

(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  
2023年2月16日(16.02.2023)



(10) 国際公開番号

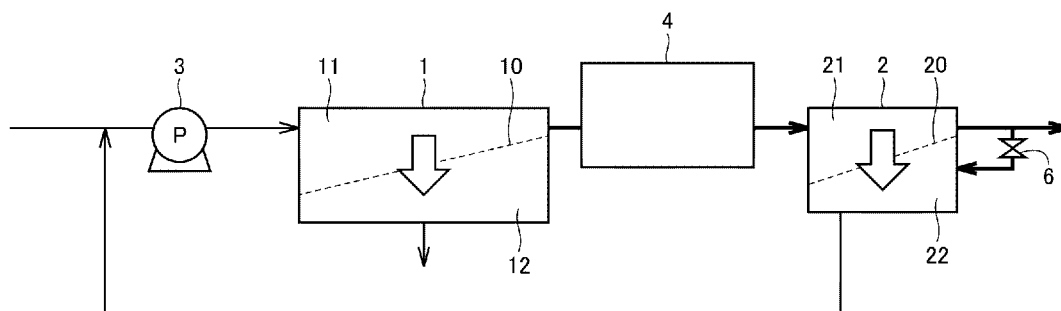
WO 2023/017778 A1

- (51) 国際特許分類:  
*B01D 61/12* (2006.01) *B01D 61/58* (2006.01) 府大阪市北区梅田一丁目13番1号 東洋紡株式会社内 Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/029953 (74) 代理人: 弁理士法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).
- (22) 国際出願日: 2022年8月4日(04.08.2022)
- (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 2021-130462 2021年8月10日(10.08.2021) JP
- (71) 出願人: 東洋紡株式会社(Toyobo Co., Ltd.) [JP/JP]; 〒5300001 大阪府大阪市北区梅田一丁目13番1号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 中尾 崇人 (NAKAO, Takahito); 〒5300001 大阪府大阪市北区梅田一丁目13番1号 東洋紡株式会社内 Osaka (JP). 櫻井 秀彦(SAKURAI, Hidehiko); 〒5300001 大阪府大阪市北区梅田一丁目13番1号 東洋紡株式会社内 Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, 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,

(54) Title: MEMBRANE SEPARATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 膜分離システム

FIG.1



(57) Abstract: A membrane separation system according to the present invention comprises a first membrane separation module, a second membrane separation module, and a pressure adjustment device, wherein: the first membrane separation module and the second membrane separation module each have a semipermeable membrane and first and second chambers which are partitioned by the semipermeable membrane; in each of the first membrane separation module and the second membrane separation module, water contained in a liquid in the first chamber is transferred into the second chamber through the semipermeable membrane by pressurizing the liquid containing the water in the first chamber; the first chamber of the first membrane separation module and the first chamber of the second membrane separation module are coupled to each other by a flow path; the pressure adjustment device is provided in the middle of the flow path; in the pressure adjustment device, the pressure of the liquid discharged from the first chamber of the first membrane separation module is adjusted; and the liquid the pressure of which has been adjusted is discharged to the first chamber side of the second membrane separation module.

WO 2023/017778 A1

SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT,  
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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: 第1膜分離モジュールと、第2膜分離モジュールと、圧力調整装置と、を備え、前記第1膜分離モジュールおよび前記第2膜分離モジュールの各々は、半透膜と、前記半透膜で仕切られた第1室および第2室と、を有し、前記第1膜分離モジュールおよび前記第2膜分離モジュールの各々において、前記第1室内の水を含む液体を加圧することにより、前記第1室内の前記液体中に含まれる水が前記半透膜を介して前記第2室内に移行され、前記第1膜分離モジュールの前記第1室と前記第2膜分離モジュールの前記第1室とが流路で接続され、前記流路の途中に前記圧力調整装置が設けられ、前記圧力調整装置において、前記第1膜分離モジュールの前記第1室から排出された前記液体の圧力が調整され、圧力が調整された前記液体が前記第2膜分離モジュールの前記第1室側に排出される、膜分離システム。

## 明 細 書

**発明の名称**：膜分離システム

### 技術分野

[0001] 本発明は、膜分離システムに関する。

### 背景技術

[0002] 例えば、逆浸透（RO）法を用いた淡水化処理に必要なエネルギーを低下させること等を目的として、半透膜モジュールの第1室に高圧の対象液を流し、第2室に低圧の対象液を流して、第1室内の対象液に含まれる水を半透膜を介して第2室内の対象液に移行させることで、第1室から濃縮された対象液を排出し、第2室から希釈された対象液を排出する膜分離方法（ブラインコンセントレーション）が検討されている（例えば、特許文献1：特開2018-1110号公報参照）。

[0003] また、ブラインコンセントレーション、RO法等の加圧膜分離法を組み合わせ、より高度な濃縮を行うことも検討されており、例えば、RO法で濃縮された濃縮液に対して、さらにブラインコンセントレーション（BC）による濃縮を行う膜分離システムが知られている（例えば、特許文献2（国際公開第2020/027056号）参照）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2018-1110号公報

特許文献2：国際公開第2020/027056号

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] RO法においては、例えば、中空糸型の半透膜（中空糸膜）の外側に高圧の対象液（原液）を供給し、中空糸膜の内側から透過水を得る。RO法を長期間継続的に実施する場合、経時的な半透膜（逆浸透膜）の圧密化や性能低下等（経年劣化）が徐々に進行する。

