

(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4月13日(13.04.2023)



(10) 国際公開番号

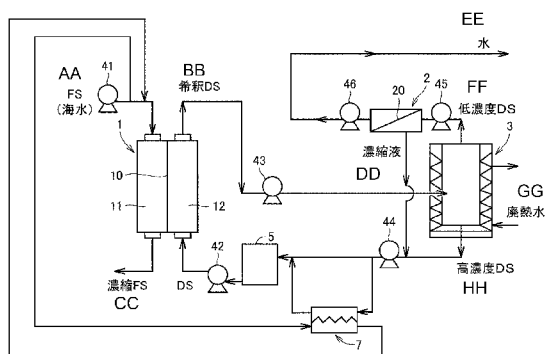
WO 2023/058592 A1

- (51) 国際特許分類:
B01D 61/00 (2006.01) C02F 1/44 (2023.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/036916
- (22) 国際出願日: 2022年10月3日(03.10.2022)
- (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 2021-165631 2021年10月7日(07.10.2021) 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: 三浦 佑己(MIURA, Yuuki); 〒7408567 山口県岩国市灘町1番1号 東洋紡株式会社内 Yamaguchi (JP). 安川 政宏(YASUKAWA, Masahiro); 〒5200292 滋賀県大津市堅田二丁目1番1号 東洋紡株式会社内 Shiga (JP). 熊野 淳夫(KUMANO, Atsuo); 〒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).
- (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).
- (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, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: WATER TREATMENT METHOD AND WATER TREATMENT SYSTEM

(54) 発明の名称: 水処理方法および水処理システム

FIG.1



- AA Sea water
- BB Diluted DS
- CC Concentrated FS
- DD Concentrated solution
- EE Water
- FF Low-concentration DS
- GG Waste heat water
- HH High-concentration DS

(57) Abstract: Provided is a water treatment method comprising a forward osmosis step in which a draw solution containing a draw solute of which the solubility decreases with the increase in temperature is used, a phase separation step in which the temperature of the draw solution is increased after the forward osmosis step to cause the separation of the draw solution into a low-concentration draw solution and a high-concentration draw solution, and a membrane separation step in which the low-concentration draw solution is separated into water and a concentrated solution containing the draw solute by using a separation membrane. The temperature for the membrane separation step is higher than that for the forward osmosis step. A regenerated draw solution that comprises at least a portion of at least one of the high-concentration draw solution and the concentrated solution is reused as a draw solution after the cooling of the regenerated solution by means of heat exchange with a cooling solution. As the cooling solution, a solution other than at least a diluted draw solution and a concentrated feed solution is used.



WO 2023/058592 A1

(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, ME, 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: 温度上昇により溶解度が低下するドロー溶質を含むドロー溶液を用いる正浸透工程と、正浸透工程の後に、ドロー溶液の温度を上昇させることで、ドロー溶液を低濃度ドロー溶液と高濃度ドロー溶液とに分離する、相分離工程と、分離膜を用いて、低濃度ドロー溶液を水とドロー溶質を含む濃縮液とに分離する、膜分離工程と、を含む、水処理方法。膜分離工程の温度は、正浸透工程の温度よりも高い。高濃度ドロー溶液および濃縮液の少なくともいずれかの少なくとも一部である再生ドロー溶液が、冷却用液との熱交換によって冷却された後に、ドロー溶液として再利用される。冷却用液として、少なくとも希釈ドロー溶液および濃縮フィード溶液以外の液が用いられる。

明 細 書

発明の名称：水処理方法および水処理システム

技術分野

[0001] 本発明は、水処理方法および水処理システムに関する。

背景技術

[0002] 従来、水処理分野においては、逆浸透（RO：reverse osmosis）工程による淡水化方法が広く知られている。一方、正浸透（FO：forward osmosis）現象は、低濃度側の溶液（フィード溶液：FS）中の溶媒（水など）が高濃度側の溶液（ドロー溶液：DS）に向かって移動する現象のことである。

[0003] 逆浸透工程などの膜分離工程は、人為的に高い圧力を高濃度の対象溶液に加えることにより、正浸透とは逆に高濃度の対象溶液（海水など）から低濃度の溶液（水など）側に水を移動させる工程である。これにより、例えば、対象溶液から水を生産することができる。膜分離工程は高い圧力を必要とするため、エネルギー消費量が極めて多く、エネルギー効率が低い。そこで、近年、水処理のエネルギー効率を高めるために、人為的に圧力を加える必要のない正浸透工程による淡水化方法が検討されている。

[0004] ここで、正浸透用の高張液であるドロー溶液（誘導溶液）の溶質（ドロー溶質）として、近年、ドロー溶液からのドロー溶質の回収が容易であり、再利用可能な点で、温度変化によって水との相溶状態が可逆的に変化するドロー溶質（温度応答性ドロー溶質）が注目されている。例えば、特許文献1（特表2014-512951号公報）には、加熱（温度上昇）により溶解度が低下するドロー溶質を用いた正浸透処理を含む、水処理方法が開示されている。

[0005] なお、温度上昇により溶解度が低下するドロー溶質（下限臨界共溶温度（LCST）型ドロー溶質）を用いる場合、温度を上昇させることにより、ドロー溶液を低濃度画分（低濃度ドロー溶液）と高濃度画分（高濃度ドロー溶液）とに相分離させることはできるが、多くの場合、温度上昇だけでは水と

ドロ溶質とを完全に分離することはできない。このため、さらに、ナノろ過（NF）法、逆浸透（RO）法等を用いた膜分離処理を行うことにより、相分離によって分離された低濃度ドロ溶液を、水とドロ溶質を含む濃縮液とに分離することで、最終的に水（淡水）を得ることができる。

