

(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
2017年11月30日(30.11.2017)



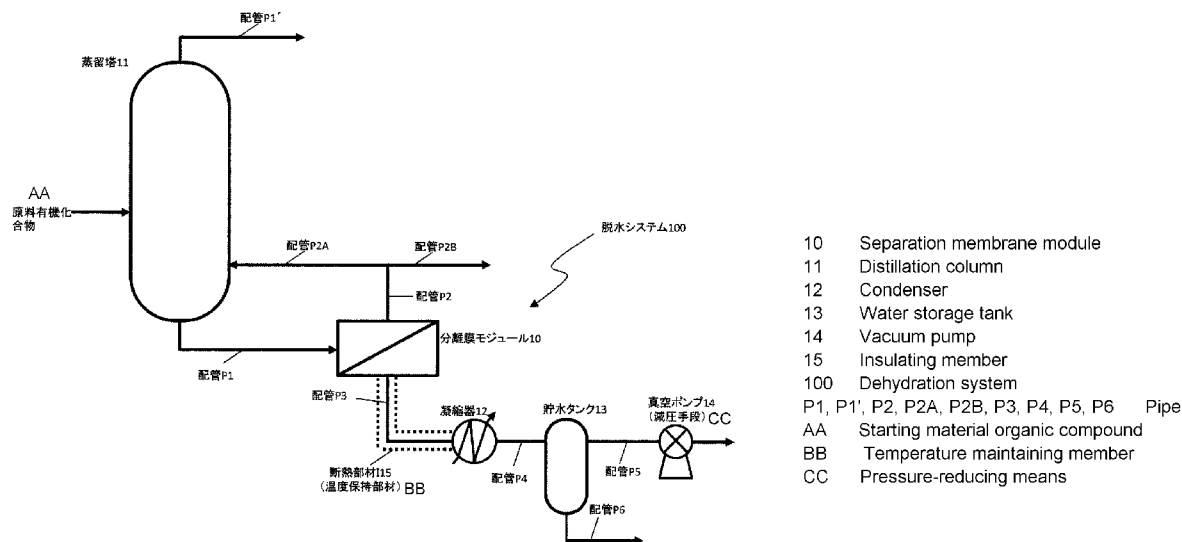
(10) 国際公開番号

WO 2017/204254 A1

- (51) 国際特許分類:
B01D 61/36 (2006.01) *B01D 69/12* (2006.01)
B01D 63/06 (2006.01) *B01D 71/02* (2006.01)
B01D 69/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/019393
- (22) 国際出願日: 2017年5月24日(24.05.2017)
- (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 2016-106415 2016年5月27日(27.05.2016) JP
特願 2016-170944 2016年9月1日(01.09.2016) JP
- (71) 出願人: 三菱ケミカル株式会社(MITSUBISHI CHEMICAL CORPORATION)
- [JP/JP]; 〒1008251 東京都千代田区丸の内一丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 京谷 智裕 (KYOTANI, Tomohiro); 〒1008251 東京都千代田区丸の内一丁目1番1号 三菱ケミカル株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 川口 嘉之, 外 (KAWAGUCHI, Yoshiyuki et al.); 〒1030004 東京都中央区東日本橋三丁目4番10号 アクロポリス 21ビル8階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: DEHYDRATION SYSTEM FOR AQUEOUS ORGANIC COMPOUNDS, OPERATION METHOD THEREFOR, AND DEHYDRATION METHOD

(54) 発明の名称: 含水有機化合物の脱水システム及びその運転方法、並びに脱水方法



(57) Abstract: Provided are: a dehydration system with which it is possible to minimize damage to the membrane element in a zeolite membrane module; and an operation method for the dehydration system. This dehydration system for aqueous organic compounds is equipped with: a zeolite membrane module that has disposed in the interior thereof one or a plurality of tubular membrane elements which are each provided with a zeolite membrane, and that separates water from aqueous organic compounds supplied thereto; a pressure-reducing means that creates a vacuum in the internal side of each tubular membrane element; and a condenser that is provided between the membrane module and the pressure-reducing means with pipes interposed therebetween, and that condenses water vapor that has passed through the tubular membrane elements into water. The dehydration system is provided with configuration (1) and/or configuration (2). Configuration (1): the pipe connecting between the membrane module and the condenser is provided with a temperature maintaining means

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN,
 KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,
 MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
 NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
 RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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, 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)）

for maintaining a temperature at which water does not condense. Configuration (2): the pipe connecting between the membrane module and the condenser is disposed so as to be oriented downward toward the condenser from the penetrating water outlet of the membrane module.

(57) 要約：ゼオライト膜モジュールにおける膜エレメントの破損の発生を抑制可能な脱水システムおよびその運転方法を提供する。ゼオライト膜を有する、1又は複数の筒状の膜エレメントが内部に配置され、供給された含水有機化合物から水を分離するゼオライト膜モジュールと、前記筒状の膜エレメントの内側を減圧にする減圧手段と、前記膜モジュールと前記減圧手段との間に配管を介して設けられ、前記筒状の膜エレメントを透過した水蒸気を水に凝縮する凝縮器と、を備え、以下の構成（1）および構成（2）の少なくとも1つを備える含水有機化合物の脱水システム。構成（1）：前記膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管を、水が凝縮しない温度に保持する温度保持手段を有すること 構成（2）：前記膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管が、膜モジュールの透過水出口から凝縮器へ向かって下向きに配置されていること

明 細 書

発明の名称：

含水有機化合物の脱水システム及びその運転方法、並びに脱水方法

技術分野

[0001] 本発明は工業分野で有機溶媒から水を分離するために用いられる分離膜モジュールを有する脱水システム及びその運転方法、並びに脱水方法に関する。

背景技術

[0002] 含水有機化合物中の水と有機化合物の分離は、化学プラントにおける含水有機化合物の精製、プリント配線板、半導体ウェハー、電子部品、液晶基板及びレンズ等の半導体産業における精密電子部品工場やLi電池製造工場等における含水有機化合物からの有機化合物の回収において重要な技術である。含水有機化合物の脱水方法としては従来より蒸留が使用されているが、近年はゼオライト膜などの無機膜を用いた脱水方法が提案されている（特許文献1～4）。

[0003] 分離膜としてゼオライト膜を用いた脱水方法では、含水有機化合物を膜エレメントの一方（例えば、外側）に接触させて、もう一方（例えば、内側）を減圧することにより、水を蒸気として透過させるパーバレーション法（浸透気化法）と含水有機化合物を最初から蒸気の状態で供給するベーパーパーミエーション法（蒸気透過法）がある。いずれも水透過の駆動力は、膜エレメントの外側（含水有機化合物の供給側）と内側（水の透過側）の水分圧差で決定される。

[0004] ゼオライト膜を用いて含水有機化合物の脱水を行う装置として、分離膜モジュールを使用した脱水システムがある。この分離膜モジュールに用いる筒状の膜エレメントは、筒状の多孔質セラミック支持体と、該支持体上に設けられたゼオライト膜からなる。

[0005] 分離膜としてゼオライト膜を備える分離膜モジュールを使用した含水有機

化合物の脱水システムの課題の一つとして、膜エレメントの破損が挙げられる（例えば非特許文献1）。膜エレメントに破損が生じると膜の水選択性が著しく低下し、やがてはプラントの運転に支障をきたすことになる。そのため、膜エレメントの破損を抑制するための対策が脱水システムには要求される。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2003-144871号公報

特許文献2：特開2006-263574号公報

特許文献3：特開2011-121045号公報

特許文献4：特開2012-81463号公報

非特許文献

[0007] 非特許文献1：中国経済連合会他主催、第3回化学プロセスへの膜分離利用技術研究会「化学プロセスへの膜分離利用技術をめざして：高機能分離膜開発と反応膜分離の最前線」講演（「実用化ゼオライト膜のトラブル事例」）資料、2014年9月5日

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 上述した分離膜モジュールを使用した脱水システムにおける膜エレメントの破損の問題を解決するために、一般には膜エレメントの強度を高めることで対策がとられている（非特許文献1）。一方、膜エレメントの破損原因を脱水システムの装置設計、又は運転方法、特に膜エレメントを透過した水蒸気配管と凝縮水拔出シーケンスの不具合に求めた事例は見当たらない。

かかる状況下、本発明の目的は、含水有機化合物から水を分離するために用いられるゼオライト膜を有する分離膜モジュールを有する脱水システムにおいて、分離膜モジュールにおける膜エレメントの破損を低減することができる脱水システム、及びその運転方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者は、上記課題を解決すべく鋭意研究を重ねた結果、ゼオライト膜を有する分離膜モジュールを有する脱水システムにおける膜エレメントの破損の発生原因が、膜エレメントを透過した水蒸気が真空配管内で凝縮し発生する凝縮水が、膜エレメントへ再流入することにあるという知見を得た。更に、この再流入が生じる更なる原因が、膜エレメントと凝縮器との間を接続する配管にあること、又は前記真空配管と凝縮水抽出シーケンスの不具合にあることを見出し、本発明に至った。

[0010] 例えば、化学プラントにおいてゼオライト膜を有する分離膜モジュールを有する脱水システムを運転しようとする、一般に季節・昼夜問わず屋外での自動連続運転が想定される。その場合、特に冬場の夜間等では、膜エレメントを透過した水蒸気が真空配管内で凝縮しやすい状況となる。本発明は、このような凝縮水への対策を提供するものである。

[0011] すなわち、本発明の実施形態には以下が含まれる。

[1] 含水有機化合物から水を分離する脱水システムであって、筒状の多孔質セラミック支持体と、該支持体上に設けられたゼオライト膜とを有する、1又は複数の筒状の膜エレメントが内部に配置され、当該1又は複数の筒状の膜エレメントによって、供給された含水有機化合物から水を分離する分離膜モジュールと、

