(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
2022年6月30日(30.06.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/138127 A1

(51) 国際特許分類:
B01D 63/00 (2006.01) *B01D 71/02* (2006.01)
B01D 63/02 (2006.01) *D01F 9/10* (2006.01)
B01D 69/02 (2006.01) *D01F 9/22* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/044860

(22) 国際出願日： 2021年12月7日(07.12.2021)

(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 2020-211052 2020年12月21日(21.12.2020) JP

(71) 出願人: 東レ株式会社 (**TORAY INDUSTRIES, INC.**) [JP/JP]; 〒1038666 東京都中央区日本橋室町２丁目１番１号 Tokyo (JP).

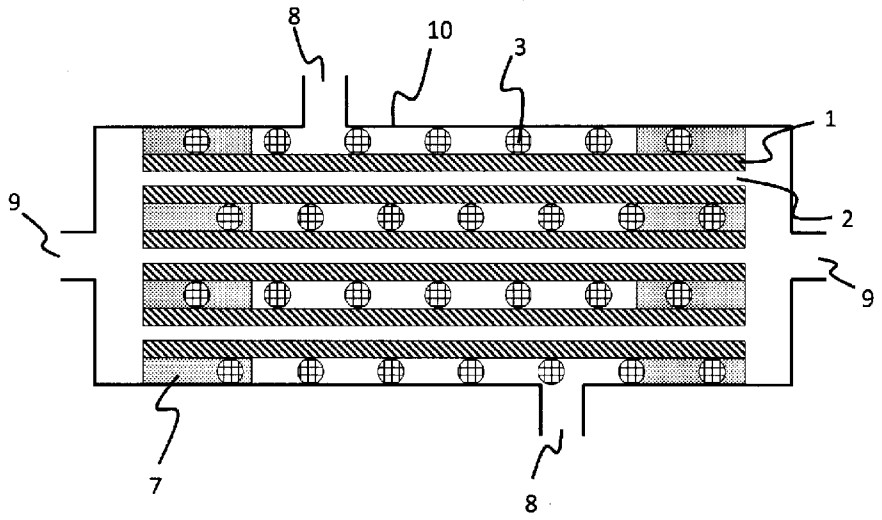
(72) 発明者: 柿山創(**KAKIYAMA, So**); 〒5208558 滋賀県大津市園山１丁目１番１号 東レ株式会社 滋賀事業場内 Shiga (JP). 田中慧(**TANAKA, Kei**); 〒5208558 滋賀県大津市園山１丁目１番１号 東レ株式会社 滋賀事業場内 Shiga (JP). 三原崇晃(**MIHARA, Takaaki**); 〒5208558 滋賀県大津市園山１丁目１番１号 東レ株式会社 滋賀事業場内 Shiga (JP).

(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, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) **Title:** FLUID SEPARATION MEMBRANE MODULE, FLUID SEPARATION MEMBRANE PLANT, AND PURIFIED FLUID

(54) 発明の名称： 流体分離膜モジュール、流体分離膜プラント、及び精製流体

【図1】



(57) **Abstract:** The purpose of the present invention is to provide a fluid separation membrane module with which, when using a fluid separation membrane having a high tensile modulus, it is possible to suppress breaks or damage to the fluid separation membrane when a stack of fluid separation membranes are stored in a module. According to one embodiment of the present invention, in this fluid separation membrane module containing fluid separation membranes and spacers, the tensile modulus of the fluid separation membranes is 1 GPa or more, and at least some of the spacers are fibres or rods have a bulk compression percentage of 10% to 95% as measured by the JIS L 1013 (2010) B method.

WO 2022/138127 A1

［続葉有］

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：本発明の目的は、引張弾性率が高い流体分離膜を用いた場合にも、流体分離膜の束をモジュール内へ収納する際の流体分離膜の破断や損傷を抑制することができる流体分離膜モジュールを提供することである。 本発明の一つの態様は、流体分離膜とスペーサーを含む流体分離膜モジュールであって、前記流体分離膜の引張弾性率は、１ＧＰａ以上であり、前記スペーサーの少なくとも一部は、ＪＩＳＬ１０１３（２０１０）Ｂ法で測定したかさ高圧縮率が１０％以上９５％以下の繊維又はロッドである。

明　細　書

発明の名称 ：

流体分離膜モジュール、流体分離膜プラント、及び精製流体

技術分野

[0001]　本発明は、流体分離膜モジュール、流体分離膜プラント、及び精製流体に関する。

背景技術

[0002]　複数のガス成分を含んだ混合物から特定のガス成分を選択的に分離・精製する方法として、膜分離法が知られている。膜分離法は圧力差を利用するため、他の分離・精製法と比較してエネルギー消費量が少ない利点がある。

[0003]　膜分離法で用いられるガス分離膜は、特定のガス成分（透過ガス）のガス透過性が他のガス成分（非透過ガス）のガス透過性に対して高いことを特徴としている。ガス分離膜としては、高分子膜や無機膜が知られているが、耐熱性や耐薬品性が要求される用途においては、無機膜が好適に用いられる。

[0004]　ガス分離膜は、単位体積当たりの膜面積を大きくするため、区画された空間の中に充填されたガス分離膜モジュールとして用いられる。ガス分離膜が中空糸膜である場合、複数本の中空糸膜を収納した中空糸膜モジュールとして、ガス分離膜が平膜である場合、中心パイプへ平膜状のガス分離膜を巻き付けたスパイラル型モジュールとして用いられる。無機膜をモジュール化する手法としては、複数本の中空糸状炭素膜を束ねてモジュール化する手法が知られている（例えば、特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０１７－１３００４号広報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006]　特許文献１には、長さ方向に炭素含有率が異なる２以上の部分領域を有す

る中空糸状炭素膜を用いた分離膜モジュールの製造方法として、中空糸状炭素膜の両端部を硬化性樹脂で結束し、さらにその片端又は両端をハウジングに固着させ樹脂壁を作製する方法が開示されている。しかしながら、中空糸状炭素膜は硬くて脆く、中空糸状炭素膜の束は円周方向の収縮性が乏しいため、特許文献１の方法では、中空糸状炭素膜の両端部を硬化性樹脂で結束する際に、硬化性樹脂の鋳型に中空糸状炭素膜の端部が引っかかったり、硬化性樹脂の鋳型に収納した中空糸状炭素膜の束に収縮方向の応力がかかったりして炭素膜が損傷する恐れがあった。一方で、炭素膜の損傷を防ぐためにモジュール内に収納する炭素膜の本数を少なくすると、単位体積当たりの膜面積を損なうのに加えて、モジュール内に炭素膜が疎な部分が生じて分離対象流体のショートパスが生じる恐れがあった。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するため、本発明は以下の構成を有する。すなわち本発明は、以下である。

[0008] 流体分離膜とスペーサーを含む流体分離膜モジュールであって、前記流体分離膜の引張弾性率は、１ＧＰａ以上であり、前記スペーサーの少なくとも一部は、ＪＩＳ　Ｌ　１０１３（２０１０）Ｂ法で測定したかさ高圧縮率が１０％以上９５％以下の繊維又はロッドである、流体分離膜モジュール。

[0009] 流体分離膜とスペーサーを含む流体分離膜モジュールであって、前記流体分離膜の引張弾性率は、１ＧＰａ以上であり、前記スペーサーの少なくとも一部は、ＪＩＳ　Ｌ　１０９６（２０１０）で測定した圧縮率が１０％以上９５％以下のフィルム、不織布、織物、編物である、流体分離膜モジュール。

[0010] 流体分離膜とスペーサーを含む流体分離膜モジュールであって、前記流体分離膜の引張弾性率は、１ＧＰａ以上であり、前記スペーサーの少なくとも一部は、ＪＩＳ　Ｚ　８８４４（２０１９）で測定した変形強度（以下、「$\sigma_{10\%}$」と記載することがある）が０．１ｋＰａ以上１００ｋＰａ以下の粒子である、流体分離膜モジュール。

発明の効果

[0011] 本発明の流体分離膜モジュールは、スペーサーによって束Ｌに円周方向の収縮性が付与されるため、流体分離膜の引張弾性率が１ＧＰａ以上であっても、束Ｌをモジュール内に収納する際の流体分離膜の損傷を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の流体分離膜モジュールの一態様の分離対象流体の流出入口を含む断面を示す模式図である。

[図2]本発明の束Ｌに測定糸を一周巻き付けた際の周長を測定する方法の一態様を示す模式図である。

[図3]本発明の流体分離膜とスペーサーの配置の一態様を示す模式図である。

[図4]本発明の流体分離膜とスペーサーの配置の別の一態様を示す模式図である。

[図5]本発明の流体分離膜モジュールの別の一態様を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0013] 本発明の流体分離膜モジュール（以下、単に「モジュール」と記載する場合がある）は、流体分離膜とスペーサーを含む流体分離膜モジュールであって、前記流体分離膜の引張弾性率は、１ＧＰａ以上であり、前記スペーサーの少なくとも一部は、ＪＩＳ　Ｌ　１０１３（２０１０）Ｂ法で測定したかさ高圧縮率が１０％以上９５％以下の繊維又はロッドであることを特徴とする。

[0014] 本発明のモジュールは、流体分離膜とスペーサーを含む流体分離膜モジュールであって、前記流体分離膜の引張弾性率は、１ＧＰａ以上であり、前記スペーサーの少なくとも一部は、ＪＩＳ　Ｌ　１０９６（２０１０）で測定した圧縮率が１０％以上９５％以下のフィルム、不織布、織物、編物であることを特徴とする。

[0015] 本発明のモジュールは、流体分離膜とスペーサーを含む流体分離膜モジュールであって、前記流体分離膜の引張弾性率は、１ＧＰａ以上であり、前記

スペーサーの少なくとも一部は、ＪＩＳ　Ｚ　８８４４（２０１９）で測定した変形強度（以下、「$\sigma_{10\%}$」と記載することがある）が０．１ｋＰａ以上１００ｋＰａ以下の粒子であることを特徴とする。

[0016] 本発明のモジュールは、前記流体分離膜モジュール中の全ての流体分離膜とスペーサーをまとめた束を束Ｌとすると、束Ｌの外周の、流体分離膜の長軸と直交する方向に、総繊度３０００ｄｔｅｘ、４８０フィラメントの仮撚加工ポリエチレンテレフタレート糸（以下、測定糸という）を一周巻き付けた際の周長が、以下の式１を満たすことが好ましい。

[0017] $0.50 \leqq L_2/L_1 \leqq 0.95$ ・・・式１

［式中、L_1は、測定糸を束Ｌの周長に対して５Ｎ／ｍの力で引っ張った際の束Ｌの周長を表し、L_2は、測定糸を束Ｌの周長に対して５０Ｎ／ｍの力で引っ張った際の束Ｌの周長を表す。］

以下図面を参照して本発明について例をあげて説明する。しかし本発明は、この例に限定して解釈されるものではない。

[0018] 図１に、本発明の流体分離膜モジュールの一態様の断面模式図を示す。図１は、中空糸状の流体分離膜を収納したモジュールの、分離対象流体の流出入口を含む断面の模式図である。

[0019] 本発明のモジュールは、流体分離膜とスペーサーを含む。つまり本発明のモジュールは、分離対象流体の流出入口８を有するベッセル１０内に、流体分離膜１とスペーサー３が収納されている。図１の流体分離膜１は、中空部２を有する。

[0020] また本発明のモジュールは、流体分離膜がポッティング部位で固定されている。これについて、図１の並列に束ねられた流体分離膜１は、その両端がポッティング部位７において相互に固定（ポッティング）されるとともに、ベッセル１０に固定されている。

[0021] 流体分離膜１は、ポッティング部位７を貫通しており、ベッセル１０の透過流体の流出口９より、図示しない外部流路（流体分離膜を透過した流体を回収するための流路等）に接続される。

[0022] 本発明のモジュールは、流体分離膜の引張弾性率が１ＧＰａ以上であるにもかかわらず、束Ｌが円周方向に収縮できることを特徴とする。前述のとおり、従来の技術においては、引張弾性率が１ＧＰａ以上の流体分離膜の束は円周方向の収縮性に乏しいため、流体分離膜の束をエレメントケーシング等へ収納する際に、一部の流体分離膜がエレメントケーシングの縁に引っかかったり、流体分離膜の束に収縮方向の応力がかかったりして流体分離膜が損傷する課題があった。本発明のモジュールは、流体分離膜とともに収縮性を有するスペーサーを収納することにより、束Ｌに円周方向の収縮性を付与し、束Ｌをエレメントケーシングへ収納する際の作業性を向上させるとともに円周方向の応力集中による流体分離膜の損傷を抑制することができる。

[0023] 束Ｌが円周方向の収縮性を有する状態とは、束Ｌの円周方向に束Ｌをすぼめるような外力を加えた際に束Ｌの外径が小さくなる状態を表す。ここでいう外力とは、流体分離膜に破損が生じない範囲内の外力を表す。また、本発明の一つの態様において、外力を除いた際に束Ｌの外径が元に戻ろうとする力が働くことが好ましい。こうすることで、束Ｌとエレメントケーシング等の間の隙間を小さくでき、分離対象流体のショートパスを抑制することができる。

