

(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
2017年5月18日(18.05.2017)



(10) 国際公開番号

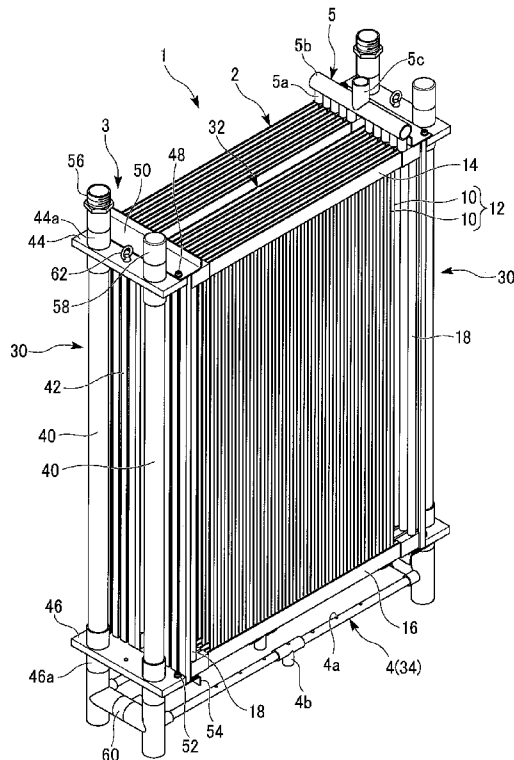
WO 2017/082095 A1

- (51) 国際特許分類:
C02F 1/44 (2006.01) B01D 65/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/082246
- (22) 国際出願日: 2016年10月31日(31.10.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-220574 2015年11月10日(10.11.2015) JP
- (71) 出願人: 三菱レイヨン株式会社(MITSUBISHI RAYON CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008253 東京都千代田区丸の内一丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 取違 哲也(TORICHIGAI Tetsuya); 〒1008253 東京都千代田区丸の内一丁目1番1号 三菱レイヨン株式会社内 Tokyo (JP). 井手口 誠(IDEGUCHI Makoto); 〒1008253 東京都千代田区丸の内一丁目1番1号 三菱レイヨン株式会社内 Tokyo (JP). 古野 真介(FURUNO Shinsuke); 〒1008253 東京都千代田区丸の内一丁目1番1号 三菱レイヨン株式会社内 Tokyo (JP). 窪田 洋一(KUBOTA Youichi); 〒1008253 東京都千代田区丸の内一丁目1番1号 三菱レイヨン株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (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, 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.
- (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

[続葉有]

(54) Title: MEMBRANE FILTRATION UNIT AND WATER TREATMENT METHOD

(54) 発明の名称: 膜ろ過ユニットおよび水処理方法



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a membrane filtration unit that can be made more compact and manufactured at lower cost than a conventional membrane filtration unit, and a water treatment method using the membrane filtration unit. Provided is a membrane filtration unit (1) provided with a plurality of hollow fiber membrane elements (2), a frame (3) for holding the plurality of hollow fiber membrane elements (2), and an exhaust pipe (4) connected to the lower part of the frame (3), wherein at least part (support columns (40) and air supply header (60)) of the frame (3) also serves as an air supply pipe for supplying air to the exhaust pipe (4). Also provided is a water treatment method using the same.

(57) 要約: 従来の膜ろ過ユニットに比べてコンパクト化および低コスト化を実現できる膜ろ過ユニット、および前記膜ろ過ユニットを用いた水処理方法を提供する。複数の中空系膜エレメント(2)と、複数の中空系膜エレメント(2)を保持するフレーム(3)と、フレーム(3)の下部に接続する散気管(4)とを備え、フレーム(3)の少なくとも一部(支柱(40)および給気ヘッダ(60))が、散気管(4)に気体を供給する給気管を兼ねている、膜ろ過ユニット(1)、およびこれを用いた水処理方法。

WO 2017/082095 A1



ロツパ (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))

明 細 書

発明の名称：膜ろ過ユニットおよび水処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、膜ろ過ユニットおよび水処理方法に関する。

本願は、2015年11月10日に日本に出願された特願2015-220574号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 有機物、微生物（細菌類等）、それらの残骸等を含む各種排水（工業排水、生活排水等）を処理する方法としては、活性汚泥水槽内において排水を活性汚泥によって生物化学的に処理するとともに、活性汚泥水槽内に浸漬された膜ろ過ユニットによって汚泥と処理水とを固液分離する膜分離活性汚泥法が知られている。

[0003] 膜ろ過ユニットとしては、複数の中空糸膜エレメントが内部に配列された中空糸膜モジュールと、中空糸膜モジュールの下方に配置された複数の散気管を有する散気装置とを備えたものが知られている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2007-152179号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来の膜ろ過ユニットでは、中空糸膜モジュールと散気装置とは別々に作製される。そのため、中空糸膜モジュールのフレームと散気装置のフレームとをボルトとナットによって連結する必要がある。フレーム同士の連結のためには、各フレームにボルトを通す連結部分を設けるための余分なスペース、連結部分にボルト用穴を穿設するための加工の手間、およびフレーム同士を連結するための作業の手間が必要である。そのため、膜ろ過ユニットが大

きくなり、かつ膜ろ過ユニットの製造コストが高くなる。

また、従来の膜ろ過ユニットでは、散気装置の散気管に気体を供給するための給気管を別途設ける必要がある。給気管は、各フレームの外側に配設され、中空糸膜モジュールのフレーム等にUボルト等で固定される。そのため、給気管を含めた膜ろ過ユニットの設置に必要な空間がさらに大きくなる。また、部品が増えることによって、製造コストがさらに高くなる。

[0006] 本発明は、従来の膜ろ過ユニットに比べてコンパクト化および低コスト化を実現できる膜ろ過ユニットを提供する。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、下記の態様を有する。

[1] 複数の膜エレメントと、

前記複数の膜エレメントを保持するフレームと、

前記フレームの下部に接続する散気管とを備え、

前記フレームの少なくとも一部が、前記散気管に気体を供給する給気管を兼ねている、膜ろ過ユニット。

[2] 前記フレームが、前記膜エレメントを挟持する、略鉛直方向に配置された2つの縦部材を備え、

前記縦部材の少なくとも一部が、前記散気管に気体を供給する給気管を兼ねている、[1]に記載の膜ろ過ユニット。

[3] 前記フレームが、前記膜エレメントを挟持する、略鉛直方向に配置された2つの縦部材を備え、

前記縦部材が、前記膜エレメントを略鉛直方向に案内するガイド部を有する、[1]または[2]に記載の膜ろ過ユニット。

[4] 下記式(1)から求めた膜充填密度が、 $150 \sim 350 \text{ m}^2/\text{m}^2$ である、[1]～[3]のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニット。

[数1]

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{U} \quad (I)$$

ただし、Dは膜充填密度であり、nは膜ろ過ユニットに配置された膜エレメントの数であり、 E_i はi番目の膜エレメントにおける膜の表面積であり、Uは膜ろ過ユニットの設置に必要な面積である。

[5] 前記フレームが、前記膜エレメントを挟持する、略鉛直方向に配置された2つの縦部材を備え、

前記縦部材の少なくとも一部の材質が、樹脂である、[1]～[4]のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニット。

[6] 前記樹脂が、ポリ塩化ビニル系樹脂である、[5]に記載の膜ろ過ユニット。

[7] 前記フレームが、前記膜エレメントを挟持する、略鉛直方向に配置された2つの縦部材と、前記2つの縦部材と接続する横部材とを備え、

前記散気管が、前記横部材の少なくとも一部を兼ねている、[1]～[6]のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニット。

[8] 前記膜エレメントが、シート状の膜と、前記膜の上端が固定された上部ハウジングと、前記膜の下端が固定された下部ハウジングとを備え、

前記複数の膜エレメントが、前記膜が互いに対面し、前記上部ハウジングおよび前記下部ハウジングの長手方向が揃い、かつ隣り合う前記上部ハウジング間および隣り合う前記下部ハウジング間が所定間隔Xをあけるように配置され、

前記フレームが、前記上部ハウジングおよび前記下部ハウジングの長手方向側から前記膜エレメントを挟持する、略鉛直方向に配置された2つの縦部材を備え、

前記縦部材が、上部支持板を備え、前記上部ハウジングおよび前記下部ハウジングの長手方向に直交する幅方向の、前記上部支持板の側面Aが、最も外側に配置された膜エレメントの外側の表面Bのうち最も外側の表面B'と同一平面上にあるか、または、前記側面Aが、前記側面Aと前記表面Bとの最大段差Yが0超前記間隔X以下となるように突出している、[1]～[7]のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニット。

[9] 前記膜エレメントが、シート状の膜を備え、前記シート状の膜の膜外径が、1 mm以上5 mm以下であることを特徴とする、[1]～[8]のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニット。

[10] 前記膜エレメントが、シート状の膜を備え、前記膜エレメントは支持体を有する、[1]～[9]のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニット。

[11] 全高が1 m以上1.5 m以下である、[1]～[10]のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニット。

[12] 膜表面積当たりの重量が1.0 kg/m²以下である、[1]～[11]のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニット。

[13] [1]～[12]のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニットを用いて固液分離することを含む水処理方法。

[14] [1]～[12]のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニットを活性汚泥水槽内で用いる、[13]に記載の水処理方法。

[15] [11]に記載の膜ろ過ユニットを、水深が1.5 m以下の活性汚泥水槽内で用いる、[13]に記載の水処理方法。

発明の効果

[0008] 本発明の膜ろ過ユニットは、従来の膜ろ過ユニットに比べてコンパクト化および低コスト化を実現できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の膜ろ過ユニットの一例を示す斜視図である。

[図2]中空糸膜エレメントの一例を示す斜視図である。

[図3]フレーム（ただし、押さえ板を除く。）の一例を示す斜視図である。

[図4]図1の膜ろ過ユニットから集水管および押さえ板を除いた状態を示す上面図である。

[図5]図4の膜ろ過ユニットを並設した状態を示す上面図である。

[図6]フレームに中空糸膜エレメントを挿入する様子を示す斜視図である。

[図7]弾性部材の一例を示す斜視図である。

[図8]弾性部材をフレーム内に配列された中空糸膜エレメントに取り付けた様子を示す斜視図である。

[図9]押さえ板をフレームの上部支持板に固定する様子を示す斜視図である。

[図10]集水管を中空糸膜エレメントに接続する様子を示す斜視図である。

[図11]本発明の膜ろ過ユニットの他の例を示す斜視図である。

[図12]本発明の膜ろ過ユニットの他の例を示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0010] [膜ろ過ユニット]

<第1の実施形態>

図1は、本発明の膜ろ過ユニットの第1の実施形態を示す斜視図である。

膜ろ過ユニット1は、複数の平型の中空糸膜エレメント2と；複数の中空糸膜エレメント2を保持するフレーム3と；フレーム3の下部に接続する散気管4と；中空糸膜エレメント2の上方に配置され、各中空糸膜エレメント2と接続する集水管5とを備える。

[0011] (中空糸膜エレメント)

図2は、中空糸膜エレメントの一例を示す斜視図である。

中空糸膜エレメント2は、複数の中空糸膜10が一方向に引き揃えられた中空糸膜シート状物12と；中空糸膜シート状物12の中空糸膜10の長さ方向の上端が固定された上部ハウジング14と；中空糸膜シート状物12の中空糸膜10の長さ方向の下端が固定された下部ハウジング16と；中空糸膜シート状物12の両脇に配置され、上部ハウジング14の端部と下部ハウジング16の端部とを接続する2本の縦杆18と；上部ハウジング14の端部から上部ハウジング14の長手方向の外方に突出して形成された上部嵌合

凸部 20 と；下部ハウジング 16 の端部から下部ハウジング 16 の長手方向の外方に突出して形成された下部嵌合凸部 22 と；上部ハウジング 14 の一方の端部から上方に突出して形成された取水口 24 とを備える。

[0012] 中空糸膜シート状物 12 の上端は、両端が封止された角筒状の上部ハウジング 14 に挿入され、中空糸膜 10 の端部の開口を保った状態でポッティング材（図示略）によって液密に固定されている。

中空糸膜シート状物 12 の下端は、両端が封止された角筒状の下部ハウジング 16 に挿入され、中空糸膜 10 の端部の開口を保った状態でポッティング材（図示略）によって液密に固定されている。

[0013] 中空糸膜 10 の材質としては、例えば、ポリスルホン系樹脂、ポリアクリロニトリル、セルロース誘導体、ポリオレフィン（ポリエチレン、ポリプロピレン等）、フッ素系樹脂（ポリフッ化ビニリデン、ポリテトラフルオロエチレン等）、ポリアミド、ポリエステル、ポリメタクリレート、ポリアクリレート、これらの樹脂の一部に置換基を導入したもの、これらのポリマーを構成するモノマーの共重合体からなる樹脂等が挙げられる。なかでも、耐酸性、耐アルカリ性に優れる点から、ポリフッ化ビニリデンが好ましい。

