(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
2016 年 8 月 18 日(18.08.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/129308 A1

(51) 国際特許分類:
C02F 1/44 (2006.01)　*B01F 3/04* (2006.01)
B01D 65/00 (2006.01)　*B01F 5/04* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/050587

(22) 国際出願日: 2016 年 1 月 9 日(09.01.2016)

(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 2015-023570 2015 年 2 月 9 日(09.02.2015) JP

(71) 出願人: 住友電気工業株式会社(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 池田　啓一(IKEDA, Keiichi); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目１番３号　住友電気工業株式会社大阪製作所内 Osaka (JP). 柏原 秀樹(KASHIHARA, Hideki); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目１番３号　住友電気工業株式会社大阪製作所内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 中田　元己, 外(NAKATA, Motomi et al.); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目１番３号　住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).

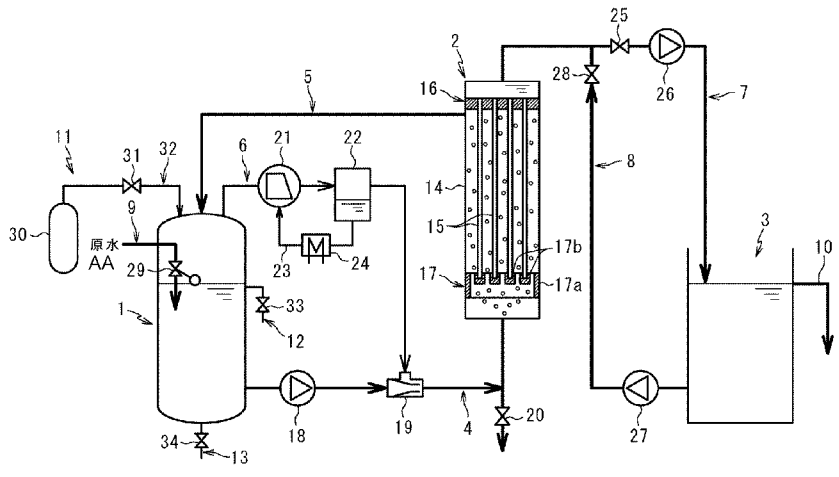
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, 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:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

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

(54) 発明の名称 : 水処理システム及び水処理方法



AA Raw water

(57) **Abstract**: The water treatment system according to an embodiment of the present invention is a water treatment system provided with a tank for storing the water to be treated, a cross-flow filtration membrane module for filtering the water being treated, a supply path for supplying the water being treated from the tank to the filtration membrane module using a supply pump, and a return current path for returning the water being treated that has passed through the primary side of the membrane of said filtration membrane module to the tank. The tank has an upper space in which inert gas is filled in an airtight manner above the liquid surface of the stored water that is being treated. The water treatment system is also provided with an air flow path for introducing inert gas from the upper space to the supply path or the filtration membrane module, and has a compressor in the air flow path for pressurizing the inert gas. Preferably, the compressor is a water-sealed compressor.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/129308 A1

本発明の一実施形態に係る水処理システムは、被処理水を貯留するタンクと、上記被処理水を濾過するクロスフロー方式濾過膜モジュールと、供給ポンプを用いて上記タンクから濾過膜モジュールに被処理水を供給する供給路と、上記濾過膜モジュールの膜一次側を通過した被処理水をタンクに還流する還流路とを備える水処理システムであって、上記タンクが、貯留する被処理水の液面上に不活性ガスが気密充填される上部空間を有し、上記上部空間から供給路又は濾過膜モジュールに不活性ガスを導入する通気路をさらに備え、上記通気路に上記不活性ガスを加圧する圧縮機を有する。上記圧縮機が水封式コンプレッサーであるとよい。

明　細　書

発明の名称 ： 水処理システム及び水処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、水処理システム及び水処理方法に関する。

背景技術

[0002] 油や濁質を含む被処理水から濾過膜を用いて油や濁質を除去する水処理システムが公知である。このような水処理システムは、濾過膜の一端側から被処理水を膜面に平行に供給し、濾過膜の他端側から被処理水を排出するいわゆるクロスフローで濾過するよう構成することによって、例えば石油随伴水のように油や濁質の量が多い被処理水を処理する場合にも、濾過膜の目詰まりを低減できる。

[0003] また、被処理水に気体を混合することで、気泡によるスクラブ効果によって濾過膜の目詰まりを抑制できる。被処理水に気体を混合する方法としては、被処理水の流路を絞ることでベンチュリー効果によって負圧を生成し、被処理水中に気体を吸い込むアスピレーター（エジェクターともいう）を用いる方法が提案されている（特開２００９－１４８６７３号公報参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００９－１４８６７３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記公報に開示される水処理システムでは、アスピレーターによって大気を吸い込んで被処理水に気体を導入している。しかし、被処理水は、含まれる有機物が分解して可燃性ガスを発生したり、溶存する可燃性ガスが圧力変動によりガス化することがあり、このような被処理水に大気を導入すると濾過膜モジュールの内部で可燃性ガスが爆発を起こすおそれがある。このため、上記公報の水処理システムは、可燃性ガスを発生し得る被処理水には適用

できない場合がある。

[0006] 本発明は、上述のような事情に基づいてなされたものであり、可燃性ガスを発生し得る被処理水を濾過しても爆発を防止できる水処理システム及び水処理方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するためになされた本発明の一態様に係る水処理システムは、被処理水を貯留するタンクと、上記被処理水を濾過するクロスフロー方式濾過膜モジュールと、供給ポンプを用いて上記タンクから濾過膜モジュールに被処理水を供給する供給路と、上記濾過膜モジュールの膜一次側を通過した被処理水をタンクに還流する還流路とを備える水処理システムであって、上記タンクが、貯留する被処理水の液面上に不活性ガスが気密充填される上部空間を有し、上記上部空間から供給路又は濾過膜モジュールに不活性ガスを導入する通気路をさらに備え、上記通気路に上記不活性ガスを加圧する圧縮機を有する。

[0008] また、上記課題を解決するためになされた本発明の一態様に係る水処理方法は、被処理水を貯留するタンクからクロスフロー方式濾過膜モジュールに被処理水を供給路を介して供給する工程と、上記濾過膜モジュールの膜一次側を通過した被処理水をタンクに還流する工程とを備える水処理方法であって、上記タンクが、貯留する被処理水の液面上に不活性ガスが気密充填される上部空間を有し、上記上部空間の不活性ガスを圧縮機により加圧して供給路又は濾過膜モジュールに導入する工程をさらに備える。

発明の効果

[0009] 本発明の一態様に係る水処理システムは、可燃性ガスを発生し得る被処理水を濾過しても爆発を防止できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図１は、本発明の一実施形態の水処理システムの構成を示す模式図である。