[0024] 本発明の一つの態様において、スペーサーの少なくとも一部は、ＪＩＳ Ｌ １０１３（２０１０）Ｂ法で測定したかさ高圧縮率（以下、「B_c」と記載する場合がある）が１０％以上９５％以下の繊維又はロッドである。B_cが１０％以上であることで、外力を加えることで束Ｌを収縮させることができる。B_cは、２０％以上が好ましく、５０％以上がさらに好ましい。一方で、B_cが９５％以下であることで、束Ｌを収縮させた際のスペーサー近傍の流体分離膜の変形を抑制できるため、膜の損傷を抑制することができる。B_cは、９０％以下が好ましく、８０％以下がさらに好ましい。

[0025] スペーサーである繊維またはロッドは、ＪＩＳ Ｌ １０１３（２０１０）Ｂ法で測定したかさ高圧縮弾性率（以下、「B_e」と記載する場合がある）が３０％以上１００％以下であることが好ましい。B_eが３０％以上であるこ

とで、束Ｌを収縮させる外力を除いた際に束Ｌの外径を元に戻す力が働く。Ｂ$_e$は、４０％以上が好ましく、５０％以上がさらに好ましい。一方で、Ｂ$_e$の上限は特に限定されないが、１００％以下であることが好ましい。

[0026] 本発明の別の態様において、スペーサーの少なくとも一部は、ＪＩＳ　Ｌ　１０９６（２０１０）で測定した圧縮率（以下、「Ｃ$_r$」と記載する場合がある）が１０％以上９５％以下のフィルム、不織布、織物、編物である。Ｃ$_r$が１０％以上であることで、外力を加えることで束Ｌを収縮させることができる。Ｃ$_r$は、２０％以上が好ましく、５０％以上がさらに好ましい。一方で、Ｃ$_r$が９５％以下であることで、束Ｌを収縮させた際のスペーサー近傍の流体分離膜の変形を抑制できるため、膜の損傷を抑制することができる。Ｃ$_r$は、９０％以下が好ましく、８０％以下がさらに好ましい。

[0027] スペーサーであるフィルム、不織布、織物、編物は、ＪＩＳ　Ｌ　１０９６（２０１０）で測定した圧縮弾性率（以下、「Ｃ$_e$」と記載する場合がある）が３０％以上１００％以下であることが好ましい。Ｃ$_e$が３０％以上であることで、束Ｌを収縮させる外力を除いた際に束Ｌの外径を元に戻す力が働く。Ｃ$_e$は、４０％以上が好ましく、５０％以上がさらに好ましい。一方で、Ｃ$_e$の上限は特に限定されないが、１００％以下であることが好ましい。

[0028] 本発明のさらに別の態様として、スペーサーの少なくとも一部は、ＪＩＳ　Ｚ　８８４４（２０１９）で測定した変形強度（以下、「$\sigma_{10\%}$」と記載する場合がある）が０．１ｋＰａ以上１００ｋＰａ以下の粒子である。$\sigma_{10\%}$が０．１ｋＰａ以上であることで、束Ｌを収縮させた際のスペーサー近傍の流体分離膜の移動を抑制できるため、膜の損傷を抑制することができる。$\sigma_{10\%}$は、１ｋＰａ以上が好ましく、５ｋＰａ以上がさらに好ましい。一方で、$\sigma_{10\%}$が１００ｋＰａ以下であることで、外力を掛けることで束Ｌを収縮させることができる。$\sigma_{10\%}$は、５０ｋＰａ以下が好ましく、１０ｋＰａ以下がさらに好ましい。

[0029] スペーサーである粒子は、ＪＩＳ　Ｚ　８８４４（２０１９）で測定した破壊強度（以下、「σ_F」と記載する場合がある）が$\sigma_{10\%}$の２倍以上１００

００倍以下であることが好ましい。σ_Fが$\sigma_{10\%}$の２倍以上であることで、束Ｌを収縮させる外力を除いた際に束Ｌの外径を元に戻す力が働く。σ_Fは$\sigma_{10\%}$の１０倍以上であることが好ましく、１００倍以上であることがさらに好ましい。一方で、σ_Fの上限は特に限定されないが、$\sigma_{10\%}$の１００００倍以下であることが好ましい。

[0030] 本発明のモジュールは、モジュール中の全ての流体分離膜とスペーサーをまとめた束を束Ｌとすると、束Ｌの周長が上記の式１を満たすことが好ましい。これについて、図１の全ての流体分離膜１とスペーサー３をまとめた束が束Ｌである。

[0031] 図２に、束Ｌの外周の、流体分離膜の長軸と直交する方向に、測定糸を一周巻き付けた際の周長を測定する方法の一態様の模式図を示す。なお測定糸とは、前述のとおり、総繊度３０００ｄｔｅｘ、４８０フィラメントの仮撚加工ポリエチレンテレフタレート糸を意味する。

[0032] 本発明の束Ｌの周長は、測定糸を用いて測定する。つまり図２の束Ｌ；１３は、束Ｌの外周の、流体分離膜の長軸と直交する方向に、測定糸１４が一周巻き付けられている。測定糸１４の一端は固定されており、別の一端には重り１５が固定されている。

[0033] 束Ｌの周長は、測定糸が一周巻き付けられた部分の長さである。すなわち図２における束Ｌ；１３の周長１６は、測定糸１４が束Ｌ；１３を一周する始点と終点をＡ点及びＢ点とした後に、束Ｌを取り除いて測定糸をまっすぐに伸ばした際のＡ点とＢ点の間の距離で表すことができる。

[0034] 本発明の流体分離膜モジュールは、測定糸を束Ｌの周長に対して５Ｎ／ｍの力で引っ張った際の束Ｌの周長を$Ｌ_1$、測定糸を束Ｌの周長に対して５０Ｎ／ｍの力で引っ張った際の束Ｌの周長を$Ｌ_2$と表すと、$Ｌ_2／Ｌ_1$が０．５０以上、０．９５以下であることが好ましい。$Ｌ_2／Ｌ_1$が０．５０以上であることで束Ｌに含まれる流体分離膜の比率が大きくなるため、モジュール単位体積当たりの膜面積を大きくすることができる。$Ｌ_2／Ｌ_1$は０．６０以上がより好ましく、０．７５以上がさらに好ましい。一方で、$Ｌ_2／Ｌ_1$が０．９５

以下であることで束Ｌに円周方向の収縮性が付与されるため、束Ｌをモジュール内に収納する際の流体分離膜の損傷を抑制することができる。$Ｌ_2／Ｌ_1$は０．９０以下がより好ましく、０．８５以下がさらに好ましい。

[0035] なお、上記の測定糸としては、繊維軸方向に５Ｎの荷重をかけた際の長さを$Ｌ_3$、繊維軸方向に５０Ｎの荷重をかけた際の長さを$Ｌ_4$として、$Ｌ_4／Ｌ_3$が１．０５以下の測定糸を用いる。

[0036] 本発明のモジュールが分離対象とする混合ガスや混合液体は特に限定されるものではないが、例えば、発電所や高炉等の排気ガスからの二酸化炭素分離・貯蔵システム、石炭ガス化複合発電におけるガス化した燃料ガス中からの硫黄成分除去、バイオガスや天然ガスの精製、有機ハイドライドからの水素の精製等が挙げられる。つまり本発明のモジュールにおいて、流体分離膜はガス分離膜であることが好ましい。

[0037] 本発明のモジュールにおいて、ベッセルの断面形状は、ベッセルの耐圧性を向上させる観点から、楕円形や円形などが好ましく、円形がより好ましい。ここで、ベッセルの断面とは、ベッセルの、流体分離膜の長さ方向に垂直な断面を言う。ベッセルの材質としては、例えば、金属、樹脂、繊維強化プラスチック（ＦＲＰ）等が挙げられ、設置場所の環境や使用される状況に応じて、適宜選択することができる。耐圧性や耐熱性が要求される用途においては、強度と成形加工性を兼ね備えた金属が好ましく、ステンレス等がより好ましい。

[0038] ベッセルに配置される分離対象流体の流出入口は、流体分離膜へ分離対象流体を導く機能を有する。流体分離膜が全量ろ過方式で用いられる場合には、分離対象流体の流出入口を１箇所有していればよく、クロスフローろ過方式で用いられる場合には、分離対象流体の流出入口を合わせて２箇所以上有することが好ましい。ベッセルの機械的強度を保つ範囲において、分離対象流体の流出入口を複数有してもよい。この場合、流出入口と流体分離膜との間に、流体の通過を妨げない範囲でメッシュやフェルト等の布帛を配置することが好ましく、流体の拡散や流体分離膜の保護の効果を奏する。

[0039] 本発明のモジュールにおいて、流体分離膜をベッセルに固定する方法として、流体分離膜をポッティング材で直接ベッセルの内面に固定する方法や、複数の流体分離膜がポッティング材で固定された分離膜エレメントを液密性あるいは気密性を確保できるアダプター等（一例として、Ｏリング等）を介してベッセル内に固定する方法などが挙げられる。分離膜エレメントの性能が経時劣化した際に、分離膜エレメントのみを交換することができることから、アダプター等を介してベッセル内に固定することが好ましい。

[0040] モジュールまたは分離膜エレメントのポッティング部分は、１箇所であっても複数箇所であっても構わないが、流体分離膜の位置を十分に固定し、流体分離膜の有効表面積を維持する観点から、略直線状に束ねた複数本の流体分離膜の両端２箇所をポッティング材により固定することが好ましい。また、束ねた複数本の流体分離膜をＵ字型に折り曲げた状態で流体分離膜の両端を１箇所でポッティング材により固定してもよいし流体分離膜の一端のみをポッティング材で固定し、他端をポッティング材以外の手段で封止してもよい。

[0041] また、本発明の分離膜エレメントは、ベッセルとは別のケーシング（以下、「エレメントケーシング」と記載）を有してもよい。エレメントケーシングは、分離対象流体の流出入口を有することが好ましい。エレメントケーシングの形状は、ベッセル内への収納を妨げない限り、特に限定されない。エレメントケーシングの素材としては、例えば、金属、樹脂、繊維強化プラスチック（ＦＲＰ）等が挙げられ、使用される状況に応じて適宜選択することができる。ポッティング材の硬化収縮に対する追従性が高いことから、樹脂が好ましく、成型性と耐薬品性を兼ね備えることから、ポリフェニレンサルファイド、ポリテトラフルオロエチレン、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエーテルエーテルケトン、ポリフェニレンエーテル、ポリエーテルイミド、ポリアミドイミド、ポリスルホンがより好ましい。

[0042] エレメントケーシングの内径は、L_2/π以上１．５L_1/π以下であることが好ましい。エレメントケーシングの内径がL_2/π以上であることで、束

Ｌ中の流体分離膜に過度な力がかからずに流体分離膜が損傷しにくくなる。エレメントケーシングの内径は（L_1+L_2）／２π以上であることがより好ましく、L_1／π以上であることがさらに好ましい。一方で、エレメントケーシングの内径が１．５L_1／π以下であることで、エレメント単位体積当たりの膜面積を大きくできる。エレメントケーシングの内径は、１．２L_1／π以下であることがより好ましく、１．１L_1／π以下であることがさらに好ましい。

[0043] なお、束Ｌがエレメントケーシングに収納されず、束Ｌがポッティング材で直接ベッセルの内面に固定された態様においては、上記エレメントケーシングの好ましい内径はベッセルの好ましい内径となる。

[0044] また、本発明のモジュールはエレメントケーシング内に中心パイプ等を有してもよい。この場合、中心パイプ等を含めて束Ｌとみなすことができる。

[0045] ポッティング材としては、例えば、熱可塑性樹脂や熱硬化性樹脂などが挙げられる。さらに、他の添加剤を含有してもよい。

[0046] ポッティング材として用いられる熱可塑性樹脂としては、例えば、ポリエチレン、ポリエーテルスルホン、ポリスチレン、ポリフェニレンサルファイド、ポリアリレート、ポリエステル、液晶ポリエステル、ポリアミド、ポリメチルメタクリレート等が挙げられる。熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ウレタン樹脂、尿素樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂、シリコーン樹脂等が挙げられる。これらを２種以上用いてもよい。これらの中でも、成形性、硬化時間や接着性、硬度等のバランスの観点から、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂が好ましい。

[0047] ポッティング材中に好適に用いられる添加剤としては、例えば、フィラー、界面活性剤、シランカップリング剤、ゴム成分などが挙げられる。フィラーとしては、例えば、シリカ、タルク、ゼオライト、水酸化カルシウム、炭酸カルシウム等が挙げられ、硬化発熱の抑制、強度向上、増粘等の効果を奏する。また、界面活性剤やシランカップリング剤により、ポッティング材混合時の取扱い性向上やポッティング材注入時の流体分離用炭素膜間への浸潤