- [0006] このため、対象液の圧力等の条件が一定の状態でのRO法の実施を続けると、徐々に透過水量が減少する（最終濃縮液の濃度が低下する）。そこで、実際の商業用にRO法を継続的に実施する場合は、通常、対象液の圧力を徐々に上げていく等の透過水量（最終濃縮液の濃度）を一定に保つための調整が行われる。
- [0007] 同様に、例えば、ROモジュール1とBC用の半透膜モジュール2とを組み合わせる膜分離システム（図3参照）においても、システム全体の透過水量を一定に保つために、ROモジュール1およびBC用の半透膜モジュール2の各々において透過水量を一定に保つことが望ましい。
- [0008] しかし、RO法とBCでは、通常、使用される半透膜の特性が異なり、また膜分離処理の対応となる液体の濃度等も異なる。このため、1つの膜分離システムにおいて、RO用の半透膜10とBC用の半透膜20とで、経年劣化の進行速度が異なる。したがって、ROモジュール1とBC用の半透膜モジュール2とで個別に処理液（第1室11または第1室21に供給される液）の圧力等を調整する必要がある。
- [0009] このように、RO法やBC等の加圧膜分離法（ROモジュール1やBC用の半透膜モジュール2等の加圧膜分離モジュール）を組み合わせる膜分離システムでは、各々の加圧膜分離モジュールの処理液の圧力を個別に調整することが望ましい。
- [0010] そこで、例えば、ROモジュール1の後にBC用の半透膜モジュール2を組み合わせる膜分離システムにおいては、RO法で濃縮された濃縮液（第1室11から排出される液）の残圧を一旦、減圧装置5によって低下させ、圧力が低下した濃縮液を（RO用の高圧ポンプ3とは別の）高圧ポンプ31を用いてBC用の半透膜モジュール2に供給することが考えられる（図4参照）。これにより、高圧ポンプ3と高圧ポンプ31の各々の出力を調整することで、ROモジュール1とBC用の半透膜モジュール2とで個別に処理液の圧力を調整することができる。
- [0011] しかし、2台の高圧ポンプ3、31が必要であり、減圧装置5も必要であ

るため、設備コストが増大し、運転コストも増加するという問題がある。なお、減圧装置5としてエネルギー回収装置を用いて、高圧ポンプの消費電力を一部補うことも考えられるが、運転コストの増加も十分に抑制することは難しく、設備コストは更に増大してしまう。

[0012] また、特許文献2の図8および図9には、RO法で濃縮された濃縮液を一旦タンクに貯留し、その後、RO用の高圧ポンプとは別のBC用の高圧ポンプを用いて、タンクに貯留された濃縮液をBC用の半透膜モジュールに移送することが記載されている。しかし、濃縮液を貯留するためのタンクの設備が必要になるという問題がある。

[0013] したがって、本発明は、加圧膜分離法を組み合わせる膜分離システムにおいて、複数の高圧ポンプや特別な設備を必要とせずに、各々の加圧膜分離モジュールの処理液の圧力を個別に調整することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

[0014] (1) 第1膜分離モジュールと、第2膜分離モジュールと、圧力調整装置と、を備え、

前記第1膜分離モジュールおよび前記第2膜分離モジュールの各々は、半透膜と、前記半透膜で仕切られた第1室および第2室と、を有し、

前記第1膜分離モジュールおよび前記第2膜分離モジュールの各々において、前記第1室内の水を含む液体を加圧することにより、前記第1室内の前記液体中に含まれる水が前記半透膜を介して前記第2室内に移行され、

前記第1膜分離モジュールの前記第1室と前記第2膜分離モジュールの前記第1室とが流路で接続され、前記流路の途中に前記圧力調整装置が設けられ、

前記圧力調整装置において、前記第1膜分離モジュールの前記第1室から排出された前記液体の圧力が調整され、圧力が調整された前記液体が前記第2膜分離モジュールの前記第1室側に排出される、膜分離システム。

[0015] (2) 前記第1膜分離モジュールは、半透膜である逆浸透膜と、前記半透膜で仕切られた第1室および第2室と、

を有し、

前記第1室内で所定の圧力に昇圧された原液から逆浸透膜を介して水を分離および回収し、濃縮された前記原液である濃縮原液を排出する、逆浸透モジュールであり、

前記第2膜分離モジュールは、

半透膜と、前記半透膜で仕切られた第1室および第2室と、を有し、前記第1対象液を所定の圧力で前記第1室に流し、第2対象液を前記所定の圧力よりも低い圧力で前記第2室に流すことで、前記第1室内の前記第1対象液に含まれる水を前記半透膜を介して前記第2室内の前記第2対象液に移行させ、前記第1室から濃縮液を排出し、前記第2室から希釈液を排出する、半透膜モジュールであり、

前記圧力調整装置において、前記濃縮原液の圧力が調整され、圧力が調整された前記濃縮原液が第1対象液として排出される、(1)に記載の膜分離システム。

[0016] (3) 前記圧力調整装置において、前記第1膜分離モジュールの前記第1室から排出された前記液体の圧力が増加され、圧力が増加された前記液体が前記第2膜分離モジュールの前記第1室側に排出される、(1)に記載の膜分離システム。

[0017] (4) 前記圧力調整装置において、前記濃縮原液の圧力が増加され、圧力が増加された前記濃縮原液が第1対象液として排出される、(2)に記載の膜分離システム。

### 発明の効果

[0018] 本発明によれば、加圧膜分離法を組み合わせる膜分離システムにおいて、複数の高圧ポンプや特別な設備を必要とせずに、各々の加圧膜分離モジュールの処理液の圧力を個別に調整することができる。

### 図面の簡単な説明

[0019] [図1]実施形態の膜分離システムの一例を示す模式図である。

[図2]実施形態の膜分離システムの別の一例を示す模式図である。

[図3]従来の膜分離システムの一例を示す模式図である。

[図4]従来の膜分離システムの一例を示す模式図である。

### 発明を実施するための形態

[0020] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。なお、図面において、同一の参照符号は、同一部分または相当部分を表すものである。また、長さ、幅、厚さ、深さなどの寸法関係は図面の明瞭化と簡略化のために適宜変更されており、実際の寸法関係を表すものではない。