符号の説明

[0011] １　被処理水貯留タンク　　２　濾過膜モジュール　　３　濾過水貯留タンク

４　供給路　　５　還流路　　６　通気路　　７　処理済水路　　８　逆洗水路

９　原水路　　１０　放水路　　１１　不活性ガス供給部　　１２　浮遊物排出路

１３　沈殿物排出路　　１４　濾過槽　　１５　中空糸膜

１６　上部保持部材　　１７　下部保持部材　　１７ａ　外枠１７ｂ　固定部位

１８　供給ポンプ　　１９　アスピレーター　　２０　排出弁　　２１　圧縮機

２２　気液分離器　　２３　シール水返送路　　２４　冷却装置

２５　開閉弁　　２６　吸引ポンプ　　２７　逆洗ポンプ

２８　開閉弁　　２９　ボールタップ　　３０　ガスボンベ　　３１　供給弁

３２　給気路　　３３　開閉弁　　３４　開閉弁

発明を実施するための形態

[0012] ［本発明の実施形態の説明］

本発明の一態様に係る水処理システムは、被処理水を貯留するタンクと、上記被処理水を濾過するクロスフロー方式濾過膜モジュールと、供給ポンプを用いて上記タンクから濾過膜モジュールに被処理水を供給する供給路と、上記濾過膜モジュールの膜一次側を通過した被処理水をタンクに還流する還流路とを備える水処理システムであって、上記タンクが、貯留する被処理水の液面上に不活性ガスが気密充填される上部空間を有し、上記上部空間から供給路又は濾過膜モジュールに不活性ガスを導入する通気路をさらに備え、上記通気路に上記不活性ガスを加圧する圧縮機を有する。

[0013] 当該水処理システムは、タンクが貯留する被処理水の液面上に不活性ガス

が気密充填される上部空間を有する。この上部空間から供給路又は濾過膜モジュールに不活性ガスを導入する通気路に不活性ガスを加圧する圧縮機を有することによって、濾過膜モジュールに不活性ガスの気泡を供給し、気泡のスクラブ効果により濾過膜の目詰まりを抑制できる。さらに、当該水処理システムは、上記タンクが貯留する被処理水の液面上に不活性ガスが気密充填されることによって、タンク及び濾過膜モジュールの間で被処理水を循環させる閉じた系内から気体酸素を排除できる。このため、当該水処理システムは、被処理水から可燃性ガスが発生したとしても、ガス中の酸素濃度を低く維持して爆発を防止できる。

[0014] 上記圧縮機が水封式コンプレッサーであるとよい。上記圧縮機が水封式コンプレッサーであることによって、上部空間から吸引する不活性ガス中に水が含まれていても、水封式コンプレッサーのシール水と同化し、装置の不具合を引き起こし難い。このため、当該水処理システムは、濾過膜モジュールに安定して不活性ガスを供給することにより濾過膜の目詰まりをより確実に防止し、水処理を連続的に安定して行うことができる。

[0015] 上記通気路における水封式コンプレッサーの吐出側に気液分離器を有し、上記気液分離器から水封式コンプレッサーに連通するシール水返送路をさらに備えるとよい。その結果、水封式コンプレッサーから不活性ガスと共に漏れ出したシール水を気液分離器で回収して水封式コンプレッサーに還流できるので水封式コンプレッサーのシール不良を防止し、連続的に水処理を行うことができる。

[0016] 上記シール水返送路に気液分離器が分離した水を冷却する冷却装置を有するとよい。このように、当該水処理システムが、上記シール水返送路に気液分離器が分離した水を冷却する冷却装置を有することによって、水封式コンプレッサーの温度上昇を抑制し、不活性ガスの圧縮効率を維持できる。

[0017] 上記水封式コンプレッサーのシール水として濾過膜モジュールの濾過水を用いるとよい。このように、当該水処理システムが、上記水封式コンプレッサーのシール水として濾過膜モジュールの濾過水を用いることによって、浄

水を供給する必要がなく、余分な配管等が必要とされない。これにより、当該水処理システムの設備コスト及び運転コストを低減できる。

[0018] 上記通気路が不活性ガスを供給路に導入するとよく、上記不活性ガスの導入点における被処理水の流速としては、２．５ｍ／ｓ以上１５．０ｍ／ｓ以下が好ましい。このように、上記通気路が不活性ガスを供給路に導入し、上記不活性ガスの導入点における被処理水の流速が上記範囲内であることによって、圧縮機の吐出圧が小さくしながら不活性ガスの気泡を濾過膜モジュールに供給できるので、当該水処理システムは、設備コストを抑制すると共に運転コストを抑制できる。

[0019] 上記通気路が供給路に結合され、その結合部に被処理水に不活性ガスを混合するアスピレーターを有するとよい。このように、上記通気路が供給路に結合され、その結合部に被処理水に不活性ガスを混合するアスピレーターを有することによって、当該水処理システムは、圧縮機の吐出圧が小さくてよいので、設備コストを抑制できる。

[0020] 上記濾過膜モジュールから濾過水を排出する流路に吸引ポンプを有するとよい。このように、上記濾過膜モジュールから濾過水を排出する流路に吸引ポンプを有することによって、安定した濾過ができる。

[0021] また、本発明の一態様に係る水処理方法は、被処理水を貯留するタンクからクロスフロー方式濾過膜モジュールに被処理水を供給路を介して供給する工程と、上記濾過膜モジュールの膜一次側を通過した被処理水をタンクに還流する工程とを備える水処理方法であって、上記タンクが、貯留する被処理水の液面上に不活性ガスが気密充填される上部空間を有し、上記上部空間の不活性ガスを圧縮機により加圧して供給路又は濾過膜モジュールに導入する工程をさらに備える。

[0022] 当該水処理方法は、タンクが、貯留する被処理水の液面上に不活性ガスが気密充填される上部空間を有し、この上部空間から供給路又は濾過膜モジュールに不活性ガスを導入する通気路をさらに備え、上記上部空間の不活性ガスを圧縮機により加圧して供給路又は濾過膜モジュールに導入することによ

って、濾過膜モジュールに不活性ガスの気泡を供給し、気泡のスクラブ効果により濾過膜の目詰まりを抑制できる。さらに、当該水処理方法は、上記タンクが貯留する被処理水の液面上に不活性ガスが気密充填されることによって、タンク及び濾過膜モジュールの間で被処理水を循環させる閉じた系内から気体酸素を排除できる。このため、当該水処理方法は、被処理水から可燃性ガスが発生したとしても、ガス中の酸素濃度を低く維持して爆発を防止できる。