前記筒状の膜エレメントの水の透過側を減圧にする減圧手段と、

前記分離膜モジュールと前記減圧手段との間に配管を介して設けられ、前記筒状の膜エレメントを透過した水蒸気を水に凝縮する凝縮器と、
を備え、

以下の構成(1)および構成(2)の少なくとも1つを備える、含水有機化合物の脱水システム。

構成(1)：前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管を、水が凝縮しない温度に保持する温度保持手段を有すること

構成(2)：前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管が、

分離膜モジュールの透過水出口から凝縮器へ向かって下向きに配置されていること

〔２〕 構成（１）を少なくとも備え、前記温度保持手段として、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管を被覆する断熱部材を有する、前記〔１〕に記載の脱水システム。

〔３〕 構成（１）を少なくとも備え、前記温度保持手段として、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管を加熱する加熱手段を有する、前記〔１〕または〔２〕に記載の脱水システム。

〔４〕 前記加熱手段が、スチームトレースである、前記〔３〕に記載の脱水システム。

〔５〕 構成（１）および構成（２）の両方を備える、前記〔１〕から〔４〕のいずれかに記載の脱水システム。

〔６〕 前記〔１〕から〔５〕のいずれかに記載の脱水システムの運転方法であって、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管の温度が、 20°C 以上になるように保持する脱水システムの運転方法。

〔７〕 前記配管の温度を、前記分離膜モジュールの設定温度に対して $-20^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ の範囲となるよう調整する、前記〔６〕に記載の脱水システムの運転方法。

[0012] また、分離膜モジュールを有する脱水システムにおける分離膜モジュールと凝縮器との間を接続する配管の圧力が特定の圧力より大きくなると、膜エレメントが破損しやすい状況となる。本発明は、前記圧力を特定の圧力以下に制御することにより、膜エレメントの破損を抑制できるものである。

[0013] すなわち、本発明の実施形態には、更に、以下が含まれる。

〔８〕 含水有機化合物から水を分離する脱水システムの運転方法であって、

筒状の多孔質セラミック支持体と、該支持体上に設けられたゼオライト膜とを有する、１又は複数の筒状の膜エレメントが内部に配置され、当該１又は複数の筒状の膜エレメントによって、供給された含水有機化合物から水を

分離する分離膜モジュールと、

前記筒状の膜エレメントの水の透過側を減圧にする減圧手段と、

前記分離膜モジュールと前記減圧手段との間に配管を介して設けられ、前記筒状の膜エレメントを透過した水蒸気を水に凝縮する凝縮器と、

前記凝縮器を透過した水を蓄える貯水容器と、

を備え、

前記貯水容器に蓄えられた水を排出するときに、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管の圧力を、絶対圧 20 kPa 以下に制御することを特徴とする脱水システムの運転方法。

[9] 前記凝縮器と前記貯水容器との間を接続する配管に設けられた開閉可能な圧力制御部材を有し、前記貯水容器内の水を排出するときに、前記圧力制御部材を最初にクローズすることにより、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間の配管の圧力を制御する、前記[8]に記載の運転方法。

[10] 前記貯水容器から水が排出された後、前記貯水容器、及び前記圧力制御部材と前記貯水容器との間を接続する配管を減圧する時に、前記凝縮器と前記貯水容器との間を接続する配管に設けられた圧力制御部材を最後にオープンする、前記[8]または[9]に記載の運転方法。

[0014] また、本発明の実施形態には、更に、以下が含まれる。

[11] 含水有機化合物から水を分離する脱水方法であって、

筒状の多孔質セラミック支持体と、該支持体上に設けられたゼオライト膜とを有する、1又は複数の筒状の膜エレメントが内部に配置され、当該1又は複数の筒状の膜エレメントによって、供給された含水有機化合物から水を分離する分離膜モジュールと、

前記筒状の膜エレメントの水の透過側を減圧にする減圧手段と、

前記分離膜モジュールと前記減圧手段との間に配管を介して設けられ、前記筒状の膜エレメントを透過した水蒸気を水に凝縮する凝縮器と、

を備え、

前記凝縮した水の膜エレメントへの再流入防止手段を備えることを特徴と

する含水有機化合物の脱水方法。

〔12〕 再流入防止手段が、

以下の構成（１）および構成（２）の少なくとも１つを備えることを特徴とする、前記〔11〕に記載の含水有機化合物の脱水方法。

構成（１）：前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管を、水が凝縮しない温度に保持する温度保持手段を有すること

構成（２）：前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管が、分離膜モジュールの透過水出口から凝縮器へ向かって下向きに配置されていること

〔13〕 前記凝縮器を透過した水を蓄える貯水容器を備え、

再流入防止手段が、

前記貯水容器に蓄えられた水を排出するときに、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管の圧力を、絶対圧 20 kPa 以下に制御することを特徴とする、前記〔11〕に記載の含水有機化合物の脱水方法。

発明の効果

〔0015〕 本発明によれば、分離膜モジュールと凝縮器との間を接続する配管で発生する凝縮水に由来する膜エレメントの破損の発生が抑制され、長期間の安定運転が可能な脱水システム及び脱水方法、並びに脱水システムの長期安定した運転方法が提供される。

図面の簡単な説明

〔0016〕 〔図1〕本発明の脱水システムの一実施形態である、パーベーパーレーション法（PV法）に使用される脱水システムの概略図である。

〔図2〕本発明の脱水システムの一実施形態である、パーベーパーレーション法（PV法）に使用される脱水システムの概略図である。

〔図3〕本発明の運転方法の一実施形態に係る脱水システムにおける分離膜モジュールと減圧手段との間の拡大模式図である。

〔図4〕膜エレメントの一例を説明するための概略図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明について例示物等を示して詳細に説明するが、本発明は以下の例示物等に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において任意に変更して実施できる。なお、本明細書において、「～」とはその前後の数値又は物理量を含む表現として用いるものとする。

[0018] 本発明の実施形態である脱水システムは、含水有機化合物から水を分離する脱水システムであって、筒状の多孔質セラミック支持体と、該支持体上に設けられたゼオライト膜とを有する、1又は複数の筒状の膜エレメントが内部に配置され、当該1又は複数の筒状の膜エレメントによって、供給された含水有機化合物から水を分離する分離膜モジュールと、前記筒状の膜エレメントの水の透過側を減圧にする減圧手段と、前記分離膜モジュールと前記減圧手段との間に配管を介して設けられ、前記筒状の膜エレメントを透過した水蒸気を水に凝縮する凝縮器と、を備え、以下の構成（1）および構成（2）の少なくとも1つを備える。

[0019] 構成（1）：前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管を、水が凝縮しない温度に保持する温度保持手段を有すること

[0020] 構成（2）：前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管が、分離膜モジュールの透過水出口から凝縮器へ向かって下向きに配置されていること

[0021] なお、「前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管」を、以下、「透過配管」と記載する場合がある。

[0022] 本実施形態の脱水システムにおける特徴は、構成（1）及び構成（2）の少なくとも1つを備えることにある。ここで、構成（1）及び構成（2）に共通する技術的思想として、当該脱水システムにおける分離膜モジュールと凝縮器との間を接続する配管（透過配管）における凝縮水の発生を抑制すること、及び透過配管に発生した凝縮水が分離膜モジュールに逆流することを抑制することが挙げられる。

[0023] 透過配管における凝縮水の発生や逆流を抑制することにより、膜エレメントの破損の発生を抑制することができる。なお、本明細書において、「膜エ

レメントの破損」は、膜エレメントを構成する、筒状の多孔質セラミック支持体及びゼオライト膜のいずれか又は両方にひび割れ、折損等の欠陥が生じ、膜エレメントの水透過選択性が低下した状態を意味する。

[0024] 構成（１）及び構成（２）は、それぞれ透過配管における凝縮水の発生や逆流の抑制に寄与し得るが、特に構成（１）を備えることにより、配管を水の飽和蒸気温度以上に保持できるので、特に透過配管における凝縮水が発生することを抑制することができる。

また、構成（２）を備えることにより、凝縮水が発生した場合でも下方に流れ落ちるため、特に凝縮水が発生した場合における分離膜モジュールへの凝縮水の逆流を抑制することができる。なお、「分離膜モジュールの透過水出口から凝縮器へ向かって下向きに配置」とは、凝縮器が分離膜モジュールの透過水出口位置より下部に設定され、透過配管が分離膜モジュールの透過水出口位置より上部になることがないように接続されていればよいが、逆流の発生を回避できるように、少なくとも分離膜モジュールの透過水出口の直後の透過配管はできる限り垂直方向になるように設けられていることが好ましい。

[0025] 本実施形態の脱水システムにおける透過配管の太さ（内径）は、配管の長さ、処理対象となる含水有機化合物（種類、含水率処理量等）、脱水システムの他の設備（凝集器、減圧手段等）、他の脱水設備の有無等を考慮して適宜選択されるが、透過配管の太さ（内径）が小さいと凝縮水が発生しやすくなるため、２ｃｍ以上が好ましく、２．５ｃｍ以上がより好ましい。

[0026] 本実施形態の脱水システムの好適な形態は、構成（１）を少なくとも備え、前記温度保持手段として、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管を被覆する断熱部材を有する形態である。

[0027] また、本実施形態の脱水システムの他の好適な形態は、構成（１）を少なくとも備え、前記温度保持手段として前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管を加熱する加熱手段を有する形態である。より好ましくは、温度保持手段として、断熱部材と加熱手段の両方を有する形態である。

加熱方法としては特に限定されないが、例えば、スチームトレース（蒸気配管）を巻きつける、伝熱ヒーターの電熱線を巻き付ける（電気トレース）、等が挙げられる。前記加熱手段が、化学プラント等で熱源が容易に得られ、また温度制御が容易であることからスチームトレースを巻き付けることが好ましい。

