

(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
2014 年 12 月 31 日(31.12.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/208602 A1

- (51) 国際特許分類:
B01D 63/10 (2006.01) **B01D 63/00** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/066851
- (22) 国際出願日: 2014 年 6 月 25 日(25.06.2014)
- (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 2013-136006 2013 年 6 月 28 日(28.06.2013) 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: 岡本宜記(OKAMOTO, Yoshiki); 〒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). 山田博之(YAMADA, Hiroyuki); 〒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). 高木健太郎(TAKAGI, Kentaro); 〒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). 広沢洋帆(HIROZAWA, Hiroho); 〒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). 浜田剛志(HAMADA, Tsuyoshi); 〒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). 木村将弘(KIMURA,

Masahiro); 〒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, 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, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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).

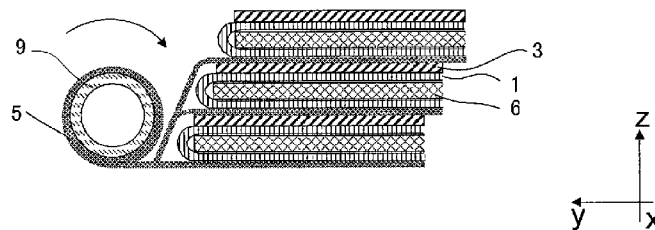
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: SEPARATION MEMBRANE ELEMENT

(54) 発明の名称: 分離膜エレメント

[図7]



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a separation membrane element capable of increasing the fresh water generation amount. The present invention is a separation membrane element comprising a water collecting pipe having a plurality of holes, and a membrane leaf wound around the outer peripheral surface of the water collecting pipe, wherein the membrane leaf comprises a supply-side flow path material, a separation membrane, a first permeation-side flow path material, and a second permeation-side flow path material, the supply-side flow path material, the separation membrane, and the first permeation-side flow path material are disposed in this order, the first permeation-side flow path material is not continuous in the longitudinal direction of the water collecting pipe, the second permeation-side flow path material is a sheet-shaped object, and is present at one end of the membrane leaf and wound around the outer peripheral surface of the water collecting tube while being closest thereto among members constituting the membrane leaf, and the second permeation-side flow path material is in contact with at least an end of the first permeation-side flow path material.

(57) 要約:

[続葉有]



本発明は造水量を増加させることができる、分離膜エレメントを提供することを目的とする。本発明は、複数の穴を有する集水管および前記集水管の外周面を巻回している膜リーフを有するものであって；前記膜リーフは、供給側流路材と、分離膜と、第1透過側流路材と、第2透過側流路材を有し；前記供給側流路材、前記分離膜および前記第1透過側流路材はその順に配置され；前記第1透過側流路材は、集水管の長手報告には連続しておらず；前記第2透過側流路材は、シート状物であって、前記膜リーフのひとつの端部に存在し、前記膜リーフを構成する部材のうち、最も近く前記集水管の外周面を巻回しており；そして第2透過側流路材は前記第1透過側流路材の少なくとも端部と接触している分離膜エレメントである。

明 細 書

発明の名称：分離膜エレメント

技術分野

[0001] 本発明は、液体、気体等の流体に含まれる成分を分離するために使用される分離膜エレメントに関する。

背景技術

[0002] 液体、気体等の流体に含まれる成分を分離する方法としては、様々なものがある。例えば海水、かん水などに含まれるイオン性物質を除くための技術を例にとると、近年、省エネルギーおよび省資源のためのプロセスとして、分離膜エレメントによる分離法の利用が拡大している。分離膜エレメントによる分離法に使用される分離膜は、その孔径および分離機能の点から、精密ろ過膜、限外ろ過膜、ナノろ過膜、逆浸透膜、正浸透膜などに分類される。これらの膜は、例えば海水、かん水または有害物を含んだ水などからの飲料水の製造、工業用超純水の製造、排水処理、有価物の回収などに用いられている。

[0003] 分離膜エレメントは、分離膜の一方の面に原流体が供給され、他方の面から透過流体を得る。多数の分離膜を束ねて分離膜エレメントに組み込むことで、1つの分離膜エレメントあたりの膜面積を大きくすることができ、その結果、1つの分離膜エレメントあたりの透過流体の製造量を大きくすることができる。現在、分離膜エレメントとしては、スパイラル型、中空糸型、プレート・アンド・フレーム型、回転平膜型、および平膜集積型などの各種形態が提案されている。

[0004] 例えば、逆浸透ろ過に用いられる流体分離膜エレメントには、原流体を分離膜表面へ供給する供給側流路材、原流体に含まれる成分を分離する分離膜、及び分離膜を透過し供給流体から分離された透過流体を中心管へと導くための透過側流路材が組み込まれている。供給側流路材としては、高分子製のネットなどが使用されている。また、透過側流路材としては、分離膜の落ち

込みを防ぎ、かつ透過側の流路を形成させる目的で、供給側流路材よりも間隔が細かいトリコットと呼ばれる編み物部材が使用されている。2枚の分離膜が、透過側流路材を介して重ね合い、その2枚の分離膜の間が透過流体の流路を構成している。間に透過側流路材を有する2枚の分離膜からなる部材と、供給側流路材とが交互に積層され、その積層体の透過側流体の開口部側の所定部分を、複数の穴を有する集水管の外周面に接着し、さらにスパイラル状に巻回される。

[0005] 分離膜エレメントの造水量を向上させるために、特許文献1および特許文献2では、膜の裏面側に、集水管の方向には連続せず、間隔を有する透過側流路材を配することによって、透過側の流動抵抗を低減し、分離膜エレメントの透過水量を増加させることが提案されている。また、特許文献3では、集水管の有孔部の総面積にその集水管周囲の透過側流路材1枚分の開孔率を乗じて計算される有効有孔部面積が、前記中心管の内側断面積の1.0倍以上とすることにより、集水管近傍の圧力損失を低減する方法が提案されている。さらに特許文献4では、集水管の周りに多孔性シートを巻回し、膜リーフの中の透過側流路材とは別の透過側流路材を使用する方法が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：国際公開第2011/152484号

特許文献2：国際公開第2013/005826号

特許文献3：特開2004-305823号公報

特許文献4：特開2003-275547号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献1および2の方法により、スパイラル型分離膜エレメントの膜リーフ内の透過側圧力損失を低減することができるが、集水管近傍の圧力損失

低減に関しては、十分とは言えない。特許文献3には、透過側流路材として、ネットを用いることが記載されており、これにより、集水管近傍の圧力損失を低減することができるが、膜リーフ内の透過側圧力損失は低減されず、分離膜エレメント全体としての圧力損失低減効果は大きくない。特許文献4には、集水管の周りに多孔性シートを巻回し、分離膜と隣接する透過側流路材とは別の透過側流路材を用いる記載があるものの、膜リーフ内の透過側圧力損失の低減効果は十分とは言えない。

[0008] 本発明は、分離膜エレメントについて、造水量を増加させることができる分離膜エレメントを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上記目的を達成するために、本発明の分離膜エレメントは、以下の構成を有する。

集水管および前記集水管の周りに巻回された膜リーフを有し；

前記膜リーフは、供給側流路材と、分離膜と、第1透過側流路材と、第2透過側流路材とを有し；

前記分離膜の供給面側には供給側流路材を有し；

前記分離膜の透過面側には前記第1透過側流路材を有し；

前記第1透過側流路材は、集水管の長手方向には連続しておらず；

前記第2透過側流路材は、シート状物であって、前記膜リーフのひとつの端部に存在し；前記第2透過側流路材は、前記膜リーフを構成する部材のうち、最も近く前記集水管の外周面を巻回しており；そして第2透過側流路材は前記第1透過側流路材と第1透過側流路材の端部で少なくとも接触している分離膜エレメント。

発明の効果

[0010] 本発明の分離膜エレメントによると、造水量を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]分離膜上に第1透過側流路を設けた状態を示す平面図である。

[図2]分離膜上に第1透過側流路を設けた状態を示す断面図である。

[図3]本発明の分離膜エレメントの一例であって膜リーフを一部展開した状態を示す斜視図である。

[図4]膜リーフの形態を示す斜視図である。

[図5]本発明の実施例であって、膜リーフの一部を巻回した形態を示す模式図である。

[図6]本発明の実施例であって、膜リーフの一部を巻回した形態を示す模式図である。

[図7]本発明の実施例であって、膜リーフの一部を巻回した形態を示す模式図である。

[図8]本発明の実施例であって、膜リーフの一部を巻回した形態を示す模式図である。

[図9]本発明の比較例であって、膜リーフの一部を巻回した形態を示す模式図である。

[図10]本発明の比較例であって、膜リーフの一部を巻回した形態を示す模式図である。

[図11]本発明の比較例であって、膜リーフの一部を巻回した形態を示す模式図である。

[図12]本発明の比較例であって、膜リーフの一部を巻回した形態を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の実施の一形態について、詳細に説明する。

[0013] なお、本書において、「XがYを主成分として含有する」という文言を定義するのであれば、XにおけるYの含有率が、50質量%以上、70質量%以上、80質量%以上、90質量%以上、又は95質量%以上であることを意味する。また、Yに該当する複数の成分が存在する場合は、それら複数の成分の合計量が、上述の範囲を満たせばよい。

[0014] [1. 分離膜]

(1-1) 概要

膜リーフは、供給側流路材と、分離膜と、透過側流路材とを有している。

[0015] 分離膜は、分離膜表面に供給される流体中の成分を分離し、分離膜を透過した透過流体を得ることができる膜である。分離膜、分離膜の供給側にある供給側流路材、および分離膜の透過側の面にある透過側流路材によって膜リーフを形成する。

[0016] このような分離膜の例として、図1および図2に示すように、本実施形態の分離膜1の近くには、第1透過側流路材3が存在する。分離膜1は、供給側の面11と透過側の面22とを有する。

[0017] 本書において、分離膜の「供給側の面」とは、分離膜の2つの面のうち、原流体が供給される側の面を意味する。「透過側の面」とは、その逆側の面を意味する。後述するように、分離膜本体が基材及び分離機能層を備える場合は、一般的に、分離機能層が供給側の面の方向にあり、基材側の面が透過側の面である。

[0018] 第1透過側流路材3は、透過側の面12上に、流路を形成するように設けられている。分離膜1の各部の詳細については後述する。

[0019] 本明細書において、第1方向とは、膜リーフの周回方向であり、膜リーフ、分離膜、第1透過側流路材、第2透過側流路材および供給側流路材に関しては長さ方向と呼び、図面では符号y軸の方向である。また第2方向とは、集水管の長手方向であり、膜リーフ、分離膜、第1透過側流路材、第2透過側流路材および供給側流路材に関して幅方向とよび、図面では符号x軸の方向である。また、z軸は、分離膜や分離膜リーフの厚さ方向に相当する。

[0020] (1-2) 分離膜

<概要>

分離膜としては、使用方法、目的等に応じた分離性能を有する膜が用いられる。分離膜は、単一層であってもよいし、分離機能層と基材とを備える複合膜であってもよい。また、複合膜においては、分離機能層と基材との間に、さらに多孔性支持層があってもよい。

[0021] <分離機能層>

分離機能層の厚みは具体的な数値に限定されないが、分離性能と透過性能との観点から5～3000nmであることが好ましい。特に逆浸透膜、正浸透膜、ナノろ過膜では5～300nmの厚みであることが好ましい。

[0022] 分離機能層の厚みは、これまでの分離膜の膜厚測定法を適用することができる。例えば、分離膜を樹脂により包埋し、それを切断することで超薄切片を作製し、得られた切片に染色などの処理を行う。その後、透過型電子顕微鏡により観察することで、厚みの測定が可能である。また、分離機能層がひだ構造を有する場合、多孔性支持層より上に位置するひだ構造の断面長さ方向に、例えば50nm間隔で測定し、ひだの数を20個測定し、その平均から求めることができる。

