

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7067060号  
(P7067060)

(45)発行日 令和4年5月16日(2022.5.16)

(24)登録日 令和4年5月6日(2022.5.6)

(51)国際特許分類		F I			
	B 0 1 D	63/10	(2006.01)	B 0 1 D	63/10
	B 0 1 D	63/00	(2006.01)	B 0 1 D	63/00 5 1 0

請求項の数 5 (全25頁)

(21)出願番号	特願2017-560824(P2017-560824)	(73)特許権者	000003159 東レ株式会社 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号
(86)(22)出願日	平成29年10月24日(2017.10.24)	(74)代理人	110002000 特許業務法人栄光特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2017/038259	(72)発明者	岡本 宜記 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
(87)国際公開番号	WO2018/079511	(72)発明者	ガルグ アクシャイ 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
(87)国際公開日	平成30年5月3日(2018.5.3)	(72)発明者	高木 健太郎 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
審査請求日	令和2年9月28日(2020.9.28)	(72)発明者	広沢 洋帆
(31)優先権主張番号	特願2016-212567(P2016-212567)		
(32)優先日	平成28年10月31日(2016.10.31)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 分離膜エレメント

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

有孔中心管と、

供給側の面と透過側の面とを有する分離膜の、前記透過側の面が向かい合うように形成された複数の分離膜対と、

前記分離膜対の前記供給側の面の間に設けられる供給側流路材と、

前記分離膜対の前記透過側の面の間に設けられる透過側流路材と、を備え、

前記有孔中心管のまわりに前記分離膜対、前記供給側流路材、前記透過側流路材が巻回されることで巻回体が形成され、

前記分離膜対の供給側の面において、前記有孔中心管長手方向の一端面および他端面、並びに、前記有孔中心管長手方向に対し垂直な方向の内周端部および外周端部、の4箇所の端面および端部のうち、2箇所以上の端面または端部がそれぞれ5%以上開口されており、複数の前記分離膜対が、少なくとも1枚の第1分離膜対と、少なくとも1枚の第2分離膜対とで構成され、

前記第1分離膜対と前記第2分離膜対とは、開口している前記端面または前記端部の組み合わせが異なり、

前記第1分離膜対と前記第2分離膜対の供給側の面において、開口している前記端面または前記端部の組み合わせが、

i) 前記第1分離膜対の一端面および他端面が開口されており、前記外周端部が閉口されており、

前記第 2 分離膜対の一端面が開口されており、他端面が閉口されており、前記外周端部が開口されている、

または、

i i ) 前記第 1 分離膜対の一端面が開口されており、他端面が閉口されており、前記外周端部が開口されており、

前記第 2 分離膜対の一端面および他端面が開口されており、前記外周端部が閉口されている、

であり、

前記第 1 分離膜対から排出された流体を前記第 2 分離膜対に供給するための U ターン用のキャップが前記巻回体の一端面に設けられている、  
分離膜エレメント。

10

【請求項 2】

有孔中心管と、

供給側の面と透過側の面とを有する分離膜の、前記透過側の面が向かい合うように形成された複数の分離膜対と、

前記分離膜対の前記供給側の面の間に設けられる供給側流路材と、

前記分離膜対の前記透過側の面の間に設けられる透過側流路材と、  
を備え、

前記有孔中心管のまわりに前記分離膜対、前記供給側流路材、前記透過側流路材が巻回されることで巻回体が形成され、

20

前記分離膜対の供給側の面において、前記有孔中心管長手方向の一端面および他端面、並びに、前記有孔中心管長手方向に対し垂直な方向の内周端部および外周端部、の 4 箇所の端面および端部のうち、2 箇所以上の端面または端部がそれぞれ 5 % 以上開口されており、

複数の前記分離膜対が、少なくとも 1 枚の第 1 分離膜対と、少なくとも 1 枚の第 2 分離膜対とで構成され、

前記第 1 分離膜対と前記第 2 分離膜対とは、開口している前記端面または前記端部の組み合わせが異なり、

前記第 1 分離膜対および前記第 2 分離膜対の一端面が開口されており、他端面が閉口されており、前記外周端部が開口されており、

30

前記巻回体の外周に流路材が設けられており、該流路材の外周が非透水性シートで被覆されている、

分離膜エレメント。

【請求項 3】

前記分離膜対の総数に占める前記第 1 分離膜対の割合が、55 ~ 90 % 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】

前記分離膜対の幅 W と前記分離膜対の長さ L との比 ( L / W ) が、2.5 以上 8 以下である、

請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の分離膜エレメント。

40

【請求項 5】

前記第 1 分離膜対の前記供給側の面の間に設けられる前記供給側流路材と、前記第 2 分離膜対の前記供給側の面の間に設けられる前記供給側流路材が異なる、

請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の分離膜エレメント。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液体、気体など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】

50

## 【 0 0 0 2 】

海水およびかん水などに含まれるイオン性物質を除くための技術においては、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、その孔径や分離機能の点から、精密ろ過膜、限外ろ過膜、ナノろ過膜、逆浸透膜、正浸透膜に分類される。これらの膜は、例えば海水、かん水および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、並びに排水処理および有害物の回収などに用いられており、目的とする分離成分および分離性能によって使い分けられている。

## 【 0 0 0 3 】

分離膜エレメントとしては様々な形態があるが、分離膜の一方の面に供給流体を供給し、他方の面から透過流体を得る点では共通している。分離膜エレメントは、束ねられた多数の分離膜を備えることで、1個の分離膜エレメントあたりの膜面積が大きくなるように、つまり1個の分離膜エレメントあたりに得られる透過流体の量が大きくなるように形成されている。分離膜エレメントとしては、用途や目的にあわせて、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、平膜集積型などの各種の形状が提案されている。

10

## 【 0 0 0 4 】

例えば、逆浸透ろ過には、スパイラル型分離膜エレメントが広く用いられる。スパイラル型分離膜エレメントは、有孔中心管と、有孔中心管の周囲に巻回された積層体とを備える。積層体は、供給流体（例えば被処理水）を分離膜表面へ供給する供給側流路材、供給流体に含まれる成分を分離する分離膜、および、分離膜を透過した透過側流体を有孔中心管へと導くための透過側流路材が積層されることで形成される。スパイラル型分離膜エレメントは、供給流体に圧力を付与することができるので、透過流体を多く取り出すことができる点で好ましく用いられている。

20

## 【 0 0 0 5 】

近年、造水コスト低減の要求が高まり、分離膜エレメントの高性能化が求められている。例えば、分離膜エレメントの分離性能を向上させるために、膜面の乱流効果を高め、濃度分極を抑制できるような流路材部材および分離膜エレメント構造が提案されている。

## 【 0 0 0 6 】

具体的には、特許文献1および特許文献2では、分離膜の供給側表面に凸部および溝を設けることによって、膜面の乱流効果を増加させた分離膜エレメントが提案されている。

30

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 7 】

【 文献 】 特開 2 0 1 0 - 1 2 5 4 1 8 号 公 報

特開 2 0 1 2 - 0 6 6 2 3 9 号 公 報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 8 】

特許文献1や特許文献2に記載の分離膜エレメントでは、膜面の乱流効果を高め、濃度分極を抑制することができるが、特に高回収率運転（回収率：エレメントに供給する供給流体量に対する透過流体量の割合）を実施する場合には、供給流体出口に近づくにつれて、供給流体の流量が少なくなること、供給流体中の分離成分が濃縮されるとともに、膜面の乱流効果が低減することで膜面濃度が高くなり、流体の透過性能や分離性能の低下、およびスケールが発生しやすい問題がある。そこで本発明は、高回収率運転下においても膜面濃度の増加を抑制し、高い流体透過性能と分離性能とを有する分離膜エレメントを提供することを目的とする。

40

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 9 】

上記目的を達成するため、本発明の分離膜エレメントは、有孔中心管と、供給側の面と透

50

過側の面とを有する分離膜の、上記透過側の面が向かい合うように形成された複数の分離膜対と、上記分離膜対の上記供給側の面の間に設けられる供給側流路材と、上記分離膜対の上記透過側の面の間に設けられる透過側流路材と、を備え、上記有孔中心管のまわりに上記分離膜対、上記供給側流路材、上記透過側流路材が巻回されることで巻回体が形成され、上記分離膜対の供給側の面において、上記有孔中心管長手方向の一端面および他端面、並びに、上記有孔中心管長手方向に対し垂直な方向の内周端部および外周端部、の4箇所端面および端部のうち、2箇所以上の端面または端部がそれぞれ5%以上開口されており、複数の上記分離膜対が、少なくとも1枚の第1分離膜対と、少なくとも1枚の第2分離膜対とで構成され、上記第1分離膜対と上記第2分離膜対とは、開口している上記端面または上記端部の組み合わせが異なることを特徴とする。