[0028] 透過配管における凝縮水由来の問題をより抑制できる点で、本実施形態の脱水システムは、構成（１）および構成（２）の両方を備えることがより好適である。

[0029] また、本実施形態の脱水システムの運転方法は、上記脱水システムの運転方法であって、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管（透過配管）の温度が、 20°C 以上になるように保持する方法である。当該配管の温度を 20°C 以上になるように保持することにより、配管内で凝縮水が発生することを回避できる。より確実に凝縮水の発生を回避できる点で、透過配管温度は、 40°C 以上が好ましく、 60°C 以上がより好ましく、 80°C 以上がさらに好ましく、 100°C 以上がより好ましく、 110°C 以上が特に好ましく、 120°C 以上が最も好ましい。

[0030] より好適には、前記配管（透過配管）の温度を、前記分離膜モジュールの設定温度に対して -20°C ～ 20°C の範囲となるよう調整することが好ましい。

[0031] 本実施形態の脱水システムは、蒸留塔等の従来の脱水設備の代替手段として利用してもよく、蒸留塔等の他の脱水設備の後工程の手段として利用してもよい。例えば、分離膜モジュールの前段工程に配置された蒸留塔から回収された含水有機化合物を脱水システムに供給してもよい。この場合、蒸留塔と本発明の脱水システムの運転条件は、対象となる含水有機化合物の種類や含水量等を考慮して適宜決定すればよい。

[0032] 本実施形態の脱水システムによる脱水濃縮となる含水有機化合物に特に制限はないが、例えば、含水有機酸、含水アルコール、含水有機溶剤等の含水有機化合物が挙げられる。より具体的には、含水の、クエン酸、コハク酸、

エチレンジアミン四酢酸、酒石酸、サリチル酸、シュウ酸、酢酸、蟻酸、プロピオン酸、酪酸、吉草酸、カプロン酸、エナント酸、カプリル酸、安息香酸、アクリル酸、アジピン酸、マロン酸、林檎酸、フタル酸、グリコール酸、テレフタル酸、フマル酸等の有機酸類；フェノール類；メチルアルコール、エチルアルコール、プロピルアルコール、イソプロピルアルコール、ブチルアルコール、イソブチルアルコール、s-ブチルアルコール、t-ブチルアルコール等のアルコール類；アセトン、メチルイソブチルケトン等のケトン類；アルデヒド類；ジオキサン、テトラヒドロフラン等のエーテル類；ジメチルホルムアミド、N-メチルピロリドン等のアミド等の窒素含有有機化合物類；酢酸エステル等のエステル類；ヘキサン、トルエン等の有機溶剤類、等が挙げられる。

[0033] 処理対象の含水有機化合物における水の含有量には特に制限はなく、例えば、5重量%以上の水含有量の含水有機化合物に適用できる。

[0034] 以下、本実施形態の脱水システム及びその運転方法を、図面を参照して説明する。

含水有機化合物の脱水濃縮方法としては、パーベーパーレーション法（PV法）とベーパーパーミエーション法（VP法）とに大別され、以下の実施形態の説明において、蒸留塔から供給される含水有機化合物のパーベーパーレーション法（PV法）による脱水システムおよびその運転方法を例示するが、本発明は当該実施形態に限定されない。

[0035] 図1は、本実施形態の含水有機化合物の脱水システムの一実施形態としてのPV法による脱水システムの概略図である。

図1に係る本実施形態の脱水システム100では、蒸留塔11において原料となる原料有機化合物の蒸留が行われ、低沸点成分を塔頂から配管P₁'を介して排出され、高沸点成分（液体成分）は塔底から配管P₁を介して分離膜モジュール10に供給される。図1に係る実施形態では、この高沸点成分を構成する含水有機化合物を対象として例示するが、配管P₁'を介して排出される低沸点成分を凝縮した後に得られる液体成分を構成する含水有機化合物を対

象にすることもできる。

分離膜モジュール 10 には、筒状の多孔質セラミック支持体と、該支持体上に設けられたゼオライト膜とを有する、1 又は複数の筒状の膜エレメント（図 4 参照）が内部に配置されている。筒状の膜エレメントは有機化合物を透過させず、水分を選択的に透過させる分離膜（ゼオライト膜）を有している。

分離膜モジュール 10 では含水有機化合物を筒状の膜エレメントの外側面に接触させ、内側面側を減圧手段により減圧することにより、水を膜エレメントの外側面から内側面へ透過させることにより、有機化合物の濃縮と水分の回収が行われる。また、PV 法では、処理対象である含水有機化合物は脱水が進むにつれて通常は温度低下を引き起こすため、分離膜モジュール 10 には加熱手段（図示せず）が設けられている。

[0036] 分離膜モジュールにおいて、膜エレメントは、単管式でも多管式でもよく、通常 1～2000 本、特に 50～1000 本配置され、膜エレメント同士の距離は、5mm～10mm となるように配置されることが好ましい。分離膜モジュールにおけるハウジングの大きさ、膜エレメントの本数は処理する流体量によって適宜変更される。具体的な膜エレメントの構成については後述する。

[0037] 膜エレメントを透過せずに脱水濃縮された含水有機化合物は配管 P_2 を介して排出され、含水率が基準値以上である間は配管 P_{2A} を介して蒸留塔 11 に循環され、含水率が基準値以下になると配管 P_{2B} を介して脱水有機化合物として回収される。

[0038] 分離膜モジュール 10 の後段には、凝縮器 12、貯水タンク 13、真空ポンプ 14 が直列に配置されており、膜エレメントにおける分離膜を透過した水（蒸気）は凝縮器 12 にて凝縮水となった後に、貯水タンク 13 に供され貯留される。貯留された水は所定量になると、貯水タンク 13 の底部から排出される。膜を透過する水の駆動力に必要な透過側の減圧は、減圧手段として真空ポンプ 14 によって与えられ、真空度は配管途中に設けられた圧力制

御弁（図示せず）によって制御される。

[0039] 本実施形態では、分離膜モジュール 10 と凝縮器 12 との間を接続する配管 P_3 （透過配管）は、温度保持手段として断熱部材 15 によって被覆されており、さらに、図示しないが配管 P_3 の外壁には加熱手段として、スチームトレースが巻き付けられている。

ここで、断熱部材 15 やスチームトレースは、分離膜モジュール 10 から排出される水蒸気が配管 P_3 において凝縮することに起因する凝縮水の発生を抑制するための温度保持手段である。すなわち、配管 P_3 （透過配管）において、凝縮水の発生が抑制できる温度に保持できればよい。より具体的には、配管 P_3 （透過配管）の温度を 20°C 以上になるように保持することが好ましく、より確実に凝縮水の発生を回避できる点で、透過配管温度は、 40°C 以上が好ましく、 60°C 以上がより好ましく、 80°C 以上がさらに好ましく、 100°C 以上がより好ましく、 110°C 以上が特に好ましく、 120°C 以上が最も好ましい。

[0040] 配管 P_3 （透過配管）の温度は、分離膜モジュール 10 の設定温度に対して -20°C ～ 20°C の範囲となるよう調整することが好ましい。

[0041] また、分離膜モジュール 10 の稼働期間中、継続して配管 P_3 （透過配管）を加熱することが好ましいが、仮に何らかの理由によって一時的に配管 P_3 （透過配管）の加熱が中断されたとしても、断熱部材 15 によって温度保持することができる。

[0042] 断熱部材 15 は、例えば、グラスウールやロックウール等の一般的な断熱性の材料により形成されており、配管 P_3 （透過配管）を覆うように設けられている。ここで、断熱部材 15 はできる限り配管 P_3 を隙間なく被覆することが好ましい。隙間が生じると、加熱手段による加熱がない、又は加熱が不十分な場合に凝縮水発生の原因になる場合がある。

一方、配管 P_3 に巻き付けたスチームトレースは、配管 P_3 を所定温度に加熱することができる限り、間隔が空いていてもよいし、空いていなくてもよく、配管 P_3 を所定温度に加熱することができればよい。なお、スチームトレース

スの熱源として、化学プラントにおける別系統の加熱蒸気を用いてもよい。

[0043] なお、本実施形態では加熱手段としてスチームトレースを使用しているが、他の加熱手段（伝熱ヒーター等）でもよい。

[0044] また、配管 P₃（透過配管）は、分離膜モジュール 10 の透過水出口から凝縮器 12 へ向かって下向きに配置されている。この構成により、仮に配管 P₃（透過配管）において、凝縮水が発生した場合においても、凝縮水が分離膜モジュールに逆流することが回避される。なお、本実施形態では配管 P₃（透過配管）は分離膜モジュール 10 の透過水出口（透過水蒸気の出口）の直後の透過配管は垂直方向になるように設けられている。このような構成であると、上記温度保持手段の不具合等により、配管 P₃（透過配管）において凝縮水が発生した場合においても、より確実に分離膜モジュール 10 への逆流を防止できるため好ましい。

[0045] 以上、図面を参照して本発明の実施形態について述べたが、これらは本発明の例示であり、上記以外の様々な構成を採用することもできる。

例えば、上記実施形態では、分離膜モジュールを有する脱水システムを、蒸留塔から供される液体状の含水有機化合物を処理する P V 法の例を示したが、V P 法において本実施形態の脱水システムを用いてもよい。なお、分離膜モジュールに蒸留塔の塔底および／または蒸留塔の途中段から回収された、例えば、含水有機酸、含水アルコール、含水有機溶剤等の含水有機化合物の液体（供給液）を供給する場合は一般に P V 法が適用され、分離膜モジュールに蒸留塔の塔頂および／または蒸留塔の途中段から回収された、例えば、含水有機酸、含水アルコール、含水有機溶剤等の含水有機化合物の気体を供給する場合は一般に V P 法が適用される。

[0046] 上記実施の形態では一つの分離膜モジュールを有する脱水システムとしたが、複数の分離膜モジュールを直列又は並列で有する脱水システムとしてもよい。また、上記実施形態では、蒸留塔を使用しているが、原料有機化合物を直接分離膜モジュールを有する脱水システムに供してもよい。