[0023] 分離機能層は、分離機能および支持機能の両方を有する層であってもよいし、分離機能のみを備えていてもよい。なお、「分離機能層」とは、少なくとも分離機能を備える層を指す。

[0024] 分離機能層が分離機能および支持機能の両方を有する場合、分離機能層としては、セルロース、ポリフッ化ビニリデン、ポリエーテルスルホン、およびポリスルホンから選ばれるポリマーを主成分として含有する層が好ましく適用される。

[0025] 一方、分離機能層としては、孔径の制御が容易であり、かつ耐久性に優れるという点で架橋高分子が好ましく使用される。特に、原流体中の成分の分離性能に優れるという点で、多官能アミンと多官能酸ハロゲン化物とを重縮合させて得られるポリアミド分離機能層や、有機無機ハイブリッド機能層などが好適に用いられる。これらの分離機能層は、多孔性支持層上でモノマーを重縮合することによって形成可能である。

[0026] 例えば、分離機能層は、ポリアミドを主成分として含有することができる。このような膜は、公知の方法により、多官能アミンと多官能酸ハロゲン化物とを界面重縮合することで形成できる。例えば、多孔性支持層上に多官能アミン水溶液を塗布し、余分な多官能アミン水溶液をエアナイフなどで除去し、その後、多官能酸ハロゲン化物を含有する有機溶媒溶液を塗布するこ

とで、重縮合がおきポリアミド分離機能層が得られる。

[0027] また、分離機能層は、ケイ素原子などを有する有機－無機ハイブリッド構造を有してもよい。有機無機ハイブリッド構造を有する分離機能層は、例えば、以下の化合物、

(A) エチレン性不飽和基を有する反応性基および加水分解性基がケイ素原子に直接結合したケイ素化合物、ならびに

(B) 前記化合物 (A) 以外の化合物であってエチレン性不飽和基を有する化合物を含有することができる。具体的には、分離機能層は、化合物 (A) の加水分解性基の縮合物ならびに化合物 (A) および／または (B) のエチレン性不飽和基の重合物を含有してもよい。すなわち、分離機能層は、

・ 化合物 (A) のみが縮合および／または重合することで形成された重合物、

・ 化合物 (B) のみが重合して形成された重合物、並びに

・ 化合物 (A) と化合物 (B) との共重合物

のうちの少なくとも1種の重合物を含有することができる。なお、重合物には縮合物が含まれる。また、化合物 (A) と化合物 (B) との共重合体中で、化合物 (A) は加水分解性基を介して縮合していてもよい。

[0028] ハイブリッド構造は、公知の方法で形成可能である。ハイブリッド構造の形成方法の一例は次のとおりである。化合物 (A) および化合物 (B) を含有する反応液を多孔性支持層上に塗布する。余分な反応液を除去した後、加水分解性基を縮合させるためには、加熱処理すればよい。化合物 (A) および化合物 (B) のエチレン性不飽和基の重合方法としては、熱処理、電磁波照射、電子線照射、プラズマ照射から選ばれる手段を行えばよい。重合速度を速める目的で分離機能層形成の際に重合開始剤、重合促進剤等を添加することができる。

[0029] なお、いずれの分離機能層についても、使用前に、例えばアルコール含有水溶液、アルカリ水溶液、またはポリビニルアルコールやアクリル酸系ポリマーを含有する溶液によって、膜の表面を親水化させてもよい。

[0030] <多孔性支持層>

多孔性支持層は、分離機能層を支持する層であり、樹脂が素材の場合多孔性樹脂層とも言い換えることができる。

[0031] 多孔性支持層に使用される材料や、その形状は特に限定されないが、例えば、多孔性樹脂によって基板上に形成されてもよい。多孔性支持層としては、ポリスルホン、酢酸セルロース、ポリ塩化ビニル、エポキシ樹脂あるいはそれらを混合したものを積層したものが使用でき、化学的、機械的、熱的に安定性が高く、孔径が制御しやすいポリスルホンを使用することが好ましい。

[0032] 多孔性支持層は、分離膜に機械的強度を与えるものである。しかし単独では、イオン等の小さな分子サイズの成分に対しては、分離膜のような分離性能を有さない。多孔性支持層の有する孔のサイズおよび孔の分布は、特に限定されないが、例えば、多孔性支持層は、均一で微細な孔を有してもよいし、あるいは分離機能層が形成される側の表面からもう一方の面にかけて、径が徐々に大きくなるような孔径の分布を有してもよい。また、いずれの場合でも、分離機能層が形成される側の表面で原子間力顕微鏡または電子顕微鏡などを用いて測定された細孔の投影面積円相当径は、1 nm以上100 nm以下であることが好ましい。特に界面重合反応性および分離機能層の保持性の点で、多孔性支持層において分離機能層が形成される側の表面における孔は、3~50 nmの投影面積円相当径を有することが好ましい。

[0033] 多孔性支持層の厚みは特に限定されないが、分離膜に強度を与えるために、20 μ m以上500 μ m以下の範囲にあることが好ましく、より好ましくは30 μ m以上300 μ m以下である。

[0034] 多孔性支持層の形態は、走査型電子顕微鏡や透過型電子顕微鏡、原子間顕微鏡により観察できる。例えば走査型電子顕微鏡で観察するのであれば、基材から多孔性支持層を剥がした後、これを凍結切断法で切断して断面観察のサンプルとする。このサンプルに白金、白金-パラジウムまたは四塩化ルテニウム、中でも好ましくは四塩化ルテニウムを、薄くコーティングして3~

6 k V の加速電圧で、高分解能電界放射型走査電子顕微鏡（U H R - F E - S E M）で観察する。高分解能電界放射型走査電子顕微鏡としては、日立製 S - 9 0 0 型電子顕微鏡が使用できる。得られた電子顕微鏡写真に基づいて、多孔性支持層の膜厚、表面の投影面積円相当径を測定することができる。

[0035] ここで定義する多孔性支持層の厚みおよび孔径はそれぞれ平均値である。多孔性支持層の厚みは、断面観察で厚み方向に直交する方向に例えば $20\ \mu\text{m}$ 間隔で測定し、20点測定の平均値である。また、孔径は、200個の孔について測定された、各投影面積円相当径の平均値である。

[0036] 次に、多孔性支持層の形成方法について説明する。多孔性支持層は、例えば、上記ポリスルホンの N, N - ジメチルホルムアミド（以降、DMF という）溶液を、後述する基材（例えば密に織ったポリエステル不織布）の上に一定の厚さに注型し、それを水中で湿式凝固させることによって、製造することができる。

[0037] 多孔性支持層は、“オフィス・オブ・セイリーン・ウォーター・リサーチ・アンド・ディベロップメント・プログレス・レポート” No. 359（1968）に記載された方法に従って形成できる。なお、所望の形態を得るために、ポリマー濃度、溶媒の温度、貧溶媒は調整可能である。

[0038] 例えば、所定量のポリスルホン DMF に溶解し、所定濃度のポリスルホン樹脂溶液を調製する。次いで、このポリスルホン樹脂溶液をポリエステル不織布基材上に略一定の厚さに塗布した後、一定時間空气中で表面の溶媒を除去した後、凝固液中でポリスルホンを凝固させることによって得ることができる。

[0039] <基材>

分離膜の強度、寸法安定性等の観点から、分離膜は基材を有してもよい。基材としては、強度、流体透過性の点で繊維状の基材を用いることが好ましい。

[0040] 基材としては、長繊維不織布及び短繊維不織布それぞれが好ましく用いることができる。特に、長繊維不織布は、多孔性支持層の製膜性に優れるので

、高分子重合体の溶液を流延した際に、その溶液が過浸透により裏抜けすること、多孔性支持層が剥離すること、さらには基材の毛羽立ち等により膜が不均一化すること、及びピンホール等の欠点が生じることを抑制できる。また、基材が熱可塑性連続フィラメントより構成される長繊維不織布からなることにより、短繊維不織布と比べて、高分子溶液流延時に繊維の毛羽立ちによって起きる多孔性支持層の厚み不均一化および膜表面欠点の発生を抑制することができる。さらに、分離膜は、連続製膜される場合に、製膜方向に対し張力がかけられるので、寸法安定性に優れる長繊維不織布を基材として用いることが好ましい。

[0041] 長繊維不織布は、多孔性支持層の製膜性、強度の点で、多孔性支持層とは反対側の表層における繊維が、多孔性支持層側の表層の繊維よりも縦配向であることが好ましい。そのような構造によれば、強度を保つことで膜破れ等を防ぐ高い効果の実現される。

[0042] より具体的には、長繊維不織布の、多孔性支持層とは反対側の表層における繊維配向度は、 $0^{\circ} \sim 25^{\circ}$ であることが好ましく、また、多孔性支持層側表層における繊維配向度との配向度差が $10^{\circ} \sim 90^{\circ}$ であることが好ましい。繊維配向度とは、不織布基材の繊維の向きを示す指標である。具体的には、多孔性支持層や分離機能層を連続的に製膜を行う際の方角、つまり不織布基材の長手方向と、不織布基材を構成する繊維との間の角度の平均値である。つまり、繊維の長手方向が製膜方向と平行であれば、繊維配向度は 0° である。また、繊維の長手方向が製膜方向に直角であれば、すなわち不織布基材の幅方向に平行であれば、その繊維の配向度は 90° である。よって、繊維配向度が 0° に近いほど縦配向であり、 90° に近いほど横配向であることを示す。

[0043] 分離膜の製造工程やエレメントの製造工程においては加熱する工程が含まれるが、加熱によって多孔性支持層または分離機能層が収縮する現象が起きる。特に連続製膜において張力が付与されていない幅方向において、収縮は顕著である。収縮することにより、寸法安定性等に問題が生じるため、基材

としては熱寸法変化率が小さいものが望まれる。不織布の基材において多孔性支持層とは反対側の層における繊維配向度と多孔性支持層側表層における繊維配向度との差が $10^{\circ} \sim 90^{\circ}$ であると、熱による幅方向の変化を抑制することもでき、好ましい。

[0044] 繊維配向度は以下のように測定できる。まず、不織布から無作為に小片サンプル10個を採取する。次に、そのサンプルの表面を走査型電子顕微鏡で100～1000倍で撮影する。撮影像の中で、各サンプルあたり10本を選び、不織布の長手方向（縦方向、製膜方向）を 0° としたときの角度を測定する。つまり1つの不織布あたり計100本の繊維について、角度の測定が行われる。こうして測定された100本の繊維についての角度から平均値を算出する。得られた平均値の小数点以下第一位を四捨五入して得られる値が、繊維配向度である。

[0045] 基材の厚みは、基材と多孔性支持層との厚みの合計が、0.03～0.3 mmの範囲内、さらに0.05～0.25 mmの範囲内となる程度に設定されることが好ましい。

[0046] (1-3) 第1透過側流路材

膜リーフは、第1透過側流路材を有する。そして、図1および図2に示すように第1透過側流路材は、分離膜1の透過面側に配置されている。すなわち分離膜の透過側に、透過側流路を形成するように第1透過側流路材が存在する。「透過側の流路を形成するように設けられる」とは、分離膜を含む膜リーフが後述の分離膜エレメントに組み込まれたときに、分離膜を透過した透過流体が、集水管に到達できるように、後述の第2透過側流路材へ流路が形成されていることを意味する。なお、図1および図2では第1透過側流路材の構成要素3aを図示している。

[0047] 第1透過側流路材は、分離膜とは異なる素材で形成されることが好ましい。異なる素材とは、分離膜で使用される材料とは異なる組成を有する材料を意味する。特に、第1透過側流路材の組成は、分離膜のうち、第1透過側流路材が形成されている面の組成とは異なることが好ましく、また分離膜を形

