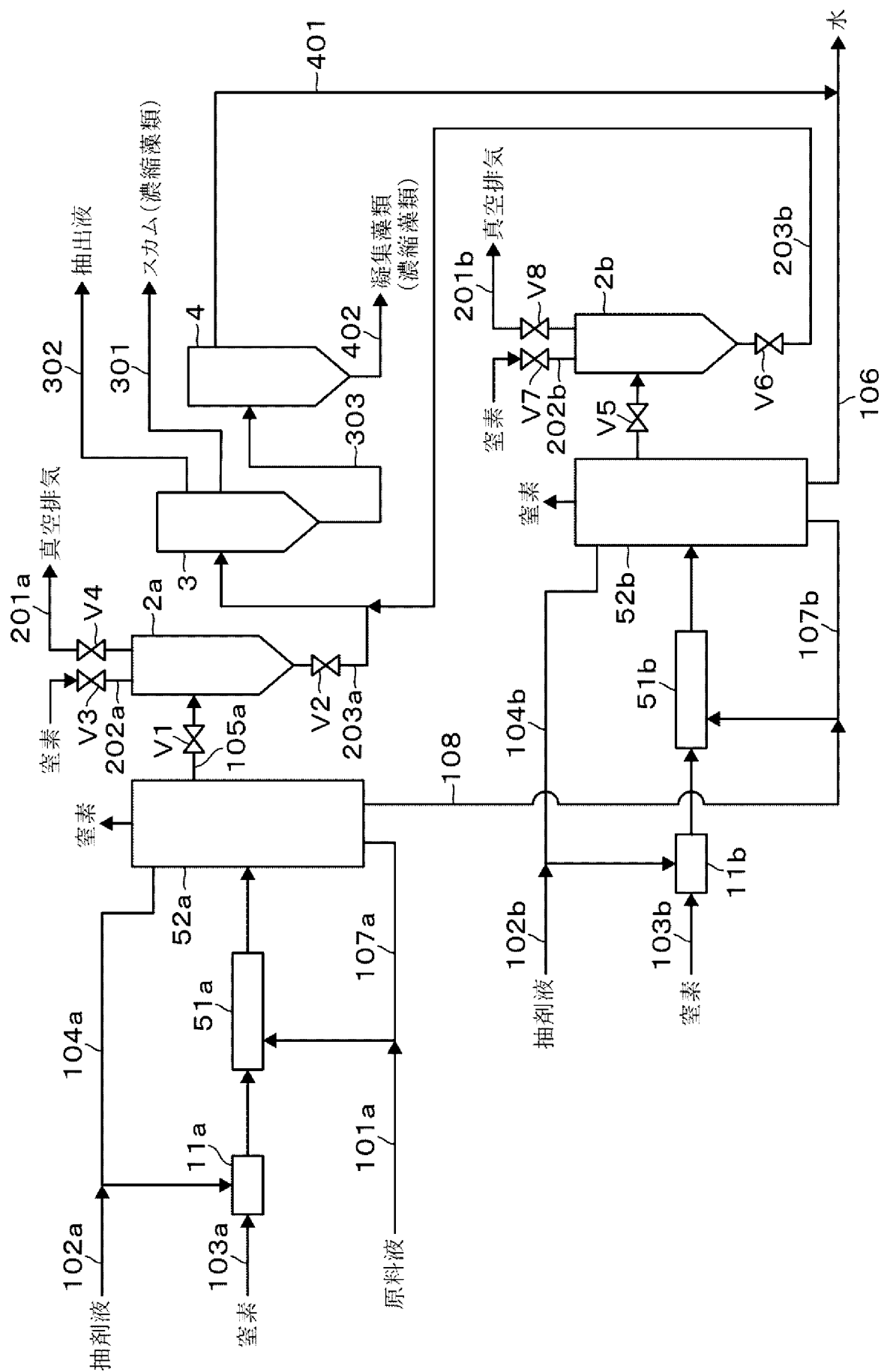
[図2]



