

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7647209号
(P7647209)

(45)発行日 令和7年3月18日(2025.3.18)

(24)登録日 令和7年3月10日(2025.3.10)

(51)国際特許分類	F I	
C 0 2 F 1/44 (2023.01)	C 0 2 F 1/44	A
B 0 1 D 63/08 (2006.01)	B 0 1 D 63/08	
B 0 1 D 65/02 (2006.01)	B 0 1 D 65/02	5 2 0
C 0 2 F 3/12 (2023.01)	C 0 2 F 3/12	S
C 0 2 F 3/20 (2023.01)	C 0 2 F 3/20	D
請求項の数 3 (全12頁)		

(21)出願番号	特願2021-45505(P2021-45505)	(73)特許権者	000003159 東レ株式会社 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号
(22)出願日	令和3年3月19日(2021.3.19)	(72)発明者	中島 直紀 滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社 滋賀事業場内
(65)公開番号	特開2022-144470(P2022-144470 A)	(72)発明者	井上 駿之介 滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社 滋賀事業場内
(43)公開日	令和4年10月3日(2022.10.3)	(72)発明者	酒井 憲司 滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社 滋賀事業場内
審査請求日	令和5年12月22日(2023.12.22)	(72)発明者	安東 秀明 滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社 滋賀事業場内
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 分離膜モジュール

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

シート状の分離膜を備えた分離膜エレメントの複数が膜面平行に並列に配置されてなる分離膜カセットと、
 複数の前記分離膜カセットを水平方向に隙間を空けて並べ、出し入れ可能に収容する筐体と、
 前記筐体の鉛直下方に配置され、中心管および中心管を覆う伸縮により開閉する散気スリットが多数形成された弾性シートから構成される微細気泡散気管を備えたエアレーションブロックと、
 を備えたものであり、
 前記分離膜カセットの鉛直下方投影面積を A、
 前記隙間の鉛直下方投影面積を B、
 前記分離膜カセットの鉛直下方投影面積 A 内に存在する弾性シートに形成された散気スリットの合計長さを N、
 前記隙間の鉛直下方投影面積 B 内に存在する弾性シートに形成された散気スリットの合計長さを M としたとき、
 $M \times A \div (N \times B)$ が 0.8 より小さいことを特徴とする
 分離膜モジュール。

【請求項2】

前記散気スリットが、前記分離膜カセットの鉛直下方投影面積内のみ存在することを特

徴とする

請求項 1 に記載の分離膜モジュール。

【請求項 3】

前記微細気泡散気管が複数、その長手方向に略直線上に並ぶように配置され、一組の散気群を形成し、

少なくとも一組の散気群の隣接する微細気泡散気管の先端同士の間形成される柱状空間であって、

前記柱状空間は、前記先端の長手方向に垂直な断面形状の一方を底面とし、もう一方を上面とし、前記先端同士の間を結ぶ最短距離を高さとする空間と定義され、

前記柱状空間の鉛直下方投影面積が、前記隙間の鉛直下方投影面積内に配置されることを特徴とする

10

請求項 1 または 2 に記載の分離膜モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、膜分離活性汚泥処理で使用される分離膜モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

現在、廃水処理方法として、膜分離活性汚泥法が普及しつつある。この方法は、通常の活性汚泥法の最終沈殿池の代わりに、精密ろ過膜あるいは限外ろ過膜等の分離膜を用いて膜分離処理する処理方法であって、生物反応槽内の被処理水中の生物量を高く保つことで、生物反応槽自体のサイズを小さくすることが出来ること、汚泥と処理水の分離は重力沈降によらず膜ろ過により行うため、処理水に懸濁物質が流出することがなく、清澄な処理水を得ることが出来ること、等の利点がある。中でも、分離膜モジュールを曝気槽内部に浸漬した浸漬型方式の膜分離活性汚泥法は、曝気エネルギーを酸素供給と膜面洗浄に兼用できるため、分離膜モジュールを曝気槽外部に設置し循環ポンプが必要な外部循環方式の膜分離活性汚泥法に比べて必要動力が少なく、最終沈殿池が不要となるため省スペースとなり、膜価格の低下などと併せて、急速に普及してきている。

