

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5304250号
(P5304250)

(45) 発行日 平成25年10月2日(2013.10.2)

(24) 登録日 平成25年7月5日(2013.7.5)

(51) Int. Cl.	F I
CO2F 1/44 (2006.01)	CO2F 1/44 F
BO1D 63/08 (2006.01)	BO1D 63/08
BO1D 71/34 (2006.01)	BO1D 71/34
BO1D 61/20 (2006.01)	BO1D 61/20
BO1D 65/02 (2006.01)	BO1D 65/02 520

請求項の数 9 (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-542524 (P2008-542524)
 (86) (22) 出願日 平成20年4月21日(2008.4.21)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2008/057655
 (87) 国際公開番号 W02008/139836
 (87) 国際公開日 平成20年11月20日(2008.11.20)
 審査請求日 平成23年4月8日(2011.4.8)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-125300 (P2007-125300)
 (32) 優先日 平成19年5月10日(2007.5.10)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-264096 (P2007-264096)
 (32) 優先日 平成19年10月10日(2007.10.10)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(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
 (72) 発明者 高島 寛生
 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
 (72) 発明者 成瀬 麻美
 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
 (72) 発明者 杉田 和弥
 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
 (72) 発明者 北中 敦
 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】 浸漬型膜分離装置およびその運転方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被処理液を貯留した処理槽内に浸漬設置される浸漬型膜分離装置であって、平膜を分離膜として配設した分離膜エレメントの複数が膜面平行に並列で配置されてなる分離膜モジュールと、該分離膜モジュールの鉛直下方に設置された複数の微細気泡散気管と、該微細気泡散気管へ気体を供給するための複数の気体供給管とを備え、複数の気体供給管が、分離膜モジュールの鉛直下方部分を挟み対向するように配置され、気体供給管に接続された複数の微細気泡散気管が、分離膜エレメントの膜面に交差する方向に延び、かつ、その長手方向が、分離膜モジュールの鉛直下方部分において、長さの異なる微細気泡散気管を略直線上に並ぶように配列させ、対向する微細気泡散気管の先端同士を近接位置とし、配列された複数の微細気泡散気管の列において微細気泡散気管の先端位置が不揃いとなるように組み合わせで配列すること、若しくは、長さの同じあるいは異なる微細気泡散気管を略直線上に並ぶように配列させ、対向する微細気泡散気管の先端部分が重なるように配列することを特徴とする浸漬型膜分離装置。

【請求項2】

略直線上における微細気泡散気管の先端位置が、1列毎にもしくは複数列毎に、互い違いになるように配されていることを特徴とする請求項1に記載の浸漬型膜分離装置。

【請求項3】

対向する気体供給管について、気体供給管に接続された複数の微細気泡散気管の長手方向長さの総和の差が、10%以内であることを特徴とする請求項1に記載の浸漬型膜分離

装置。

【請求項 4】

前記複数の微細気泡散気管が、長手方向軸とは直角方向に 80 ~ 200 mm の間隔を置いて設置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の浸漬型膜分離装置。

【請求項 5】

対向する気体供給管が、それぞれ別の気体供給装置から気体を供給されることを特徴とする請求項 1 に記載の浸漬型膜分離装置。

【請求項 6】

前記微細気泡散気管が、少なくとも、筒状の支持管と、微細スリットが形成された弾性シートとを有し、前記弾性シートが前記支持管の外周を覆うように配置され、前記弾性シートと前記支持管の間に気体を供給した際に、前記弾性シートの微細スリットが開くことにより、微細気泡が散気管外に発生する機能を有する微細気泡散気管であることを特徴とする請求項 1 に記載の浸漬型膜分離装置。

10

【請求項 7】

前記分離膜モジュールの下部に前記分離膜モジュールを支える枠体を備え、前記枠体の内部に前記微細気泡散気管を設置している浸漬型膜分離装置であって、前記枠体によって囲まれた空間の側面の開口部面積のうち、前記膜エレメントの配列方向と平行な側面で、微細気泡散気管より上の開口部の面積 B と、前記分離膜モジュール上面の開口部の面積 A との割合 (B/A) が 0.8 ~ 5.0 であることを特徴とする請求項 1 に記載の浸漬型膜分離装置。

20

【請求項 8】

前記分離膜が、不織布からなる基材層上に、ポリフッ化ビニリデン製の多孔質分離機能層が形成されてなる平膜であって、該多孔質分離機能層における平均孔径が $0.2 \mu\text{m}$ 以下であり、かつ、膜表面粗さが $0.1 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の浸漬型膜分離装置。

【請求項 9】

被処理液が貯留した処理槽内に請求項 1 に記載の浸漬型膜分離装置を浸漬設置し、微細気泡散気管から曝気し、膜ろ過の運転を行う際、微細気泡散気管へ供給する曝気風量を、前記分離膜モジュールの水平断面積あたり $0.9 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{分}$ 以上とすることを特徴とする浸漬型膜分離装置の運転方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、下水、し尿、産業廃棄水等の汚水を処理する際に好適に使用することが出来る浸漬型膜分離装置、および、その運転方法に関するものである。特に、その浸漬型膜分離装置における散気管の構造の改良に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、下水、し尿、産業廃棄水等の汚水を膜によりろ過処理する水処理装置として、図 15 に示すように処理槽内に浸漬設置される浸漬型膜分離装置がある。図 15 において、浸漬型膜分離装置は、処理槽 1 の中に貯留された被処理液中に浸漬されている。複数枚の平板状ろ過膜を膜面平行となるように並列で配置した分離膜モジュール 2 には、透過水出口 12 が設置されていて、この透過水出口 12 には、処理水配管 13 と吸引ポンプ 14 とが連通している。

40

【0003】

処理槽 1 の上方には被処理液供給管 11 が開口している。そして、ろ過の駆動力として吸引ポンプ 14 を作動させると、処理槽内の被処理液は分離膜モジュール 2 内に配置された分離膜によってろ過され、ろ過水は、透過水出口 12、処理水配管 13 を介して系外に取り出される。

【0004】

50

分離膜モジュール 2 の下方には散気管 3 が配置され、ろ過運転時には、気体供給装置 7 から供給される空気が、気体供給管 5 や分岐管 6 を介して散気管に送給され、散気管の散気孔から処理槽（曝気槽）1 内に空気が噴出される。噴出する空気によるエアリフト作用によって気液混合上昇流が生起し、この気液混合上昇流及び気泡がろ過膜の膜面に掃流として作用し、膜面に汚れケーキ層が付着、堆積することを抑制し、ろ過運転の安定化を図っている（特許文献 1 参照）。

【0005】

この膜面での掃流作用を高めるためには、気泡は粗大である方が有効であり、粗大気泡を発生させる散気管が用いられてきている。散気量の低減化のために微細気泡を発生させる散気管を用いることも提案されているが、この場合でも、微細気泡散気管と粗大気泡散気管とを併用し、粗大気泡を膜面に作用させている（特許文献 2、3 参照）。この装置では、微細気泡散気管として小散気孔を設けた散気管やメンブレン式散気板が用いられ、これら散気装置を分離膜モジュールの下方の所定位置に設置している。

【0006】

また、微細気泡散気管は、処理槽内の活性汚泥液中の微生物に酸素を供給するための散気システムにおいて一般的に用いられている。この活性汚泥処理用の微細気泡散気管としては、例えば、図 15 の分離膜モジュールの下方に記載したように、1 本の気体供給幹管 5 から供給された空気を、その両側に設けた複数の分岐管 6 に誘導し、分岐管の表面に設けられた微細散気孔から散気する構造のものが知られている（特許文献 4 参照）。この構造の微細気泡散気管では、気体供給幹管 5 が位置する中央部分からは微細気泡が散気されない。この程度の散気斑が生じて活性汚泥液に酸素を供給する場合には問題にならない。しかし、この散気装置を図 15 に示すように分離膜モジュールの下方に配置した場合には、散気装置の中央部分では微細気泡が散気されないためエアリフト作用が殆ど発生せず、膜面に対する掃流効果が極めて小さいものとなる。この結果、分離膜モジュールの中央部分においては、他の部分に比べて膜面洗浄が不足し、分離膜のろ過機能の低下が大きいという問題があった。

【特許文献 1】特開平 10 - 296252 号公報

【特許文献 2】特開 2001 212587 号公報

【特許文献 3】特開 2002 224685 号公報

【特許文献 4】特開 2005 081203 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、従来の技術の上述した問題点を解決し、分離膜モジュールの鉛直下方に微細気泡散気管を設置する場合において、分離膜モジュールが大型であるときでも、分離膜モジュールの鉛直下方から満遍なく均一に微細気泡を発生させることができる浸漬型膜分離装置の提供を目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、本発明の浸漬型膜分離装置は、次の事項を特徴とするものである。

(1) 被処理液を貯留した処理槽内に浸漬設置される浸漬型膜分離装置であって、平膜を分離膜として配設した分離膜エレメントの複数が膜面平行に並列で配置されてなる分離膜モジュールと、該分離膜モジュールの鉛直下方に設置された複数の微細気泡散気管と、該微細気泡散気管へ気体を供給するための複数の気体供給管とを備え、複数の気体供給管が、分離膜モジュールの鉛直下方部分を挟み対向するように配置され、気体供給管に接続された複数の微細気泡散気管が、分離膜エレメントの膜面に交差する方向に延び、かつ、その長手方向が、分離膜モジュールの鉛直下方部分において、長さの異なる微細気泡散気管を略直線上に並ぶように配列させ、対向する微細気泡散気管の先端同士を近接位置とし、配列された複数の微細気泡散気管の列において微細気泡散気管の先端位置が不揃いとなる

ように組み合わせて配列すること、若しくは、長さの同じあるいは異なる微細気泡散気管を略直線上に並ぶように配列させ、対向する微細気泡散気管の先端部分が重なるように配列することを特徴とする浸漬型膜分離装置。