成するいずれの層の組成とも異なることが好ましい。

[0048] 第1透過側流路材を構成する成分としては特に限定されないが、樹脂が好ましく用いられる。具体的には、耐薬品性の点で、エチレン酢酸ビニル共重合体樹脂、ポリエチレン、ポリプロピレンなどのポリオレフィンや共重合ポリオレフィンなどが好ましく、ウレタン樹脂、エポキシ樹脂などのポリマーも選択でき、これらを単独もしくは2種類以上からなる混合物として用いることができる。特に、熱可塑性樹脂は成形が容易であるため、均一な形状の流路材を形成することができる。

[0049] 第1透過側流路材は、透過側の流路を確保するという目的で、集水管の長手方向に連続していないことが好ましい。「連続していない」とは、複数の第1透過側流路材の構成要素が間隔をおいて存在していることを意味する。これに対して、ネット、トリコットおよびフィルム等の部材は、一体となっており連続している形状を有する。

[0050] 図1に示す例では、第1透過側流路材の複数の構成要素3aから構成される第1透過側流路材は、x方向（すなわち幅方向）においては連続していない。ただ、第1透過側流路材の構成要素が集水管からかなり離れたところで繋がっていても、透過水流路は確保できるので、このような態様も本発明に含まれる。一方、y方向（すなわち長さ方向）において、第1透過側流路材の構成要素3aは分離膜本体2の一端から他端まで連続するように設けられている。つまり、図3のように分離膜エレメントに膜リーフ80が組み込まれたときに、それぞれの第1透過側流路材の構成要素3aは、巻回方向における分離膜2の内側（図3では左側）の端部から外側（図3では右側）の端部まで連続するように配置される。巻回方向の内側とは、分離膜において集水管に近い側であり、巻回方向の外側とは、分離膜において集水管から遠い側である。

[0051] 第1透過側流路材の構成要素3aの形状は特に限定されないが、流路の流動抵抗を少なくし、透過させた際の流路を安定化させるような形状が選択され得る。これらの点で、分離膜の面方向に垂直な断面（xz断面）において

、第1透過側流路材の形状は、長方形や台形、角丸長方形、半楕円あるいはそれらの組み合わせが好ましい。

[0052] 例えば、第1透過側流路材の構成要素3aのx-z断面形状が台形の場合、上底と下底の長さの差が大きすぎると、加圧ろ過時に分離膜が第1透過側流路材の構成要素3aの間隙に落込みやすくなるため、下底の長さに対する上底の長さの比率は0.6以上1.4以下が好ましく、0.8以上1.2以下がさらに好ましい。

[0053] 第1透過側流路材の構成要素3aのx-z断面の幅は、分離膜表面からの高さによらず、同じ幅を有するように形成されていることが好ましいが、第1透過側流路材の構成要素間の間隙による膜の落ち込みが大きくなる範囲であれば、分離膜表面からの距離が高い箇所ほど幅が小さくなるように形成されていてもよいし、逆に高い箇所ほど幅が広くなるように形成されていてもよい。

[0054] 第1透過側流路材が熱可塑性樹脂であれば、処理温度および選択する熱可塑性樹脂の種類を変更し、熱可塑性樹脂の変形を誘導することで、要求される分離特性や透過性能の条件を満足できるように自由に流路材の形状を調整することができる。

[0055] また、複数の第1透過側流路材の構成要素をx-y断面からy方向に観察した形状は、例えば、直線状であってもよく、曲線状、波線状であってもよい。

[0056] また、複数の第1透過側流路材の構成要素をx-y断面からy方向に観察した形状が直線状である場合、隣り合う第1透過側流路材の構成要素同士は、互いに略平行に配置されていてもよい。「略平行に配置される」とは、例えば、複数の第1透過側流路材の構成要素が分離膜上で交差しなければよい。好ましくは隣り合う2つの第1透過側流路材のなす角度が0°以上30°以下であること、より好ましくは上記角度が0°以上15°以下であること、さらに好ましくは上記角度が0°以上5°以下である。

[0057] また、第1透過側流路材の構成要素の長手方向と集水管の長手方向との成

す角度は、 60° 以上 120° 以下であることが好ましく、 75° 以上 105° 以下であることがより好ましく、 85° 以上 95° 以下であることがさらに好ましい。第1透過側流路材の構成要素の長手方向と集水管の長手方向との成す角度が上記範囲であることで、透過水が効率良く集水管に集められる。

[0058] 流路を安定して確保するには、分離膜エレメントにおいて分離膜が供給側の面から加圧されたとき分離膜が第1透過側流路材の間隙へ落ち込みを抑制できるようにすることが好ましい。そのためには、分離膜と流路材との接触面積が大きいこと、つまり分離膜の面積に対する流路材の面積の比率が大きいことが好ましい。一方で、圧力損失を低減させるには、その比率が小さいことが好ましい。

[0059] 第1透過側流路材の形成方法としては特に限定されないが、第1透過側流路材を構成する材料を分離膜の透過側に直接、印刷、噴霧、アプリケーション塗布、ホットメルト加工などにより配置する方法が用いられる。

[0060] 第1透過側流路材の厚みは、大きければ透過側流路の流動抵抗は小さくなるものの、巻回可能な膜面積が減少してしまう。小さければ巻回可能な膜リーフの面積は増加するものの、透過側流路での流動抵抗が大きくなってしまふ。第1透過側流路材の厚みは、 $50\mu\text{m}$ 以上 $800\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、より好ましくは、 $100\mu\text{m}$ 以上 $400\mu\text{m}$ 以下であり、さらに好ましくは $200\mu\text{m}$ 以上 $350\mu\text{m}$ 以下である。この範囲であれば安定した透過流体の流路を確保することができる。

[0061] 第1透過側流路材の厚みとは、分離膜の基材側の面と第1透過側流路材の最も高い箇所との高低差を示しており、基材中に含浸している部分の厚みは含まれない。

[0062] 第1透過側流路材の厚みは、例えば、市販の厚み測定器を用いることによって直接測定することもでき、走査型電子顕微鏡、マイクロスコープを用いて撮影した画像を解析することにより測定することもできる。

[0063] 図1に示すように、第1透過側流路材の構成要素3a同士の間隔bは、透

過側流路4の幅に相当する。間隔が大きいと、流路が広くなるため、圧力損失は小さくなるという利点がある。その一方で、間隔が小さいと、膜落ち込みが生じにくくなるという利点がある。それらのバランスから、間隔は200~1500 μm であることが好ましく、この範囲であれば、膜落ち込みを防止できるうえに、圧力損失を小さくすることができる。より好ましくは300~1000 μm であり、さらに好ましくは400~800 μm である。

[0064] 第1透過側流路材の構成要素3aの幅dは大きいと、分離膜エレメントの運転時に第1透過側流路材に圧力がかかっても、流路材の形状を保持することができ、透過側流路が安定的に形成される。小さいと、透過流体の流路となる幅が相対的に大きくなるために、透過流体の流速が小さくなり、流動抵抗を小さくすることができる。幅dは、好ましくは10 μm 以上1000 μm 以下である。幅が1000 μm 以下であることで、透過側の流路を十分確保することができる。

[0065] 第1透過側流路材の構成要素3a同士の間隔bは、流路の幅の最大値と最小値の平均値にて算出する。図2に示すように、第1透過側流路材の構成要素3aが、上が細く下が太い台形状を示す場合、まず、隣接する2つの第1透過側流路材の構成要素の上端部間の距離と下端部間の距離を測定して、その平均値を算出する。それを所定の数の任意の断面に関して算出し、それらの平均値にて表す。

[0066] 第1透過側流路材の構成要素3aの幅dは、第1透過側流路材の構成要素の最大幅と最小幅の平均値にて算出する。図2に示すように、第1透過側流路材の構成要素3aの断面が、上が細く下が太い台形状を示す場合、第1透過側流路材の構成要素3aの下端部の幅と上端部の幅を測定し、その平均値を算出する。それを所定の数の任意の断面に関して算出し、それらの平均値にて表す。

[0067] 第1透過側透過側流路材の構成要素3aの間隔bや幅dは、走査型電子顕微鏡やマイクロ스코プを用いて撮影した画像を解析することにより測定できる。

[0068] 第1透過側流路材の分離膜表面に対する投影面積比は、大きいと、分離膜エレメントの運転時に第1透過側流路材に圧力がかかっても、流路材の形状を保持することができるが、透過側の流路が狭くなってしまう。小さいと、透過側の流路を広く確保できるものの、分離膜エレメントの運転時に圧力がかかることにより、流路材の形状を保持できなく、変形しやすくなる。第1透過側流路材の分離膜表面に対する投影面積比は、0.3～0.7であることが好ましく、より好ましくは0.4～0.6である。この範囲であれば、第1透過側流路材の変形を抑制できるうえ、透過側の流路を確保することができる。

[0069] 第1透過側流路材の分離膜表面に対する投影面積比は、第1透過側流路材の構成要素3aの間隔bと幅dから算出できる（図1参照）。すなわち、（流路材上端部の幅d）／（（流路材上端部の幅d）＋（流路材上端部の間隔b））にて流路材上端部の投影面積比を算出し、（流路材下端部の幅d）／（（流路材下端部の幅d）＋（流路材下端部の間隔b））にて流路材下端部の投影面積比を算出し、それらの平均値にて、第1透過側流路材の分離膜表面に対する投影面積比を表す。

[0070] 上述のとおり第1透過側流路材の構成要素は、長さ方向に対して略平行に設けられている。第1透過側流路材の構成要素が、長さ方向に対して略平行に設けられている場合、第1透過側流路材の構成要素の幅dが大きくなれば、隣り合う第1透過側流路材の構成要素同士の間隔bが小さくなり、流路材3の幅dが小さくなれば、隣り合う流路材3の幅dが大きくなる。すなわち、流路材3の幅dが小さくなり、隣り合う流路材3の間隔bが大きくなれば、流路が大きくなり流動抵抗は小さくなるものの、圧力に対する分離膜の形状保持性が低下する。

[0071] 透過側に設けられた第1透過側流路材が、分離膜エレメントに組み込まれたときに、透過流体の良好な回収率を得るために、透過側の流路は、分離膜の一端から他端までの上に連続するように設けられていてもよい。このような構成の一例として、流路4は図1に示すように長さ方向において連続的に

形成されている。このような流路は、複数の第1透過側流路材が幅方向（x方向）において不連続に存在していることによって形成される。

[0072] 第1透過側流路材は、分離膜本体の透過側の面に直接あってもよく、第1透過側流路材が設けられたシートが分離膜の透過側の面にあってもよい。シートとしては、例えば不織布を用いることができる。

[0073] 従来のトリコットのような編み物を、膜リーフ内で分離膜に隣接させて透過側流路材として用いると、その厚み全てを溝として活用できない。本発明の第1透過側流路材においては、第1透過側流路材3の高低差の全てが流路の溝として活用できるため、トリコットの厚みと第1透過側流路材3の厚みとが同じであっても厚み方向の流路が広くなり、圧力損失が小さくなるため、分離膜エレメントの造水量が増加する。不織布のようなシート状物に第1透過側流路材3が形成される場合でも、シートの厚みをできるだけ薄くすることによって、同様な効果が得られる。

[0074] 第1透過側流路材の成分の一部は、分離膜中に、より具体的には分離膜にある基材中に、含浸していてもよい。分離膜が基材、多孔性支持層および分離機能層を有する場合には、第1透過側流路材を基材側に設けることが通常である。すると分離膜のひとつの表面から反対方向の表面に向かって第1透過側流路材の材料の一部の含浸が進行する。含浸の程度が高いと第1透過側流路材と分離膜との接着が強固になり、加圧を過しても第1透過側流路材が分離膜から剥離しにくくなる。第1透過側流路材が分離膜から剥離すると、所望の透過側流路が確保しにくくなる。

[0075] ただし、第1透過側流路材の成分が分離膜に浸透し、分離機能層の近くまで含浸していると、加圧した際に第1透過側流路材の材料が分離機能層を破壊することがある。そのため、第1透過側流路材の成分が分離膜に含浸している場合、基材の厚みに対する流路材の含浸厚みの割合（すなわち含浸率）は、5～95%の範囲であることが好ましく、10～80%の範囲であることがより好ましく、20～60%の範囲であることがさらに好ましい。なお、含浸厚みとは、断面ひとつを観察した場合において、1つの第1透過側流