20

【0003】

浸漬型方式の膜分離活性汚泥法による膜分離処理を行う際には、通常、分離膜表面を洗浄するため、分離膜の下方に散気装置（エアレーションブロック）に配設された散気管から気泡を発生（曝気）させ、この気泡によって発生する気液混合上向流を分離膜表面に作用させて膜面洗浄することが行われている。一般的に、分離膜表面を流れる気泡は、多いほど、分離膜表面の堆積汚泥に作用する単位時間当たりの剪断力を増やすことができ、分離膜表面の洗浄効率を高めることができる。また、気泡サイズは大きいほど、剪断力を増やすことができ、洗浄には効果的だが、酸素の溶解効率が低いいため、生物処理に必要な空気量（散気量）が大きくなり、散気効率が低下するという問題がある。このことから、特許文献 1 では、散気管としてゴムやウレタン等の部材に微小な散気スリットを設けたメンブレンタイプの微細気泡散気管を用いた処理方法が提示されている。

30

【0004】

また、特許文献 2 では、浸漬型分離膜モジュールとして、複数の分離膜エレメントを収容した分離膜カセットを、筐体に収容し、下方に散気装置が設置された分離膜モジュールが示されており、分離膜カセットを構成する膜エレメントの一部に故障が生じたときに、そのメンテナンス、すなわち故障した膜エレメントまたは分離膜カセットの取り出しまたは交換が容易に行えるように、分離膜カセットをスライド式に筐体に出し入れ容易な構造が開示されている。

40

また、特許文献 3 では、散気エア均一化のため、散気管長手方向に大きさの異なる散気スリットを配置したり、散気スリットを封止する箇所を設ける微細気泡散気管構成が開示されている。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2010-82597号公報

【文献】特許第6164216号公報

【文献】特開2012-24647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、特許文献2に記載の形態の分離膜モジュールを運転すると、散気装置によって吐出されたエアが、本来エアを供給したい分離膜エレメントだけではなく、分離膜カセット間の隙間領域や、筐体と分離膜カセットとの隙間領域にも供給されてしまうため、エアによる膜面洗浄効率が低下してしまい、エネルギー効率が悪化する場合があった。上記した課題に対し、前記隙間領域に、エア流入を抑制するための邪魔板を設置する構成で改善を図ることも考えられるが、隙間領域を避けたエアは分離膜カセットの端部（隙間領域近傍）に流入しやすく、分離膜カセット中央よりも端部の膜間に流入するエアが多くなることで洗浄ムラが発生したり、隙間領域の流れが完全に無くなると、滞留部に汚れが堆積し、堆積した汚れが分離膜カセットの端部まで拡大することで、流路の閉塞を起こし、分離性能の低下を発生させる可能性があり、十分でない。

10

また、特許文献3には、あくまで長手方向に散気エアの均一化を図る散気管構成が記載されているだけで、散気管鉛直上方に分離膜カセットと分離膜カセット間の隙間がある場合に、散気エアを流入させたい場所（分離膜カセット内）と流入させたくない場所（分離膜カセット間の隙間内）に対して散気エアを制御する方法は、記載されていない。

20

本発明の目的は、分離膜カセット間に隙間がある場合でも、散気装置から供給されたエアを無駄なく分離膜カセット内に流入させることで、エアによる膜面洗浄力を向上させ、分離性能とエネルギー効率を最大限発揮させることが可能な分離膜モジュールを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、かかる課題を解決するため、以下の構成を有するものである。

(1) シート状の分離膜を備えた分離膜エレメントの複数が膜面平行に並列に配置される分離膜カセットと、複数の前記分離膜カセットを水平方向に隙間を空けて並べ、出し入れ可能に収容する筐体と、前記筐体の鉛直下方に配置され、中心管および中心管を覆う伸縮により開閉する散気スリットが多数形成された弾性シートから構成される微細気泡散気管を備えたエアレーションブロックと、を備えたものであり、前記分離膜カセットの鉛直下方投影面積をA、前記隙間の鉛直下方投影面積をB、前記分離膜カセットの鉛直下方投影面積A内に存在する弾性シートに形成された散気スリットの合計長さをN、前記隙間の鉛直下方投影面積B内に存在する弾性シートに形成された散気スリットの合計長さをMとしたとき、 $M \times A \div (N \times B)$ が0.8より小さいことを特徴とする分離膜モジュール。

30

(2) 前記散気スリットが、前記分離膜カセットの鉛直下方投影面積内のみが存在することを特徴とする(1)に記載の分離膜モジュール。

40

(3) 前記微細気泡散気管が複数、その長手方向に略直線上に並ぶように配置され、一組の散気群を形成し、少なくとも一組の散気群の隣接する微細気泡散気管の先端同士の間形成される柱状空間であって、前記柱状空間は、前記先端の長手方向に垂直な断面形状の一方を底面とし、もう一方を上面とし、前記先端同士の間を結ぶ最短距離を高さとする空間と定義され、前記柱状空間の鉛直下方投影面積が、前記隙間の鉛直下方投影面積内に配置されることを特徴とする(1)または(2)に記載の分離膜モジュール。