(2) 略直線上における微細気泡散気管の先端位置が、1列毎にもしくは複数列毎に、互い違いになるように配されている上記(1)に記載の浸漬型膜分離装置。

(3) 対向する気体供給管について、気体供給管に接続された複数の微細気泡散気管の長手方向長さの総和の差が、10%以内であることを特徴とする(1)に記載の浸漬型膜分離装置。

(4) 前記複数の微細気泡散気管が、長手方向軸とは直角方向に80~200mmの間隔をおいて設置されていることを特徴とする(1)のいずれかに記載の浸漬型膜分離装置。

(5) 対向する気体供給管が、それぞれ別の気体供給装置から気体を供給されることを特徴とする(1)に記載の浸漬型膜分離装置。

(6) 前記微細気泡散気管が、少なくとも、筒状の支持管と、微細スリットが形成された弾性シートとを有し、前記弾性シートが前記支持管の外周を覆うように配置され、前記弾性シートと前記支持管の間に気体を供給した際に、前記弾性シートの微細スリットが開くことにより、微細気泡が散気管外に発生する機能を有する微細気泡散気管である上記(1)に記載の浸漬型膜分離装置。

(7) 前記分離膜モジュールの下部に前記分離膜モジュールを支える枠体を備え、前記枠体内部に前記微細気泡散気管を設置している浸漬型膜分離装置であって、前記枠体によって囲まれた空間の側面の開口部面積のうち、前記膜エレメントの配列方向と平行な側面で、微細気泡散気管より上の開口部の面積Bと、前記分離膜モジュール上面の開口部の面積Aとの割合(B/A)が0.8~5.0であることを特徴とする(1)~に記載の浸漬型膜分離装置。

(8) 前記分離膜が、不織布からなる基材層上に、ポリフッ化ビニリデン製の多孔質分離機能層が形成されてなる平膜であり、かつ、該多孔質分離機能層における平均孔径が0.2μm以下であり、かつ、膜表面粗さが0.1μm以下であることを特徴とする(1)に記載の浸漬型膜分離装置。

(9) 被処理液が貯留した処理槽内に(1)に記載の浸漬型膜分離装置を浸漬設置し、微細気泡散気管から曝気し、膜ろ過の運転を行う際、微細気泡散気管へ供給する曝気風量を、前記分離膜モジュールの水平断面積あたり、0.9m³/m²/分以上とすることを特徴とする浸漬型膜分離装置の運転方法。

【発明の効果】

【0009】

本発明では、特定構造の微細気泡散気管を分離膜モジュールの鉛直下方に設置しているので、大型の分離膜モジュールを備えた浸漬型膜分離装置であっても、いずれの分離膜の膜面各部に対しても満遍なく微細気泡を作用させて均一に洗浄することができ、安定した膜ろ過運転を続けることが可能となり、分離膜モジュールの長寿命化を図ることができる。

【0010】

また、本発明で特定した微細気泡散気管の構造とすることにより、微細気泡散気管を長くしなくても分離膜モジュールの鉛直下方部分に満遍なく微細気泡散気管を配置することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の膜分離装置の一実施態様を示す概略斜視図である。

【図2】本発明で用いられる微細気泡散気管の長手方向中心軸での縦断面図である。

【図3】本発明で用いられる微細気泡散気管の他の一実施形態を示す上面図である。

【図4】本発明で用いられる微細気泡散気管の他の一実施形態を示す上面図および側面図である。

【図5】本発明における分離膜モジュール内の2枚の隣接する分離膜エレメントを示す概

10

20

30

40

50

略斜視図である。

【図6】実施例1における膜分離装置を示す正面図、側面図、およびA-A断面図である。

【図7】実施例2における膜分離装置を示す正面図、側面図、およびA-A断面図である。

【図8】本発明の膜分離装置の他の一実施態様を示す概略斜視図である。

【図9】(a)は図8の膜分離装置を膜エレメント2の配列方向と平行な側面から見た模式図(一部破断断面図)であり、(b)は図8の膜分離装置を膜エレメント2の配列方向と垂直な面から見た模式的断面図である。

【図10】実施例3、4において採用した膜分離活性汚泥法による廃水処理装置を示す装置概略図である。

【図11】分離膜の分離膜表面部分を模式的に示す膜断面概略図である。

【図12】分離膜の膜表面粗さ(RMS)と非膜透過性物質剥離係数比率との関係を表すグラフである。

【図13】分離膜の平均孔径とろ過抵抗係数比率との関係を表すグラフである。

【図14】分離膜の膜ろ過性を評価するために用いた膜ろ過評価装置の概略図である。

【図15】従来の膜分離装置の一実施態様を示す概略斜視図である。

【図16】実施例5において用いた浸漬型膜分離装置の上面からみた模式図であり、膜エレメントと微細気泡散気管との位置関係を表す図である。

【符号の説明】

【0012】

1：処理槽(曝気槽)、 2：分離膜モジュール、 3：散気管、 4(4R, 4L)：微細気泡散気管、 4a：短尺微細気泡散気管、 4b：長尺微細気泡散気管、 5(5R, 5L)：気体供給管、 6(6R, 6L)：分岐管部、 7：気体供給装置(ブロー)、 8：気体供給用開閉弁、 9：気体供給幹管、 11：被処理液供給管、 12：透過水出口、 13：処理水配管、 14：吸引ポンプ、 16：弾性シート、 17：支持管、 18：環状固定具、 19：貫通孔、 22(22-02~22-99)：分離膜エレメント、 23：膜表層部(膜表面)、 24：表面粗さに相当する高さ、 25：平均孔径に相当する幅、 31：原水供給ポンプ、 32：脱窒槽、 33：汚泥循環ポンプ、 34：汚泥引き抜きポンプ、 35：筐体、 36：枠体、 k：散気管同士の水平間隔、 41：エレメント間の隙間、 42：膜エレメント2の配列方向と平行な側面で、散気管3より上の開口部の面積(B)の片面、 43：気泡、 44、45：旋回流

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明に係る浸漬型膜分離装置を、図1、図2、図3及び図4等に示す実施態様に基づいて説明する。

【0014】

図1は、本発明に係る浸漬型膜分離装置の一実施態様を示す概略斜視図である。図1において、浸漬型膜分離装置は、処理槽1内の被処理液中に浸漬されている。この浸漬型膜分離装置には、複数枚の平板状ろ過膜を上下方向に膜面平行となるように並列で配置した分離膜モジュール2と、該分離膜モジュール2の各エレメントの透過水出口12に連通した処理水配管13とが備えられている。処理槽1の上方には被処理液供給管11が開口している。そして、ろ過の駆動力として吸引ポンプ14を作動させて処理水配管13内を減圧とすることにより、処理槽内の被処理液を分離膜によつてろ過する。ろ液は処理水配管13を介して系外に取り出される。

【0015】

処理槽1の材質は、廃水および活性汚泥混合液を貯えることができれば特に限定されないが、コンクリート槽、繊維強化プラスチック槽などが好ましく用いられる。

【0016】

10

20

30

40

50

処理水配管 13 に設置される吸引ポンプ 14 は、処理水配管 3 内を減圧状態にすることができれば特に限定されるものではない。この吸引ポンプ 14 の代わりに、サイホン作用による水頭圧差を利用して、処理水配管 13 内を減圧状態にしてもよい。

【0017】

分離膜モジュール 2 は、複数の分離膜エレメント 22 が上下方向に膜面平行となるように並列で配列されたモジュールである。この分離膜エレメント 22 は、平板状の分離膜を配設したエレメントであり、例えば、樹脂や金属等で形成されたフレームの表裏両面に、平板状の分離膜を配設し、分離膜とフレームで囲まれた内部空間に連通する処理水出口をフレーム上部に設けた構造の分離膜エレメントが用いられる。この分離膜エレメント 22 の隣り合う 2 枚を図 5 (概略斜視図) に示す。隣り合う分離膜エレメント 22 の間には所定の間隔が空けられていて、この膜間空間 S 内を、被処理液の上昇流、特に気泡と被処理液との混合液の上昇流が流れる。本発明の装置構造をとれば、すべての膜間空間 S の鉛直下方部分に満遍なく散気孔を配置することができ、すべての膜間空間 S 内を、微細気泡を含んだ気液混合流を上向きに流すことができ、膜面に対し均一に微細気泡を作用させることができる。

10

【0018】

分離膜モジュール 2 における体積当たりのろ過面積を増やすためには、分離膜エレメント 22 の間隔を狭くし、より多くの分離膜エレメント 22 を配置する方が望ましい。しかし、膜間隔が狭すぎると分離膜エレメント 22 の膜面に十分に微細気泡や気液混合流を作用させることができず、膜面洗浄が不十分となって逆にろ過性能を低下させてしまう。そこで、効率よくろ過を行うためには、膜間隔を 1 ~ 15 mm とすることが好ましく、さらには 5 ~ 10 mm とすることがより好ましい。

20

【0019】

この分離膜エレメント 22 は、分離膜の取り扱い性や物理的耐久性を向上させるために、たとえば、フレームや平板の表裏両面に分離膜を配置し、分離膜の外周部を接着固定した平膜エレメント構造をしている。この平膜エレメントの構造の詳細は特に限定されるものではなく、平板とろ過膜の間をろ過水流路材を挟んだ物でもよい。このような平膜エレメント構造では、膜面に平行な流速を与えた場合の剪断力によって高い汚れ除去効果が得られることから、本発明に好適に用いられる。

【0020】

分離膜モジュール 2 の鉛直下方には、複数の微細気泡散気管 4 (4L、4R) が配置されている。この複数の微細気泡散気管 4 は、それぞれ気体供給管 5 (5L、5R) に分岐管部 6 (6L、6R) を介して接続されている。この気体供給管 5 は、分離膜モジュールの鉛直下方部分を挟み対向するように配置されている。即ち、図 1 において、左右の気体供給管 5L、5R から、分岐管部 6L、6R を介して分岐された複数の微細気泡散気管 4L、4R が、膜面と交差する方向 (左右方向) に延びている。