10

#### 【発明の効果】

##### 【0010】

本発明によれば、高回収率運転を行った際にも、供給流体中の分離成分濃縮の影響を低減するとともに、膜面乱流効果を増加させることで濃度分極を抑制し、分離膜エレメントの流体透過性能と分離性能とを維持することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0011】

【図1】一般的な分離膜エレメントを示す分解斜視図である。

【図2】本発明に記載の分離膜エレメントの展開図の一例である。

【図3】本発明に記載の分離膜エレメントの展開図の一例である。

20

【図4】本発明に記載の分離膜エレメントの展開図の一例である。

【図5】本発明に記載の分離膜エレメントの展開図の一例である。

【図6】本発明に記載の分離膜エレメントの展開図の一例である。

【図7】本発明に記載の分離膜エレメントの展開図の一例である。

【図8】本発明に記載の分離膜エレメントおよび分離膜エレメント用ベッセルの横断面図の一例である。

【図9】本発明に記載の分離膜エレメントの分解斜視図の一例である。

【図10】本発明に記載の分離膜エレメントの分解斜視図の一例である。

【図11】本発明に記載の分離膜エレメントの分解斜視図の一例である。

【図12】本発明に適用される透過側流路材の横断面図の一例である。

30

【図13】本発明に適用されるキャップの断面図の一例である。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0012】

次に、本発明の分離膜エレメントの実施形態について、詳細に説明する。

#### (1) 概要

図1に分離膜エレメント1の分解斜視図を示す。図1に示すように、一般的な分離膜エレメント1は、有孔中心管2、分離膜3、供給側流路材4、透過側流路材5、テレスコープ防止板71および72を備える。分離膜3と供給側流路材4と透過側流路材5とは、重ねられて膜ユニット6を形成している。供給側流路材4は、2枚もしくは1枚の分離膜を折りたたんだ分離膜3の間で供給側流路を形成し、透過側流路5は、2枚の分離膜3の間で透過側流路を形成する。膜ユニット6は、有孔中心管2の周囲にスパイラル状に巻回されて、巻回体61を形成している。巻回体61の外側には図示しないフィラメントまたはフィルムが巻き付けられている。

40

##### 【0013】

巻回体61の両端には、巻回体61がテレスコープ状に変形することを防止するために、テレスコープ防止板71および72が装着されているが、低圧で運転するような浄水器用途であれば、テレスコープ防止板71および72は備えていなくても構わない。また本発明の特定の実態形態においては、テレスコープ防止板の代わりに、キャップ73を備えていてもよい。

#### (2) 分離膜

50

## &lt; 概要 &gt;

分離膜 3 としては、使用方法、目的などに応じた分離性能を有する膜が用いられる。分離膜 3 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。

## 【 0 0 1 4 】

ここで、分離機能層を有する面を供給側の面、分離機能層を有する面とは反対側の面を透過側の面と呼び、供給側の面が互いに向かい合うように形成された状態の分離膜のことを分離膜対と呼ぶ。

## 【 0 0 1 5 】

## &lt; 分離機能層 &gt;

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。

## 【 0 0 1 6 】

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なる群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。

## 【 0 0 1 7 】

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、供給流体 1 0 1 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。

## 【 0 0 1 8 】

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、重縮合が起きてポリアミド分離機能層が得られる。

## 【 0 0 1 9 】

## &lt; 多孔性支持層 &gt;

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。

## 【 0 0 2 0 】

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、積層したものが使用され、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。

## 【 0 0 2 1 】

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）の上に一定の厚みに注型し、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。

## 【 0 0 2 2 】

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・プログ्रेस・レポート ” No . 3 5 9 ( 1 9 6 8 ) 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。

## 【 0 0 2 3 】

10

20

30

40

50

## &lt; 基材 &gt;

分離膜 3 の強度、寸法安定性などの観点から、分離膜 3 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。

## 【 0 0 2 4 】

基材としては、長繊維不織布および短繊維不織布それぞれを好ましく用いることができる。

## ( 3 ) 分離膜対

分離膜は、供給側流路材、透過側流路材と分離膜対を形成する。分離膜は、供給側流路材を挟んで供給側の面が対向するように配置される。また、透過側の面の間には透過側流路材が配置される。透過側流路は、透過流体が有孔中心管に流れるように、透過側の面の間が、巻回方向内側の一辺のみにおいて開放され、他の三辺においては封止（閉口）される。

10

## 【 0 0 2 5 】

分離膜対は長形状である。分離膜対の巻回方向の長さ $L$ と有孔中心管の長手方向の長さ（幅）は特に限定されないが、分離膜対の幅 $W$ に対する長さ $L$ の比率が大きいほど、分離膜対に流体が通過する際の流速が増加するため、濃度分極の抑制の点で好ましい。一方、分離膜対の幅 $W$ に対する長さ $L$ の比率が大きすぎると圧力損失が大きくなる。両者のバランスから、高回収率運転時においても、分離膜エレメント性能を維持するためには、分離膜対の幅 $W$ に対する長さ $L$ の比率 $L/W$ は 2.5 以上 8 以下であることが好ましい。さらに好ましくは 4 以上 6 以下である。

## ( 4 ) 供給側流路材

供給側流路材 4 は、分離膜 3 の供給側の面に挟まれるように配置され、分離膜 3 に供給流体 101 および 104 を供給する流路（すなわち供給側流路）を形成する。さらに供給流体 101 および 104 の濃度分極を抑制するために、供給流体 101 および 104 の流れを乱すような形状になっていることが好ましい。

20

## 【 0 0 2 6 】

供給側流路材 4 は、フィルムやネット、あるいは空隙を有するシートに凸状物が設けられた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 3 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 4 は分離膜 3 と分離可能であってもよいし、分離膜 3 に固着していてもよい。

## 【 0 0 2 7 】

なお、供給側流路材 4 の素材は特に限定されず、分離膜 3 と同素材であっても異素材であっても構わない。

30

## 【 0 0 2 8 】

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 4 の投影面積比は 0.03 ~ 0.8 であることが好ましく、より好ましくは 0.05 ~ 0.5、さらに好ましくは、0.08 ~ 0.35 である。

## 【 0 0 2 9 】

供給側流路材 4 の分離膜 3 に対する投影面積比は、供給側流路材 4 を膜面に垂直な方向からマイクロスコブ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。

40

## 【 0 0 3 0 】

供給側流路材 4 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、分離性能や流体透過性能が低下してしまう。そのため、例えば流体が水である場合には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 4 の厚みは 80 ~ 2000  $\mu\text{m}$  であってもよく、好ましくは 200 ~ 1000  $\mu\text{m}$  である。

## 【 0 0 3 1 】

供給側流路材 4 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、あるいはマイクロスコブ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。

50

## 【 0 0 3 2 】

供給側流路材 4 がネットである場合、ネットは複数の糸により構成されている。複数の糸は、交点において互いに交差し、交点部分が最も厚みが大きくなる。

## 【 0 0 3 3 】

ネットを構成する糸の径は糸の長さ方向において一定であってもよく、長さ方向に一様に増加または減少してもよく、増加と減少を繰り返すような形態であっても構わない。糸の径が長さ方向において増加と減少を繰り返すような形態である場合、糸径が最も大きくなる箇所で複数の糸が交差するような形態であることが好ましい。糸径が最も大きくなる箇所で複数の糸が交差することによって、供給側流路の圧力損失を低くすることができる。

## 【 0 0 3 4 】

また、交差する複数の糸の径は同じであっても異なっても構わない。交差する複数の糸の径が異なっている場合、厚みが一定であれば、径の小さい糸は圧力損失の低減効果が大きく、径の大きい糸は流れを乱す乱流効果が大きくなる。

## 【 0 0 3 5 】

上述の圧力損失と乱流効果とのバランスから、ネットを構成する糸断面の径は、(最小部の径) / (最大部の径) が 0.1 以上 0.7 以下であることが好ましく、より好ましくは 0.3 以上 0.6 以下である。