[0021] 本発明の膜分離装置は、第1膜分離モジュールと、第2膜分離モジュールと、圧力調整装置と、を備える。

前記第1膜分離モジュールおよび前記第2膜分離モジュールの各々は、半透膜と、前記半透膜で仕切られた第1室および第2室と、を有する。

前記第1膜分離モジュールおよび前記第2膜分離モジュールの各々において、前記第1室内の水を含む液体を加圧することにより、前記第1室内の前記液体中に含まれる水は前記半透膜を介して前記第2室内に移行される。

前記第1膜分離モジュールの前記第1室と前記第2膜分離モジュールの前記第1室とが流路で接続され、前記流路の途中に前記圧力調整装置が設けられる。

前記圧力調整装置において、前記第1膜分離モジュールの前記第1室から排出された前記液体の圧力が調整され、圧力が調整された前記液体が前記第2膜分離モジュールの前記第1室側に排出される。

[0022] 第1膜分離モジュールおよび第2膜分離モジュールは、第1室内の水を含む液体を加圧することにより、第1室内の液体中に含まれる水が半透膜を介して第2室内に移行される膜分離モジュール（加圧型膜分離モジュール）であれば特に限定されない。

[0023] 加圧型膜分離モジュールとしては、例えば、逆浸透（RO）モジュール、ブラインコンセントレーション（BC）用の半透膜モジュール、加圧型正浸透モジュール（濃縮側のフィード溶液が加圧される正浸透モジュール）などが挙げられる。

[0024] なお、第1膜分離モジュールと第2膜分離モジュールとは、異なる種類のモジュールであることが好ましいが、同じ種類のモジュールであってもよい。

[0025] 第1膜分離モジュールと第2膜分離モジュールとが異なる種類のモジュールである場合、第1膜分離モジュールと第2膜分離モジュールとで経年劣化の進行速度が異なり、第1膜分離モジュールと第2膜分離モジュールとで個別に処理液の圧力を調整することが必要な場合が多いため、特に本発明が有用である。

[0026] なお、第1膜分離モジュールと第2膜分離モジュールとが同じ種類のモジュールである場合でも、第1膜分離モジュールの半透膜と第2膜分離モジュールの半透膜とで材料、耐圧性等が異なる場合や、第1膜分離モジュールと第2膜分離モジュールとで処理液の圧力、濃度等が異なる場合には、第1膜分離モジュールと第2膜分離モジュールとで経年劣化の進行速度が異なり、第1膜分離モジュールと第2膜分離モジュールとで個別に処理液の圧力を調整することが必要な場合もあるため、このようなときに本発明は有用である。

[0027] 圧力調整装置は、第1膜分離モジュールの第1室から排出された液体の圧力を調整し、圧力が調整された液体を第2膜分離モジュールの第1室側に排出できる装置であれば、特に限定されない。

[0028] 前記圧力調整装置において、前記第1膜分離モジュールの前記第1室から排出された前記液体の圧力が増加され、圧力が増加された前記液体が前記第2膜分離モジュールの前記第1室側に排出されることが好ましい。

[0029] <<実施形態1>>

以下、本発明の膜分離システムの一実施形態の具体例について説明する。

[0030] <膜分離システム>

図1を参照して、本実施形態の膜分離システムは、逆浸透モジュール1と、圧力調整装置4と、半透膜モジュール2と、を備える。本実施形態において、第1膜分離モジュールは逆浸透モジュール1であり、第2膜分離モジュ



ールは（ＢＣ用の）半透膜モジュール２である。

[0031] 逆浸透モジュール１は、半透膜である逆浸透膜１０と、半透膜（逆浸透膜１０）で仕切られた第１室１１および第２室１２と、を有し、

第１室１１内で所定の圧力に昇圧された原液から逆浸透膜１０を介して水を分離および回収し、濃縮された原液である濃縮原液を排出する。

[0032] 半透膜モジュール２は、半透膜２０と、半透膜２０で仕切られた第１室２１および第２室２２と、を有し、

第１対象液を所定の圧力で第１室２１に流し、第２対象液を所定の圧力（第１対象液の圧力）よりも低い圧力で第２室２２に流すことで、第１室２１内の第１対象液に含まれる水を半透膜２０を介して第２室２２内の第２対象液に移行させ、第１室２１から濃縮液を排出し、第２室２２から希釈液を排出する。

[0033] そして、圧力調整装置において、濃縮原液の圧力が調整され、圧力が調整された濃縮原液が第１対象液として排出される。

[0034] 以下、本実施形態の膜分離システムの詳細について説明する。

[0035] 〔逆浸透モジュール：第１膜分離モジュール〕

本実施形態の膜分離システムは、逆浸透（ＲＯ）モジュール１の上流側に、高圧ポンプ３を備える。高圧ポンプ３は、原液を所定の圧力に昇圧してＲＯモジュール１の第１室１１に供給する。ＲＯモジュール１は、所定の圧力に昇圧された原液から逆浸透（ＲＯ）膜２０を介して水（透過水）を第２室１２側へ分離することで、濃縮された原液である濃縮原液を第１室１１から排出し、水を第２室１２から排出する。

[0036] 本明細書において、「原液」は、ＲＯモジュール１に供給される水を含む液体であれば特に限定されず、溶液および懸濁液のいずれであってもよい。原液としては、例えば、海水、河川水、汽水、排水などが挙げられる。排水としては、例えば、工業排水、生活排水、油田またはガス田の排水などが挙げられる。