[0023] ここで、「膜一次側」とは濾過膜が被処理水と接する側であり、膜二次側とは濾過膜が濾過水と接する側である。また、「不活性ガス」とは、油の揮発成分と接触しても燃焼及び爆発を生じないガスであり、具体的には酸素の体積含有率が１０％以下、好ましくは１％以下の気体をいう。

[0024] ［本発明の実施形態の詳細］

以下、本発明に係る水処理システムの実施形態について図面を参照しつつ詳説する。

[0025] 図１の水処理システムは、油や濁質を含む被処理水から油や濁質を除去するシステムである。当該水処理システムで処理する被処理水としては、例えば油田等で発生する石油随伴水等が挙げられ、砂濾過装置等によって前処理したものを被処理水としてもよい。

[0026] 図１の水処理システムは、油や濁質を含む被処理水を貯留し、被処理水の液面上に不活性ガスが気密充填される上部空間を有する被処理水貯留タンク１と、被処理水をクロスフロー方式で濾過する濾過膜モジュール２と、濾過膜モジュール２で濾過された濾過水（処理済水）を貯留する濾過水貯留タンク３とを主に備える。

[0027] また、当該水処理システムは、被処理水貯留タンク１から濾過膜モジュール２に被処理水を供給する供給路４と、濾過膜モジュール２の膜一次側を通過した被処理水を被処理水貯留タンク１に還流する還流路５と、被処理水貯留タンク１の上部空間から供給路４に不活性ガスを導入する通気路６と、濾過膜モジュール２から濾化された濾過水を濾過水貯留タンク３へ導く処理済

水路７と、濾過水貯留タンク３から処理済水路７ひいては濾過膜モジュール２に濾過水を圧送する逆洗水路８とを備える。

[0028] さらに、当該水処理システムは、被処理水貯留タンク１に不図示の原水槽等から新規に被処理水（以下、原水と呼ぶことがある）を供給する原水路９と、濾過水貯留タンク３から濾過水をオーバーフローさせて放出する放水路１０と、被処理水貯留タンク１に不活性ガスを導入する不活性ガス供給部１１と、被処理水貯留タンク１内の被処理水の浮遊物を排出する浮遊物排出路１２と、被処理水貯留タンク１内の被処理水中の沈殿物を排出する沈殿物排出路１３とを備える。

[0029] ＜被処理水貯留タンク＞

被処理水貯留タンク１は、気密に形成された容器である。この被処理水貯留タンク１は、金属や樹脂によって、内部の圧力に耐える強度を有するよう形成される。被処理水貯留タンク１を形成する材料としては、特に、強度、耐熱性、耐薬品性等の観点からステンレス、ポリプロピレン及びアクリロニトリル－ブタジエン－スチレン共重合体（ＡＢＳ樹脂）が好ましい。また、被処理水貯留タンク１は、外側に補強部材や自立するための脚部材等が設けられてもよい。

[0030] この被処理水貯留タンク１には、供給路４が、被処理水貯留タンク１内の沈殿物を流出させないよう、被処理水貯留タンク１の底から離間した位置の側壁に接続される。還流路５及び通気路６が被処理水貯留タンク１の上方、例えば天壁に接続され、浮遊物排出路１２が貯留する被処理水の液面近傍位置の側壁に接続され、沈殿物排出路１３が底部に接続されている。

[0031] 被処理水貯留タンク１の貯水量は、処理すべき原水の量、油や濁質の含有量等に応じて適宜選択される。例として、供給路４から濾過膜モジュール２への被処理水の給水量が２４０Ｌ／ｈｒ、濾過膜モジュール２から処理済水路７への濾過水の流出量が８０Ｌ／ｈｒである場合に、被処理水貯留タンク１の貯水量は３０Ｌ以上２００Ｌ以下とすることができる。

[0032] 被処理水貯留タンク１は、貯留する被処理水の液面上に不活性ガスが気密

充填される上部空間を有する。この上部空間の容積の被処理水貯留タンク１の全内容積に対する比の下限としては、１／４が好ましく、１／３がより好ましい。また、上部空間の容積の被処理水貯留タンク１の全内容積に対する比の上限としては、２／３が好ましく、１／２がより好ましい。上部空間の容積の被処理水貯留タンク１の全内容積に対する比が上記下限に満たない場合、十分な量の不活性ガスを系内に封入できず、通気路６に被処理水が流入して供給路４に安定して不活性ガスを供給できなくなるおそれがある。一方、上部空間の容積の被処理水貯留タンク１の全内容積に対する比が上記上限を超える場合、被処理水貯留タンク１が不必要に大きくなるおそれがある。

[0033] ＜濾過膜モジュール＞

濾過膜モジュール２は、被処理水が充填される気密な濾過槽１４と、この濾過槽１４内に配設されかつ上下一方向に引き揃えられた状態で保持される複数本の中空糸膜（濾過膜）１５と、この複数本の中空糸膜１５の上端部を固定する上部保持部材１６と、中空糸膜１５の下端部を固定する下部保持部材１７とを備える。

[0034] （濾過槽）

濾過槽１４は、膜一次側圧が大気圧より高い加圧状態で内部に液体を貯留可能な容器である。通常、この濾過槽１４は立設され、両端が封止される気密な筒状体である。濾過槽１４の平面形状は特に限定されず、例えば円形、多角形等とすることができる。また、濾過槽１４の内部には複数の中空糸膜１５が濾過槽１４の軸方向にその引き揃え方向が一致するよう配設される。

[0035] 濾過槽１４は、金属や樹脂によって、被処理水の圧力に耐える強度を有するよう形成される。濾過槽１４を形成する材料としては、特に、強度、耐熱性、耐薬品性等の観点からステンレス、ポリプロピレン及びアクリロニトリル－ブタジエン－スチレン共重合体（ＡＢＳ樹脂）が好ましい。また、濾過槽１４は、外側に補強部材や自立するための脚部材等が設けられてもよい。

[0036] この濾過槽１４の下端、つまり濾過槽１４における中空糸膜１５の引き揃え方向一端側には、供給路４が接続され、濾過槽１４の中空糸膜の引き揃え

方向他端側、より詳しくは側壁の上部保持部材１６より僅かに下方の位置には、還流路５が接続されている。これにより、被処理水貯留タンク１と濾過膜モジュール２との間で被処理水が循環する閉鎖された系が形成される。また、濾過槽１４の上端には、処理済水路７が接続される。

[0037] 詳しく説明すると、濾過膜モジュール２は、中空糸膜１５の下端部よりもさらに下方に不活性ガスの気泡を含む被処理水が加圧状態で導入され、濾過槽１４内に供給された被処理水が不活性ガスの気泡と共に中空糸膜１５の外表面に沿って上昇し、中空糸膜１５の上端側の還流路５から排出される。また、被処理水中の水の一部は、中空糸膜１５の膜一次側から膜二次側へと通過して濾過水となり、処理済水路７に排出される。