性向上等の効果を奏する。また、ゴム成分により、硬化成形したポッティング材の靭性向上等の効果を奏する。ゴム成分は、ゴム粒子の形態で含有してもよい。

[0048] 流体分離膜は、分離対象流体に含まれる特定の成分（透過成分）の透過性が他の成分（非透過成分）に対して高い膜である。流体分離膜の形状は特に限定されず、平膜であっても中空糸膜であってもよいが、分離膜モジュールとした際に、モジュール単位体積当たりの膜面積を大きくしやすいことから、流体分離膜は中空糸膜であることが好ましい。流体分離膜が中空糸膜である場合、中空糸膜の内径は、１０μｍ以上２，０００μｍ以下が好ましい。中空糸膜の内径を１０μｍ以上とすることにより、流体の通過性を向上させることができる。中空糸膜の内径は、２０μｍ以上がより好ましく、５０μｍ以上がさらに好ましい。一方、中空糸膜の内径を２，０００μｍ以下とすることにより、中空糸膜の外径を小さくできるため、流体分離膜モジュールとした場合の単位体積あたりの流体分離膜の膜面積を増加させることができる。流体分離膜の内径は１，０００μｍ以下がより好ましく、５００μｍ以下がさらに好ましい。

[0049] 流体分離膜としては、例えば、ゼオライト膜、金属有機構造体（ＭＯＦ）膜、炭素膜等の無機膜や高分子膜等が挙げられる。流体分離膜モジュールが高温や酸性塩基性等の過酷な環境下で使用される場合、流体分離膜は耐熱性や耐薬品性に優れる無機膜が好ましく、ゼオライト膜、または、炭素膜であることが好ましい。中でも炭素膜であることがより好ましい。

[0050] 流体分離膜として好適なゼオライト膜としては、アルミノケイ酸塩、例えば、ＮａＸ型（ＦＡＵ）、ＺＳＭ－５、ＭＯＲ、シリカライト、及びＡ型等からなる膜が挙げられる。これらを２種以上用いてもよい。ゼオライト種は、水熱合成反応によって２次成長させるものと同程度のＳｉ／ＡＩ比を有するものが好ましい。

[0051] 流体分離膜として好適なＭＯＦ膜としては、例えば、Ｃｕ－ＢＴＣ、ＭＯＦ－５、ＩＲＭＯＦ－３、ＭＩＬ－４７、ＭＩＬ－５３、ＭＩＬ－９６、Ｍ

ＭＯＦ、ＳＩＭ－１、ＺＩＦ－７、ＺＩＦ－８、ＺＩＦ－２２、ＺＩＦ－６９、ＺＩＦ－９０等からなる膜が挙げられる。これらを２種以上用いてもよい。

[0052] 流体分離膜として好適な炭素膜としては、例えば、ポリフェニレンオキシド、ポリビニルアルコール、ポリアクリロニトリル、フェノール樹脂、全芳香族ポリエステル、不飽和ポリエステル樹脂、アルキド樹脂、メラミン樹脂、ユリア樹脂、ポリイミド樹脂、ジアリルフタレート樹脂、リグニン樹脂、ウレタン樹脂等を炭化した膜が挙げられる。これらを２種以上用いてもよい。

[0053] 流体分離膜として好適な高分子膜としては、例えば、芳香族ポリイミド、酢酸セルロース、ポリスルホン、芳香族ポリアミド、ポリエーテルイミド、ポリエーテルスルホン、ポリアクリロニトリル、ポリフェニレンスルフィド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリテトラフルオロエチレン、ポリフッ化ビニリデン、ポリ（１－トリメチルシリルプロピン）、ポリジメチルシロキサン、ポリビニルトリメチルシラン、ポリ（４－メチルペンテン）、エチルセルロース、天然ゴム、ポリ（２，６－ジメチル酸化フェニレン）、低密度ポリエチレン、高密度ポリエチレン、スチレン、ポリエチルメタクリレート、ポリカーボネート、ポリエステル、脂肪族ポリアミド、ポリメタクリル酸メチル、ポリビニルアルコール、シリコーン等からなる膜が挙げられる。これらを２種以上用いてもよい。

[0054] 流体分離膜は、透過成分の透過性を向上させるため、ナノ粒子等を添加することができる。ナノ粒子としては、例えば、シリカ、チタニア、ゼオライト、金属酸化物、ＭＯＦ、カーボンナノチューブ（ＣＮＴ）等が挙げられる。

[0055] 本発明の流体分離膜は、支持体を含んでいてもよい。本発明の流体分離膜が支持体を含む場合、支持体は流体分離膜の一方の表面のみに配置されることがより好ましい。

[0056] 支持体としては、例えば、アルミナ、シリカ、コージェライト、ジルコニ

ア、チタニア、バイコールガラス、ゼオライト、マグネシア、焼結金属等の多孔質無機材料や、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリアミド、ポリエステル、セルロース系ポリマー、ビニルポリマー、ポリフェニレンスルフィド、ポリフェニレンスルフィドスルホン、ポリフェニレンスルホン、及びポリフェニレンオキシドなどのホモポリマー並びにコポリマーからなる群から選択される少なくとも１種のポリマーを含有する多孔質有機材料、炭化可能樹脂からなる多孔質有機材料を炭化した多孔質炭素材料等が挙げられる。炭化可能樹脂としては、例えば、ポリフェニレンオキシド、ポリビニルアルコール、ポリアクリロニトリル、フェノール樹脂、全芳香族ポリエステル、不飽和ポリエステル樹脂、アルキド樹脂、メラミン樹脂、ユリア樹脂、ポリイミド樹脂、ジアリルフタレート樹脂、リグニン樹脂、ウレタン樹脂等が挙げられる。これらを２種以上用いてもよい。

[0057] また、本発明の流体分離膜は、表面の少なくとも一部にコーティング層（以下コーティング層１という）を有することが好ましい。本発明の流体分離膜がコーティング層１を有する場合、コーティング層１は流体分離膜の一方の表面のみに配置されることがより好ましい。

[0058] コーティング層１は、流体分離膜の表面の少なくとも一部を被覆する層であり、例えば、流体分離膜の表面を保護してスペーサーとの接触による損傷を抑制したり、流体分離膜表面の欠陥部位を被覆して分離選択性を向上させたりすることができる。

[0059] コーティング層１としては、例えば、ポリオレフィン、フッ素樹脂、ポリスチレン、シリコーン、マイクロポーラスポリマー（ＰＩＭ）、フェノール樹脂、及びウレタン樹脂からなる群から選択される少なくとも１つの化合物を含む層が挙げられる。流体分離膜の表面へコーティングしやすいことから、シリコーン、及びＰＩＭからなる群から選択される少なくとも１つの化合物を含むことがより好ましい。

[0060] コーティング層１中に含まれる上記化合物の存在比率は、コーティング層１の全重量１００ｗｔ％に対して、２０ｗｔ％以上１００ｗｔ％以下である

ことが好ましい。コーティング層１中に含まれる上記化合物の存在比率が、２０ｗｔ％以上であることで、上記化合物の物性がコーティング層１の物性に反映されやすくなる。コーティング層１中に含まれる上記化合物の存在比率は、５０ｗｔ％以上がより好ましく、８０ｗｔ％以上であることがさらに好ましい。

[0061] コーティング層１中の化合物として好適なポリオレフィンとしては、例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリメチルペンテン等が挙げられる。

[0062] コーティング層１中の化合物として好適なフッ素樹脂としては、例えば、テトラフルオロエチレン等が挙げられる。

[0063] コーティング層１中の化合物として好適なシリコーンとしては、例えば、ポリジメチルシロキサン等が挙げられる。

[0064] コーティング層１中の化合物として好適なフェノール樹脂とは、フェノール類とアルデヒドが反応して得られる樹脂であり、例えば、フェノール類とアルデヒドが重縮合した水溶性フェノール樹脂溶液と水溶性フェノール樹脂溶液の硬化ガスとの対向拡散反応で形成されるフェノール樹脂である。

[0065] 上記の水溶性フェノール樹脂溶液には、例えば、フェノール、クレゾール、レゾルシノール、ビスフェノールＡ、その他置換フェノールを含めたフェノール類を原料として、アルカリ性触媒のもとアルデヒド化合物等と反応させることによって得られるフェノール樹脂等が含まれる。

[0066] 水溶性フェノール樹脂溶液の硬化ガスとしては、例えば、二酸化炭素、硫化水素、硫黄酸化物、窒素酸化物、無機酸類（塩化水素等）、有機酸類（カルボン酸等）等の酸性ガスや、例えば、エステル（有機エステル、無機エステル等）等の水溶性フェノール樹脂溶液との反応で酸を生成するガスが挙げられる。複数の硬化ガスを混合して用いても良く、不活性ガスとの混合ガスであってもよい。

[0067] 安全性が高いことから、水溶性フェノール樹脂溶液の硬化ガスとして、二酸化炭素、又はギ酸メチルを用いることが好ましく、二酸化炭素を用いることがより好ましい。

[0068] コーティング層１中の化合物として好適なウレタン樹脂とは、ポリオール化合物とポリイソシアネート化合物の重付加反応で得られる樹脂であり、例えば、ポリオール化合物であるフェノール樹脂とポリイソシアネート化合物の混合溶液と重付加反応の触媒として作用するアミンガスとの対向拡散反応で形成されるウレタン樹脂である。

[0069] 上記のフェノール樹脂としては、例えば、フェノール、クレゾール、レゾルシノール、ビスフェノールＡ、その他置換フェノールを含めたフェノール類を原料として、アルカリ性触媒のもとアルデヒド化合物等と反応させることによって得られるフェノール樹脂等が挙げられる。

[0070] ポリイソシアネート化合物としては、一分子中に２個以上のイソシアネートを有する有機化合物であって、脂肪族系、及び芳香族系のポリイソシアネート化合物、さらにこれらの変性物が包含される。脂肪族系ポリイソシアネートとしては、例えば、ヘキサメチレンジイソシアネート、イソホロンジイソシアネート、ジシクロヘキシルメタンジイソシアネート、メチルシクロヘキサンジイソシアネート等が挙げられ、芳香族系ポリイソシアネートとしては、例えば、トルエンジイソシアネート、ジフェニルメタンジイソシアネート、ポリメリックジフェニルメタンジイソシアネート等が挙げられ、これらの変性物としては、例えば、カルボジイミド変性物、プレポリマー変性物等が挙げられる。

[0071] ウレタン樹脂の形成に用いるアミンガスとしては、例えば、トリエチルアミン、ジメチルエチルアミン、ジメチルイソプロピルアミン等が挙げられる。

[0072] コーティング層１の厚みは特に限定されないが、０．１μｍ以上１００μｍ以下であることが好ましい。コーティング層１の厚みが０．１μｍ以上であることで、流体分離膜の表面のコーティングしたい部分を確実にコーティングすることができる。コーティング層１の厚みは、１μｍ以上がより好ましく、２μｍ以上がさらに好ましい。一方で、コーティング層１の厚みが１００μｍ以下であることで、流体分離膜モジュール内における流体分離膜の

充填率や分離対象流体の通過性を保持することができる。コーティング層１の厚みは、５０μｍ以下がより好ましく、２０μｍ以下がさらに好ましい。

[0073] コーティング層１の厚みは、例えば、コーティング層１を有する流体分離膜の断面を透過型電子顕微鏡（ＳＥＭ）等で観察することで測定することができる。コーティング層１を有する流体分離膜の断面は、コーティング層１を有する流体分離膜を観察時にコーティング層１と区別できる樹脂等に包埋し、コーティング層１の深さ方向に対して垂直方向に切断することで得られる。

[0074] 流体分離膜が中空糸である場合、流体分離膜の引張弾性率は、１．５ＧＰａ以上であることが好ましい。流体分離膜の引張弾性率を１．５ＧＰａ以上とすることにより、流体分離膜の変形がより抑制されるため、モジュール作製時や運転時の流体分離膜の中空潰れを抑制することができる。流体分離膜の引張弾性率は、２．０ＧＰａ以上がより好ましく、３．０ＧＰａ以上がさらに好ましい。一方で、流体分離膜の引張弾性率の上限は特に限定されないが、５００ＧＰａ以下が好ましく、５００ＧＰａ以下であることで、運搬時やモジュール運転時の破損を抑制できる。引張弾性率は、３００ＧＰａ以下であることがより好ましく、１００ＧＰａ以下であることがさらに好ましい。

[0075] 流体分離膜の引張弾性率は、引張試験によって測定することができる。

[0076] なお、本発明のモジュールにおいて、流体分離膜が支持体やコーティング層１を有する場合、支持体やコーティング層１を有する流体分離膜の引張弾性率を流体分離膜の引張弾性率とみなす。

[0077] 本発明のモジュールにおいて、流体分離膜は、曲げ半径が１００ｃｍ以下であることが好ましい。流体分離膜の曲げ半径が１００ｃｍ以下であることで、モジュールの作製中や運転中の流体分離膜の破断を抑制することができる。曲げ半径は、１０ｃｍ以下であることがより好ましく、５ｃｍ以下であることがさらに好ましい。一方で、流体分離膜の曲げ半径の下限は特に限定されないが、０．１ｃｍ以上が好ましく、０．１ｃｍ以上であることで、流

体分離膜を束として扱った際の形態安定性が向上し、モジュール作製効率が向上する。曲げ半径は、０．２ｃｍ以上であることがより好ましく、０．５ｃｍ以上であることがさらに好ましい。