[0006] この温度上昇により溶解度が低下するドロ溶質を用いる場合、相分離の際に加熱が必要である。この加熱のためのエネルギーを低減するために、相分離処理に供される希釈ドロ溶液（正浸透処理により水を取り込んで希釈されたドロ溶液）を相分離処理後の温度が上昇した液（上記の低濃度ドロ溶液、高濃度ドロ溶液等）との熱交換によって加温した後に、相分離処理に供する方法が知られている（例えば、特許文献2（国際公開第2018/150690号）参照）。

[0007] また、この低濃度ドロ溶液、高濃度ドロ溶液等は再生ドロ溶液（再生DS）として再利用することができるが、正浸透処理に用いる正浸透モジュールの耐熱性やDSが温度上昇により浸透圧が低下すること等を考慮すれば、相分離処理後に得られる高温の再生DSは、再利用の前に冷却する必要がある。特許文献2に開示される方法においては、熱交換によって、相分離処理に供される液の加温と、再生DSの冷却とが同時に行われる。このため、再生DSの冷却装置を別途設ける場合に比べて、再生DSの冷却に要するエネルギーコストを削減することができる。

[0008] また、特許文献3（特開2019-141812号公報）には、FOモジュールで濃縮されたFS（濃縮FS）と再生DSとの間で熱交換を行うことが開示されている。この場合も、再生DSの冷却装置を別途設ける場合に比べて、再生DSの冷却に要するエネルギーコストを削減することができる。

先行技術文献

特許文献

- [0009] 特許文献1：特表2014-512951号公報
特許文献2：国際公開第2018/150690号
特許文献3：特開2019-141812号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] しかしながら、特許文献2に記載の方法では、再生DSの冷却に用いられる希釈DSは、正浸透処理においてDSが希釈される際に希釈熱が発生する場合には、温度が上昇するため、再生DSの冷却効率が十分でないという問題がある。

[0011] また、特許文献3に記載の方法では、再生DSの冷却に用いられる濃縮FSは、正浸透膜モジュール内で原海水と再生DSとの間での熱交換が行われるため、原海水よりも温度が高くなり、原海水温度が高い場合や、正浸透膜モジュール内での原海水から再生DSへの水の移動量が多い場合に、濃縮FS量が少なくなるため膜の供給可能な温度まで十分な冷却効果が得られないという問題があった。

[0012] 上記課題に鑑み、本発明の目的は、正浸透処理によってフィード溶液からドロー溶液に水を回収し、水を回収したドロー溶液から相分離処理および膜分離処理によって水を回収する、水処理方法および水処理システムにおいて、相分離処理により温度が上昇したドロー溶液を再生ドロー溶液として再利用する際に、再生ドロー溶液を再利用の前に十分に冷却することである。

課題を解決するための手段

[0013] [1]

正浸透膜の一方の面を、水と水以外の成分を含むフィード溶液に接触させると共に、

前記正浸透膜の他方の面を、温度上昇により溶解度が低下するドロー溶質を含むドロー溶液に接触させることで、

前記フィード溶液中に含まれる水を前記正浸透膜を通して前記ドロー溶液に移動させて、希釈された前記ドロー溶液である希釈ドロー溶液と、濃縮された前記フィード溶液である濃縮フィード溶液と、を得る、正浸透工程と、

前記正浸透工程の後に、前記ドロー溶液の温度を上昇させることで、前記ドロー溶液を低濃度ドロー溶液と高濃度ドロー溶液とに分離する、相分離工

程と、

分離膜を用いて、前記低濃度ドロ－溶液を水と前記ドロ－溶質を含む濃縮液とに分離する、膜分離工程と、を含み、

前記膜分離工程の温度は、前記正浸透工程の温度よりも高く、

前記高濃度ドロ－溶液および前記濃縮液の少なくともいずれかの少なくとも一部である再生ドロ－溶液が、冷却用液との熱交換によって冷却された後に、前記ドロ－溶液として再利用され、

前記冷却用液として、少なくとも前記希釈ドロ－溶液および前記濃縮フィード溶液以外の液が用いられる、

水処理方法。

[0014] [2]

前記フィード溶液は海水であり、

前記冷却用液として、少なくとも前記海水が用いられる、[1]に記載の水処理方法。

[0015] [3]

前記冷却用液として、さらに前記濃縮フィード溶液が用いられる、[1]または[2]に記載の水処理方法。

[0016] [4]

前記冷却用液として、さらに前記希釈ドロ－溶液が用いられる、[1]～[3]のいずれかに記載の水処理方法。

[0017] [5]

前記ドロ－溶液は、温度上昇により浸透圧が低下する、[1]～[4]のいずれかに記載の水処理方法。

[0018] [6]

[1]～[5]のいずれかに記載の正浸透水処理方法に用いられる正浸透水処理システムであって、

正浸透膜、正浸透膜の一方の面にフィード溶液を接触させるために設けられた第1室、および、正浸透膜の他方の面にドロ－溶液を接触させるために

設けられた第2室を含む、正浸透モジュールと、

ドロー溶液の温度を上昇させることで、ドロー溶液を低濃度ドロー溶液と高濃度ドロー溶液とに分離するための加熱機構を有する分離槽と、

低濃度ドロー溶液を水とドロー溶質を含む濃縮液とに分離するための分離膜と、

前記再生ドロー溶液を冷却するための熱交換器と、を備える、水処理システム。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、正浸透処理によってフィード溶液からドロー溶液に水を回収し、水を回収したドロー溶液から相分離処理および膜分離処理によって水を回収する、水処理方法および水処理システムにおいて、相分離処理により温度が上昇したドロー溶液を再生ドロー溶液として再利用する際に、再生ドロー溶液を再利用の前に十分に冷却することができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]実施形態1に係る水処理システムの一例を示す模式図である。
[図2]実施形態2に係る水処理システムの一例を示す模式図である。
[図3]実施形態3に係る水処理システムの一例を示す模式図である。
[図4]実施形態3に係る水処理システムの別の例を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明の実施形態について説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0022] <<実施形態1>>

<水処理方法>

本発明の水処理方法は、フィード溶液（水と水以外の成分を含む液）から水を分離する方法である。フィード溶液としては、例えば、海水、河川水、湖沼水、工業廃水などが挙げられる。

