

(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  
2015 年 9 月 3 日(03.09.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/129674 A1

- (51) 国際特許分類:  
**B01D 63/02** (2006.01) **B01D 61/00** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/055179
- (22) 国際出願日: 2015 年 2 月 24 日(24.02.2015)
- (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 2014-035521 2014 年 2 月 26 日(26.02.2014) JP
- (71) 出願人: 東洋紡株式会社(TOYOBO CO., LTD.)  
[JP/JP]; 〒5308230 大阪府大阪市北区堂島浜二丁目 2 番 8 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 丸井 一成(MARUI, Katsushige); 〒7408567 山口県岩国市灘町 1 番 1 号 東洋紡株式会社内 Yamaguchi (JP). 岡村 倫宏(OKAMURA, Tomohiro); 〒7408567 山口県岩国市灘町 1 番 1 号 東洋紡株式会社内 Yamaguchi (JP). 熊野 淳夫(KUMANO, Atsuo); 〒5308230 大阪府大阪市北区堂島浜二丁目 2 番 8 号 東洋紡株式会社内 Osaka (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, 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), ユーロパ (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).

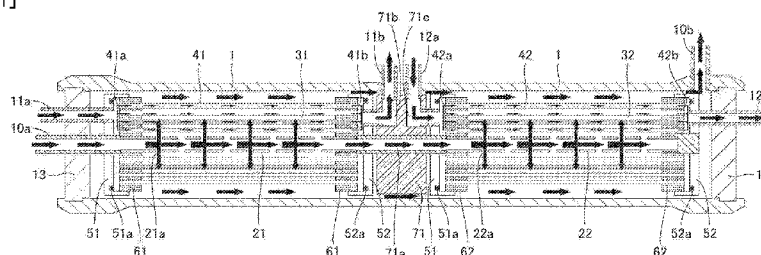
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: HOLLOW FIBER MEMBRANE MODULE

(54) 発明の名称: 中空糸膜モジュール

【図1】



(57) Abstract: [Problem] To provide a hollow fiber membrane module with which a more compact osmosis treatment plant can be achieved, and which can reduce pressure losses in the hollow fiber membranes. [Solution] This hollow fiber membrane module is provided with a single pressure container, and a plurality of hollow fiber membrane elements packed into the pressure container and linked in the axial direction, wherein the hollow fiber membrane module is characterized in that the hollow fiber membrane elements include a plurality of hollow fiber membranes, the plurality of hollow fiber membranes having an opening at at least one end; by being provided with an external port through which the interiors of the plurality of hollow fiber membranes and the outside of the hollow fiber membrane module communicate; and the openings of the plurality of hollow fiber membranes in each of the hollow fiber membrane elements connect to the outside port, without being routed through the interiors of the hollow fiber membranes of the other hollow fiber membrane elements.

(57) 要約: 【課題】浸透処理プラントのコンパクト化を実現でき、かつ、中空糸膜での圧力損失を低減できる中空糸膜モジュールを提供すること。【解決手段】1つの圧力容器と、前記圧力容器内に装填され、軸方向に連結された複数の中空糸膜エレメントと、を備える中空糸膜モジュールであって、前記中空糸膜エレメントは複数の中空糸膜を含み、複数の前記中空糸膜は少なくとも一端に開口部を有し、複数の前記中空糸膜の内部および前記中空糸膜モジュールの外部に連通する外部ポートを備え、各々の前記中空糸膜エレメントにおいて、複数の前記中空糸膜の開口部は、他の前記中空糸膜エレメントの前記中空糸膜の内部を介さずに、前記外部ポートに接続されていることを特徴とする、中空糸膜モジュール。

WO 2015/129674 A1

## 明 細 書

発明の名称：中空糸膜モジュール

### 技術分野

[0001] 本発明は、中空糸膜モジュールに関する。

### 背景技術

[0002] 膜分離法による液状混合物の分離・濃縮は、蒸留などの従来の分離技術に比べて相変化を伴わないため省エネルギー法であり、かつ物質の状態変化を伴わないことから、果汁の濃縮、ビール酵母の分離などの食品分野、あるいは工業排水からの有機物の回収といった多分野において幅広く利用されており、膜による水処理は、最先端技術を支える不可欠のプロセスとして定着している。

[0003] このような膜を用いた水処理では、膜を集合させて一つの構成要素とした膜エレメントを圧力容器に装填した膜モジュールが用いられており、特に、中空糸膜エレメントは、スパイラル型膜エレメントに比べ単位膜面積当たりの透水量は大きくないが、膜モジュール容積当たりの膜面積を大きくとることができるため、全体として透水量を大きくとることができ、容積効率が非常に高いという利点があり、コンパクト性に優れる。また、高濃度水溶液と淡水の両方をモジュール内に供給して半透膜を介して接触させる場合に、膜表面の濃度分極を小さく抑えられる。

[0004] このような中空糸膜エレメントを備える中空糸膜モジュールを用いて、大量の処理を行う場合に、中空糸膜モジュールを複数本配列し、それぞれを配管接続してなる中空糸膜モジュール配列群を、大型プラントとして用いることが検討されている。しかし、中空糸膜モジュールの本数が多くなり、必要な配管も複雑になって、中空糸膜モジュールの設置面積が多くなるため、プラント全体をコンパクト化し、効率化することが望まれる。

[0005] プラントをコンパクト化する方法の1つとしては、1本の中空糸膜エレメントの長さを長くして中空糸膜モジュール当りの膜面積を大きくする方法が

考えられる。これにより、モジュール当りの中空糸膜の比率が高められ、コンパクト化が可能となる。しかし、特に正浸透処理の場合、中空糸膜の中空部内を流れる液体は中空部の一方の端部から他方の端部に亘る全長を流れるため、中空糸が長くなると中空部内での圧力損失が大きくなってしまいうという問題がある。さらに、例えば、海水等の高浸透圧のドロースリューション（D S）が中空糸膜の中空部を流れ、淡水等の低浸透圧のフィードソリューション（F S）が中空糸膜の外側を流れる場合は、膜透過水は中空糸膜の外側から内側に向かって流れるため、中空糸膜の中空部内を流れる流量は多くなり、上記の圧力損失の影響が大きくなる。

[0006] 一方、逆浸透用のモジュールとしては、1つの圧力容器に2つの中空糸膜エレメントが装填された所謂ダブルエレメント型の中空糸膜モジュールが知られている（例えば、特許文献1：国際公開第2004／069391号）。ダブルエレメント型の中空糸膜モジュールは、1つの圧力容器に対して1つの中空糸膜エレメントが装填された所謂シングルエレメント型の中空糸膜モジュールよりも、中空糸膜エレメント1本当たりの圧力容器の容積が減少するとともに、中空糸膜モジュール間の接続配管も少なくなるため、処理プラントのコンパクト化が可能となる利点を有している。

[0007] ただし、正浸透用のモジュールとしては、通常、1つの圧力容器に1本の中空糸膜エレメントが装填された所謂シングルエレメント型の中空糸膜モジュールが使用されていた（図9、図10参照）。もしダブルエレメント型の中空糸膜モジュールを用いて正浸透処理を行った場合、例えば、F Sが、1本目の中空糸膜エレメントの中空糸膜の中空部内を流れ、その後に2本目の中空糸膜エレメントの中空糸膜の中空部内を流れるため、中空糸膜エレメントの長さを長くした場合と同様に、F Sの流動圧損が大きくなってしまいうという問題がある（図11参照）。このため、正浸透用のダブルエレメント型モジュールはこれまで知られていなかった。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：国際公開第2004/069391号