中空糸膜 10 は、これらの樹脂のうちの 1 種以上を含むことが好ましい。

[0014] 中空糸膜シート状物 12 を構成する、一方向に引き揃えられたそれぞれの中空糸膜 10 の膜外径は、水処理効率、中空糸膜の耐久性および集積率の観点から、1 mm 以上 5 mm 以下であることが好ましく、1.2 mm 以上 4 mm 以下がより好ましく、1.3 mm 以上 3 mm 以下がさらに好ましく、1.5 mm 以上 2.5 mm 以下が特に好ましい。

[0015] 上部ハウジング 14 および下部ハウジング 16 の材質としては、機械的強度および耐久性を有するものが好ましく、例えば、ポリカーボネート、ポリスルホン、ポリオレフィン、ポリ塩化ビニル、アクリル樹脂、アクリロニトリル、ブタジエンスチレン（ABS）樹脂、変性ポリフェニレンエーテル等が挙げられる。上部ハウジング 14 および下部ハウジング 16 は、これらの樹脂のうちの 1 種以上を含むことが好ましい。

- [0016] ポットイング材としては、例えば、熱硬化性樹脂（エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂等）の硬化物、ポリウレタン樹脂、シリコン系充填材、各種ホットメルト樹脂が挙げられる。
- [0017] 縦杆 18 は、一方向に引き揃えられた中空糸膜 10 からなる中空糸膜シート状物 12 を支持し、中空糸膜シート状物 12 の撓みを回避することによって、中空糸膜エレメント 2 の形状を保つ支持体である。中空糸膜エレメント 2 が縦杆 18 を有することによって、中空糸膜エレメント 2 の持ち運び、膜ろ過ユニット 1 の組み立てや交換等の際における取扱性がよくなり、また、フレーム 3 への中空糸膜エレメント 2 の挿入およびフレーム 3 からの中空糸膜エレメント 2 の取り出しが容易になる。
- [0018] 縦杆 18 の材質としては、例えば、樹脂（ポリ塩化ビニル、フッ素系樹脂、ポリオレフィン、ABS 樹脂、ポリカーボネート等）、金属（ステンレス、チタン等）が挙げられる。縦杆 18 の材質としては、塩酸、硫酸等に対する耐酸性が優れる点から、樹脂が好ましく、耐薬品性が優れる点から、ポリ塩化ビニルまたはフッ素系樹脂がより好ましく、安価であり、かつ他の部材との接着性がよく中空糸膜エレメント 2 の製造が容易である点から、ポリ塩化ビニル系樹脂がさらに好ましい。なお、「ポリ塩化ビニル系樹脂」とは、塩化ビニルに由来する構成単位を含む樹脂であり、ポリ塩化ビニルであることが好ましい。
- [0019] 縦杆 18 としては、散気管 4 からの曝気等によって中空糸膜 10 が揺動し、縦杆 18 と擦れたときに角パイプに比べて中空糸膜 10 の損傷が低減される点から、丸パイプが好ましい。
- 丸パイプとしては、軽く、かつ安価である点から、市販のポリ塩化ビニル管が好ましい。ポリ塩化ビニル管としては、硬質ポリ塩化ビニル管（JIS K 6741）、水道用硬質ポリ塩化ビニル管（JIS K 6742）等が挙げられる。
- [0020] 上部嵌合凸部 20 は、後述するフレーム 3 の縦部材 30 におけるガイド部 42 のガイド溝 42a に嵌合して上部ハウジング 14 における中空糸膜エレ

メント2の横ずれを抑制するものである。

[0021] 下部嵌合凸部22は、後述するフレーム3の縦部材30におけるガイド部42のガイド溝42aに嵌合して下部ハウジング16における中空糸膜エレメント2の横ずれを抑制するものである。また、ガイド部42のガイド溝42aの長手方向に沿って摺動することによって、中空糸膜エレメント2とフレーム3とを相対的に略鉛直方向に移動可能にするものである。

[0022] 取水口24は、中空糸膜10でろ過され、上部ハウジング14内の集水空間に集められた液体を中空糸膜エレメント2の外部に取り出すためのものである。

[0023] (フレーム)

図3は、フレーム（ただし、押さえ板を除く。）の一例を示す斜視図である。

フレーム3は、上部ハウジング14および下部ハウジング16の長手方向側から中空糸膜エレメント2を挟持するように、かつ、略鉛直方向に配置された2つの縦部材30と；中空糸膜エレメント2の間に挟まれるように配置され、2つの縦部材30の上部かつ水平方向の中央部同士を接続する上部横部材32と；縦部材30の下部同士を接続する下部横部材34とを備え、下部横部材34は散気管4を兼ねている。

フレーム3の少なくとも一部は、散気管4に気体を供給する給気管を兼ねる。

[0024] (縦部材)

縦部材30は、略鉛直方向に配置された2本の支柱40と；支柱40よりも内側で、上部横部材32を挟むように配置された2枚のガイド部42と；2つの貫通管44aに2本の支柱40がそれぞれ接続され、かつ側面にガイド部42の上端が接合された上部支持板44と；2つの貫通管46aに2本の支柱40がそれぞれ接続され、かつ側面にガイド部42の下端が接合された下部支持板46と；縦部材30間に挟持された中空糸膜エレメント2を上方から押さえつけるように上部支持板44にボルト48（図1参照）および

ナット（図示略）で固定された押さえ板 50（図 1 参照）と；縦部材 30 間に挟持された中空糸膜エレメント 2 を下方から支えるように下部支持板 46 にボルト（図示略）およびナット 52 で固定された支え板 54 と；2 つの貫通管 44 a のうちの 1 つの貫通管 44 a の上端に取り付けられた給気口 56 と；2 つの貫通管 44 a のうち、給気口が取り付けられなかった貫通管 44 a の上端に取り付けられたキャップ 58 と；2 つの貫通管 46 a の下端および 3 本の散気管 4 の一方の端部に接続する給気ヘッダ 60 と；上部支持板 44 に取り付けられた吊金具 62 とを備える。

[0025] 支柱 40 をパイプとすることによって、支柱 40 が散気管 4 に気体を供給する給気管を兼ねることができる。

給気管として用いていない支柱 40 が接続された上部支持板 44 の貫通管 44 a の上端をキャップ 58 で封止することによって、散気管 4 以外からの気体の漏れが抑えられる。

[0026] 支柱 40 の材質としては、例えば、樹脂（ポリ塩化ビニル、フッ素系樹脂、ポリオレフィン、ABS 樹脂、ポリカーボネート等）、金属（ステンレス、チタン等）が挙げられる。支柱 40 の材質としては、安価である点、縦部材 30 の製造が容易である点、軽量である点、および耐薬品性に優れる点から、樹脂が好ましく、他の部材との接着性がよく縦部材 30 の製造がさらに容易である点から、ポリ塩化ビニル系樹脂がより好ましい。

[0027] 支柱 40 としては、機械的強度、中空糸膜 10 が曝気等の揺動でパイプと擦れたときに膜の角部がないことにより膜の損傷が低減される等の点から、丸パイプが好ましい。

丸パイプとしては、軽く、かつ安価である点から、市販のポリ塩化ビニル管が好ましい。ポリ塩化ビニル管としては、硬質ポリ塩化ビニル管（JIS K 6741）、水道用硬質ポリ塩化ビニル管（JIS K 6742）等が挙げられる。

[0028] 図 4 に示すように、ガイド部 42 は、略鉛直方向に延びる複数のガイド溝 42 a が形成された波板状の部材であり、中空糸膜エレメント 2 を略鉛直方

向に案内するものである。

ガイド溝 4 2 a は、上部ハウジング 1 4 の上部嵌合凸部 2 0 が嵌合することによって、上部ハウジング 1 4 における中空糸膜エレメント 2 の横ずれを抑制するものである。

ガイド溝 4 2 a は、下部ハウジング 1 6 の下部嵌合凸部 2 2 が嵌合することによって、下部ハウジング 1 6 における中空糸膜エレメント 2 の横ずれを抑制するものである。また、ガイド溝 4 2 a の長手方向に沿って下部嵌合凸部 2 2 が摺動することによって、中空糸膜エレメント 2 とフレーム 3 とを相対的に略鉛直方向に移動可能にするものである。

[0029] 縦部材 3 0 がガイド部 4 2 を有することによって、ガイド部 4 2 が互いに対面するように配置された縦部材 3 0 が、中空糸膜エレメント 2 とフレーム 3 との間の相対的な水平方向の移動を規制し、かつ中空糸膜エレメント 2 とフレーム 3 との間の相対的な略鉛直方向の移動を可能とするように、中空糸膜エレメント 2 を挟持できる。

[0030] ガイド部 4 2 の材質としては、例えば、樹脂（ポリ塩化ビニル、フッ素系樹脂、ポリオレフィン、ABS樹脂、ポリカーボネート等）、金属（ステンレス、チタン等）が挙げられる。ガイド部 4 2 の材質としては、安価である点、縦部材 3 0 の製造が容易である点、軽量である点、および耐薬品性に優れる点から、樹脂が好ましく、他の部材との接着性がよく縦部材 3 0 の製造がさらに容易である点から、ポリ塩化ビニル系樹脂がより好ましい。

[0031] 上部支持板 4 4 および下部支持板 4 6 には、支柱 4 0 を接続するための貫通管が設けられている。また、上部支持板 4 4 および下部支持板 4 6 のガイド部 4 2 と接合する側面には、波板状のガイド部 4 2 の形状に対応した凹凸が形成されており、上部支持板 4 4 および下部支持板 4 6 の凹凸とガイド部 4 2 の凹凸とを嵌合することによって、上部支持板 4 4 および下部支持板 4 6 とガイド部 4 2 とを十分に接合できる。

[0032] 上部支持板 4 4 および下部支持板 4 6 の材質としては、例えば、樹脂（ポリ塩化ビニル、フッ素系樹脂、ポリオレフィン、ABS樹脂、ポリカーボネ

ート等)、金属(ステンレス、チタン等)が挙げられる。上部支持板44および下部支持板46の材質としては、安価である点、縦部材30の製造が容易である点、軽量である点、および耐薬品性に優れる点から、樹脂が好ましく、他の部材との接着性がよく縦部材30の製造がさらに容易である点から、ポリ塩化ビニル系樹脂がより好ましい。

[0033] 押さえ板50は、縦部材30間に挟持された中空糸膜エレメント2を上方から押さえつけるものである。

押さえ板50は、散気管4からの曝気等による中空糸膜エレメント2の浮き上がりを抑えるとともに、中空糸膜エレメント2の振動を抑えて中空糸膜エレメント2同士の擦れによる摩耗を低減するものである。

[0034] 押さえ板50の材質は、中空糸膜エレメント2の浮き上がりを抑えるために必要な機械的強度に応じて選択される。押さえ板50の材質としては、機械的強度が高い点から、金属(ステンレス、チタン等)が好ましい。機械的強度に問題がなければ、樹脂または繊維強化プラスチックを用いてもよい。

上部支持板44への押さえ板50の固定は、ボルトとナットによって行うことが好ましい。エポキシ樹脂等による接着では、押さえ板50を着脱可能に固定できず、中空糸膜エレメント2の取り出しが困難となる。

[0035] 押さえ板50と中空糸膜エレメント2との間に、弾性部材(図示略)を配置することが好ましい。押さえ板50と中空糸膜エレメント2との間に、弾性部材を配置することによって、中空糸膜エレメント2の高さにばらつきがあっても、弾性部材が変形することによって各中空糸膜エレメント2と接して確実に中空糸膜エレメント2を押さえることができ。その結果、中空糸膜エレメント2の振動がさらに抑えられる。

[0036] 弾性部材の材質としては、熱硬化性エラストマー(エチレン-プロピレンジエンゴム(以下、EPDMとも記す。)、ニトリルゴム、フッ素ゴム、シリコーンゴム、ウレタンゴム等)、熱可塑性エラストマー(スチレン系エラストマー、オレフィン系エラストマー、塩化ビニル系エラストマー、エステル系エラストマー、ウレタン系エラストマー、アミド系エラストマー等)

等が挙げられる。弾性部材の材質は、熱硬化性エラストマーおよび熱可塑性エラストマーに限定されるものではなく、比較的柔らかいものであれば、例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン等の熱可塑性樹脂、ポリウレタン等の熱硬化性樹脂であってもよい。

- [0037] 弾性部材のデュロメータ硬さは、A 10～95の範囲が好ましい。弾性部材のデュロメータ硬さが前記範囲内であれば、複数の中空糸膜エレメント2をしっかり押さえるときに生ずる応力を十分に緩和でき、かつ中空糸膜エレメント2の振動の緩衝作用を奏する。また、弾性部材のデュロメータ硬さは、A 40～90の範囲がより好ましい。弾性部材のデュロメータ硬さがA 40以上であれば、中空糸膜エレメント2を押さえるのに十分な機械的強度を得るための弾性部材の使用量を抑えられるため、コストを抑制できる。弾性部材のデュロメータ硬さがA 90以下であれば、弾性部材の柔軟性が増すため、中空糸膜エレメント2の振動を抑えて損傷を抑える効果がより高まる。