[0023] 本発明の水処理方法は、以下に説明する正浸透工程と、相分離工程と、膜分離工程と、を少なくとも含む。

[0024] [正浸透工程]

正浸透工程では、正浸透膜の一方の面を、水と水以外の成分を含むフィード溶液に接触させると共に、正浸透膜の他方の面を、温度上昇により溶解度が低下するドロース溶質を含むドロース溶液に接触させる。これにより、フィード溶液中に含まれる水を、正浸透膜を通してドロース溶液に移動させる。

[0025] 正浸透膜（半透膜）としては、特に限定されず、正浸透に用いることのできる種々の膜を使用できる。

[0026] 半透膜としては、例えば、逆浸透膜（RO膜：Reverse Osmosis Membrane）、正浸透膜（FO膜：Forward Osmosis Membrane）、ナノろ過膜（NF膜：Nanofiltration Membrane）、限外ろ過膜（UF膜：Ultrafiltration Membrane）と呼ばれる半透膜が挙げられる。半透膜は、好ましくは逆浸透膜または正浸透膜、ナノろ過膜である。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室内のフィード溶液の圧力は、好ましくは0.01～10MPaである。

[0027] 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。

[0028] 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。

[0029] 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。酢酸セルロース系樹脂は、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。酢酸セルロース系樹脂は、好ましくは酢酸セルロースであり、耐久性の点から、より好ましくは三酢酸セルロースである。セルロース系の半透膜としては、例えば、CTA（東洋紡株式会社製）が挙

げられる。

[0030] 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。

[0031] 半透膜の形状としては、特に限定されないが、例えば、平膜、スパイラル膜または中空糸膜が挙げられる。中空糸膜（中空糸型半透膜）は、スパイラル型半透膜などに比べて、膜厚が小さく、さらに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。

[0032] （ドロー溶質）

本発明に用いられるドロー溶質は、温度上昇により溶解度が低下する物質であれば、特に限定されない。なお、このような溶解度の低下は可逆的であり、逆に温度が低下すれば、溶解度が増加することが好ましい。

[0033] このようなドロー溶質としては、例えば、LCST（下限臨界共溶温度）型相転移物質が挙げられる。一般に、LCST型相転移物質を含む水溶液は、溶液温度の上昇に伴い溶質の脱水和が生じ、溶質分子の凝集により温度相転移（液-液相分離）を生じると考えられている。なお、相転移温度以下の温度域（LCST曲線以下の均一相領域）においても多分子会合を形成しているため、相転移温度以下の温度域でも、温度上昇により溶液（ドロー溶液）の浸透圧が低下すると考えられる。

[0034] LCST型相転移物質としては、例えば、LCST型の温度応答性高分子が挙げられる。LCST型の温度応答性高分子は、比較的低温では水に溶解し、温度が所定の温度（固有の下限臨界共溶温度：LCST）以上になると、希薄相（低濃度ドロー溶液）と濃厚相（高濃度ドロー溶液）とに相分離する。

[0035] LCST型の温度応答性高分子は、少なくとも一部または全部の構造単位（モノマー単位）において少なくとも1つの親水性基を有することが好ましい。また、温度応答性高分子は、親水性基を有しつつ、一部の構造単位において疎水性基を有していてもよい。なお、温度応答性高分子が、温度応答性

を有するためには、分子中に含まれる親水性基と疎水性基のバランスが重要であると考えられている。

[0036] 親水性基としては、例えば、水酸基、カルボキシル基、アセチル基、アルデヒド基、エーテル結合、エステル結合などが挙げられる。

[0037] 具体的な温度応答性高分子としては、例えば、ポリビニルエーテル系ポリマー、ポリ酢酸ビニル系ポリマー、(メタ)アクリル酸系ポリマーなどが挙げられる。

[0038] ポリビニルエーテル系ポリマーとしては、ポリメチルビニルエーテル、オキシエチレン鎖を有するビニルエーテル、ポリヒドロキシブチルビニルエーテルなどが挙げられる。

[0039] LCST型の温度応答性高分子の製品としては、例えば、ポリオキシプロピレンとポリオキシエチレンのブロック共重合体であるプルロニック(登録商標)(BASF社製)が挙げられる。

[0040] LCST型の温度応答性高分子以外のLCST型相転移物質としては、例えば、LCST型イオン液体、グリコールエーテル系のLCST型相転移物質、酸アミド系のLCST型相転移物質、アミン系のLCST型相転移物質などが挙げられる。

[0041] なお、より具体的なLCST型相転移物質(LCST型の温度応答性高分子など)については、例えば、特許文献2(国際公開第2018/150690号)を参照することができる。

[0042] なお、LCST型相転移物質などの温度応答性のドロー溶質を含む溶液(温度応答性のドロー溶液)は、浸透圧が温度により変化する(例えば、温度上昇により低下する)ことが知られている。

[0043] 膜分離工程に供されるドロー溶液(昇温後)の浸透圧は、好ましくは0.01~2MPaであり、より好ましくは0.01~1MPaである。

[0044] 正浸透工程では、例えば、図1に示されるように、正浸透膜10の一方の面に接して設けられた第1室11内に、フィード溶液(FS)を流入させてFSを正浸透膜10の一方の面に接触させる。これと共に、正浸透膜10の

他方の面に接して設けられた第2室12内に、ドロース溶質を含むドロース溶液（DS）を流入させて、DSを正浸透膜10の他方の面に接触させる。所定の時間、このような状態を維持することで、正浸透現象により、フィード溶液中に含まれる水が、正浸透膜10を透過して第1室11から第2室12に移動する。

[0045] 正浸透工程の温度（第1室11の入口でのFS溶液の温度、および、第2室12内の入口でのDSの温度）は、好ましくは40℃未満であり、より好ましくは20～35℃である。

[0046] [相分離工程]