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0009] 本発明は、上記の従来技術の現状に鑑み創案されたものであり、その目的は、浸透処理プラントのコンパクト化を実現でき、かつ、中空糸膜での圧力損失を低減できる中空糸膜モジュールを提供することである。

### 課題を解決するための手段

[0010] 本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討した結果、マルチエレメント型の中空糸膜モジュールにおいて、液が1つの中空糸膜エレメントの中空糸膜内を流れる前後において、他の中空糸膜エレメントの中空糸膜内を通過しないような、特別な構造を採用することで、プラントのコンパクト化を実現しつつ、中空糸膜での圧力損失も低減できる中空糸膜モジュールが得られることを見出し、本発明に到達した。

[0011] 即ち、本発明は、以下の(1)～(5)の構成を有するものである。

(1) 1つの圧力容器と、前記圧力容器内に装填され、軸方向に連結された複数の中空糸膜エレメントと、を備える中空糸膜モジュールであって、

前記中空糸膜エレメントは複数の中空糸膜を含み、複数の前記中空糸膜は少なくとも一端に開口部を有し、

複数の前記中空糸膜の内部および前記中空糸膜モジュールの外部に連通する外部ポートを備え、

各々の前記中空糸膜エレメントにおいて、複数の前記中空糸膜の開口部は、他の前記中空糸膜エレメントの前記中空糸膜の内部を介さずに、前記外部ポートに接続されていることを特徴とする、中空糸膜モジュール。

(2) 複数の前記中空糸膜エレメントの複数の前記中空糸膜は、両端に前記開口部を有する、(1)に記載の中空糸膜モジュール。

(3) 各々の前記中空糸膜エレメントにおいて、複数の前記中空糸膜の少なくとも1端の前記開口部は、他の前記中空糸膜エレメント内を前記軸方向に通過するバイパス管を介して前記外部ポートに接続されている、(1)に

記載の中空糸膜モジュール。

(4) 正浸透用である、(1)～(3)のいずれかに記載の中空糸膜モジュール。

(5) 前記中空糸膜エレメントは、複数の前記中空糸膜が中心軸の周りに螺旋状に巻回されてなる中空糸膜巻上げ体を含む、(1)～(4)のいずれかに記載の中空糸膜モジュール。

### 発明の効果

[0012] 本発明によれば、浸透処理プラントのコンパクト化を実現でき、かつ、中空糸膜での圧力損失を減少させることのできる中空糸膜モジュールを提供することができる。

[0013] また、特に加圧下で正浸透処理を行う場合、中空糸膜での圧力損失の減少によって処理に必要な電力等を低減することができるため、運転コスト面で有利であり、また、比較的高価な圧力容器等の構成部材が減少するため、製造コスト面でも有利である。

### 図面の簡単な説明

[0014] [図1]実施形態1の中空糸膜モジュールの一例を示す断面模式図である。

[図2]実施形態1の中空糸膜モジュールの変形例を示す断面模式図である。

[図3]実施形態1の中空糸膜モジュールの別の変形例を示す断面模式図である。

[図4]実施形態2の中空糸膜モジュールの一例を示す断面模式図である。

[図5]実施形態2の中空糸膜モジュールの一例について、液の流れを説明するための断面模式図である。

[図6]実施形態2の中空糸膜モジュールの一例について、液の流れを説明するための別の断面模式図である。

[図7]実施形態2の中空糸膜モジュールの変形例を示す断面模式図である。

[図8]実施形態2の中空糸膜モジュールの別の変形例を示す断面模式図である。

[図9]従来のシングルエレメント型の中空糸膜モジュールの一例を示す断面模

式図である。

[図10]従来のシングルエレメント型の中空糸膜モジュールの別の例を示す断面模式図である。

[図11]従来のダブルエレメント型の中空糸膜モジュールについて説明するための断面模式図である。

### 発明を実施するための形態

[0015] 本発明の中空糸膜モジュールは、1つの圧力容器と、圧力容器内に装填され、軸方向に連結された複数の中空糸膜エレメントと、を備える、マルチエレメント型の中空糸膜モジュールである。

[0016] マルチエレメント型の中空糸膜モジュールは、1つの圧力容器に対して1つの中空糸膜エレメントが装填された所謂シングルエレメント型の中空糸膜モジュールよりも、中空糸膜エレメント1本当たりの圧力容器の容積が減少するとともに、中空糸膜モジュール間の接続配管も少なくなるため、処理プラントのコンパクト化が可能となる利点を有している。

[0017] 複数の中空糸膜は、少なくとも一端（両端または片端）に開口部を有しており、好ましくは両端に開口部を有している。

[0018] 中空糸膜モジュールは、複数の中空糸膜の内部および中空糸膜モジュールの外部に連通する外部ポートを備えている。そして、各々の中空糸膜エレメントにおいて、複数の中空糸膜の開口部は、他の中空糸膜エレメントの中空糸膜の内部を介さずに、外部ポートに接続されている。

[0019] 各々の中空糸膜エレメントにおいて、複数の中空糸膜の少なくとも1端の開口部は、他の中空糸膜エレメント内を軸方向に通過するバイパス管を介して外部ポートに接続されている。

[0020] 本発明の中空糸膜モジュールは、好ましくは正浸透用のモジュールであり、例えば、大型の正浸透処理プラント等に好適に使用することができる。

[0021] 以下、本発明の中空糸膜モジュールについて図面を参照して説明する。なお、図面において、同一の参照符号は、同一部分または相当部分を表すものである。また、長さ、幅、厚さ、深さなどの寸法関係は図面の明瞭化と簡略

化のために適宜変更されており、実際の寸法関係を表すものではない。

[0022] (実施形態1)

図1を参照して、本実施形態の中空糸膜モジュールは、1つの圧力容器1に2つの中空糸膜エレメント（第1中空糸膜エレメントおよび第2中空糸膜エレメント）が装填されたダブルエレメント型の中空糸膜モジュールである。いずれの中空糸膜エレメントにおいても、海水等の高浸透圧のドロースリユーション（DS）が中空糸膜41、42の外側31、32を流れ、淡水等の低浸透圧のフィードソリューション（FS）が中空糸膜41、42の内部（中空部）を流れる。

[0023] これにより、低濃度供給液から淡水を取出したり、淡水を取出すことにより、低濃度供給液を濃縮したり、浸透流からエネルギーを回収することができる。エネルギーを回収する方法としては、例えば、中空糸膜の外側に高濃度で浸透圧が高い海水等を加圧状態で流し、中空糸膜の中空部に低濃度で浸透圧が低い淡水等を低圧で流すことで、中空糸膜の外側に淡水が移動して加圧状態の海水の量が増加し、その増加分でタービン等を回転させてエネルギーを得る方法が挙げられる。

[0024] 特に、このような加圧状態の液体を流す場合には、圧力容器は耐圧性が必要であり、大型プラントでは膜モジュールが1本の中空糸膜エレメントで構成される場合は圧力容器が多くなり、配管等含め、スペース的にも経済的にも好ましくない場合がある。なお、加圧状態ではない通常の正浸透処理の場合も、モジュール本数が増えて、配管等含め、スペース的にも経済的にも好ましくない場合がある。

[0025] 第1中空糸膜エレメントは、中心に配置された複数の孔21aを有する多孔分配管21と、その周囲に配置された複数の中空糸膜41と、多孔分配管21および複数の中空糸膜41をそれらの両端で固定する樹脂壁61とを備える。なお、複数の中空糸膜41はその両端に開口部を有している。該第1中空糸膜エレメントは、保持部材51にOリング51aが介在した状態で保持されている。