弾性部材のデュロメータ硬さは、J I S K 6253 (I S O 7619) で規定される。

- [0038] 支え板54は、縦部材30間に挟持された中空糸膜エレメント2を下方から支えるものである。

支え板54の材質は、中空糸膜エレメント2の質量を支えるために必要な機械的強度に応じて選択される。支え板54の材質としては、機械的強度が高い点から、金属（ステンレス、チタン等）が好ましい。機械的強度に問題がなければ、樹脂または繊維強化プラスチックを用いてもよい。

下部支持板46への支え板54の固定は、ボルトとナットによって行うことが好ましい。エポキシ樹脂等による接着では、接着面で剥離するおそれがある。

- [0039] 給気ヘッダ60は、H字型のパイプからなる部材である。

給気ヘッダ60をパイプとすることによって、給気ヘッダ60が散気管4に気体を供給する給気管を兼ねることができる。

給気ヘッダ60の縦方向のパイプの2つの上端に下部支持板46の2つの

貫通管 4 6 a の下端がそれぞれ接続され、給気ヘッダ 6 0 の縦方向の 2 本のパイプの中央および横方向のパイプの中央に 3 本の散気管 4 の一方の端部がそれぞれ接続される。給気ヘッダ 6 0 の縦方向のパイプの 2 つの下端にはキャップ（図示略）が取り付けられる。

[0040] 給気ヘッダ 6 0 の材質としては、例えば、樹脂（ポリ塩化ビニル、フッ素系樹脂、ポリオレフィン、ABS樹脂、ポリカーボネート等）、金属（ステンレス、チタン等）が挙げられる。給気ヘッダ 6 0 の材質としては、安価である点、縦部材 3 0 の製造が容易である点、軽量である点、および耐薬品性に優れる点から、樹脂が好ましく、他の部材との接着性がよく縦部材 3 0 の製造がさらに容易である点から、ポリ塩化ビニル系樹脂がより好ましい。

[0041] 上部支持板 4 4 の貫通管 4 4 a に取り付けられた給気口 5 6 には、ホース（図示略）を介してブロワ（図示略）が接続される。

ブロワ、ホース、給気口 5 6、貫通管 4 4 a、支柱 4 0、貫通管 4 6 a、給気ヘッダ 6 0、散気管 4 の順に連通させることによって、フレーム 3 の一部である支柱 4 0 を給気管として併用させながら、ブロワから散気管 4 へ気体を供給できる。

[0042] 縦部材 3 0 を構成する部材のうち、少なくとも一部の部材の材質は、安価である点、縦部材 3 0 の製造が容易である点、軽量である点、および耐薬品性に優れる点から、樹脂であることが好ましい。縦部材 3 0 を構成する部材のうち、2 つ以上の部材の材質は、部材同士の接着性がよく縦部材 3 0 の製造がさらに容易である点から、樹脂であることが好ましく、ポリ塩化ビニル系樹脂であることがより好ましい。

[0043] （上部横部材）

上部横部材 3 2 は、中空系膜エレメント 2 の間に挟まれるように配置され、2 つの縦部材 3 0 の上部かつ水平方向の中央部同士を接続する断面 L 字型の部材である。

上部横部材 3 2 は、ボルト（図示略）とアイナット（吊金具 6 2）によってその端部が上部支持板 4 4 の水平方向の中央部に固定される。

上部横部材 3 2 の材質としては、機械的強度が高い点から、金属（ステンレス、チタン等）が好ましい。

[0044] （散気管）

散気管 4 は、円筒状の部材である。

散気管 4 の周壁には、上方に開口した複数の散気穴 4 a が形成されている。

散気管 4 の中央部には、下方に向かって延びる汚泥排出管 4 b が設けられている。

散気管 4 は、その両端がそれぞれ縦部材 3 0 の下部の給気ヘッダ 6 0 に接続することによって、フレーム 3 の下部横部材 3 4 を兼ねている。

[0045] （集水管）

集水管 5 は、各中空糸膜エレメント 2 の取水口 2 4 と接続する上下方向に延びる複数の接続管 5 a と；複数の接続管 5 a と接続する水平方向に延びる集合管 5 b と；集合管 5 b の中央から上方に延びる取水管 5 c とを有する。

[0046] 集水管 5 の接続管 5 a は、各中空糸膜エレメント 2 の取水口 2 4 と接続され、かつ集水管 5 の取水管 5 c は、ホース（図示略）を介して吸引ポンプ（図示略）と接続される。

吸引ポンプを作動させることによって、中空糸膜 1 0 でろ過され、上部ハウジング 1 4 内の集水空間に集められた液体を、中空糸膜エレメント 2 から集水管 5 に取り出し、集合させた後、集水管 5 から膜ろ過ユニット 1 の外部に取り出す。

[0047] （膜ろ過ユニットにおける各部材の配置）

図 4 に示すように、複数の中空糸膜エレメント 2 は、中空糸膜シート状物 1 2 が互いに対面し、上部ハウジング 1 4 および下部ハウジング 1 6 の長手方向が揃い、かつ隣り合う上部ハウジング 1 4 間および隣り合う下部ハウジング 1 6 間が所定間隔 X をあけるように配置される。

[0048] 間隔 X は、隣り合うハウジングが最も離間している箇所における間隔（ハウジングの表面と、これと隣り合うハウジングの表面との最大距離）である

。

間隔Xは、3～25mmが好ましく、5～15mmがより好ましい。間隔Xが前記範囲の下限值以上であれば、中空糸膜10間に曝気による気液混合流が流れ込みやすいため、膜間に汚泥が閉塞せずにより安定した運転が可能となる。間隔Xが前記範囲の上限値以下であれば、膜ろ過ユニット1をさらにコンパクト化できる。

[0049] フレーム3の2つの縦部材30は、上部ハウジング14および下部ハウジング16の長手方向側から中空糸膜エレメント2を挟持するように配置される。

フレーム3の上部横部材32は、中空糸膜エレメント2の間に挟まれるように配置される。

フレーム3の縦部材30および上部横部材32が上述したように配置されることによって、複数の中空糸膜エレメント2のうち、最も外側に配置された中空糸膜エレメント2の中空糸膜シート状物12の膜面が、膜ろ過ユニット1の外側に露出するようになる。

[0050] この際、縦部材30の、上部支持板44の短手部分の側面A、すなわち、上部ハウジング14および下部ハウジング16の長手方向に直交する幅方向の、上部支持板44の側面Aが、最も外側に配置された中空糸膜エレメント2の外側（すなわち、上部ハウジング14および下部ハウジング16）の表面Bのうち最も外側の表面B'と面一、すなわち、同一平面上にあるか、または、図4に示すように、側面Aが、側面Aと表面Bとの最大段差Yが0超間隔X以下となるように突出していることが好ましい。

[0051] 側面Aと表面B'とが同一平面上にあれば、フレーム3内に中空糸膜エレメント2が無駄なく配置されることになり、膜ろ過ユニット1をさらにコンパクト化できる。

側面Aが、側面Aと表面Bとの最大段差Yが0超間隔X以下となるように突出していれば、図5に示すように、最も外側に配置された中空糸膜エレメント2が互いに対面するように膜ろ過ユニット1を並設し、側面A同士を当

接した際に、各膜ろ過ユニット 1 において最も外側に配置された中空糸膜エレメント 2 の表面 B 間に空隙が形成され、かつ中空糸膜エレメント 2 間の間隔が大きくなりすぎない。側面 A と表面 B との最大段差 Y は、各膜ろ過ユニット 1 において最も外側に配置された中空糸膜エレメント 2 間の間隔が、膜ろ過ユニット 1 内の中空糸膜エレメント 2 間の間隔 X と同じになる点から、間隔 X の半分であることが好ましい。

[0052] (膜ろ過ユニットの膜充填密度)

膜ろ過ユニット 1 の、下記式 (I) から求めた膜充填密度は、 $150 \sim 350 \text{ m}^2/\text{m}^2$ が好ましく、 $200 \sim 300 \text{ m}^2/\text{m}^2$ がより好ましい。

[0053] [数2]

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{U} \quad (\text{I})$$

[0054] ただし、D は膜充填密度であり、n は膜ろ過ユニット 1 に配置された中空糸膜エレメント 2 の数であり、 E_i は i 番目の中空糸膜エレメント 2 における中空糸膜 10 の表面積の合計であり、U は膜ろ過ユニット 1 の設置に必要な面積である。

[0055] 膜ろ過ユニット 1 の膜充填密度が前記範囲の下限值以上であれば、膜ろ過ユニット 1 をさらにコンパクト化できる。膜ろ過ユニット 1 の膜充填密度が前記範囲の上限值以下であれば、中空糸膜 10 間に適度な隙間ができて曝気による気液混合流が流れ込みやすいため、膜間に汚泥が閉塞せずにより安定した運転が可能となる。

[0056] (膜ろ過ユニットの組み立て)

膜ろ過ユニット 1 の組み立てについて図面を参照しながら説明する。

[0057] 図 6 に示すように、フレーム 3 (ただし、押さえ板 50 を除く。) の縦部材 30 におけるガイド部 42 のガイド溝 42 a に、中空糸膜エレメント 2 に

おける下部ハウジング 16 の下部嵌合凸部 22 を嵌合させる。

ガイド溝 42a の長手方向に沿って下部嵌合凸部 22 を摺動させることによって、中空糸膜エレメント 2 を下方に案内しながらフレーム 3 内に挿入する。

下部ハウジング 16 を支え板 54 に当接させると同時に、ガイド溝 42a に、中空糸膜エレメント 2 における上部ハウジング 14 の上部嵌合凸部 20 を嵌合させる。

このようにして、2つの縦部材 30 によって、上部ハウジング 14 および下部ハウジング 16 の長手方向側から中空糸膜エレメント 2 を挟持する。

同じ操作を中空糸膜エレメント 2 の数だけ繰り返す。

[0058] 押さえ板 50 と中空糸膜エレメント 2 との間に、弾性部材を配置する場合には、たとえば、図 7 に示す弾性部材 6 を用意する。弾性部材 6 は、細長い平板状の基材部 6a と；中空糸膜エレメント 2 間の間隙の幅と同じ幅であり、かつフレーム 3 内に配列された中空糸膜エレメント 2 のピッチと同じピッチで形成された複数の凸部 6b とを有する。

図 8 に示すように、4つの弾性部材 6 を、中空糸膜エレメント 2 間の間隙に凸部 6b が嵌合するように、フレーム 3 内に配列された中空糸膜エレメント 2 の上部ハウジング 14 の長手方向の両端部に取り付ける。

[0059] 図 9 に示すように、押さえ板 50 および上部支持板 44 のボルト用穴にボルト 48 を挿通し、ボルト 48 にナット（図示略）を取り付けることによって、弾性部材 6 を介して中空糸膜エレメント 2 を上方から押さえつけるように、押さえ板 50 をフレーム 3 の縦部材 30 における上部支持板 44 に固定する。

[0060] 図 10 に示すように、フレーム 3 内に複数の中空糸膜エレメント 2 を配列することによって一列に整列した、中空糸膜エレメント 2 の取水口 24 と、集水管 5 の接続管 5a とを接続することによって、集水管 5 を中空糸膜エレメント 2 の上方に取り付ける。

以上のようにして、複数の中空糸膜エレメント 2 がフレーム 3 によって保

持された膜ろ過ユニット 1 を得る。

[0061] (作用機序)

以上説明した膜ろ過ユニット 1 にあっては、複数の中空糸膜エレメント 2 を保持しているフレーム 3 の下部に散気管 4 を接続している。すなわち、従来の膜ろ過ユニットでは別々に作製されていた中空糸膜モジュールと散気装置とが一体化された構造とされている。そのため、従来のように、中空糸膜モジュールのフレームと散気装置のフレームとをボルトとナットによって連結する必要がなく、フレーム同士の連結のために各フレームにボルトを通す連結部分を設けるための余分なスペースも必要なく、連結部分にボルト用穴を穿設するための加工の手間、およびフレーム同士を連結するための作業の手間も必要ない。そのため、従来の膜ろ過ユニットに比べてコンパクト化および低コスト化を実現できる。

[0062] また、以上説明した膜ろ過ユニット 1 にあっては、フレーム 3 の一部である支柱 40 および給気ヘッダ 60 が、散気管 4 に気体を供給する給気管を兼ねているため、従来の膜ろ過ユニットのように、散気装置の散気管に気体を供給するための給気管を別途設ける必要がない。そのため、給気管の分だけ膜ろ過ユニットの設置に必要な空間を小さくでき、かつ部品を削減できる。そのため、従来の膜ろ過ユニットに比べてさらなるコンパクト化および低コスト化を実現できる。

[0063] また、以上説明した膜ろ過ユニット 1 にあっては、散気管 4 が、フレーム 3 の一部である下部横部材 34 を兼ねているため、別途、フレーム 3 の下部に横部材を設ける必要がない。そのため、従来の膜ろ過ユニットに比べてさらなるコンパクト化および低コスト化を実現できる。