相分離工程では、正浸透工程の後に、ドロース溶液の温度を上昇させることで、ドロース溶液を低濃度ドロース溶液（低濃度DS）と高濃度ドロース溶液（高濃度DS）とに分離（相分離）する。

[0047] 相分離工程におけるドロース溶液の上昇後の温度は、好ましくは40℃以上95℃以下であり、より好ましくは40℃以上90℃以下であり、さらに好ましくは40℃以上85℃以下である。

[0048] フィード溶液中の水を含むドロース溶液を、分離槽3内に流入させ、ここでドロース溶液の温度を上昇させることで、希薄相（低濃度ドロース溶液）と濃厚相（高濃度ドロース溶液）に分離させる。例えば、ドロース溶質がLCST型の温度応答性高分子を含む場合は、ドロース溶液の温度をLCST以上に上昇させることで、希薄相（低濃度DS）と濃厚相（高濃度DS）に分離させることができる。このように、ドロース溶液の温度を上昇させるために、分離槽3は加熱機構を有していることが好ましい。なお、ドロース溶液の温度を上昇させるために分離槽3の前段に熱交換器等の加熱機構を設けてもよい。

[0049] [膜分離工程]

膜分離工程では、分離膜を用いて、加圧、減圧などによる圧力差を駆動力として低濃度ドロース溶液（低濃度DS）を水とドロース溶質を含む濃縮液とに分離する。分離膜としては、例えば、UF膜、NF膜、RO膜などを用いることができる。

[0050] 膜分離工程の温度は、正浸透工程の温度よりも高い温度が好ましい。また、相分離温度より低い温度が好ましい。膜分離工程の温度は、より好ましくは40℃以上95℃以下であり、さらに好ましくは40℃以上90℃以下であり、さらにより好ましくは40℃以上85℃以下である。

[0051] なお、この膜分離工程によって分離された水を回収することで、水処理方法の目的物である水を得ることができる。得られた水には、さらに水の品質を高めるための処理が行われてもよい。

[0052] (再生ドロース溶液)

本実施形態において、相分離工程で生じるドロース質を多く含む高濃度DS、および、膜分離工程で生じるドロース質を含む濃縮液（濃縮された低濃度DS）の少なくともいずれかは、正浸透用のドロース溶液として再利用される。本明細書では、このようにして再利用される、高濃度ドロース溶液および濃縮液の少なくともいずれかの少なくとも一部の液を「再生ドロース溶液」と称する。

[0053] 再生ドロース溶液（再生DS）は、冷却用液との熱交換によって冷却された後に、前記ドロース溶液として再利用される。再生DSは、相分離工程における温度上昇によって高い温度を有しているが、例えば、正浸透工程で使用されるFOモジュール1の耐熱温度以下に冷却する必要がある。また、温度上昇により浸透圧が低下するDSを用いる場合、相分離工程後の高温のDSは浸透圧が低下しているため、再利用の前に十分な浸透圧が得られる温度まで再生DSを冷却しておく必要がある。

[0054] 本実施形態においては、このような再生DSの冷却（熱交換）に用いられる冷却用液として、少なくとも希釈ドロース溶液および濃縮フィード溶液以外の液が用いられる。冷却用液は、希釈ドロース溶液および濃縮フィード溶液よりも冷却効率が高い（温度が低い）液であることが好ましい。この場合、従来よりも再生DSの冷却効率が向上し、再生DSを再利用の前に十分に冷却することができる。

[0055] ここで、冷却用液（希釈ドロース溶液および濃縮フィード溶液以外の液）と

して、少なくとも海水が用いられることが好ましい。海水は、通常、希釈ドロ溶液および濃縮フィード溶液よりも温度が低いため、希釈ドロ溶液および濃縮フィード溶液よりも冷却効率が低い。

[0056] 熱交換器 7 で再生 D S の冷却に用いられた後の海水は、海洋等に排出されてもよいが、図 1 に示されるように、F O モジュール 1 の第 1 室 1 1 に供給されることが好ましい。再生 D S の冷却に用いられた後の海水は、原海水より温度が上昇しているが、これにより、浸透圧が増加する一方で、粘度が低下することから、総合的には透過水量が増加する効果が得られるためである。

[0057] <水処理システム>

図 1 は、実施形態 1 に係る水処理システムの一例を示す模式図である。

[0058] 図 1 を参照して、上記の水処理方法に用いられる本実施形態の水処理システムは、

正浸透膜 1 0、正浸透膜 1 0 の一方の面にフィード溶液を接触させるために設けられた第 1 室 1 1、および、正浸透膜の他方の面にドロ溶液を接触させるために設けられた第 2 室 1 2 を含む、正浸透モジュール 1 と、

ドロ溶液の温度を上昇させることで、ドロ溶液を低濃度ドロ溶液と高濃度ドロ溶液とに分離するための加熱機構を有する分離槽 3 と、

低濃度ドロ溶液を水とドロ溶質とに分離するための分離膜 2 0（分離膜モジュール 2）と、

再生ドロ溶液を冷却するための熱交換器 7 と、を備える。

[0059] 図 1 に示される水処理システムにおいては、ポンプ 4 1～4 6 によって、矢印の方向に F S、D S、水などが流される。なお、ポンプ 4 5 は、通常、高圧ポンプである。

[0060] 分離槽 3 は加熱機構を有している。すなわち、分離槽 3 の周囲には、分離槽 3 に供給された希釈 D S の温度を上昇させて、相分離させるために、例えば、廃熱水などの温水が供給される。このように、分離槽 3 で実施される相分離工程では、ドロ溶液の温度を上昇させるための熱エネルギーが必要で

あるが、他の設備等の廃熱を利用することで、熱エネルギーの消費によるコストの増加を抑制することができる。温水の温度は、相分離工程におけるDSの上昇後の温度の目標値に合わせて調整すればよい。