路材の材料が含浸した部分の厚みの最大値を意味する。

[0076] 第1透過側流路材の材料の含浸厚みは、例えば、その材料の種類（より具体的には樹脂の種類）および／または材料の量を変更することで、調整可能である。

[0077] なお、第1透過側流路材の材料が含浸した基材を、示差走査熱量測定等の熱分析に供することにより、基材とは別に第1透過側流路材の成分に起因するピークが得られれば、第1透過側流路材が基材に含浸していることを確認することができる。

[0078] 第1透過側流路材3の含浸率は、走査型電子顕微鏡や透過型電子顕微鏡、原子間力顕微鏡により、第1透過側流路材3が存在する分離膜の断面を観察して流路材3の含浸厚みと基材厚みを算出することができる。例えば走査型電子顕微鏡で観察するのであれば分離膜を第1透過側流路材と共に深さ方向に切断し、断面を走査型電子顕微鏡で観察して、含浸厚みと基材厚みを測定する。そして、基材で流路材が最も含浸している最大含浸厚みと基材厚みとの比から算出できる。なお、含浸深さを算出する場合の「基材厚み」とは、最大含浸厚みを測定した部分に対応する基材の厚みである。第1透過側流路材は分離膜の縁まで達していなくてもよく、例えば、巻回方向における膜リーフの外側端部、及び集水管長手方向における透過側膜リーフの端部では、流路材が設けられていなくてもよい。

[0079] (1-4) 供給側流路材

図4に示すように膜リーフは、分離膜1(a)の供給側に供給側流路材6を有する。供給側流路材6は、分離膜に原流体を供給する流路を形成するように形成されていればよい。さらに原流体の濃度分極を抑制するために、原流体の流れを乱すような形状になっていることが好ましい。

[0080] 供給側流路材は、フィルムやネットのような連続形状を有している部材であってもよいし、あるいは分離膜に対して0より大きく1未満である投影面積比を示す不連続形状を有するものであってもよい。また、供給側流路材は分離膜と分離可能であってもよいし、分離膜と接合していてもよい。

- [0081] なお、供給側流路材の素材は特に限定されず、分離膜と同素材であっても異素材であっても良い。
- [0082] 供給側流路では、流路を安定に形成することも重要であるが、通過する流体が透過側流路よりも多量であるため圧力損失を低減することも重要である。そのため、供給側流路材の投影面積比は0.03～0.5であることが好ましく、より好ましくは0.1～0.4、さらに好ましくは、0.15～0.35である。
- [0083] 供給側流路材の投影面積比は、供給側流路材を供給側流路材の面に垂直な方向からマイクロ스코プなどによって撮影した画像を解析することによって算出することができる。
- [0084] 供給側流路材の厚みが大きいと圧力損失が小さくなるが、エレメント化した場合にベッセルに充填できる膜面積が小さくなる。厚みが小さいと流路の圧力損失が大きくなり、分離特性や水透過性能が低下してしまう。そのため、エレメントの造水能力が低下し、造水量を増加させるための運転コストが高くなる。従って、上述した各性能のバランスや運転コストを考慮すると、供給側流路材の厚みは80～2000 μm であってもよく、好ましくは200～1000 μm である。
- [0085] 供給側流路材の厚みは、市販の厚み測定器により直接測定することもできるし、あるいはマイクロ스코プを用いて撮影した画像を解析することによって測定することもできる。
- [0086] 供給側流路材が不連続形状である場合、上述の第1透過側流路材の場合と同様の理由から、溝幅は好ましくは0.2 mm以上10 mm以下であり、より好ましくは0.5 mm以上3 mm以下であり、ピッチは溝幅の10分の1倍以上50倍以下の間で適宜設計すると良い。溝幅とは高低差が存在する表面で沈下している部位のことであり、ピッチとは、高低差が存在する表面における高い箇所のも最も高いところから近接する高い箇所のも最も高い箇所までの水平距離のことである

〔2. 分離膜エレメント〕

(2-1) 概要

図3に示すように、分離膜エレメント100は、集水管9と、上述したいずれかの構成を備え、集水管9の周囲に巻回された膜リーフ80を備える。なお図3では膜リーフの一部を展開している。また、分離膜エレメントは、必要があれば図示しないが端板等の部材をさらに備えることができる。

[0087] (2-2) 膜リーフ

膜リーフは、供給側の面と透過側の面とを有する分離膜と、前記供給側の面にある供給側流路材と、前記透過側の面にある透過側流路材とを有する。

[0088] ここで膜リーフの構造を、図4を用いて説明する。図4の膜リーフには第2透過側流路材を図示していない。図4では上から順に分離膜1(b)、複数の第1透過側流路材の構成要素3a、分離膜1(a)、供給側流路材、および分離膜1(c)が並んでいる。ここで第1透過側流路材の構成要素3aの集合が第1透過側流路材となる。11(b)、11(a)および11(c)は各分離膜における供給側の面である。12(b)、12(a)および12(c)は各分離膜における透過側の面である。

[0089] 供給側流路からきた流体が分離膜を経て透過側流路に流出するようにしてはならない。そこで、透過水が、第2透過側流路および集水管に流れていくように分離膜1(b)と分離膜1(a)との間は、集水管側の辺は封止せず、残りの3辺を封止する。その結果、封筒型の形状となる。一方、原流体が集水管側に直接流出することを防止するために、分離膜1(a)と分離膜1(c)とは集水管側の辺が封止される。

封止の手段としては、接着剤、ホットメルトなどにより接着されている形態、加熱またはレーザなどにより融着されている形態、およびゴム製シートが挟みこまれている形態が挙げられる。接着による封止は、最も簡便で効果が高いために特に好ましい。

[0090] 膜リーフは、集水管の周囲に巻回されており、幅方向が集水管9の長手方向(x方向)に沿うように配置される。その結果、膜リーフは、長さ方向が巻回方向に沿うように配置される。

[0091] なお、隣り合う分離膜は、同じ構成を備えてもよいし、異なる構成を備えてもよい。すなわち、向かい合う２枚の分離膜のうち、少なくとも一方の膜に上述の第１透過側流路材が設けられていれば、透過側流路が確保できるので、第１透過側流路材が接着している分離膜と、備えない分離膜とが交互に重ねられていてもよい。

[0092] (２－３) 集水管

図３において、集水管９は、その中を透過水が流れるように構成されていればよく、材質、形状、大きさ等は特に限定されない。集水管９としては、例えば、複数の孔が設けられた側面を有する円筒状の部材が用いられる。

[0093] (２－４) 第２透過側流路材

本発明の第２透過側流路材は、膜リーフの端部に存在している。透過側流路は、分離膜の上にある第１透過側流路材と、膜リーフの端部にある第２透過側流路材とによって形成される。第２透過側流路材はシート状部材である。第２透過側流路材の存在によって、集水管の外周部に、透過水の流路が安定的に形成される。なお、第２透過側流路材は、集水管の周りを、１周分を越えて巻回している。

[0094] なお、集水管の周りを巻回する第２透過側流路材の長さは、集水管の周囲に透過水の流路を作ることができる程度であればよく、２周以上に相当する長さであることが好ましく、３周以上に相当する長さであることがより好ましく、４周以上に相当する長さであることがさらに好ましい。第２透過側流路材は、透過水流路を形成するために、第１透過側流路材と、第１透過側流路材の端部で少なくとも接触している。さらに第１透過側流路材の端部で重なっていてもよい。

[0095] 図５～図８に、本発明の分離膜エレメントの構成例を示す。これらの図の分離膜エレメントは、分離膜１、供給側流路材６、および第１透過側流路材３はまだ巻回されていない状態である。図５～図８の膜リーフは、透過側流路が集水管９に向かうように、すなわち巻回の内側に位置するように、配置される。また、これらの図に示す分離膜エレメントでは、第１透過側流路材

1 は、透過側面で、第 2 透過側流路材 5 に接続される。これによって、第 1 透過側流路材によって形成された透過側流路が、第 2 透過側流路材 5 の流路によって集水管 9 の周囲に形成された流路に接続される。さらに第 2 透過側流路材は、集水管の外周面を少なくとも 1 周を超えて巻回していることが好ましい。また第 2 透過側流路材の一部は、第 1 透過側流路材と、第一透過側流路材の一部と重なっていることが好ましい。

[0096] 図 5 に示す形態では、第 2 透過側流路材 5 は、複数ある第 1 透過側流路材 3 それぞれと端部で接触している。

[0097] 図 5 の形態では第 2 透過側流路材は 1 枚であるが、それに代えて第 2 透過側流路材が複数枚あってもいい。第 2 透過側流路材と第 1 透過側流路材の接触を維持するためには、両者を接着することが好ましい。その製造の容易さから、本発明のすべての態様において、第 2 透過側流路材は好ましくは 1 ～ 5 枚であり、より好ましくは 1 ～ 3 枚、さらに好ましくは 1 枚である。また第 2 流路側透過材は、図 5 では複数の第 1 透過側流路材のすべてと端部で接触しているが、本発明ではすべての第 1 透過側流路材と接触している必要はない。

図 6 に示す形態では、集水管 9 に巻回された第 2 透過側流路材 5 が、それぞれ複数ある、分離膜 1、第 1 透過側流路材および供給側流路材 6 からなる群の下の方に配置される。図 6 の状態から、さらに膜リーフを巻回すると、第 2 透過側流路材は複数ある第 1 透過側流路材のうち、図 6 では最も上にある第 1 透過側流路材 3 と接触することになる。

[0098] 図 7 に示す形態では、第 2 透過側流路材 5 が、複数の第 1 透過側流路材 3 と重なっている。

[0099] 図 8 に示す形態では、第 2 透過側流路材 5 が、複数の第 1 透過側流路材と一部重なっている。

[0100] 第 2 透過側流路材としては、ネット、トリコット、不織布、フィルムなどの連続形状を有しているシート状物あるいはこれらのシート状物に不連続な突起物を形成したシート状物が用いられる。これらのシート状物を用いれば

、膜リーフの束を集水管に容易に巻回することができる。また、第2透過側流路材が第1透過側流路材の少なくとも先端開口部に重なることにより、第1透過側流路材が透過側膜リーフの開口部で分離膜本体から剥離するのを抑制することができるうえ、分離膜エレメントを加圧運転時の膜落ち込みを抑制することができる。

[0101] 第2透過側流路材の空隙率は、大きければ圧力損失を小さくすることができるものの、加圧時に分離膜が透過側流路材に落ち込みやすくなってしまう。空隙率が小さければ圧力損失は大きくなるものの、加圧時の分離膜の落ち込みは抑制することが出来るが、圧力損失は大きくなってしまう。第2透過側流路材の空隙率は、好ましくは30～80%であり、より好ましくは40～80%であり、さらには50～65%である。これらの範囲であれば、圧力損失を小さくでき、かつ、分離膜の落ち込みを抑制することができる。

[0102] 第2透過側流路材の空隙率は、単位面積あたりの質量を測定し、用いられている樹脂の比重および第2透過側流路材の厚みから、算出することができる。

[0103] 第2透過側流路材の厚みは、厚ければ圧力損失を小さくすることができるものの、分離膜エレメントの容器に充填できる膜面積が減少してしまう。薄ければ、分離膜エレメントに充填可能な膜面積は大きくなるものの、圧力損失は大きくなってしまう。第2透過側流路材の厚みは、好ましくは0.01mm～0.4mmであり、より好ましくは0.04mm以上、0.15mm以下、一方0.35mm以下である。

[0104] 第2透過側流路材の厚みは、市販の厚み測定器により直接測定することもできるし、他には市販のマイクロスコープなどにより第2透過側流路材の面に垂直な方向から観察し、撮影した画像を解析することによって測定することもできる。