30

【0021】

図 1 においては、微細気泡散気管 4L、4R の先端部の位置は近接するようになっていて、かつ、その先端位置が不揃いとなるように、長さの異なる微細気泡散気管が組み合わせて設置されている。即ち、図 1 の手前から 1 列目の微細気泡散気管の配列では、左側から延びる微細気泡散気管 4L が短尺微細気泡散気管 4a であり、右側から延びる微細気泡散気管 4R が長尺微細気泡散気管 4b であるので、それらの先端位置は左寄りの位置となっている。手前側から 2 列目の微細気泡散気管の配列では、左側から延びる微細気泡散気管が長尺微細気泡散気管で、右側から延びる微細気泡散気管が短尺微細気泡散気管であるので、それらの先端位置は右寄りの位置となっている。手前側から 3 列目の微細気泡散気管の配列では、微細気泡散気管の先端位置は、1 列目と同様、左寄りの位置となっている。このように、図 1 の場合には、配列された複数の微細気泡散気管の列において微細気泡散気管の先端位置が不揃いとなるように、長さの異なる微細気泡散気管を組み合わせて用いている。

40

【0022】

50

図1において膜ろ過運転を行う時には、開閉弁8を開とすることにより気体供給装置7から供給される空気が気体供給幹管9へと流入し、気体供給管5R、気体供給管5Lへと流入し、さらに、分岐管6R、分岐管6Lを介して、微細気泡散気管4R、4Lへと空気が供給される。微細気泡散気管4R、4Lの表面の微細散気孔から空気が噴出し、処理槽(曝気槽)1内の被処理液中に微細気泡が発生する。噴出した微細気泡によるエアリフト作用によって生起する気液混合上昇流や微細気泡が、分離膜の膜面に掃流として作用するので、膜ろ過される時に膜面に付着する汚れの堆積を抑制し、汚れケーキ層の生成を抑制することができる。

【0023】

気体供給装置7は、気体供給幹管9およびその下流側の微細気泡散気管4a、4bに気体を供給する機能をもつ装置であり、例えば、コンプレッサー、ファン、ポンペなどを用いることができる。また、気体供給幹管9に設置されている開閉弁(バルブ)8は、それら気体供給幹管9の内部を流れる気体を制御するための開閉ができれば、開閉弁でも切替弁でもよい。

【0024】

微細気泡散気管としては、例えば図2に示すような構造の散気管が用いられ、その構造上から、散気管の長さが長くなるほど気泡発生のための圧力損失が大きくなり、長手方向に均一量で散気できなくなる傾向がある。従って、分離膜モジュールが多数の分離膜エレメントを配置した大型のモジュールである場合には、その大型モジュールの端から端までの長さもち、かつ長手方向に均一量で散気できる微細気泡散気管を製作して配置することが難しい。そこで、本発明では、大型の分離膜モジュールの鉛直下方に微細気泡散気管を配置する場合でも、満遍なく均一に微細気泡を発生できるようにするために、複数の気体供給管を、分離膜モジュールの鉛直下方部分を挟み対向するように配置し、それら気体供給管に接続された複数の微細気泡散気管を、分離膜エレメントの膜面に交差する方向に延びるように配置し、さらに、対向する微細気泡散気管の先端同士が近接する、若しくは、先端部分が重なるよいにしたものである。

【0025】

例えば、図1に示すように、長手方向中心軸がほぼ同一直線上に並ぶように対をなして微細気泡散気管4L、4Rを配列し、その対向する微細気泡散気管の先端同士が近接するようにしたものである。ここで、隣り合う微細気泡散気管の長さが異なるようにし、先端部が互い違いに配置される配置方法とすることが好ましい。ここで言う「互い違い」とは、例えば、右側の気体供給管5Rに分岐管部6Rを介して配置された微細気泡散気管4Rが、手前側から順次、長尺微細気泡散気管4b、短尺微細気泡散気管4a、長尺微細気泡散気管4bの順であり、かつ、左側の気体供給管5Lに分岐管部6Lを介して配置された微細気泡散気管4Lが、手前側から順次、短尺微細気泡散気管4a、長尺微細気泡散気管4b、短尺微細気泡散気管4aの順であることにより、先端部位置が互い違いの不揃いとなる配置方法が例示される。このような微細気泡散気管の配置により、分離膜エレメント間隙の鉛直下方部分に微細散気孔を分布させることができ、全ての分離膜エレメント間隙に気泡を導入し、膜表面を十分に洗浄することができるようになる。

【0026】

本発明の装置において用いる微細気泡散気管は、その長手方向の長さが0.4~1.2mであることが好ましい。さらに好ましくは、長さ0.6~1.0mである。微細気泡散気管が長過ぎる場合には、散気管表面に形成される全ての散気孔からの均一な気泡発生が困難となる。短か過ぎる場合には、全ての膜エレメントの膜表面に効率よく気泡を供給するのが困難となる。ここで、微細気泡散気管の長手方向の長さは、微細気泡が散気される表面部(散気面部)の長さである。

【0027】

また、対向する気体供給管の各々に複数の微細気泡散気管が接続されるが、同じ気体供給管に接続する微細気泡散気管の長手方向長さの総和は、同じないしは極力近似する方が好ましい。即ち、同じ気体供給管に接続する微細気泡散気管の長手方向長さの総和の差を

10

20

30

40

50

、10%以内とすることが好ましく、さらに好ましくは5%以内である。この総和の差を表す値は、総和の小さい方の値を分母にして算出される値である。微細気泡散気管が長くなるほど気泡発生のための圧力損失が大きくなるので、気体供給管に接続する微細気泡散気管の長手方向長さの総和の差が大きく10%を超えて異なる場合には、散気管から発生する気体量に偏りが発生し易くなるためである。

【0028】

また、複数の微細気泡散気管が、その長手方向軸とは直角方向に配列される場合、その間隔は80~200mmであることが好ましい。この間隔よりも近接させて設置すると、微細気泡散気管どうしの中に発生する水流が抑制され、微細気泡散気管の上部に汚泥が堆積しやすくなる。特に、散気管間隔が極端に狭い状態で散気を行うと、散気管の下の空間の流れが滞り、汚泥が滞留し易くなる。汚泥の滞留は、散気管下での汚泥粘度やMLSS濃度の増大による性状悪化、さらに、溶存酸素濃度の低下による汚泥の嫌気化を引き起こす。そして、散気管へ性状悪化した汚泥が付着、固化して散気量の低下や散気孔詰まりを引き起こし、散気斑といった散気効率の低下を引き起こし、膜面洗浄に悪影響を及ぼすことになる。また、散気管同士の水平間隔が200mmを超えるほどに広過ぎると、散気管より放出された気体が膜エレメント全体に行き渡り難くなり、膜面洗浄の際に斑が生じ易くなる傾向にある。ここで、散気管同士の水平間隔は、例えば、図9(b)において、符号kで示す距離である。

【0029】

また、対向する複数の気体供給管への気体供給は、同一の気体供給装置から供給される気体を分岐することによって行ってもよいし、また、それぞれ別のプロアなどの気体供給装置に連通していて、別の気体供給装置から気体がそれぞれに供給されるのもよい。複数の気体供給管へ供給する気体の量を最適化し、圧力損失のアンバランスによる各散気管からの気体量の偏りを抑制するためには、それぞれ別の気体供給装置から気体供給管へ気体供給することが好ましい。また、同じ気体供給装置からの気体を分岐させて供給する場合には、分岐の下流側に流量調整手段を設けて、圧力損失のアンバランスを解消させるようにしてもよい。

【0030】

また、微細気泡散気管から散気する気体の量は、複数の分離膜エレメントを収容し、微細気泡散気管の上部に設置している分離膜モジュールの水平断面積あたりの曝気風量が、 $0.9 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{分}$ 以上となるように調整することが好ましい。ここで、分離膜モジュールの水平断面積とは、分離膜モジュール内に収容、配列された複数の分離膜エレメントで形成される空間を指す。曝気風量がこれよりも少なくなると、散気される風量に偏りが発生し、全ての膜表面を洗浄するのが困難となる。

【0031】

本発明で用いる微細気泡散気管の構造は特に限定されない。例えば、気泡を吐出する部分の材質に、金属、セラミック、多孔性のゴム、メンブレンを用いた微細気泡散気管を使用することができ、水中への酸素溶解効率を高めるための微細気泡散気装置を使用することができる。例えば、散気孔が設けられた部分が金属管等の非伸縮性材質から構成される微細気泡散気管でもよいが、図2に示すように、弾性シートの微細スリットが開くことにより微細気泡が散気管外に発生する機能を有する微細気泡散気管であることが好ましい。

【0032】

散気孔が設けられた部分が金属管等の非伸縮性材質から構成される微細気泡散気管の場合には、散気孔の孔径は $1.0 \mu\text{m} \sim 2.0 \text{ mm}$ であることが好ましい。 $1.0 \mu\text{m} \sim 500 \mu\text{m}$ の孔径であることがさらに好ましい。ここで、散気孔の孔径とは、孔径を直接測った値である。このとき、散気孔が円形の場合には、その円直径を孔径とするが、円形でない場合には、写真から孔の有効面積を算出し、円換算したときの直径を孔径とする。即ち、孔の有効面積がAの場合には、孔径は、 $2 \times (A / \pi)^{1/2}$ として求めればよい。また、孔径の異なる複数個の孔が存在するときには、それぞれの孔径の平均値を、散気孔の孔径とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

また、弾性シートの微細スリットが開くことにより微細気泡が散気管外に発生する機能を有する微細気泡散気管としては、例えば、図2（長手方向中心軸での縦断面図）に示すように、少なくとも、筒状の支持管17と、微細スリットが形成された弾性シート16とを有し、弾性シート16が支持管17の外周を覆うように配置され、弾性シート16と支持管17の間に気体を供給した際に、弾性シート16の微細スリットが開くことにより、微細気泡が散気管外に発生する構造のものが例示される。