[0064] ところで、ビルの中の水道設備等は、ビルの地下室に設置されることが多い。ビルの地下室に設置された水道設備においては、反応槽が浅い、地下室の天井が低い、ホイス等吊り上げ装置が常設されていない等の問題がある。そのため、膜ろ過ユニットをメンテナンスする際に、反応槽から膜ろ過ユニットを引き上げることが困難な場合が多い。また、反応槽から膜ろ過ユ

ニットを引き上げることができたとしても、反応槽外に汚泥が流出して衛生設備を汚染することもある。そのため、反応槽から膜ろ過ユニットを引き上げて反応槽外でメンテナンスを行うことはせず、反応槽内で少し持ち上げた膜ろ過ユニットから上方に中空糸膜エレメントを引き抜いて、メンテナンスや膜交換を行うことが望まれている。

[0065] 以上説明した膜ろ過ユニット1にあっては、フレーム3が、中空糸膜エレメント2を挟持するように配置された、略鉛直方向に延びる2つの縦部材30を備え、縦部材30が、中空糸膜エレメント2を略鉛直方向に案内するガイド部42を有するため、中空糸膜エレメント2がフレーム3内に着脱可能に配列される。すなわち、膜ろ過ユニット1から上方に中空糸膜エレメント2を引き抜き、膜ろ過ユニット1に上方から中空糸膜エレメント2を挿入できる。そのため、膜ろ過ユニット1を反応槽から出さなくても、膜ろ過ユニット1から中空糸膜エレメント2を取り出せるため、ビルの中の水道設備等で膜ろ過ユニット1の引き上げが困難な現場等において、メンテナンス等の作業を簡単に行うことができる。

[0066] 以上説明した膜ろ過ユニット1は、全高が1 m以上1.5 m以下であることが好ましい。膜ろ過ユニット1の全高が、前記範囲の下限值以上であれば、モジュール容積当たりの膜面積を維持でき、前記範囲の上限値以下であれば、天井に制限のある処理施設へのユニットの投入が容易となる。

[0067] また、上記のメンテナンス等の作業を円滑に行うため、輸送コストが削減できるため、水処理効率および膜ろ過ユニットの設置安定性の観点から、膜ろ過ユニット1の膜表面積当たりの重量は、 0.4 kg/m^2 以上 1.0 kg/m^2 以下であることが好ましく、 0.5 kg/m^2 以上 0.7 kg/m^2 以下であることがより好ましい。

[0068] <第2の実施形態>

図11は、本発明の膜ろ過ユニットの第2の実施形態を示す斜視図である。第1の実施形態と同じ構成のものについては、同じ符号を付して詳しい説明を省略する。

第2の実施形態の膜ろ過ユニット1は、フレーム3の2つの縦部材30のうちの一方から散気管4に気体を供給するようにした例である。

第1の実施形態からの変更点は、給気口56を、2つの縦部材30のうちの一方の上部支持板44の貫通管44aの1つに取り付け、他の貫通管44aのすべてにキャップ58を取り付けた点；散気管4の気体が供給される側とは反対側の端部に、汚泥排出管4bを設けた点である。

[0069] <第3の実施形態>

図12は、本発明の膜ろ過ユニットの第3の実施形態を示す斜視図である。第1の実施形態または第2の実施形態と同じ構成のものについては、同じ符号を付して詳しい説明を省略する。

第3の実施形態の膜ろ過ユニット1は、フレーム3の縦部材30において給気管を兼ねている支柱を角筒状にした例である。

第2の実施形態からの変更点は、フレーム3の縦部材30における丸パイプからなる2本の支柱40を、1本の角筒状の支柱41に変更した点；フレーム3の縦部材30におけるH字型の給気ヘッダ60を、角筒状の給気ヘッダ61に変更した点である。

支柱41と給気ヘッダ61とは、下部支持板46に形成された貫通管（図示略）を介して接続されている。

[0070] <他の実施形態>

本発明の膜ろ過ユニットは、複数の膜エレメントと、複数の膜エレメントを保持するフレームと、フレームの下部に接続する散気管とを備え、フレームの少なくとも一部が、散気管に気体を供給する給気管を兼ねているものであればよく、図示例のものに限定されない。

[0071] 例えば、膜エレメントは、充填密度が高い中空糸膜エレメントが好ましいが、平膜エレメントであってもよい。

膜エレメントにおける縦杆は、丸パイプに限定されず、機械的強度、パイプとの擦れによる膜の損傷の問題がなければ、角パイプであってもよい。角パイプの断面形状は、四角形に限定されず、六角形等の他の形状であっても

よい。

膜エレメントを略鉛直方向に案内するための膜エレメントにおける嵌合凸部は、ガイド溝であってもよい。この場合、相手側のフレームの縦部材のガイド部におけるガイド溝は、嵌合凸部となる。

[0072] フレームの縦部材における支柱は、丸パイプに限定されず、機械的強度、中空糸膜が接触したときに引っかかったり、擦れによる損傷が生じる等の問題がなければ、角パイプであってもよい。角パイプの断面形状は、四角形に限定されず、六角形等の他の形状であってもよい。

フレームの縦部材における支柱のうち給気管を兼ねていないものは、中実な円柱状のものにしてもよい。この場合、円柱状の支柱が接続される貫通管 44a にキャップを取り付ける必要はない。

フレームの縦部材における支柱の数は、1つの縦部材あたり1本以上であればよく、膜ろ過ユニットの大きさに応じて適宜設定すればよい。フレームの縦部材における支柱の数は、図1に示されるように、上部支持板および下部支持板と接続することによって枠状の構造となり、縦部材がぐらつかずに安定する点から、1つの縦部材あたり2本が好ましい。

[0073] フレームの縦部材におけるガイド部は、ガイド溝を途中で分断するように上下に分割されたものであってもよい。ただし、ガイド部が上下に分割されていると、膜エレメントを挿入したときに下側のガイド部に対する位置決めが困難となるため、図示例のように上下方向に連続したものが好ましい。

フレームの縦部材における上部支持板と下部支持板とは、同じ形状のものであってもよく、異なる形状のものであってもよい。成形品を作る金型が1つで済むため、余分なコストが発生しない点から、上部支持板と下部支持板とは同じ形状が好ましい。

フレームの縦部材における押さえ板および支え板は、機械的強度に問題がなければ、それぞれ上部支持板および下部支持板と一体化したものであってもよい。

[0074] 各部材を締結する締結手段は、ボルトとナットに限定はされず、他の手段

(例えばシャコ万力等)であってもよい。

集水管の数は、1つに限定されない。例えば、膜エレメントが略鉛直方向に長い場合、上側の集水管のみでは膜間差圧が大きくなる。膜の長手方向の膜間差圧を下げるため、別の集水管を下部ハウジングに接続してもよい。

[0075] [水処理方法]

本発明の水処理方法は、本発明の膜ろ過ユニットを用いて固液分離することを含む。水処理方法における固液分離工程において、本発明の膜ろ過ユニットが用いられる以外は、公知の態様を採用できる。

例えば、有機物、微生物（細菌類等）、それらの残骸等を含む各種排水（工業排水、生活排水等）を、活性汚泥水槽内において活性汚泥によって生物化学的に処理するとともに、活性汚泥水槽内に浸漬された本発明の膜ろ過ユニットによって汚泥と処理水とを固液分離して水処理を行うことができる。

膜ろ過ユニット1の全高が1 m以上1.5 m以下である場合には、上記の活性汚泥水槽は、水深が1.5 m以下であってもよい。

実施例

[0076] 以下、本発明を実施例によって具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0077] (実施例1)

図11の膜ろ過ユニット1を以下のようにして作製した。

硬質ポリ塩化ビニル管（VP13、外径18 mm、内径13 mm）に散気穴4aを7箇所あけて散気管4とした。

散気管4を接続するための穴を3箇所あけた、硬質ポリ塩化ビニル管からなるH字型の給気ヘッダ60を、3本の散気管4の両端のそれぞれにポリ塩化ビニル用接着剤で接着して固定した。

[0078] 硬質ポリ塩化ビニル管（VP30、外径38 mm、内径31 mm）からなる2本の貫通管46aが設けられた下部支持板46を用意し、給気ヘッダ60の縦方向のパイプの2つの上端に貫通管46aをポリ塩化ビニル用接着剤で接着して固定した。給気ヘッダ60の縦方向のパイプの2つの下端にはキ

ャップ（図示略）をポリ塩化ビニル用接着剤で接着して固定した。

下部支持板 4 6 に、断面 L 字型のステンレス（S U S 3 0 4）製の支え板 5 4 を六角穴付きボルトとナット 5 2 で固定した。

下部支持板 4 6 の 2 つの貫通管 4 6 a のそれぞれに、硬質ポリ塩化ビニル管（V P 3 0、外径 3 8 m m、内径 3 1 m m）からなる支柱 4 0 をポリ塩化ビニル用接着剤で接着して固定した。

[0079] 硬質ポリ塩化ビニル管（V P 3 0、外径 3 8 m m、内径 3 1 m m）からなる 2 本の貫通管 4 4 a が設けられた上部支持板 4 4 を用意し、2 本の支柱 4 0 の上端に貫通管 4 4 a をポリ塩化ビニル用接着剤で接着して固定した。

2 つの上部支持板 4 4 のそれぞれに、断面 L 字型のステンレス（S U S 3 0 4）製の上部横部材 3 2 の端部を、六角穴付きボルトとアイナット（吊金具 6 2）で締結して固定した。これによって膜ろ過ユニット 1 の上部が補強され、かつ膜ろ過ユニット 1 を吊り下げて反応槽から引き上げることを可能にした。

[0080] ガイド部 4 2 の下端を下部支持板 4 6 の側面に接着し、ガイド部 4 2 の上端を上部支持板 4 4 の側面に接着した。このようにして、合計 4 枚のガイド部 4 2 を取り付けた。

4 つの貫通管 4 4 a のうちの 1 つの貫通管 4 4 a の上端に給気口 5 6 となるソケットをポリ塩化ビニル用接着剤で接着して固定した。これによって給気口 5 6 から散気管 4 までが連通する構造にした。

他の 3 つの貫通管 4 4 a の上端のそれぞれにキャップ 5 8 をポリ塩化ビニル用接着剤で接着して固定した。これによって給気口 5 6 から供給した空気が散気管 4 以外の部分から漏れないような構造にした。

[0081] 図 2 に示す中空糸膜エレメント 2（膜面積：5 m²）の下部嵌合凸部 2 2 を、図 6 に示すように、ガイド部 4 2 のガイド溝 4 2 a に嵌合させ、下方に摺動させることによって、中空糸膜エレメント 2 をフレーム内に挿入した。合計で 1 0 枚の中空糸膜エレメント 2 をフレーム 3 内に挿入した。中空糸膜エレメント 2 のハウジング中央付近の厚さは 1 3 m m であり、これらを 2 3 m

mのピッチで配列したため、ハウジング中央付近の中空糸膜エレメント2間の間隔Xは10mmであった。

[0082] 図7に示すEPDM製の弾性部材6（凸部6bを含まない基材部6aの厚さ：6mm、デュロメータ硬さ：A70）を、図8に示すように、中空糸膜エレメント2間の間隙に凸部6bが嵌合するように、フレーム3内に配列された中空糸膜エレメント2の上部ハウジング14の長手方向の両端部に取り付けた。

図9に示すように、ステンレス（SUS304）製の押さえ板50および上部支持板44のボルト用穴に六角穴付きボルト48を挿通し、ボルト48にナット（図示略）を取り付け、弾性部材6がすべての中空糸膜エレメント2に対して隙間なく接触するまでこれらを締め付けた。このようにして、弾性部材6を介して中空糸膜エレメント2を上方から押さえつけるように、押さえ板50を上部支持板44に固定した。

[0083] 図10に示すように、中空糸膜エレメント2の取水口24と、集水管5の接続管5aと接続することによって、集水管5を中空糸膜エレメント2の上方に取り付けた。

以上のようにして、複数の中空糸膜エレメント2がフレーム3によって保持された膜ろ過ユニット1を得た。

[0084] 膜ろ過ユニット1の外形寸法は、幅：825mm、奥行き：260mm、高さ：1296mmであった。

膜充填密度は、 $233\text{ m}^2/\text{m}^3 (= 5\text{ m}^2 \times 10 / (0.825\text{ m} \times 0.26\text{ m}))$ であった。

図4における側面Aと表面Bとの最大段差Yは、5mmであった。したがって、複数の膜ろ過ユニット1を隙間なく並設した際に、各膜ろ過ユニット1において最も外側に配置された中空糸膜エレメント2間の間隔は、膜ろ過ユニット1内の中空糸膜エレメント2間の間隔X：10mmと同じにすることができた。複数の膜ろ過ユニット1を並設した場合においても、中空糸膜エレメント2間の間隙は、上部横部材を固定した部分以外の全ての部分で1