[0038] 定常運転時の濾過槽１４の膜一次側圧は、例えばゲージ圧で１０ｋＰａ以上２００ｋＰａ以下とされる。濾過槽１４の膜一次側圧は、供給ポンプ１８の出力及び被処理水貯留タンク１に充填される不活性ガスの圧力によって調節することができる。また、濾過槽１４の膜一次側圧を得るために、還流路５に例えば絞り弁、オリフィス等を配置してもよい。濾過槽１４の「膜一次側圧」とは、下部保持部材１７の上面つまり中空糸膜１５の露出領域の下端における圧力と、上部保持部材１６の下面つまり中空糸膜の露出領域の上端における圧力との平均値を意味する。

[0039] （中空糸膜）

中空糸膜１５は、精密濾過膜又は限外濾過膜を円筒状乃至チューブ状に形成して構成され、内側の中空部分に水を透過し濾過水とするが被処理水に含まれる油滴や粒子状の濁質の透過を阻止する濾過膜である。

[0040] 中空糸膜１５は、円筒状の支持層と、この支持層の表面に積層される濾過層とを有する。このように中空糸膜１５を多層構造とすることで、透水性及び機械的強度を両立させ、さらに気泡による表面洗浄効果を大きくできる。

[0041] 上記支持層及び濾過層の形成材料はポリテトラフルオロエチレン（ＰＴＦＥ）を主成分とするとよい。このように上記支持層及び濾過層の形成材料の主成分をＰＴＦＥとすることで、中空糸膜１５は機械的強度に優れ、中空糸

膜の平均外径に対する平均長さの比であるアスペクト比が大きくても撓み量を小さくでき、また気泡の擦過による中空糸膜表面の損傷等を受け難い。また、この支持層及び濾過層の形成材料は、他のポリマー、添加剤等が適宜配合されていてもよい。なお、「主成分」とは、質量含有率が最も大きい成分をいい、好ましくは質量含有率が５０％以上、より好ましくは質量含有率が９０％以上である成分をいう。

[0042] 支持層及び濾過層のＰＴＦＥの数平均分子量の下限としては、５０万が好ましく、２００万がより好ましい。また、支持層及び濾過層のＰＴＦＥの数平均分子量の上限としては、２０００万が好ましい。ＰＴＦＥの数平均分子量が上記下限に満たない場合、気泡の擦過によって中空糸膜１５の表面が損傷するおそれや、中空糸膜１５の機械的強度が不十分となるおそれがある。一方、ＰＴＦＥの数平均分子量が上記上限を超える場合、中空糸膜１５の空孔の成形が困難になるおそれがある。

[0043] 上記支持層は、例えばＰＴＦＥを押出成形して得られるチューブを用いることができる。このように支持層として押出成形チューブを用いることで、支持層に機械的強度を持たせることができると共に、空孔も容易に形成することができる。なお、このチューブは軸方向に５０％以上７００％以下、周方向に５％以上１００％以下の延伸率で延伸することが好ましい。

[0044] 上記延伸における温度は、チューブ素材の融点以下、例えば０℃以上３００℃以下とすることが好ましい。比較的空孔の径が大きい多孔質体を得るには低温での延伸がよく、比較的空孔の径が小さい多孔質体を得るには高温での延伸がよい。延伸した多孔質体は、両端を固定し延伸した状態を保って２００℃以上３００℃以下の温度で１分から３０分程度熱処理することで高い寸法安定性が得られる。また、延伸温度や延伸率等の条件を組み合わせることにより、多孔質体の空孔のサイズを調整することができる。

[0045] 支持層を形成するチューブは、例えばＰＴＦＥファインパウダーにナフサ等の液状潤滑剤をブレンドし、押出成形等によりチューブ状とした後に延伸することで得ることができる。また、チューブをＰＴＦＥファインパウダー

の融点以上の温度、例えば３５０℃以上５５０℃以下に保った加熱炉中で、数１０秒から数分程度保持し焼結することにより、寸法安定性を高めることができる。

[0046] 支持層の平均厚さとしては、０．１ｍｍ以上３ｍｍ以下が好ましい。支持層の平均厚さを上記範囲内とすることで、中空糸膜１５に機械的強度及び透水性をバランスよく付与することができる。

[0047] 上記濾過層は、例えばＰＴＦＥ製のシートを上記支持層に巻き付けて焼結することで形成することができる。このように濾過層の形成材料としてシートを用いることで、延伸を容易に行うことができ、空孔の形状や大きさの調整が容易となると共に、濾過層の厚さを小さくすることができる。また、シートを巻き付けて焼結することで、支持層と濾過層とが一体化され、両者の空孔を連通させて透水性を向上させることができる。この焼結温度としては、支持層を形成するチューブと濾過層を形成するシートの融点以上が好ましい。

[0048] 上記濾過層を形成するシートは、例えば（１）樹脂の押出により得られる未焼結成形体を融点以下の温度で延伸しその後焼結する方法、（２）焼結された樹脂成形体を徐冷し結晶化度を高めた後に延伸する方法等を用いることができる。なお、このシートは長手方向に５０％以上１０００％以下、短手方向に５０％以上２５００％以下の延伸率で延伸することが好ましい。特に短手方向の延伸率を上記範囲とすることで、シートを巻き付けた際に周方向の機械的強度を向上させることができ、気泡による表面洗浄に対する耐久性を向上させることができる。

[0049] また、支持層を形成するチューブにシートを巻き付けることで濾過層を形成する場合、チューブの外周面に微細な凹凸を設けるとよい。このようにチューブの外周面に凹凸を設けることで、シートとの位置ずれを防止できると共に、チューブとシートとの密着性を向上させ、気泡による洗浄で支持層から濾過層が剥離することを防止できる。なお、シートの巻き付け回数はシートの厚さによって調整することができ、１回又は複数回とすることができる

。また、チューブに複数のシートを巻き付けてもよい。シートの巻き付け方法としては特に限定されず、チューブの周方向に巻き付ける方法のほか、らせん状に巻き付ける方法を用いてもよい。

[0050] 上記微細な凹凸の大きさ（高低差）としては２０μｍ以上２００μｍ以下が好ましい。上記微細な凹凸はチューブ外周面全体に形成されることが好ましいが、部分的又は断続的に形成されていてもよい。また、上記微細な凹凸をチューブ外周面に形成する方法としては、例えば火炎による表面処理、レーザー照射、プラズマ照射、フッ素系樹脂等のディスパージョン塗布等を挙げることができるが、チューブ性状に影響を与えず容易に凹凸を形成できる火炎による表面処理が好ましい。