[0026] 同様に、第2中空糸膜エレメントは、中心に配置された複数の孔22aを有する多孔分配管22と、その周囲に配置された複数の中空糸膜42と、多孔分配管22および複数の中空糸膜42をそれらの両端で固定する樹脂壁62とを備える。なお、複数の中空糸膜42はその両端に開口部を有している。該第2中空糸膜エレメントは、保持部材52にOリング52aが介在した状態で保持されている。

[0027] 本実施形態では、各々の中空糸膜エレメントにおいて、中空糸膜の開口部は、各々の中空糸膜エレメントに対応した独立の外部ポートに接続されている。すなわち、各々の中空糸膜エレメントは、複数の中空糸膜41, 42の内部および中空糸膜モジュールの外部に連通する外部ポートとして、FS供給口11a, 12aおよびFS排出口11b, 12bを有し、中空糸膜41, 42の一端の開口部である第1開口部41a, 42aがFS供給口11a, 12aに接続され、他端の開口部である第2開口部41b, 42bがFS排出口11b, 12bに接続されている。

[0028] DSは、DS供給口10aより、第1中空糸膜エレメント内の多孔分配管21内に流入し、一部は中空糸膜41の外側31に供給され、一部は中間接続部材71の流路71aを経て第2中空糸膜エレメントの多孔分配管22に供給され、中空糸膜42の外側32に供給される。第1中空糸膜エレメントを通過したDSと第2中空糸膜エレメントを通過したDSが合流して、DS排出口10bから取り出される。

[0029] FS供給口11aより供給されるFSは、一部は、中空糸膜41の第1開口部41aより中空糸膜41の内部（中空部）に流入して、中空糸膜41の第2開口部41bから流出し、中間接続部材71の流路71bを通じて、FS排出口11bよりモジュール外に取り出される。

[0030] 一方、FS供給口12aから供給されるFSは、中間接続部材71の流路71cを通じて、中空糸膜42の第1開口部42aより中空糸膜42の内部に流入し、中空糸膜42の第2開口部42bより流出し、FS排出口12bより取り出される。

[0031] ここで、第1中空糸膜エレメントの中空糸膜41の内部のFSは、第2中空糸膜エレメントの中空糸膜42の内部を通過せずに、FS排出口11bから排出される。また、第2中空糸膜エレメントの中空糸膜42の内部に供給されるFSは、第1中空糸膜エレメントの中空糸膜41の内部を通過していない。これにより、中空糸膜での圧力損失を低減することが可能となる。

[0032] なお、多孔分配管21、22は、複数の孔を有する管状体であれば特に限定されないが、例えば、正浸透用中空糸膜モジュール内に供給された供給液を中空糸膜層へ供給もしくは分配できるもの、または、膜モジュール内の中空糸膜層から排出される液体を集合もしくは排出できるものである。孔は、放射状に各方向に設けられていることが好ましい。また、多孔分配管は、中空糸膜エレメントの略中心部に位置させることが好ましい。

[0033] 多孔分配管21、22の径は大きすぎると、膜モジュール内の中空糸膜が占める領域が減少し、結果として中空糸膜エレメントまたは膜モジュールの膜面積が減少するため容積あたりの透水量が低下することがある。また、多孔分配管の径が小さすぎると、供給流体が多孔分配管内を流動する際に圧力損失が大きくなり、結果として中空糸膜にかかる有効差圧が小さくなり処理効率が低下することがある。また、強度が低下して、供給流体が中空糸膜層を流れる際に受ける中空糸膜の張力により多孔分配管が破損する場合がある。これらの影響を総合的に考慮し、最適な径を設定することが重要である。中空糸膜エレメントの断面積に対して多孔分配管の断面積の占める面積割合は、4～20%が好ましい。

[0034] 中間接続部材71は、中空糸膜モジュール内の2つの中空糸膜エレメントを接続する部材である。本実施形態において、中間接続部材71は、第1中空糸膜エレメントの多孔分配管21と第2中空糸膜エレメントの多孔分配管22とを連通させるための流路71aを有し、かつ、中空糸膜エレメントの中空糸膜の開口部と中空糸膜モジュールの側面部に設けられた外部ポート（FS排出口11b、FS供給口12a）とを連通させるための流路を有している。

[0035] なお、図1において、DS供給口10aは壁部材13に設けられ、DS排出口10bは圧力容器1の外周部に設けられているが、このような形態に限定されず適宜変更することができる。例えば、図2に示すように、DS排出口10bを壁部材14に設けてもよい。また、図3に示すように、DS供給口10aおよびDS排出口10bを、共に圧力容器1の外周部に2つずつ設けてもよく、この場合、複数の中空糸膜モジュールをこれらのDS供給口10aおよびDS排出口10bを介して接続することで、中空糸膜モジュールを用いたプラントにおいて、中空糸膜モジュール間を接続する配管を短くし、効率的に中空糸膜モジュールを配置することができる。なお、図3では、DS供給口10aの一方およびDS排出口10bの一方は閉栓されているが、複数の中空糸膜モジュールを接続する場合は、これらを開栓する。

[0036] 複数の中空糸膜は、多孔分配管の周りに中空糸膜または中空糸膜の束を螺旋状に巻上げることによって、中空糸膜が半径方向に積層されることにより形成された中空糸膜巻上げ体であることが好ましい。中空糸膜巻上げ体では、中空糸膜は交差状に配置される場合もある。一般的に、交差配置を取ることにより、中空糸膜の交差部に空隙が規則的に形成される。この規則的な空隙が存在するため、中空糸膜の外側を流れる流体中の非溶解成分や粒子成分等が、中空糸膜間に捕捉されることが少なく、圧力損失の増大が生じにくくなる。

[0037] 中空糸膜巻上げ体は、従来公知の方法により製造することができる。例えば、特許4412486号公報、特許4277147号公報、特許3591618号公報、特許3008886号公報などに記載されているように、中空糸膜を45～90本またはそれ以上を集めて1つの中空糸膜集合体とし、さらにこの中空糸膜集合体を複数横に並べて偏平な中空糸膜束として、多数の孔を有する有孔分配管にトラバースさせながら巻き付ける。この時の有孔分配管の長さ及び回転速度、中空糸膜束のトラバース速度を調節することによって、巻き上げ体の特定位置の周面上に交差部が形成するように巻き上げる。

[0038] また、中空糸膜エレメントは、例えば、中空糸膜および多孔分配管の両端を樹脂で封止した後、樹脂の一部を切断し中空糸膜の両端部を開口させることで製造できる。例えば、上記の中空糸膜巻上げ体を、長さで交差部の位置を調整し、所定の位置で切断し、この巻き上げ体の両端部を接着した後、両側を切削して、中空糸膜の両端に開口部を有する中空糸膜エレメントを作製することができる。

[0039] 中空糸膜の素材は、特に限定されず、例えば、酢酸セルロース系、ポリアミド系、ポリビニルアルコール系、スルホン化ポリスルホン系等の樹脂が使用可能である。この中では、酢酸セルロース系樹脂、スルホン化ポリスルホンやスルホン化ポリエーテルスルホンなどのスルホン化ポリスルホン系樹脂が、殺菌剤である塩素に対する耐性があり、微生物の増殖を容易に抑制することができる点で好ましい。特に、膜面での微生物汚染を効果的に抑制できる特徴がある。酢酸セルロースの中では、耐久性の点で三酢酸セルロースが好ましい。