【 0 0 3 4 】

この微細気泡散気管の構造と動作について図2に基づいて説明する。微細気泡散気管は、中心部に支持管17があり、この支持管17の外周全面を覆うように弾性シート16が設けられ、弾性シート16の軸方向の両端部は、環状固定具18により固定されている。弾性シート16には複数の散気スリット（図示なし）が形成されている。散気スリットの長手方向の長さは0.1～10mmであり、特に、長さ0.5～5mmのスリットが好適に用いられる。

10

【 0 0 3 5 】

ここで支持管17の片端は分岐管部6と接続しており、接続端付近に貫通孔19が設けられている。分岐管6から供給された空気は貫通孔19を通った後、支持管17と弾性シート16の間に入り、弾性シート16を膨張させる。弾性シート16が膨張したことによって散気スリットが開き、供給された空気が微細気泡となって、処理槽内の被処理液中に放出される。空気供給が停止した時には弾性シート16が収縮して散気孔が閉じるので、微細気泡が放出されない時に散気孔から被処理液が散気管内に流入することがなく、過運転を行う過程で被処理液中の汚泥による散気孔の閉塞や散気管内の汚れを防ぐことができる。

20

【 0 0 3 6 】

長尺微細気泡散気管4bと、短尺微細気泡散気管4aとは、その長手方向の長さが長いのか短いのかで異なる以外、同じ構造を有するものである。

【 0 0 3 7 】

気体供給幹管9、気体供給管5、分岐管部6および支持管17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ゴム（ABS樹脂）、ポリエチレン、ポリプロピレン、塩化ビニルなどの樹脂、繊維強化樹脂（FRP）などの複合材料、その他の材質などが好ましい。

30

【 0 0 3 8 】

弾性シート16の材質についても特に限定されず、エチレンプロピレンゴム（EPDM）、シリコンゴム、ウレタンゴムなどの合成ゴムや、その他の弾性材質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ゴムは耐薬品性に優れるので好ましい。

【 0 0 3 9 】

図1の実施態様では、長手方向の長さの異なる2種類の微細気泡散気管4a、4bを各3本の計6本の散気管を含んで構成された散気装置を示したが、散気管の長手方向長さの種類、および本数はこれに限定されるものではなく、処理槽1の容積や、分離膜モジュール2の大きさや分離膜エレメント22の枚数や、ライン等の設計の自由度に応じて適宜選択する事ができる。後述する他の実施態様についても同様である。

40

【 0 0 4 0 】

次に本発明の別の実施態様を図3（散気管部分の上面図）に示す。ここでは隣り合う微細気泡散気管4の長手方向長さが2本おきに互い違いになっている。このように、隣り合う微細気泡散気管4の長手方向長さがすべて互い違いではなく、複数本おきに互い違いで不揃いになっているものでもよい。このような配置によっても、分離膜エレメント間隙の鉛直下方部分に微細気泡散気孔が分布させることができ、全ての分離膜エレメント間隙に気泡を導入し、膜表面を十分に洗浄することができるようになる。

50

【 0 0 4 1 】

また、本発明のさらに別の実施態様を図 4（散気管部分の（a）上面図、（b）側面図）に示す。左側の気体供給管 5 L の分岐管部 6 L に接続されて延びる微細気泡散気管の先端部分と、右側の気体供給管 5 R の分岐管部 6 R に接続されて延びる微細気泡散気管の先端部分とが、部分的に重なるようになっている。即ち、右側の分岐管部 6 R に接続されて延びる微細気泡散気管は、その長手方向中心軸が水平面 C 上に位置し、左側の分岐管部 6 L に接続されて延びる微細気泡散気管は、その長手方向中心軸が、水平面 C よりも下の水平面 D 上にくるよう配置されている。この場合には、下方の微細気泡散気管から放出される微細気泡の上昇流を阻害しないように、上側の微細気泡散気管の長手方向中心軸を、下側の微細気泡散気管の長手方向中心軸とずらしておくことが好ましい。このように、微細気泡散気管の長手方向中心軸を同一平面上ではなく、微細気泡散気管の先端部同士の一部が上下に重なり合うようにしてもよい。このような配置によっても、分離膜エレメント間隙の鉛直下方部分に微細散気孔が分布させることができ、全ての分離膜エレメント間隙に気泡を導入し、膜表面を十分に洗浄することができるようになる。

10

【 0 0 4 2 】

また、本発明の浸漬型膜分離装置において、分離膜モジュールの鉛直下方に複数の微細気泡散気管を設置した装置構造とする場合、図 8、図 9 に示すように、膜エレメント 2 2 の複数枚が水平方向に配列された膜モジュール 2 と、膜エレメント 2 2 の下方に配置された微細気泡散気管 4 と、該散気管及びその周囲の空間を囲む枠体 3 6 とから基本的に構成される構造としてもよい。この枠体は膜モジュールを支えるように配置されている。枠体 3 6 で囲まれた空間の側面の開口部面積のうち、膜エレメント 2 2 の配列方向と平行な側面で、散気管 4 より上の開口部の面積 B と、配列された膜エレメント上部の開口部の面積 A との割合（ B/A ）が 0.8 ~ 5.0 となるような装置構造とすることが好ましい。

20

【 0 0 4 3 】

ここで、配列方向とは、複数の膜エレメント 2 2 が配列された並び方向で、図 9 における矢印 E 方向を指している。また、上記した散気管 4 より上の開口部の面積 B とは、図 9（a）において符号 4 2 で示す部分の面積の和である。即ち、符号 4 2 で示す部分は、図 9（a）における正面側と裏面側とに存在するので、符号 4 2 で示す部分の面積を 2 倍した面積が、開口部面積 B となる。また、膜エレメント上部の開口部の面積 A とは、図 8 において膜エレメント間隙 4 1 の面積（上面の面積）を足しあわせた面積（面積和）である。

30

【 0 0 4 4 】

このように、枠体により囲まれて形成された空間内において散気管よりも上の空間を、従来装置の場合よりも広くし、前記した面積割合（ B/A ）が 0.8 ~ 5.0 となるようにすることが、なかでも、0.8 ~ 3.0 の範囲とすることが好ましい。このような位置に散気管 4 を設置することにより、散気管 4 の上側を旋回する旋回流 4 5 の流れを効率よく形成し、旋回流 4 5 の流路を大きく確保することができ、微細気泡散気管を設置する場合でも十分な速度を持つ気液混合流を各膜エレメント 2 2 の膜面に供給することができるようになる（図 9（b））。

【 0 0 4 5 】

枠体 3 6 に囲まれる空間内に配置され固定されている散気管 4 は、微細気泡を発生させることができる微細気泡散気管である。

40

【 0 0 4 6 】

旋回流 4 5 の流れを効率よく形成するためには、さらに、膜エレメント 2 2 の下端と散気管 4 との距離が 300 mm 以下とすることが好ましい。膜エレメント 2 2 と散気管 4 との距離とは、膜エレメント 2 2 の最下端から散気管の気体排出部分の最上端までの距離を示す。さらに好ましい距離は、200 ~ 300 mm の範囲である。

【 0 0 4 7 】

本発明において、分離膜エレメント 2 2 に配設する分離膜は、平膜であって、被処理液側に圧力を加えて、もしくは透過側から吸引することによって被処理液中に含まれる一定

50

粒子径以上の物質を捕捉する機能を有する分離膜であり、その捕捉粒子径の違いにより、ダイナミックろ過膜、精密ろ過膜、および限外ろ過膜と分類されるが、好ましくは、精密ろ過膜である。

【0048】

この分離膜としては、高透水性や運転安定性の観点から、水透過性に優れた膜を使用することが好ましい。その透過性の指標としては、使用前の分離膜の純水透過係数を用いることができる。この純水透過係数は、逆浸透膜処理によって製造した25の精製水を用い、ヘッド高さ1mで透水量を測定し算出した値であり、純水透過係数が $2 \times 10^{-9} \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{s} / \text{pa}$ 以上であることが好ましく、より好ましくは $40 \times 10^{-9} \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{s} / \text{pa}$ 以上である。この範囲内であれば実用的に十分な透過水量が得られる。

10

【0049】

分離膜として用いる平膜の膜表面部分を、図11に模式的に示す。膜分離活性污泥法において、活性污泥は膜表層部において固液分離され、分離された水がろ過水（処理水）として膜内へと透過する。本発明の装置では、分離膜として、膜表面における表面粗さが $0.1 \mu\text{m}$ 以下、さらには $0.001 \sim 0.08 \mu\text{m}$ 、特に $0.01 \sim 0.07 \mu\text{m}$ と、膜表面粗さが小さい平滑表面の分離膜を用いることが好ましい。さらに、分離膜は、その膜表面における平均孔径が $0.2 \mu\text{m}$ 以下、さらには $0.01 \sim 0.15 \mu\text{m}$ 、特に $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ であることが好ましい。このような分離膜を用いることにより、洗浄効果が低いと考えられてきた微細気泡を用いても十分な膜面洗浄効果を得ることができ、膜分離活性污泥法で求められる通常のフラックス条件下で安定運転することができる。

20

【0050】

膜表面における表面粗さとは、分離膜が被処理液と接触する膜表面に対して垂直方向の高さの平均値と言うことができ、図11の模式図において符号24で示す高さでもって表すことができる。そして、この膜表面における表面粗さは、以下のような装置・手法により測定することができる。測定装置として原子間力顕微鏡装置（Digital Instruments社製Nanoscope IIIa）を用い、探針としてSiNカンチレバー（Digital Instruments社製）を用い、走査モードはコンタクトモード、走査範囲は $10 \mu\text{m} \times 25 \mu\text{m}$ 、走査解像度は 512×512 として各ポイントのZ軸（膜表面に対して垂直方向）の高さ（Ziとする）を測定し、データを取得する。測定前には、試料となる膜サンプルは、常温でエタノールに15分浸漬した後、逆浸透膜処理水中に24時間浸漬して洗浄した後、風乾する前

30

【0051】

【数1】

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Z_i - \bar{Z})^2}{N}} \quad \cdot \cdot \text{式1}$$