【発明の効果】

【0008】

本発明の分離膜モジュールは、微細気泡散気管から供給されたエアを無駄なく分離膜カセット内に流入させることができ、エアによる膜面洗浄力を向上させ、分離性能とエネルギー

50

一効率を最大限発揮できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明で用いられる従来技術の分離膜カセットの一実施形態を示す概略斜視図

【図2】本発明で用いられる従来技術の分離膜モジュールの一実施形態を示す概略斜視図

【図3】本発明のエアレーションブロックの一実施形態を示す概略斜視図

【図4】本発明の微細気泡散気管の一実施形態を示す(a)概略斜視図と(b)概略断面図

【図5】本発明の分離膜モジュールの一実施形態を示す概略側面図

【図6】本発明の微細気泡散気管の配置の一実施形態を示す概略上面図

【図7】本発明の微細気泡散気管の配置の一実施形態を示す概略上面図

10

【図8】本発明の微細気泡散気管の配置の一実施形態を示す概略上面図

【図9】本発明の微細気泡散気管の配置の一実施形態を示す概略上面図

【図10】本発明の微細気泡散気管の配置の一実施形態を示す概略上面図

【図11】本発明の微細気泡散気管の配置の一実施形態を示す概略上面図

【図12】本発明の微細気泡散気管の配置の一実施形態を示す概略上面図

【図13】捕集位置と捕集空気量の関係を示したグラフ

【図14】従来の微細気泡散気管の配置の一実施形態を示す概略上面図

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明の分離膜モジュールを、図面を参照して以下に説明する。

20

図1は本発明で用いられる従来技術の分離膜カセット14の一実施形態を示す概略斜視図である。分離膜カセット14は、複数の分離膜エレメント15を有する。分離膜エレメントは、平膜構造をしたエレメントであれば特に限定されるものではないが、特許文献2に記載の分離膜エレメントを好適な例として挙げる事ができる。すなわち、透過側の面同士が対向するように分離膜を貼り合わせるに際し、膜の周縁部の一部に集水部を設け、かつ集水部以外の周縁部を封止している。封止した周縁部よりも内側の分離膜の透過側表面領域に、樹脂部を配置し、この樹脂部で両側の分離膜の一部を接着させた構造を有することで、膜どうしの固定と透過水流路を確保する。分離膜を透過した水は、平膜に挟まれた内部の集水流路を通して、集水部に取り付けられた集水ノズル16を経由して分離膜エレメントの系外に取り出される。

30

分離膜カセット14は、例えば、分離膜エレメント15の四隅に設けた貫通孔にそれぞれシャフト19を通すようにして、複数の分離膜エレメントを膜面平行に並べることで構成される。隣接する分離膜エレメント間には、クリアランス保持部材(図示せず)が設けられ、分離膜エレメント間に空間を持たすことで、被処理水およびエアの流路を確保する。また、分離膜カセットの両端部(膜面平行に並べた分離膜エレメントの両端部)には、筐体に收容する際に膜面への物品衝突による傷防止のためや、運転中の膜エレメント揺動による膜エレメント間距離の変動規制のために、膜保護板18が備えられている。膜保護板18は、高い剛性を有し、組立中に掛かる荷重や運転中に作用する流体力などの外力に対して変形が小さいものが好ましいが、材質や構造は特に限定されない。また、膜保護板18は、分離膜エレメント15と同様に四隅に設けた貫通孔にシャフト19を通すようにして、互い違いに配置された複数の分離膜エレメント15とクリアランス保持部材(図示せず)を両端から挟み、ねじ切りをした(図示せず)シャフト19の両端部にナットなどの固定部材20を用いることで固定でき、分離膜カセット14を構成する各部材を一体化できる。

40

図2は本発明で用いられる従来技術の分離膜モジュール13の一実施形態を示す概略斜視図である。分離膜モジュール13は、エレメントブロック8とエアレーションブロック12で構成され、エレメントブロック8において筐体21は、分離膜カセット14を並列に收容するためのラックの役割を果たす構造物である。筐体21の下部には、エアレーションブロック12が配設され、筐体21は鉛直方向(Z軸方向)の下部および上部に、分離膜カセット内にエアや汚泥流が流れるようにするための、開口部を有する。筐体21は工