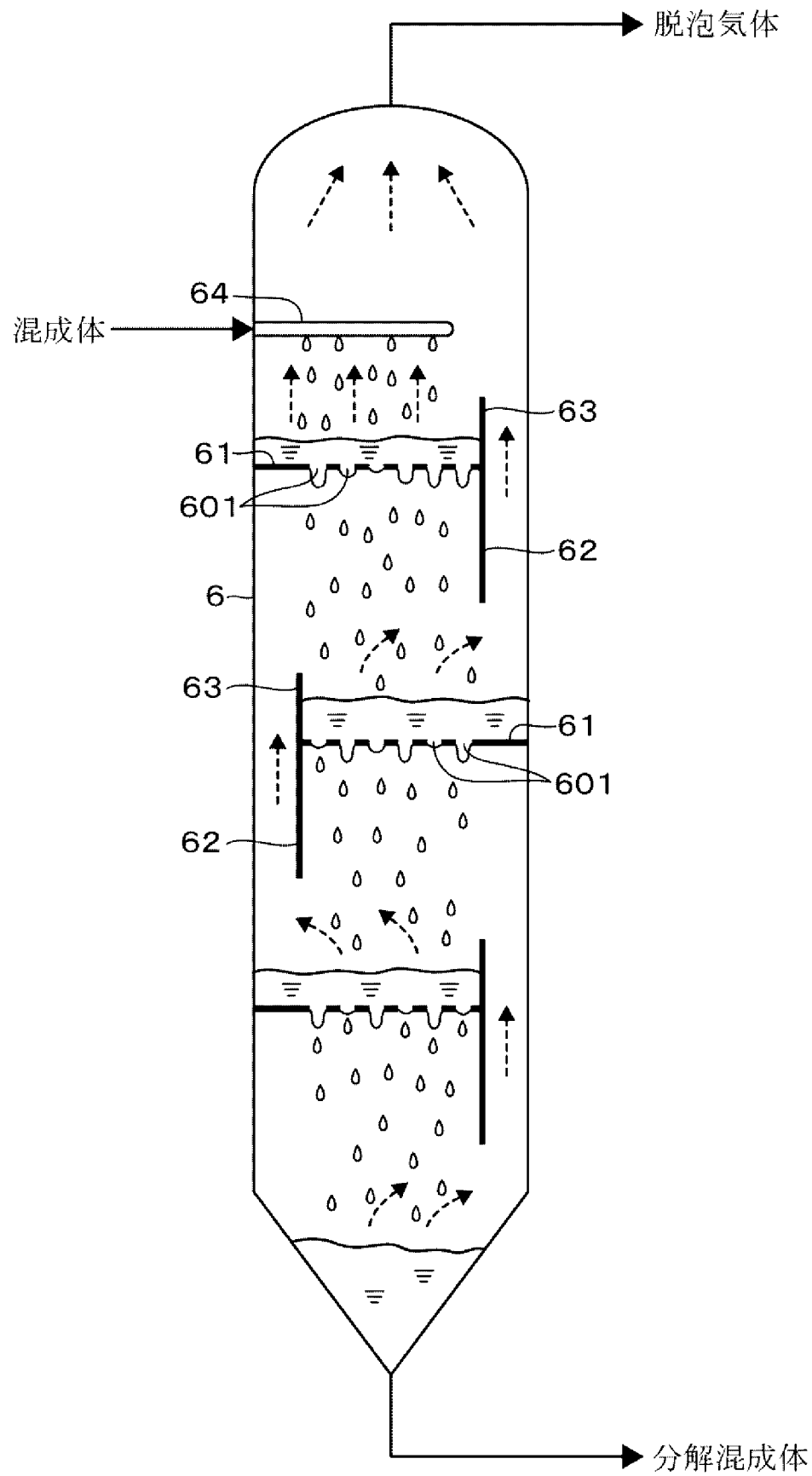
[図3]



[図4]



[図5]



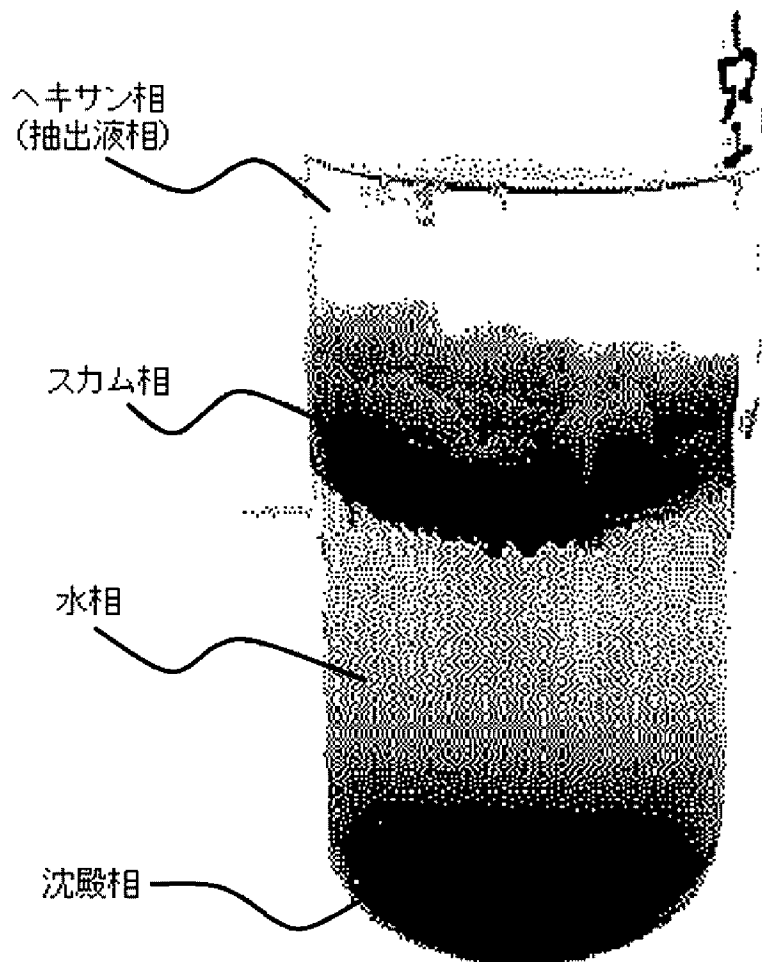
[図6]