[0105] 図6～図8のように第1透過側流路材と第2透過側流路材が重なる場合、第1透過側流路材と第2透過側流路材の厚みの和は、大きければ圧力損失を小さくすることができるものの、分離膜エレメントに充填できる膜面積が減

少してしまう。小さければ、分離膜エレメントに充填可能な膜面積は大きくなるものの、圧力損失は大きくなってしまう。したがって、第1透過側流路材と第2透過側流路材の厚みの和は、0.1 mm以上0.6 mm以下であることが好ましい。

[0106] 第2透過側流路材の見掛け密度は、大きければ圧力損失が大きくなるものの、第2透過側流路材の剛性を大きくすることができるため、複数の分離膜リーフ束巻回の容易性を向上することができる。小さければ圧力損失は小さくなるものの、第2透過側流路材の剛性が小さくなるため、分離膜リーフ束巻回の容易性の向上効果は小さい。第2透過側流路材の密度は、好ましくは 0.3 g/cm^3 以上、 1.2 g/cm^3 以下であることが好ましい。

[0107] 第2透過側流路材の見掛け密度は、第2透過側流路材の単位面積あたりの質量を測定し、厚みで割ることにより、算出することができる。

[0108] 第2透過側流路材の素材は、集水管に容易に巻回できるものであればよく、分離膜と異なることが好ましい。第2透過側流路材の圧縮弾性率は、0.1 GPa～5 GPaであることが好ましい。弾性率がこの範囲内であれば、第2透過側流路材を集水管に容易に巻回することができ、また、第1透過側流路材の分離膜本体からの剥離を効果的に抑制することができる。第2透過側流路材の素材としては、具体的には、ポリエステル、ポリエチレン、ポリプロピレンなどが好ましく用いられる。

[0109] 第2透過側流路材の弾性率は、例えば、オートグラフを用いて圧縮試験を行い、応力ひずみ線図を作成することにより、測定することができる。

[0110] [3. 分離膜エレメントの製造方法]

分離膜エレメントの製造には、従来のエレメント製作装置を用いることができる。また、エレメント作製方法としては、参考文献（特開平11-226366）に記載される方法を用いることができる。詳細には以下のとおりである。

[0111] (3-1) 分離膜本体の製造

分離膜本体の製造方法については上述したが、簡単にまとめると以下のと

おりである。

[0112] 良溶媒に樹脂を溶解し、得られた樹脂溶液を基材にキャストして純水中に浸漬して多孔性支持層と基材を複合させる。その後、上述したように、多孔性支持層上に分離機能層を形成する。さらに、必要に応じて分離性能、透過性能を高めるべく、塩素、酸、アルカリ、亜硝酸などの化学処理を施し、さらにモノマー等を洗浄し分離膜本体の連続シートを作製する。

[0113] (3-2) 供給側流路材の配置

供給側流路材が、ネット等の連続的な形状の部材である場合は、分離膜と供給側流路材とを重ね合わせることで、供給側流路を形成することができる。

[0114] また、分離膜に樹脂を直接塗布することで、不連続な、または連続な形状を有する供給側流路材を形成することができる。分離膜に固着された供給側流路材によって形成される場合も、供給側流路材の配置が分離膜の製造方法の一部と見なしてもよい。

[0115] また、分離膜を凹凸加工することで、流路を形成してもよい。凹凸加工法としては、エンボス成形、水圧成形、カレンダ加工などの方法が挙げられる。エンボス加工の条件、エンボス加工形状等は、求められる分離膜エレメントの性能等に応じて変更可能である。この凹凸加工は、分離膜の製造方法の一部と見なしてもよい。

[0116] (3-3) 透過側流路の形成

上述したように、透過側流路は、分離膜本体上あるいは分離膜本体とは別のシート状物に設けられた第1透過側流路材および集水管の外周面に巻回される第2透過側流路材によって形成される。なお第1透過側流路材は、分離膜本体とは別のシート状物に設けていてもよい。

[0117] 第1透過側流路材を配置する方法は特に限定されないが、ロール型コーター、ノズル型のホットメルトアPLICエーター、スプレー型のホットメルトアPLICエーター、フラットノズル型のホットメルトアPLICエーター、グラビア法、押出型コーター、印刷、噴霧などを用いることができる。

[0118] 第2透過側流路材は、集水管にテープあるいは溶着により接着し、さらに膜リーフとは溶着により接着する。

[0119] (3-4) 分離膜の積層および巻回

上の「(2-2) 膜リーフ」の欄で説明したとおり、透過水が第2透過側流路および集水管に流れていくように分離膜1(b)と分離膜1(a)との間は、集水管側の辺は封止せず、残りの3辺を封止し、封筒状の形態とする。

封止は、接着剤またはホットメルト等による接着、熱またはレーザーによる融着等により実行できる。封止に用いられる接着剤は、粘度が40 p s以上150 p s以下の範囲内であることが好ましく、さらに50 p s以上120 p s以下がより好ましい。分離膜にしわが発生すると、分離膜エレメントの性能が低下することがあるが、接着剤粘度が、150 p s以下であることで、分離膜を集水管に巻回するときに、しわが発生しにくくなる。また、接着剤粘度が40 p s以上である場合、分離膜間からの接着剤の流出が抑制され、不要な部分に接着剤が付着する危険性が低下する。

[0120] 接着剤の塗布量は、分離膜が集水管に巻回された後に、接着剤が塗布される部分の幅が10 mm以上100 mm以下であるような量であることが好ましい。これによって、分離膜が確実に接着されるので、原流体の透過側への流入が抑制される。また、有効膜面積も比較的大きく確保することができる。

[0121] 接着剤としてはウレタン系接着剤が好ましく、粘度を40 p s以上150 p s以下の範囲とするには、主剤のイソシアネートと硬化剤のポリオールとが、イソシアネート：ポリオール＝1：1～1：5の割合で混合されたものが好ましい。接着剤の粘度は、予め主剤、硬化剤単体、及び配合割合を規定した混合物の粘度をB型粘度計(JIS K 6833)で測定される。

[0122] また、第2透過側流路材は、例えば、第2透過側流路材を分離膜の角部に熱融着により接着させることで、実質的に第1透過側流路材と第2透過側流路材とを接続することができる。

[0123] こうして膜リーフは、接着材が塗布されて集水管の周囲に巻きつけられる。こうして、膜リーフがスパイラル状に巻回される。

[0124] 本発明において、透過側流路材は第1透過側流路材と第2透過側流路材の両方を備える。第1透過側流路材は、分離膜リーフ内透過側の流路を広く確保することができ、圧力損失を小さくすることができる。一方、第2透過側流路材は、分離膜リーフ透過側の開口端部～集水管表面の孔への流路を確保することができるため、集水管近傍の圧力損失を低減することができる。したがって、第1透過側流路材と第2透過側流路材の両方を接続することにより、透過側流路全体の圧力損失を低減することができる。

また、第2透過側流路材を第1透過側流路材の上に重ねることによって、第1透過側流路材の分離膜からの剥離や分離膜の加圧による透過側流路への落ち込みを抑制することができる。

[0125] (3-5) その他の工程

分離膜エレメントの製造方法は、上述のように形成された分離膜の巻回体の外側に、フィルムおよびフィラメント等をさらに巻きつけることを含んでもよいし、集水管の長手方向における分離膜の端を切りそろえるエッジカット、端板の取り付け等のさらなる工程を含んでもよい。

[0126] 4. 分離膜エレメントの利用

分離膜エレメントに供給された原流体は、分離膜1の供給側の面21に供給される。原流体の一部が分離膜1を透過することで、原流体は透過流体と濃縮流体とに分離される。透過流体は、封筒状膜の内側、つまり向かい合う2つの分離膜がそれぞれ有する透過側の面の間を流れて、集水管に到達する。集水管内を流れた透過流体は集水管9の端部から分離膜エレメントの外に排出される。濃縮流体は、向かい合う2つの供給側の面21の間を流れ、分離膜エレメントの端部から流出する。

[0127] 分離膜エレメントは、直列または並列に接続されて圧力容器に収納されることで、分離膜モジュールとして使用可能である。

[0128] また、上記の分離膜エレメント、モジュールは、それらに流体を供給する

ポンプや、その流体を前処理する装置などと組み合わせて、流体分離装置を構成することができる。この分離装置を用いることにより、例えば原水を飲料水などの透過水と膜を透過しなかった濃縮水とに分離して、目的にあった水を得ることができる。

[0129] 流体分離装置の運転圧力は高い方が塩除去性は向上するが、運転に必要なエネルギーも増加すること、また、複合半透膜の耐久性を考慮すると、複合半透膜に被処理水を透過する際の運転圧力は、0.2 MPa以上、10 MPa以下が好ましい。なお、運転圧力とはいわゆる膜間圧力差（trans membrane pressure）である。供給水温度は、高くなると塩除去性が低下するが、低くなるにしたがい膜透過流束も減少するので、5℃以上、45℃以下が好ましい。また、供給水pHは、高くなると海水などの高塩濃度の供給水の場合、マグネシウムなどのスケールが発生する恐れがあり、また、高pH運転による膜の劣化が懸念されるため、中性領域での運転が好ましい。

[0130] 複合半透膜によって処理される原水としては、海水、かん水、排水等の500 mg/L～100 g/LのTDS（Total Dissolved Solids：総溶解固形分）を含有する液状混合物が挙げられる。一般に、TDSは総溶解固形分量を指し、「質量÷体積」で表されるか、1 Lを1 kgと見なして「質量比」で表される。定義によれば、0.45ミクロンのフィルターで濾過した溶液を39.5～40.5℃の温度で蒸発させ残留物の質量から算出できるが、より簡便には実用塩分から換算する。

実施例

[0131] 以下に実施例によって本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例によってなんら限定されるものではない。

[0132] （第1透過側流路材の厚み）

走査型電子顕微鏡（S-800）（日立製作所製）を用いて、分離膜幅方向に均等に20箇所の任意の第1透過側流路材の断面に関して、分離膜長さ方向に均等に20箇所の任意の断面を倍率500倍で撮影した。撮影された

画像を解析することにより厚みを測定し、測定箇所の平均値で表した。

[0133] (第1透過側流路材の幅、間隔)

走査型電子顕微鏡 (S-800) (日立製作所製) を用いて、分離膜幅方向に均等に20箇所の任意の第1透過側流路材の断面に関して、分離膜長さ方向に均等に20箇所の任意の断面を倍率500倍で撮影した。撮影された画像を解析することにより、第1透過側流路材の上端部の幅、間隔および下端部の幅、間隔を測定し、測定箇所の平均値を算出した。幅、間隔ともに上端部と下端部の平均値を算出することにより、第1透過側流路材の幅および間隔を表した。

[0134] (第1透過側流路材の投影面積比)

上述のとおり測定された第1透過側流路材の幅および間隔に関して、(上端部の幅) / ((上端部の幅) + (上端部の間隔)) にて流路材上端部の投影面積比を算出し、(下端部の幅) / ((下端部の幅) + (下端部の間隔)) にて流路材下端部の投影面積比を算出し、それらの平均値にて、第1透過側流路材の分離膜表面に対する投影面積比を表した。

[0135] (第2透過側流路材の厚み)

市販の厚み測定器を用いて第2透過側流路材で無作為に選択した30箇所の厚みを測定した。

[0136] (第2透過側流路材の空隙率)

幅20cm×長さ20cmに切断した第2透過側流路材10個分の試料の重量を測定し、その平均値を1cm²あたりに換算した値を目付け量 (g / cm²) とした。以下の式により、空隙率を算出した。空隙率 (%) = 100 × (1 - 目付け量 / 比重 / 厚み)

(第2透過側流路材の密度)

第2透過側流路材の密度 (g / cm³) は、第2透過側流路材の目付け量を第2透過側流路材の厚みで除して算出した。

[0137] (第1透過側流路材先端の剥離本数)