50

エアレーションブロック 12 とはボルト等で結合されていても良いし、エアレーションブロックの上部にガイド等を介して載置させても良い。エレメントブロック 8 は、前面（Y 軸方向側面）にも分離膜カセットを出し入れ可能な開口部を有する。このような構造にすることで、分離膜カセット毎に筐体から着脱可能となるため、メンテナンスおよび分離膜エレメントの取り出しまたは交換を容易にすることができる。また、分離膜カセットを出し入れする際、シャフト 19（図 1 参照）の端部ないしは固定部材 20（図 1 参照）を通過せしめるための溝ガイド 22（切り欠きガイド）を筐体に備えることが好ましい。こうすることで、分離膜カセットを懸架させる際の位置決めになるとともに、組立性が向上する。さらには、分離膜カセットと上下側面の開口部との空隙の距離を狭くすることも可能となるため、分離膜エレメントの充填率をさらに上げることができる。分離膜カセットを設置させた後に、筐体の前背面（Y 軸方向側面）の開口部には、側板 34 を、筐体の両端面（X 軸方向側面）の開口部には、サイド板 33 を設置し、開口を閉塞させたほうが、エアレーションブロック 12 からエレメントブロック内に流入したエアをエレメントブロック外に逃がすことなく有効活用できるため、膜の洗浄性能上好ましい。

10

筐体 21 は、分離膜カセット 14 を鉛直または水平方向に複数積載できる構造である。各分離膜カセットは複数の開口部を介して略水平方向に出し入れ可能な位置に、隙間を空けて配置される。図 2 では、水平方向に 3 基の並列した分離膜カセットを鉛直方向に 1 段配置した例を示したが、特にこれに限定されず、浸漬する槽のサイズ、要求される処理能力、等々に応じ任意に水平方向、鉛直方向の配置数を設定することが可能である。特に、鉛直方向に多段に分離膜カセットを積載する際には、省スペース化が図れるとともに、エアレーションブロックから散気される散気エアの占める鉛直方向単位面積当たりの膜面積を大幅に上げることができるため省エネルギー化を図ることができる。

20

【0011】

図 3 は本発明で用いられるエアレーションブロック 12 の一実施形態を示す概略斜視図である。枠体 23 は、その構成は特に限定されないが、スカート部 24 と脚部 25 とで構成されており、スカート部 24 は鉛直方向（Z 軸方向）の下部および上部に、脚部 25 は水平方向（X 軸、Y 軸方向）の側面部に、エアや汚泥流を流せるようにするための開口部を有する。また、枠体 23 には分岐管 26 とそれに接続される微細気泡散気管 9 が設置されている。微細気泡散気管 9 は、スカート部 24 に内包される高さに配置しても良いし、脚部 25 に内包される高さに配置しても構わない。分岐管 26 と微細気泡散気管 9 は枠体 23 の内部で接続されても良いし、外部で接続されても構わず、また、図 3 では 1 つの分岐管 26 が枠体 23 の片側に配置されているが、例えば、2 つの分岐管が、枠体の両側から対向するように配置されたり、片側に並ぶように配置されたりしても構わず、その配置や個数は特に限定されない。

30

ここで、微細気泡散気管 9 の構造と動作について、図 4（a）の概略斜視図と、図 4（b）の概略断面図を用いて説明する。微細気泡散気管 9 は、中心部に支持管 30 があり、この支持管 30 の外周全面を覆うように弾性シート 29 が設けられ、弾性シート 29 の長手方向両端部は、環状固定具 31 により締め付けられ固定されている。弾性シート 29 には複数の散気スリット 35 が形成されている。散気スリットの長手方向の長さ L は 0.1 ~ 10 mm が好ましく、長さ 0.5 ~ 5 mm が微細気泡吐出の観点からより好ましい。支持管 30 の片端は接続管 32 と接続しており、接続端付近に貫通流路 28 が設けられている。接続管 32 から供給されたエアは貫通流路 28 を通り、支持管 30 と弾性シート 29 の間に入り、弾性シート 29 を膨張させる。弾性シート 29 が膨張したことによって散気スリット 35 が開き、供給された空気が微細気泡となって、曝気槽内の液中に噴出される。エア供給が停止した時には弾性シート 29 が収縮して散気スリット 35 が閉じるので、微細気泡が放出されない時に散気スリットから槽内の微生物含有液が散気管内に流入することがなく、膜ろ過運転を行う過程で微生物含有液中の汚泥による散気スリットの閉塞や散気管内の汚れを防ぐことができる。また、本発明の微細気泡散気管では、エア吐出位置の制御のため、弾性シート 29 に散気スリット 35 を配さない領域 E を設けることができる。

40

【0012】

50

弾性シート 29 の材質については特に限定されず、エチレンプロピレンジエンゴム (EPDM)、シリコンゴム、ウレタンゴムなどの合成ゴムや、その他の弾性材を適宜選択して使用することができる。なかでも、エチレンプロピレンジエンゴムは耐薬品性に優れるので好ましい。