<実施例8-1>



[図7]

<実施例8-2>



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/012614

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C12N1/02(2006.01)i, C12M1/02(2006.01)i, C12M1/06(2006.01)i

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)

C12N1/02, C12M1/02, C12M1/06

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII),
CAPLUS/MEDLINE/EMBASE/BIOSIS/WPIDS(STN)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>X</u>	US 2017/0051230 A1 (H R D Corp.), 23 February 2017 (23.02.2017), claims 1 to 7; paragraphs [0066], [0086]; fig. 4 to 6 & WO 2017/030592 A1	<u>1-10, 16,</u> <u>18-20</u> <u>11-13, 15</u> <u>14, 17</u>
<u>Y</u> <u>A</u>	US 2014/0093951 A1 (H R D Corp.), 03 April 2014 (03.04.2014), fig. 2, 3; paragraphs [0071], [0078], [0079] & JP 2013-507126 A & WO 2011/044194 A2 & EP 2486122 A2	<u>11-13, 15</u> <u>1-10, 14,</u> <u>16-20</u>
A	US 5910254 A (Eastman Chemical Co.), 08 June 1999 (08.06.1999), & JP 2001-507225 A & WO 1998/028081 A1	1-17

☒ 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
"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
06 June 2017 (06.06.17)

Date of mailing of the international search report
20 June 2017 (20.06.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/012614

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2015/0251194 A1 (James Madison Innovations, Inc.), 10 September 2015 (10.09.2015), (Family: none)	1-17
A	US 2011/0196163 A1 (FLEISCHER D. et al.), 11 August 2011 (11.08.2011), & WO 2011/053867 A1	1-17
A	WO 2013/024816 A1 (Kurita Water Industries Ltd.), 21 February 2013 (21.02.2013), & US 2014/0273173 A1	1-17
A	JP 2012-16316 A (Kabushiki Kaisha Shin Sangyo Sozo Kenkyusho), 26 January 2012 (26.01.2012), (Family: none)	1-17
A	JP 2010-111865 A (The University of Tokyo), 20 May 2010 (20.05.2010), (Family: none)	1-17
A	JP 2016-73916 A (Central Research Institute of Electric Power Industry), 12 May 2016 (12.05.2016), (Family: none)	1-17
A	JP 2010-5604 A (JGC Corp.), 14 January 2010 (14.01.2010), & US 2011/0210457 A1 & WO 2009/022753 A1 & EP 2179785 A1 & KR 10-2010-0041832 A & CN 101784334 A	1-17

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C12N1/02 (2006.01)i, C12M1/02 (2006.01)i, C12M1/06 (2006.01)i

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))

Int.Cl. C12N1/02, C12M1/02, C12M1/06

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)、CPlus/ MEDLINE/EMBASE/BIOSIS/WPIDS (STN)

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
<u>X</u> <u>Y</u> A	US 2017/0051230 A1 (H R D Corporation) 2017.02.23, 請求項1-7、[0066]、 [0086]、Figs.4-6 & WO 2017/030592 A1	<u>1-10, 16, 18-20</u> <u>11-13, 15</u> 14, 17
<u>Y</u> A	US 2014/0093951 A1 (H R D Corporation) 2014.04.03, Figs.2 & 3、[0071]、[0078]、 [0079] & JP 2013-507126 A & WO 2011/044194 A2 & EP 2486122 A2	<u>11-13, 15</u> 1-10, 14, 16-20
A	US 5910254 A (Eastman Chemical Company) 1999.06.08, & JP 2001-507225 A & WO 1998/028081 A1	1-17

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
「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矛盾するものではなく、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

06.06.2017

国際調査報告の発送日

20.06.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

宮岡 真衣

電話番号 03-3581-1101 内線 3448

4 B

4044

C (続き) . 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
A	US 2015/0251194 A1 (James Madison Innovations, Inc.) 2015.09.10, (ファミリーなし)	1-17
A	US 2011/0196163 A1 (FLEISCHER D. et al) 2011.08.11, & WO 2011/053867 A1	1-17
A	WO 2013/024816 A1 (栗田工業株式会社) 2013.02.21, & US 2014/0273173 A1	1-17
A	JP 2012-16316 A (株式会社新産業創造研究所) 2012.01.26, (ファミリーなし)	1-17
A	JP 2010-111865 A (国立大学法人 東京大学) 2010.05.20, (ファミリーなし)	1-17
A	JP 2016-73916 A (一般財団法人電力中央研究所) 2016.05.12, (ファミリーなし)	1-17
A	JP 2010-5604 A (日揮株式会社) 2010.01.14, & US 2011/0210457 A1 & WO 2009/022753 A1 & EP 2179785 A1 & KR 10-2010-0041832 A & CN 101784334 A	1-17