【0052】

膜表面における平均孔径とは、分離膜表面における細孔径の平均値であり、図11の模式図では符号25で示す幅でもって表すことができる。そして、この膜表面の平均孔径を測定するためには、例えば、膜表面を走査型電子顕微鏡を用いて倍率10,000倍で写真撮影し、10個以上、好ましくは20個以上の任意の細孔の直径を測定し、数平均して求める。細孔が円状でない場合、画像処理装置等によって、細孔が有する面積と等しい面積を有する円（等価円）を求め、等価円直径を細孔の直径とする方法により求められる。細孔径の標準偏差が大きすぎると、ろ過孔径性能の劣る孔の割合が多くなるため、標準偏差は $0.1 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

40

【0053】

このような表面性状を有する平膜状の分離膜を用いた膜分離装置の場合には、膜面に微細気泡を作用させることによって良好に膜面洗浄することができる。その理由は、次のよ

50

うに考えられる。

【 0 0 5 4 】

図 1 2 (横軸が膜表面粗さ (R M S) を、縦軸が非膜透過物質剥離係数比率を表す図) に示すように、膜表面粗さが小さい分離膜ほど、膜表面における非膜透過物質剥離係数比率が大きくなる傾向がある。ここで、膜表面における非膜透過物質剥離係数は、分離膜表面に付着している被ろ過液の非膜透過物質が分離膜からの剥離し易さを表す剥離係数であり、この試料膜の剥離係数を、標準膜の剥離係数に対する比率でもって表した値が非膜透過物質剥離係数比率である。即ち、この剥離係数比率が高いほど、分離膜に付着している非膜透過物質が分離膜から剥離し易く、膜表面に非膜透過物質のケーキ層が形成されにくいものであり、膜ろ過性能が高くなる。また、ここで、標準膜としては、ミリポア社製の

10

【 0 0 5 5 】

また、図 1 3 (横軸が膜表面の平均孔径を、縦軸がろ過抵抗比率を表す図) に示すように、平均孔径が小さい分離膜ほど、ろ過抵抗係数比率が小さい傾向がある。ここで、ろ過抵抗係数比率は、膜表面に付着している非膜透過物質の単位物質あたりの抵抗発生量を表すろ過抵抗係数を、標準膜のろ過抵抗係数に対する比率でもって表した値である。即ち、ろ過抵抗係数比率が小さいほど、分離膜表面に非膜透過物質が付着しても膜ろ過抵抗として表れにくいものであり、透水性が高くなる。

【 0 0 5 6 】

散気装置から発生されて膜表面に作用させる気泡として、粗大気泡ではなく微細気泡を用いると、気液混合上向流により励起される膜表面洗浄応力が小さくなる。しかし、膜表面粗さが $0.1 \mu\text{m}$ 以下の分離膜では、非膜透過物質剥離係数比率が高いために、膜表面から分離膜に付着している非膜透過物質が分離膜表面から剥離し易く、膜表面に非膜透過物質のケーキ層が形成されにくいのであり、この結果、微細気泡による膜面洗浄でも、十分な膜ろ過性能が得られるのである。

20

【 0 0 5 7 】

図 1 2、図 1 3 に示す上記した事項は、膜表面粗さおよび平均孔径の異なる 4 種の市販の分離膜を用いて、図 1 4 に示す試験装置によって膜ろ過実験および解析を行った結果、明らかとなったものである。

30

【 0 0 5 8 】

図 1 4 に示す膜ろ過試験装置では、窒素ガスによって、純水を収容している純水チャンパー 4 1 0 内を加圧し、あるいは、攪拌式セル 4 0 1 (ミリポア (株) 製 A m i c o n 8 0 5 0) 内を加圧し、その加圧圧力を圧力計 4 1 1 によって測定する。窒素ガスによる加圧によって、被ろ過液を、膜固定ホルダー 4 0 6 に設置された分離膜 4 0 2 でろ過する。膜ろ過の際に、マグネティックスターラー 4 0 3 によって攪拌子 4 0 4 を回転させ、攪拌式セル 4 0 1 内の被ろ過液を攪拌する。また、分離膜 4 0 2 を透過した膜透過液は、電子秤 4 0 8 上に載せたピーカー 4 0 7 に受けて、その膜透過液の量を電子秤 4 0 8 によって測定し、その測定値をパソコン 4 0 9 に取り込む。また、バルブ 4 1 2、バルブ 4 1 3、バルブ 4 1 4 を開閉することにより、膜ろ過試験装置の各部の加圧の有無を調整する。

40

【 0 0 5 9 】

まず、上記の膜ろ過試験装置を用いて、純水を用いたときの膜ろ過抵抗を算出する。

【 0 0 6 0 】

次に、ろ過抵抗係数を求めるために、活性汚泥液 (農集落廃水を処理している膜分離式活性汚泥装置から採取した活性汚泥液) を分離膜を用いて膜ろ過する。この膜ろ過では、膜ろ過試験装置における純水チャンパー 4 1 0 を外し、図 1 4 の点線で示す接続管 4 1 5 を接続し、マグネティックスターラー 4 0 3 による攪拌を行わないで膜ろ過を行う。このろ過抵抗係数を、標準膜と評価膜とについてそれぞれ測定し、ろ過抵抗係数比率 r を下記の式 2 により算出する。

【 0 0 6 1 】

50

【数 2】

$$\alpha_r = \frac{\alpha_m}{\alpha_s} \quad \cdot \cdot \text{式 2}$$

【0062】

ここで、 α_m は評価膜におけるろ過抵抗係数であり、 α_s は標準膜におけるろ過抵抗係数である。

【0063】

次に、非膜透過物質剥離係数を求めるために、前記ろ過抵抗係数の場合と同様な膜ろ過試験を行う。但し、この膜ろ過試験では、攪拌を行いながら膜ろ過を行う。このとき、膜ろ過の途中で、一時的に膜ろ過を停止し、膜ろ過により得られた時刻と膜ろ過液量との関係を示すデータから、前記と同様に単位膜面積あたりの総ろ過液量と膜ろ過抵抗との関係を作成する。

10

【0064】

一方、次のような膜ろ過抵抗予測方法により、前記単位膜面積あたりの総ろ過液量と膜ろ過抵抗との関係の再現を行う。この膜ろ過抵抗予測方法では、下記の数式を用いる。

【0065】

【数 3】

$$J(t) = \frac{\Delta P}{\mu \cdot R(t)} \quad \cdot \cdot \text{式 3}$$

20

$$Xm(t+1) = Xm(t) + (X(t) \cdot J(t) - \gamma \cdot (\tau - \lambda \cdot \Delta P) \cdot (\eta Xm(t)) \cdot Xm(t)) \cdot \Delta t \quad \cdot \cdot \text{式 4}$$

$$R(t) = Rm + \alpha \cdot Xm(t) \quad \cdot \cdot \text{式 5}$$

$$X(0) \cdot V(0) = X(t) \cdot V(t) + Xm(t) \cdot A \quad \cdot \cdot \text{式 6}$$

$$V(t) = V(0) - A \cdot \int_0^t J(t) dt \quad \cdot \cdot \text{式 7}$$

30

【0066】

ここで、 $J(t)$ は時刻 t における膜ろ過流束 (m/s)、 $R(t)$ は時刻 t における膜ろ過抵抗 ($1/m$)、 $Xm(t)$ は時刻 t における単位膜面積に付着している固形成分物質量 (g/m^2)、 $X(t)$ は時刻 t における被ろ過液中の固形成分物質量 (g/m^3)、 α は非膜透過物質剥離係数 ($1/m/s$)、 γ は膜洗浄力 ($-$)、 τ は摩擦係数 ($1/Pa$)、 λ は密度の逆数 (m^3/g)、 Δt は時刻 t の刻み幅 (s)、 Rm は膜ろ過抵抗初期値 ($1/m$)、 $V(t)$ は時刻 t における被ろ過液の容量 (m^3)、 A は有効膜面積 (m^2) である。また、ここでは、 $\gamma = 1$ 、 $\lambda = 1 \times 10^{-6}$ であり、ろ過抵抗係数は、上記で決定された α を用い、 Rm は、上記で決定された純水膜ろ過抵抗を用いる。

40

【0067】

前記式 3 ~ 7 の計算を時刻を更新しながら繰り返し行うことにより、各時刻における膜ろ過流量や膜ろ過抵抗の値が計算され、単位膜面積あたりの総ろ過液量と膜ろ過抵抗との関係の予測値を得る。ここで、様々な非膜透過物質剥離係数と摩擦係数を与えたときにおける前記単位膜面積あたりの総ろ過液量と膜ろ過抵抗との関係の予測値を算出し、前記実測値との差異が最小となるような非膜透過物質剥離係数と摩擦係数とを、その分離膜における非膜透過物質剥離係数および摩擦係数として決定する。

【0068】

上記のようにして、非膜透過物質剥離係数を標準膜と評価膜とについて算出し、非膜透

50

過物質剥離係数比率 r を下記の式 8 により算出する。

【 0 0 6 9 】

【 数 4 】

$$\gamma_r = \frac{\gamma_m}{\gamma_s} \quad \cdot \cdot \text{式 8}$$

【 0 0 7 0 】

ここで、 γ_m は評価膜における非膜透過物質剥離係数であり、 γ_s は標準膜における非膜透過物質剥離係数である。

【 0 0 7 1 】

本発明で特定した平滑な表面性状を有する平膜状の分離膜は、不織布からなる基材の上に、ポリフッ化ビニリデン系樹脂及び開孔剤などを含む製膜原液を片面もしくは両面に塗布し、直ちに、非溶媒を含む凝固液中で凝固させることにより多孔質分離機能層を形成する方法により製造することができる。そして、以下に説明する条件を採用すればよい。

【 0 0 7 2 】

製膜原液を凝固させるにあたっては、基材上に形成された多孔質分離機能層のみを凝固液に接触させたり、多孔質分離機能層を基材ごと凝固液に浸漬すればよい。

【 0 0 7 3 】

製膜原液には、前記したポリフッ化ビニリデン系樹脂の他に、必要に応じて開孔剤やそれらを溶解する溶媒等を添加してもよい。製膜原液に、多孔質形成を促進する作用を持つ開孔剤を加える場合、その開孔剤は、凝固液によって抽出可能なものであって、凝固液への溶解性の高いものを用いる。たとえば、ポリエチレングリコール、ポリプロピレングリコールなどのポリオキシアルキレン類や、ポリビニールアルコール、ポリビニールブチラール、ポリアクリル酸などの水溶液高分子やグリセリンを用いることができる。このような界面活性剤の使用により、目的とする細孔構造を得ることがより容易になる。