[0047] 上記実施の形態では、配管 P₃（透過配管）が温度保持手段を有し、かつ、

分離モジュールの透過水出口から凝集器に向かって下向きに配置されている構成であるが、これらの一方のみを有する構成でもよい。但し、凝縮水の発生自体を抑制することができる点で、少なくとも温度保持手段を有していることが好ましい。

[0048] また、本発明は、別の実施形態として、含水有機化合物から水を分離する脱水システムの運転方法であって、筒状の多孔質セラミック支持体と、該支持体上に設けられたゼオライト膜とを有する、1又は複数の筒状の膜エレメントが内部に配置され、当該1又は複数の筒状の膜エレメントによって、供給された含水有機化合物から水を分離する分離膜モジュールと、前記筒状の膜エレメントの水の透過側を減圧にする減圧手段と、前記分離膜モジュールと前記減圧手段との間に配管を介して設けられ、前記筒状の膜エレメントを透過した水蒸気を水に凝縮する凝縮器と、前記凝縮器を透過した水を蓄える貯水容器と、を備え、前記貯水容器に蓄えられた水を排出するときに、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管の圧力を、絶対圧20kPa以下に制御する脱水システムの運転方法（以下、「本実施形態の運転方法」と称す。）に関する。

以下「前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管」を「透過配管」と記載する場合がある。

[0049] 本実施形態の運転方法の特徴は、前記貯水容器に蓄えられた水を排出するときに、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管の圧力を、絶対圧20kPa以下に制御することにある。

前記貯水容器から水を排出するときにおける前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管の圧力についてはこれまで重要視されていなかったが、当該配管をこのように圧力制御することにより、水の逆流等が防止されるため、逆流した水に起因する、例えばヒートショック等が原因となる膜エレメントの破損の発生が抑制される。

[0050] すなわち、本発明者の検討から、前記凝縮器と前記貯水容器、及びそれらを接続する配管内に溜まった水が膜内側に到達することでヒートショックを

起こし、膜エレメントの破損が生じることが分かった。特に、より高温（例えば130℃程度）の含水有機化合物からの水分の除去等の場合に、膜エレメントの破損が生じる可能性が高い。

[0051] 本実施形態の運転方法において、前記凝縮器と前記貯水容器との間を接続する配管に設けられた開閉可能な圧力制御部材を有し、前記貯水容器内の水を排出するときに、前記圧力制御部材を最初にクローズすることにより、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間の配管からの圧力を制御することが好ましい。

ここで、本実施形態において「前記圧力制御部材を最初にクローズする」とは、前記貯水容器の減圧状態を解除する操作よりも前に少なくともクローズすることを意味する。

[0052] 含水有機化合物を分離膜の外表面へ供給して分離を行っている際に、前記貯水容器内の水を排出する場合、前記圧力制御部材がオープンの状態であると、前記貯水容器の減圧状態を解除するために当該容器に導入される気体（通常、大気）が配管を介して、分離膜の内側まで導入される。

これに伴い、前記凝縮器と前記貯水容器、及びそれらを接続する配管内に溜まった水が膜内側に到達することでヒートショックを起こし、膜エレメントの破損が生じる。

[0053] そこで、前記圧力制御部材を前記貯水容器に気体を導入するよりも先にクローズして分離膜モジュールの透過側の真空状態を保つ。時間の経過とともに透過側へ水分が透過することによって、透過側の圧力が徐々に上昇するが、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間の配管をモニターして絶対圧20kPaを超えないような条件で圧力制御部材を制御することにより、分離膜～前記凝縮器～前記圧力制御部材間の圧力を常に一定の範囲に保ち、圧力変動に起因する膜エレメントの破損を抑制することができる。

[0054] 前記貯水容器から水が排出された後、前記貯水容器、及び前記圧力制御部材と前記貯水容器との間を接続する配管を再度減圧する時に、前記圧力制御部材を最後にオープンすることにより、前記分離膜モジュールと前記凝縮器

との間の圧力を制御することが好ましい。このように運転することにより、圧力変動に起因する膜エレメントの破損が抑制される。

ここで、「前記圧力制御部材を最後にオープンにする」とは、前記貯水容器を減圧状態にする操作よりも後に少なくともオープンにすることを意味する。

[0055] 本実施形態の運転方法において、蒸留塔等の従来の脱水設備、脱水濃縮となる含水有機化合物、及び濃縮方法に関するそれぞれの条件については、前記実施形態の条件を同様に適用できる。

[0056] 図2は、本実施形態の含水有機化合物の脱水システムの一実施形態としてのPV法によるものであり、前記圧力を特定の圧力以下に制御することにより、膜エレメントの破損が抑制される脱水システムの概略図である。また、図3に分離膜モジュールと減圧手段との間の拡大模式図を示す。なお、図2における分離膜モジュールと減圧手段との間は簡易的に記載している。

[0057] 図2に係る本実施形態の脱水システム200では、蒸留塔11において原料となる原料有機化合物の蒸留が行われ、低沸点成分を塔頂から配管P₁'を介して排出され、高沸点成分（液体成分）は塔底から配管P₁を介して分離膜モジュール10に供給される。図2に係る実施形態では、この高沸点成分を構成する含水有機化合物を対象として例示するが、配管P₁'を介して排出される低沸点成分を凝縮した後に得られる液体成分を構成する含水有機化合物を対象にすることもできる。

分離膜モジュール10には、筒状の多孔質セラミック支持体と、該支持体上に設けられたゼオライト膜とを有する、1又は複数の筒状の膜エレメント（図3参照）が内部に配置されている。筒状の膜エレメントは有機化合物を透過させず、水分を選択的に透過させる分離膜（ゼオライト膜）を有している。

分離膜モジュール10では含水有機化合物を筒状の膜エレメントの外側面に接触させ、内側面側を減圧手段により減圧することにより、水を膜エレメントの外側面から内側面へ透過させることにより、有機化合物の濃縮と水分

の回収が行われる。また、P V法では、処理対象である含水有機化合物は脱水が進むにつれて通常は温度低下を引き起こすため、分離膜モジュール10には加熱手段（図示せず）が設けられている。

[0058] 分離膜モジュールにおいて、膜エレメントは、単管式でも多管式でもよく、通常1～2000本、特に50～1000本配置され、膜エレメント同士の距離は、5mm～10mmとなるように配置されることが好ましい。分離膜モジュールにおけるハウジングの大きさ、膜エレメントの本数は処理する流体量によって適宜変更される。具体的な膜エレメントの構成については後述する。

[0059] 膜エレメントを透過せずに脱水濃縮された含水有機化合物は配管P₂を介して排出され、含水率が基準値以上である間は配管P_{2A}を介して蒸留塔11に循環され、含水率が基準値以下になると配管P_{2B}を介して脱水有機化合物として回収される。

[0060] ここで、脱水システムの運転方法を、図3に示す分離膜モジュールと減圧手段との間の拡大模式図を参照して説明する。

[0061] 分離膜モジュール10の後段には、凝縮器12、貯水容器13A、真空ポンプ14が直列に配置されており、膜エレメントにおける分離膜を透過した水（蒸気）は凝縮器12にて凝縮水となった後に、貯水容器13Aに供され一時的に貯留される。貯留された水は所定量になると、貯水容器13Aの底部から排出され、配管を介して貯水容器13Bに供される。貯水容器13Bは、貯水容器13Aより大きな容器であり、多量の水を貯留することができる。

膜を透過する水の駆動力に必要な透過側の減圧は、減圧手段として真空ポンプ14によって与えられ、真空度は配管途中に設けられた圧力制御部材であるバルブV₁～V₄によって制御される。

具体的には、運転中には、バルブV₁、バルブV₄をオープンにし（バルブV₂、バルブV₃はクローズ）、貯水容器13Aに蓄えられた水の量が所定量になったら、まず、バルブV₁をクローズする。その後、バルブV₄をクローズ、バ

バルブ V_2 とバルブ V_3 をオープンにして、貯水容器13Aを大気開放することにより貯水容器13Aに蓄えられた水を、貯水容器13Bに移動させる。なお、バルブ V_1 をクローズした後のバルブ V_2 、バルブ V_3 及びバルブ V_4 の開閉操作は同時に実施するが、時間差があってもよい。

なお、本実施形態では、貯水容器13Aを大気開放して貯水容器13Aに蓄えられた水を、貯水容器13Bに移動させているが、貯水容器13Aへは大気以外の気体を導入して減圧状態を解除してもよい。また、貯水容器13Bは通常大気圧であるが、これを減圧にしてもよい。

[0062] 従来の運転法では、貯水容器13Aからの排水及び真空度の回復操作の際に4つのバルブ $V_1 \sim V_4$ を特段制御することなく、ほぼ同時に動かしていたが、本実施形態の運転方法では、分離膜モジュール10と凝縮器12との間を接続する配管（配管 P_3 ）の圧力を、絶対圧20kPa以下に制御されるように運転を行う。具体的には、運転時にはバルブ V_1 、バルブ V_4 がオープンで、バルブ V_2 、バルブ V_3 がクローズの状態であり、分離膜モジュールの透過側の絶対圧は0.5～15kPa程度であり、分離膜モジュール10と凝縮器12との間を接続する配管である配管 P_3 の圧力も同様である。貯水容器13Aから排水する際にはバルブ V_1 、バルブ V_4 がクローズされているが、分離膜モジュールにおける膜エレメントの外側と内側では依然水分圧差があるため、時間の経過とともに透過側の圧力が徐々に上昇する。そこで、配管 P_3 をモニターして絶対圧20kPaを超えないような条件で、貯水容器13Aの排水（バルブ V_2 、バルブ V_3 の操作）、貯水容器13Aの真空度の回復操作（バルブ V_4 の操作）及び配管 P_3 （透過側の圧力に相当）の真空度の回復操作（バルブ V_1 の操作）を行う。