## 【 0 0 3 6 】

ネットを構成する糸の傾斜角は、供給流体の流れる方向に対して平行方向であれば、圧力損失を低くすることができるが、濃度分極低減効果は小さくなり、垂直方向であれば、圧力損失は高くなるが、濃度分極低減効果を大きくすることができる。圧力損失と濃度分極低減効果のバランスから、糸の傾斜角度は供給流体の平均流れ角度に対して、 $-60^\circ$  以上  $60^\circ$  以下であることが好ましい。ここで、平均流れ角度とは、1枚の分離膜対の中での流れ角度の平均値である。

## 【 0 0 3 7 】

複数の糸が交差する交点の間隔は、大きいほど圧力損失は小さくなり、小さいと圧力損失は大きくなる。それらのバランスから、交点間隔は、1.0 mm 以上 10 mm 以下が好ましく、1.1 mm 以上 8 mm 以下がより好ましく、1.2 mm 以上 5 mm 以下がさらに好ましい。

## 【 0 0 3 8 】

ネットを構成する糸の断面形状は特に限定されず、楕円、円、三角形、四角形、不定形などを用いることができるが、ネットと分離膜表面が接する部分の面積が小さいと分離膜表面とネットとの擦れによる分離膜性能の低下を抑制することができるうえ、流れのデッドゾーンを小さくすることができ、濃度分極を抑制することができるため、好ましい。ネットと分離膜表面が接する部分の分離膜に対する投影面積比は、0.01 以上 0.25 以下であることが好ましく、0.02 以上 0.2 以下がより好ましい。

## 【 0 0 3 9 】

ネットを構成する糸の材質は、供給側流路材としての剛性を維持することができ、分離膜表面を傷つけないものであれば特に限定されず、分離膜と同素材であっても異素材であってもよく、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ乳酸、エチレン酢酸ビニル共重合体、ポリエステル、ポリウレタン、熱硬化性エラストマーなどが好ましく用いられる。

## 【 0 0 4 0 】

また、後述の通り、本発明の分離膜エレメントにおいては、第 1 分離膜対と第 2 分離膜対とを有する。第 1 分離膜対に用いられる供給側流路材と第 2 分離膜対とに用いられる供給側流路材とは異なっても構わない。第 1 分離膜対と第 2 分離膜対とでは、流れの向き、流量、供給される流体の質が異なるため、それぞれに適した供給側流路材であることが、分離膜エレメント性能を向上させる点で好ましい。

## ( 5 ) 供給側流路

## &lt; 流れ &gt;

1つの分離膜エレメント 1 に供給される流体と、その分離膜エレメント 1 の供給側流路か

10

20

30

40

50

ら排出する流体とを、便宜上、それぞれ供給流体 101 と濃縮流体 103 と呼ぶ。また、本発明に実施の分離膜エレメントの形態においては、ある分離膜対の濃縮流体が別の分離膜対の供給流体となるため、その途中の流体のことを中間流体 104 と呼ぶこととする。

【0041】

図2～図7に分離膜エレメント1の展開図を示す。図2～図7は、有孔中心管2に巻回される前の有孔中心管2と分離膜対31の様子を示した図であり、図2および図3では、分離膜対の一端面から供給流体もしくは中間流体が供給され(101、104)、他端面から中間流体もしくは濃縮流体が排出される(104、103)。図4および図5では、分離膜対の一端面から供給流体もしくは中間流体が供給され(101、104)、分離膜対の外周端部から中間流体もしくは濃縮流体が排出される(104、103)。図6および図7では、分離膜対の外周端部から供給流体もしくは中間流体が供給され(101、104)、一端面から中間流体もしくは濃縮流体が排出される(104、103)。

10

【0042】

< I型分離膜対 >

図2および図3に示した展開図を有する分離膜対を、以下、I型分離膜対と呼ぶ。

【0043】

I型分離膜対においては、分離膜対に供給流体あるいは中間流体が供給される端面のことを、流入端面と呼び、濃縮流体あるいは中間流体が排出される端面のことを、排出端面と呼ぶ。

【0044】

本発明の分離膜エレメントにおいて、I型分離膜対においては、排出端面の流路閉口率は0～95%であることが好ましい。供給流体排出端面の流路閉口率が0%だと、供給流体流路の圧力損失を小さくすることができるとともに、膜面全体を有効利用することができるため、透過流体量を大きくすることができる。流路閉口率が0%よりも大きくなると、供給流体の流路が排出端面において狭くなることで、特に高回収率で運転した場合においても、供給流体の膜面線速度を大きく保つことができ、濃度分極を抑制することができる。したがって、本発明の分離膜エレメント全体での目標性能を鑑みて、適宜流路閉口率を設計することが好ましい。

20

【0045】

排出端面の流路閉口率が0%よりも大きい場合、流路閉口部は有孔中心管の長手方向に垂直な方向を巻回方向とすると、巻回方向の最外周部から内周にかけて連続的に閉口されていてもよく、最内周部から外周にかけて連続的に閉口されていてもよく、巻回方向に間欠的に閉口されていてもよい。巻回方向に間欠的に閉口される場合、閉口部一箇所の長さは、1～100mmであることが好ましい。より好ましくは3～10mmである。また、開口部一箇所の長さは1～100mmであることが好ましく、より好ましくは3～10mmである。

30

【0046】

閉口部一箇所の長さは、巻回方向の内側から外側に向かって一定であっても変動してもよい。また、開口部一箇所の長さも巻回方向の内側から外側に向かって一定であってもよく、徐々に広がるように変動してもよく、徐々に狭まるように変動してもよい。

40

【0047】

また、流入端面の流路閉口率は0～90%であることが好ましい。流入端面の流路閉口率が0%だと、供給流体流路の圧力損失を小さくすることができるとともに、膜面全体を有効利用することができるため、透過流体量を大きくすることができる。流路閉口率が0%よりも大きくなると、供給流体の膜面線速度を大きくすることができ、濃度分極を抑制することができる。

【0048】

流入端面の流路閉口部は、巻回方向の最内周部から外周にかけて連続的に封止されていてもよく、巻回方向に間欠的に封止されていてもよい。

【0049】

50



巻回方向に間欠的に閉口される場合、閉口部一箇所の長さは、1 ~ 100 mmであることが好ましい、より好ましくは3 ~ 100 mmである。また、開口部一箇所の長さは1 ~ 100 mmであることが好ましく、より好ましくは3 ~ 10 mmである。

【0050】

排出端面の流路閉口部が、巻回方向の最外周部から内周にかけて連続的に封止されている場合、流入端面の流路閉口部が、巻回方向の最内周部から外周にかけて連続的に封止されていることが好ましい。そのような閉口部とすることにより、膜面全体を有効利用することができるため、好ましい。

【0051】

同様に、排出端面の流路閉口部が、巻回方向の最内周部から外周にかけて連続的に封止されている場合、流入端面の流路閉口部が、巻回方向の最外周部から内周にかけて連続的に封止されていることが好ましい。そのような閉口部とすることにより、膜面全体を有効利用することができるため、好ましい。

10

【0052】

また、流入端面よりも排出端面の方が流量が少なくなるため、流入端面と排出端面との流路閉口率では、流入端面よりも排出端面の流路閉口率が高い方が好ましい。

【0053】

なお、I型分離膜対においては、分離膜対の内周端部および外周端部の流路閉口率は100%である。分離膜対の内周端部および外周端部は、分離膜を折りたたむもしくは、接着剤で封止することによって流路が閉口されており、内周部を折りたたんだ場合は、外周端部は接着剤で封止し、外周端部を折りたたんだ場合は、内周端部を接着剤で封止することによって閉口することができる。また、内周端部および外周端部共に接着剤で封止することによっても、流路を閉口することができる。

20

【0054】

<逆L型分離膜対>

また、図4および図5に示した展開図を有する分離膜対を、以下、逆L型分離膜対と呼ぶ。

【0055】

逆L型分離膜対においては、分離膜対に供給流体あるいは中間流体が供給される端面のことを、流入端面と呼び、中間流体あるいは濃縮流体が排出される分離膜対の外周端部のことを、排出端面と呼ぶ。

30

【0056】

逆L型分離膜対においては、流入端面とは反対側の端面は閉口率が100%である。

【0057】

一方、流入端面においては、流路閉口率は0 ~ 95%であることが好ましく、流路閉口率が0%より大きい場合、流路閉口箇所は、巻回方向の外側から内側にかけて連続的であることが好ましい。

【0058】

排出端部の流路閉口率は0 ~ 95%であることが好ましく、流路閉口率が0%より大きい場合、流路閉口箇所は、流入端面側から有孔中心管の長手方向に連続的であることが好ましい。