第1透過側流路材先端の剥離本数は、1分間の運転と1分間の停止のサイ

クルを3000回繰り返した後の分離膜エレメントを解体し採取した、膜リーフ1枚あたりの第1透過側流路材先端の剥離本数をカウントした。

[0138] (膜落ち込み量比)

膜落ち込み量比は、1分間の運転と1分間の停止のサイクルを3000回繰り返した後の分離膜エレメントを解体し、膜が透過側の流路にたわむことにより、透過側流路を閉塞している部分の最大高さを、マイクروسコープを用いて幅方向に10箇所、長さ方向に5箇所の計50点測定し、その平均値を膜落ち込み量とした。透過側流路材として第1透過側流路材のみを用いた場合の膜落ち込み量を100とした場合の比で膜落ち込み量を示した。すなわち、膜落ち込み量比が小さいほど膜落ち込みが少なく、好ましい。

[0139] (造水量)

供給水として、濃度2000mg/LかつpH6.5の食塩水を用い、運転圧力1.55MPa、運転温度25℃の条件下で運転を行ったときの、1つの分離膜エレメントにより得られた1日あたりの透水量を、造水量($\text{m}^3/\text{日}$)として表した。

[0140] (脱塩率(TDS除去率))

上記造水量の測定時と同様の操作によって得られた透過水の電気伝導度を測定し、TDS濃度を算出した。この透過水のTDS濃度と、供給水のTDS濃度を、下記式に当てはめることで、TDS除去率を算出した。

$$\text{TDS除去率}(\%) = 100 \times \{1 - (\text{透過水中のTDS濃度} / \text{供給水中のTDS濃度})\}$$

(実施例1)

ポリエチレンテレフタレート繊維から抄紙法で得られた不織布を、支持膜として準備した。この不織布は、その構成繊維の糸径は約1デシテックス、不織布の厚みは90 μm 、通気度(JISL 1096による)1 $\text{cc}/\text{cm}^2/\text{sec}$ 、繊維配向度は多孔性支持層側表層で40°であり、多孔性支持層とは反対側の表層で20°である。その上にポリスルホンの15.5質量%DMF溶液を180 μm の厚みで室温(25℃)にてキャストし、ただちに

純水中に浸漬して5分間放置することによって、厚さ135 μ mのポリエステル繊維で補強された補強ポリスルホン支持膜からなるロールを作製した。

[0141] その後、ロールから支持膜を巻き出し、支持膜のポリスルホン側表面に、*m*-フェニレンジアミンの4.2質量%水溶液を塗布し、エアーノズルから窒素を吹き付け支持膜表面から余分な水溶液を取り除いた。その後トリメシン酸クロリド0.16質量%を含む25℃の*n*-デカン溶液を表面が完全に濡れるように塗布した。その後、膜から余分な溶液をエアブローで除去し、80℃の熱水で洗浄して、エアブローで液切りして分離膜を得た。

[0142] 次に、分離膜の透過側面に長さ方向（*y*方向）、0.85m毎に、第1透過側流路材の塗布、非塗布を繰り返した。塗布する場合には、鹼化エチレン酢酸ビニル共重合体樹脂（商品名：“メルセン”（登録商標）6822X、東ソー社製）を、溝幅および線幅がそれぞれ0.38mmである楕形シムを装填したホットメルトアプリケーションャーを用いて、樹脂温度160℃、走行速度3m/minで、長さ0.85mごとに分離膜の透過側の面に塗布した。集水管長手方向から観察した各構成要素の断面の形状が台形状であり、厚みが0.26mmである第1透過側流路材を得た。

[0143] 次に、第1透過側流路材を設けた分離膜を、スパイラル型分離膜エレメントでの有効膜面積が37m²になるように、長さ：1.7m、幅0.93mに26枚断裁加工した。即ち裁断した分離膜の透過側の面の半分には、第1透過側流路材が設けられ、他の半分には第1透過側流路材がない。

[0144] そして、供給側の面が対向するように分離膜を折り畳み、さらにネット（厚み：0.8mm、ピッチ：5mm×5mm、繊維径：0.38mm）を供給側流路材として、折り畳んだ分離膜の間に挟み込んだ。以下この構造体を「分離膜リーフ」と言う。

[0145] 1枚の第2透過側流路材（トリコット。厚み：0.26mm、溝幅：0.2mm、畦幅：0.3mm、溝深さ：0.105mm、空隙率：0.5）をABS製集水管（幅：1020mm、径：30mm、孔数40個×直線状1列）に両面テープで固定し、さらに26枚の膜リーフを、図5のように第1

透過側流路材の巻回方向内側端部が第2透過側流路材に連結するように熱融着によって接着し、それらを集水管の周りに巻回した。さらに、外周にフィルムを巻き付け、テープで固定した後に、エッジカット、端板の取り付け、フィラメントワインディングを行うことで、8インチ径のエLEMENTを作製した。

[0146] このELEMENTを圧力容器に入れて、上述の条件で運転したところ、造水量および脱塩率は、表1に示すとおりであった。なお、上記運転の回収率（（造水量）／（原流体の供給流量）×100）は15%であった。

[0147] 以下、表1および表2に、実施例ならびに比較例のELEMENT構成、およびELEMENT性能をまとめて示す。

[0148] （実施例2）

第2透過側流路材として、厚み：0.4mm、溝幅：0.2mm、畦幅：0.3mm、溝深さ：0.16mm、空隙率：0.4のトリコットを用いた以外は、実施例1と同様にして図5のように分離膜ELEMENTの作製、運転を行った。造水量および脱塩率は表1に示すとおりであった。

[0149] （実施例3）

第2透過側流路材として、厚み：0.4mm、ピッチ：4mm×4mm、空隙率：0.85のネットを用いた以外は実施例1と同様にして図5のように分離膜ELEMENTの作製、運転を行った。造水量および脱塩率は表1に示すとおりであった。

[0150] （実施例4）

第2透過側流路材として、厚み：0.42mm、溝幅：0.2mm、畦幅：0.3mm、溝深さ：0.17mm、空隙率：0.4のトリコットを用いた以外は、実施例1と同様にして図5のように分離膜ELEMENTの作製、運転を行った。造水量および脱塩率は表1に示すとおりであった。

[0151] （実施例5）

分離膜リーフを実施例1と同様に作製し、第2透過側流路材として、1枚のトリコット（厚み：0.26mm、溝幅：0.2mm、畦幅：0.3mm

、溝深さ：0.105 mm、空隙率：0.5）を用い、図6のように集水管に巻回したのちに、1束の膜リーフの透過側流路材として、第1透過側流路材に重ねた。それ以外の膜リーフに関しては第1透過側流路材のみが透過側流路材である。こうして分離膜エレメントを作製し、運転を行った。造水量および脱塩率は表1に示すとおりであった。

[0152] （実施例6）

実施例1と同様に分離膜を作製し、第1透過側流路材の高さを0.22 mmに変更した以外は実施例1と同様に、26枚の分離膜リーフを作成した。第2透過側流路材として、空隙率0.6、見掛け密度0.6 g/cm³、厚み0.04 mmのポリエステル製長繊維不織布を用い、第2透過側流路材を集水管の周りに10周分巻回し、さらに第2透過側流路材を図7のようにそれぞれの分離膜リーフ内の第1透過側流路材全体に重なるように配置し、分離膜エレメントを作製し、運転を行った。造水量および脱塩率は表1に示すとおりであった。

[0153] （実施例7）

第1透過側流路材の高さを0.18 mmに変更し、第2透過側流路材の空隙率を0.13、密度を1.3 g/cm³、厚みを0.08 mmに変更した以外は、実施例6と同様に図7のように分離膜エレメントを作製し、運転を行った。造水量および脱塩率は表1に示すとおりであった。

[0154] （実施例8）

第1透過側流路材の高さを0.16 mmに変更し、第2透過側流路材の空隙率を0.85、密度を0.2 g/cm³、厚みを0.1 mmに変更した以外は、実施例6と同様に図7のように分離膜エレメントを作製し、運転を行った。造水量および脱塩率は表1に示すとおりであった。

[0155] （実施例9）

第2透過側流路材として、空隙率0.8、密度0.3 g/cm³、厚み0.1 mmのポリエステル製長繊維不織布を用いた以外は、実施例5と同様に図6のように分離膜エレメントを作製し、運転を行った。造水量および脱塩率

は表 2 に示すとおりであった。

[0156] (実施例 1 0)

第 1 透過側流路材の高さを 0. 2 6 mm に変更し、第 2 透過側流路材を図 8 のように各分離膜リーフ内の第 1 透過側分離材の内側先端部分 5 cm のみに重ねるように変更した以外は、実施例 8 と同様に分離膜エレメントを作製し、運転を行った。造水量および脱塩率は表 2 に示すとおりであった。

[0157] (実施例 1 1)

分離膜リーフを実施例 1 と同様に作製し、第 2 透過側流路材として、空隙率 0. 8、密度 0. 3 g / c m³、厚み 0. 1 mm のポリエステル製長繊維不織布を用い、1 枚の第 2 透過側流路材に 5 枚の第 2 透過側流路材を接着させ、合計 6 枚の第 2 透過側流路材とし、1 枚の第 2 透過側流路材を集水管に 1 0 周分巻回したのちに、6 枚の第 2 透過側流路材を、計 6 束の分離膜リーフに 1 枚ずつ内の透過側流路材として、第 1 透過側流路材に重ねた。すなわち、2 6 束の分離膜リーフのうち、第 1 透過側流路材と第 2 透過側流路材の両方を有する分離膜リーフが 6 束であり、第 1 透過側流路材のみを有する分離膜リーフが 2 0 束である。こうして分離膜エレメントを作製し、運転を行った。造水量および脱塩率は表 2 に示すとおりであった。

[0158] (実施例 1 2)

実施例 1 1 と同様に分離膜リーフを作製し、実施例 1 1 と同様な第 2 透過側流路材を用い、1 枚の第 2 透過側流路材に 1 3 枚の第 2 透過側流路材を接着させ、合計 1 4 枚の第 2 透過側流路材とし、1 枚の第 2 透過側流路材を集水管に 1 0 周分巻回したのちに、計 1 4 束の膜リーフ内の透過側流路材として、第 1 透過側流路材に重ねた。それ以外の 1 2 束の膜リーフに関しては第 1 透過側流路材のみが透過側流路材である。こうして分離膜エレメントを作製し、運転を行った。造水量および脱塩率は表 2 に示すとおりであった。

[0159] (実施例 1 3)

第 2 透過側流路材として、厚み 0. 2 mm、空隙率 5 0 %、密度 0. 4 g / c m³ のトリコットを用いた以外は実施例 1 0 と同様に図 8 のように分離膜

エレメントを作製し、運転を行った。造水量および脱塩率は表2に示すとおりであった。

[0160] (比較例1)

第2透過側流路材5として、トリコット（厚み：0.26mm、溝幅：0.2mm、畦幅：0.3mm、溝深さ：0.105mm、空隙率：0.5）を用いた。図9に示すように、第1透過側流路材を使用しないことと、第2透過側流路材を、分離膜1の間まで広げたこと以外は実施例1と同様に分離膜リーフを作製した。

ABS製集水管（幅：1020mm、径：30mm、孔数40個×直線状1列）に1枚のトリコットを両面テープで固定し、2周分巻回し、さらに25枚のトリコットを連結させ、計26枚のトリコットを26束の膜リーフの透過側流路材として用い、図9のように集水管の周りに巻回した。さらに、外周にフィルムを巻き付け、テープで固定した後に、エッジカット、端板の取り付け、フィラメントワインディングを行うことで、8インチ径のエレメントを作製し、運転を行った。造水量および脱塩率は表2に示すとおりであった。

[0161] (比較例2)

第2透過側流路材を使用しなかったこと以外は、膜リーフを実施例1と同様に作製した。集水管に実施例1と同様に前記膜リーフの束を図10のように巻回し、分離膜エレメントを作製し、運転を行った。造水量および脱塩率は表2に示すとおりであった。