[0040] 中空糸膜は、例えば、特許3591618号公報に記載されているように、三酢酸セルロース、エチレングリコール（EG）、N-メチル-2-ピロリドン（NMP）よりなる製膜溶液を3分割ノズルより吐出し、空中走行部を経て、水／EG／NMPよりなる凝固液中に浸漬させて中空糸膜を得、次いで中空糸膜を水洗した後、熱処理することにより酢酸セルロース系中空糸膜を製造することができる。また、テレフタル酸ジクロリド及び4,4'-ジアミノジフェニルスルホン、ピペラジンより低温溶液重合法で得た共重合ポリアミドを精製した後、 $\text{CaCl}_2$ 及びジグリセリンを含むジメチルアセトアミド溶液に溶解して製膜溶液とし、この溶液を3分割ノズルより空中走行部を経て凝固液中に吐出させ、得られた中空糸膜を水洗した後、熱処理することによりポリアミド系中空糸膜を製造することができる。

[0041] 中空糸膜の外径は、浸透処理等に用いられるものであれば特に限定されないが、例えば、 $160 \sim 320 \mu\text{m}$ である。外径が前記範囲より小さいと、必然的に内径も小さくなるため、中空糸膜の中空部を流れる流体の流動圧損

が大きくなり問題が生じうる。一方、外径が前記範囲より大きいと、モジュールにおける単位容積あたりの膜面積を大きくすることができなくなり、中空糸膜モジュールのメリットの一つであるコンパクト性が損なわれる。

[0042] 中空糸膜の中空率は、浸透処理等に用いられるものであれば特に限定されないが、例えば、15～45%である。中空率が前記範囲より小さいと、中空部の流動圧損が大きくなり、所望の透過水量が得られない可能性がある。また、中空率が前記範囲より大きいと、浸透処理の際に十分な耐圧性を確保できない可能性がある。なお、中空率(%)は下記式：

$$\text{中空率}(\%) = (\text{内径} / \text{外径})^2 \times 100$$

により求めることができる。

[0043] なお、本発明の中空糸膜エレメントは、スパイラル型の平膜と比べてエレメントあたりの膜面積を多くとることができ、中空糸膜の大きさにもよるが、ほぼ同サイズのエレメントの場合、スパイラル型のおよそ10倍の膜面積を得ることができる。従って、中空糸膜は、同じ透水量を得る際に単位膜面積あたりの処理量が極めて少なくても良く、スパイラル型に比べて供給水が膜を透水する際に生じる膜面の汚れを減少でき、膜の洗浄までの運転時間を長くとることができる。さらに、エレメント内の偏流が生じにくいため、濃度差を駆動力として水処理を行う場合に好適である。

[0044] (実施形態2)

図4を参照して、本実施形態の中空糸膜モジュールは、各々の中空糸膜エレメント(第1中空糸膜エレメントおよび第2中空糸膜エレメント)において、複数の中空糸膜41、42の少なくとも1端の開口部は、他の中空糸膜エレメント内を軸方向に通過するバイパス管81、82を介して、両中空糸膜エレメントに共通の外部ポート(FS供給口11a、FS排出口11b)に接続されている点で、主に実施形態1と相違している。

[0045] すなわち、図5を参照して、第1中空糸膜エレメントの中空糸膜41の第2開口部41bは、中間接続部材72の流路72a、および、第2中空糸膜エレメントの多孔分配管22内を通過するバイパス管82を介して、両中空

糸膜エレメントに共通のF S排出口1 1 bに接続されている。また、図6を参照して、第2中空糸膜エレメントの中空糸膜4 2の第1開口部4 2 aは、中間接続部材7 2の流路7 2 b、および、第1中空糸膜エレメントの多孔分配管2 1内を通過するバイパス管8 1を介して、両中空糸膜エレメントに共通のF S供給口1 1 aに接続されている。

[0046] バイパス管8 1, 8 2は、中空糸膜エレメント内をその軸方向に通過する（貫通する）配管であり、膜モジュール内のもう一方の中空糸膜エレメントの中空糸膜の内部と、外部ポート（供給口または排出口）に連通させることが可能なものである。ただし、軸方向に平行である必要はなく、中空糸膜エレメントの両端を貫通するような配管であればよい。また、本実施形態では、多孔分配管の内部に設置されているが、このような形態に限定されず、中空糸膜エレメント内の他の部分を通過していてもよい。

[0047] 中間接続部材7 2は、中空糸膜モジュール内の2本の中空糸膜エレメントを接続する部材である。本実施形態において、中間接続部材7 2は、第1中空糸膜エレメントの多孔分配管2 1とバイパス管8 1との間の空間を通る流体を第2中空糸膜エレメントの多孔分配管2 2とバイパス管8 2との間の空間とを連通させるための流路7 2 cと、第1中空糸膜エレメントの中空糸膜4 1の内部と第2中空糸膜エレメントのバイパス管8 2とを連通させるための流路7 2 aと、第1中空糸膜エレメントのバイパス管8 1と第2中空糸膜エレメントの中空糸膜4 2の内部とを連通するための流路7 2 bとを有している。

[0048] D Sは、D S供給口1 0 aより第1中空糸膜エレメントの多孔分配管2 1とバイパス管8 1との間隙に入り、一部は中空糸膜4 1の外側3 1に供給され、一部は中間接続部材7 2の流路7 2 cを経て、第2中空糸膜エレメントの多孔分配管2 2とバイパス管8 2との間隙に入り、中空糸膜4 2の外側3 2に供給される。第1中空糸膜エレメントの中空糸膜4 1の外側3 1を通過したD Sと、第2中空糸膜エレメントの中空糸膜4 2の外側3 2を通過したD Sとが、合流してD S排出口1 0 bから取り出される。

- [0049] 一方、図5を参照して、F S供給口11aより供給されたF Sの一部は、第1中空糸膜エレメントの中空糸膜41の第1開口部41aより中空糸膜41の内部に流入し、他端側の第2開口部41bから流出し、中間接続部材72の流路72aを通じて、第2中空糸膜エレメントのバイパス管82に流れ、F S排出口11bより外部に取り出される。また、図6を参照して、F S供給口11aより供給されたF Sの残りの一部は、バイパス管81に供給され、中間接続部材72の流路72bを通じて、第2中空糸膜エレメントの中空糸膜42の第1開口部42aより中空糸膜42の内部に供給され、第2開口部42bから流出し、F S排出口11bより外部に取り出される。
- [0050] ここで、実施形態1と同様に、第1中空糸膜エレメントの中空糸膜41の内部のF Sは、第2中空糸膜エレメントの中空糸膜42の内部を通過せずに、F S排出口11bから排出される。また、第2中空糸膜エレメントの中空糸膜42の内部に供給されるF Sは、第1中空糸膜エレメントの中空糸膜41の内部を通過していない。これにより、中空糸膜での圧力損失を低減することが可能となる。
- [0051] また、実施形態2においては、F Sは、両中空糸膜エレメントに共通の外部ポート（F S供給口11a，F S排出口11b）を介して、供給および排出されるため、実施形態1に比べて、中空糸膜モジュールに接続する配管の数を減らすことができ、浸透処理プラントのコンパクト化を実現することができる。
- [0052] なお、図4において、D S供給口10aは壁部材13に設けられ、D S排出口10bは圧力容器1の外周部に設けられているが、このような形態に限定されず適宜変更することができる。例えば、図7に示すように、D S排出口10bを壁部材14に設けてもよい。また、図8に示すように、D S供給口10aおよびD S排出口10bを、共に圧力容器1の外周部に2つずつ設けてもよく、この場合、複数の中空糸膜モジュールをこれらのD S供給口10aおよびD S排出口10bを介して接続することで、中空糸膜モジュールを用いたプラントにおいて、中空糸膜モジュール間を接続する配管を短くし