【0013】

接続管 32 および支持管 30 の材質としては、散気による振動などの負荷によって破損しない剛性を持つ材質であれば特に限定されるものではない。例えば、ステンレスなどの金属類、アクリロニトリルブタジエンスチレン樹脂 (ABS 樹脂)、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ塩化ビニルなどの樹脂、繊維強化樹脂 (FRP) などの複合材料、その他の材質などを好ましく使用することができる。

10

また、支持管 30 のサイズは、エアレーションブロックのサイズや散気条件に適したサイズを選択可能であり、また、長手方向から見た断面は、円形でも良いし、楕円形でもその他の形状でもよい。

図 5 は本発明で用いられる分離膜モジュール 13 の一実施形態を示す概略側面図である。本発明の実施形態では、並列配置した分離膜カセット 14 の鉛直下方投影面積を A、分離膜カセット間の隙間の鉛直下方投影面積を B とする。ここで、並列配置した分離膜カセット 14 間の隙間とは図示の通り、分離膜カセット 14 にある膜保護板 18 の下端部同士の隙間のことを言い、また、膜保護板 18 とサイド板 33 との隙間もこれに含まれる。すなわち、投影面積 B とは、膜保護板 18 同士の隙間と、膜保護板 18 とサイド板 33 との隙間を合わせた鉛直下方投影面積のことを言う。

20

図 6 ~ 図 12 は本発明で用いられるエアレーションブロック 12 での微細気泡散気管 9 の配置の実施形態を示す概略上面図である。

図 6 では、枠体 23 の X 軸方向片側に配置された分岐管 26 に複数本 (図 6 では 2 本) の微細気泡散気管 9 が接続されている。従来の微細気泡散気管では、弾性シート長手方向全域に渡って散気スリット 35 が設けられていることが多いが、図 6 に示される本発明の微細気泡散気管 9 では、弾性シートに散気スリットが無い領域 E が設けられており、投影面積 A 内に存在する散気スリットの合計長さを N とし、投影面積 B 内に存在する散気スリットの合計長さを M としたとき、投影面積 B 内に存在する散気スリットの投影面積当たりの合計長さ M と、投影面積 A 内に存在する散気スリットの投影面積当たりの合計長さ N との比が 0.8 より小さくなる (すなわち、 $(M/B) / (N/A) = M \cdot A / (N \cdot B) < 0.8$ となる) ことを特徴とする。これにより、弾性シート長手方向全域に渡って散気スリットが設けられている従来の散気管構成 (すなわち、 $M \cdot A / (N \cdot B) = 1$) に対し、吐出されたエアを、分離膜カセット間の隙間領域や、サイド板と分離膜カセットとの隙間領域でなく、本来エアを供給したい分離膜カセット内に流入させることができ、膜面洗浄効率を向上させ、エネルギーを有効活用できる。ここで、投影面積内に存在する散気スリットの合計長さとは、投影面積内に存在する散気スリットの個数と散気スリットの長手方向の長さ L を掛け合わせた値のことを言う。このとき、弾性シート端部に設けられた環状固定具 31 (図 4 参照) の端部側に設けられた散気スリットは、エアを吐出しないため散気スリットの合計長さには含めず、散気スリットの合計長さには散気が行われる散気スリットのみをカウントする。

30

40

また、図 7 では、投影面積 B 内に全域に渡って散気スリットが無い領域 E を設けることで、散気スリットすべてが、投影面積 A 内に存在する構成 (すなわち、 $M \cdot A / (N \cdot B) = 0$) になっており、分離膜カセット間の隙間領域へのエア供給抑制の観点から、図 6 の構成よりも好ましい。しかしながら、散気スリットが無い領域 E を大きくし過ぎると、分離膜カセットの X 軸方向両端部 (投影面積 A と領域 E が重なる範囲) に流入するエアが減ってしまうため、領域 E の X 軸方向長さは、投影面積 B の X 軸方向長さと同等程度が好ましい。

また、図 8 に示すように、枠体 23 の X 軸方向片側にある分岐管 26 を、投影面積 B 内に入るように配置したり、X 軸方向反対側の散気管端部を短くしたりすることで、投影面積 B 内に存在する散気スリットを減らしても構わない。こうすることで、弾性シートに散気