[0162] (比較例3)

供給側流路材6、分離膜1および第1透過側流路材3を実施例1と同様に作製した。厚み0.40mm、空隙率60%、密度0.6g/cm³の不織布7を、複数ある第1透過側流路材3それぞれの上に重なるように配置したこと、および第2透過側流路材を使用しなかったこと以外は、実施例1と同様に分離膜リーフを作製し、分離膜リーフを直接集水管に巻回し、図11のように分離膜エレメントを作製し、運転を行った。造水量および脱塩率は表2

に示すとおりであった。

[0163] (比較例 4)

第 1 透過側流路材を用いず、透過側流路材として、ポリエステル製不織布（空隙率：0.72、密度：0.40 g/cm³、厚み：0.26 mm）を用いた以外は比較例 1 と同様に図 9 のように分離膜エレメントを作製し、運転を行った。造水量および脱塩率は表 2 に示すとおりであった。

[0164] (比較例 5)

実施例 1 と同様に分離膜リーフを作製し、第 2 透過側流路材として、トリコット（厚み：0.26 mm、溝幅：0.2 mm、畦幅：0.3 mm、溝深さ：0.105 mm、空隙率：0.5）を用いた。集水管にトリコットを 2 周分巻回し、さらに供給側流路材 6、分離膜 1 および第 1 透過側流路材からなる複数の束を巻回し、図 12 のように分離膜エレメントを作製、運転を行った。この際第 1 透過側流路材と第 2 透過側流路材とは接触していない。造水量および脱塩率は表 2 に示すとおりであった。

[0165] 表 1、表 2 から分かるように、本発明の分離膜エレメントによって、分離膜エレメントの造水量を向上させることができる。

[0166]

[表1A]

【表1A】		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
第1透過側流路材	分離膜リーフ数	-	26	26	26	26
	分離膜リーフ数	-	26	26	26	26
	間隔	mm	0.38	0.38	0.38	0.38
	厚み	mm	0.26	0.26	0.26	0.26
	投影面積比	-	0.5	0.5	0.5	0.5
第2透過側流路材	材料	-	トリコット	ネット	トリコット	トリコット
	数	-	1	1	1	1
	空隙率	%	50	85	40	50
	見掛け密度	g/cm ³	0.45	0.30	0.22	0.45
	厚み	mm	0.26	0.40	0.42	0.26
第2透過側流路材の配置		-	図5	図5	図5	図6
第1透過側流路材先端の剥離本数		本	10	10	10	28
膜落ち込み量比		-	95	95	95	91
分離膜エレメントの造水量		m ³ /d	43.9	43.3	43.3	43.9
脱塩率		%	99.2	99.2	99.2	99.2

[0167] [表1B]

【表1B】

		実施例6	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10
第1透過側流路材	分離膜リーフ数	-	26	26	26	26
	分離膜リーフ数	-	26	26	26	26
	間隔	mm	0.38	0.38	0.38	0.38
	厚み	mm	0.22	0.16	0.26	0.26
	投影面積比	-	0.5	0.5	0.5	0.5
第2透過側流路材	材料	-	不織布	不織布	不織布	不織布
	数	-	26	26	1	26
	空隙率	%	60	13	85	60
	見掛け密度	g/cm ³	0.60	1.30	0.20	0.60
	厚み	mm	0.04	0.08	0.10	0.04
第2透過側流路材の配置		-	図7	図7	図6	図8
第1透過側流路材先端の剥離本数		本	0	0	28	0
膜落ち込み量比		-	30	10	91	90
分離膜エレメントの造水量		m ³ /d	44.0	44.1	44.5	44.9
脱塩率		%	99.1	99.1	99.0	99.2

[0168] [表2A]

【表2A】

		実施例11	実施例12	実施例13
分離膜リーフ数	分離膜リーフ数	-	26	26
	分離膜リーフ数	-	26	26
第1透過側流路材	間隔	mm	0.38	0.38
	厚み	mm	0.26	0.26
	投影面積比	-	0.5	0.5
	材料	-	不織布	トリコット
第2透過側流路材	枚数	-	14	26
	空隙率	%	80	50
	見掛け密度	g/cm ³	0.30	0.40
	厚み	mm	0.10	0.20
第2透過側流路材の配置		-	図6	図8
第1透過側流路材先端の剥離本数	第1透過側流路材先端の剥離本数	本	22	0
	膜落ち込み量比	-	70	90
分離膜エレメントの造水量	分離膜エレメントの造水量	m ³ /d	43.2	43.9
	脱塩率	%	99.1	99.1

[0169]

[表2B]

【表2B】		比較例1	比較例2	比較例3	比較例4	比較例5
第1透過側流路材	分離膜リーフ数	-	26	26	26	26
	分離膜リーフ数	-	26	26	-	26
	間隔	mm	0.38	0.38	-	0.38
	厚み	mm	0.26	0.26	-	0.26
	投影面積比	-	0.5	0.5	-	0.5
第2透過側流路材	材料	-	-	不織布	不織布	トリコット
	枚数	-	0	26	26	0
	空隙率	%	-	60	72	50
	見掛け密度	g/cm ³	0.45	0.60	0.40	0.40
	厚み	mm	0.26	0.04	0.26	0.20
第2透過側流路材の配置		図9	図10	図11	図9	図12
第1透過側流路材先端の剥離本数 膜落ち込み量比	本	-	30	21	-	30
	-	5	100	30	0	100
分離膜エレメントの造水量		m ³ /d	42.4	42.5	38.3	42.9
脱塩率		%	99.1	99.2	99.0	99.0

符号の説明

[0170]	1	分離膜
	1 1	供給側の面
	1 2	透過側の面
	3	第 1 透過側流路材
	3 a	第 1 透過側流路材の構成要素
	4	第 1 透過側流路
	5	第 2 透過側流路材
	6	供給側流路材
	7	不織布
	8 0	膜リーフ
9		集水管
	1 0 0	分離膜エレメント
	b	隣り合う第 1 透過側流路材の構成要素の間隔
	d	第 1 透過側流路材の構成要素の幅
	x	第 2 方向（集水管の長手方向）
	y	第 1 方向（膜リーフの周回方向）

請求の範囲

- [請求項1] 集水管および前記集水管の周りに巻回された膜リーフを有し；
前記膜リーフは、供給側流路材と、分離膜と、第1透過側流路材と、第2透過側流路材とを有し；
前記分離膜の供給面側には給側流路材を有し；
前記分離膜の透過面側には前記第1透過側流路材を有し；
前記第1透過側流路材は、集水管の長手方向には連続しておらず；
前記第2透過側流路材は、シート状物であって、前記膜リーフのひとつの端部に存在し；前記第2透過側流路材は、前記膜リーフを構成する部材のうち、最も近く前記集水管の外周面を巻回しており；そして第2透過側流路材は前記第1透過側流路材と第1透過側流路材の端部で少なくとも接触している
分離膜エレメント。
- [請求項2] 前記第2透過側流路材は前記第1透過側流路材と第1透過側流路材の少なくとも端部で重なっている、
請求項1に記載の分離膜エレメント。
- [請求項3] 前記第2透過側流路材の厚み方向の断面における空隙率が30～80％である、請求項1または2に記載の分離膜エレメント。
- [請求項4] 前記第2透過側流路材の厚みが0.01～0.4mmである、請求項1～3のいずれかに記載の分離膜エレメント。
- [請求項5] 前記第2透過側流路材の見掛け密度が0.3～1.2g/cm³である、
請求項1～4のいずれかに記載の分離膜エレメント。
- [請求項6] 前記第1透過側流路材の厚みが0.05mm以上0.8mm以下である、
請求項1～5のいずれかに記載の分離膜エレメント。
- [請求項7] 前記第1透過側流路材が、
前記集水管の長手方向において200～1500μmの間隔で設けら

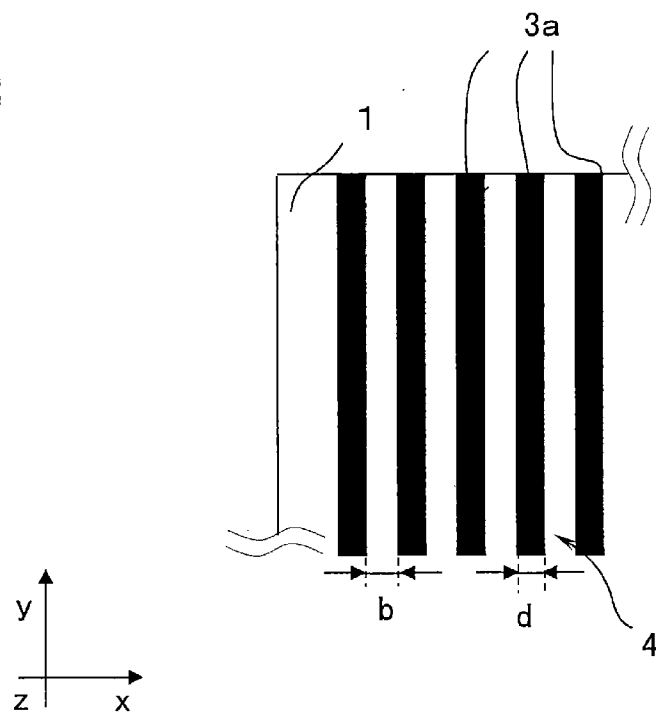
れている、

請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の分離膜エレメント。

[請求項 8] 前記第 1 透過側流路材の前記分離膜に対する投影面積比が 0.3 以上 0.7 以下である、請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の分離膜エレメント。

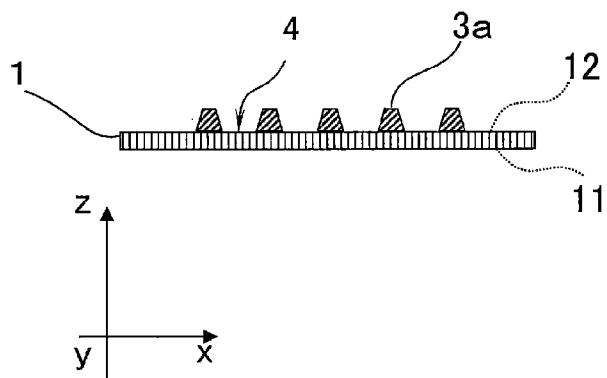
[図1]

【図1】



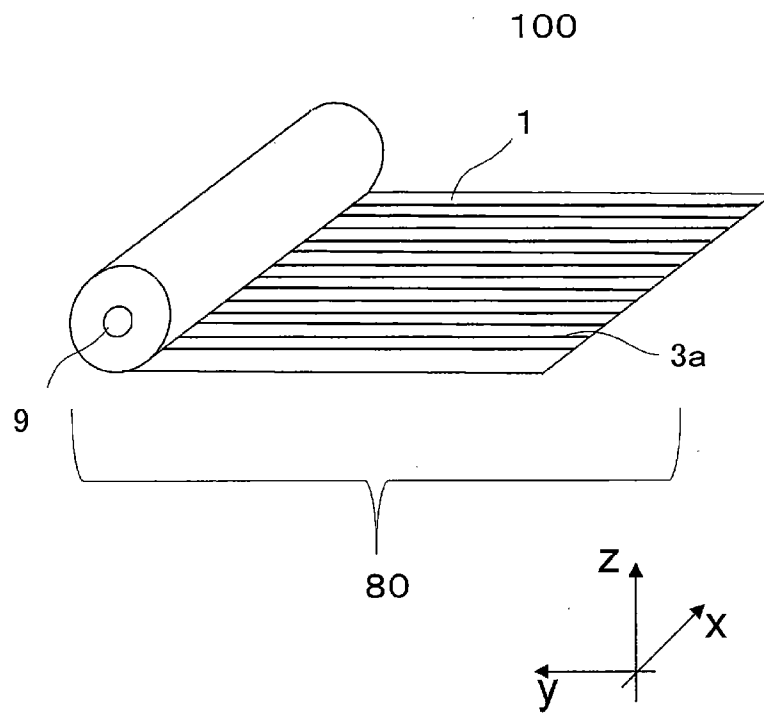
[図2]