[0037] なお、高圧ポンプ３の上流側には、原液中に含まれる濁質（微粒子、微生

物、スケール成分等)を除去するために、図示しない前処理装置を備えていてもよい。前処理装置としては、例えば、砂ろ過装置やUF(Ultrafiltration:限外ろ過)膜、MF(Microfiltration:精密ろ過)膜等を用いたろ過装置や、塩素、次亜塩素酸ナトリウム、凝集剤、スケール防止剤等の添加装置や、pHの調整装置などが挙げられる。なお、スケール防止剤とは、液中のスケール成分がスケールとして析出することを防止または抑制する作用を有する添加剤である。スケール防止剤としては、例えば、ポリリン酸系、ホスホン酸系、ホスフィン酸系、ポリカルボン酸系などの化合物が挙げられる。

[0038] 本実施形態において、ROモジュール1(第1室11)の下流側に、圧力調整装置4および半透膜モジュール2が接続される。半透膜モジュール2の第1室21に供給される第1対象液は、圧力調整装置4によって圧力が調整された上記の濃縮原液(ROモジュール1の第1室11から排出される濃縮原液)である。

[0039] 本実施形態においては、高圧ポンプ3によって、ROモジュール1の透水量(第1室11から第2室12への水の移動量)が一定に維持されるように、ROモジュール1のRO膜10(半透膜)の経年劣化の速度に応じて、ROモジュール1の第1室11に供給される原液の圧力を調整する(例えば、原液の圧力を経時的に徐々に上昇させる)ことができる。

[0040] [圧力調整装置]

圧力調整装置4では、ROモジュール1から排出される濃縮原液の圧力が調整され、圧力が調整された濃縮原液が第1対象液として排出される。

[0041] ROモジュール1(第1室11)から排出される濃縮原液は、高い圧力(残圧)を有しているため、その圧力によって半透膜モジュール2側へ移送され得る。しかし、通常、半透膜モジュール2において求められる第1対象液の圧力は、この濃縮原液の残圧とは異なる圧力である。また、半透膜モジュール2に供給される第1対象液の経時的な圧力調整は、上述の高圧ポンプ3によるROモジュールについての圧力調整とは独立して行う必要がある。このため、ROモジュール1から排出される濃縮原液は、圧力調整装置4によ

って圧力が調整された後に、半透膜モジュール2側へ移送される。

- [0042] 圧力調整装置4において、濃縮原液の圧力が増加され、圧力が増加された濃縮原液が第1対象液として排出されることが好ましい。半透膜モジュール2において求められる第1対象液の圧力は、ROモジュール1から排出される濃縮原液の残圧より高い圧力である場合が多いためである。
- [0043] 本実施形態においては、圧力調整装置4によって、半透膜モジュール2の透水量（第1室21から第2室22への水の移動量）が一定に維持されるように、半透膜モジュール2の半透膜20の経年劣化の速度に応じて、半透膜モジュール2の第1室21に供給される第1対象液の圧力を調整する（例えば、第1対象液の圧力を経時的に徐々に上昇させる）ことができる。なお、この半透膜モジュール2についての圧力調整は、上述の高圧ポンプ3によるROモジュールについての圧力調整とは独立して行うことができる。
- [0044] 圧力調整装置4は、供給される液体の圧力を調整して排出することのできる装置であれば、特に限定されない。
- [0045] 圧力調整装置4としては、例えば、ブースターポンプ、サーキュレーションポンプ、圧力調整バルブ、エネルギー回収装置、ターボチャージャーなどが挙げられる。なお、ブースターポンプ、ターボチャージャー、サーキュレーションポンプ等は、液体を所望の圧力に加圧または減圧することが可能である。圧力調整バルブ、減圧弁、エネルギー回収装置等は、液体を所望の圧力に減圧することが可能である。
- [0046] 圧力調整装置4は単独で、ROモジュールから排出される高圧（例えば、5.0MPa以上）の濃縮原液の圧力を調整することが可能な装置であることが好ましい。
- [0047] なお、圧力調整装置4は、高圧ポンプを含まない。高圧ポンプとは、例えば、液体を5MPa以上の圧力に昇圧できるポンプで、ポンプの吸い込み側の許容圧力が2MPa以下のポンプである。
- [0048] 例えば、ROモジュール1の後にBC用の半透膜モジュール2を組み合わせる膜分離システムにおいては、RO法とBCで透水量を一定に保つた

めに、RO法とBCとで別々に処理液の圧力制御を行う必要がある。このため、従来の膜分離システムでは、BC用のポンプをRO用の高圧ポンプとは別に設けていた。ここで、ROモジュールから排出される高圧（例えば、5.0MPa以上）の濃縮原液の圧力は、このような高圧ポンプの吸い込み側の許容圧力を超えるため、高圧ポンプのみを用いて濃縮原液の圧力を増加させることはできない。このため、従来は、ROモジュールとBC用の半透膜モジュールとの間に、濃縮原液の圧力を一旦低下させるための減圧装置または設備（特許文献2の図8および図9のタンク等）と、高圧ポンプ3以外の別の高圧ポンプと、を設ける必要があった。

[0049] これに対して、本実施形態の膜分離システムにおいては、上記の圧力調整装置4を用いることにより、濃縮原液の圧力を一旦低下させるための減圧装置または設備（中間タンク等）と、高圧ポンプ3以外の別の高圧ポンプと、を設ける必要があった従来のシステム（加圧膜分離法を組み合わせる膜分離システム）に比べて、設備コストおよび運転コストを削減することができる。

[0050] なお、例えば、減圧弁等の減圧装置、分流弁、エネルギー回収装置などが圧力を調整する機能を有しない場合、圧力調整装置4をこれらの減圧装置等のみで構成することはできない。

[0051] ただし、圧力調整装置4は、圧力調整機能を有しない減圧装置等と、該減圧弁の下流側（半透膜モジュール2より上流側）の流路に設けられた低圧ポンプと、から構成されていてもよい。この場合、減圧装置等によって濃縮原液の圧力を第1対象液に求められる圧力よりやや低い圧力まで低減し、低圧ポンプによって圧力が低減された濃縮原液を第1対象液に求められる圧力まで昇圧することで、濃縮原液を所望の圧力に調整することができる。