40

【0059】

流入端面および排出端部の流路閉口率がこの範囲内になることで、供給流体流路のショートパスを防止することができ、十分な透過流体量を得ることができる。

【0060】

なお、分離膜対の内周端部の流路閉口率は100%であり、分離膜を折りたたむ、もしくは、接着剤で封止することによって流路を閉口することができる。

【0061】

<L型分離膜対>

また、図6および図7に示した展開図を有する分離膜対を、以下、L型分離膜対と呼ぶ。

【0062】

50

L型分離膜対においては、分離膜対に供給流体あるいは中間流体が供給される分離膜対の外周端部のことを、流入端部と呼び、中間流体あるいは濃縮流体が排出される端面のことを排出端面と呼ぶ。

【0063】

L型分離膜対においては、排出端面とは反対側の端面は閉口率が100%である。

【0064】

供給部の流路閉口率は0～95%であることが好ましく、流路閉口率が0%より大きい場合、流路閉口箇所は、排出端面側から有孔中心管の長手方向に連続的であることが好ましい。

【0065】

排出端面の流路閉口率は0～95%であることが好ましく、流路閉口率が0%より大きい場合、流路閉口箇所は、巻回方向の外側から内側にかけて連続的であることが好ましい。

【0066】

流入端部および排出端面の流路閉口率がこの範囲内であることで、供給流体流路のショートパスを抑制することができ、十分な透過流体量を得ることができる。

【0067】

なお、分離膜対の内周端部の流路閉口率は100%であり、分離膜を折りたたむ、もしくは、接着剤で封止することによって流路を閉口することができる。

【0068】

< I型 - 逆L型エレメント >

本発明の分離膜エレメントの一つの形態においては、一つの実分離膜エレメントの中で、I型分離膜対と逆L型分離膜対とが混在する。

【0069】

I型分離膜対と逆L型分離膜対とが混在する場合、供給流体はI型分離膜対の一端面から供給され(101)、I型分離膜対の他端面に排出される(104)。図8に示したように、排出された流体104は、後述するキャップもしくは封止されたベッセルによってUターンし、逆L型分離膜対の一端面から供給され(104)、逆L型分離膜対の外周端部から排出される(103)。すなわち、I型分離膜対による濃縮流体が逆L型分離膜対の供給流体となる。したがって、巻回体へ供給される流体の総流量よりも、各分離膜対へ供給される流体の流量の和の方が大きくなる。このような構造とすることにより、分離膜エレメント全体として高回収率で運転を行った際にも、各分離膜対の回収率を低くすることができるため、高回収率運転を行っても、分離膜エレメントの性能低下を抑制することができる。

【0070】

I型分離膜対と逆L型分離膜対との枚数の比率について、逆L型分離膜対の比率が高いと、I型分離膜対の回収率は低くなり、例えば逆L型分離膜対に供給される原水の濃度は低く抑制できる。一方、逆L型分離膜対の比率が低いと、1枚の逆L型分離膜対に供給される流量が多くなるため、濃度分極の抑制効果は大きくなる。それらのバランスから、分離膜対の総数に占めるI型分離膜対の枚数の割合は55～90%であることが好ましい。より好ましくは60～80%である。すなわち、分離膜対の総数に占める逆L型分離膜対の枚数の割合は10～45%であることが好ましい。より好ましくは20～40%である。

【0071】

< L型 - I型エレメント >

また、本発明の分離膜エレメントの一つの形態においては、一つの実分離膜エレメントの中で、I型分離膜対とL型分離膜対とが混在する。

【0072】

I型分離膜対とL型分離膜対とが混在する場合、供給流体はL型分離膜対の外周端部から供給され(101)、L型分離膜対の一端面に排出される(104)。図8に示したように、排出された流体104は、後述するキャップもしくは封止されたベッセルによってUターンし、I型分離膜対の一端面から供給され(104)、I型分離膜対の他端面から排

10

20

30

40

50

出される(103)。すなわち、L型分離膜対による濃縮流体がI型分離膜対の供給流体となる。したがって、巻回体へ供給される流体の総流量よりも各分離膜対へ供給される流体の流量の和の方が大きくなる。このような構造とすることにより、分離膜エレメント全体として高回収率で運転を行った際にも、各分離膜対の回収率を低くすることができるため、高回収率運転を行っても、分離膜エレメントの性能低下を抑制することができる。

#### 【0073】

I型分離膜対とL型分離膜対との枚数の比率は、I型分離膜対の比率が高いと、L型分離膜対の回収率は低くなり、例えばI型分離膜対に供給される原水の濃度は低く抑制できる。一方、I型分離膜対の比率が低いと、1枚のI型分離膜対に供給される流量が多くなるため、濃度分極の抑制効果は大きくなる。それらのバランスから、分離膜対の総数に占めるI型分離膜対の枚数の割合は10～45%であることが好ましい。より好ましくは20～40%である。すなわち、分離膜対の総数に占めるL型分離膜対の枚数の割合は55～90%であることが好ましい。より好ましくは60～80%である。

10

#### 【0074】

##### <逆L型-L型エレメント>

本発明の分離膜エレメントの一つの形態においては、一つの実分離膜エレメントの中で、L型分離膜対と逆L型分離膜対とが混在する。

#### 【0075】

L型分離膜対と逆L型分離膜対とが混在する場合、供給流体は逆L型分離膜対の一端面から供給され(101)、逆L型分離膜対の外周端部に排出される(104)。排出された流体104は、封止されたベッセルあるいはシール部材によってUターンし、L型分離膜対の外周端部から供給され(104)、L型分離膜対の一端面から排出される(103)。すなわち、逆L型分離膜対の濃縮流体がL型分離膜対の供給流体となる。したがって、巻回体へ供給される流体の総流量よりも各分離膜対へ供給される流体の流量の和の方が大きくなる。このような構造とすることにより、分離膜エレメント全体として高回収率で運転を行った際にも、各分離膜対の回収率を低くすることができるため、高回収率運転を行っても、分離膜エレメントの性能低下を抑制することができる。

20

#### 【0076】

L型分離膜対と逆L型分離膜対との枚数の比率について、L型分離膜対の比率が高いと、逆L型分離膜対の回収率は低くなり、例えばL型分離膜対に供給される原水の濃度は低く抑制できる。一方、L型分離膜対の比率が低いと、1枚のL型分離膜対に供給される流量が多くなるため、濃度分極の抑制効果は大きくなる。それらのバランスから、分離膜対の総数に占める逆L型分離膜対の枚数の割合は55～90%であることが好ましい。より好ましくは60～80%である。すなわち、分離膜対の総数に占めるL型分離膜対の枚数の割合は10～45%であることが好ましい。より好ましくは20～40%である。

30

#### 【0077】

##### <封止>

分離膜対の一端面および他端面における流路閉口は、巻回前に端面を接着剤などで封止する、もしくは巻回後に端面を接着剤などで封止する、あるいは端面に封止部分を有するキャップやテレスコープ防止板を嵌め込むことによって閉口することができる。

40

#### 【0078】

分離膜対の外周端部の流路閉口は、分離膜を折りたたむ、巻回前に外周端部を接着剤やテープで封止する、もしくは巻回後に端面を接着剤やテープで封止することによって閉口することができる。

#### 【0079】

分離膜対の外周端部の流路閉口は、分離膜を折りたたむ、巻回前に内周端部を接着剤やテープで封止することによって閉口することができる。

#### 【0080】

接着剤などによる封止は、接着剤またはホットメルトなどによる接着、熱またはレーザーによる融着などにより行うことができる。封止に用いられる接着剤は、粘度が4～15Pa

50

・sの範囲内であることが好ましく、さらに5～12Pa・sがより好ましい。分離膜3にしわが発生すると、分離膜エレメント1の性能が低下することがあるが、接着剤粘度が15Pa・s以下であることで、分離膜3を有孔中心管2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4Pa・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は付着する危険性が低下する。

【0081】

接着剤の塗布量は、分離膜3が有孔中心管2に巻回された後に、接着剤が塗布される部分の幅が2～30mm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、有効膜面積も比較的大きく確保することができる。

【0082】

接着剤としてはウレタン系接着剤やシリコン系接着剤が好ましい。ウレタン系接着剤の場合、粘度を40～150Pa・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、および、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。