50

スリットが無い領域Eを設けることと同様の効果を持たせながら、設置する微細気泡散気管の長さを減らせるため、コストの面で図6より好ましい。

図9に示すように、枠体23のX軸方向片側に配置された分岐管26に、U字状の1本の微細気泡散気管9の両端が接続されていても良いし、また、図10のように、枠体23のX軸方向両側に対向するように配置された2つの分岐管26に、直線状の散気管9が複数本(図10では3本)、その両端が接続されていても良い。微細気泡散気管は、その構成上(図4参照)、長手方向上流側の散気スリットのエア吐出量が多く、下流側が少なくなる傾向を有するため、図10のようにX軸方向両側から2つの分岐管を用いて散気するほうが、微細気泡散気管長手方向の散気ムラ低減という観点から好ましいが、一方で図9のように、X軸方向片側から1つの分岐管と用いて散気するほうが、モジュールの製造コストの観点から好ましい。分岐管の配置は、散気ムラや製造コストの観点、その他エアレーションブロックのサイズや必要とされる散気流量、槽における配管の取り回し等を考慮して、その構成を自由に選択可能である。

10

また、図11に示すように、枠体23のX軸方向両側に対向するように配置された2つの分岐管26に、それぞれ直線状の散気管9が複数本(図11では3本ずつ)接続されており、対向する散気管同士が、その長手方向に略直線上に並ぶように配置され、一組の散気群を形成している。その少なくとも一組の散気群の散気管の先端同士の空間Fが、投影面積B内に配置されることを特徴とする。微細気泡散気管は、その構成上(図4参照)、長手方向上流側の散気スリットのエア吐出量が多く、下流側が少なくなる傾向を有するため、複数本の散気管を使用する場合は、同等の長さを持つ散気管を使用し傾向を統一することが一般的であり、そのため従来の散気管構成では、奇数個が並列に配置された分離膜カセットに対し、散気管を対向して配置する場合、散気管の先端同士の空間Fが中央の分離膜カセットの鉛直下方投影面積内に位置することが多かった。これに対し、図11に示す本発明の実施形態では、長さが異なる散気管を用いても、散気管の先端同士の空間Fを、投影面積B内に配置することで、結果的に中央の分離膜カセット内に流入する散気エアを増やすことができ、流入するエア量を分離膜カセット間で平準化できる観点から、好ましい。また、図12に示すように、枠体23のY軸方向片側にある複数(図12では3つ)の分岐管26に、長手方向がX軸方向となるように直線状の微細気泡散気管9をそれぞれ複数本(図12では6本ずつ)配置し、長手方向に略直線上に並ぶように一組の散気群を形成してもかまわない。図12の構成は、図11の構成に比べて、配管の取り回しが複雑になったり、必要部品点数が増加するデメリットを有するが、並列する分離膜カセットが多い場合に、各分離膜カセットに流入するエアを均一にできるという点でメリットを有する。

20

30

【実施例】

【0014】

以下、図1～図5、図11に示した構成を用いて、本発明の実施の一例を詳細に説明する。なお、本発明は以下の実施例によってなんら限定されるものではない。

【0015】

(比較例1)

ポリエステル不織布にポリフッ化ビニリデン膜がコーティングされた複合平膜を貼り付けた膜エレメント15(縦800mm、幅480mm、厚み約1.8mm)50枚を、隣り合う膜エレメント同士の空隙が6mmとなるように平行に配置し、膜保護板18を取り付け、分離膜カセット14を作製した。

40

次に、高さ約835mm×幅内寸約1415mm×奥行内寸約485mmの筐体21に、図2のように、分離膜カセット14を幅方向(X軸方向)に3基、高さ方向(Z軸方向)に1段となるように配置し、サイド板33と側板34を取り付け、上下のみが開口するようにエレメントブロック8を作製した。このとき、膜保護板同士の隙間のX軸方向距離は81mm、膜保護板とサイド板との隙間の距離は20.5mmとなった。また、膜保護板同士の隙間2箇所には、筐体の下部から約80mmと405mmの高さ位置に、開口面積の約97%を占める邪魔板37をそれぞれ2枚設置した。

50

【 0 0 1 6 】

次に、エレメントブロック 8 を、エアレーションブロック 1 2 (高さ 4 6 0 mm × 内寸幅 1 4 1 5 mm × 内寸奥行 4 8 5 mm、脚部 2 5 の高さ 2 4 0 mm) の上に載置した。