[0052] また、圧力調整装置4は、ROモジュール1の第1室と半透膜モジュール2の第1室21とを接続する流路の途中に設けられた圧力調整機能を有しない減圧弁等と、ROモジュール1の第1室から排出される濃縮原液を該減圧弁等を通さずに半透膜モジュール2の第1室21に供給するための分岐流

路と、分岐流路の流量調整装置と、の組合せから構成されていてもよい。この場合でも、分岐流路の流量調整によって、半透膜モジュール2の透水量が一定に維持されるように、半透膜モジュール2の第1室21に供給される第1対象液の圧力を調整することができる。

[0053] 圧力調整装置4は、半透膜モジュール2の第1室21に供給される第1対象液の圧力を低減するための装置として、エネルギー回収装置を含んでもよい。エネルギー回収装置は、ROモジュール1から排出される濃縮原液の圧力を低減しつつ、該濃縮原液の圧力エネルギーを回収することができる。エネルギー回収装置で回収されたエネルギーを高圧ポンプ3の稼動に利用することで、膜分離システム全体の消費エネルギーを削減することができる。

[0054] エネルギー回収装置としては、例えば、タービン等を用いて電気としてエネルギーを回収する電気式のエネルギー回収装置、または、濃縮液から機械的にエネルギーを回収する機械式のエネルギー回収装置が挙げられる。電気式のエネルギー回収装置よりもエネルギー変換ロス小さい機械式のエネルギー回収装置を用いた方が、通常は消費エネルギー（運転コスト）の削減効果が大きい。

[0055] 機械式のエネルギー回収装置としては、ターボチャージャー、または、高圧ポンプの駆動軸と同軸上に結合された水車を用いて、濃縮液の圧力エネルギーを動力として回収する動力伝達式のエネルギー回収装置が知られている。また、機械式のエネルギー回収装置の別の例として、圧力変換装置（Pressure Exchanger）などの濃縮液の圧力を直接回収する圧力伝達式のエネルギー回収装置を用いることもできる。このようなエネルギー回収装置は、例えば、特開2004-81913号公報、特開平1-123605号公報などに開示されている。

[0056] [BC用の半透膜モジュール：第2膜分離モジュール]

BC用の半透膜モジュール2は、半透膜20と、半透膜20で仕切られた第1室21および第2室22と、を有する。

- [0057] 第1対象液（圧力調整装置4によって圧力が調整された濃縮原液）は、所定の圧力で第1室21に流入し、第2対象液は、所定の圧力（第1対象液の圧力）よりも低い圧力で第2室22に流入する。これにより、第1室21内の第1対象液に含まれる水は半透膜20を介して第2室22内の第2対象液に移行し、第1室21から濃縮液（濃縮された第1対象液）が排出され、第2室22から希釈液（希釈された第2対象液）が排出される。
- [0058] なお、第1対象液と第2対象液とは同じ液であってもよい。例えば、図1および図2に示されるように、所定の圧力を有する第1対象液の一部が、減圧弁6等を通過することによって、上記所定の圧力よりも低い圧力で第2室に流されてもよい。なお、図1に示されるように、第1対象液と第2対象液が反対方向に流されてもよく、図2に示されるように、第1対象液と第2対象液が同一方向に流されてもよい。
- [0059] 図1および図2の場合、半透膜モジュール2の第1室21と第2室22とに流入する対象液は、同じ液であるため、基本的に等しい浸透圧を有する。このため、RO法のように、対象液（高浸透圧液）と淡水との間の高い浸透圧差に逆らって逆浸透を起こさせるための高い圧力が必要なく、比較的低圧の加圧によって、対象液の膜分離を実施することができる（一部の対象液を希釈し、他の一部の対象液を濃縮することができる）。
- [0060] ただし、本実施形態において、半透膜モジュール2の第2室22に供給される第2対象液は、第1室21に供給される第1対象液とは独立の液であってもよい。
- [0061] 第1室21に流される第1対象液と第2室22に流される第2対象液とが異なる液であり、両者の間で濃度が異なる場合でも、その浸透圧差（絶対値）が第1室21に供給される第1対象液の圧力よりも小さければ、理論上、BCによる膜分離は実施可能である。この場合、第1室21（高圧側）に流入する第1対象液の浸透圧と第2室22（低圧側）に供給される第2対象液の浸透圧との差は、第1室21に供給される第1対象液の所定の圧力の30%以下であることが好ましい。

- [0062] なお、BCの工程は、図1および図2に示されるように1つの半透膜モジュール2を用いた1段の工程であってもよいが、複数の半透膜モジュールを用いた多段の工程であってもよい。
- [0063] 半透膜モジュール2での膜分離処理であるブラインコンセントレーション（BC）において、半透膜モジュール2の半透膜20を介して第1室21から第2室22に水を移行させるためには、第1室21に供給される第1対象液の圧力を、半透膜20の両側を流れる第1対象液と第2対象液との浸透圧差より大きくする必要がある。このため、1段の工程（1つの半透膜モジュール）で第1対象液を高度に濃縮するためには、それに応じた高い圧力での供給が必要になり、ポンプの稼動のためのエネルギーコストが増加する等のデメリットがある。このため、濃縮工程を段階的にし、BCに必要な圧力を低下させること等を目的として、BCを複数の半透膜モジュールを用いた多段の工程により実施してもよい。このような多段の工程によるBCについては、例えば、特開2018-069198号公報に開示されている。
- [0064] 半透膜としては、例えば、逆浸透（RO）膜、正浸透（FO）膜、ナノろ過（NF）膜と呼ばれる半透膜が挙げられる。なお、半透膜として逆浸透膜または正浸透膜、ナノろ過膜を用いる場合、第1室21に供給される第1対象液の圧力は好ましくは6～10MPaである。
- [0065] 通常、RO膜およびFO膜の孔径は約2nm以下であり、UF膜の孔径は約2～100nmである。NF膜は、RO膜のうちイオンや塩類の阻止率が比較的低いものであり、通常、NF膜の孔径は約1～2nmである。半透膜としてRO膜またはFO膜、NF膜を用いる場合、RO膜またはFO膜、NF膜の塩除去率は好ましくは90%以上である。
- [0066] 半透膜を構成する材料としては、特に限定されないが、例えば、セルロース系樹脂、ポリスルホン系樹脂、ポリアミド系樹脂などが挙げられる。半透膜は、セルロース系樹脂およびポリスルホン系樹脂の少なくともいずれかを含む材料から構成されることが好ましい。
- [0067] セルロース系樹脂は、好ましくは酢酸セルロース系樹脂である。酢酸セル