【0083】

キャップによる封止は、あらかじめ所定の形状に形成したキャップを分離膜エレメントの巻回体端部にはめ込むことによって行われる。この際、分離膜エレメントの巻回体端部とキャップの流路封止部の間に隙間が生じないようにする必要がある。分離膜エレメントの巻回体端部とキャップの流路封止部との間に隙間が生じないようにし、かつ供給側端部の封止を行うことができる構造であれば、テレスコープ防止板をキャップとして用いることができる。

【0084】

また、供給流体が巻回体の端面でUターンする際に用いられるキャップは上述の流路閉口用のキャップと一体化されていてもよい。Uターン用のキャップは、巻回体の端部にはめ込まれ、一端面から排出された供給流体を別の端面へと供給するための流路を確保する。Uターン用のキャップの形状は、特に限定されないが、図8に示したようにUターン時の圧力損失抑制の点で、流路が丸みを帯びている形状となっていることが好ましい。

【0085】

キャップの材質は、所定の形状に形成可能であり、供給流体の封止が可能な強度を有していれば特に限定されないが、成型の容易性と強度、コストの面で樹脂が好ましく用いられる。それらの点において、樹脂の素材としては、ABS、ポリ塩化ビニル、ポリエチレン、ポリプロピレンが好ましく用いられる。

【0086】

I型 - 逆L型エレメントおよびL型 - I型エレメントにおいて、エレメント最外周部には、供給流体や濃縮流体の流路確保および巻回体の径を維持するために、ネットや多孔性フィルムなどで覆われていることが好ましい。一方、逆L型 - L型エレメントにおいては、Uターンをベッセルで行う場合は同様にネットや多孔性フィルムで覆われていることが好ましいが、分離膜対よりも長い供給側流路材を用いることにより、分離膜エレメント内でUターンすることもできる。その場合においては、エレメント最外周部は非透水性シートで覆われていることが好ましい。非透水性シートは、水を透過しないシートであれば、特に限定されないが、厚みや製作性の点で、フィルムが好適に用いられる。

【0087】

なお、本発明の分離膜エレメントの実施形態においては、供給流体が流入する箇所は分離膜対の一端面、他端面、外周端部の3箇所としているが、供給流体を流入あるいは排出することができる第2の有孔中心管を設けるなど、分離膜対の内周端部から供給流体を流入あるいは排出できる構造を有する分離膜エレメントを用いることにより、より多様なパターンの分離膜対の組み合わせを有することができる。

(6) 透過側流路材

透過側流路材5は、分離膜3の透過側の面に挟まれるように配置され、分離膜3を透過し

10

20

30

40

50

た流体を有孔中心管 2 の孔 2 1 まで導く透過側流路を形成する役割を担う。

【 0 0 8 8 】

透過側流路材 5 は、透過側流路の流動抵抗を低減し、かつ加圧ろ過下においても分離膜 3 の透過流体流路への落ち込みを抑制し、流路を安定に形成される点では、透過側流路材の横断面積比が 0 . 3 ~ 0 . 7 5 であることが好ましく、0 . 4 ~ 0 . 6 であることがより好ましい。透過側流路材の種類は限定されず、従来のトリコットを流路が広がるように厚くした緯編物や繊維の目付量を低減した緯編物、不織布のような多孔性シートに突起物を配置したシート、フィルムや不織布を凹凸加工した凹凸加工シートなどを用いることができる。

【 0 0 8 9 】

特定の横断面積比を有する透過側流路材を本発明の分離膜エレメントに配置することにより、透過側流路の流動抵抗をより低減することができ、それに伴い、流動抵抗が大きい流路材を含む分離膜エレメントと、同じ回収率で運転した際、供給流体の流速が速まり濃度分極を小さくでき、特に高回収率運転下における濃度分極の増加やスケールの発生をさらに抑制することができる。

【 0 0 9 0 】

一般的な分離膜エレメントは回収率 3 0 % 以下で運転するが、本発明の分離膜エレメントでは回収率 3 5 % 以上においても安定に作動することができ、回収率が高くなるほど従来の分離膜エレメントに対して優位性を発現することができる。

【 0 0 9 1 】

透過側流路材 5 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 1 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 1 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。それらのバランスから、透過側流路材 5 の厚みは、好ましくは 0 . 1 mm ~ 0 . 5 mm であり、より好ましくは 0 . 2 mm ~ 0 . 4 mm である。

【 0 0 9 2 】

透過側流路材 5 の厚みは、市販の厚み測定器により直接測定することができる。

【 0 0 9 3 】

透過側流路材 5 の素材は、有孔中心管 2 に容易に巻回できるものであればよく、透過側流路材 5 の圧縮弾性率は、0 . 1 ~ 5 G P a であることが好ましい。圧縮弾性率がこの範囲内であれば、透過側流路材 5 を有孔中心管 2 に容易に巻回することができる。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。

【 0 0 9 4 】

透過側流路材 5 の圧縮弾性率は、精密万能試験機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。

【 0 0 9 5 】

第 1 分離膜対に用いられる透過側流路材と第 2 分離膜対に用いられる透過側流路材とは異なっても構わない。第 1 分離膜対と第 2 分離膜対とは、透過流体量が異なるため、それぞれに適した透過側流路材であることが、分離膜エレメント性能を向上させる点で好ましい。

( 7 ) 有孔中心管

有孔中心管 2 は、その中を透過流体が流れるように構成されていればよく、材質、形状は特に限定されない。有孔中心管 2 の径は、大きければ、分離膜エレメント 1 の充填可能な膜面積が減少してしまい、小さければ、有孔中心管 2 の内部を透過流体が流れる際の流動抵抗が大きくなってしまう。有孔中心管 2 の径は、透過流体の流量に応じて適宜設計されるが、好ましくは 1 0 ~ 5 0 mm、さらに好ましくは 1 5 ~ 4 0 mm である。有孔中心管 2 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。

( 8 ) 水処理システム

上記の分離膜エレメントは、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、例えば R O 浄水器やかん水

10

20

30

40

50

淡水化用水処理システム、海水淡水化用水処理システムに適用することができる。上記の分離膜エレメントは、1本のベッセル内に1本のエレメントのみが装填されていてもよく、1本のベッセル内に7本程度の複数の分離膜エレメントが直列に接続されるように装填されていてもよい。また、複数の分離膜エレメントが直列に接続される場合、複数本の分離膜エレメントのうちのある本数分だけ上記の分離膜エレメントが接続されていてもよい。1本のベッセル内に1本の上記分離膜エレメントが装填される場合、分離膜エレメントがベッセルに装填された後の分離膜エレメントとベッセルとの隙間は、ブラインシールやベッセル内の形態によって、供給流体101、透過流体102、濃縮流体103、中間流体104の4つの区画に分けられ、それぞれが混合することのないようにすることで、上記の分離膜エレメントの性能を発揮することができる。

10

#### 【0096】

ブラインシールによって区画する場合は、ブラインシールを2つ用いることにより区画することができる。ベッセル内の形態によって区画する場合は、例えば、円筒状ベッセルの一端面側を供給流体流路とし、他端面側の最内周部の区画を透過流体流路、真ん中の区画を中間流体流路、最外周部の区画を濃縮流体流路とすることにより、区画することができる。

#### 【実施例】

#### 【0097】

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。

20

#### (透過側流路材の横断面積比)

分離膜エレメントに装填した透過側流路材を、有孔中心管の長手方向と平行な方向に沿って、透過側流路材の凸部を通るように切断した。その横断面について、高精度形状測定システム(キーエンス社製;KS-1100)を用いて、測定した凸部の中心と隣接する凸部の中心との距離と、透過側流路材の厚みの積に対する、凸部の中心線と隣接する凸部の中心線との間に占める透過側流路材の横断面積との比を算出し、無作為に選択し算出した30箇所との比の平均値を、横断面積比とした。

#### (造水量)

分離膜エレメントについて、供給水として、濃度200ppm、pH7.0のNaCl水溶液を用い、運転圧力0.41MPa、温度25の条件下で60分間運転した後に1分間のサンプリングを行い、造水量(L/min)を測定した。

30

#### (回収率)

造水量の測定において、所定の時間に供給した供給水量と透過水量との比率を回収率とした。

#### (除去率(TDS除去率))

造水量の測定における1分間の運転で用いた供給水およびサンプリングした透過水について、TDS濃度を電気伝導率測定により求め、下記式からTDS除去率を算出した。

#### 【0098】

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

#### (実施例1)

ポリエチレンテレフタレート繊維からなる不織布(糸径:1デシテックス、厚み:約0.09mm、密度0.80g/cm<sup>3</sup>)上にポリスルホンの15.2質量%のN,N-ジメチルホルムアミド溶液を180μmの厚みで室温(25)にキャストし、ただちに純水中に浸漬して5分間放置し、80の温水で1分間浸漬することによって繊維補強ポリスルホン支持層からなる、多孔性支持層(厚み0.13mm)を作製した。