[0061] 分離槽3においては、ドロース溶液（希釈DS）は、温度上昇により、低濃度DSと高濃度DSに相分離する。なお、分離槽3で分離された高濃度DSと、分離膜モジュール2で濃縮された低濃度DS（濃縮液）とは、例えば、ポンプ44によって、タンク5に送られて、一時的に貯留された後に、正浸透工程のDSとして再利用される。

[0062] なお、図1に示される態様に限定されず、高濃度DSおよび濃縮液のいずれかだけを正浸透工程のDSとして再利用してもよい。また、高濃度DSおよび濃縮液の少なくともいずれかの全部を再利用してもよく、一部を再利用してもよい。すなわち、高濃度DSおよび濃縮液の少なくともいずれかの少なくとも一部が正浸透工程のDSとして再利用される。

[0063] また、図1に示されるタンク5での一時的な貯留は必ずしも必要ではなく、タンク5（およびポンプ42）を設けずに、ポンプ44とFOモジュール1の第2室12との間が直接配管で接続されていてもよい。

[0064] 図1に示される水処理システムでは、再生DS（高濃度ドロース溶液および濃縮液の少なくともいずれかの少なくとも一部）は、熱交換器7において正浸透モジュール1に供給される前のFS（例えば、海水）との熱交換によって冷却された後に、DSドロース溶液として再利用される。なお、FS（例えば、海水）は、再生DSの冷却に全量を使用してもよいし、またはその一部だけを使用してもよい。

[0065] 低濃度ドロース溶液を水とドロース溶質とに分離するための（分離膜モジュール2の）分離膜20としては、例えば、限外ろ過膜（UF膜：Ultrafiltration Membrane）、ナノろ過膜（NF膜：Nanofiltration Membrane）、逆浸透膜（RO膜：Reverse Osmosis Membrane）と呼ばれる半透膜が挙げられる。

[0066] 分離膜モジュールは、高温（例えば、40℃以上）での耐熱性を有してい

ることが好ましい。分離槽 3 から排出された高温の低濃度 D S に対して、膜分離工程を実施できるようにするためである。なお、冷却用液として用いられる濃縮 F S は、その使用量が、同時に冷却用液として用いられる F S（例えば、海水）の量を上回っても良い。

[0067] 耐熱性を有する分離膜の材質としては、例えば、ポリエーテルスルホン（P E S）系樹脂、ポリアミド（P A）系樹脂、ポリビニルアルコール（P V A）系樹脂などが挙げられる。また、分離膜モジュールは、分離膜以外の部品も耐熱性を有しており、全体として耐熱性を有していることが好ましい。耐熱性を有する分離膜モジュールの製品としては、例えば、サーモプラス（日東電工株式会社製）、デュラサーモ（G E ウォーター・テクノロジーズ社製）、ロメンブラ（登録商標）の T S シリーズ（東レ株式会社製）などが挙げられる。

[0068] また、耐熱性を有する分離膜の他の材質としては、例えば、アルミナ、シリカ等のセラミックが挙げられる。耐熱性膜用のシリカとしては、例えば、ビストリルエトキシシリルエタン由来のシリカが挙げられる（都留稔了、「多様な水源に対応できるロバスト R O / N F 膜の開発」、水環境学会誌、vol . 36(A)、No. 1、pp. 8-10、2013 参照）。

[0069] <<実施形態 2>>

図 2 は、実施形態 2 に係る水処理システムの一例を示す模式図である。

図 2 に示される水処理システムは、図 1 に示される実施形態 1 の水処理システムに加えて、さらに熱交換器 8 を備えている。図 2 に示されるように、熱交換器 8 においては、冷却用液として濃縮 F S が用いられる。

[0070] このように、熱交換器 7 に加えて熱交換器 8 での熱交換により再生 D S を冷却することにより、再生 D S を所望の温度までより十分に冷却することが可能となる。

[0071] <<実施形態 3>>

図 3 は、実施形態 3 に係る水処理システムの一例を示す模式図である。

図 3 に示される実施形態 3 の水処理システムは、図 1 に示される実施形態

1の水処理システムに加えて、さらに熱交換器61, 62を備えている。図3に示されるように、熱交換器61, 62においては、冷却用液として希釈DSが用いられる。

[0072] このように、熱交換器7に加えて熱交換器62での熱交換により再生DSを冷却することにより、再生DSを所望の温度までより十分に冷却することが可能となる。

[0073] また、分離槽3での温度上昇により分離膜モジュール2で得られた水が高温である場合、その水を熱交換器61で冷却することにより、最終的に得られる水（生産水）の温度を所望の温度まで低下させることができる。

[0074] それと同時に、分離槽3から排出される再生DS（低濃度DSおよび高濃度DS）の廃熱を利用して、熱交換器61, 62での熱交換により分離槽3に供給される希釈DSを加熱することができるため、相分離工程に必要な熱エネルギーを低減し、水処理のエネルギー効率を高めることができる。

[0075] 図3に示される水処理システムでは、分離膜モジュール2（分離膜20）は、熱交換器61よりも上流側に配置されている。この場合、分離槽3から排出された高温の低濃度DSに対して、膜分離工程が行われる。このような高温のDSに対して膜分離工程を実施する場合、透水効率が高いため、膜分離工程に必要なポンプの圧力が低くなるため、ポンプに必要なエネルギーが低減され、水処理のエネルギー効率が向上する効果が期待される。ただし、分離膜モジュール2（分離膜20）は、高温（例えば、40℃以上）での耐熱性が必要である。

[0076] なお、実施形態3においては、例えば、図4に示されるように、分離膜モジュール2を熱交換器61より下流側に設けてもよい。この場合、分離膜モジュール2では、熱交換器61により温度が下降した後の低濃度DSに対して膜分離工程が行われる。したがって、図4に示される水処理システムでは、分離膜モジュール2として、常温での水処理に用いられる高温（例えば、40℃以上）での耐熱性を有していない分離膜モジュールを用いることができる。