ローズ系樹脂は、殺菌剤である塩素に対する耐性があり、微生物の増殖を抑制できる特徴を有している。酢酸セルローズ系樹脂は、好ましくは酢酸セルローズであり、耐久性の点から、より好ましくは三酢酸セルローズである。

[0068] ポリスルホン系樹脂は、好ましくはポリエーテルスルホン系樹脂である。ポリエーテルスルホン系樹脂は、好ましくはスルホン化ポリエーテルスルホンである。

[0069] 半透膜20（および上述の逆浸透膜10）の形状としては、特に限定されないが、例えば、平膜または中空糸膜が挙げられる。なお、図1および図2では、半透膜20として平膜を簡略化して描いているが、特にこのような形状に限定されるものではない。なお、中空糸膜（中空糸型半透膜）は、平膜などに比べて、モジュール当たりの膜面積を大きくすることができ、浸透効率を高めることができる点で有利である。

[0070] また、半透膜モジュール2（および上述の逆浸透モジュール1）の形態としては、特に限定されないが、中空糸膜を用いる場合は、中空糸膜をストレート配置したモジュールや、中空糸膜を芯管に巻きつけたクロスワインド型モジュールなどが挙げられる。平膜を用いる場合は、平膜を積み重ねた積層型モジュールや、平膜を封筒状として芯管に巻きつけたスパイラル型モジュールなどが挙げられる。

[0071] 具体的な中空糸膜の一例としては、全体がセルローズ系樹脂から構成されている単層構造の膜が挙げられる。ただし、ここでいう単層構造とは、層全体が均一な膜である必要はなく、例えば、特開2012-115835号公報に開示されるように、外周表面近傍に緻密層を有し、この緻密層が実質的に中空糸膜の孔径を規定する分離活性層となっていることが好ましい。

[0072] 具体的な中空糸膜の別の例としては、支持層（例えば、ポリフェニレンオキサイドからなる層）の外周表面にポリフェニレン系樹脂（例えば、スルホン化ポリエーテルスルホン）からなる緻密層を有する2層構造の膜が挙げられる。また、他の例として、支持層（例えば、ポリスルホンまたはポリエーテルスルホンからなる層）の外周表面にポリアミド系樹脂からなる緻密層を



有する２層構造の膜が挙げられる。

[0073] なお、中空糸膜を用いた半透膜モジュールにおいて、通常は、中空糸膜の外側が第１室となる。中空糸膜の内側（中空部）を流れる流体を加圧しても、圧力損失が大きくなり加圧が十分に働き難いためである。

### 符号の説明

[0074] １ 逆浸透（RO）モジュール、１０ 逆浸透（RO）膜、１１ 第１室、１２ 第２室、２ 半透膜モジュール、２０ 半透膜、２１ 第１室、２２ 第２室、３、３１ 高圧ポンプ、４ 圧力調整装置、５ 減圧装置、６ 減圧弁。

## 請求の範囲

[請求項1] 第1膜分離モジュールと、第2膜分離モジュールと、圧力調整装置と、を備え、

前記第1膜分離モジュールおよび前記第2膜分離モジュールの各々は、半透膜と、前記半透膜で仕切られた第1室および第2室と、を有し、

前記第1膜分離モジュールおよび前記第2膜分離モジュールの各々において、前記第1室内の水を含む液体を加圧することにより、前記第1室内の前記液体中に含まれる水が前記半透膜を介して前記第2室内に移行され、

前記第1膜分離モジュールの前記第1室と前記第2膜分離モジュールの前記第1室とが流路で接続され、前記流路の途中に前記圧力調整装置が設けられ、

前記圧力調整装置において、前記第1膜分離モジュールの前記第1室から排出された前記液体の圧力が調整され、圧力が調整された前記液体が前記第2膜分離モジュールの前記第1室側に排出される、膜分離システム。

[請求項2] 前記第1膜分離モジュールは、半透膜である逆浸透膜と、前記半透膜で仕切られた第1室および第2室と、を有し、

前記第1室内で所定の圧力に昇圧された原液から逆浸透膜を介して水を分離および回収し、濃縮された前記原液である濃縮原液を排出する、逆浸透モジュールであり、

前記第2膜分離モジュールは、半透膜と、前記半透膜で仕切られた第1室および第2室と、を有し、第1対象液を所定の圧力で前記第1室に流し、第2対象液を前記所定の圧力よりも低い圧力で前記第2室に流すことで、前記第1室内の前記第1対象液に含まれる水を前記半透膜を介して前記第2室内の前記

第2対象液に移行させ、前記第1室から濃縮液を排出し、前記第2室から希釈液を排出する、半透膜モジュールであり、

前記圧力調整装置において、前記濃縮原液の圧力が調整され、圧力が調整された前記濃縮原液が前記第1対象液として排出される、請求項1に記載の膜分離システム。

[請求項3] 前記圧力調整装置において、前記第1膜分離モジュールの前記第1室から排出された前記液体の圧力が増加され、圧力が増加された前記液体が前記第2膜分離モジュールの前記第1室側に排出される、請求項1に記載の膜分離システム。