0 mmとすることができ、膜充填密度を減少させずに中空糸膜エレメント 2 を配列できることを確認できた。

[0085] 膜分離活性汚泥法による生物化学的処理を行う反応槽に膜ろ過ユニット 1 を浸漬して、集水管 5 にホースを接続して吸引ポンプによって $1.25 \text{ m}^3/\text{h}$ で吸引して原水をろ過し、給気口 56 にホースを接続してブロワによって $13.4 \text{ Nm}^3/\text{h}$ で送風して散気を行いながら、1 か月間運転を行ったところ、膜ろ過の吸引差圧が上昇することなく安定して運転できた。

以上の結果から、膜ろ過ユニット 1 を構成するフレーム 3 の一部を給気管として用いることによってコンパクトで安定運転が可能な膜ろ過ユニット 1 が低コストで得られることが確認された。

産業上の利用可能性

[0086] 本発明の膜ろ過ユニットは、高汚濁水の処理用途（下水処理場における 2 次処理または 3 次処理、浄化槽における固液分離、産業排水中の SS（懸濁物質）の固液分離等）、無菌水、飲料水、高純度純水の製造用途、空気の浄化用途等に好適に使用される。

符号の説明

[0087] 1 膜ろ過ユニット、2 中空糸膜エレメント、3 フレーム、4 散気管、4a 散気穴、4b 汚泥排出管、5 集水管、5a 接続管、5b 集合管、5c 取水管、6 弾性部材、6a 基材部、6b 凸部、10 中空糸膜、12 中空糸膜シート状物、14 上部ハウジング、16 下部ハウジング、18 縦杆、20 上部嵌合凸部、22 下部嵌合凸部、24 取水口、30 縦部材、32 上部横部材、34 下部横部材、40 支柱、41 支柱、42 ガイド部、42a ガイド溝、44 上部支持板、44a 貫通管、46 下部支持板、46a 貫通管、48 ボルト、50 押さえ板、52 ナット、54 支え板、56 給気口、58 キャップ、60 給気ヘッダ、61 給気ヘッダ、62 吊金具、A 側面、B 表面、B' 表面、X 間隔、Y 最大段差。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の膜エレメントと、
前記複数の膜エレメントを保持するフレームと、
前記フレームの下部に接続する散気管とを備え、
前記フレームの少なくとも一部が、前記散気管に気体を供給する給気管を兼ねている、膜ろ過ユニット。
- [請求項2] 前記フレームが、前記膜エレメントを挟持する、略鉛直方向に配置された2つの縦部材を備え、
前記縦部材の少なくとも一部が、前記散気管に気体を供給する給気管を兼ねている、請求項1に記載の膜ろ過ユニット。
- [請求項3] 前記フレームが、前記膜エレメントを挟持する、略鉛直方向に配置された2つの縦部材を備え、
前記縦部材が、前記膜エレメントを略鉛直方向に案内するガイド部を有する、請求項1または2に記載の膜ろ過ユニット。
- [請求項4] 下記式（I）から求めた膜充填密度が、 $150 \sim 350 \text{ m}^2/\text{m}^2$ である、請求項1～3のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニット。
- [数1]

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{U} \quad (\text{I})$$

ただし、Dは膜充填密度であり、nは膜ろ過ユニットに配置された膜エレメントの数であり、 E_i はi番目の膜エレメントにおける膜の表面積であり、Uは膜ろ過ユニットの設置に必要な面積である。

- [請求項5] 前記フレームが、前記膜エレメントを挟持する、略鉛直方向に配置された2つの縦部材を備え、
前記縦部材の少なくとも一部の材質が、樹脂である、請求項1～4

のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニット。

[請求項6] 前記樹脂が、ポリ塩化ビニル系樹脂である、請求項5に記載の膜ろ過ユニット。

[請求項7] 前記フレームが、前記膜エレメントを挟持する、略鉛直方向に配置された2つの縦部材と、前記2つの縦部材と接続する横部材とを備え、

前記散気管が、前記横部材の少なくとも一部を兼ねている、請求項1～6のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニット。

[請求項8] 前記膜エレメントが、シート状の膜と、前記膜の上端が固定された上部ハウジングと、前記膜の下端が固定された下部ハウジングとを備え、

前記複数の膜エレメントが、前記膜が互いに対面し、前記上部ハウジングおよび前記下部ハウジングの長手方向が揃い、かつ隣り合う前記上部ハウジング間および隣り合う前記下部ハウジング間が所定間隔 X をあけるように配置され、

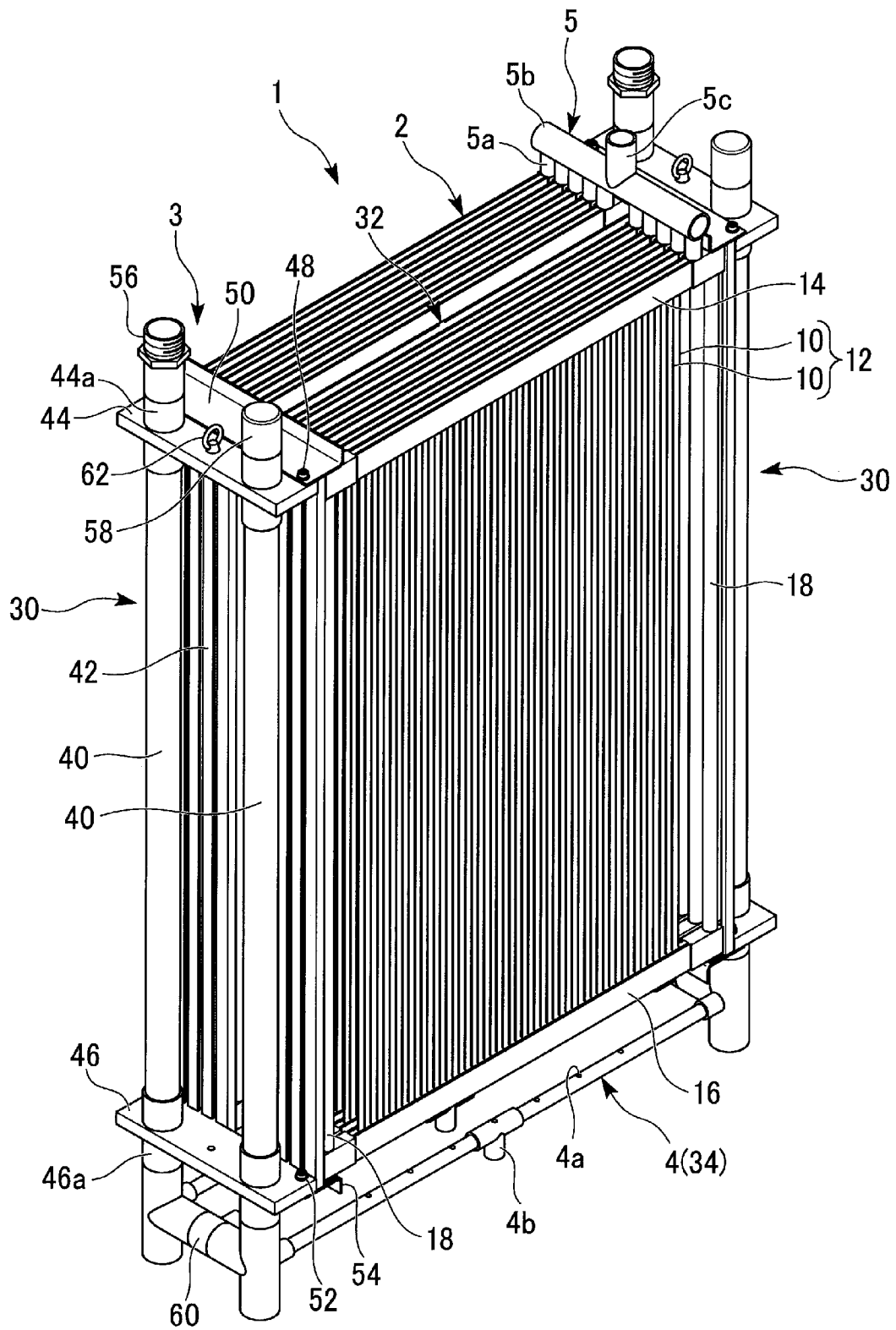
前記フレームが、前記上部ハウジングおよび前記下部ハウジングの長手方向側から前記膜エレメントを挟持する、略鉛直方向に配置された2つの縦部材を備え、

前記縦部材が、上部支持板を備え、前記上部ハウジングおよび前記下部ハウジングの長手方向に直交する幅方向の、前記上部支持板の側面Aが、最も外側に配置された膜エレメントの外側の表面Bのうち最も外側の表面B'と同一平面上にあるか、または、前記側面Aが、前記側面Aと前記表面Bとの最大段差 Y が0超前記間隔 X 以下となるように突出している、請求項1～7のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニット。

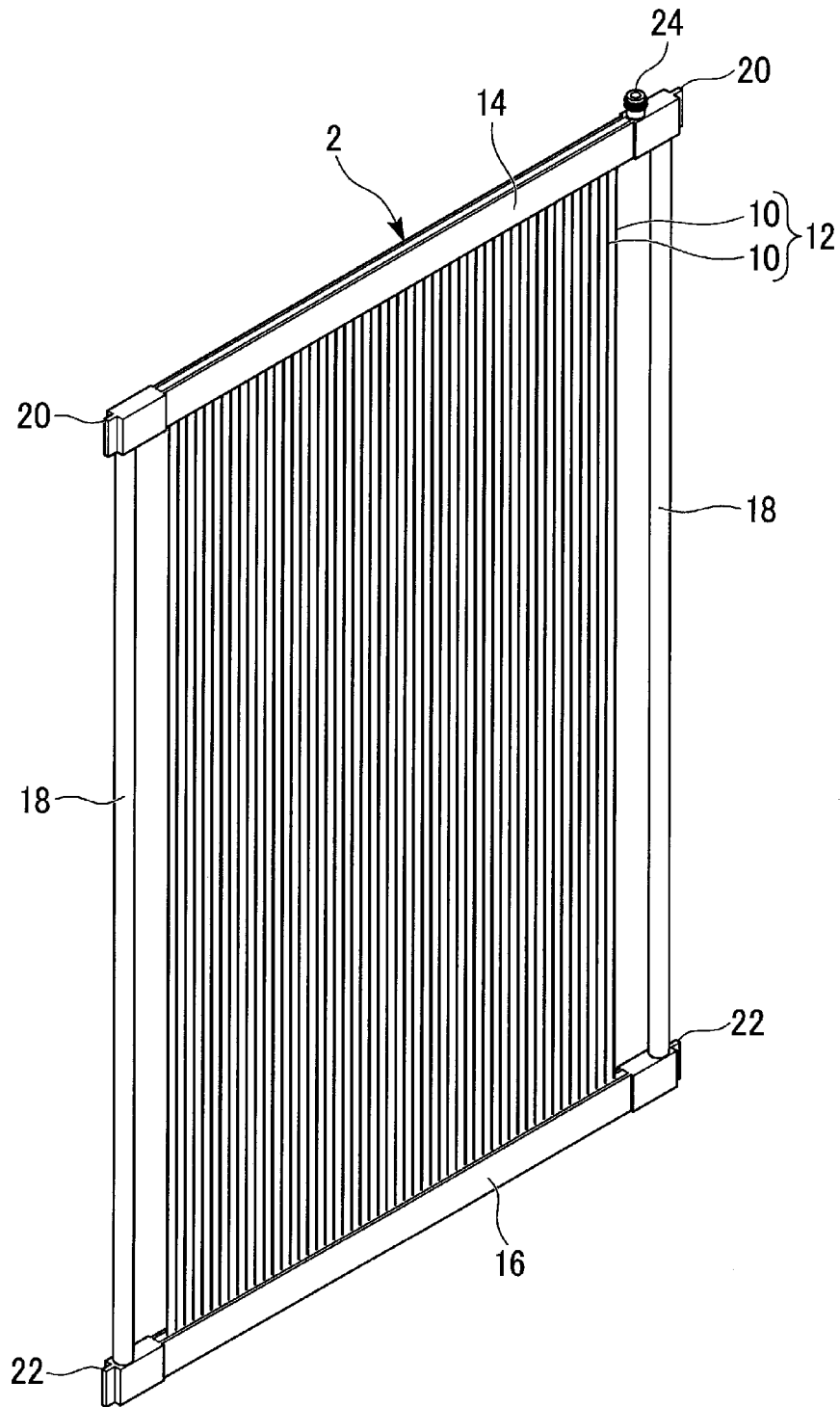
[請求項9] 前記膜エレメントが、シート状の膜を備え、前記シート状の膜の膜外径が、1 mm以上5 mm以下であることを特徴とする、請求項1～8のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニット。