符号の説明

[0077] 1 正浸透モジュール、10 正浸透膜、11 第1室、12 第2室、
2 分離膜モジュール、20 分離膜、3 分離槽、41～47 ポンプ、
5 タンク、61, 62, 7, 8 熱交換器。

請求の範囲

- [請求項1] 正浸透膜の一方の面を、水と水以外の成分を含むフィード溶液に接触させると共に、
前記正浸透膜の他方の面を、温度上昇により溶解度が低下するドロース溶質を含むドロース溶液に接触させることで、
前記フィード溶液中に含まれる水を前記正浸透膜を通して前記ドロース溶液に移動させて、希釈された前記ドロース溶液である希釈ドロース溶液と、濃縮された前記フィード溶液である濃縮フィード溶液と、を得る、
正浸透工程と、
前記正浸透工程の後に、前記ドロース溶液の温度を上昇させることで、前記ドロース溶液を低濃度ドロース溶液と高濃度ドロース溶液とに分離する、相分離工程と、
分離膜を用いて、前記低濃度ドロース溶液を水と前記ドロース溶質を含む濃縮液とに分離する、膜分離工程と、を含み、
前記膜分離工程の温度は、前記正浸透工程の温度よりも高く、
前記高濃度ドロース溶液および前記濃縮液の少なくともいずれかの少なくとも一部である再生ドロース溶液が、冷却用液との熱交換によって冷却された後に、前記ドロース溶液として再利用され、
前記冷却用液として、少なくとも前記希釈ドロース溶液および前記濃縮フィード溶液以外の液が用いられる、
水処理方法。
- [請求項2] 前記フィード溶液は海水であり、
前記冷却用液として、少なくとも前記海水が用いられる、請求項1に記載の水処理方法。
- [請求項3] 前記冷却用液として、さらに前記濃縮フィード溶液が用いられる、請求項1または2に記載の水処理方法。
- [請求項4] 前記冷却用液として、さらに前記希釈ドロース溶液が用いられる、請求項1～3のいずれか1項に記載の水処理方法。

- [請求項5] 前記ドロー溶液は、温度上昇により浸透圧が低下する、請求項1～4のいずれか1項に記載の水処理方法。
- [請求項6] 請求項1～5のいずれか1項に記載の正浸透水処理方法に用いられる正浸透水処理システムであって、
- 正浸透膜、前記正浸透膜の一方の面に前記フィード溶液を接触させるために設けられた第1室、および、前記正浸透膜の他方の面に前記ドロー溶液を接触させるために設けられた第2室を含む、正浸透モジュールと、
- 前記ドロー溶液の温度を上昇させることで、前記ドロー溶液を前記低濃度ドロー溶液と前記高濃度ドロー溶液とに分離するための加熱機構を有する分離槽と、
- 前記低濃度ドロー溶液を水と前記ドロー溶質を含む濃縮液とに分離するための分離膜と、
- 前記再生ドロー溶液を冷却するための熱交換器と、を備える、水処理システム。

[図2]

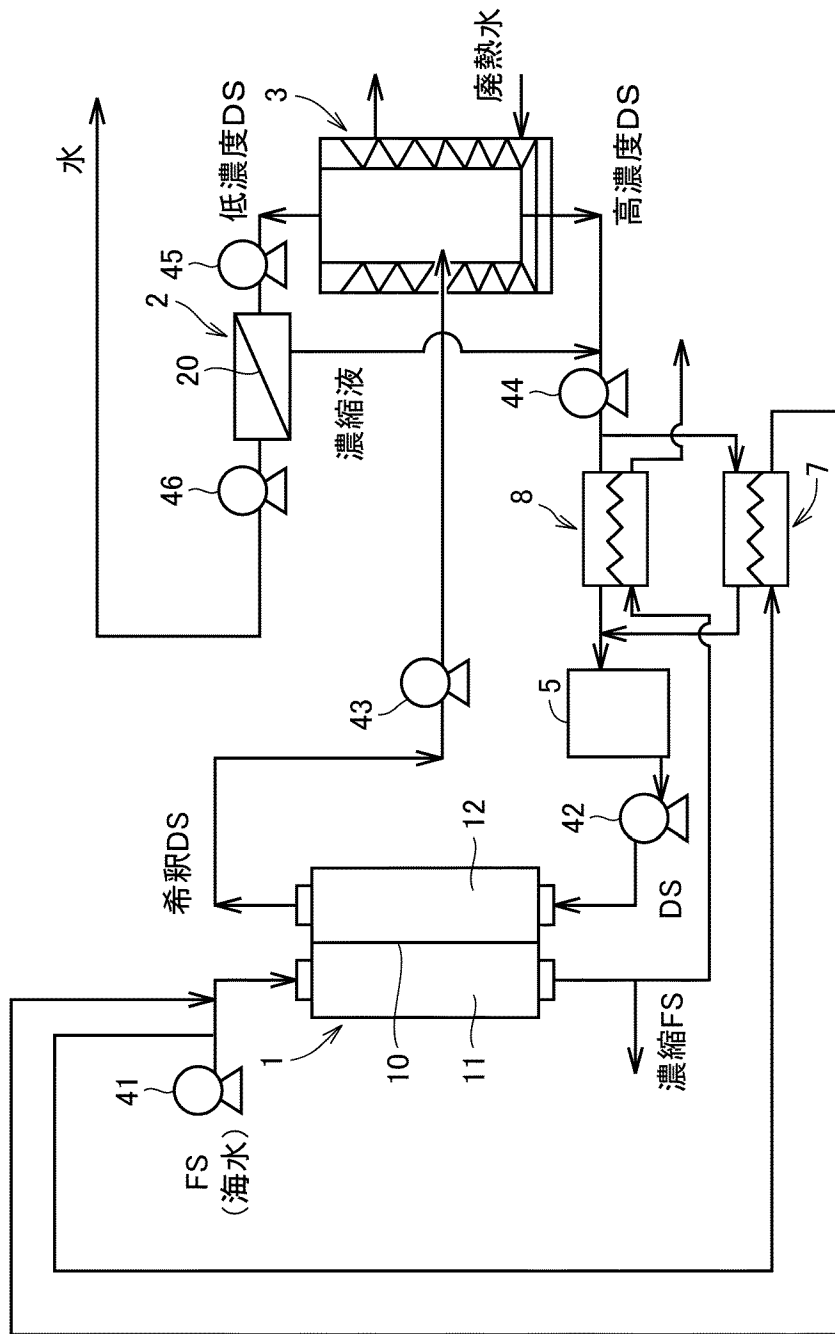


FIG.2

[図3]