[0078] 流体分離膜の曲げ半径は、モジュールから流体分離膜を１０ｃｍ以上サンプリングし、サンプリングした流体分離膜を円柱の法線方向に沿って３６０°以上巻き付けた時に流体分離膜が破断しない円柱の半径より求めることができる。流体分離膜の曲げ半径が１．５ｃｍ以上である場合、サンプリングした流体分離膜を円柱の法線方向に沿って巻き付ける角度を適宜小さくして評価を行い、流体分離膜が破断しない円柱の半径を、流体分離膜の曲げ半径とみなすことができる。

[0079] なお、本発明のモジュールにおいて、流体分離膜が支持体やコーティング層１を有する場合、支持体やコーティング層１を有する流体分離膜の曲げ半径を流体分離膜の曲げ半径とみなす。

[0080] 本発明の流体分離膜の透水性は、０μＬ／ｈｒ／ｍ^2／Ｐａ以上１００μＬ／ｈｒ／ｍ^2／Ｐａ以下であることが好ましい。流体分離膜の透水性が１００μＬ／ｈｒ／ｍ^2／Ｐａ以下である流体分離膜は、分離機能層の細孔径が小さいため、ガス分離膜として好適に用いることができる。流体分離膜の透水性は１０μＬ／ｈｒ／ｍ^2／Ｐａ以下がより好ましく、１μＬ／ｈｒ／ｍ^2／Ｐａ以下がさらに好ましい。

[0081] 流体分離膜の透水性は、モジュールの分離対象流体の流出入口より純水を供給した際に、モジュールの透過流体の流出口より回収された透過水の量より下記の式３で算出することができる。

[0082] 透水性（μＬ／ｈｒ／ｍ^2／Ｐａ）＝Q_w／（Ｐ×Ｔ×Ａ） ・・・式３

［式３において、Ｑｗは透過水の量（μＬ）を表し、Ｐは供給水の圧力（Ｐａ）を表し、Ｔは透水時間（ｈｒ）を表し、Ａはコーティング層１を有する流体分離膜の膜面積（ｍ^2）を表す。］

なお、本発明のモジュールにおいて、流体分離膜が支持体やコーティング

層１を有する場合、支持体やコーティング層１を有する流体分離膜の透水性を流体分離膜の透水性とみなす。

[0083] スペーサーは、流体分離膜とともにモジュール内に配置され、モジュール中の全ての流体分離膜とスペーサーをまとめた束である束Ｌに対して、円周方向の収縮性を付与する効果を奏する。束Ｌ内における流体分離膜とスペーサーの配置は特に限定されず、スペーサーの周囲に流体分離膜が配置されていてもよく、流体分離膜の束の周囲にスペーサーが配置されていてもよく、流体分離膜間にスペーサーが配置されていてもよい。これらを組み合わせた配置であってもよい。分離対象流体の通過が均一になることから、スペーサーの少なくとも一部は、流体分離膜間に配置されていることがより好ましい。

[0084] スペーサーは、特に限定されないが、フィルム、不織布、織物、編物、繊維、ロッド、及び粒子からなる群より選択されることが好ましい。これらを２種以上組み合わせてもよい。流体分離膜間に配置しやすいため、流体分離膜が平膜である場合のスペーサーは、フィルム、不織布、織物、編物であることが好ましく、流体分離膜が中空糸膜である場合のスペーサーは、繊維、及びロッドであることが好ましい。

[0085] スペーサーとしては、例えば、ポリエステル、ナイロン、ポリオレフィン、フッ素樹脂、ポリアセタール、熱可塑性エラストマー、金属酸化物等が挙げられる。これらを２種以上用いてもよい。

[0086] また、スペーサーが繊維である場合、スペーサーは、モノフィラメントであってもマルチフィラメントであってもよいが、柔軟で取り扱い性に優れることから、マルチフィラメントが好ましい。また、嵩高性が高く流体分離膜間の距離を確保しやすいことから、スペーサーとしては仮撚加工糸を用いることがより好ましい。スペーサーとして好適な仮撚加工糸としては、仮撚加工が容易であるため、ポリエステル糸、ナイロン糸が好ましい。

[0087] また、流体分離膜が中空糸である場合、流体分離膜の周囲へ均一にスペーサーを配置できることから、１本以上の流体分離膜の周囲をスペーサーがら

せん状に被覆している態様も、本発明の好ましい態様の一つである。

[0088] 図３、及び図４に、１本以上の流体分離膜の周囲をスペーサーがらせん状に被覆している一態様の模式図を示す。図３は、１本の流体分離膜１に対して１本のスペーサー３がピッチ１２の間隔をもってらせん状に被覆されてなる一態様の模式図であり、図４は、２本の流体分離膜１に対して２本のスペーサー３がそれぞれピッチ１２の間隔をもってらせん状に被覆されてなる一態様の模式図である。

[0089] スペーサーによる流体分離膜の周囲の被覆は、流体分離膜に対して、スペーサーを一重に巻き付けたシングルカバリングでもよいし、スペーサーを二重に巻き付けたダブルカバリングでもよい。

[0090] また、第一のスペーサーをらせん状に巻き付けた流体分離膜の複数本に対して、第二のスペーサーがさらにらせん状に巻き付けられた多段カバリングも、本発明の好ましい態様の一つである。以下、第一のスペーサーとそれによって巻かれた１本以上の流体分離膜をあわせて束Ｓ、第二のスペーサーとそれによって巻かれた１束以上の束Ｓをあわせて束Ｍという。複数の流体分離膜、束Ｓ、束Ｍをまとめて束Ｌとしてもよい。

[0091] 本発明の一つの好ましい態様として、束Ｍに占める第一のスペーサーの占有体積よりも、束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積が小さいことが好ましい。束Ｍに占める第一のスペーサーの占有体積よりも、束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積が小さいことで、流体分離膜間距離が確保しやすくなるため、分離対象流体の粘度が高い場合や分離対象流体に凝集成分が多い場合であっても好適に用いることができる。束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積に対する束Ｍに占める第一のスペーサーの占有体積の比（つまり、「束Ｍに占める第一のスペーサーの占有体積」／「束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積」を意味する。）は、１．２以上がより好ましく、１．５以上がさらに好ましい。一方で、束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積に対する束Ｍに占める第一のスペーサーの占有体積の比の上限は特に限定されないが、１００以下が好ましく、１００以下であることで、モジュー

ル体積当たりの流体分離膜の膜面積を確保できる。束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積に対する束Ｍに占める第一のスペーサーの占有体積の比は、５０以下であることがより好ましく、１０以下であることがさらに好ましい。

[0092] 本発明の別の好ましい態様として、束Ｍに占める第一のスペーサーの占有体積よりも、束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積が大きいことが好ましい。束Ｍに占める第一のスペーサーの占有体積よりも、束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積が大きいことで、束Ｍ内の流体分離膜同士が近接するため、束Ｍの引張荷重が向上して取り扱い性が向上する。束Ｍに占める第一のスペーサーの占有体積に対する束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積の比（つまり、「束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積」／「束Ｍに占める第一のスペーサーの占有体積」を意味する。）は、１．２以上がより好ましく、１．５以上がさらに好ましい。一方で、束Ｍに占める第一のスペーサーの占有体積に対する束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積の比の上限は特に限定されないが、１００以下が好ましく、１００以下であることで、モジュール体積当たりの流体分離膜の膜面積を確保できる。束Ｍに占める第一のスペーサーの占有体積に対する束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積の比は、５０以下であることがより好ましく、１０以下であることがさらに好ましい。

[0093] スペーサーの占有体積は、一定の長さの束Ｍより回収した第一のスペーサーまたは第二のスペーサーを円筒容器へ収納し、円筒の断面積に対して０．１５ｇ／ｃｍ^{2}となるよう重量調整した円形板をスペーサーの上に載せ、１分間放置した後のスペーサーの高さＬ$_0$を測定し、下記の式４より算出することができる。

[0094] スペーサーの占有体積＝円筒の断面積×Ｌ$_0$ ・・・式４

モジュールの長手方向に垂直な断面における流体分離膜のボロノイ領域の面積を評価することで、モジュール中での流体分離膜の分散性を評価することができる。ここでボロノイ領域の面積とは、ボロノイ分割によって区画さ

れた領域の面積である。そしてボロノイ分割とは、複数の母点が存在する、母線で囲まれた平面を、隣り合う母点間の垂直二等分線と隣り合う母点と母線の中間線で分割する手法である。つまり、モジュール中の流体分離膜の分散性が高いほど、流体分離膜のボロノイ領域の面積は均一になる。

[0095] 本発明の一つの態様として、モジュールの長手方向に垂直な断面における流体分離膜のボロノイ領域の面積が、以下の式２を満たすことが好ましい。$S_{0\leqq r<50}/S_{50<r\leqq100}$が０．５より大きいことで、容積が大きなモジュール外縁部に収納される流体分離膜が多くなるため、モジュール単位体積当たりの膜面積を大きくすることができる。$S_{0\leqq r<50}/S_{50<r\leqq100}$は１以上であることがより好ましく、１．５以上であることがさらに好ましい。一方で、$S_{0\leqq r<50}/S_{50<r\leqq100}$が１０より小さいことで、束Ｌとエレメントケーシング等の間の隙間を小さくでき、分離対象流体のショートパスを抑制することができる。$S_{0\leqq r<50}/S_{50<r\leqq100}$は５以下であることがより好ましく、２以下であることがさらに好ましい。

[0096] $0.5 < S_{0\leqq r<50}/S_{50<r\leqq100} < 10$ ・・・式２

［式中、$S_{0\leqq r<50}$は、流体分離膜収納領域の中心からの距離が流体分離膜収納領域の半径の０％以上５０％未満の領域における、流体分離膜のボロノイ領域の面積の平均値を表し、$S_{50<r\leqq100}$は、流体分離膜収納領域の中心からの距離が流体分離膜収納領域の半径の５０％超１００％以下の領域における流体分離膜のボロノイ領域の面積の平均値を表す。］

モジュールの長手方向に垂直な断面は、モジュールの分離対象流体の流出入口から熱硬化性樹脂を注入してモジュール内の流体分離膜の位置を固定後に、モジュールを流体分離膜の長手方向に垂直な面で切断することで得られる。流体分離膜のボロノイ領域の面積は、上記断面の画像解析により得られる。より具体的には、上記断面画像におけるそれぞれの流体分離膜の重心を母点に、流体分離膜収納領域の境界線を母線としてボロノイ分割を行うことで、流体分離膜ごとにボロノイ領域の面積を算出することができる。流体分離膜収納領域の境界線としては、エレメントケーシングまたはベッセルの内

表面や、中心パイプ等の外表面が挙げられる。$S_{0 \leqq r < 50}$は、流体分離膜収納領域の中心からの距離が流体分離膜収納領域の半径の０％以上５０％未満の領域にボロノイ領域が包含される流体分離膜における、ボロノイ領域の面積の平均値を表し、$S_{50 < r \leqq 100}$は、流体分離膜収納領域の中心からの距離が流体分離膜収納領域の半径の５０％超１００％以下の領域にボロノイ領域が包含される流体分離膜における、ボロノイ領域の面積の平均値を表す。なお、流体分離膜収納領域の中心からの距離が流体分離膜収納領域の半径の５０％となる円周上にボロノイ領域が重なる流体分離膜については、$S_{0 \leqq r < 50}$と$S_{50 < r \leqq 100}$のいずれにも含まない。

[0097] 本発明の一つの態様として、スペーサーの表面にコーティング層（以下、コーティング層２という）を有してもよい。スペーサーの表面の少なくとも一部にコーティング層２が存在することで、流体分離膜とコーティング層２の間の摩擦を制御でき、摩擦を低減して応力集中による流体分離膜の損傷を抑制したり、摩擦を増加してスペーサーの位置を固定したりすることができる。特に、スペーサーの少なくとも一部が流体分離膜の膜間に配置された態様において、分離膜モジュールの作製中や運転中におけるスペーサーのずれを抑制することで、分離対象流体を均一に通過させることができる。加えて、流体分離膜とスペーサーの摩擦に由来する流体分離膜表面の損傷をさらに抑制することができる。なお、流体分離膜の表面の少なくとも一部に、前述のコーティング層１を有していてもよい。

[0098] コーティング層２は、コーティング層１と同一の組成であっても異なる組成であってもよい。また、コーティング層１とコーティング層２は、境界が明確であってもよく、一体化していてもよい。

[0099] 本発明の一つの態様として、流体分離膜がポッティング部位で固定されており、流体分離膜モジュールの内部側のポッティング部位の表面にコーティング層（以下、コーティング層３という）を有してもよい。

[0100] 本発明の一つの態様として、コーティング層３は、エラストマーであることが好ましい。コーティング層３がエラストマーであることで、モジュール

の作製中や運転中におけるポッティング部位近傍における流体分離膜の振動が低減され、流体分離膜の損傷を抑制することができる。

[0101] コーティング層３として好適なエラストマーとしては、熱硬化性エラストマーと熱可塑性エラストマーが挙げられ、モジュールの運転条件に応じて適宜選択される。熱硬化性エラストマーとしては、例えば、加硫ゴム、ウレタンゴム、シリコーンゴム、フッ素ゴム等が挙げられる。熱可塑性エラストマーとしては、例えば、ポリスチレン系エラストマー、オレフィン系エラストマー、ポリ塩化ビニル系エラストマー、ポリウレタン系エラストマー、ポリエステル系エラストマー、ポリアミド系エラストマー、アクリル系エラストマー等が挙げられる。