[0051] また、チューブ及びシートとして未焼成のものを用い、シートを巻き付けた後に焼結することでこれらの密着性を高めてもよい。

[0052] 濾過層の平均厚さとしては、５μｍ以上１００μｍ以下が好ましい。濾過層の平均厚さを上記範囲内とすることで、中空糸膜１５に容易かつ確実に高い濾過性能を付与することができる。

[0053] 中空糸膜１５の平均外径の下限としては、２ｍｍが好ましく、２．１ｍｍがより好ましい。また、中空糸膜１５の平均外径の上限としては、６ｍｍが好ましく、４ｍｍがより好ましい。中空糸膜１５の平均外径が上記下限に満たない場合、中空糸膜１５の機械的強度が不十分となるおそれがある。一方、中空糸膜１５の平均外径が上記上限を超える場合、中空糸膜１５の断面積に対する表面積の比が小さくなって濾過効率が不十分となるおそれや、１つの気泡が擦過できる表面積が小さくなるおそれがある。

[0054] 中空糸膜１５の平均内径の下限としては、０．５ｍｍが好ましく、０．９ｍｍがより好ましい。また、中空糸膜１５の平均内径の上限としては、４ｍｍが好ましく、３ｍｍがより好ましい。中空糸膜１５の平均内径が上記下限に満たない場合、中空糸膜１５内の濾過水を排出するときの圧損が大きくなるおそれがある。一方、中空糸膜１５の平均内径が上記上限を超える場合、中空糸膜１５の厚さが小さくなって機械的強度及び不純物の透過阻止効果が

不十分となるおそれがある。

[0055] 中空糸膜１５の平均外径に対する平均内径の比の下限としては、０．３が好ましく、０．４がより好ましい。また、中空糸膜１５の平均外径に対する平均内径の比の上限としては、０．８が好ましく、０．６がより好ましい。中空糸膜１５の平均外径に対する平均内径の比が上記下限に満たない場合、中空糸膜１５の厚さが必要以上に大きくなって中空糸膜１５の透水性が不十分となるおそれがある。一方、中空糸膜１５の平均外径に対する平均内径の比が上記上限を超える場合、中空糸膜１５の厚さが小さくなって機械的強度及び不純物の透過阻止効果が不十分となるおそれがある。

[0056] 中空糸膜１５の平均長さの下限としては、１ｍが好ましく、１．５ｍがより好ましい。また、中空糸膜１５の平均長さの上限としては、５ｍが好ましく、４ｍがより好ましい。中空糸膜１５の平均長さが上記下限に満たない場合、１つの気泡が濾過膜モジュール２の下方から供給され水面まで上昇する間に擦過する中空糸膜１５の表面積が減少し、中空糸膜１５の洗浄効率が不十分となるおそれがある。一方、中空糸膜１５の平均長さが上記上限を超える場合、中空糸膜１５の自重によって中空糸膜１５の撓みが大きくなり過ぎるおそれや、濾過膜モジュール２の設置時等における取り扱い性が不十分となるおそれがある。なお、中空糸膜１５の平均長さとは、中空糸膜１５の上部保持部材１６及び下部保持部材１７間での露出領域の平均長さ、つまり上部保持部材１６の下面と下部保持部材１７の上面との平均距離を意味する。

[0057] 中空糸膜１５の平均外径に対する平均長さの比（アスペクト比）の下限としては、２００が好ましく、４００がより好ましい。また、中空糸膜１５のアスペクト比の上限としては、３０００が好ましく、２５００がより好ましい。中空糸膜１５のアスペクト比が上記下限に満たない場合、１つの気泡が擦過可能な中空糸膜１５の表面積が減少することで、中空糸膜１５の洗浄効率が不十分となるおそれがある。一方、中空糸膜１５のアスペクト比が上記上限を超える場合、中空糸膜１５が極度に細長となるため上下に張った際の機械的強度が不十分となるおそれがある。

[0058] 中空糸膜１５の気孔率の下限としては、７５％が好ましく、７８％がより好ましい。また、中空糸膜１５の気孔率の上限としては、９０％が好ましく、８５％がより好ましい。中空糸膜１５の気孔率が上記下限に満たない場合、透水性が低下し、濾過膜モジュール２の濾過能力が不十分となるおそれがある。一方、中空糸膜１５の気孔率が上記上限を超える場合、中空糸膜１５の機械的強度及び耐擦過性が不十分となるおそれがある。なお、気孔率とは、中空糸膜１５の体積に対する空孔の総体積の割合をいい、ＡＳＴＭ－Ｄ－７９２に準拠して中空糸膜１５の密度を測定することで求めることができる。

[0059] 中空糸膜１５の空孔の面積占有率の下限としては、４０％が好ましい。また、中空糸膜１５の空孔の面積占有率の上限としては、６０％が好ましい。空孔の面積占有率が上記下限に満たない場合、透水性が低下し、濾過膜モジュール２の濾過能力が不十分となるおそれがある。一方、空孔の面積占有率が上記上限を超える場合、中空糸膜１５の表面強度が不十分となり、気泡の擦過によって中空糸膜１５の破損等が生じるおそれがある。なお、空孔の面積占有率とは、中空糸膜１５の表面積に対する中空糸膜１５の外周面（濾過層表面）における空孔の総面積の割合を意味し、中空糸膜１５の外周面の電子顕微鏡写真を解析することで求めることができる。

[0060] 中空糸膜１５の空孔の平均径の下限としては、０．０１μｍが好ましい。また、中空糸膜１５の空孔の平均径の上限としては、０．４５μｍが好ましく、０．１μｍがより好ましい。中空糸膜１５の空孔の平均径が上記下限に満たない場合、透水性が不十分となるおそれがある。一方、中空糸膜１５の空孔の平均径が上記上限を超える場合、被処理水に含まれる不純物の中空糸膜１５内部への透過を阻止できないおそれがある。なお、空孔の平均径とは、中空糸膜１５の外周面（濾過層表面）の空孔の平均径を意味し、細孔直径分布測定装置（例えばＰｏｒｏｕｓ　Ｍａｔｅｒｉａｌｓ社の「多孔質材料自動細孔径分布測定システム」）により測定することができる。

[0061] 中空糸膜１５の引張強度の下限としては、５０Ｎが好ましく、６０Ｎがよ

り好ましい。中空糸膜１５の引張強度が上記下限に満たない場合、気泡による表面洗浄に対する耐久性が不十分となるおそれがある。なお、中空糸膜１５の引張強度の上限は、特に限定されないが、現在の技術で製造し得る中空糸膜の引張強度の最大値は１５０Ｎ程度である。なお、「引張強度」とは、ＪＩＳ－Ｋ７１６１（１９９４）に準拠し、標線間距離１００ｍｍ、試験速度１００ｍｍ／ｍｉｎで引張試験を行った際の最大引張応力を意味する。