【 0 0 7 4 】

また、製膜原液中に、ポリフッ化ビニリデン系樹脂、他の有機樹脂及び開孔剤などを溶解させるための溶媒を用いる場合、その溶媒としては、N - メチルピロリドン (N M P)、N , N - ジメチルアセトアミド (D M A c)、N , N - ジメチルホルムアミド (D M F)、ジメチルスルホキシド (D M S O)、アセトン、メチルエチルケトンなどを用いる事ができる。中でもポリフッ化ビニリデン系樹脂に対する溶解性の高い N M P、D M A c、D M F、D M S O を好ましく用いることができる。製膜原液には、その他、非溶媒を添加することもできる。非溶媒は、ポリフッ化ビニリデン系樹脂や他の有機樹脂を溶解しないものであり、ポリフッ化ビニリデン系樹脂及び他の有機樹脂の凝固の速度を制御して細孔の大きさを制御するように作用する。非溶媒としては、水や、メタノール、エタノールなどのアルコール類を用いることができる。なかでも廃水処理の容易さや価格の点から水、メタノールが好ましい。

【 0 0 7 5 】

製膜原液の組成において、ポリフッ化ビニリデン系樹脂は 5 ~ 3 0 重量%、開孔剤は 0 . 1 ~ 1 5 重量%、溶媒は 4 5 ~ 9 4 . 8 重量%、非溶媒は 0 . 1 ~ 1 0 重量%の範囲内であることが好ましい。中でも、ポリフッ化ビニリデン系樹脂は、極端に少ないと多孔質層の強度が低くなり、多すぎると透水性が低下することがあるので、8 ~ 2 0 重量%の範囲がより好ましい。開孔剤は、少なすぎると透水性が低下し、多すぎると多孔質層の強度が低下することがある。また、極端に多いとポリフッ化ビニリデン系樹脂中に過剰に残存して使用中に溶出し、透過水の水質が悪化したり、透水性変動を生じたりすることがある。したがって、より好ましい開孔剤の範囲は、0 . 5 ~ 1 0 重量%である。さらに、溶媒は少なすぎると原液がゲル化しやすくなり、多すぎると多孔質層の強度が低下することがあるので、より好ましくは 6 0 ~ 9 0 重量%の範囲である。また、非溶媒は、あまり多いと原液のゲル化が起こりやすくなり、極端に少ないと細孔やマクロポイドの大きさの制御が難しくなる。したがって、より好ましくは 0 . 5 ~ 5 重量%である。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 6 】

非溶媒を含む凝固浴としては、非溶媒からなる液、または非溶媒と溶媒とを含む混合溶液を用いればよい。製膜原液中にも非溶媒を含有させる場合には、凝固浴中における非溶媒の割合を、凝固浴の少なくとも80重量%とするのが好ましい。少なすぎるとポリフッ化ビニリデン系樹脂の凝固速度が遅くなり過ぎ、表面粗さが大きく、細孔径が大きくなり過ぎる。特に、分離機能層の表面粗さを $0.1\mu\text{m}$ 以下とするためには、非溶媒として水を用い、水の割合を85~100重量%の範囲とすることが好ましい。

【 0 0 7 7 】

一方、製膜原液中に非溶媒を含有しない場合には、製膜原液中に非溶媒を含有させる場合よりも、凝固浴における非溶媒の含有量を、上記場合よりも少なくすることが好ましく、例えば、60~99重量%とするのが好ましい。非溶媒が多いと、ポリフッ化ビニリデン系樹脂の凝固速度が速くなり過ぎて多孔質層の表面が緻密となり透水性が低くなり過ぎる。

【 0 0 7 8 】

このように凝固浴中の非溶媒の含有量を調整することにより、多孔質層表面の表面粗さや細孔径やマクロポイドの大きさを制御することができる。なお、凝固浴の温度は、あまり高いと凝固速度が速すぎるようになり、逆に、あまり低いと凝固速度が遅すぎるようになるので、通常、15~80の範囲で選定するのが好ましい。より好ましくは20~60の範囲である。

【 0 0 7 9 】

このような分離膜の製造方法によると、多孔質基材の表面に、ポリフッ化ビニリデン系樹脂からなる多孔質樹脂層が形成されてなる分離膜であって、多孔質樹脂層の外表面側に、膜ろ過に必要な所望の平均孔径($0.01\sim 0.2\mu\text{m}$)をもつとともに平滑表面(表面粗さが $0.1\mu\text{m}$ 以下)をもつ分離機能層が形成され、それより内側にはマクロポイドが存在する層が形成されてなる分離膜が製造される。即ち、多孔質樹脂層内には、多孔質基材に近い内側にマクロポイドのある層が存在し、外表面に、所定孔径をもつ平滑表面の分離機能層が存在する。

【 実施例 】

【 0 0 8 0 】

(実施例 1)

本発明に係る膜分離装置の具体的な一実施例を図6に示す。図6(a)、(b)、(c)は、それぞれ、膜分離装置の正面図、側面図、A-A断面図である。この図では、気体供給管およびその上流側は省略している。

【 0 0 8 1 】

この装置では、分離膜モジュール2内に、平行に並べた100枚の分離膜エレメントが設置されている。分離膜モジュール2の鉛直下方には、右側の気体供給管(図示なし)の分岐管部6Rから水平方向に延びる微細気泡散気管と、左側の気体供給管(図示なし)の分岐管部6Lから水平方向に延びる微細気泡散気管とが設置されている。それら微細気泡散気管の長手方向中心軸がほぼ同一の水平面の略直線上の4列に並ぶように配列され、対向する微細気泡散気管の先端同士を近接位置としている。さらに、それらの先端部が互い違いとなるように配置している。なお、長手方向長さは、長尺微細気泡散気管4bが0.8mであり、短尺微細気泡散気管4aが0.6mである。このような微細気泡散気管の配置構造とすることにより、分離膜モジュール2内の各エレメントの膜面に均一に微細気泡を散気させることができる。

【 0 0 8 2 】

(実施例 2)

本発明に係る膜分離装置の具体的な別の実施例を図7に示す。図7(a)、(b)、(c)は、それぞれ、膜分離装置の正面図、側面図、A-A断面図である。この図では、気体供給管およびその上流側は省略している。

【 0 0 8 3 】

この装置における分離膜モジュール2の構造は実施例1の場合と同じであり、その分離膜モジュール2の下方に設置された散気管構造が実施例1とは異なるものである。分離膜モジュール2の鉛直下方には、右側の気体供給管(図示なし)の分岐管部6Rから水平方向に延びる微細気泡散気管と、左側の気体供給管(図示なし)の分岐管部6Lから水平方向に延びる微細気泡散気管とが設置されている。それら微細気泡散気管としてはいずれも長手方向長さ0.8mの長尺微細気泡散気管4bを用い、その長手方向中心軸は上下2水平面に、かつ、長手方向中心軸がずれるように配置され、それらの先端部分が部分的に重なっている。このような微細気泡散気管構造とすることにより、各分離膜モジュール2内の各エレメントの膜面に均一に微細気泡を散気させることができる。

【0084】

10

(実施例3)

流路材の代わりとなる凹凸を両面に形成したABS製支持板(高さ1000mm×幅500mm×厚み6mm)の表裏面に、それぞれ分離膜(平膜)を設置して、膜エレメント(分離膜面積:0.9m²)を作製した。ここで、分離膜としては、ポリフッ化ビニリデン製の表面平均孔径0.08μm、表面粗さ(RMS)0.062μmの平膜を用いた。

【0085】

次に、内寸(略寸)が高さ1000mm×幅515mm×奥行1400mmで上下が開放した筐体を製作した。筐体の下には枠体が接続されていて、枠体内の空間の所定位置に、微細気泡散気管が固定されていて、エレメント下端から微細気泡散気管までの上下方向の距離は220mmであった。この時、膜エレメントの配列方向と平行な側面で、散気管より上部の開口部の面積は、片面側2520cm²であった。筐体内に100枚の膜エレメントを装填したときの、筐体上部の膜エレメント上面の開口部の面積は4000cm²であった。従って、B/Aの値は、2520×2/4000=1.26であった。

20

【0086】

また、散気管には、スリット長さ2mmの微細スリットが多数設けられている直径70mmの微細気泡散気管を6本用いた。この散気管を所定位置に設置するため、図8に示すように、散気管への空気送給用の空気供給管5を枠体36に固定した。なお、散気管同士の水平間隔kは125mmとした。また、微細気泡散気管4としては、長手方向長さが0.75mのものとは0.65mのものを用い、それぞれを、対向する空気供給管5に接続させ、その先端同士が近接するように略直線上に配置し、さらに、その先端位置が交互に不揃いとなるようにした。同じ空気供給管5に接続された複数の微細気泡散気管の長手方向長さの総和は、それぞれ、2.15m、2.05mであり、その差は5%であった。

30

【0087】

以上のようにして、100枚の膜エレメント22が筐体35内に装填され、枠体36と散気管4とが設置された、図8に示す構造の浸漬型膜分離装置を製作した。

【0088】

また、表1にまとめて示す条件にて、図10に示す処理装置の水浄化処理プロセスによって、生活廃水の処理を行った。図10では、浸漬型膜分離装置を、膜エレメントが装填された分離膜モジュール2と微細気泡散気管4とに簡略化して示している。図10に示すように、原水(生活廃水)は、原水供給ポンプ31を介して、まず脱窒槽32に導入され活性汚泥と混合される。その後、この活性汚泥混合液は曝気槽41に導入される。生物処理工程は、窒素除去のため、硝化工程(好気)と脱窒工程(無酸素)により処理が進められる。後段の曝気槽41(好気槽)でアンモニア性窒素(NH₄-N)の硝化を進め、膜分離活性汚泥槽から前段の脱窒槽32へ硝化液を汚泥循環ポンプ33により循環され、脱窒槽32にて窒素を除去する。