[0102] コーティング層３は、コーティング層１、及びコーティング層２と同一の組成であっても異なる組成であってもよい。また、コーティング層３と、コーティング層１、及びコーティング層２は、境界が明確であってもよく、一体化していてもよい。流体分離膜モジュール作製時の作業性の観点からは、コーティング層１、コーティング層２、コーティング層３は同一組成であることが好ましい。

[0103] コーティング層３の厚みは、１０μｍ以上５００００μｍ以下であることが好ましい。コーティング層３の厚みが１０μｍ以上であることで、流体分離膜モジュール運転時にポッティング部位近傍における流体分離膜の振動を低減することができる。コーティング層３の厚みは、１００μｍ以上がより好ましく、１０００μｍ以上がさらに好ましい。一方で、コーティング層３の厚みが５００００μｍ以下であることで、流体分離膜の表面積を十分に確保することができる。コーティング層３の厚みは、２００００μｍ以下がより好ましく、１００００μｍ以下がさらに好ましい。

[0104] コーティング層３の厚みは、例えば、コーティング層３を有するポッティング部位の断面を透過型電子顕微鏡（ＳＥＭ）等で観察することで測定できる。コーティング層３を有するポッティング部位の断面は、観察時にコーティング層３と区別できる樹脂等でコーティング層３を有するポッティング部

位を包埋し、コーティング層３の深さ方向に対して垂直方向に切断することで得られる。

[0105] 本発明の流体分離膜モジュールにおいて、コーティング層の組成は、コーティング層の元素分析等によって分析することができる。

[0106] 図５に、本発明の流体分離膜モジュールの別の一態様の断面模式図を示す。図５は、中空糸状の流体分離膜を収納し、コーティング層１～３を有するモジュールの、分離対象流体の流出入口を含む断面の模式図である。

[0107] 本発明のモジュールは、流体分離膜の表面の少なくとも一部に、コーティング層１を有することが好ましい。つまり図５の流体分離膜１は、中空部２を有し、表面にコーティング層１；４を有する。

[0108] 本発明のモジュールは、スペーサーの表面にコーティング層２を有する態様が好ましい。つまり図５のスペーサー３は、その表面にコーティング層２；５を有する。

[0109] 本発明のモジュールは、流体分離膜がポッティング部位で固定されており、流体分離膜モジュールの内部側のポッティング部位の表面にコーティング層３を有することが好ましい。これについて、図５の並列に束ねられた流体分離膜１は、その両端がポッティング部位７において相互に固定（ポッティング）されるとともに、ベッセル１０に固定されている。ポッティング部位７は、流体分離膜モジュールの内部側の表面に、コーティング層３；６を有する。

[0110] 本発明の流体分離膜プラント（以下、単に「プラント」と記載する場合がある）は、本発明の流体分離膜モジュールを含む、プラントである。プラントは、モジュールに加え、前処理設備、精製流体回収設備、副生流体回収設備等を含むことが好ましい。前処理設備は、分離前の分離対象流体からあらかじめ不純物を除去したり分離前の分離対象流体の組成を調整したりするための設備である。精製流体回収設備は、分離前の分離対象流体から不要な成分を除去した精製流体を回収し、必要に応じてさらに精製したりパイプライン等に供給したりするための設備である。副生流体回収設備は、分離前の分

離対象流体から除去された副生流体を回収し、一例として、無害化後に排出する設備である。本発明のプラントにおいて、モジュールと前処理設備、精製流体回収設備、副生流体回収設備は配管等で接続され、分離前の分離対象流体が連続的に精製流体と副生流体に分離されることが好ましい。

[0111] プラントは、分離対象流体の処理量に応じて、モジュールを複数含むことが好ましい。複数のモジュールは、分離対象流体に対して直列に接続されていてもよく、並列に接続されていてもよい。モジュールの作製効率の観点からは、モジュールは直列に接続されることが好ましく、モジュールを部分的に交換できる観点からは、モジュールは並列に接続されることが好ましい。本発明のプラントの好ましい一態様として、モジュールが直列に接続され、直列に接続されたモジュールがさらに並列に接続された態様が挙げられる。このようにすることで、モジュールを直列に接続するメリットと並列に接続するメリットを両立させることができる。

[0112] 本発明のプラントが分離対象とする混合ガスや混合液体は特に限定されるものではないが、例えば、発電所や高炉等の排気ガスからの二酸化炭素分離・貯蔵システム、石炭ガス化複合発電におけるガス化した燃料ガス中からの硫黄成分除去、バイオガスや天然ガスの精製、有機ハイドライドからの水素の精製等が挙げられる。つまり本発明のプラントにおいて、流体分離膜はガス分離膜であることが好ましい。

[0113] 本発明の精製流体は、本発明の流体分離膜モジュールで精製された流体である。精製流体は、本発明のモジュールにおける精製工程の前後に別の精製工程や追加工程を含んで精製されていてもよく、異なる精製工程で精製された精製流体と混合して用いられてもよい。別の精製工程や異なる精製工程としては、例えば、蒸留、吸着、吸収等が挙げられる。また、追加工程としては、例えば、別の流体と混合する成分調整等が挙げられる。

[0114] 本発明の精製流体は、モジュールにおける精製に必要なエネルギー消費量が小さいことから、低環境負荷な精製流体として各種産業用途において好適に用いることができる。

[0115] 次に、本発明のモジュールの製造方法について、流体分離膜へスペーサーをらせん状に巻き付けて束Ｓを作製し、複数本の束Ｓからなる束Ｌをエレメントケーシングまたはベッセルに挿入し、ポッティング材により固定する場合を例に説明する。

[0116] 流体分離膜１本を芯糸として、スペーサーをらせん状に巻き付けて束Ｓとする。スペーサーをらせん状に巻き付ける装置としては、例えば、カバリング撚糸機やダブルカバリング撚糸機等が挙げられる。

[0117] 得られた束Ｓを複数本束ねて束Ｌにし、エレメントケーシングまたはベッセルへ挿入した後、カバリング炭素膜の片端または両端をポッティング材によってポッティングする。束Ｌをエレメントケーシングまたはベッセルへ収納させる方法としては、束Ｌの端部へ円周方向の収縮力を与えて束Ｌ端部の外径を小さくしてからエレメントケーシングまたはベッセルへ収納させることが好ましい。また、ポッティング方法としては、例えば、遠心力を利用して流体分離膜間に浸透させる遠心ポッティング法、流動状態のポッティング材を定量ポンプやヘッドにより送液し流体分離用炭素膜に浸透させる静置ポッティング法等が挙げられる。

[0118] ポッティングした流体分離膜を、ポッティング部位において切断し、流体分離膜を開口させることが好ましい。流体分離膜モジュールの切断面には、管継手部材としてのキャップを装着し、外部流路（流体分離膜を透過した流体を回収するための流路等）に接続可能とすることが好ましい。

[0119] 本発明のモジュールが分離対象とする混合流体は特に限定されるものではないが、例えば、発電所や高炉等の排気ガスからの二酸化炭素分離・貯蔵システム、石炭ガス化複合発電におけるガス化した燃料ガス中からの硫黄成分除去、バイオガスや天然ガスの精製、有機ハイドライドからの水素精製等が挙げられる。

実施例

[0120] 以下、実施例および比較例を挙げて本発明を詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。各実施例および比較例における評価は、

以下の方法により行った。

[0121] （流体分離膜の引張弾性率）

モジュールから１００ｍｍの流体分離膜をサンプリングし、断面ＳＥＭ観察によって、断面積を算出した。

[0122] 続いて、サンプリングした流体分離膜の両端を１ｃｍずつ接着剤で補強し、補強部位を引張試験機（ＴＥＮＳＩＬＯＮ（登録商標）／ＲＴＭ－１００、株式会社東洋ボールドウィン製）のチャックに固定し、試料長８０ｍｍ、引張速度１０ｍｍ／ｍｉｎの条件にて引張弾性率（ＧＰａ）を測定した。１０回ずつ測定し、平均値を有効数字２桁で示した値を流体分離膜の引張弾性率とした。

[0123] （スペーサーのかさ高圧縮率、及びかさ高圧縮弾性率）

実施例１～６、及び比較例２の流体分離膜モジュールからスペーサーをサンプリングし、ＪＩＳ　Ｌ　１０１３（２０１０）Ｂ法に従ってかさ高圧縮率とかさ高圧縮弾性率を測定した。

[0124] （スペーサーの圧縮率、及び圧縮弾性率）

実施例７、及び比較例３の流体分離膜モジュールからスペーサーをサンプリングし、ＪＩＳ　Ｌ　１０９６（２０１０）に従って圧縮率と圧縮弾性率を測定した。

[0125] （スペーサーの変形強度、及び破壊強度）

実施例８、及び比較例４の流体分離膜モジュールからスペーサーをサンプリングし、ＪＩＳ　Ｚ　８８４４（２０１９）に従って変形強度と破壊強度を測定した。

[0126] （束Ｌの円周方向の収縮性（L_2／L_1））

束Ｌの外周の、流体分離膜の長軸と直交する方向に、測定糸を一周巻き付け、測定糸を引っ張る力を変えた際の束Ｌの周長を測定した。束Ｌの円周方向の収縮性（L_2／L_1）は、測定糸を束Ｌの周長に対して５Ｎ／ｍの力で引っ張った際の束Ｌの周長L_1に対する、測定糸を束Ｌの周長に対して５０Ｎ／ｍの力で引っ張った際の束Ｌの周長L_2で算出した。

[0127] （束Ｌのエレメントケーシングへの収納性）

束Ｌの端部へ円周方向の応力を加えた状態でエレメントケーシングへの収納を試行した。試行を５回ずつ行い、エレメントケーシングの縁に流体分離膜が１回も引っかからなかった場合に「良」、１回でも引っかかった場合に「不良」とした。

[0128] （モジュール作製時の流体分離膜の損傷）

作製したモジュールを目視観察し、ベッセルであるアクリルパイプ越しに流体分離膜の破断が認められた場合は、損傷「有」と判定した。目視により破断が認められなかった場合、モジュールの分離対象流体の流出入口を１箇所以外封止し、封止しなかった分離対象流体の流出入口から０．２ＭＰａＧの圧空を供給した状態でモジュール全体を水中に浸漬した。流体分離膜の開口部より気泡が発生した場合は損傷「有」、気泡の発生が認められなかった場合は損傷「無」と判定した。

[0129] （断面における流体分離膜の分散性（$S_{0\leqq r<50}/S_{50<r\leqq100}$））

作製したモジュールについて、アクリルパイプの分離対象流体の流出入口から熱硬化性樹脂を注入して、モジュール内の流体分離膜の位置を固定後に、モジュールの長手方向中央付近を流体分離膜の長手方向に垂直な面で切断し、断面画像を取得した。得られた断面画像におけるそれぞれの流体分離膜の重心を母点に、アクリルパイプの内表面を母線としてボロノイ分割を行い、流体分離膜ごとにボロノイ領域の面積を算出した。

[0130] アクリルパイプの中心からの距離がアクリルパイプの半径の０％以上５０％未満の領域にボロノイ領域が包含される流体分離膜における、ボロノイ領域の面積の平均値と、アクリルパイプの中心からの距離がアクリルパイプの半径の５０％超１００％以下の領域にボロノイ領域が包含される流体分離膜における、ボロノイ領域の面積の平均値を求め、$S_{0\leqq r<50}/S_{50<r\leqq100}$を算出した。

[0131] （束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積に対する束Ｍに占める第一のスペーサーの占有体積の比（「束Ｍに占める第一のスペーサーの占有体積」

／「束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積」）

実施例４、及び実施例５の流体分離膜モジュールから束Ｍをサンプリングし、束Ｍから第一のスペーサーと第二のスペーサーをそれぞれサンプリングした。サンプリングした第一のスペーサーまたは第二のスペーサーを円筒容器へ収納し、円筒の断面積に対して０．１５ｇ／ｃｍ^{2}となるよう重量調整した円形板をスペーサーの上に載せ、１分間放置した後のスペーサーの高さL_0を測定し、下記の式４より第一のスペーサー、及び第二のスペーサーの占有体積を算出し、両者の比を求めた。

[0132] スペーサーの占有体積＝円筒の断面積×L_0　　・・・式４

（流体分離膜の透水性）

作製した流体分離膜モジュールの分離対象流体の流出入口から０．１ＭＰａＧの純水を供給し、流体分離膜を透過した純水を透過流体の流出口から１０分間回収した。回収された純水の量から、下記の式３で流体分離膜の透水性を算出した。