- [請求項10] 前記膜エレメントが、シート状の膜を備え、前記膜エレメントは支持体を有する、請求項1～9のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニット。
- [請求項11] 全高が1 m以上1.5 m以下である、請求項1～10のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニット。
- [請求項12] 膜表面積当たりの重量が1.0 kg/m²以下である、請求項1～11のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニット。
- [請求項13] 請求項1～12のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニットを用いて固液分離することを含む水処理方法。
- [請求項14] 請求項1～12のいずれか一項に記載の膜ろ過ユニットを活性汚泥水槽内で用いる、請求項13に記載の水処理方法。
- [請求項15] 請求項11に記載の膜ろ過ユニットを、水深が1.5 m以下の活性汚泥水槽内で用いる、請求項13に記載の水処理方法。

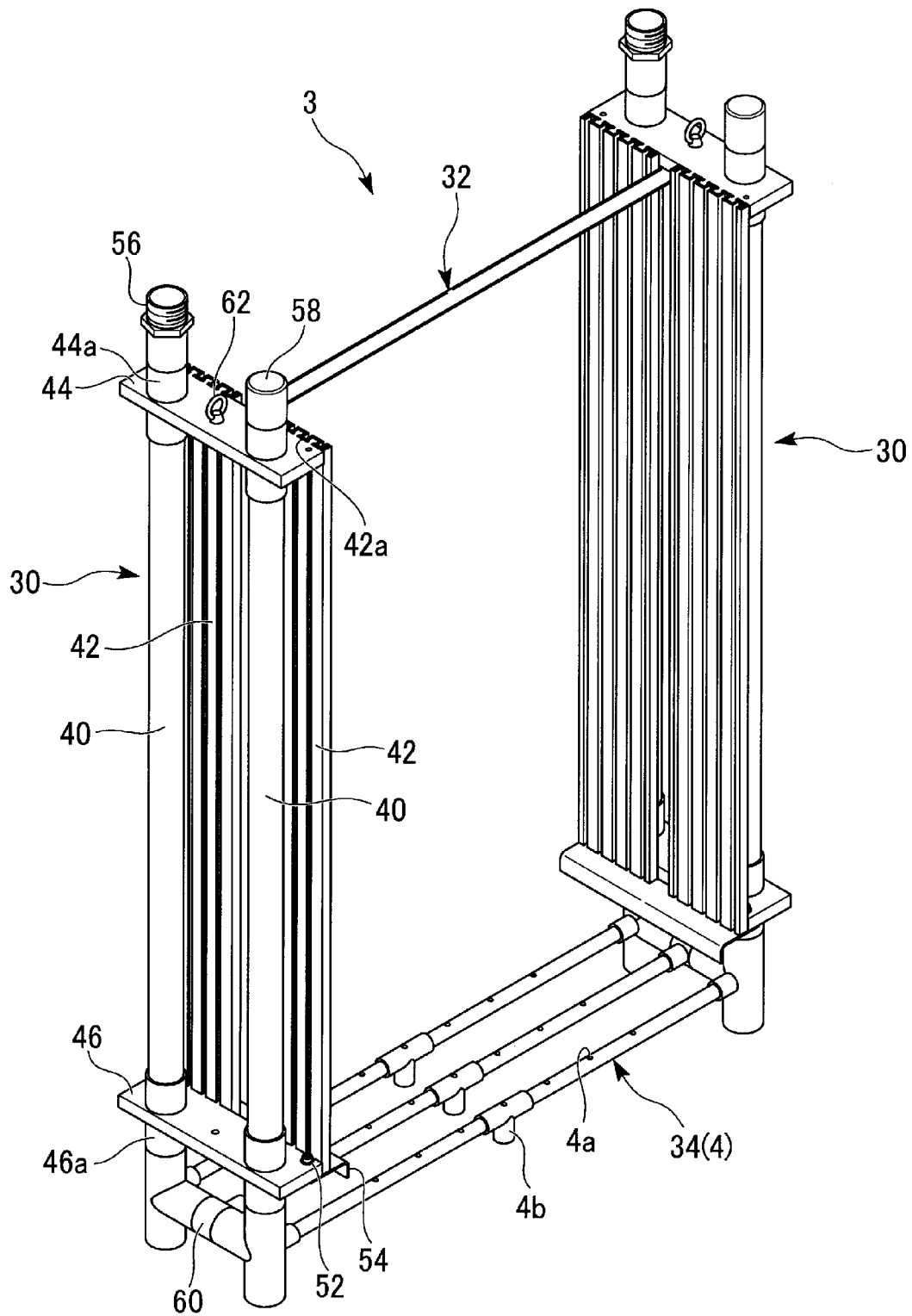
[図1]



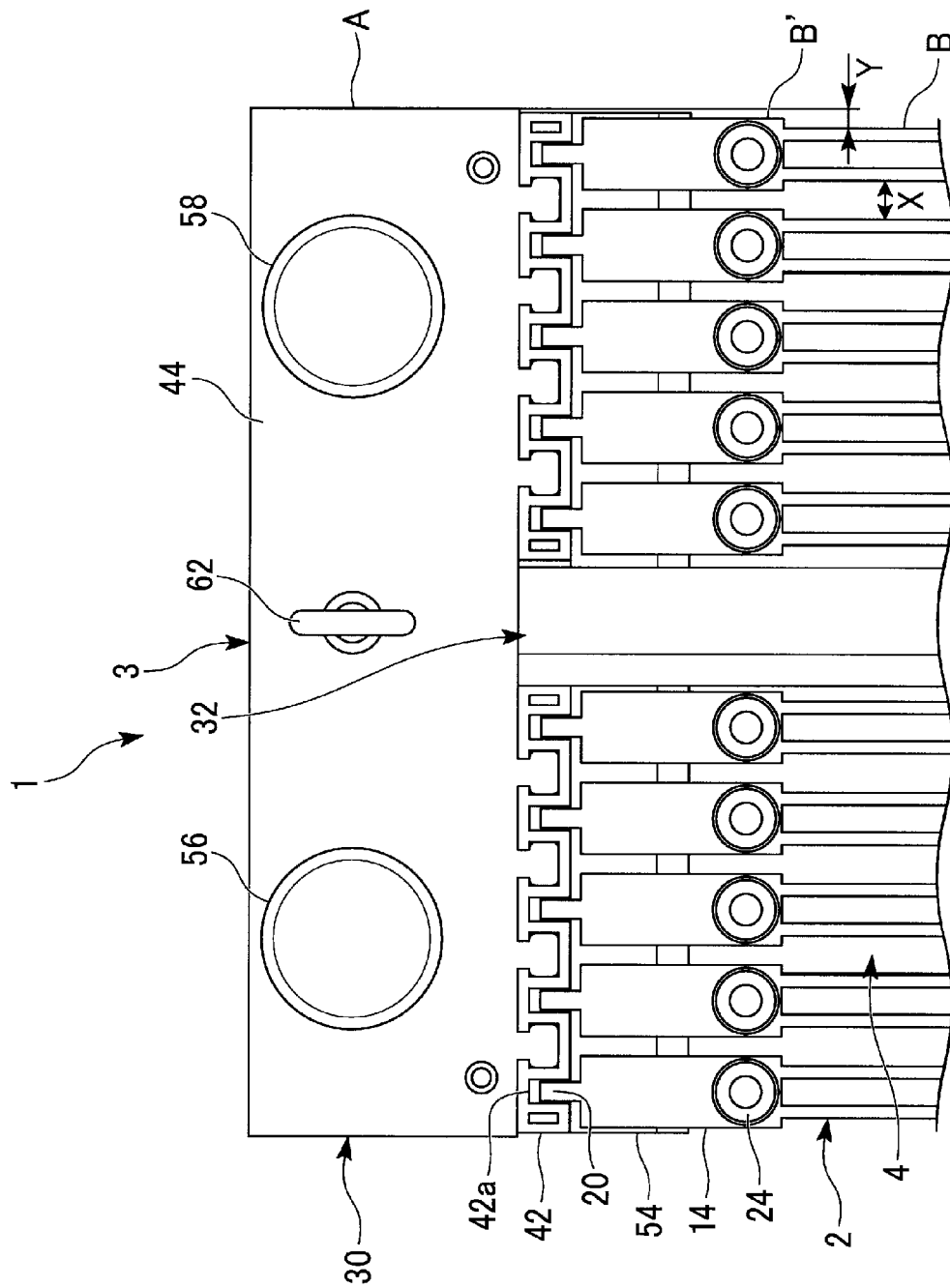
[図2]



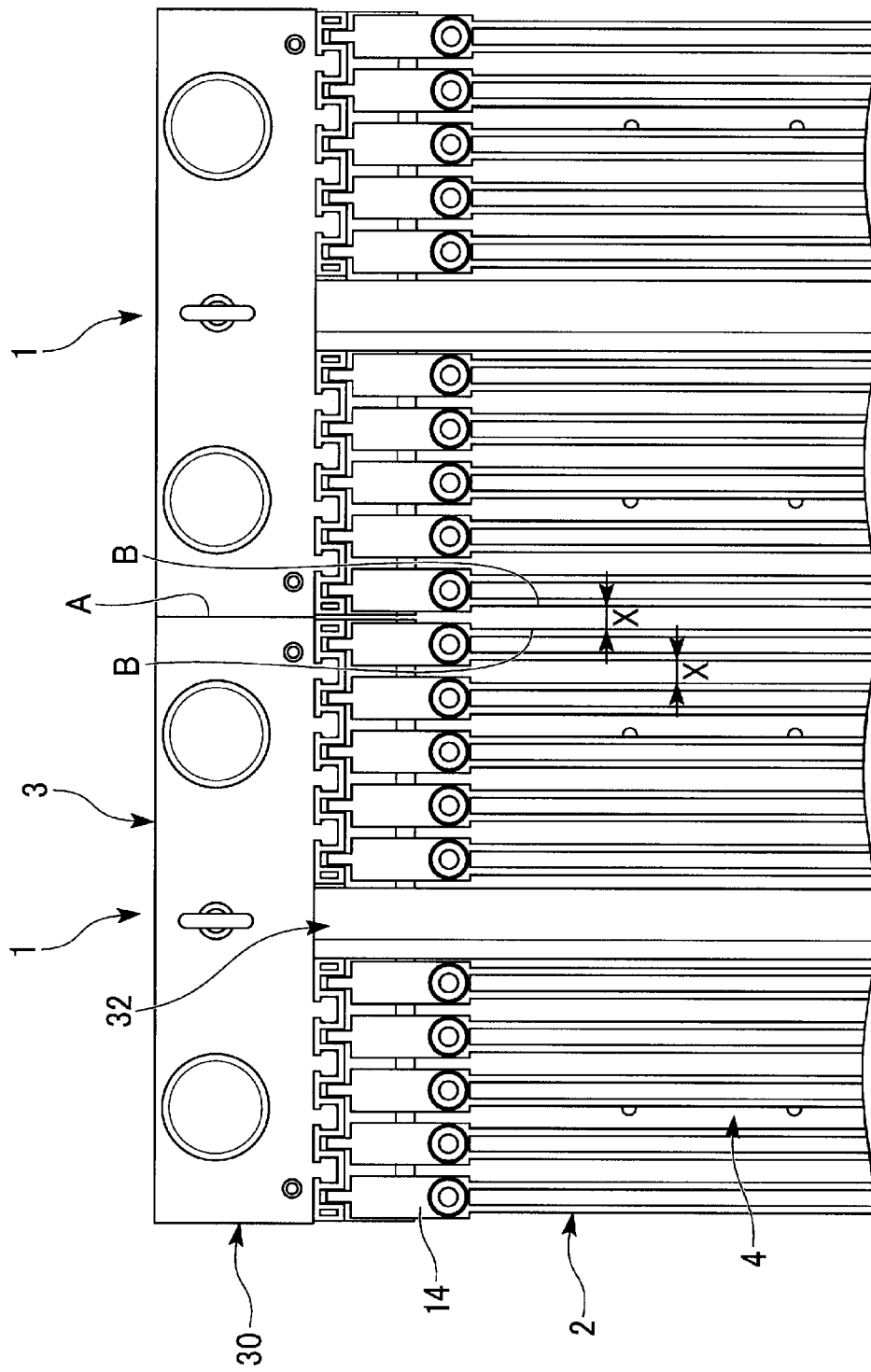
[図3]