、効率的に中空糸膜モジュールを配置することができる。なお、図8では、D S供給口10aの一方およびD S排出口10bの一方は閉栓されているが、複数の中空糸膜モジュールを接続する場合は、これらを開栓する。

[0053] 上記の実施形態1および2では、D Sが、中空糸膜の外側に連通する供給口（D S供給口10a）から供給されて、中空糸膜の外側に連通する排出口（排出口10b）から排出され、F Sが、中空糸膜の内部に連通する供給口（供給口11a, 12a）から供給されて、中空糸膜の内部に連通する排出口（排出口11b, 12b）から排出される形態について説明したが、これに限定されるものではない。すなわち、反対に、F Sが、中空糸膜の外側に連通する供給口（供給口10a）から供給されて、中空糸膜の外側に連通する排出口（排出口10b）から排出され、D Sが、中空糸膜の内部に連通する供給口（供給口11a, 12a）から供給されて、中空糸膜の内部に連通する排出口（排出口11b, 12b）から排出される形態も、本発明の範囲に包含される。

[0054] 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

### 産業上の利用可能性

[0055] 本発明の中空糸膜モジュールは、適用プラントにおいて、従来よりも中空糸膜モジュールの本数が低減され、中空糸膜モジュールの設置面積を小さくでき、配管接続も少なくコンパクトであり、例えば、水処理や濃度差を駆動力としてエネルギーを生成する分野において極めて有用である。

[0056] 具体的には、有機物の濃縮および回収、排水の濃縮による減容化、海水の淡水化などに利用することができる。また、低濃度の水溶液と高濃度の加圧状態の水溶液との濃度差を駆動力として淡水を透過させ、透過した淡水により増加した加圧状態の高濃度側の水溶液の流量と圧力でタービンを回すなどしてエネルギーを生成させるために利用することができる。特に、海水また

は濃縮海水と淡水との濃度差による浸透圧を利用して電力などのエネルギーを生成するための造水処理などに好適に利用することができる。

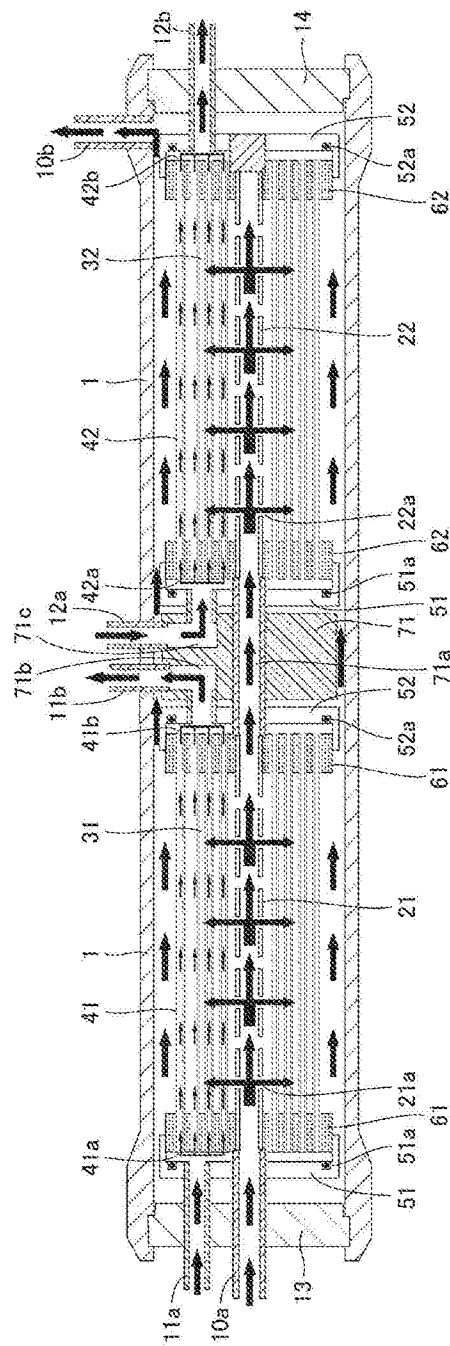
### 符号の説明

[0057] 1 容器、10a DS供給口、10b DS排出口、11a, 12a FS供給口、11b, 12b FS排出口、13, 14 壁部材、21, 22 多孔分配管、21a, 22a 孔、31, 32 中空糸膜の外側、41, 42 中空糸膜、41a, 42a 第1端、42a, 42b 第2端、51, 52 保持部材、51a, 52a Oーリング、61, 62 樹脂壁、71, 72 中間接続部材、71a, 71b, 71c, 72a, 72b, 72c 流路、81, 82 バイパス管

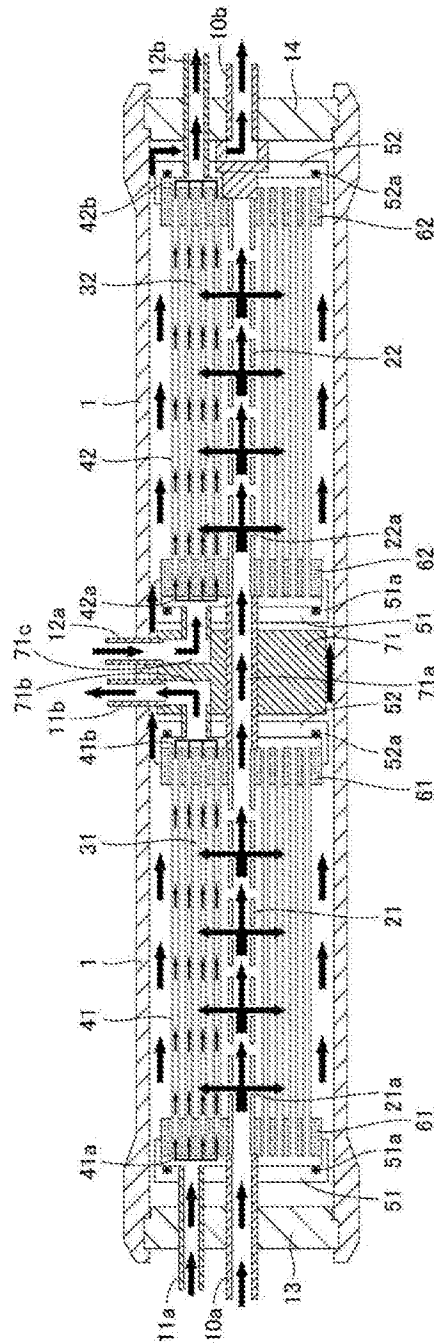
## 請求の範囲

- [請求項1] 1つの圧力容器と、前記圧力容器内に装填され、軸方向に連結された複数の中空糸膜エレメントと、を備える中空糸膜モジュールであって、
- 前記中空糸膜エレメントは複数の中空糸膜を含み、複数の前記中空糸膜は少なくとも一端に開口部を有し、
- 複数の前記中空糸膜の内部および前記中空糸膜モジュールの外部に連通する外部ポートを備え、
- 各々の前記中空糸膜エレメントにおいて、複数の前記中空糸膜の開口部は、他の前記中空糸膜エレメントの前記中空糸膜の内部を介せずに、前記外部ポートに接続されていることを特徴とする、中空糸膜モジュール。
- [請求項2] 複数の前記中空糸膜エレメントの複数の前記中空糸膜は、両端に前記開口部を有する、請求項1に記載の中空糸膜モジュール。
- [請求項3] 各々の前記中空糸膜エレメントにおいて、複数の前記中空糸膜の少なくとも1端の前記開口部は、他の前記中空糸膜エレメント内を前記軸方向に通過するバイパス管を介して前記外部ポートに接続されている、請求項1に記載の中空糸膜モジュール。
- [請求項4] 正浸透用である、請求項1～3のいずれか1項に記載の中空糸膜モジュール。
- [請求項5] 前記中空糸膜エレメントは、複数の前記中空糸膜が中心軸の周りに螺旋状に巻回されてなる中空糸膜巻上げ体を含む、請求項1～4のいずれか1項に記載の中空糸膜モジュール。