【 0 0 1 7 】

微細気泡散気管 9 は、支持管 3 0 の外径が 6 2 mm であり、長手方向全長が 8 0 2 mm と 7 2 2 mm のものを 2 種類 3 本ずつ準備し、図 1 4 のように、枠体 2 3 の X 軸方向両側に対向するように配置された 2 つの分岐管 2 6 から、それぞれ直線状の散気管を軸同士の距離が 1 8 0 mm になるように 3 本ずつ接続し、対向する散気管同士が、その長手方向に略直線上に並ぶように散気群を形成させ、かつ、対向する散気管の先端同士の隙間が互い違いになるように配置した。このとき、対向する散気管の先端同士の空間 F の距離は 4 2 mm となり、空間 F はすべて 3 基あるうちの中央の分離膜カセットの鉛直下方投影面積内 (すなわち、投影面積 A 内) に配置された。また、すべての散気管は、エアレーションブロック 1 2 の上端から 3 3 7 mm 下方の一平面上に中心軸が位置するように設置した。微細気泡散気管 9 の弾性シート 2 9 (図 4 参照) は、散気スリット 3 5 がスリット長さ $L = 2$ mm、長手方向間隔 2 mm、周方向間隔 2.5 mm の千鳥状等間隔で多数並んでおり、材質はエチレンプロピレンジエンゴムを使用した。このとき、 $A = 0.588$ m²、 $B = 0.098$ m²、 $N = 0.197$ m、 $M = 0.034$ m であり、 $M \cdot A / (N \cdot B) = 1.04$ である。

10

作製した分離膜モジュールを槽内に設置し、エレメントブロック上端から上部 5 0 0 mm に水面が位置するように水を入れ、散気を行った。総散気量は 7 8 Nm³/min に設定した。ここで、Nm³ (ノルマルリューベ) / min とは、1 分あたりに流れる基準状態 (圧力 1 0 1 3 hPa、温度 0 °C、湿度 0 %) の空気量を指す。

20

エアレーションブロックから水面へと上昇する気泡を、水面から深さ 9 0 mm まで入水させた円筒 (内径 5 0 mm) を用い捕集し、円筒の上部から抜ける空気量を、チューブを介して接続した流量計 (KEYENCE 製、FD-A10) を用いて定量的に測定した。測定点は、エレメントブロック幅方向の中心を対称にしてピッチ 1 1 0 mm で 1 3 点、奥行き方向の中心を対称にしてからピッチ 9 0 mm で 5 点の計 6 5 点とした。測定は、サンプリング間隔 1 秒で各点 1 5 秒測定し平均値を取得した。

図 1 3 は、横軸に幅方向 (X 軸方向) の座標 (エレメントブロック中心が 0) を、縦軸に測定した捕集空気量を示すグラフである。プロットされた値は、奥行き方向 5 点の測定値を平均した値である。また表 1 には、分離膜カセット間の隙間直上の測定点 (X = - 2 2 0、2 2 0 の計 1 0 点) での測定値の平均値 Q と、分離膜カセット直上の測定点 (X = - 2 2 0、2 2 0 を除く計 5 5 点) での測定値の平均値 P を示す。その結果、 $P = 1.41$ 、 $Q = 1.33$ となり、どちらも同等の値となった。カセット間直上での捕集空気量が多いことから、カセット間を通過したエアが多いと考えられ、その分エアを有効活用できていないと言える。

30

【 0 0 1 8 】

【表 1】

【表 1】

	M・A/(N・B)	P[L/min]	Q[L/min]
比較例 1	1.04	1.41	1.33
実施例 1	0.79	1.44	1.19
実施例 2	0.39	1.48	0.93

40

【 0 0 1 9 】

(実施例 1)

実施例 1 では、散気管の長手方向全長を 8 0 2 mm から 1 0 0 4 mm に、7 2 2 mm から 5 2 0 mm に変更し、すべての散気群の散気管の先端同士の空間 F を、図 1 1 のように投影面積 B 内に配置させた以外は、比較例 1 と同様に分離膜モジュールを作製し、測定を

50

行った。このとき、 $M \cdot A / (N \cdot B) = 0.79$ である。その結果、捕集空気量は図13のようになり、表1のように、 $P = 1.44$ 、 $Q = 1.19$ となり、カセット間直上では、比較例1に比べて捕集空気量が10.6%減少している。このことから、カセット間に流入するエアが減り、分離膜カセット内に流入するエアが増え、エアの使用効率が上昇したと考える。

(実施例2)

実施例2では、分離膜カセット間の隙間2箇所の鉛直下方にある散気スリットを、隙間のX軸方向距離と同じ長さの81mm分、長手方向に無くした以外は、実施例1と同様に分離膜モジュールを作製し、測定を行った。このとき、 $M \cdot A / (N \cdot B) = 0.39$ である。その結果、捕集空気量は図13のようになり、表1のように、 $P = 1.48$ 、 $Q = 0.93$ となり、カセット間直上では、比較例1に比べて捕集空気量が30.2%減少している。このことから、カセット間に流入するエアが減り、分離膜カセット内に流入するエアが増え、エアの使用効率が上昇したと考える。