40

#### 【0099】

その後、多孔性支持層ロールを巻き出し、m-PDAの3.8質量%水溶液中に2分間浸漬し、該支持層を垂直方向にゆっくりと引き上げ、エアノズルから窒素を吹き付け支持層表面から余分な水溶液を取り除いた後、トリメシン酸クロリド0.175質量%を含むn-デカン溶液を表面が完全に濡れるように塗布して1分間静置した。次に、膜から余分

50

な溶液を除去するために膜を1分間垂直に保持して液切りした。その後、90℃の熱水で2分間洗浄した分離膜ロールを得た。

#### 【0100】

このように得られた分離膜を、長さ1.4m、幅0.25mに6枚分裁断し、折りたたみ、ネット（厚み0.3mm、ピッチ：1.5mm×1.5mm）を供給側流路材として、ネット構成系の傾斜角度が巻回方向に対して45°となるように配置した。6枚のうち、4枚をI型分離膜対、2枚を逆L型分離膜対とし、I型分離膜対は、一端面および他端面の閉口率0%、内周端部および外周端部の閉口率が100%となるように折りたたみ、接着剤塗布を行った。逆L型分離膜対は、他端面の閉口率が70%となるように巻回方向の外側から内側にかけて連続的に接着剤を塗布し、一端面は閉口率100%、内周端部は閉口率100%、外周端部は閉口率0%とした。

10

#### 【0101】

透過側流路材は、スリット幅0.5mm、ピッチ0.9mmの六角形シムを装填したアプリケーションケーターを用いて、バックアップロールを20℃に温度調節しながら、分離膜エレメントとした場合に巻回方向の内側端部から外側端部まで有孔中心管の長手方向に対して垂直になるよう直線状に、高結晶性PP（MFR1000g/10分、融点161℃）60質量%と低結晶性オレフィン系ポリマー（出光興産株式会社製；低立体規則性ポリプロピレン「L-MODU・S400」（商品名））40質量%からなる組成物ペレットを樹脂温度205℃、走行速度10m/minで直線状に不織布上に塗布することで作製した。不織布は厚み0.07mm、目付量が35g/m<sup>2</sup>、エンボス柄（1mmの円形、ピッチ5mmの格子状）であった。

20

#### 【0102】

作製した透過側流路材を裁断し、分離膜の透過側の面に配置して、ABS（アクリロニトリル-ブタジエン-スチレン）製有孔中心管（幅：350mm、径：18mm、孔数10個×直線状1列）にスパイラル状に巻き付け、外周端部に供給流体排出口を有するフィルムを巻きつけた。供給流体排出口はフィルムの中央部の幅200mmの箇所に幅40mm、高さ10mmの孔が幅方向に4箇所設けられ、高さ方向に4箇所設けられている。得られた巻回体の両端のエッジカットを行った後、巻回体の一端面にキャップを取り付け、有効膜面積が1.54m<sup>2</sup>、直径が3インチの分離膜エレメントを作製した。

30

#### 【0103】

分離膜エレメント1本をベッセルに入れて、回収率90%にて、分離膜エレメントの一端面から供給流体を供給し、上述の条件で各性能を評価したところ、結果は表1の通りであった。

#### （実施例2）

分離膜対の枚数を5枚とし、I型分離膜対3枚、逆L型分離膜対2枚に変更した以外は、実施例1と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表1の通りであった。

#### （実施例3）

分離膜対の枚数を4枚として、I型分離膜対3枚、逆L型分離膜対1枚に変更した以外は、実施例1と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表1の通りであった。

40

#### （実施例4）

I型分離膜対の枚数を5枚、逆L型分離膜対の枚数を1枚に変更した以外は、実施例1と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表1の通りであった。

#### （実施例5）

分離膜エレメントの外径を8インチ、幅0.92mとし、分離膜対の枚数を24枚、I型分離膜対16枚、逆L型分離膜対8枚に変更することで、有効膜面積を28.0m<sup>2</sup>にし、有孔中心管を幅：1050mm、径28mm、孔数40個×直線状2列に変更した以外は、実施例1と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表1の通りであった。

50

## (実施例 6)

6枚の分離膜対のうち、5枚をL型分離膜対、1枚をI型分離膜対とし、L型分離膜対は、一端面の閉口率90%となるように巻回方向の外側から内側にかけて連続的に接着剤を塗布し、他端面の閉口率0%、外周端部の閉口率100%とした。I型分離膜対は、外周端部の閉口率100%、一端面および他端面の閉口率0%とした以外は、実施例1と同様に分離膜エレメントを作製した。得られた分離膜エレメントの外周端部から供給流体を供給し、性能を評価した。結果は表1の通りであった。

## (実施例 7)

分離膜エレメントの外径を8インチ、幅0.92mとし、分離膜対の枚数を24枚、L分離膜対16枚、I型分離膜対8枚に変更することで、有効膜面積を28.0m<sup>2</sup>にし、有孔中心管を幅：1050mm、径28mm、孔数40個×直線状2列に変更した以外は、実施例6と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表1の通りであった。

10

## (実施例 8)

6枚の分離膜対のうち、5枚を逆L型分離膜対、1枚をL型分離膜対とし、逆L型分離膜対は、一端面の閉口率90%となるように巻回方向の外側から内側にかけて連続的に接着剤を塗布し、他端面の閉口率100%、外周端部の閉口率0%とした。L型分離膜対は、他端面の閉口率90%となるように巻回方向の外側から内側にかけて連続的に接着剤を塗布し、一端面の閉口率100%、外周端部の閉口率0%とした以外は、実施例1と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表1の通りであった。

20

## (実施例 9)

分離膜エレメントの外径を8インチ、幅0.92mとし、分離膜対の枚数を24枚、逆L分離膜対16枚、L型分離膜対8枚に変更することで、有効膜面積を28.0m<sup>2</sup>にし、有孔中心管を幅：1050mm、径28mm、孔数40個×直線状2列に変更した以外は、実施例8と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表1の通りであった。

## (実施例 10)

透過側流路材の横断面積比を0.75に変更した以外は、実施例1と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表1の通りであった。

## (実施例 11)

回収率75%で運転した以外は、実施例1と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表2の通りであった。

30

## (実施例 12)

回収率50%で運転した以外は、実施例1と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表2の通りであった。

## (実施例 13)

回収率30%で運転した以外は、実施例1と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表2の通りであった。

## (実施例 14)

4枚のI型分離膜対の他端面の閉口率が50%となるように間欠的に接着剤を塗布した以外は、実施例1と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表2の通りであった。

40

## (実施例 15)

4枚のI型分離膜対の他端面の閉口率が10%となるように巻回方向の外側から内側にかけて連続的に接着剤を塗布した以外は、実施例1と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表2の通りであった。

## (実施例 16)

4枚のI型分離膜対の他端面の閉口率が10%となるように巻回方向の外側から内側にかけて連続的に接着剤を塗布し、一端面の閉口率が50%となるように巻回方向の内側から外側にかけて連続的に接着剤を塗布した以外は、実施例1と同様に分離膜エレメントを作

50



製し、性能を評価した。結果は表 2 の通りであった。

(実施例 17)

逆 L 型分離膜対の供給側流路材のピッチを 2.5 mm × 2.5 mm に変更した以外は、実施例 1 と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表 2 の通りであった。

(実施例 18)

逆 L 型分離膜対の供給側流路材のピッチを 2.0 mm × 3.0 mm に変更することで、ネット構成系の傾斜角度を 56° に変更した以外は、実施例 1 と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表 2 の通りであった。

(実施例 19)

分離膜対の長さを 0.95 m、第 1 分離膜対の枚数を 3 枚、第 2 分離膜対の枚数を 1 枚に変更した以外は、実施例 1 と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表 2 の通りであった。

10

(実施例 20)

分離膜対の長さを 0.42 m、第 1 分離膜対の枚数を 6 枚、第 2 分離膜対の枚数を 3 枚に変更した以外は、実施例 1 と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表 2 の通りであった。

(実施例 21)