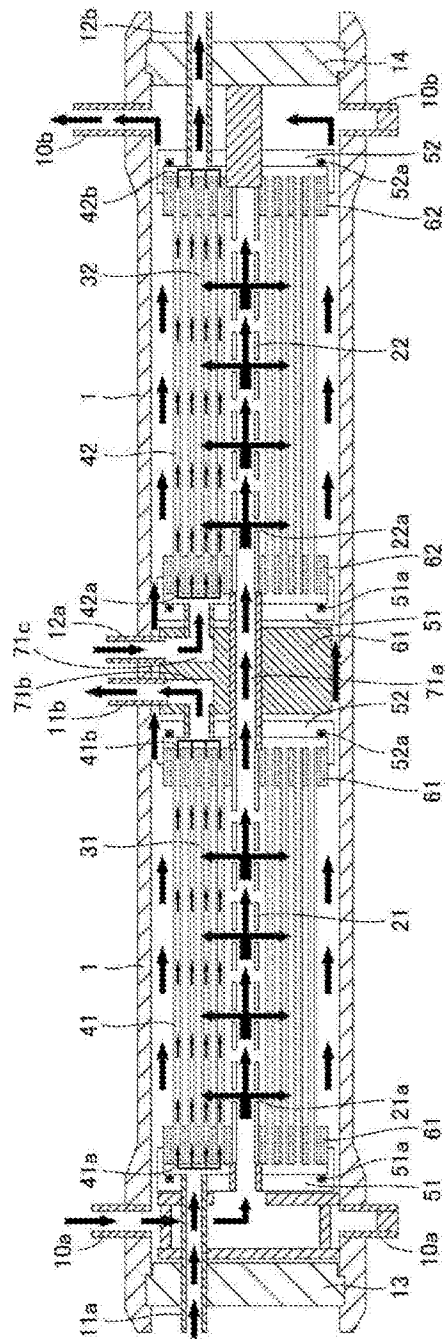
[図1]



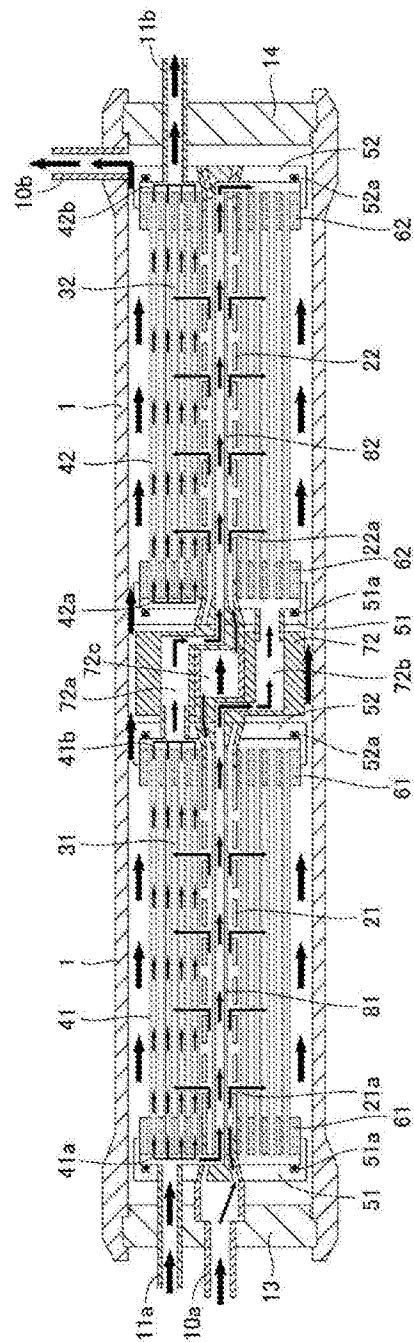
[図2]



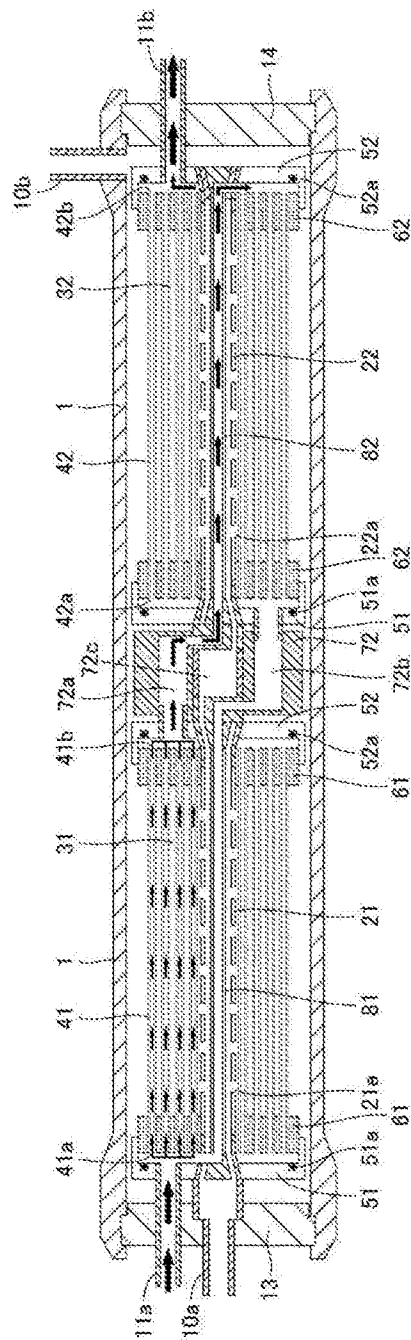
[図3]



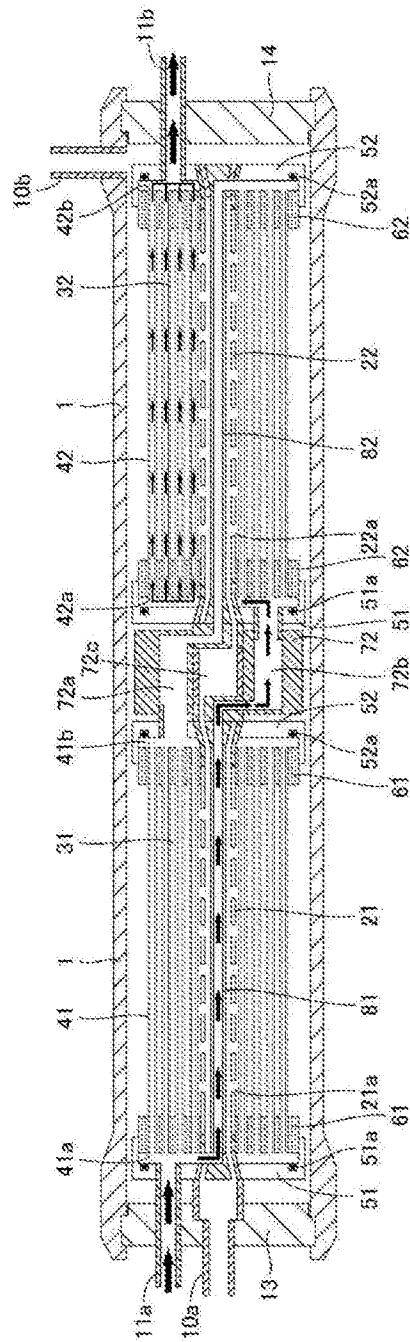
[図4]