[0133] 透水性（μＬ／ｈｒ／ｍ^2／Ｐａ）＝Q_w／（Ｐ×Ｔ×Ａ）　　・・・式３

［式３において、Q_wは透過水の量（μＬ）を表し、Ｐは供給水の圧力（Ｐａ）を表し、Ｔは透水時間（ｈｒ）を表し、Ａは流体分離膜の膜面積（ｍ^2）を表す。］

また、モジュール作製時の流体分離膜の破断が「有」であったモジュールについては、流体分離膜の透水性を評価しなかった。

[0134] （流体分離膜の曲げ半径）

作製した流体分離膜モジュールから１０ｃｍ以上の流体分離膜を切り出し、切り出した流体分離膜を円柱の法線方向に沿って３６０°以上巻き付けた時に流体分離膜が破断しない円柱の半径を求めた。流体分離膜を５本以上切り出し、得られた円柱の半径の平均値を有効数字１桁で表した値をコーティング層１を有する流体分離膜の曲げ半径とした。

[0135] 実施例４では、同様の測定によって、コーティング層１を有する流体分離

膜の曲げ半径を得た。また、モジュール作製時の流体分離膜の損傷が「有」であったモジュールについては、流体分離膜の曲げ半径を評価しなかった。

[0136] （コーティング層３の厚み）

実施例６の流体分離膜モジュールの分離対象流体の流出入口よりエポキシ樹脂を注入し、硬化させた。続いて、コーティング層３の深さ方向に対して垂直方向に流体分離膜モジュールを切断し、ポッティング部位近傍をマイクロスコープＳＥＭ（キーエンス社製ＶＨＸ－７０００）で観察した（倍率１０００倍）。５箇所以上でコーティング層３の厚みを測定し、平均値を有効数字１桁で示した値を流体分離膜モジュールのコーティング層３の厚みとした。

[0137] （製造例１）

ポリサイエンス社製ポリアクリロニトリル（ＰＡＮ）（ＭＷ１５万）１０重量部、シグマ・アルドリッチ社製ポリビニルピロリドン（ＰＶＰ）（ＭＷ４万）１０重量部、及び富士フイルム和光純薬製ジメチルスルホキシド（ＤＭＳＯ）８０重量部を混合し、１００℃で撹拌して紡糸原液を調製した。

[0138] 得られた紡糸原液を２５℃まで冷却した後、同心円状の三重口金の口金を用いて、内管からＤＭＳＯ８０重量％水溶液を、中管から前記紡糸原液を、外管からＤＭＳＯ９０重量％水溶液をそれぞれ同時に吐出した後、２５℃の純水からなる凝固浴へ導き、ローラーに巻き取ることにより原糸を得た。得られた原糸を水洗した後、循環式乾燥機を用いて２５℃で２４時間乾燥し、中空糸状の多孔質炭素膜の前駆体を作製した。

[0139] 得られた多孔質炭素膜の前駆体を２５０℃の電気炉中に通し、空気雰囲気下において１時間加熱して不融化処理を行い、不融化糸を得た。続いて、不融化糸を炭化温度６５０℃で炭化処理し、外径３００μｍ、内径１００μｍの流体分離用炭素膜である、製造例１の流体分離膜を得た。

[0140] （実施例１）

製造例１の流体分離膜１本を芯糸に、スペーサーである１７０ｄｔｅｘのポリエステル仮撚加工糸を１ｃｍのピッチでらせん状に巻き付けた。

[0141] ポリエステス仮撚加工糸が巻き付けられた製造例１の流体分離膜を１００本束ね、分離対象流体の流出入口を有するアクリルパイプ（内径５ｍｍ）内に収納し、エポキシ樹脂を用いてアクリルパイプの両端を一方ずつ静置ポッティングした。エポキシ樹脂硬化後に一端のポッティング部位を回転鋸で切断して流体分離膜を開口させ、実施例１の流体分離膜モジュールを得た。

[0142] 前述の方法により評価した結果、流体分離膜の引張弾性率は３．２ＧＰａ、スペーサーのかさ高圧縮率は４７．１％、かさ高圧縮弾性率は７７．９％、束Ｌの円周方向の収縮性（$Ｌ_2／Ｌ_1$）は０．８６、束Ｌのエレメントケーシングへの収納性は「良」、モジュール作製時の流体分離膜の損傷は「無」、断面における流体分離膜の分散性（$Ｓ_{0\leqq r<50}／Ｓ_{50<r\leqq100}$）は１．０、流体分離膜の透水性は１μＬ／ｈｒ／$ｍ^2$／Ｐａ以下、曲げ半径は１０ｃｍ以下であった。

[0143] （実施例２）

製造例１の流体分離膜１本を芯糸に、スペーサーである１７０ｄｔｅｘのポリエステル仮撚加工糸を１ｃｍのピッチでらせん状に巻き付け、さらに、スペーサーである１７０ｄｔｅｘのポリエステル仮撚加工糸を１ｃｍのピッチでらせん状に巻き付けた。

[0144] ポリエステス仮撚加工糸が二重に巻き付けられた製造例１の流体分離膜を１００本束ね、分離対象流体の流出入口を有するアクリルパイプ（内径５ｍｍ）内に収納し、エポキシ樹脂を用いてアクリルパイプの両端を一方ずつ静置ポッティングした。エポキシ樹脂硬化後に一端のポッティング部位を回転鋸で切断して流体分離膜を開口させ、実施例２の流体分離膜モジュールを得た。

[0145] 前述の方法により評価した結果、流体分離膜の引張弾性率は３．２ＧＰａ、スペーサーのかさ高圧縮率は４７．１％、かさ高圧縮弾性率は７７．９％、束Ｌの円周方向の収縮性（$Ｌ_2／Ｌ_1$）は０．６８、束Ｌのエレメントケーシングへの収納性は「良」、モジュール作製時の流体分離膜の損傷は「無」、断面における流体分離膜の分散性（$Ｓ_{0\leqq r<50}／Ｓ_{50<r\leqq100}$）は０．９８

、流体分離膜の透水性は１μＬ／ｈｒ／ｍ^2／Ｐａ以下、曲げ半径は１０ｃｍ以下であった。

[0146] （実施例３）

製造例１の流体分離膜１本を芯糸に、スペーサーである１７０ｄｔｅｘのポリエステル仮撚加工糸を１ｃｍのピッチでらせん状に巻き付け、さらに、スペーサーである１７０ｄｔｅｘのポリエステル仮撚加工糸を１ｃｍのピッチでらせん状に巻き付けた。

[0147] ポリエステス仮撚加工糸が二重に巻き付けられた製造例１の流体分離膜を２５本束ね、その周囲へ製造例１の流体分離膜を７５本束ね、分離対象流体の流出入口を有するアクリルパイプ（内径５ｍｍ）内に収納し、エポキシ樹脂を用いてアクリルパイプの両端を一方ずつ静置ポッティングした。エポキシ樹脂硬化後に一端のポッティング部位を回転鋸で切断して流体分離膜を開口させ、実施例３の流体分離膜モジュールを得た。

[0148] 前述の方法により評価した結果、流体分離膜の引張弾性率は３．２ＧＰａ、スペーサーのかさ高圧縮率は４７．１％、かさ高圧縮弾性率は７７．９％、束Ｌの円周方向の収縮性（L_2／L_1）は０．８５、束Ｌのエレメントケーシングへの収納性は「良」、モジュール作製時の流体分離膜の損傷は「無」、断面における流体分離膜の分散性（$S_{0\leqq r<50}$／$S_{50<r\leqq 100}$）は２．０、流体分離膜の透水性は１μＬ／ｈｒ／ｍ^2／Ｐａ以下、曲げ半径は１０ｃｍ以下であった。

[0149] （実施例４）

製造例１の流体分離膜１本を芯糸に、第一のスペーサーである１７０ｄｔｅｘのポリエステル仮撚加工糸を１ｃｍのピッチでらせん状に巻き付けた流体分離膜を４本束ね、さらに、第二のスペーサーである１７０ｄｔｅｘのポリエステル仮撚加工糸を１ｃｍのピッチでらせん状に巻き付けた。

[0150] ポリエステス仮撚加工糸が多段に巻き付けられた製造例１の流体分離膜を２５本（流体分離膜１００本に相当）束ね、分離対象流体の流出入口を有するアクリルパイプ（内径５ｍｍ）内に収納し、エポキシ樹脂を用いてアクリ

ルパイプの両端を一方ずつ静置ポッティングした。エポキシ樹脂硬化後に一端のポッティング部位を回転鋸で切断して流体分離膜を開口させ、実施例４の流体分離膜モジュールを得た。

[0151] 前述の方法により評価した結果、流体分離膜の引張弾性率は３．２ＧＰａ、スペーサーのかさ高圧縮率は４７．１％、かさ高圧縮弾性率は７７．９％、束Ｌの円周方向の収縮性（$Ｌ_2／Ｌ_1$）は０．７７、束Ｌのエレメントケーシングへの収納性は「良」、モジュール作製時の流体分離膜の損傷は「無」、断面における流体分離膜の分散性（$Ｓ_{0≦r<50}／Ｓ_{50<r≦100}$）は１．０、束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積に対する束Ｍに占める第一のスペーサーの占有体積の比は１．６、流体分離膜の透水性は１μＬ／ｈｒ／$ｍ^2$／Ｐａ以下、曲げ半径は１０ｃｍ以下であった。

[0152] （実施例５）

製造例１の流体分離膜１本を芯糸に、第一のスペーサーである１７０ｄｔｅｘのポリエステル仮撚加工糸を５ｃｍのピッチでらせん状に巻き付けた流体分離膜を４本束ね、さらに、第二のスペーサーである１７０ｄｔｅｘのポリエステル仮撚加工糸を０．５ｃｍのピッチでらせん状に巻き付けた。

[0153] ポリエステス仮撚加工糸が多段に巻き付けられた製造例１の流体分離膜を２５本（流体分離膜１００本に相当）束ね、分離対象流体の流出入口を有するアクリルパイプ（内径５ｍｍ）内に収納し、エポキシ樹脂を用いてアクリルパイプの両端を一方ずつ静置ポッティングした。エポキシ樹脂硬化後に一端のポッティング部位を回転鋸で切断して流体分離膜を開口させ、実施例５の流体分離膜モジュールを得た。

[0154] 前述の方法により評価した結果、流体分離膜の引張弾性率は３．２ＧＰａ、スペーサーのかさ高圧縮率は４７．１％、かさ高圧縮弾性率は７７．９％、束Ｌの円周方向の収縮性（$Ｌ_2／Ｌ_1$）は０．７７、束Ｌのエレメントケーシングへの収納性は「良」、モジュール作製時の流体分離膜の損傷は「無」、断面における流体分離膜の分散性（$Ｓ_{0≦r<50}／Ｓ_{50<r≦100}$）は１．０、束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積に対する束Ｍに占める第一のスペ

ーサーの占有体積の比は０．２、流体分離膜の透水性は１μＬ／ｈｒ／ｍ^2／Ｐａ以下、曲げ半径は１０ｃｍ以下であった。

[0155] （実施例６）

製造例１の流体分離膜１本を芯糸に、スペーサーである１７０ｄｔｅｘのポリエステル仮撚加工糸を１ｃｍのピッチでらせん状に巻き付けた。

[0156] ポリエステス仮撚加工糸が巻き付けられた製造例１の流体分離膜を１００本束ね、分離対象流体の流出入口を有するアクリルパイプ（内径５ｍｍ）内に収納し、エポキシ樹脂を用いてアクリルパイプの両端を一方ずつ静置ポッティングした。エポキシ樹脂硬化後に一端のポッティング部位を回転鋸で切断して流体分離膜を開口させた。

[0157] 続いて、分離対象流体の流出入口よりポリジメチルシロキサン（東レデュポン社製、Ｓｉｌｇａｒｄ）の１０ｗｔ％ヘキサン溶液（以下、ＰＤＭＳ溶液という）を注入した。流体分離膜の表面を十分にＰＤＭＳ溶液で浸漬させた後に、分離対象流体の流出入口よりＳｉｌｇａｒｄ溶液を排出し、乾燥後に７０℃のオーブンで３０分間加熱してコーティング層１～３を形成することで、実施例６の流体分離膜モジュールを得た。

[0158] 実施例６の流体分離膜モジュールは、シリコーンであるＰＤＭＳからなるコーティング層１、コーティング層２及びコーティング層３を有する。

[0159] 前述の方法により評価した結果、流体分離膜の引張弾性率は３．６ＧＰａ、スペーサーのかさ高圧縮率は４７．１％、かさ高圧縮弾性率は７７．９％、束Ｌの円周方向の収縮性（L_2／L_1）は０．９１、束Ｌのエレメントケーシングへの収納性は「良」、モジュール作製時の流体分離膜の損傷は「無」、断面における流体分離膜の分散性（$S_{0\leqq r<50}$／$S_{50<r\leqq 100}$）は０．９５、流体分離膜の透水性は１μＬ／ｈｒ／ｍ^2／Ｐａ以下、流体分離膜の曲げ半径は１０ｃｍ以下、コーティング層３の厚みは１００μｍであった。

[0160] （実施例７）

５６ｄｔｅｘのポリエステル仮撚加工糸を緯編機で平編みし、２．５４ｃｍ当たりのウェール数が７０であり、２．５４ｃｍ当たりのコース数が７０

である、スペーサーである平編物を作製した。

[0161] 続いて、平編物の上へ製造例１の流体分離膜を１００本並べ、流体分離膜の両端でそれぞれの流体分離膜と平編物を接着したシートを作製した。シートをすだれ状に巻回し、スペーサーである平編物と製造例１の流体分離膜からなる束Ｌを作製し、分離対象流体の流出入口を有するアクリルパイプ（内径５ｍｍ）内に収納し、エポキシ樹脂を用いてアクリルパイプの両端を一方ずつ静置ポッティングした。エポキシ樹脂硬化後に一端のポッティング部位を回転鋸で切断して流体分離膜を開口させ、実施例７の流体分離膜モジュールを得た。