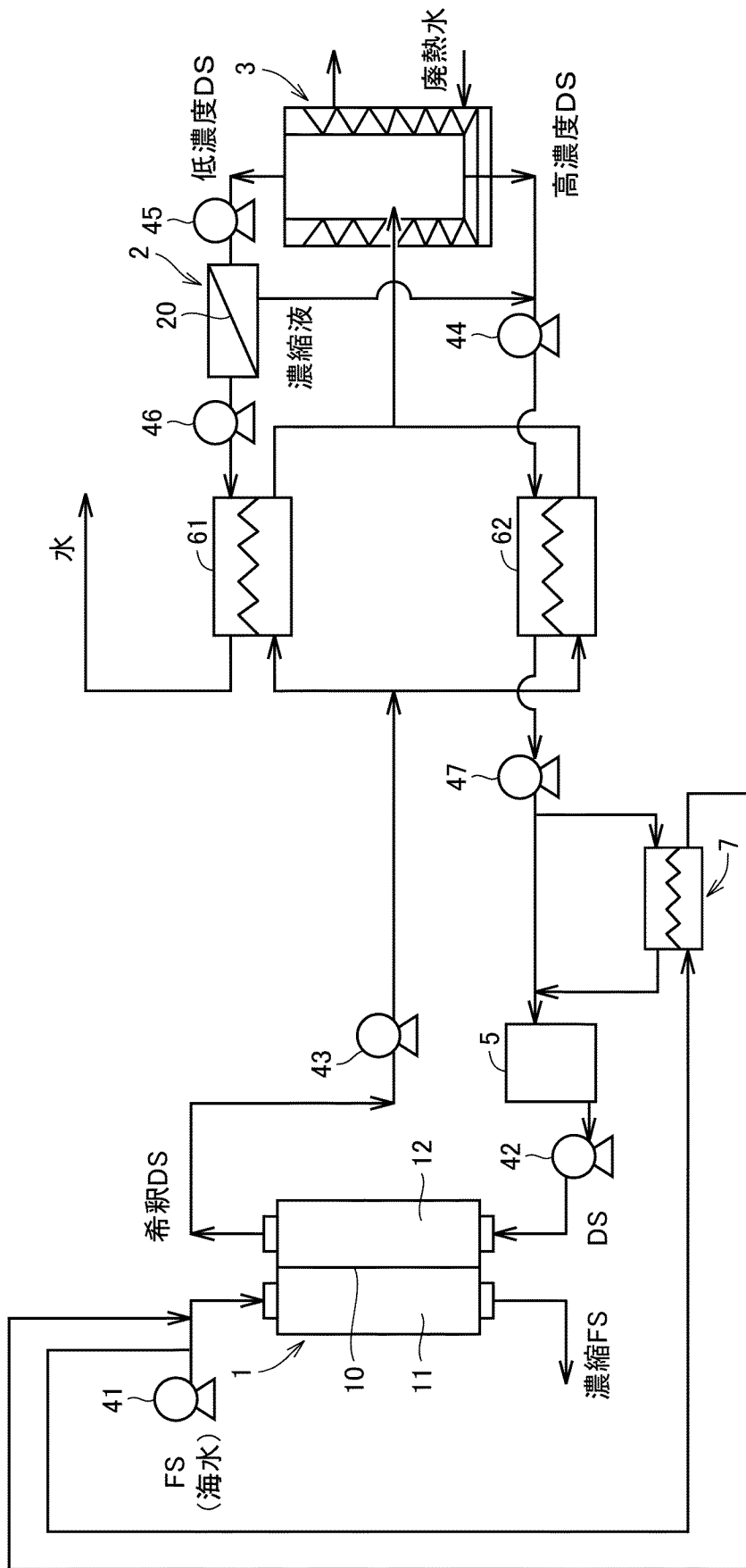


FIG.3

[図4]