[0063] バルブ V_1 をクローズしてから、配管 P_3 の絶対圧が20kPaに到達するまでの時間は、運転時の真空度、対象となる含水有機化合物（及びその含水率）、分離膜モジュール（構成要素の膜エレメント）、配管 P_3 の内容積等に依存し、一概にはいえないが、通常、1～3分程度である。この間に貯水容器13Aの排水、及び真空度の回復が行えるように、貯水容器13Aの内容積

、排水までに蓄えられる水の量、真空ポンプ 14 の出力等が適宜設定される。

[0064] 以下に本実施形態の運転方法の具体的な条件の一例を記載するが、これに限定されるものではない。

例えば、分離膜モジュール 10 に、内径 12 mm で長さ 1200 mm のゼオライト膜エレメントを 6 本装着したモジュールを使用し、貯水容器 13 A の内容積 20 L、配管 P₃ の内容積 2～3 L である場合、各バルブの開閉間隔に係る順番と時間間隔の一例は、

- (1) V₁クローズ、
 - (2) V₄クローズ (V₁クローズから 15 秒後)、
 - (3) V₃オープン (V₄クローズから 5 秒後)、
 - (4) V₂オープン (V₃オープンから 5 秒後)、
 - (5) V₂、V₃をクローズ (V₂オープンから 40 秒後 (貯水容器 13 B からの液排出時間))、
 - (6) V₄オープン (V₂、V₃をクローズから 5 秒後)、
 - (7) V₁オープン (V₄オープンから 30 秒後)、
- である。

[0065] ここで、上述した具体的な条件の一例として記載したように、貯水容器 13 A から水が排出された後、貯水容器 13 A 及び配管 P₃ を減圧する時に、バルブ V₁ を最後にオープンすることが好ましい。貯水容器 13 A 及び配管 P₃ が目的とする減圧状態となった後にバルブ V₁ をオープンすることにより、分離膜モジュール～凝縮器～バルブ V₁ 間の圧力が常に一定の範囲に保たれるため、圧力変動に起因する膜エレメントの破損を抑制することができる。

[0066] また、本発明の別の実施形態である、含水有機化合物から水を分離する脱水方法は、少なくとも、筒状の多孔質セラミック支持体と、該支持体上に設けられたゼオライト膜とを有する、1 又は複数の筒状の膜エレメントが内部に配置され、当該 1 又は複数の筒状の膜エレメントによって、供給された含水有機化合物から水を分離する分離膜モジュールと、前記筒状の膜エレメン

トの水の透過側を減圧にする減圧手段と、前記分離膜モジュールと前記減圧手段との間に配管を介して設けられ、前記筒状の膜エレメントを透過した水蒸気を水に凝縮する凝縮器と、を備え、前記凝縮した水の膜エレメントへの再流入防止手段を備える。

[0067] 前記再流入防止手段の好適な形態は、以下の構成（１）および構成（２）の少なくとも１つを備える形態である。

構成（１）：前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管を、水が凝縮しない温度に保持する温度保持手段を有すること

構成（２）：前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管が、分離膜モジュールの透過水出口から凝縮器へ向かって下向きに配置されていること

[0068] また、別の前記再流入防止手段の好適な形態は、前記凝縮器を透過した水を蓄える貯水容器を備え、前記貯水容器に蓄えられた水を排出するときに、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管の圧力を、絶対圧 20 kPa 以下に制御する形態である。

[0069] 今回開示された実施形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。特に、今回開示された実施形態において、明示的に開示されていない事項、例えば、運転条件や操業条件、各種パラメータ、構成物の寸法、重量、体積などは、当業者が通常実施する範囲を逸脱するものではなく、当業者であれば、容易に想定することが可能な値を採用している。

[0070] 本発明の脱水システムにおける分離膜モジュールの内部に配置される膜エレメントについて説明する。なお、以下に説明する膜エレメントは、本発明の脱水システムで使用される膜エレメントに好適な形態を示すものであり、本発明の目的を損なわない限り、以下に限定されるものではない。

[0071] 図４に示す本実施形態に用いられる膜エレメント１は、筒状の多孔質セラミック支持体上（外側）にゼオライト膜を有してなり、全体として筒状とされている。ここで、「筒状」とは、円筒状に限られるものではなく、角筒状

であってもよいが、シール性が向上する観点からは、円筒状（管状）とすることが好ましい。

[0072] 図4（A）、（B）に、膜エレメント1の一例を示す。図4（A）が膜エレメント1の外観を概略的に示す図であり、図4（B）が図4（A）のIIB-IIB断面を概略的に示す図である。図4に示すように、膜エレメント1は、円筒状の多孔質セラミック支持体1aと、当該多孔質セラミック支持体1aの外側（外壁表面）に形成されたゼオライト膜1bとを有している。

[0073] なお、上記実施形態の脱水システムにおける膜エレメント1では図4に示す多孔質セラミック支持体の外壁のみにゼオライト膜を有する膜エレメント1を使用しているが、多孔質セラミック支持体の内壁のみ、又は内壁と外壁の両方にゼオライト膜を有する膜エレメントを使用することもできる。

[0074] 多孔質セラミック支持体1aは、ゼオライト膜1bを支持する支持体として機能する。多孔質セラミック支持体1aを構成する材料は特に限定されるものではなく、その表面などにゼオライトを膜状に結晶化できるような化学的安定性がある多孔質の無機物質であればいかなるものであってもよい。具体的には、例えば、シリカ、 α -アルミナ、 γ -アルミナ、ムライト、ジルコニア、チタニア、イットリア、窒化珪素、炭化珪素などのセラミックス焼結体などが挙げられる。中でも α -アルミナ、 γ -アルミナ等のアルミナやムライトが好ましく、アルミナが特に好ましい。

[0075] 多孔質セラミック支持体1aそれ自体は分子篩能を有する必要はない。多孔質セラミック支持体1aには、外側から内側に向かって連通する細かな気孔（空孔、空隙）が設けられている。気孔を有する多孔質セラミック支持体1aは公知のものをを用いることができる。

[0076] 多孔質セラミック支持体1aは、気孔率が、通常20%以上、好ましくは25%以上、より好ましくは30%以上であり、通常80%以下、好ましくは60%以下、より好ましくは50%以下で、その平均細孔径が通常0.01 μ m以上、好ましくは0.05 μ m以上、より好ましくは0.1 μ m以上、上限は通常20 μ m以下、好ましくは10 μ m以下、より好ましくは5 μ

m以下である。このような気孔を有する多孔質セラミック支持体1 aであれば、十分な強度を有してゼオライト膜1 bを適切に支持することができ、また、ゼオライト膜1 bを透過した分子を十分な速度で透過させることが可能、或いは、ゼオライト膜1 bへと分子を十分な速度で到達させることが可能である。さらに、加締めによってシール部材から圧力が付与されても容易に割れることがない。尚、多孔質セラミック支持体1 aの気孔率や細孔径は、水銀圧入法、断面をSEMで観察することなどによって容易に特定可能である。平均細孔径についても同様であるが、真比重を用いて体積と質量から計算することもできる。

[0077] 多孔質セラミック支持体1 aの厚みは、所定の強度を有する限り特に限定されるものではない。材質や気孔率等によっても異なるが、例えば、厚みを0.5 mm以上とすることが好ましい。より好ましくは0.8 mm以上である。さらに好ましくは1.3 mm以上である。

多孔質セラミック支持体1 aの内径も所定の強度を有する限り特に限定されるものではない。材質や気孔率等によっても異なるが、例えば、上記した多孔質セラミック支持体1 aの厚みに対する内径の比（内径（mm）／厚み（mm））を20以下とすることが好ましい。より好ましくは17以下であり、さらに好ましくは13以下であり、特に好ましくは9以下である。

多孔質セラミック支持体1 aの長さ（軸方向長さ）は特に限定されるものではない。

[0078] ゼオライト膜1 bは、多孔質セラミック支持体1 aの外側（外表面）に形成される薄い層である。ゼオライト膜1 bは、適切に分子篩能を発揮できれば、その形態は特に限定されるものではない。

[0079] ゼオライト膜1 bとしてアルミノケイ酸塩であることが好ましいが、膜の性能を大きく損なわない限りAlの代わりにGa、Fe、B、Ti、Zr、Sn、Zn等の金属元素を用いてもよく、Alと共にGa、Fe、B、Ti、Zr、Sn、Zn、P等の元素を含んでもよい。

また、ゼオライト膜の細孔を形成する結晶ゼオライトの骨格が酸素8員環

以下の環であることが好ましく、酸素6～8員環であることがより好ましい。

ゼオライトの構造としては、例えばAEI、AFG、ANA、CHA、DDR、EAB、ERI、ESV、FAR、FRA、GIS、ITE、KFI、LEV、LIO、LOS、LTA、LTN、MAR、PAU、RHO、RTH、SOD、STI、TOL、UFIなどが挙げられる。これらのうち、AEI、CHA、DDR、ERI、KFI、LEV、PAU、RHO、RTH、SOD、LTA、UFI型ゼオライトにより構成される膜を用いることが好ましく、CHA、DDR、RHO、SOD型ゼオライトにより構成される膜を用いることがより好ましい。なお、酸素n員環を有するゼオライトのnの値は、ゼオライト骨格とT元素（骨格を構成する酸素以外の元素）で構成される細孔の中で最も酸素元素の数が大きいものをさす。

[0080] ゼオライト膜1bとしてゼオライト膜を合成する場合、必要に応じて有機テンプレート（構造規定剤）を用いることができるが、通常は目的とするゼオライト構造を作成可能なテンプレートであれば特に制限はなく、テンプレートなしで合成可能であれば用いなくてもよい。

[0081] ゼオライト膜1bの厚みは、特に限定されないが、通常、0.01 μ m～30 μ m、好ましくは0.01 μ m～10 μ mであるが、膜性能を大きく損なわない限り膜厚は薄いことが好ましい。