40

【0089】

ここで、曝気槽41内では、空気供給装置7により送風された空気が散気装置3を介して曝気される。この曝気により、活性汚泥が好気状態に維持され、硝化反応やBOD酸化が行われる。さらに、この空気曝気により、分離膜モジュール2内の膜面上へ付着する汚泥の付着・堆積が洗浄される。また、曝気槽41と脱窒槽32内のMLSS濃度維持のため、

50

定期的に汚泥を、汚泥引き抜きポンプ 3 4 により引き抜いた。

【 0 0 9 0 】

分離膜モジュール 2 による膜ろ過は吸引ポンプ 1 4 で透過水側を吸引することにより行った。また、分離膜の膜表面への汚泥付着防止のため、タイマーを内蔵し、予め記録されたプログラムに従い、定期的に吸引ポンプの運転 / 停止を切り替えるリレースイッチを用いることにより、膜ろ過は 8 分運転と 2 分休止とを繰り返す間欠運転で行い、膜ろ過流速は 1 . 0 m / 日 (平均フラックス) と固定した運転を行った。

【 0 0 9 1 】

【 表 1 】

表 1

	仕様
原水の種類	生活廃水
原水水質 (平均値)	BOD(生物学的酸素要求量):200mg/L TN(全窒素):45mg/L TP(全リン):8mg/L
処理水量	24m ³ /day
生物処理槽容量	脱窒槽:5m ³ 膜分離活性汚泥槽:5m ³ 計10m ³
水理的滞留時間 (HRT)	10時間 脱窒槽:5時間 膜分離活性汚泥槽:5時間
活性汚泥条件	膜分離活性汚泥槽MLSS:8,000mg/L~15,000mg/L 膜分離活性汚泥槽溶存酸素(DO):0.5~2.0mg/L
汚泥循環量	被処理水量の3倍 72m ³ /day
被処理液水温	13°C~28°C
散気量	10L/min・EL×100EL=1000L/min

【 0 0 9 2 】

ここで、運転性能を表す指標として膜差圧を経時的に測定し、その経時変化を用いた。運転中に生じる旋回流が不均一であれば膜面洗浄が不十分となり、膜差圧が上昇し、安定運転が困難になるので、膜差圧の変化でもって運転性能を評価できる。

【 0 0 9 3 】

90日間の運転を続けたところ、90日間における差圧上昇速度は 0 . 0 7 k P a / 日であり、ほぼ安定した運転を継続することができた (表 2 参照) 。

【 0 0 9 4 】

(実施例 4)

実施例 3 と同様の浸漬型膜分離装置において、枠体に固定された散気装置の位置を変更し、膜エレメント下端から散気装置までの上下方向の距離が、それぞれ、120mm、155mm、460mmとなる位置に微細気泡散気管を設置した。この時、B/Aの値は、それぞれ、0.56、0.805、2.94であった。それぞれを、4(a)、4(b)、4(c)とする。

【 0 0 9 5 】

これらの膜分離装置を用いて実施例 3 と同様の運転条件で運転したところ、差圧上昇速度が、それぞれ、1.08、0.10、0.05 k P a / 日であった。エレメント下端から散気装置までの上下方向の距離が120mmのとき(4(a)の場合)は、差圧が急上昇し、30日程度で運転が困難となったが、エレメント下端から散気装置までの上下方向

10

20

30

40

50

の距離が155mmのとき(4(b)の場合)、および460mmのとき(4(c)の場合)は、ほぼ安定した運転を継続することができた。

【0096】

【表2】

表2

実施例	3	4(a)	4(b)	4(c)
エレメント下端から散気管までの上下方向距離(mm)	220	120	155	460
B/A	1.26	0.56	0.805	2.94
差圧上昇速度(kPa/d)	0.07	1.08	0.10	0.05

10

【0097】

(実施例5)

実施例3と同様の浸漬型膜分離装置において、100枚の分離膜エレメントのうち、端から2枚目(22-02)、48枚目(22-48)、50枚目(22-50)、52枚目(22-52)、99枚目(22-99)の膜エレメント22について、270mmの水頭差を与えたときの膜ろ過流束を測定した。これら膜エレメントの位置と微細気泡散気管との上下位置関係を図16に示す。ここで、膜エレメント22-02の鉛直下方部には、3本の微細気泡散気管4Lがあり、膜エレメント22-48の鉛直下方部には、2本の微細気泡散気管4Lがあり、膜エレメント22-50の鉛直下方部には、2本の微細気泡散気管4Lと1本の微細気泡散気管4Rがあり、膜エレメント22-52の鉛直下方部には、1本の微細気泡散気管4Lがあり、膜エレメント22-99の鉛直下方部には、3本の微細気泡散気管4Lがある。

20

【0098】

曝気風量を1000L/分(分離膜モジュールあたりの曝気風量は、 $1.38\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{分}$)としたところ、5分間ろ過した後の膜ろ過流束は、どの分離膜エレメントも1.0m/日であり、十分に高い膜ろ過流束で維持することができた。

30

【0099】

また、曝気風量を700L/分(分離膜モジュールあたりの曝気風量は、 $0.97\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{分}$)としたところ、5分間ろ過した後の膜ろ過流束は、膜エレメント22-52以外の分離膜エレメントは1.0m/日であったが、膜エレメント22-52は0.8m/日であった。下方部に微細気泡散気管が1本しかない1枚の膜エレメントの膜ろ過流束は、他と比較して若干小さくなったが、全体的に十分に高い膜ろ過流束で維持することができた。

【0100】

また、曝気風量を500L/分(分離膜モジュールあたりの曝気風量は、 $0.69\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{分}$)としたところ、5分間ろ過した後の膜ろ過流束は、膜エレメント22-02と22-99は、1.0m/日だったものの、22-48と22-50は0.7m/日、22-52は0.5m/日となった。このように、中央部の膜エレメントの膜ろ過流束が他と比較して、著しく小さくなってしまった。

40

【産業上の利用可能性】

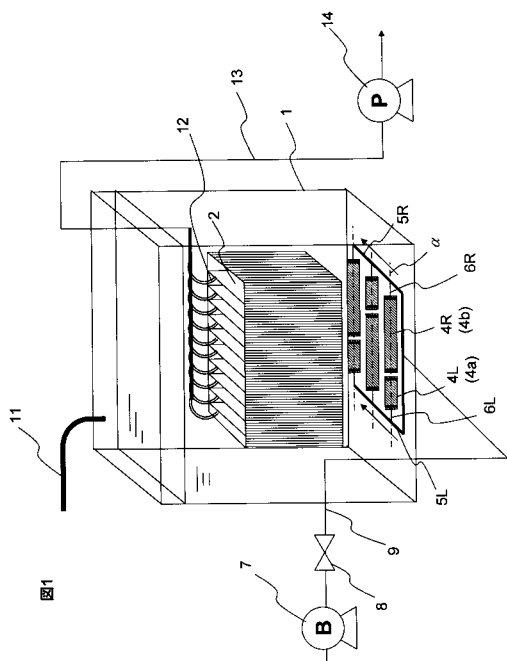
【0101】

本発明の浸漬型膜分離装置は、下水、し尿、産業廃棄水等の汚水を処理する際に、活性汚泥処理槽内に設置して使用する浸漬型膜分離装置として好適である。また、汚水以外の種々の水(例えば上水)を膜分離処理する際の浸漬型膜分離装置として使用することもで