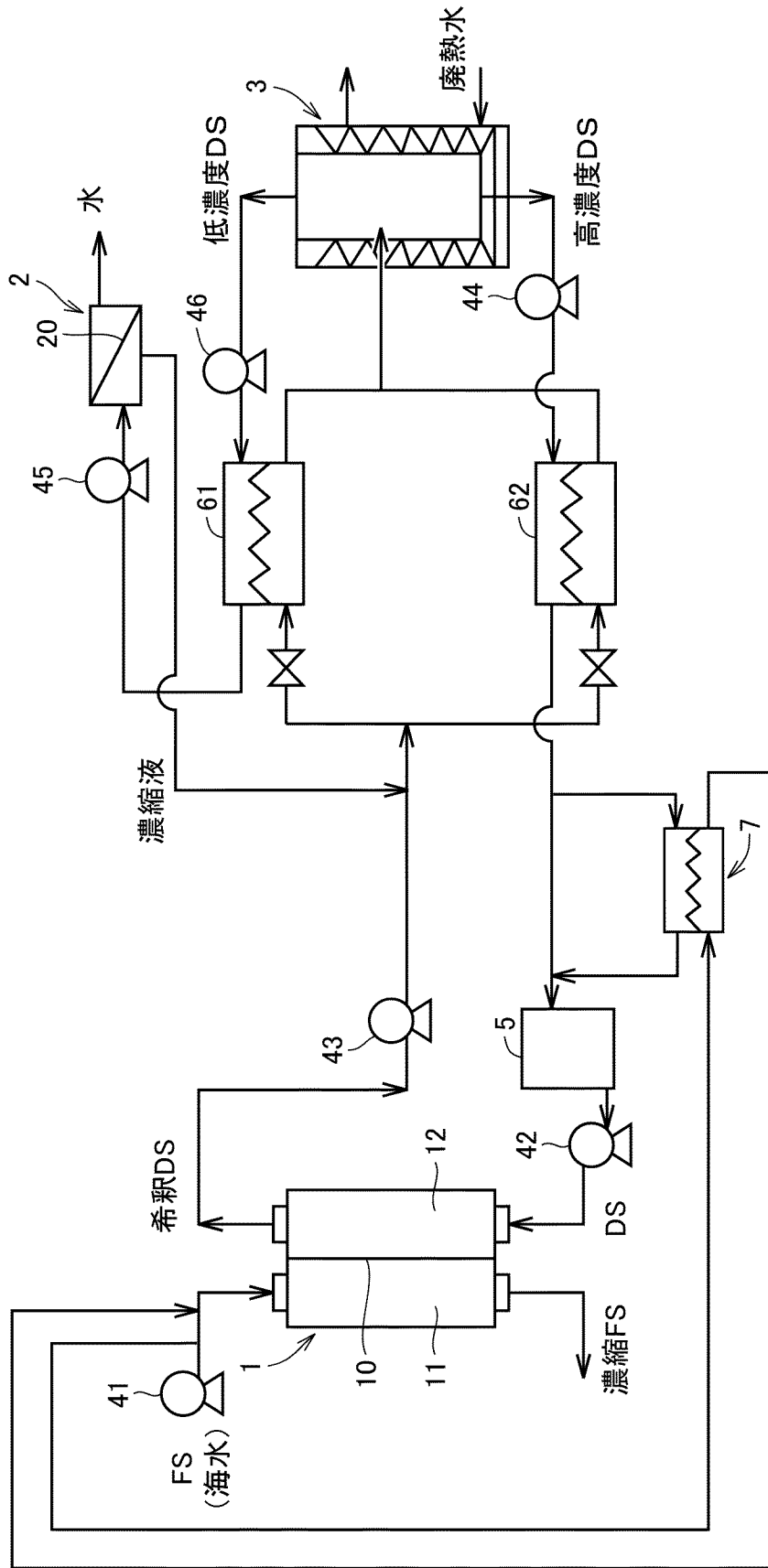


FIG.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/036916

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B01D 61/00</i> (2006.01)i; <i>C02F 1/44</i> (2023.01)i FI: B01D61/00 500; C02F1/44 A; C02F1/44 D; C02F1/44 G 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) B01D61/00; C02F1/44		
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)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2019/004281 A1 (JFE ENGINEERING CORP.) 03 January 2019 (2019-01-03) claims, paragraphs [0017], [0031]-[0051], [0060]-[0071], [0101]-[0149], fig. 1, 3-8	1-2, 4-5
Y		1-6
X	WO 2018/150690 A1 (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION KOBE UNIV.) 23 August 2018 (2018-08-23) claims, paragraphs [0018]-[0073], fig. 2, 8	1, 4-6
Y		1-6
X	JP 2019-141812 A (JFE ENGINEERING CORP.) 29 August 2019 (2019-08-29) claims, paragraphs [0002], [0012], [0022]-[0045], [0057]-[0073], fig. 1, 3, 4	1, 3-5
Y		1-6
Y	JP 2016-41412 A (JFE ENGINEERING CORP.) 31 March 2016 (2016-03-31) claims, paragraphs [0001], [0013]-[0050], fig. 1	1-6
Y	JP 2016-41411 A (JFE ENGINEERING CORP.) 31 March 2016 (2016-03-31) claims, paragraphs [0001], [0022]-[0053], fig. 1, 2	1-6
<input 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 15 November 2022		Date of mailing of the international search report 29 November 2022
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/036916

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2019/004281 A1	03 January 2019	(Family: none)	
WO 2018/150690 A1	23 August 2018	(Family: none)	
JP 2019-141812 A	29 August 2019	(Family: none)	
JP 2016-41412 A	31 March 2016	(Family: none)	
JP 2016-41411 A	31 March 2016	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B01D 61/00(2006.01)i; C02F 1/44(2023.01)i FI: B01D61/00 500; C02F1/44 A; C02F1/44 D; C02F1/44 G		
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）） B01D61/00; C02F1/44 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 2019/004281 A1 (JFEエンジニアリング株式会社) 03.01.2019 (2019-01-03) 請求の範囲、段落0017、0031-0051、0060-0071、0101-0149、図1、3-8	1-2, 4-5
Y		1-6
X	WO 2018/150690 A1 (国立大学法人神戸大学) 23.08.2018 (2018-08-23) 請求の範囲、段落0018-0073、図2、8	1, 4-6
Y		1-6
X	JP 2019-141812 A (JFEエンジニアリング株式会社) 29.08.2019 (2019-08-29) 特許請求の範囲、段落0002、0012、0022-0045、0057-0073、図1、3-4	1, 3-5
Y		1-6
Y	JP 2016-41412 A (JFEエンジニアリング株式会社) 31.03.2016 (2016-03-31) 特許請求の範囲、段落0001、0013-0050、図1	1-6
Y	JP 2016-41411 A (JFEエンジニアリング株式会社) 31.03.2016 (2016-03-31) 特許請求の範囲、段落0001、0022-0053、図1-2	1-6
<input 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	15.11.2022	国際調査報告の発送日 29.11.2022
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	

国際調査報告
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/036916

引用文献	公表日	特許ファミリー文献	公表日
WO 2019/004281 A1	03.01.2019	(ファミリーなし)	
WO 2018/150690 A1	23.08.2018	(ファミリーなし)	
JP 2019-141812 A	29.08.2019	(ファミリーなし)	
JP 2016-41412 A	31.03.2016	(ファミリーなし)	
JP 2016-41411 A	31.03.2016	(ファミリーなし)	