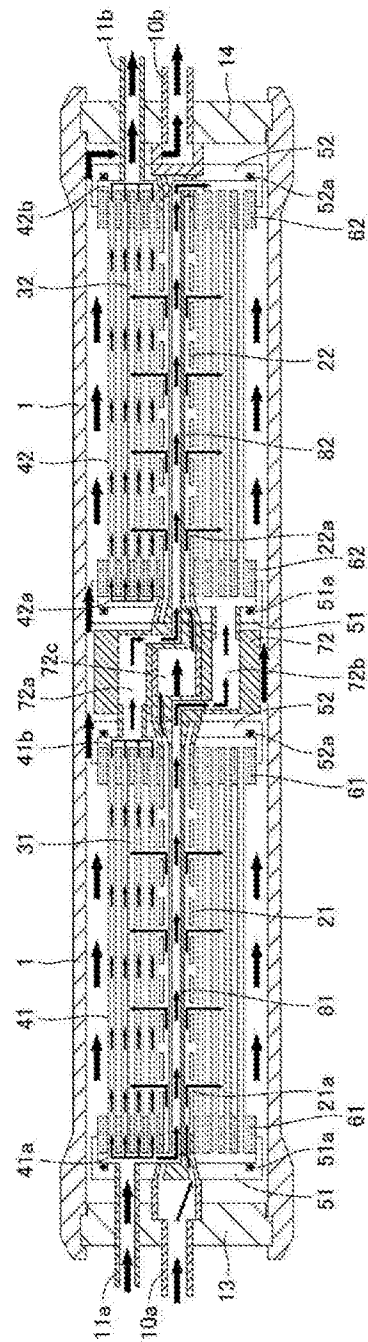
[図5]



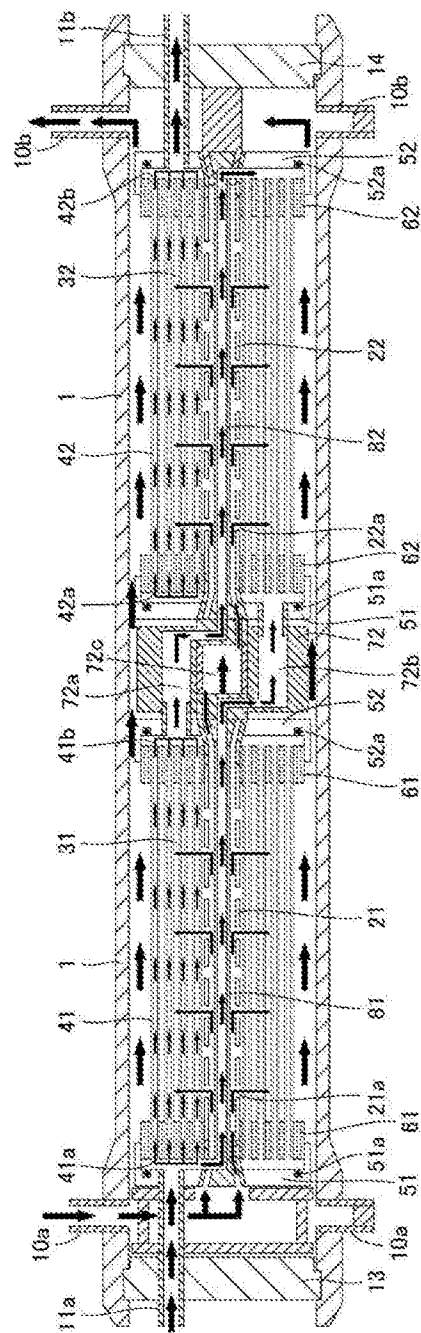
[図6]



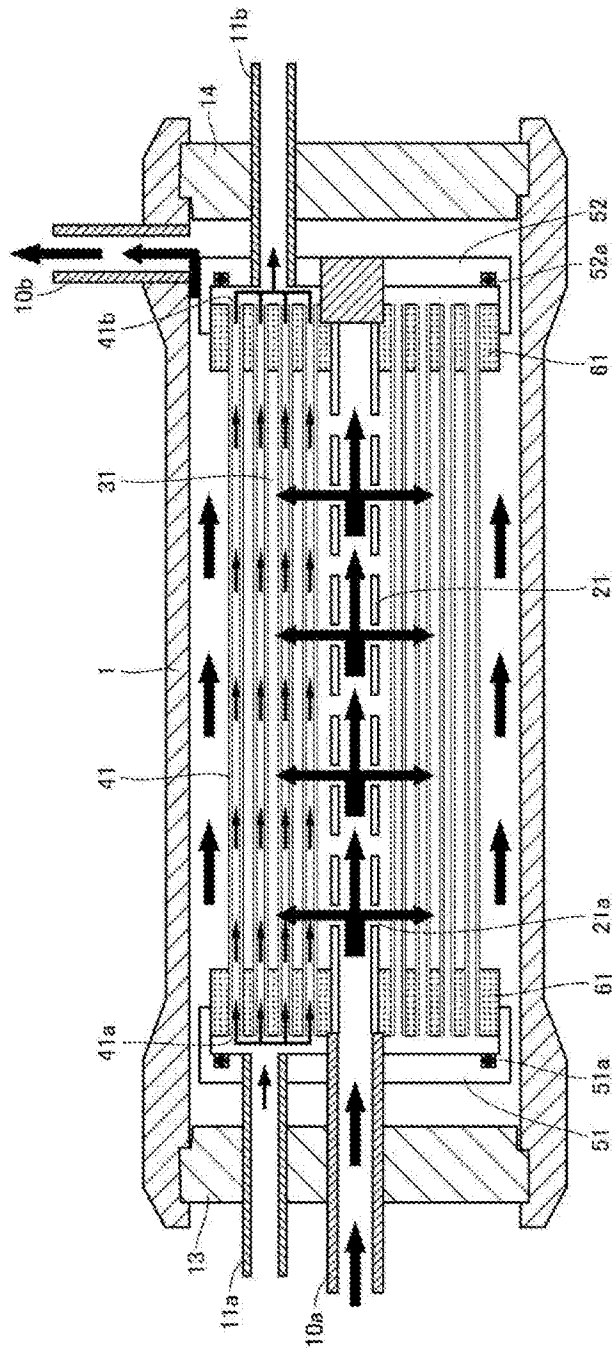
[図7]