[請求項4] 前記圧力調整装置において、前記濃縮原液の圧力が増加され、圧力が増加された前記濃縮原液が第1対象液として排出される、請求項2に記載の膜分離システム。

[図1]

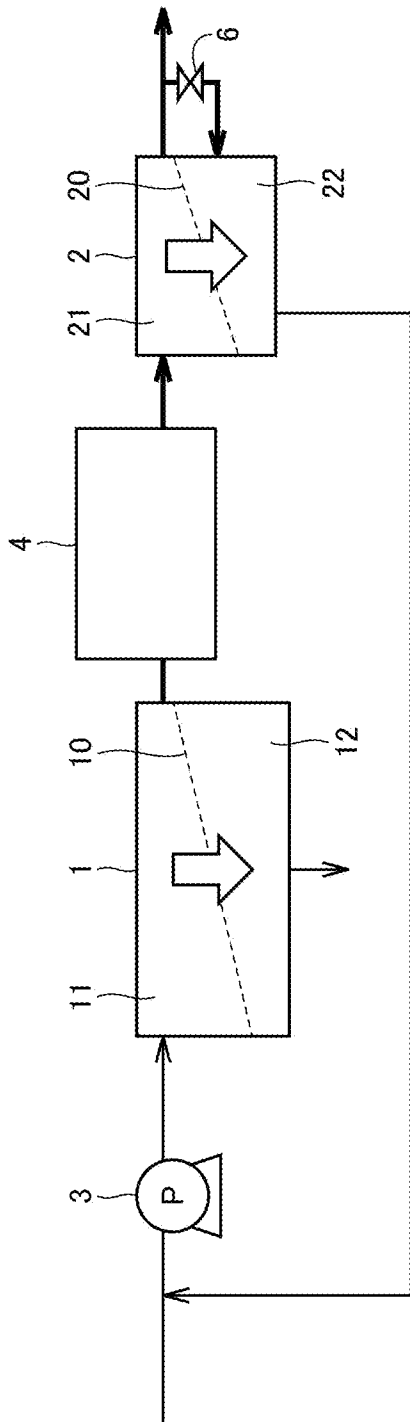


FIG.1

[図2]

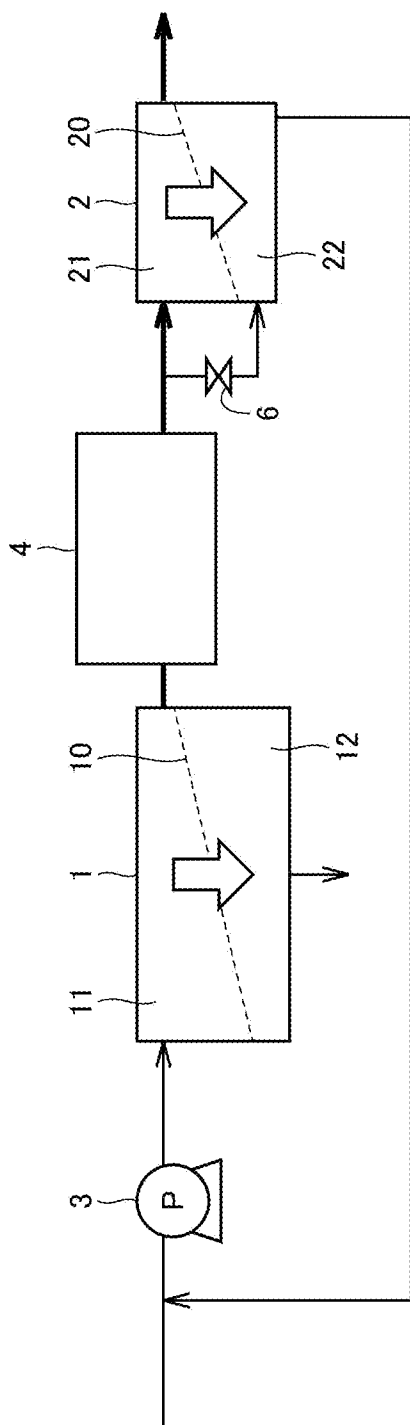


FIG.2

[FIG.3]

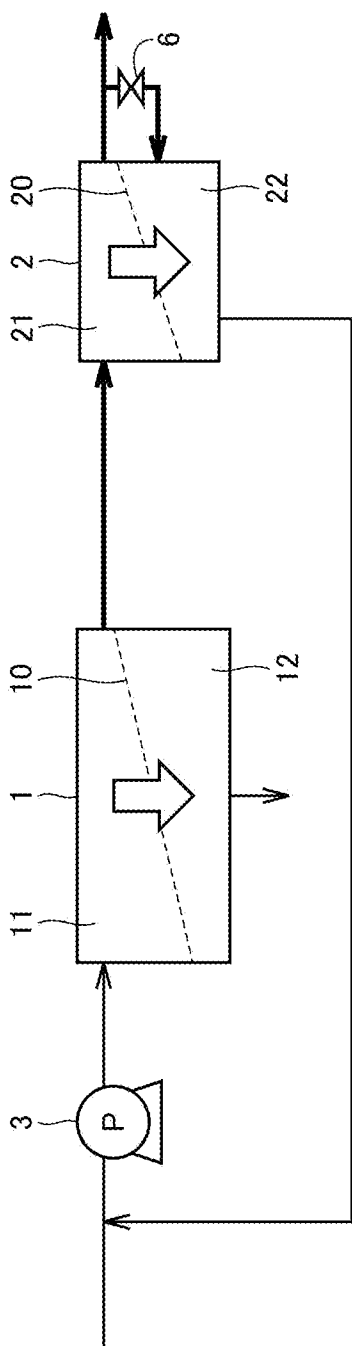


FIG.3

[図4]