[0082] 多孔質セラミック支持体1aの表面にゼオライト膜1bを形成する方法としては多孔質セラミック支持体1aの表面において、ゼオライトを膜状に結晶化させる方法等が挙げられる（例えば、国際公開第2013/125660号パンフレット等を参照）。

[0083] 図4では、多孔質セラミック支持体1aの外壁にゼオライト膜1bが形成されている形態について説明したが、本発明は当該形態に限定されるものではない。多孔質セラミック支持体1aの内壁にゼオライト膜1bが形成されている形態、多孔質セラミック支持体1aの外壁と内壁との双方にゼオライト膜1bが形成されている形態のいずれであってもよい。

産業上の利用可能性

[0084] 本発明の含水有機溶媒の脱水システムは、分離膜モジュールの分離膜エレメントの破損の発生が抑制されるため、長期間の定常的な運転が求められる用途（例えば、化学プラント）に好適である。

符号の説明

- [0085] 1 分離膜エレメント
- 1 a 多孔質セラミック支持体
 - 1 b ゼオライト膜
- 1 0 分離膜モジュール
- 1 1 蒸留塔
 - 1 2 凝縮器
 - 1 3 貯水タンク
 - 1 3 A, 1 3 B 貯水容器
 - 1 4 真空ポンプ
 - 1 5 断熱部材
- 1 0 0, 2 0 0 脱水システム
- P_1 , P_1' , P_2 , P_{2A} , P_{2B} 配管（非透過側）
- P_3 配管（透過配管）
- P_4 , P_5 , P_6 配管
- V_1 , V_2 , V_3 , V_4 バルブ（圧力制御部材）

請求の範囲

- [請求項1] 含水有機化合物から水を分離する脱水システムであって、
- 筒状の多孔質セラミック支持体と、該支持体上に設けられたゼオライト膜とを有する、1又は複数の筒状の膜エレメントが内部に配置され、当該1又は複数の筒状の膜エレメントによって、供給された含水有機化合物から水を分離する分離膜モジュールと、
- 前記筒状の膜エレメントの水の透過側を減圧にする減圧手段と、
- 前記分離膜モジュールと前記減圧手段との間に配管を介して設けられ、前記筒状の膜エレメントを透過した水蒸気を水に凝縮する凝縮器と、
- を備え、
- 以下の構成（1）および構成（2）の少なくとも1つを備えることを特徴とする含水有機化合物の脱水システム。
- 構成（1）：前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管を、水が凝縮しない温度に保持する温度保持手段を有すること
- 構成（2）：前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管が、分離膜モジュールの透過水出口から凝縮器へ向かって下向きに配置されていること
- [請求項2] 構成（1）を少なくとも備え、前記温度保持手段として、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管を被覆する断熱部材を有する、請求項1に記載の脱水システム。
- [請求項3] 構成（1）を少なくとも備え、前記温度保持手段として前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管を加熱する加熱手段を有する、請求項1または2に記載の脱水システム。
- [請求項4] 前記加熱手段が、スチームトレースまたは電気トレースである、請求項3に記載の脱水システム。
- [請求項5] 構成（1）および構成（2）の両方を備える、請求項1から4のいずれかに記載の脱水システム。

- [請求項6] 請求項1から5のいずれかに記載の脱水システムの運転方法であって、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管の温度が、 20°C 以上になるように保持する脱水システムの運転方法。
- [請求項7] 前記配管の温度を、前記分離膜モジュールの設定温度に対して $-20^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ の範囲となるよう調整する、請求項6に記載の脱水システムの運転方法。
- [請求項8] 含水有機化合物から水を分離する脱水システムの運転方法であって、
筒状の多孔質セラミック支持体と、該支持体上に設けられたゼオライト膜とを有する、1又は複数の筒状の膜エレメントが内部に配置され、当該1又は複数の筒状の膜エレメントによって、供給された含水有機化合物から水を分離する分離膜モジュールと、
前記筒状の膜エレメントの水の透過側を減圧にする減圧手段と、
前記分離膜モジュールと前記減圧手段との間に配管を介して設けられ、前記筒状の膜エレメントを透過した水蒸気を水に凝縮する凝縮器と、
前記凝縮器を透過した水を蓄える貯水容器と、
を備え、
前記貯水容器に蓄えられた水を排出するときに、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管の圧力を、絶対圧 20 kPa 以下に制御することを特徴とする脱水システムの運転方法。
- [請求項9] 前記凝縮器と前記貯水容器との間を接続する配管に設けられた開閉可能な圧力制御部材を有し、前記貯水容器内の水を排出するときに、前記圧力制御部材を最初にクローズすることにより、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間の配管の圧力を制御する、請求項8に記載の運転方法。
- [請求項10] 前記貯水容器から水が排出された後、前記貯水容器、及び前記圧力制御部材と前記貯水容器との間を接続する配管を減圧する時に、前記

凝縮器と前記貯水容器との間を接続する配管に設けられた圧力制御部材を最後にオープンする、請求項 8 または 9 に記載の運転方法。

[請求項11]

含水有機化合物から水を分離する脱水方法であって、

筒状の多孔質セラミック支持体と、該支持体上に設けられたゼオライト膜とを有する、1 又は複数の筒状の膜エレメントが内部に配置され、当該 1 又は複数の筒状の膜エレメントによって、供給された含水有機化合物から水を分離する分離膜モジュールと、

前記筒状の膜エレメントの水の透過側を減圧にする減圧手段と、

前記分離膜モジュールと前記減圧手段との間に配管を介して設けられ、前記筒状の膜エレメントを透過した水蒸気を水に凝縮する凝縮器と、

を備え、

前記凝縮した水の膜エレメントへの再流入防止手段を備えることを特徴とする含水有機化合物の脱水方法。

[請求項12]

再流入防止手段が、

以下の構成（1）および構成（2）の少なくとも 1 つを備えることを特徴とする、請求項 11 に記載の含水有機化合物の脱水方法。

構成（1）：前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管を、水が凝縮しない温度に保持する温度保持手段を有すること

構成（2）：前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管が、分離膜モジュールの透過水出口から凝縮器へ向かって下向きに配置されていること

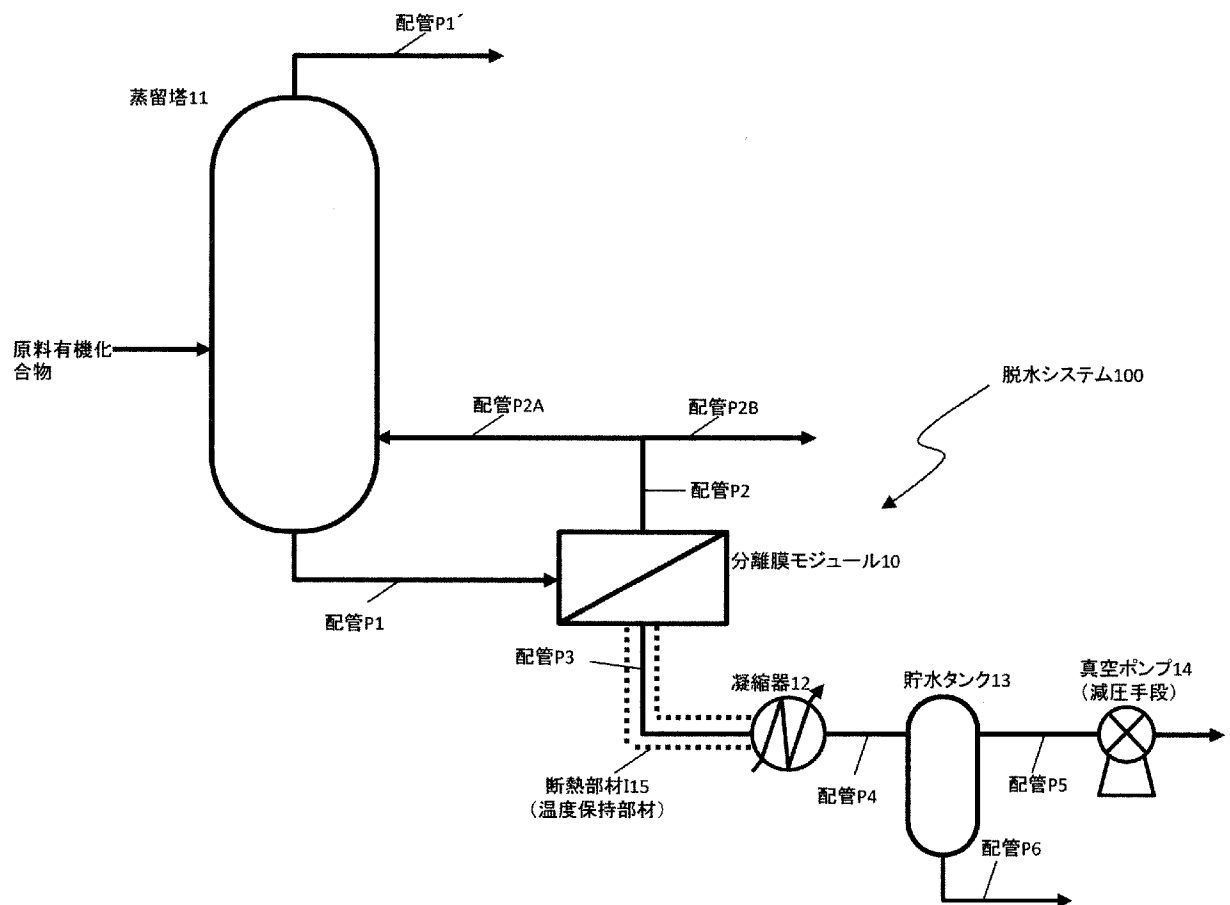
[請求項13]