【図2】



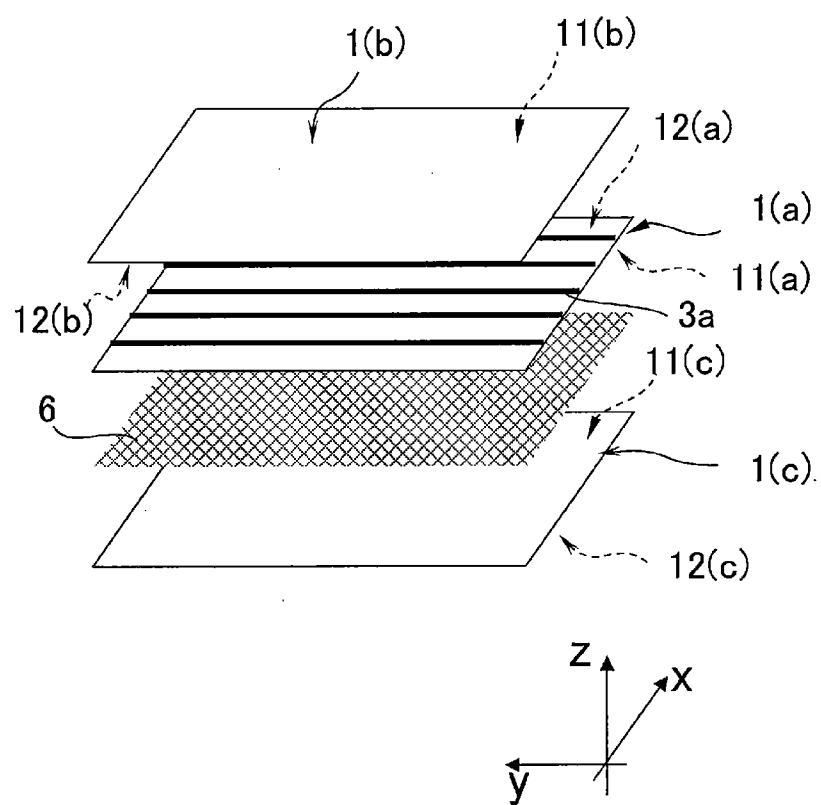
[図3]

【図3】



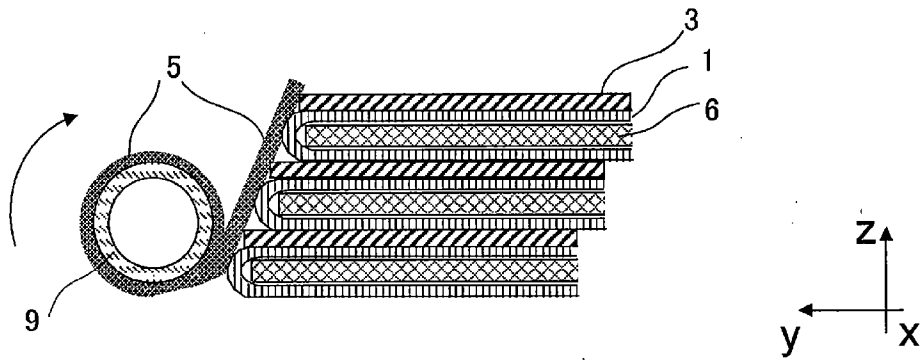
[図4]

【図4】



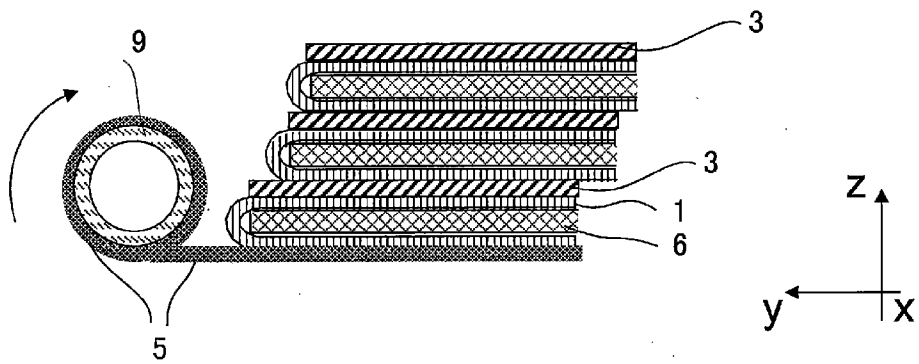
[図5]

【図5】



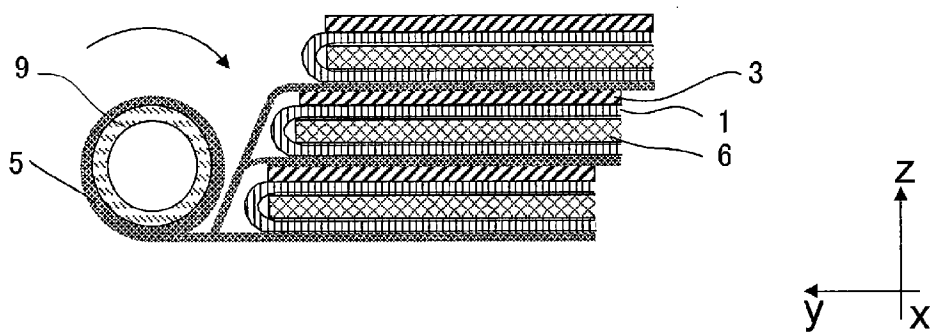
[図6]

【図6】



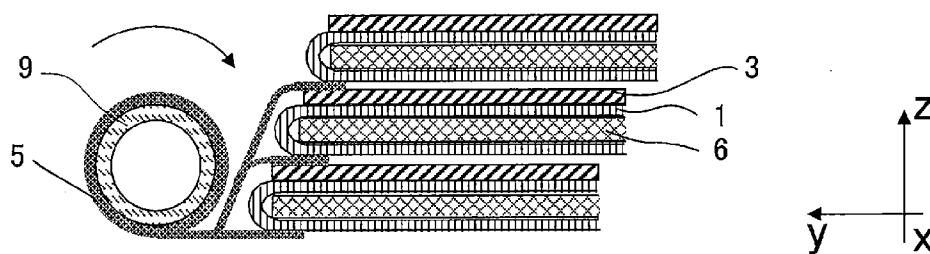
[図7]

【図7】



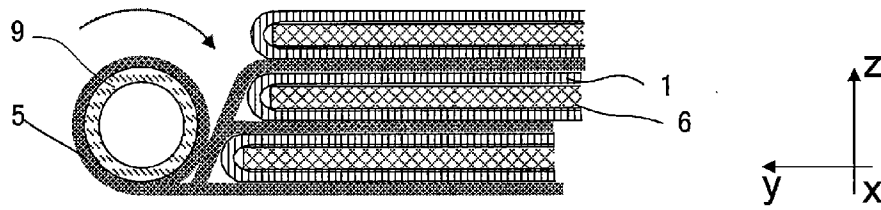
[図8]

【図8】



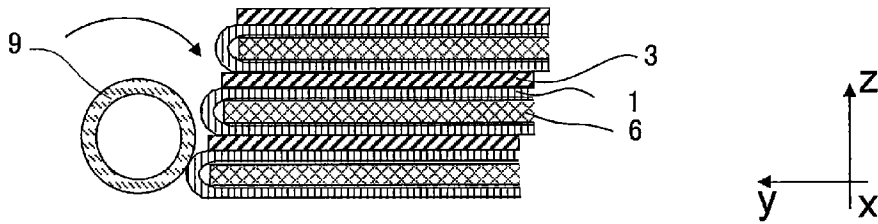
[図9]

【図9】



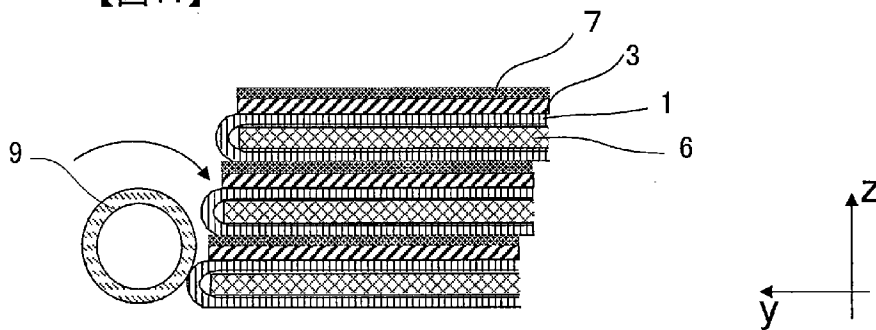
[図10]

【図10】



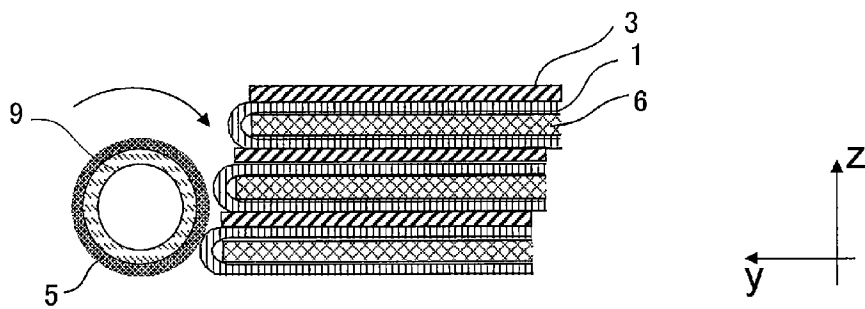
[図11]

【図11】



[図12]

【図12】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/066851

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01D63/10(2006.01) i, B01D63/00(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)

B01D63/10, B01D63/00

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
Y	WO 2013/005826 A1 (Toray Industries, Inc.), 10 January 2013 (10.01.2013), claims; paragraphs [0068], [0072], [0095], [0153]; fig. 1 to 7 & EP 2730331 A1 & US 2014/0151286 A1 & CN 103648621 A & TW 201306927 A	1-8
Y	JP 11-114381 A (Nitto Denko Corp.), 27 April 1999 (27.04.1999), paragraphs [0033], [0050]; fig. 4 (Family: none)	1-8
A	JP 2004-305823 A (Nitto Denko Corp.), 04 November 2004 (04.11.2004), entire text; all drawings & US 2004/0195164 A1 & EP 1464379 A1 & KR 10-0626901 B1 & CN 1539548 A	1-8

☒ 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
04 September, 2014 (04.09.14)

Date of mailing of the international search report
16 September, 2014 (16.09.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/066851

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-174365 A (Toray Industries, Inc.), 24 June 2004 (24.06.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2003-275547 A (Nitto Denko Corp.), 30 September 2003 (30.09.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B01D63/10(2006.01)i, B01D63/00(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（IPC））

Int.Cl. B01D63/10, B01D63/00

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2014年
日本国実用新案登録公報	1996-2014年
日本国登録実用新案公報	1994-2014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
Y	WO 2013/005826 A1（東レ株式会社）2013.01.10, 請求の範囲、[0068][0072][0095][0153]、 図1-7 & EP 2730331 A1 & US 2014/0151286 A1 & CN 103648621 A & TW 201306927 A	1-8
Y	JP 11-114381 A（日東電工株式会社）1999.04.27, [0033][0050]、図4 (ファミリーなし)	1-8

☒ 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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04.09.2014

国際調査報告の発送日

16.09.2014

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
A	JP 2004-305823 A (日東電工株式会社) 2004. 11. 04, 全文、全図 & US 2004/0195164 A1 & EP 1464379 A1 & KR 10-0626901 B1 & CN 1539548 A	1-8
A	JP 2004-174365 A (東レ株式会社) 2004. 06. 24, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2003-275547 A (日東電工株式会社) 2003. 09. 30, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8