【符号の説明】

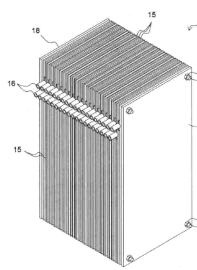
【0020】

8	エレメントブロック	
9	微細気泡散気管	
12	エアレーションブロック	
13	分離膜モジュール	
14	分離膜カセット	20
15	分離膜エレメント	
16	集水ノズル	
18	膜保護板	
19	シャフト	
20	固定部材	
21	筐体	
22	溝ガイド(切り欠きガイド)	
23	枠体	
24	スカート部	
25	脚部	30
26	分岐管	
28	貫通流路	
29	弾性シート	
30	支持管	
31	環状固定具	
32	接続管	
33	サイド板	
34	側板	
35	散気スリット	
37	邪魔板	40
A	分離膜カセットの鉛直下方投影面積	
B	分離膜カセット間の隙間の鉛直下方投影面積	
E	弾性シートの散気スリットが無い領域	
F	一組の散気群の先端同士の空間	
L	散気スリットの長手方向の長さ	
M	投影面積B内に存在する散気スリットの合計長さ	
N	投影面積A内に存在する散気スリットの合計長さ	
P	実施例における分離膜カセット直上の測定点での測定値の平均値	
Q	実施例における分離膜カセット間の隙間直上の測定点での測定値の平均値	

【図面】

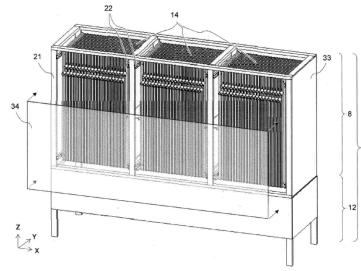
【図 1】

【図 1】



【図 2】

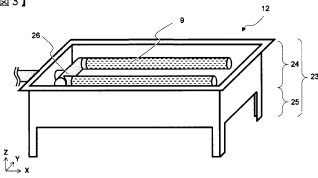
【図 2】



10

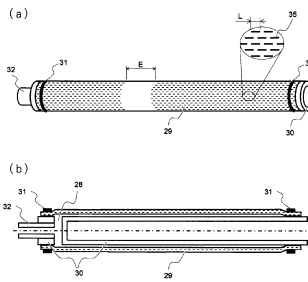
【図 3】

【図 3】



【図 4】

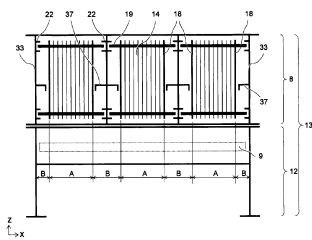
【図 4】



20

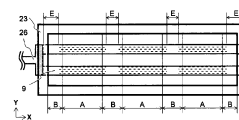
【図 5】

【図 5】



【図 6】

【図 6】



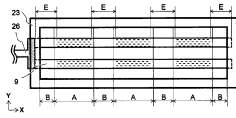
30

40

50

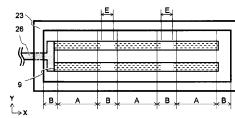
【図 7】

【図 7】



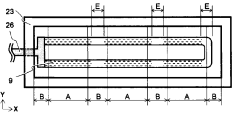
【図 8】

【図 8】



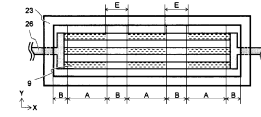
【図 9】

【図 9】



【図 10】

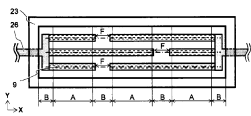
【図 10】



10

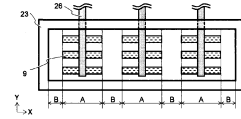
【図 11】

【図 11】



【図 12】

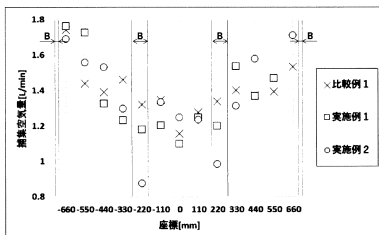
【図 12】



20

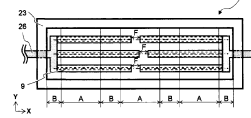
【図 13】

【図 13】



【図 14】

【図 14】



30

40

50

フロントページの続き

審査官 目代 博茂

- (56)参考文献 国際公開第2014/010554(WO, A1)
特開2012-176396(JP, A)
特開2017-124356(JP, A)
特開平11-300177(JP, A)
特開2010-082597(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B01D61/00-71/82
C02F1/44
C02F3/12-3/26