分離膜対の長さを 1.26 m、第 1 分離膜対の枚数を 2 枚、第 2 分離膜対の枚数を 1 枚に変更した以外は、実施例 1 と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表 3 の通りであった。

20

(実施例 22)

分離膜対の長さを 1.26 m、分離膜対の幅を 0.15 m、第 1 分離膜対の枚数を 6 枚、第 2 分離膜対の枚数を 3 枚に変更した以外は、実施例 1 と同様に分離膜エレメントを作製し、性能を評価した。結果は表 3 の通りであった。

(比較例 1)

6 枚の分離膜対全てを I 型分離膜対に変更した以外は、実施例 1 と同様に分離膜エレメントを作製し、巻回体の一端面から供給し、他端面から排出するように供給流体を供給し、性能を評価した。結果は表 3 の通りであった。

(比較例 2)

6 枚の分離膜対全てを L 型分離膜対に変更した以外は、実施例 1 と同様に分離膜エレメントを作製し、巻回体の外周端部から供給し、一端面から排出するように供給流体を供給し、性能を評価した。結果は表 3 の通りであった。

30

(比較例 3)

24 枚の分離膜対全てを I 型分離膜対に変更した以外は、実施例 5 と同様に分離膜エレメントを作製し、巻回体の一端面から供給し、他端面から排出するように供給流体を供給し、性能を評価した。結果は表 3 の通りであった。

(比較例 4)

24 枚の分離膜対全てを L 型分離膜対に変更した以外は、実施例 7 と同様に分離膜エレメントを作製し、巻回体の一端面から供給し、他端面から排出するように供給流体を供給し、性能を評価した。結果は表 3 の通りであった。

40

【0104】

【表 1】

【表 1】

		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10
分離膜 エレメント 形態	径	3	3	3	3	8	3	8	3	8	3
	分離膜対の幅	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
	分離膜対の長さ	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
	形態	I	I	I	I	I	L	L	L	逆L	逆L
	枚数	4	3	3	5	16	5	16	5	16	4
	厚み	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	供給側流路材	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5
	傾斜角	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	透過側流路材	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	傾斜角	逆L	逆L	逆L	逆L	逆L	I	I	I	L	逆L
	形態	図4	図4	図4	図4	図4	図3	図3	図3	図6	図4
	枚数	2	2	1	1	8	1	8	1	8	2
第2分離膜対	厚み	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	供給側流路材	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5
	傾斜角	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	透過側流路材	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	傾斜角	6	5	4	6	24	6	24	6	24	6
	透過側流路材	1.54	1.54	1.54	1.54	28.0	1.54	28.0	1.54	28.0	1.54
有初膜面積	面積	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	回収率	1.05	1.04	1.03	1.04	34.7	1.02	34	1.02	33.8	0.99
	脱塩率	94.9	94.8	94.6	94.4	94.8	94.7	94.5	95	95.5	94.6
運転条件											
性能											

【 0 1 0 5 】

10

20

30

40

50

【表 2】

【表 2】

		実施例11	実施例12	実施例13	実施例14	実施例15	実施例16	実施例17	実施例18	実施例19	実施例20	
分離膜 エレメント 形態	径	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	分離膜対の幅	mm	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	
	分離膜対の長さ	mm	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.42	
	第1分離膜対	形態	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		枚数	4	4	4	4	4	4	4	4	3	6
	第2分離膜対	厚み	mm	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
		供給側流路材	mm×mm	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5
		傾斜角	°	45	45	45	45	45	45	45	45	45
		透過側流路材	横断面積比	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	第2分離膜対	形態	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		枚数	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		厚み	mm	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
供給側流路材		mm×mm	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	1.5×1.5	
第2分離膜対	傾斜角	°	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
	透過側流路材	横断面積比	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	
	有効膜面積	m <sup>2</sup>	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
	回収率	%	75	50	30	90	90	90	90	90	90	
運転条件	透水率	L/min	1.09	1.03	1.05	1.04	1.03	1.07	1.07	1.01	1.04	
	脱塩率	%	96.7	97.7	98.0	95.5	95.4	95.5	94.9	94.9	95.6	

【 0 1 0 6 】

10

20

30

40

50

【表 3】

分 離 膜 エ レ メ ン ト 形 態	徑		実施例21	実施例22	比較例1	比較例2	比較例3	比較例4
	インチ	mm						
第1分 離膜 対	分離膜対の幅	mm	0.20	0.15	0.20	0.20	0.20	0.20
	分離膜対の長さ	mm	1.26	1.26	0.63	0.63	0.63	0.63
	形態	-	I	I	I	L	I	L
	枚数	-	図2	図2	図2	図6	図2	図6
	厚み	mm	2	6	6	6	24	24
	供給側流路材	mm x mm	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	傾斜角	°	1.5 x 1.5	1.5 x 1.5	1.5 x 1.5	1.5 x 1.5	1.5 x 1.5	1.5 x 1.5
	透過側流路材	mm x mm	45	45	45	45	45	45
	横断面積比	-	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	形態	-	逆L	逆L	-	-	-	-
第2分 離膜 対	枚数	-	図4	図4	-	-	-	-
	厚み	mm	1	3	0	0	0	0
	供給側流路材	mm x mm	0.3	0.3	0.3	0.3	-	-
	傾斜角	°	1.5 x 1.5	1.5 x 1.5	1.5 x 1.5	1.5 x 1.5	-	-
	透過側流路材	mm x mm	45	45	45	45	-	-
	横断面積比	-	0.6	0.6	0.6	0.6	-	-
	分 離 膜 対 の 総 枚 数	-	3	4	6	6	24	24
	有効膜面積	m <sup>2</sup>	1.54	1.54	1.54	1.54	28.0	28.0
	回収率	%	90	90	90	90	90	90
	造水量	L/min	1	0.93	1.01	1.03	34.5	34.1
脱塩率	%	95.5	95.4	93.0	94.6	93.8	94.2	

【表 3】

【符号の説明】

【 0 1 0 7 】

- 1 分離膜エレメント
- 2 有孔中心管
- 2 1 孔
- 3 分離膜
- 3 1 分離膜対
- 4 供給側流路材
- 5 透過側流路材

10

20

30

40

50

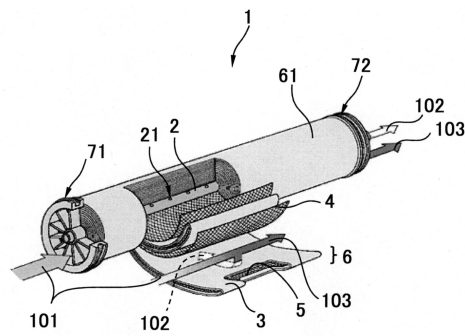
- 6 膜ユニット
- 6 1 巻回体
- 7 1、7 2 テレスコープ防止板
- 7 3 キャップ
- 8 流路閉口部
- 1 0 1 供給流体
- 1 0 2 透過流体
- 1 0 3 濃縮流体
- 1 0 4 中間流体
- H 透過側流路材の厚み
- P 透過側流路材の凸部の中心と隣接する凸部の中心との間隔
- S 透過側流路材の凸部の横断面積