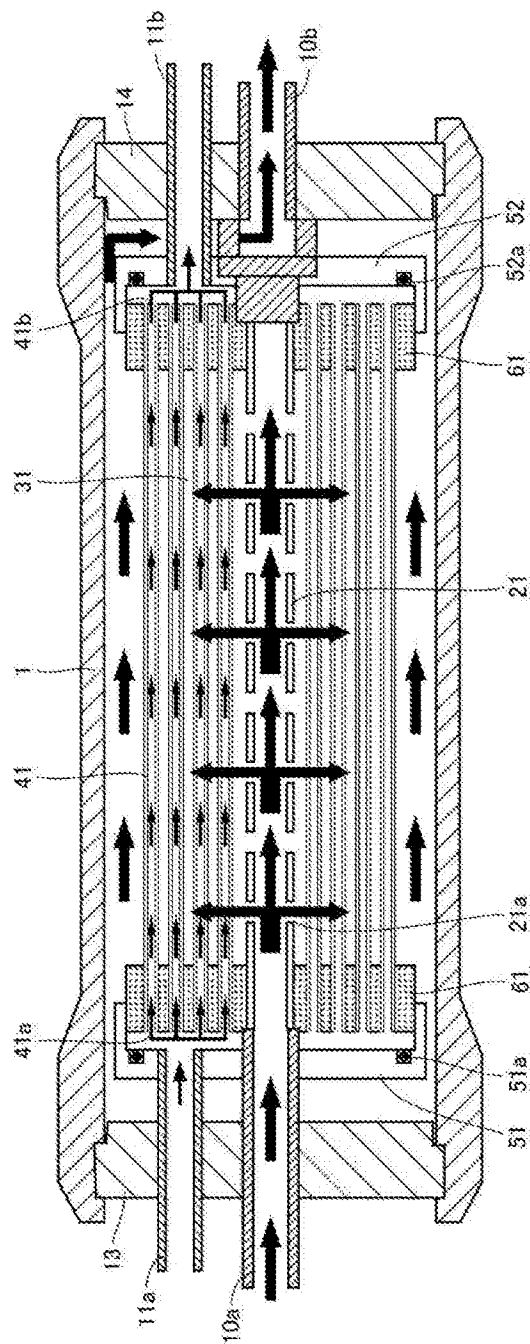
[図8]



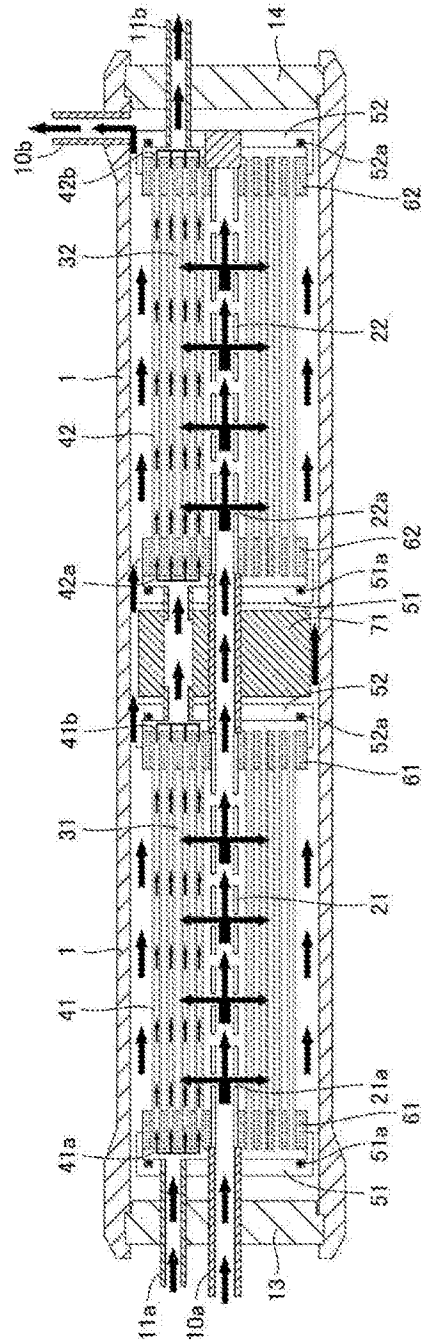
[図9]



[図10]



[図11]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/055179

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01D63/02(2006.01) i, B01D61/00(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)

B01D63/02, B01D61/00

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 | 1996-2015 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2015 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2015 |

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

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category*   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                              | Relevant to claim No. |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>Y<br>A | WO 2004/069391 A1 (Toyobo Co., Ltd.),<br>19 August 2004 (19.08.2004),<br>entire text; all drawings<br>& JP 4412486 B & US 2006/0144777 A1<br>& EP 1598105 A1 & DE 60330397 D<br>& AU 2003266596 A & AT 450309 T | 1, 2, 5<br>3<br>4     |
| X<br>Y      | JP 2008-86906 A (Toyobo Co., Ltd.),<br>17 April 2008 (17.04.2008),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                                                                                               | 1<br>2, 3, 5          |
| X<br>Y      | JP 57-36002 B2 (Toyobo Co., Ltd.),<br>02 August 1982 (02.08.1982),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                                                                                               | 1<br>2, 3, 5          |

☒ 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  
22 April 2015 (22.04.15)

Date of mailing of the international search report  
12 May 2015 (12.05.15)

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/JP2015/055179

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                    | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>Y    | JP 6-134210 A (Toray Industries, Inc.),<br>17 May 1994 (17.05.1994),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                                                                                                                                                   | 1-3<br>5              |
| X<br>Y    | JP 10-296058 A (Toyobo Co., Ltd.),<br>10 November 1998 (10.11.1998),<br>entire text; all drawings<br>& US 7150830 B1 & EP 873779 A2<br>& DE 69831828 D & AT 306311 T                                                                                                  | 1<br>2, 3, 5          |
| Y<br>Y    | JP 7-500281 A (E.I. Du Pont de Nemours & Co.),<br>12 January 1995 (12.01.1995),<br>entire text; all drawings<br>& US 5137631 A & WO 1993/007958 A1<br>& EP 610323 A & DE 69208099 D<br>& ES 2083768 T & DK 610323 T<br>& IL 101848 A & CA 2120923 A<br>& GR 3019658 T | 1<br>2, 3, 5          |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B01D63/02(2006.01)i, B01D61/00(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（I P C））

Int.Cl. B01D63/02, B01D61/00

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   | 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1 9 7 1 - 2 0 1 5 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 5 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 5 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)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号    |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| X<br>Y<br>A     | WO 2004/069391 A1（東洋紡績株式会社）2004.08.19, 全文、全図 & JP 4412486 B & US 2006/0144777 A1 & EP 1598105 A1 & DE 60330397 D & AU 2003266596 A & AT 450309 T | 1, 2, 5<br>3<br>4 |
| X<br>Y          | JP 2008-86906 A（東洋紡績株式会社）2008.04.17, 全文、全図（ファミリーなし）                                                                                              | 1<br>2, 3, 5      |
| X<br>Y          | JP 57-36002 B2（東洋紡績株式会社）1982.08.02, 全文、全図（ファミリーなし）                                                                                               | 1<br>2, 3, 5      |

☒ 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

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 2 . 0 4 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 2 . 0 5 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

富永 正史

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 2 1

4 D

8 6 1 6

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                                                                                          |                |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| X<br>Y                | JP 6-134210 A (東レ株式会社) 1994.05.17, 全文、全図 (ファミリーなし)                                                                                                                                                       | 1 - 3<br>5     |
| X<br>Y                | JP 10-296058 A (東洋紡績株式会社) 1998.11.10, 全文、全図 & US 7150830 B1 & EP 873779 A2 & DE 69831828 D & AT 306311 T                                                                                                 | 1<br>2, 3, 5   |
| Y<br>Y                | JP 7-500281 A (イー・アイ・デュポン・ドウ・ヌムール・アンド・カンパニー) 1995.01.12, 全文、全図 & US 5137631 A & W0 1993/007958 A1 & EP 610323 A & DE 69208099 D & ES 2083768 T & DK 610323 T & IL 101848 A & CA 2120923 A & GR 3019658 T | 1<br>2, 3, 5   |