[0162] 前述の方法により評価した結果、流体分離膜の引張弾性率は３．２ＧＰａ、スペーサーの圧縮率は５２．３％、圧縮弾性率は８１．２％、束Ｌの円周方向の収縮性（L_2/L_1）は０．５７、束Ｌのエレメントケーシングへの収納性は「良」、モジュール作製時の流体分離膜の損傷は「無」、断面における流体分離膜の分散性（$S_{0\leqq r<50}/S_{50<r\leqq 100}$）は０．８８、流体分離膜の透水性は１μＬ／ｈｒ／ｍ^2／Ｐａ以下、曲げ半径は１０ｃｍ以下であった。

[0163] （実施例８）

粒子であるミクロパールＳＰ（積水化学工業社製）をポリエチレングリコール溶液に浸漬し、水気を切ってから製造例１の流体分離膜の表面にまぶした。続いて、スペーサーであるミクロパールＳＰがまぶされた製造例１の流体分離膜を１００本束ね、分離対象流体の流出入口を有するアクリルパイプ（内径５ｍｍ）内に収納し、エポキシ樹脂を用いてアクリルパイプの両端を一方ずつ静置ポッティングした。エポキシ樹脂硬化後に一端のポッティング部位を回転鋸で切断して流体分離膜を開口させ、実施例８の流体分離膜モジュールを得た。

[0164] 前述の方法により評価した結果、流体分離膜の引張弾性率は３．２ＧＰａ、スペーサーの変形強度は８０ｋＰａ、破壊強度は１００ＭＰａ、束Ｌの円周方向の収縮性（L_2/L_1）は０．９１、束Ｌのエレメントケーシングへの

収納性は「良」、モジュール作製時の流体分離膜の損傷は「無」、断面における流体分離膜の分散性（$S_{0\leqq r<50}/S_{50<r\leqq 100}$）は０．７９、流体分離膜の透水性は１μＬ／ｈｒ／ｍ^2／Ｐａ以下、曲げ半径は１０ｃｍ以下であった。

[0165] （比較例１）

製造例１の流体分離膜を１００本束ね、分離対象流体の流出入口を有するアクリルパイプ（内径５ｍｍ）内に収納し、エポキシ樹脂を用いてアクリルパイプの両端を一方ずつ静置ポッティングした。エポキシ樹脂硬化後に一端のポッティング部位を回転鋸で切断して流体分離膜を開口させた。

[0166] 前述の方法により評価した結果、流体分離膜の引張弾性率は３．２ＧＰａ、束Ｌの円周方向の収縮性（L_2/L_1）は０．９９、束Ｌのエレメントケーシングへの収納性は「不良」、モジュール作製時の流体分離膜の損傷は「有」、断面における流体分離膜の分散性（$S_{0\leqq r<50}/S_{50<r\leqq 100}$）は０．３１、曲げ半径は１０ｃｍ以下であった。

[0167] （比較例２）

１７０ｄｔｅｘのポリエステル仮撚加工糸に変えて線径０．３ｍｍのステンレスワイヤーをスペーサーとして用いた以外は実施例１と同様にして比較例２の流体分離膜モジュールを得た。

[0168] 前述の方法により評価した結果、流体分離膜の引張弾性率は３．２ＧＰａ、スペーサーのかさ高圧縮率は０％、かさ高圧縮弾性率は０％、束Ｌの円周方向の収縮性（L_2/L_1）は０．９８、束Ｌのエレメントケーシングへの収納性は「不良」、モジュール作製時の流体分離膜の損傷は「有」、断面における流体分離膜の分散性（$S_{0\leqq r<50}/S_{50<r\leqq 100}$）は０．４２、曲げ半径は１０ｃｍ以下であった。

[0169] （比較例３）

５６ｄｔｅｘのポリエステル仮撚加工糸を用いた平編物に変えて目開き１００μｍのステンレスメッシュを用いた以外は実施例５と同様にして比較例３の流体分離膜モジュールを得た。

[0170] 前述の方法により評価した結果、流体分離膜の引張弾性率は３．２ＧＰａ、スペーサーの圧縮率は５％、圧縮弾性率は５０％、束Ｌの円周方向の収縮性（$Ｌ_2／Ｌ_1$）は０．９８、束Ｌのエレメントケーシングへの収納性は「不良」、モジュール作製時の流体分離膜の損傷は「有」、断面における流体分離膜の分散性（$Ｓ_{0≦r<50}／Ｓ_{50<r≦100}$）は０．８８、曲げ半径は１０ｃｍ以下であった。

[0171] （比較例４）

ミクロパールＳＰに変えてステンレス粒子を用いた以外は実施例６と比較例４の流体分離膜モジュールを得た。

[0172] 前述の方法により評価した結果、流体分離膜の引張弾性率は３．２ＧＰａ、スペーサーの変形強度は１ＧＰａ以上、破壊強度は１ＧＰａ以上、束Ｌの円周方向の収縮性（$Ｌ_2／Ｌ_1$）は０．９７、束Ｌのエレメントケーシングへの収納性は「不良」、モジュール作製時の流体分離膜の損傷は「有」、断面における流体分離膜の分散性（$Ｓ_{0≦r<50}／Ｓ_{50<r≦100}$）は０．９５、流体分離膜の透水性は１μＬ／ｈｒ／$ｍ^2$／Ｐａ以下、曲げ半径は１０ｃｍ以下であった。

符号の説明

[0173] １：流体分離膜

２：中空部

３：スペーサー

４：コーティング層１

５：コーティング層２

６：コーティング層３

７：ポッティング部位

８：分離対象流体の流出入口

９：透過流体の流出入口

１０：ベッセル

１１：コーティング層３の厚さ

１２：ピッチ

１３：束Ｌ

１４：測定糸

１５：重り

１６：束Ｌの周長

Ａ：測定糸が束Ｌを一周する始点または終点

Ｂ：測定糸が束Ｌを一周する終点または始点

請求の範囲

[請求項1] 流体分離膜とスペーサーを含む流体分離膜モジュールであって、

前記流体分離膜の引張弾性率は、１ＧＰａ以上であり、

前記スペーサーの少なくとも一部は、ＪＩＳ　Ｌ　１０１３（２０１０）Ｂ法で測定したかさ高圧縮率が１０％以上９５％以下の繊維又はロッドである、流体分離膜モジュール。

[請求項2] 前記繊維又はロッドは、ＪＩＳ　Ｌ　１０１３（２０１０）Ｂ法で測定したかさ高圧縮弾性率が３０％以上１００％以下である、請求項１に記載の流体分離膜モジュール。

[請求項3] 流体分離膜とスペーサーを含む流体分離膜モジュールであって、

前記流体分離膜の引張弾性率は、１ＧＰａ以上であり、

前記スペーサーの少なくとも一部は、ＪＩＳ　Ｌ　１０９６（２０１０）で測定した圧縮率が１０％以上９５％以下のフィルム、不織布、織物、編物である、流体分離膜モジュール。

[請求項4] 前記フィルム、不織布、織物、編物は、ＪＩＳ　Ｌ　１０９６（２０１０）で測定した圧縮弾性率が３０％以上１００％以下である、請求項３に記載の流体分離膜モジュール。

[請求項5] 流体分離膜とスペーサーを含む流体分離膜モジュールであって、

前記流体分離膜の引張弾性率は、１ＧＰａ以上であり、

前記スペーサーの少なくとも一部は、ＪＩＳ　Ｚ　８８４４（２０１９）で測定した変形強度（以下、「$\sigma_{10\%}$」と記載することがある）が０．１ｋＰａ以上１００ｋＰａ以下の粒子である、流体分離膜モジュール。

[請求項6] 前記粒子は、ＪＩＳ　Ｚ　８８４４（２０１９）で測定した破壊強度（以下、「σ_{F}」と記載する場合がある）が前記$\sigma_{10\%}$の２倍以上１００００倍以下である、請求項５に記載の流体分離膜モジュール。

[請求項7] 前記流体分離膜モジュール中の全ての流体分離膜とスペーサーをまとめた束を束Ｌとすると、束Ｌの外周の、流体分離膜の長軸と直交す

る方向に、総繊度３０００ｄｔｅｘ、４８０フィラメントの仮撚加工ポリエチレンテレフタレート糸（以下、測定糸という）を一周巻き付けた際の周長が、以下の式１を満たす、請求項１～６のいずれかに記載の流体分離膜モジュール。

０．５０ ≦ L_2/L_1 ≦ ０．９５ ・・・式１

［式中、L_1は、測定糸を束Ｌの周長に対して５Ｎ／ｍの力で引っ張った際の束Ｌの周長を表し、L_2は、測定糸を束Ｌの周長に対して５０Ｎ／ｍの力で引っ張った際の束Ｌの周長を表す。］

[請求項8] 前記流体分離膜が炭素膜である、請求項１～７のいずれかに記載の流体分離膜モジュール。

[請求項9] 前記スペーサーが仮撚加工糸である、請求項１～２又は７～８のいずれかに記載の流体分離膜モジュール。

[請求項10] 前記スペーサーが、１本以上の前記流体分離膜の周囲をらせん状に被覆している、請求項１～２又は７～８のいずれかに記載の流体分離膜モジュール。

[請求項11] 前記スペーサーの少なくとも一部が前記流体分離膜の膜間に配置されており、

前記流体分離膜の表面の少なくとも一部に、コーティング層１を有する、請求項１～１０のいずれかに記載の流体分離膜モジュール。

[請求項12] 前記コーティング層１が、ポリオレフィン、フッ素樹脂、ポリスチレン、シリコーン、マイクロポーラスポリマー（ＰＩＭ）、フェノール樹脂、及びウレタン樹脂からなる群から選択される少なくとも１つの化合物を含む、請求項１１に記載の流体分離膜モジュール。

[請求項13] 前記スペーサーの表面にコーティング層２を有する、請求項１～１２のいずれかに記載の流体分離膜モジュール。

[請求項14] 前記流体分離膜が、ポッティング部位で固定されており、

前記流体分離膜モジュールの内部側の前記ポッティング部位の表面に、コーティング層３を有する、請求項１～１３のいずれかに記載の

流体分離膜モジュール。

[請求項15] 前記コーティング層３の厚さが、１０μｍ以上５００００μｍ以下である、請求項１４に記載の流体分離膜モジュール。

[請求項16] 第一のスペーサーとそれによって巻かれた１本以上の流体分離膜をあわせて束Ｓとすると、前記第一のスペーサーは、１本以上の流体分離膜の周囲をらせん状に被覆し、

第二のスペーサーとそれによって巻かれた１束以上の前記束Ｓをあわせて束Ｍとすると、前記第二のスペーサーは、１束以上の束Ｓの周囲をらせん状に被覆しており、

束Ｍに占める第一のスペーサーの占有体積よりも、束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積が大きい、請求項１～１５のいずれかに記載の流体分離膜モジュール。

[請求項17] 第一のスペーサーとそれによって巻かれた１本以上の流体分離膜をあわせて束Ｓとすると、前記第一のスペーサーは、１本以上の流体分離膜の周囲をらせん状に被覆し、

第二のスペーサーとそれによって巻かれた１束以上の前記束Ｓをあわせて束Ｍとすると、前記第二のスペーサーは、１束以上の束Ｓの周囲をらせん状に被覆しており、

束Ｍに占める第一のスペーサーの占有体積よりも、束Ｍに占める第二のスペーサーの占有体積が小さい、請求項１～１５のいずれかに記載の流体分離膜モジュール。

[請求項18] 前記流体分離膜モジュールの長手方向に垂直な断面における流体分離膜のボロノイ領域の面積が、以下の式２を満たす、請求項１～１７のいずれかに記載の流体分離膜モジュール。

$$0.5 < S_{0 \leqq r < 50} / S_{50 < r \leqq 100} < 10 \quad \cdots \text{式}2$$

［式中、$S_{0 \leqq r < 50}$は、流体分離膜収納領域の中心からの距離が流体分離膜収納領域の半径の０％以上５０％未満の領域における、流体分

離膜のボロノイ領域の面積の平均値を表し、$S_{50<r\leqq100}$は、流体分離膜収納領域の中心からの距離が流体分離膜収納領域の半径の５０％超１００％以下の領域における、流体分離膜のボロノイ領域の面積の平均値を表す。］

[請求項19] 前記流体分離膜の透水性が０μＬ／ｈｒ／ｍ²／Ｐａ以上１００μＬ／ｈｒ／ｍ²／Ｐａ以下である、請求項１～１８のいずれかに記載の流体分離膜モジュール。