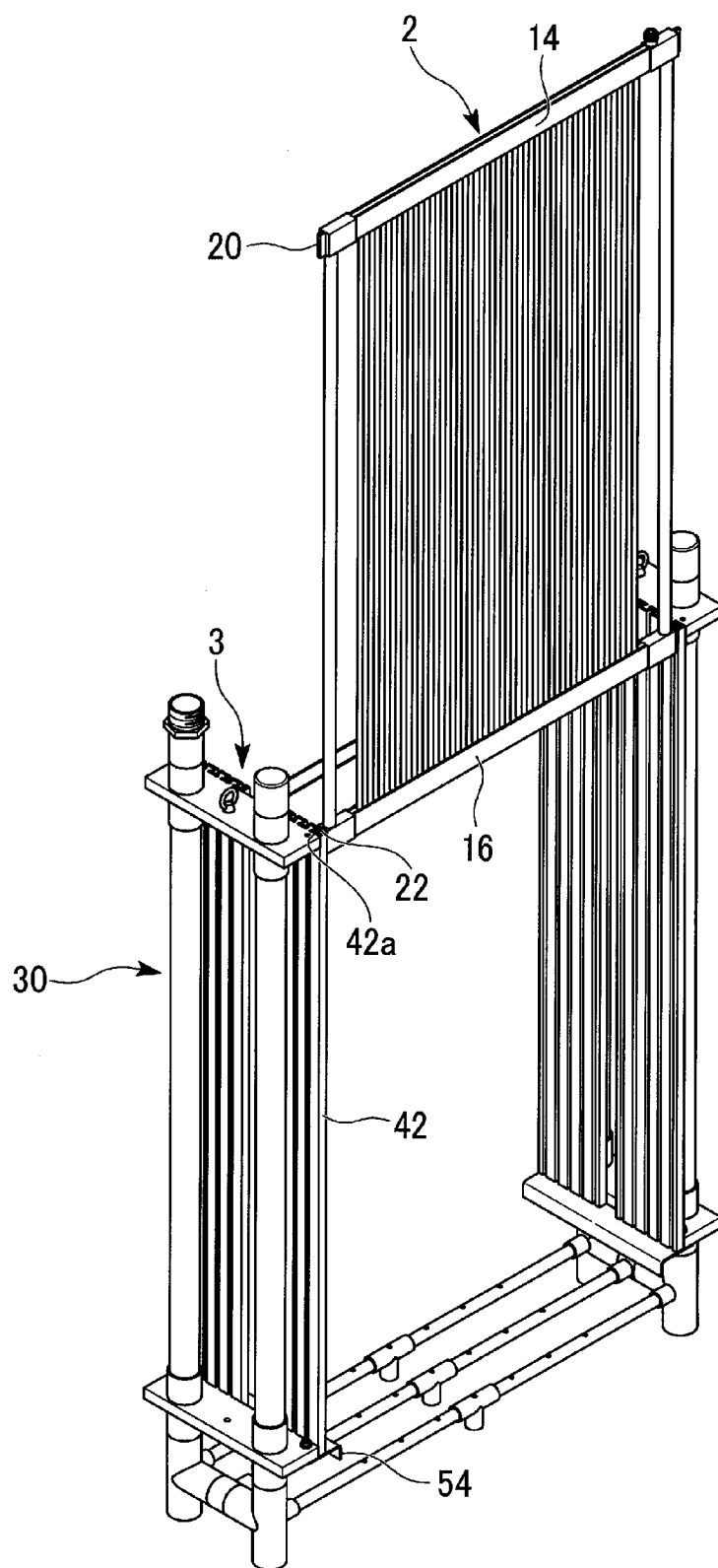
[図4]



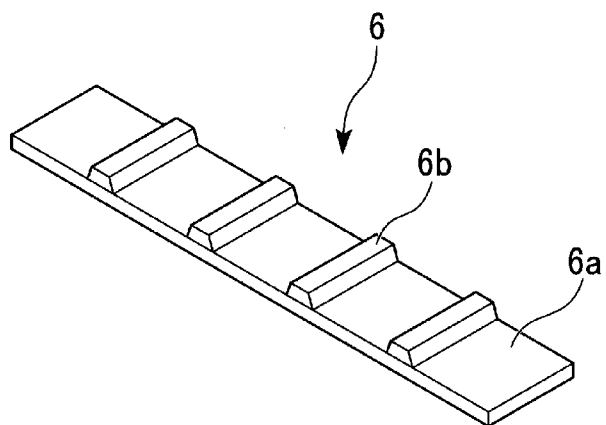
[図5]



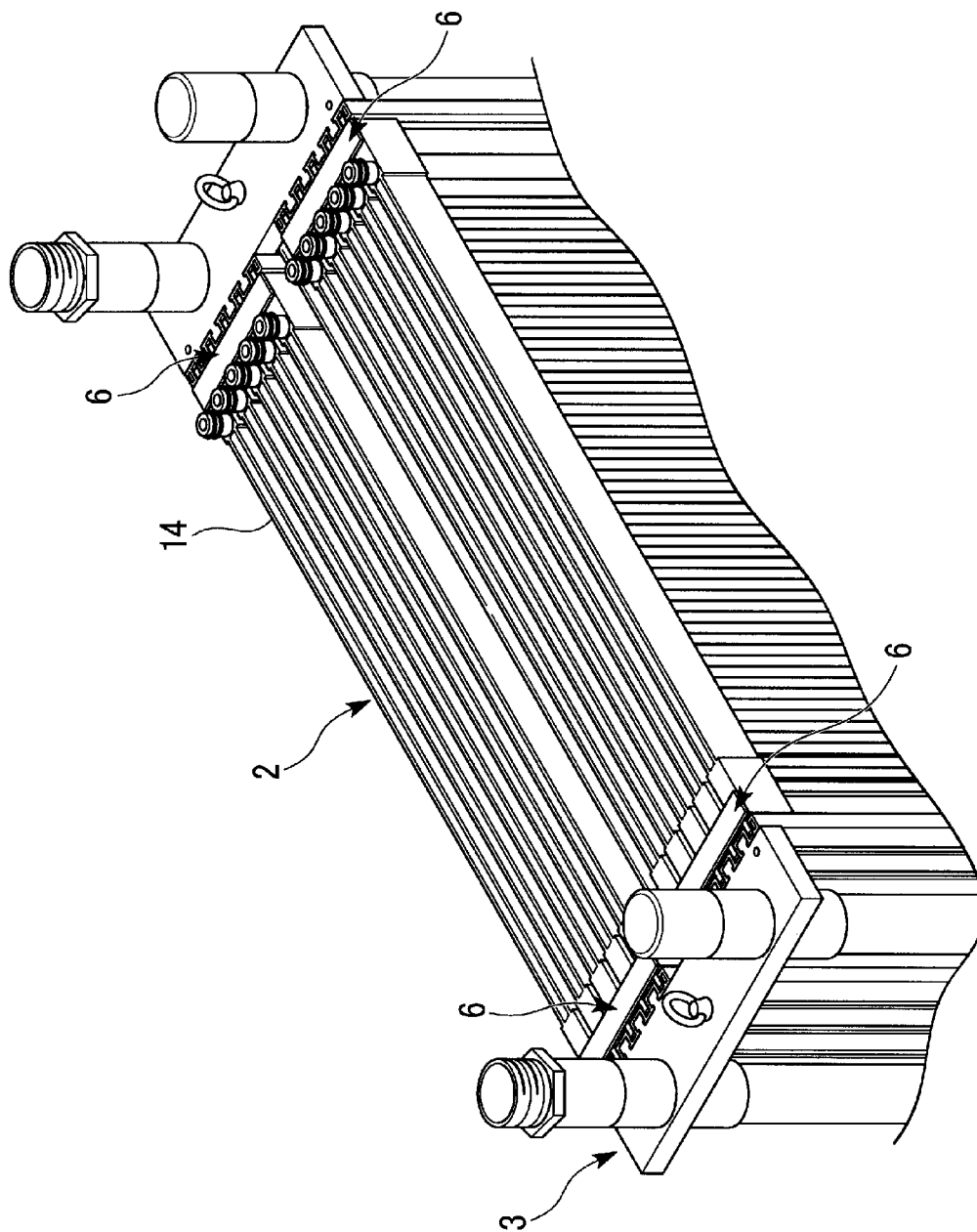
[図6]



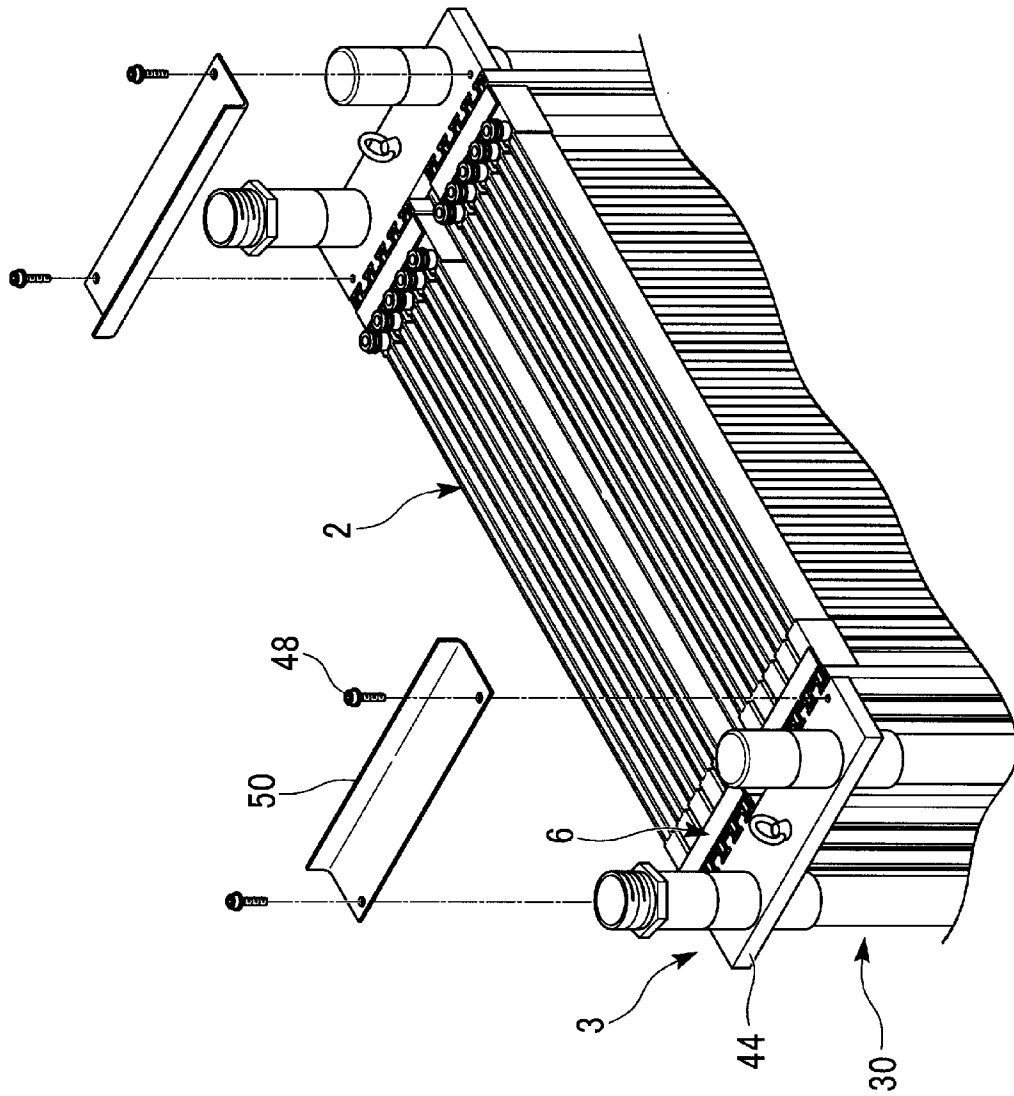
[図7]



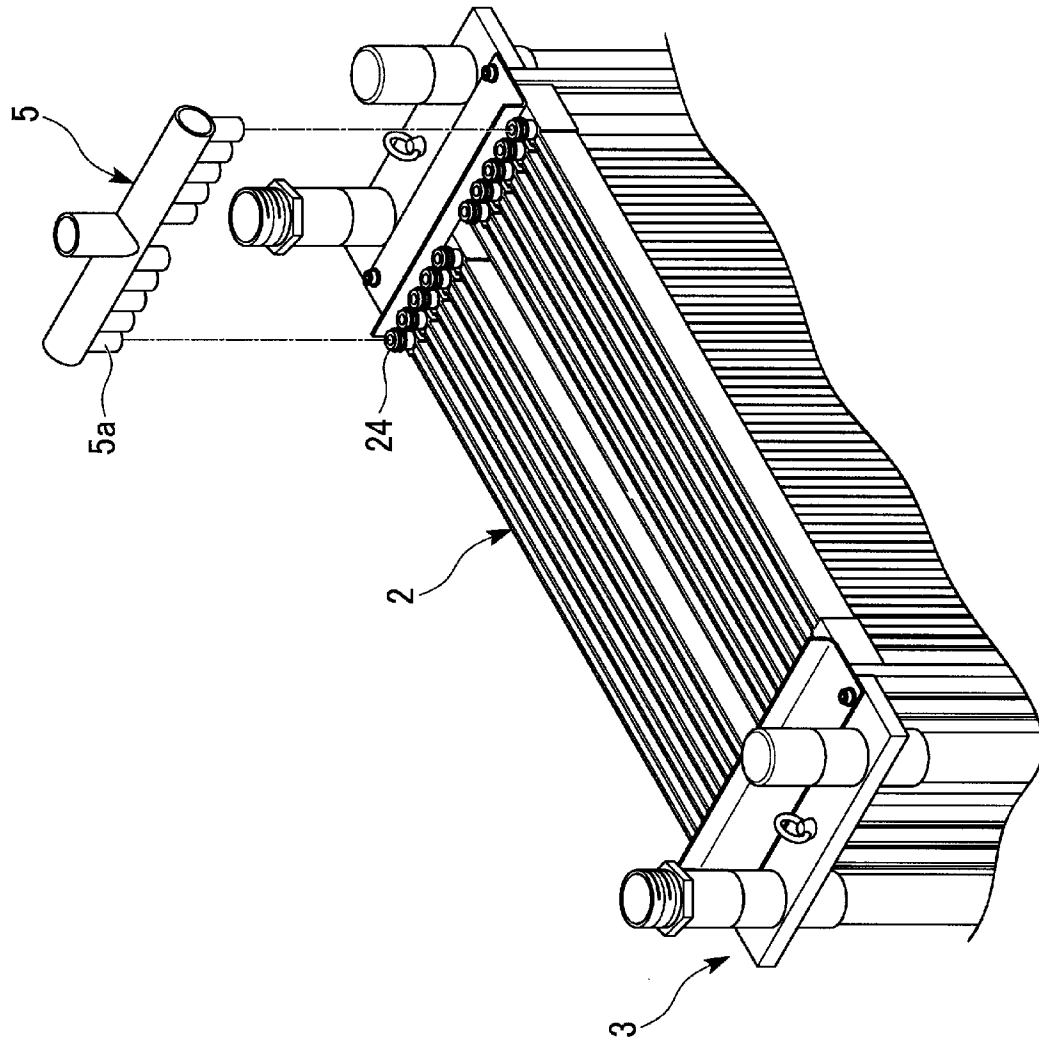
[図8]