10

【図面】

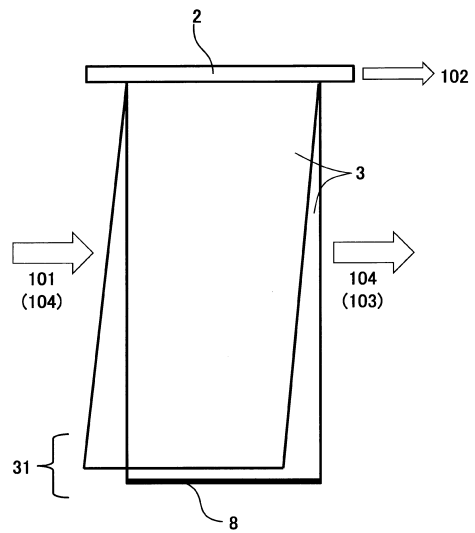
【図 1】

【図1】



【図 2】

【図2】



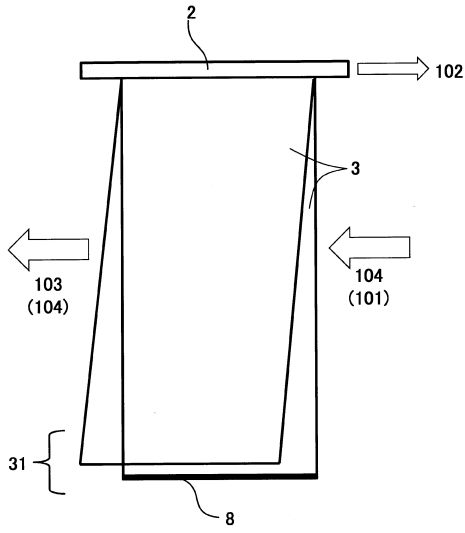
20

30

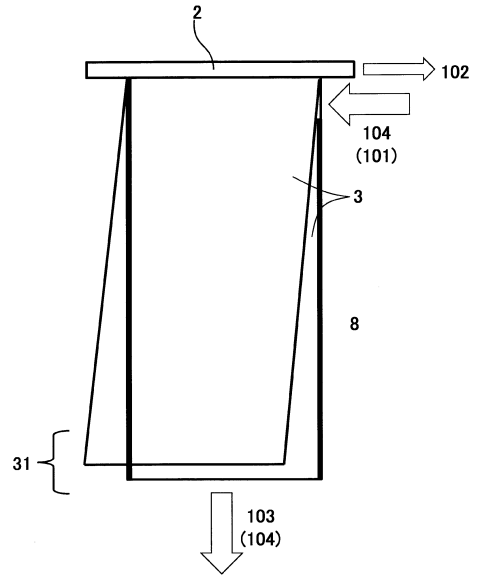
40

50

【図3】  
【図3】



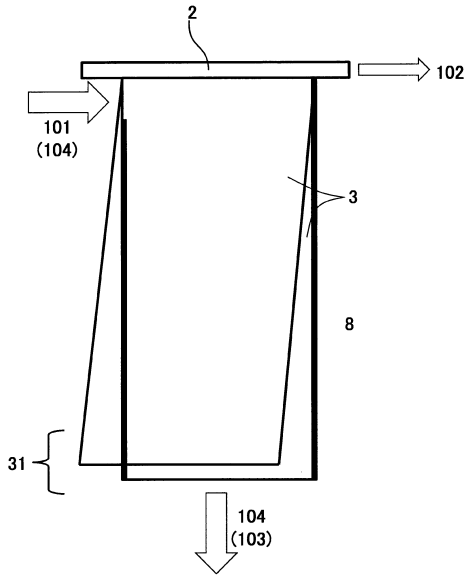
【図4】  
【図4】



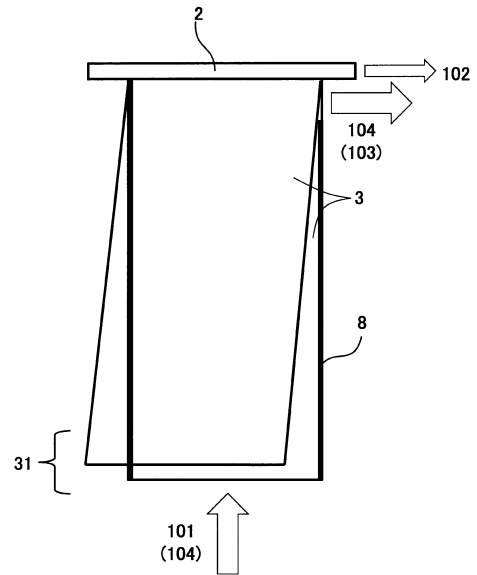
10

20

【図5】  
【図5】



【図6】  
【図6】

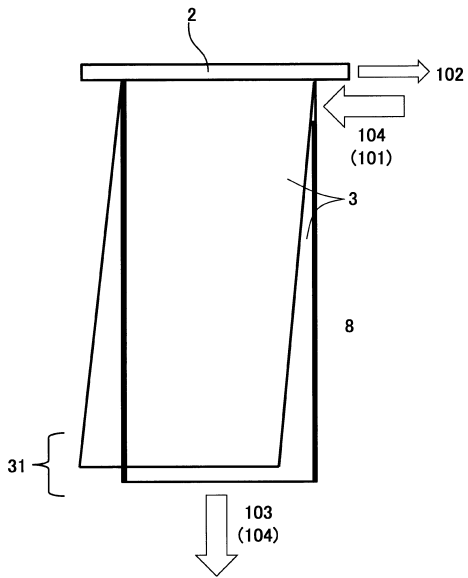


30

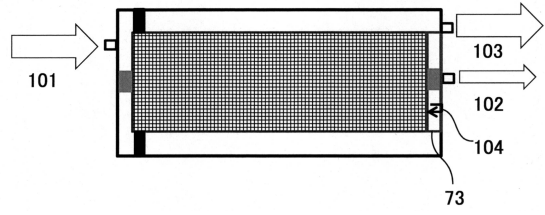
40

50

【 図 7 】  
【 図7】

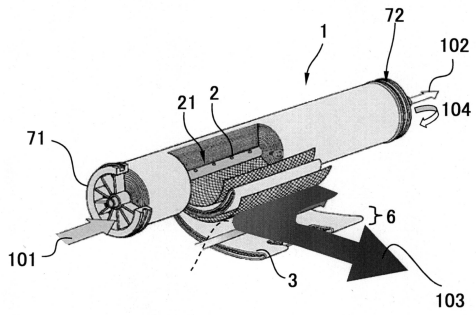


【 図 8 】  
【 図8】

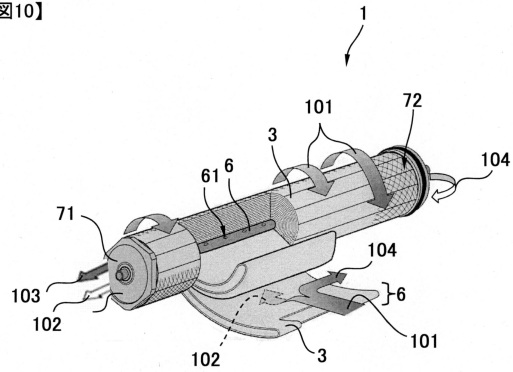


10

【 図 9 】  
【 図9】



【 図 1 0 】  
【 図10】



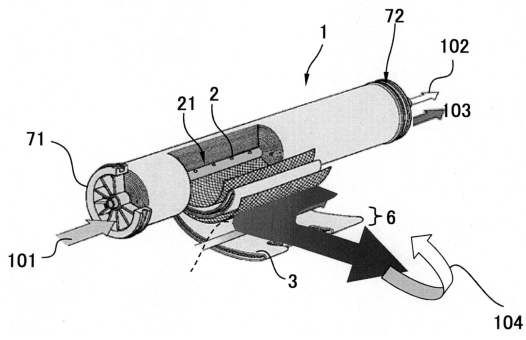
20

30

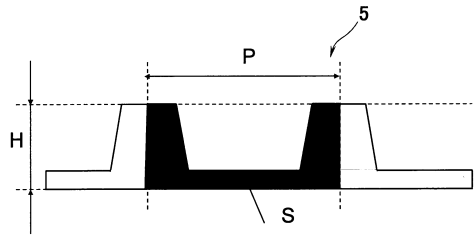
40

50

【図11】  
【図11】

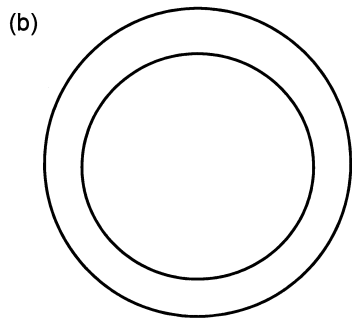
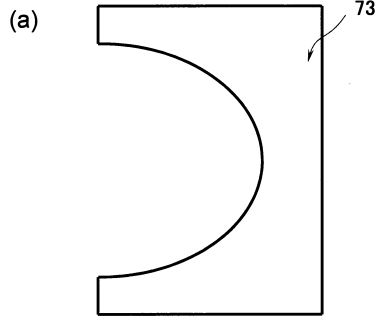


【図12】  
【図12】



10

【図13】  
【図13】



20

30

40

50



## フロントページの続き

滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社 滋賀事業場内

(72)発明者 北出 有

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

審査官 松井 一泰

(56)参考文献 実開昭55-102902(JP,U)

国際公開第2016/104419(WO,A1)

特開2013-071098(JP,A)

特開昭60-166005(JP,A)

特開平05-208120(JP,A)

特開2015-027651(JP,A)

特開平11-057429(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

B01D 53/22

B01D 61/00 - 71/82

C02F 1/44

B32B 1/00 - 43/00