[0062] 下部保持部材１７が保持する中空糸膜１５の本数Ｎを、中空糸膜１５の配設領域面積Ａで割った中空糸膜１５の存在密度（Ｎ／Ａ）の下限としては、４本／ｃｍ^{2}が好ましく、６本／ｃｍ^{2}がより好ましい。また、上記中空糸膜１５の存在密度の上限としては、１５本／ｃｍ^{2}が好ましく、１２本／ｃｍ^{2}がより好ましい。中空糸膜１５の存在密度が上記下限に満たない場合、濾過膜モジュール２の単位体積当たりの濾過効率が不十分となるおそれがある。一方、中空糸膜１５の存在密度が上記上限を超える場合、中空糸膜１５の間隔が小さくなって表面の洗浄が十分行えないおそれがある。なお、「中空糸膜の配設領域」とは、中空糸膜の軸方向から見て濾過膜モジュール２が有する全ての中空糸膜１５を包含する仮想多角形のうち最も面積の小さいものを意味する。

[0063] また、中空糸膜１５を中実と仮定した場合の下部保持部材１７が保持する中空糸膜１５の断面積の総和Ｓを、中空糸膜１５の配設領域面積Ａで割った中空糸膜１５の面積割合（Ｓ／Ａ）の下限としては、２０％が好ましく、２５％がより好ましい。また、上記中空糸膜１５の面積割合の上限としては、６０％が好ましく、５５％がより好ましい。中空糸膜１５の面積割合が上記下限に満たない場合、濾過膜モジュール２の単位体積当たりの濾過効率が不十分となるおそれがある。一方、中空糸膜１５の面積割合が上記上限を超える場合、中空糸膜１５の間隔が小さくなって表面の洗浄が十分行えないおそれがある。

[0064] （上部保持部材）

上部保持部材１６は、複数本の中空糸膜１５の上端部を保持すると共に、

各中空糸膜１５の空孔と連通し、処理済水路７に接続される集水ヘッダを形成する部材である。このような集水ヘッダは、上部保持部材１６の内部に形成してもよく、上部保持部材１６によって濾過槽１４を区分することにより濾過槽１４の上端部を集水ヘッダとするものであってもよい。上部保持部材１６の外形は特に限定されず、断面形状は多角形状、円形状等とすることができる。

[0065]（下部保持部材）

下部保持部材１７は、複数本の中空糸膜１５の下端部を保持する部材である。上記下部保持部材１７は、外枠１７ａと、中空糸膜１５の下端部を固定すると共に各中空糸膜１５の下端を封止する複数の固定部位１７ｂとを有する。この固定部位１７ｂは、例えば棒状に形成されており、被処理水及び不活性ガスの気泡が通過できるよう一定の間隔を持って複数平行または略平行に配設され、上方側にそれぞれ複数本の中空糸膜１５が配設される。

[0066] なお、中空糸膜１５は、１本の両端を上部保持部材１６及び下部保持部材１７でそれぞれ固定してもよいが、１本の中空糸膜１５をＵ字状に湾曲させ、２つの開口部を上部保持部材１６で固定し、下端折返（湾曲）部を下部保持部材１７で固定してもよい。

[0067] 外枠１７ａは、固定部位１７ｂを支持するための部材である。外枠１７ａの一辺の長さとしては、例えば５０ｍｍ以上２００ｍｍ以下とすることができる。また、外枠１７ａの断面形状は特に限定されず、四角形状やその他の多角形状、円形状等とできる。

[0068] 固定部位１７ｂの幅（短手方向長さ）及びその間隔は、十分な数の中空糸膜１５を固定でき、かつ供給路４から供給される不活性ガスの気泡を通過させることができれば特に限定されない。固定部位１７ｂの平均幅としては、例えば３ｍｍ以上１０ｍｍ以下とすることができ、固定部位１７ｂの平均間隔としては、例えば１ｍｍ以上１０ｍｍ以下とすることができる。

[0069] 上部保持部材１６及び下部保持部材１７の材質としては特に限定されず、例えばエポキシ樹脂、ＡＢＳ樹脂、シリコーン樹脂等を用いることができる

。

[0070] 中空糸膜１５の上部保持部材１６及び下部保持部材１７への固定方法は特に限定されず、例えば接着剤を用いて固定する方法を用いることができる。

[0071] また、濾過膜モジュール２の取り扱い（運搬、設置、交換等）を容易にするために、上部保持部材１６と下部保持部材１７とは連結部材で連結することが好ましい。この連結部材としては、例えば金属製の支持棒や、樹脂製のケーシング（外筒）等を用いることができる。

[0072] ＜濾過水貯留タンク＞

濾過水貯留タンク３は、濾過膜モジュール２で濾過された濾過水を貯留する容器である。この濾過水貯留タンク３は、密閉型の容器であってもよく、大気開放型の容器であってもよい。この濾過水貯留タンク３は、後述する逆洗水として使用する濾過水を確保すると共に、濾過水を一時的に貯留して、濾過水の水質を確認するために配設される。

[0073] 濾過水貯留タンク３は、金属や樹脂によって形成される。濾過水貯留タンク３を形成する材料としては、特に、強度、耐熱性、耐薬品性等の観点からステンレス、ポリプロピレン及びアクリロニトリル－ブタジエン－スチレン共重合体（ＡＢＳ樹脂）が好ましい。また、濾過水貯留タンク３は、外側に補強部材や自立するための脚部材等が設けられてもよい。

[0074] 濾過水貯留タンク３の容量は、逆洗水として使用する濾過水を確保できる容量であればよい。逆洗水の流量としては例えば体積で濾過流量の２倍以上１０倍以下とされる。

[0075] ＜供給路＞

供給路４は、主にパイプによって形成され、被処理水貯留タンク１と濾過膜モジュール２の下端とを接続する。この供給路４は、被処理水を送出する供給ポンプ１８と、被処理水の流路を絞り込むことでベンチュリー効果により負圧を生成し、通気路６から不活性ガスを吸引して被処理水中に導入するアスピレーター１９と、濾過膜モジュール２の下方に位置する排出弁２０とを有する。

[0076]（供給ポンプ）

供給ポンプ１８は、被処理水を送出できるものであればよい。供給ポンプ１８の吐出圧としては、例えば１０ｋＰａ以上１０００ｋＰａ以下とされる。

[0077] 供給ポンプ１８の吐出量、つまり濾過膜モジュール２への被処理水の供給量としては、中空糸膜１５の単位面積を基準として、例えば２０Ｌ／ｍ^2・ｈｒ以上１０００Ｌ／ｍ^2・ｈｒ以下とされる。