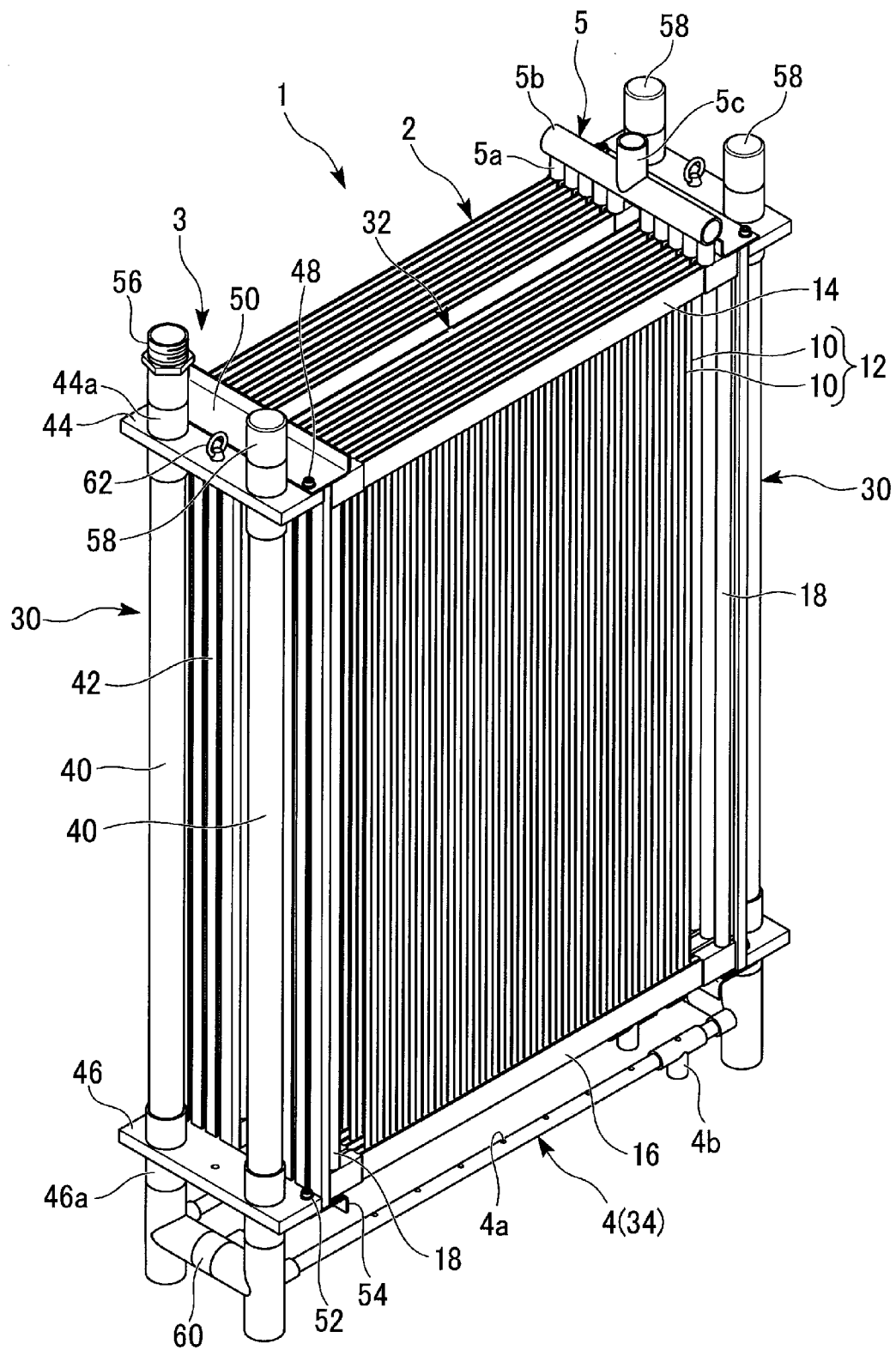
[図9]



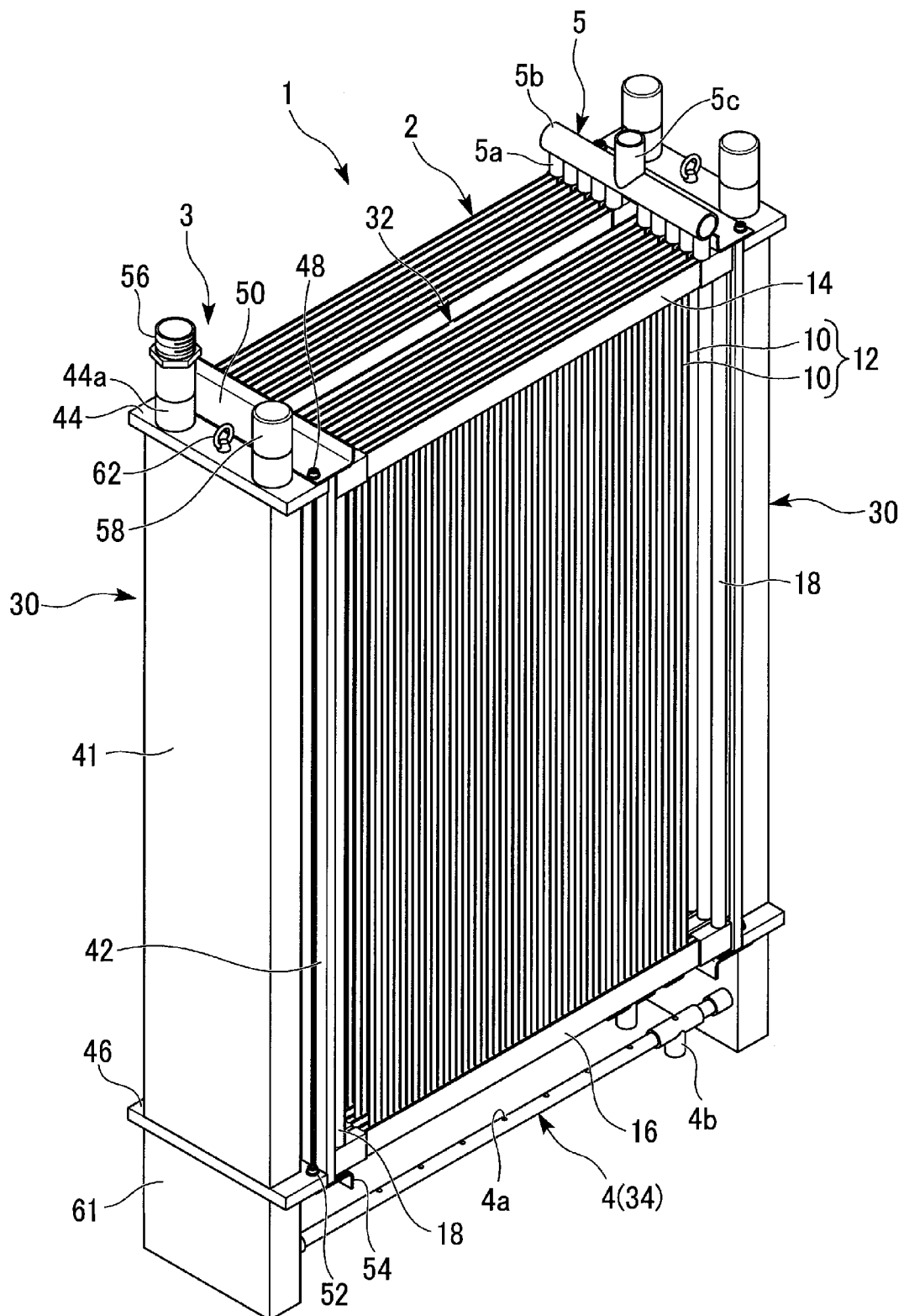
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/082246

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C02F1/44(2006.01)i, B01D65/02(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)

C02F1/44, B01D65/02

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 10-296253 A (Matsushita Electric Works, Ltd.),	1-3, 5, 7, 10,
Y	10 November 1998 (10.11.1998), claims; paragraphs [0008] to [0014]; fig. 1 to 5 (Family: none)	13-14 4-15
Y	WO 2013/151051 A1 (Mitsubishi Rayon Co., Ltd.), 10 October 2013 (10.10.2013), claims; paragraphs [0008], [0009], [0087], [0090] & US 2015/0060348 A1 claims; paragraphs [0011], [0012], [0110], [0113] & EP 2835174 A1 & CN 104334259 A & KR 10-2014-0138808 A	4-15

☒ 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
21 November 2016 (21.11.16)

Date of mailing of the international search report
13 December 2016 (13.12.16)

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/JP2016/082246

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2015-16446 A (Asahi Kasei Chemicals Corp.), 29 January 2015 (29.01.2015), claims; paragraph [0052]; fig. 1 (Family: none)	6-15
Y	JP 8-215549 A (Kurita Water Industries Ltd.), 27 August 1996 (27.08.1996), paragraph [0005]; fig. 1 (Family: none)	6-15
Y	JP 2007-512952 A (3M Innovative Properties Co.), 24 May 2007 (24.05.2007), paragraphs [0037] to [0042]; fig. 1 to 6 & US 2005/0123727 A1 paragraphs [0053] to [0058]; fig. 1 to 6 & WO 2005/060425 A2 & EP 1689501 A2 & KR 10-2006-0131768 A & CN 1890016 A	8-15
Y	JP 2010-58014 A (Kubota Corp.), 18 March 2010 (18.03.2010), fig. 2 (Family: none)	8-15
X Y	JP 2012-66180 A (Asahi Kasei Chemicals Corp.), 05 April 2012 (05.04.2012), claims; paragraphs [0018] to [0022], [0029], [0051]; fig. 1 to 9 & CN 202356032 U	1-3, 13 4-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C02F1/44(2006.01)i, B01D65/02(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. C02F1/44, B01D65/02

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 10-296253 A (松下電工株式会社) 1998.11.10, 特許請求の範囲、[0008]-[0014]、図1-5	1-3, 5, 7, 10, 13-14
Y	(ファミリーなし)	4-15
Y	WO 2013/151051 A1 (三菱レイヨン株式会社) 2013.10.10, 特許請求の範囲、[0008][0009][0087][0090] & US 2015/0060348 A1, 特許請求の範囲、[0011][0012][0 110][0113] & EP 2835174 A1 & CN 104334259 A & KR 10-2014-0138808 A	4-15

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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

21.11.2016

国際調査報告の発送日

13.12.2016

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)

池田 周士郎

4D

3909

電話番号 03-3581-1101 内線 3421

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
Y	JP 2015-16446 A (旭化成ケミカルズ株式会社) 2015. 01. 29, 特許請求の範囲、[0052]、図1 (ファミリーなし)	6-15
Y	JP 8-215549 A (栗田工業株式会社) 1996. 08. 27, [0005]、図1 (ファミリーなし)	6-15
Y	JP 2007-512952 A (スリーエム イノベイティブ プロパティズ カ ンパニー) 2007. 05. 24, [0037]—[0042]、図1—6 & US 2005/0123727 A1, [0053]—[0058]、図1—6 & WO 2005/060425 A2 & EP 1689501 A2 & KR 10-2006-0131768 A & CN 1890016 A	8-15
Y	JP 2010-58014 A (株式会社クボタ) 2010. 03. 18, 図2 (ファミリーなし)	8-15
X	JP 2012-66180 A (旭化成ケミカルズ株式会社) 2012. 04. 05, 特許請求の範囲、[0018]—[0022][0029][0051]、	1-3, 13
Y	図1—9 & CN 202356032 U	4-15