前記凝縮器を透過した水を蓄える貯水容器を備え、

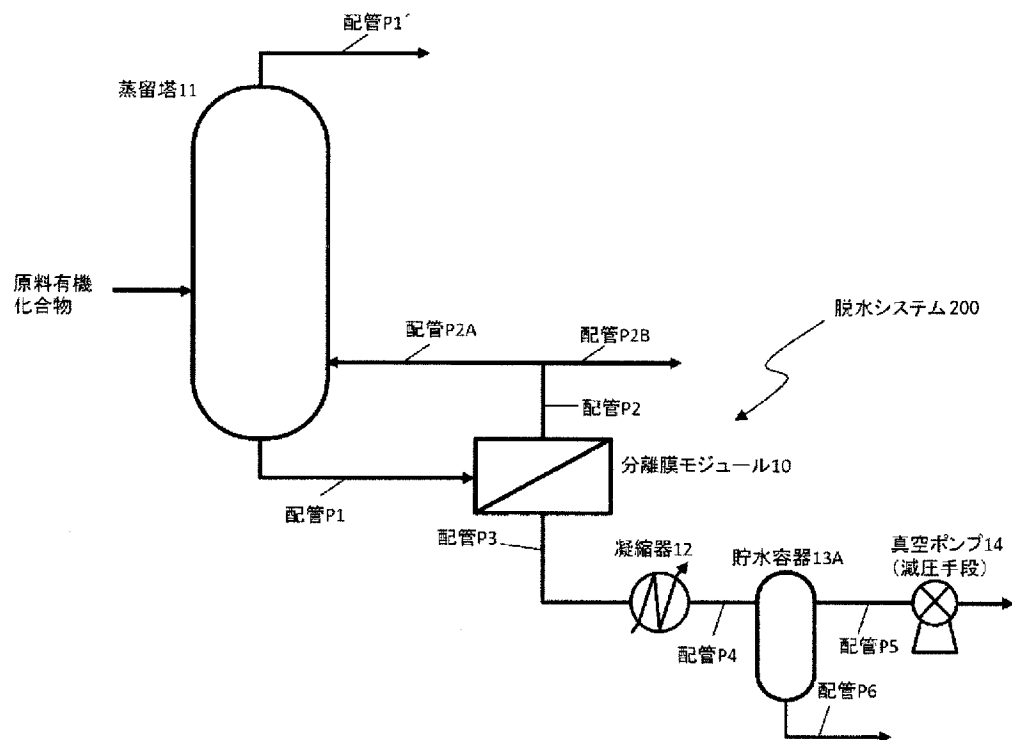
再流入防止手段が、

前記貯水容器に蓄えられた水を排出するときに、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管の圧力を、絶対圧 20 kPa 以下に制御することを特徴とする、請求項 11 に記載の含水有機化合物の脱水方法。

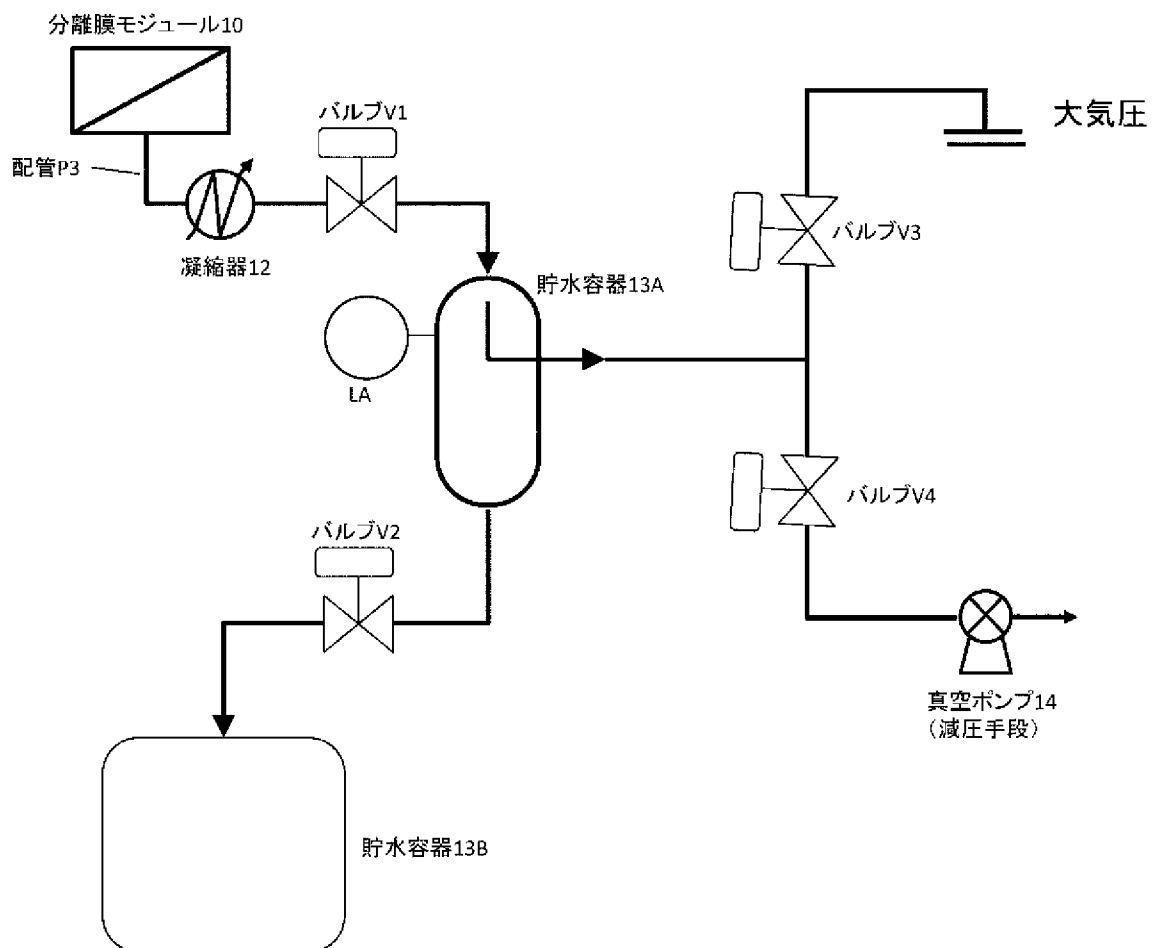
[図1]



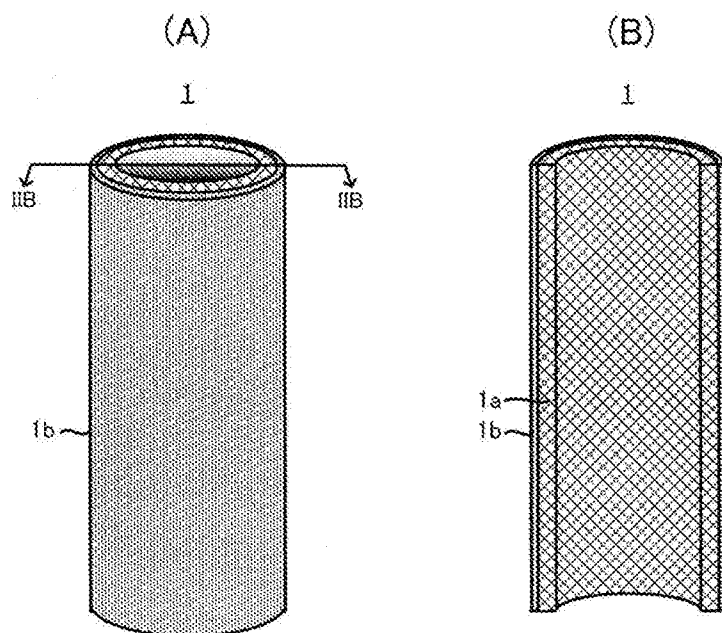
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/019393

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01D61/36(2006.01)i, B01D63/06(2006.01)i, B01D69/10(2006.01)i, B01D69/12(2006.01)i, B01D71/02(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)

B01D61/36, B01D63/06, B01D69/10, B01D69/12, B01D71/02, B01D1/00-B01D5/00

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	JP 2016-27938 A (NGK Insulators, Ltd.), 25 February 2016 (25.02.2016), claims 1, 10; paragraphs [0015] to [0016]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-13
Y	JP 5-57151 A (Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd.), 09 March 1993 (09.03.1993), claims; paragraphs [0004] to [0005], [0015] (Family: none)	1-7, 11-13
Y	JP 55-73301 A (Japan Atomic Energy Research Institute), 03 June 1980 (03.06.1980), page 2, upper right column, lines 12 to 16 (Family: none)	1-7, 11-13

☒ 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

"I" 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
18 August 2017 (18.08.17)

Date of mailing of the international search report
29 August 2017 (29.08.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/019393

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 175067/1984 (Laid-open No. 91302/1986) (Tokuyama Soda Co., Ltd.), 13 June 1986 (13.06.1986), pages 1 to 7 (Family: none)	1-7, 11-13
Y	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 64274/1993 (Laid-open No. 31130/1995) (Nitto Denko Corp.), 13 June 1995 (13.06.1995), claims; paragraphs [0006], [0008], [0010] to [0011], [0014], [0020] (Family: none)	1-7, 11-13
Y	JP 2014-92058 A (Honda Motor Co., Ltd.), 19 May 2014 (19.05.2014), paragraphs [0001], [0071] to [0082]; fig. 1 to 3 & US 2014/0124419 A1 paragraphs [0003], [0066] to [0076]; fig. 1 to 3	8-10, 13
A	JP 58-180204 A (Kuri Kagaku Sochi Kabushiki Kaisha), 21 October 1983 (21.10.1983), page 2, lower right column, line 20 to page 3, upper right column, line 20; fig. 1 (Family: none)	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/019393

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
(See extra sheet.)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/019393

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

(Invention 1) claims 1-7 and 12

Claims 1-7 and 12 have a special technical feature which is "configuration (1), wherein the system includes a temperature-maintaining means with which the pipeline connecting the separation membrane module and the condenser is kept at a temperature at which the water does not condense", and are hence classified as invention 1.