[0078]（アスピレーター）

アスピレーター１９は、被処理水の流路断面積を絞り込むことで、ベンチュリー効果により負圧を生じさせて、気体吸引用のポートに接続された後述する通気路６からの不活性ガスの導入量を増加させ、この不活性ガスを被処理水中に混合する。つまり、アスピレーター１９は、後述する圧縮機２１の負荷を軽減する。

[0079] アスピレーター１９は、吸引した不活性ガスを剪断して微細な気泡にするよう構成されたものが好ましい。微細な気泡を生成するアスピレーターとしては、例えばマイクロバブル発生装置として市販されているもの等を使用することができる。

[0080] 濾過膜モジュール２における不活性ガスの気泡の平均径の下限としては、１μｍが好ましく、１０μｍがより好ましい。一方、濾過膜モジュール２における不活性ガスの気泡の平均径の上限としては、３０ｍｍが好ましく、１５ｍｍがより好ましく、１０ｍｍがさらに好ましい。濾過膜モジュール２における不活性ガスの気泡の平均径が上記下限に満たない場合、気泡を細分化するために複雑な構成が必要となるおそれがある。逆に、濾過膜モジュール２における不活性ガスの気泡の平均径が上記上限を超える場合、気泡のスクラビングによる中空糸膜１５の目詰まり抑制効果が不十分となるおそれがある。

[0081] アスピレーター１９によって単位体積当たりの被処理水に混合される不活性ガスの導入量（大気圧２０℃での体積）の下限としては、０．１ＮＬ／Ｌ

が好ましく、０．５ＮＬ／Ｌがより好ましい。一方、上記不活性ガスの導入量の上限としては、５ＮＬ／Ｌが好ましく、２ＮＬ／Ｌがより好ましい。上記不活性ガスの導入量が上記下限に満たない場合、濾過膜モジュール２の中空糸膜１５の目詰まりを十分に抑制できないおそれがある。逆に、上記不活性ガスの導入量が上記上限を超える場合、濾過膜モジュール２における濾過水量が制限されるおそれや、圧縮機２１に大きな容量が要求されて設備コストが不必要に増大するおそれがある。

[0082] アスピレーター１９内部における被処理水の流速、つまり供給路４の通気路６との結合部における被処理水の流速の下限としては、２．５ｍ／ｓが好ましく、３ｍ／ｓがより好ましい。一方、供給路４の通気路６との結合部における被処理水の流速の上限としては、１５ｍ／ｓが好ましく、１０ｍ／ｓがより好ましい。供給路４の通気路６との結合部における被処理水の流速が上記下限に満たない場合、不活性ガスを導入するために必要とされる圧縮機２１の容量が過度に大きくなるおそれがある。逆に、供給路４の通気路６との結合部における被処理水の流速が上記上限を超える場合、供給ポンプ１８の容量が過度に大きくなるおそれがある。

[0083] アスピレーター１９の前後における被処理水の圧力差の下限としては、供給ポンプ１８の吐出圧の３０％が好ましく、４０％がより好ましい。一方、アスピレーター１９の前後における被処理水の圧力差の上限としては、供給ポンプ１８の吐出圧の８０％が好ましく、７０％がより好ましい。アスピレーター１９の前後における被処理水の圧力差が上記下限に満たない場合、アスピレーター１９が生成する負圧が不十分となるおそれがある。逆に、アスピレーター１９の前後における被処理水の圧力差が上記上限を超える場合、濾過膜モジュール２への被処理水の供給が不足するおそれがある。

[0084] （排出弁）

排出弁２０は、逆洗時に開放されて、濾過膜モジュール２内の被処理水及び逆洗水を排出する。従って、排出弁２０は、濾過時には常時閉鎖される。

[0085] ＜還流路＞

還流路５は、主としてパイプにより形成される。定常運転時、供給路４から濾過膜モジュール２に被処理水と共に供給された不活性ガスは、基本的に全量が還流路５を介して被処理水と共に被処理水貯留タンク１に返送される。

[0086] ＜通気路＞

通気路６は、主としてパイプによって形成され、一端が被処理水貯留タンク１の上部空間に開口し、他端が供給路４のアスピレーター１９の気体吸引用のポートに接続される。この通気路６の一端側は、被処理水貯留タンク１の液面から離間し、還流路５から還流される被処理水が掛からない位置、例えば天壁に開口するよう配設されることが好ましい。

[0087] また、当該水処理システムは、通気路６に、供給路４のアスピレーター１９に導入する不活性ガスを加圧する圧縮機２１と、圧縮機２１の吐出側に配設される気液分離器２２とを有する。

[0088] また、当該水処理システムは、気液分離器２２から圧縮機２１に連通し、気液分離器２２が分離した水を圧縮機２１に還流するシール水返送路２３を備え、このシール水返送路２３に気液分離器２２が分離した水を冷却する冷却装置２４を有する。

[0089] （圧縮機）

圧縮機２１としては、任意の圧縮機を使用することができるが、不活性ガスが被処理水の水滴を含み得る場合には、水の混入に強い圧縮機を使用することが好ましい。

[0090] 水の混入に強い圧縮機としては、例えば水封式コンプレッサー（水環式ポンプ）等が挙げられる。水封式コンプレッサーとは、シール水を貯留する円筒形のケーシング内に放射状に複数の羽根が設けられたインペラーを偏心して配置して回転させることにより、遠心力でシール水を円筒壁に押し付けてシール水の層によりインペラーの羽根の間の空間を封止し、インペラーの羽根の間に残される空間の容積が回転に応じて変化することにより気体を給気、圧縮及び排気する構造を備える。換言すると、水封式コンプレッサーは、

インペラーの羽根の間でシール水の液面が径方向に移動することで気体を吸入及び排出するポンプである。このような水封式コンプレッサーとしては、例えばＥｌｍｏ　Ｒｉｅｔｓｈｌｅ社のリキッドリング型ポンプ「Ｌ－Ｓｅｒｉｅｓ」等を用いることができる。

[0091] 圧縮機２１として、上記水封式コンプレッサーを使用すれば、圧縮機２１が水を吸引しても、もともとシール水を使用するので圧縮機２１のシールが破損する等のトラブルを生じない。また、圧縮機２１が多量に水を吸引した場合にも、その水がシール水に混ざり込み、内部で不活性ガスが過剰に圧縮されて過負荷となる等の不具合を生じない。