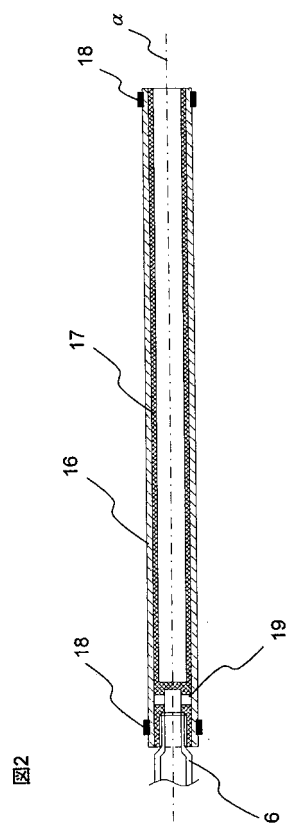
50

나
은
。

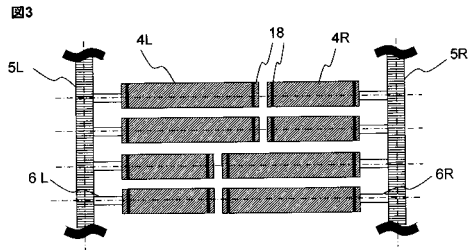
【 图 1 】



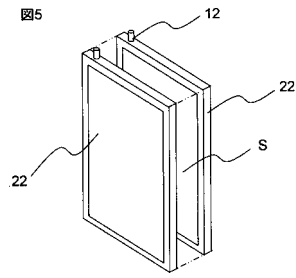
【 图 2 】



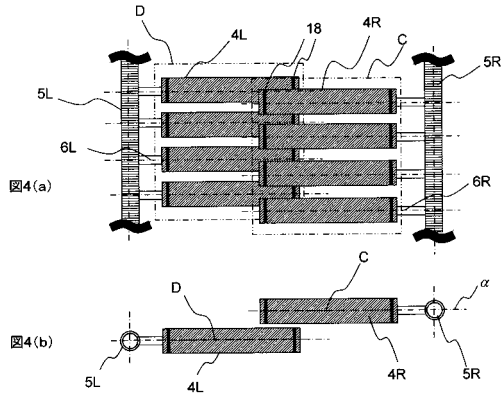
【 図 3 】



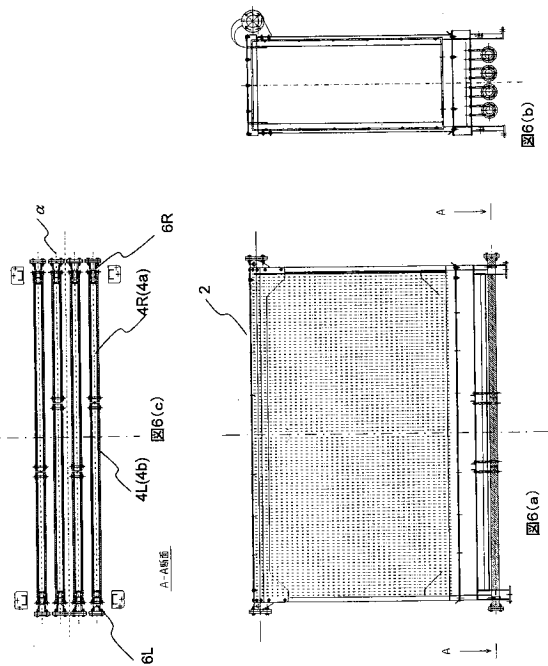
【 図 5 】



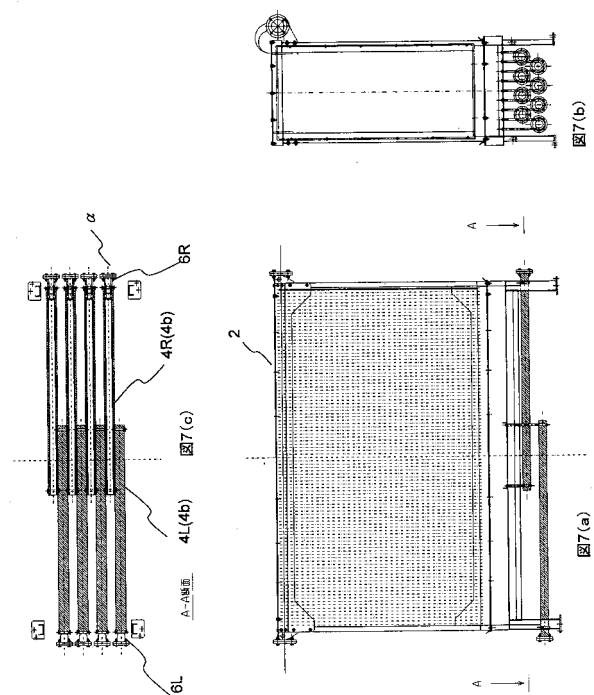
【 図 4 】



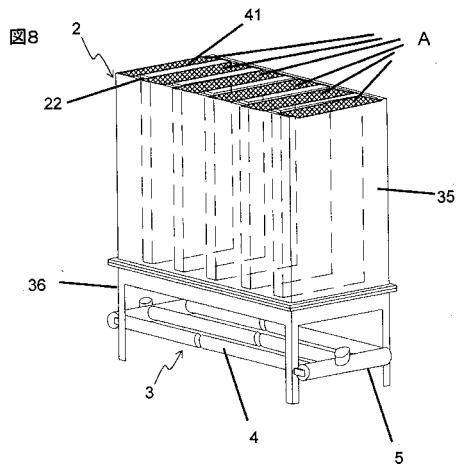
【 図 6 】



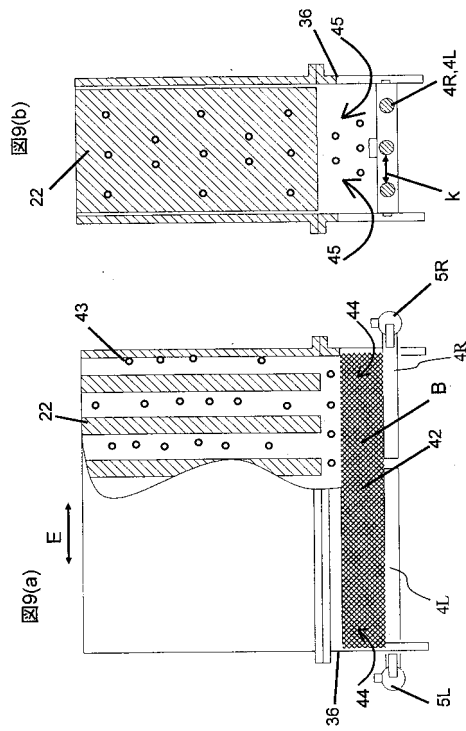
【 図 7 】



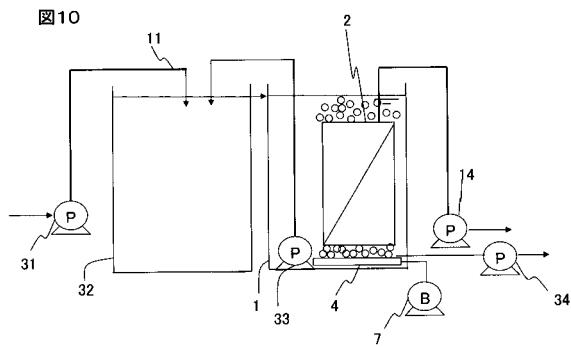
【 図 8 】



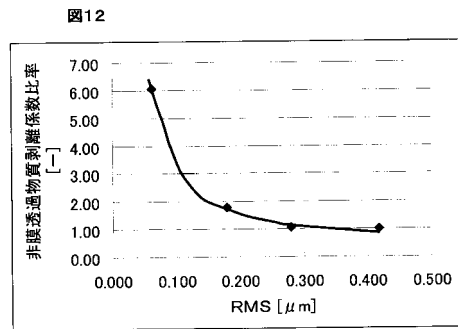
【 図 9 】



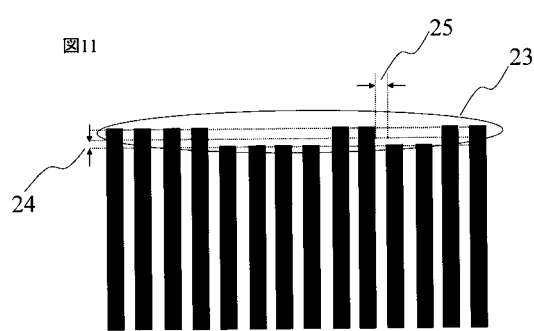
【 図 10 】



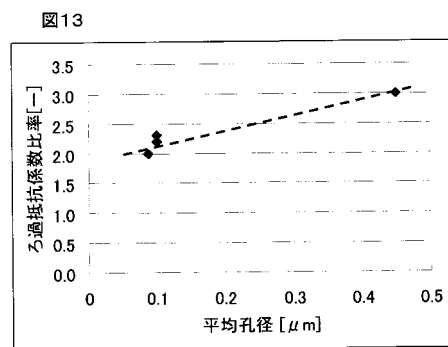
【 図 12 】



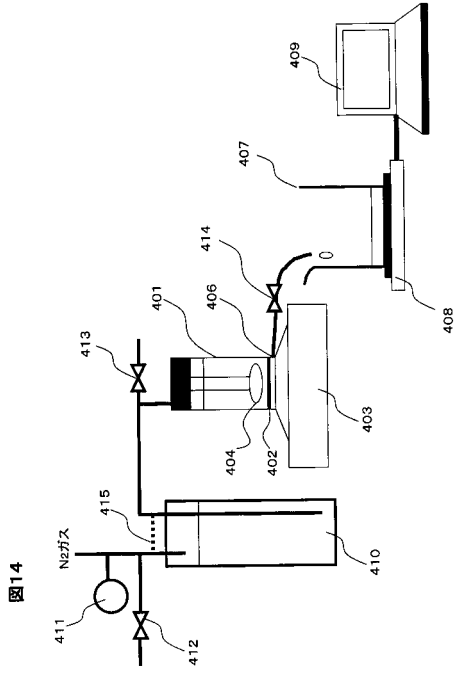
【 図 11 】



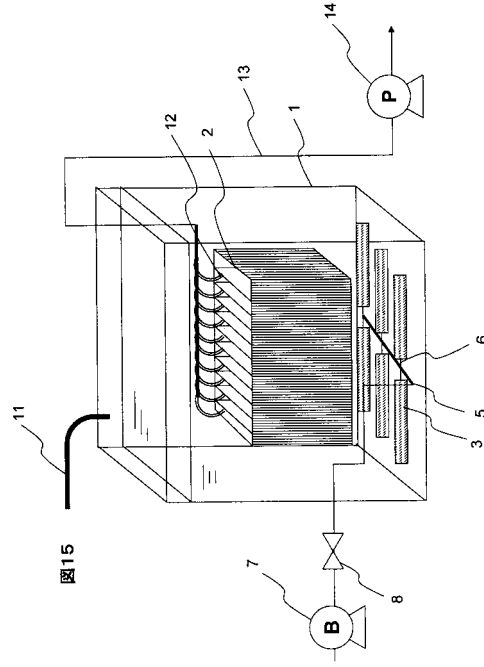
【 図 13 】



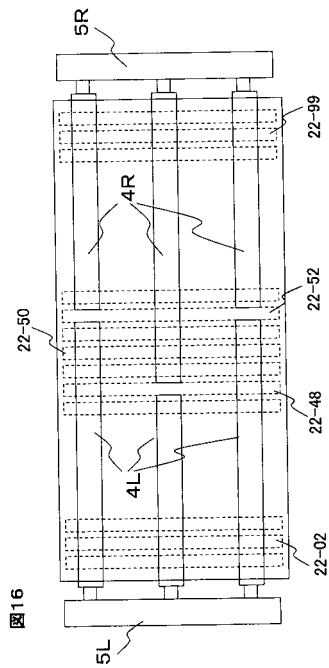
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 0 1 D 69/12 (2006.01) B 0 1 D 69/12

審査官 富永 正史

(56)参考文献 特開平09 - 225272 (JP, A)
特開2003 - 071255 (JP, A)
特開平07 - 185270 (JP, A)
特開2007 - 061787 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B 0 1 D 6 1 / 0 0 - 7 1 / 8 2
C 0 2 F 1 / 4 4