(Invention 2) claims 1-7 and 12

The dehydration system for hydrous organic compounds which is involved in claims 1-7 and does not have the configuration (1) and which has "configuration (2), wherein the pipeline connecting the separation membrane module and the condenser has been disposed downward from the penetrant-water outlet of the separation membrane module toward the condenser" shares, with claim 1, which was classified as invention 1, a dehydration system for separating water from hydrous organic compounds which "comprises: a separation membrane module which includes one or more cylindrical membrane elements disposed inside that each comprise a cylindrical porous ceramic support and a zeolite membrane disposed on the support and in which water is separated from a supplied hydrous organic compound by the one or more cylindrical membrane elements; a depressurizing means for depressurizing the penetrant side of the cylindrical membrane elements; and a condenser which has been disposed between the separation membrane module and the depressurizing means, with a pipeline disposed therebetween, and by which the water vapor that has penetrated through the cylindrical membrane elements is condensed to water".

However, the above-said technical feature cannot be considered to be a special technical feature, since the technical feature has been disclosed in the document 1, and does not make a contribution over the prior art.

Further, there is no other same or corresponding special technical feature between the above-said claims and claim 1.

The dehydration system for hydrous organic compounds which is involved in claims 1-7 has a special technical feature which is "configuration (2), wherein the pipeline connecting the separation membrane module and the condenser has been disposed so as to decline from the penetrant-water outlet of the separation membrane module toward the condenser", and is hence classified as invention 2.

(Invention 3) claims 8-10 and 13

Claims 8-10 share, with claim 1, which was classified as invention 1, a method for operating a dehydration system for separating water from a hydrous organic compound, the dehydration system comprising: "a separation membrane module which includes one or more cylindrical membrane elements disposed inside that each comprise a cylindrical porous ceramic support and a zeolite membrane disposed on the support and in which water is separated from a supplied hydrous organic compound by the one or more cylindrical membrane elements; a depressurizing means for depressurizing the penetrant side of the cylindrical membrane elements; and a condenser which has been disposed between the separation membrane module and the depressurizing means, with a pipeline disposed therebetween, and by which the water vapor that has penetrated through the cylindrical membrane elements is condensed to water".

(Continued to next extra sheet)

However, the above-said technical feature cannot be considered to be a special technical feature, since the technical feature has been disclosed in the document 1, and does not make a contribution over the prior art.

Further, there is no other same or corresponding special technical feature between the above-said claims and claim 1.

The dehydration system for hydrous organic compounds which is involved in claims 8-10 has a special technical feature wherein "when the water stored in the water storage vessel is discharged, the pressure inside the pipeline connecting the separation membrane module and the condenser is regulated to an absolute pressure of 20 kPa or lower", and is hence classified as invention 3.

(Invention 4) claim 11

Claim 11 shares, with claim 1, which was classified as invention 1, a method for operating a dehydration system for separating water from a hydrous organic compound, the dehydration system comprising: "a separation membrane module which includes one or more cylindrical membrane elements disposed inside that each comprise a cylindrical porous ceramic support and a zeolite membrane disposed on the support and in which water is separated from a supplied hydrous organic compound by the one or more cylindrical membrane elements; a depressurizing means for depressurizing the penetrant side of the cylindrical membrane elements; and a condenser which has been disposed between the separation membrane module and the depressurizing means, with a pipeline disposed therebetween, and by which the water vapor that has penetrated through the cylindrical membrane elements is condensed to water".

However, the above-said technical feature cannot be considered to be a special technical feature, since the technical feature has been disclosed in the document 1, and does not make a contribution over the prior art.

Further, there is no other same or corresponding special technical feature between the above-said claim and claim 1.

The dehydration system for hydrous organic compounds which is involved in claim 11 has a special technical feature wherein "the system includes a means for preventing the condensed water from flowing again into the membrane elements", and is hence classified as invention 4.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B01D61/36(2006.01)i, B01D63/06(2006.01)i, B01D69/10(2006.01)i, B01D69/12(2006.01)i, B01D71/02(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. B01D61/36, B01D63/06, B01D69/10, B01D69/12, B01D71/02, B01D1/00-B01D5/00

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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	JP 2016-27938 A（日本碍子株式会社）2016.02.25, 請求項 1, 10, 段落 0015-0016, 図 1-2（ファミリーなし）	1-13
Y	JP 5-57151 A（三井造船株式会社）1993.03.09, 特許請求の範囲, 段落 0004-0005, 0015（ファミリーなし）	1-7, 11-13
Y	JP 55-73301 A（日本原子力研究所）1980.06.03, 第2頁右上欄第12-16行（ファミリーなし）	1-7, 11-13

☑ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

18.08.2017

国際調査報告の発送日

29.08.2017

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）

宮部 裕一

4Q

3840

電話番号 03-3581-1101 内線 3468

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
Y	日本国実用新案登録出願 59-175067 号(日本国実用新案登録出願公開 61-91302 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (徳山曹達株式会社) 1986. 06. 13, 第 1-7 頁 (ファミリーなし)	1-7, 11-13
Y	日本国実用新案登録出願 5-64274 号(日本国実用新案登録出願公開 7-31130 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録した CD-ROM (日東電工株式会社) 1995. 06. 13, 実用新案登録請求の範囲, 段落 0006, 0008, 0010-0011, 0014, 0020 (ファミリーなし)	1-7, 11-13
Y	JP 2014-92058 A (本田技研工業株式会社) 2014. 05. 19, 段落 0001, 0071-0082, 図 1-3 & US 2014/0124419 A1, 段落 0003, 0066-0076, 図 1-3	8-10, 13
A	JP 58-180204 A (九里化学装置株式会社) 1983. 10. 21, 第 2 頁右下欄第 20 行ー第 3 頁右上欄第 20 行, 第 1 図 (ファミリーなし)	1-13

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T 規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。
（特別ページ参照）

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

(発明1) 請求項 1-7, 12

請求項 1-7, 12 は、「構成 (1) : 前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管を、水が凝縮しない温度に保持する温度保持手段を有する」という特別な技術的特徴を有しているので、発明 1 に区分する。

(発明2) 請求項 1-7, 12

請求項 1-7 に含まれ、上記構成 (1) を有さず、かつ、「構成 (2) : 前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管が、分離膜モジュールの透過水出口から凝縮器へ向かって下向きに配置されている」含水有機化合物の脱水システムと、発明 1 に区分された請求項 1 とは、「筒状の多孔質セラミック支持体と、該支持体上に設けられたゼオライト膜とを有する、1 又は複数の筒状の膜エレメントが内部に配置され、当該 1 又は複数の筒状の膜エレメントによって、供給された含水有機化合物から水を分離する分離膜モジュールと、前記筒状の膜エレメントの水の透過側を減圧にする減圧手段と、前記分離膜モジュールと前記減圧手段との間に配管を介して設けられ、前記筒状の膜エレメントを透過した水蒸気を水に凝縮する凝縮器と、を備え」る含水有機化合物から水を分離する脱水システムという共通の技術的特徴を有している。しかしながら、当該技術的特徴は、文献 1 に記載されており、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、その他に、請求項 1 との間に、同一の又は対応する特別な技術的特徴も存在しない。請求項 1-7 に含まれる、上記含水有機化合物の脱水システムは、「構成 (2) : 前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管が、分離膜モジュールの透過水出口から凝縮器へ向かって下向きに配置されている」という特別な技術的特徴を有するので、発明 2 に区分する。

(発明3) 請求項 8-10, 13

請求項 8-10 は、発明 1 に区分された請求項 1 と「筒状の多孔質セラミック支持体と、該支持体上に設けられたゼオライト膜とを有する、1 又は複数の筒状の膜エレメントが内部に配置され、当該 1 又は複数の筒状の膜エレメントによって、供給された含水有機化合物から水を分離する分離膜モジュールと、前記筒状の膜エレメントの水の透過側を減圧にする減圧手段と、前記分離膜モジュールと前記減圧手段との間に配管を介して設けられ、前記筒状の膜エレメントを透過した水蒸気を水に凝縮する凝縮器と、」を備える含水有機化合物から水を分離する脱水システムの運転方法という共通の技術的特徴を有している。しかしながら、当該技術的特徴は、文献 1 に記載されており、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、その他に、請求項 1 との間に、同一の又は対応する特別な技術的特徴も存在しない。請求項 8-10 に含まれる、上記含水有機化合物の脱水システムは、「前記貯水容器に蓄えられた水を排出するときに、前記分離膜モジュールと前記凝縮器との間を接続する配管の圧力を、絶対圧 20 kPa 以下に制御する」という特別な技術的特徴を有するので、発明 3 に区分する。

(発明4) 請求項 11

請求項 11 は、発明 1 に区分された請求項 1 と「筒状の多孔質セラミック支持体と、該支持体上に設けられたゼオライト膜とを有する、1 又は複数の筒状の膜エレメントが内部に配置され、当該 1 又は複数の筒状の膜エレメントによって、供給された含水有機化合物から水を分離する分離膜モジュールと、前記筒状の膜エレメントの水の透過側を減圧にする減圧手段と、前記分離膜モジュールと前記減圧手段との間に配管を介して設けられ、前記筒状の膜エレメントを透過した水蒸気を水に凝縮する凝縮器と、」を備える含水有機化合物から水を分離する脱水システムの運転方法という共通の技術的特徴を有している。しかしながら、当該技術的特徴は、文献 1 に記載されており、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、その他に、請求項 1 との間に、同一の又は対応する特別な技術的特徴も存在しない。請求項 11 に含まれる、上記含水有機化合物の脱水システムは、「前記凝縮した水の膜エレメントへの再流入防止手段を備えることを」という特別な技術的特徴を有するので、発明 4 に区分する。