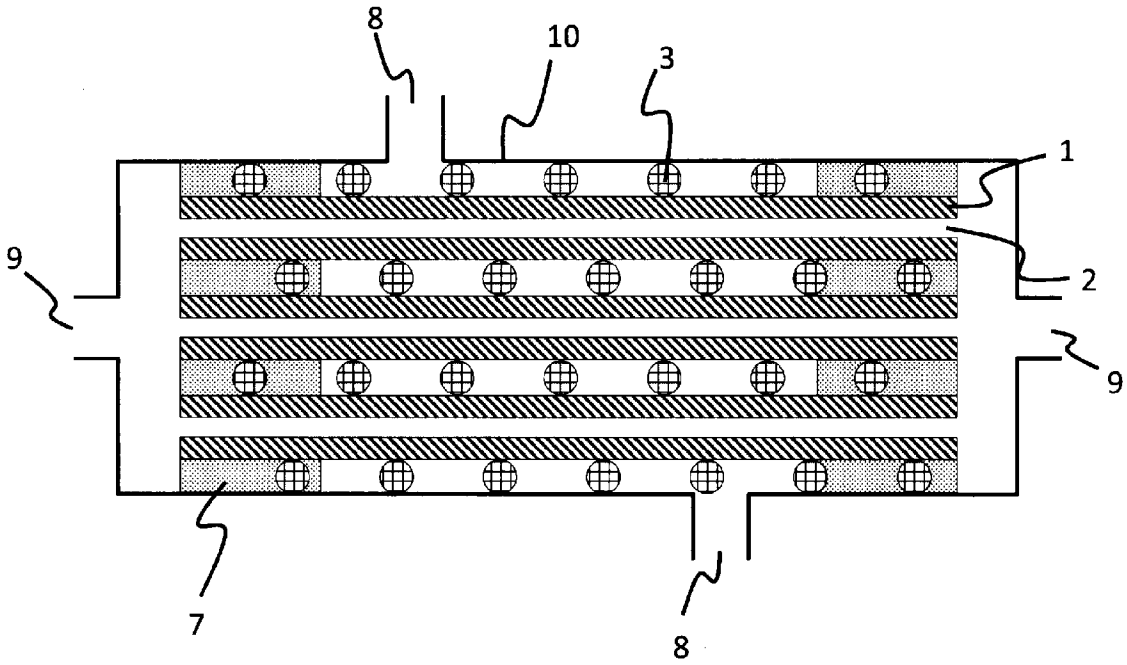
[請求項20] 前記流体分離膜の曲げ半径が０．１ｃｍ以上１００ｃｍ以下である、請求項１～１９のいずれかに記載の流体分離膜モジュール。

[請求項21] 請求項１～２０のいずれかに記載の流体分離膜モジュールを含む、流体分離膜プラント。

[請求項22] 請求項１～２０のいずれかに記載の流体分離膜モジュールで精製された、精製流体。

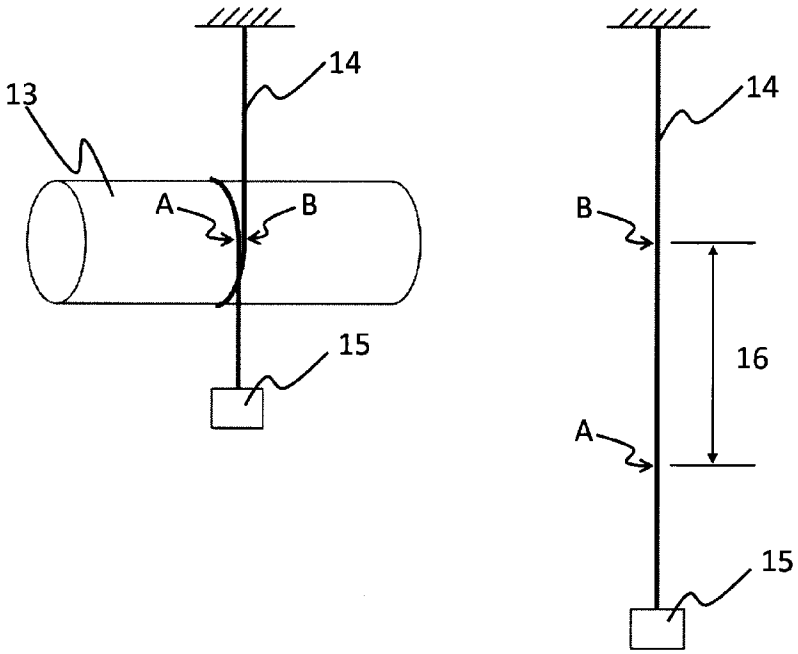
[図1]

【図1】



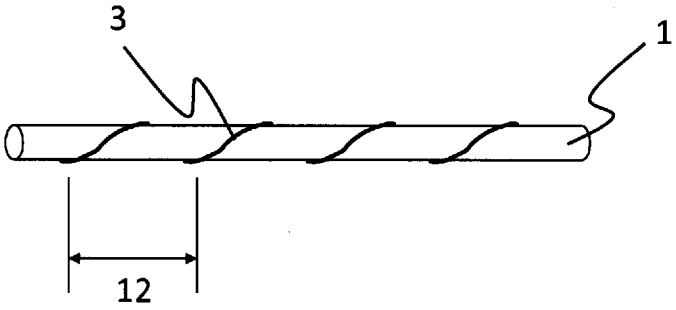
[図2]

【図2】



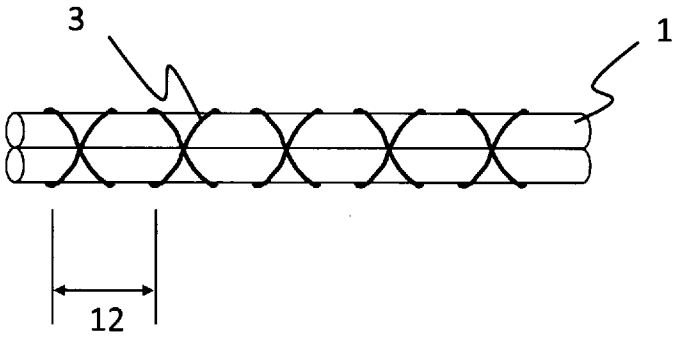
[図3]

【図3】



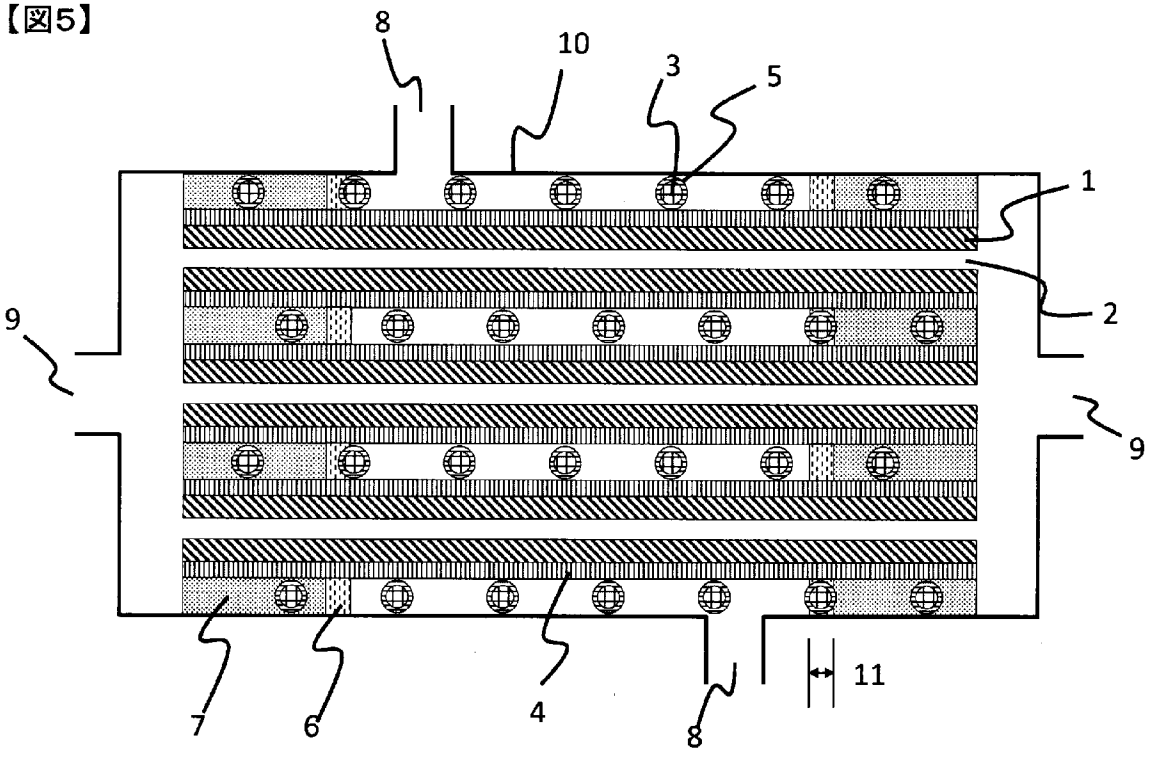
[図4]

【図4】



[図5]

【図5】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/044860

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01D 63/00(2006.01)i; ***B01D 63/02***(2006.01)i; ***B01D 69/02***(2006.01)i; ***B01D 71/02***(2006.01)i; ***D01F 9/10***(2006.01)i; ***D01F 9/22***(2006.01)i
FI: B01D63/00 510; B01D63/02; B01D71/02; B01D69/02; D01F9/10; D01F9/22

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)

B01D63/00; B01D63/02; B01D69/02; B01D71/02; D01F9/10; D01F9/22

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII); Japio-GPG/FX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2001-300267 A (UBE INDUSTRIES, LTD.) 30 October 2001 (2001-10-30) paragraphs [0001]-[0045], fig. 1-5	1-10
Y		11-22
X	JP 47-27186 A (TEIJIN LTD) 27 October 1972 (1972-10-27) pp. 1-6, fig. 1-8	1-10
Y		11-22
Y	JP 2005-052716 A (ASAHI KASEI MEDICAL CO LTD) 03 March 2005 (2005-03-03) claims 1-4, fig. 1	11-22
Y	JP 10-305218 A (NIKKISO CO LTD) 17 November 1998 (1998-11-17) claims 1-5, fig. 1-3	11-22
Y	JP 3-238027 A (TORAY INDUSTRIES) 23 October 1991 (1991-10-23) claims, fig. 1-6	16-22

☑ 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	Date of mailing of the international search report
17 January 2022	**01 February 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 53-035683 A (TORAY INDUSTRIES) 03 April 1978 (1978-04-03) claims, fig. 1-4	1-22
P, A	WO 2021/084984 A1 (TORAY INDUSTRIES) 06 May 2021 (2021-05-06) paragraphs [0001]-[0078], fig. 1-4	1-22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/044860

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2001-300267 A	30 October 2001	US 2001/0035374 A1 paragraphs [0001]-[0059], fig. 1-5	
JP 47-27186 A	27 October 1972	(Family: none)	
JP 2005-052716 A	03 March 2005	(Family: none)	
JP 10-305218 A	17 November 1998	(Family: none)	
JP 3-238027 A	23 October 1991	(Family: none)	
JP 53-035683 A	03 April 1978	(Family: none)	
WO 2021/084984 A1	06 May 2021	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/044860

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B01D 63/00(2006.01)i; B01D 63/02(2006.01)i; B01D 69/02(2006.01)i; B01D 71/02(2006.01)i;
D01F 9/10(2006.01)i; D01F 9/22(2006.01)i
FI: B01D63/00 510; B01D63/02; B01D71/02; B01D69/02; D01F9/10; D01F9/22

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））

B01D63/00; B01D63/02; B01D69/02; B01D71/02; D01F9/10; D01F9/22

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	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２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); Japio-GPG/FX

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 2001-300267 A (宇部興産株式会社) 30.10.2001 (2001-10-30) [0001]-[0045],図1-5	1-10
Y		11-22
X	JP 47-27186 A (帝人株式会社) 27.10.1972 (1972-10-27) 1-6頁,図1-8	1-10
Y		11-22
Y	JP 2005-052716 A (旭化成メディカル株式会社) 03.03.2005 (2005-03-03) 請求項1-4,図1	11-22
Y	JP 10-305218 A (日機装株式会社) 17.11.1998 (1998-11-17) 請求項1-5,図1-3	11-22
Y	JP 3-238027 A (東レ株式会社) 23.10.1991 (1991-10-23) 特許請求の範囲,図1-6	16-22
A	JP 53-035683 A (東レ株式会社) 03.04.1978 (1978-04-03) 特許請求の範囲,図1-4	1-22

☑ 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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
17.01.2022	01.02.2022

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
富永　正史 4D 8616
電話番号 03-3581-1101 内線 3421

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
P, A	WO 2021/084984 A1 (東レ株式会社) 06.05.2021 (2021-05-06) [0001]-[0078], 図1-4	1-22

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/044860

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2001-300267 A	30.10.2001	US 2001/0035374 A1 [0001]-[0059],図1-5	
JP 47-27186 A	27.10.1972	（ファミリーなし）	
JP 2005-052716 A	03.03.2005	（ファミリーなし）	
JP 10-305218 A	17.11.1998	（ファミリーなし）	
JP 3-238027 A	23.10.1991	（ファミリーなし）	
JP 53-035683 A	03.04.1978	（ファミリーなし）	
WO 2021/084984 A1	06.05.2021	（ファミリーなし）	