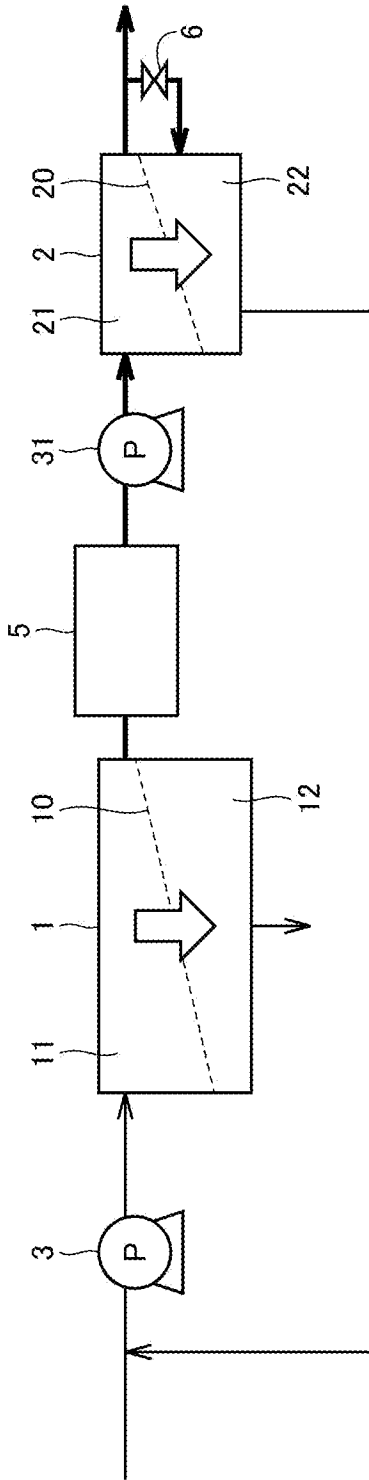


FIG.4

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/029953

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>B01D 61/12</i> (2006.01)i; <i>B01D 61/58</i> (2006.01)i FI: B01D61/12; B01D61/58		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B01D61/12; B01D61/58		
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)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2020/027056 A1 (TOYOBO CO., LTD.) 06 February 2020 (2020-02-06) claims, paragraphs [0001], [0002], [0028], [0031], [0032], [0076], [0094]-[0106], fig. 8, 9	1-4
Y		1-4
X	JP 2006-167533 A (NIPPON STEEL CORP.) 29 June 2006 (2006-06-29) claims, paragraphs [0018]-[0043], fig. 1, 2	1, 3
Y		1-4
X	JP 2002-58967 A (TORAY IND., INC.) 26 February 2002 (2002-02-26) claims, paragraphs [0025]-[0046], fig. 1	1, 3
Y		1-4
X	JP 2000-167358 A (NITTO DENKO CORP.) 20 June 2000 (2000-06-20) claims, paragraphs [0130]-[0149], fig. 10, 11	1, 3
Y		1-4
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>03 October 2022</b>		Date of mailing of the international search report <b>25 October 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/029953

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 8-309350 A (HITACHI PLANT ENG. & CONSTR. CO., LTD.) 26 November 1996 (1996-11-26)	1, 3
Y	claims, paragraphs [0006]-[0021], fig. 1, 7	1-4
X	JP 2015-104710 A (HITACHI, LTD.) 08 June 2015 (2015-06-08)	1, 3
Y	claims, paragraphs [0035]-[0039], fig. 6	1-4

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2022/029953**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2020/027056	A1	06 February 2020	CN	210764468	U	
JP	2006-167533	A	29 June 2006	(Family: none)			
JP	2002-58967	A	26 February 2002	(Family: none)			
JP	2000-167358	A	20 June 2000	(Family: none)			
JP	8-309350	A	26 November 1996	(Family: none)			
JP	2015-104710	A	08 June 2015	CN	104671351	A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B01D 61/12(2006.01)i; B01D 61/58(2006.01)i FI: B01D61/12; B01D61/58		
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）） B01D61/12; B01D61/58 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）		
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	WO 2020/027056 A1（東洋紡株式会社）06.02.2020（2020-02-06） 請求の範囲、段落0001-0002、0028、0031-0032、0076、0094-0106、図8-9	1-4
Y		1-4
X	JP 2006-167533 A（新日本製鐵株式会社）29.06.2006（2006-06-29） 特許請求の範囲、段落0018-0043、図1-2	1,3
Y		1-4
X	JP 2002-58967 A（東レ株式会社）26.02.2002（2002-02-26） 特許請求の範囲、段落0025-0046、図1	1,3
Y		1-4
X	JP 2000-167358 A（日東電工株式会社）20.06.2000（2000-06-20） 特許請求の範囲、段落0130-0149、図10-11	1,3
Y		1-4
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な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	03.10.2022	国際調査報告の発送日 25.10.2022
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）  高橋 成典 4D 5806  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
X	JP 8-309350 A (日立プラント建設株式会社) 26.11.1996 (1996 - 11 - 26)	1, 3
Y	特許請求の範囲、段落 0 0 0 6 - 0 0 2 1、図 1、7	1-4
X	JP 2015-104710 A (株式会社日立製作所) 08.06.2015 (2015 - 06 - 08)	1, 3
Y	特許請求の範囲、段落 0 0 3 5 - 0 0 3 9、図 6	1-4

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/JP2022/029953

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2020/027056	A1	06.02.2020	CN	210764468	U	
JP	2006-167533	A	29.06.2006	(ファミリーなし)			
JP	2002-58967	A	26.02.2002	(ファミリーなし)			
JP	2000-167358	A	20.06.2000	(ファミリーなし)			
JP	8-309350	A	26.11.1996	(ファミリーなし)			
JP	2015-104710	A	08.06.2015	CN	104671351	A	