[0092] 圧縮機２１として水封式コンプレッサーを用いる場合、そのシール水としては、濾過膜モジュール２の濾過水を用いることが好ましい。このために、処理済水路７又は逆洗水路８から水封式コンプレッサーに濾過水を供給する管路を設けてもよく、当該水処理システムの起動時に、オペレーターが任意の容器を用いて濾過水貯留タンク３から濾過水を汲み出し、水封式コンプレッサーのシール水供給口に注水するようにしてもよい。このように、圧縮機２１のシール水として濾過膜モジュール２の濾過水を使用することで、シール水を当該水処理システム内で調達することができるので、浄水を供給するための配管等を設ける必要がない。

[0093] 圧縮機２１の吐出圧力の下限としては、１０ｋＰａが好ましく、２０ｋＰａがより好ましい。一方、圧縮機２１の吐出圧力の上限としては、５００ｋＰａが好ましく、２００ｋＰａがより好ましく、１００ｋＰａがさらに好ましい。圧縮機２１の吐出圧力が上記下限に満たない場合、不活性ガスの導入量が不十分となるおそれがある。逆に、圧縮機２１の吐出圧力が上記上限を超える場合、設備コスト及び運転コストが不必要に増大するおそれがある。

[0094] （気液分離器）

気液分離器２２は、圧縮機２１から吐出される不活性ガスに混入して漏れ出るシール水を分離して回収する。気液分離器２２としては、例えば遠心分離方式、慣性衝突方式等の公知の装置を用いることができる。

[0095] 気液分離器２２が分離して回収したシール水は、圧縮機２１の吐出圧によって、シール水返送路２３を介して圧縮機２１に返送される。これにより、圧縮機２１におけるシール水の水量を維持して、不活性ガスを安定して供給することを担保する。

[0096] （シール水返送路）

シール水返送路２３は、気液分離器２２の下部から圧縮機２１のシール水供給口に接続される。

[0097] 圧縮機２１から漏出したシール水を、気液分離器２２で回収し、シール水返送路２３を介して圧縮機２１に返送することで、圧縮機２１のシール水不足によるシール不良を防止し、被処理水に不活性ガスを確実に導入することができる。

[0098] （冷却装置）

冷却装置２４は、気液分離器２２が分離したシール水を冷却する熱交換器を含む。この冷却装置２４により圧縮機２１に返送されるシール水を冷却することで、圧縮機２１におけるシール水の温度を低く保ち、圧縮機２１の温度上昇による能力低下を防止することができる。

[0099] ＜処理済水路＞

処理済水路７は、主としてパイプによって形成され、逆洗水路８が接続される位置の下流側に配設される開閉弁２５及び吸引ポンプ２６を有する。この処理済水路７の一端は、濾過膜モジュール２には気密に接続されるが、他端は、濾過水貯留タンク３内で大気開放されてもよい。

[0100] （開閉弁）

処理済水路７の開閉弁２５は、定常運転時には常時開放されるが、後述する逆洗水路８を用いて濾過膜モジュール２の逆洗を行うときには開閉弁２５は、閉鎖され、逆洗水として使用される濾過水の濾過水貯留タンク３への逆流を防止する。

[0101] （吸引ポンプ）

吸引ポンプ２６は、処理済水路７を介して、濾過膜モジュール２の上部保

持部材１６内の集水ヘッダから中空糸膜１５の膜一次側から膜二次側へと通過した濾過水を吸引して濾過水貯留タンク３へ排出する。

[0102] このように、吸引ポンプ２６を用いて中空糸膜１５の内側から濾過水を吸引する吸引濾過方式とすることによって、中空糸膜１５の閉塞状態による濾過水量の変化が小さくなり、安定して水処理を行うことができる。

[0103] 主に吸引ポンプ２６の吸引圧力によって生じる中空糸膜１５の内側と外側との圧力差の下限としては、５ｋＰａが好ましく、１０ｋＰａがより好ましい。一方、中空糸膜１５の内側と外側との圧力差の下限としては、３００ｋＰａが好ましく、１００ｋＰａがより好ましい。中空糸膜１５の内側と外側との圧力差が上記下限に満たない場合、十分な濾過水量を得られないおそれがある。逆に、中空糸膜１５の内側と外側との圧力差が上記上限を超える場合、中空糸膜１５を損傷するおそれがある。

[0104] ＜逆洗水路＞

逆洗水路８は、主としてパイプによって形成され、濾過水貯留タンク３に貯留される濾過水を圧送する逆洗ポンプ２７と、逆洗ポンプ２７の下流側（処理済水路７側）に配設される開閉弁２８とを有する。

[0105] （逆洗ポンプ）

逆洗ポンプ２７は、濾過水を圧送できるものであればよい。逆洗ポンプ２７の吐出圧は、例えば２０ｋＰａ以上３００ｋＰａ以下とされる。

[0106] （開閉弁）

逆洗水路８の開閉弁２８は、濾過時には常時閉鎖され、処理済水路７から逆洗水路８に濾過水が流れ込まないよう流路を遮断する。また、逆洗水路８の開閉弁２８は、逆洗時には開放され、濾過膜モジュール２への逆洗水の供給を可能にする。

[0107] ＜原水路＞

原水路９は、主としてパイプによって形成される。この原水路９には、ボールタップ２９が配設される。このボールタップ２９は、被処理水貯留タンク１に貯留される被処理水の液面の高さを保持するようこの原水路９におけ

る被処理水の流量を調整するものであり、当該水処理システムの液面調整機構として機能する。

[0108] ＜放水路＞

放水路１０は、主としてパイプによって形成され、濾過水貯留タンク３に貯留される濾過水をオーバーフローさせることによって、濾過水貯留タンク３に貯留される濾過水の水量を一定に保持する。

[0109] ＜不活性ガス供給部＞

不活性ガス供給部１１は、高圧の不活性ガスを貯留するガスボンベ３０と、供給弁３１が配設され、ガスボンベ３０及び被処理水貯留タンク１間を接続する給気路３２とを有する。

[0110] （不活性ガス）

不活性ガス供給部１１が供給する不活性ガスとしては、酸素の体積含有率が１０％以下、好ましくは１％以下であることにより、可燃物を燃焼させない気体が使用される。また、不活性ガスは、微生物等による酸素の生成を防止するため、生物的活性を有する二酸化炭素の体積含有率が１％以下であることがより好ましい。このような不活性ガスの主成分としては、例えば窒素、アルゴン等が挙げられ、中でも安価な窒素が好ましい。

[0111] 不活性ガス供給部１１は、当該水処理システムの運転開始前に供給弁３１を開放して被処理水貯留タンク１内に不活性ガスを充填するが、定常運転時には通常閉鎖される。また、当該水処理システムにおいて、不活性ガスが外部に漏出したり、不活性ガスが被処理水に少しずつ溶け込んだりして、システム内に充填されている不活性ガスの量が減少した場合には、不活性ガス供給部１１から不活性ガスを補給してもよい。システム内の不活性ガスの減少は、例えば被処理水貯留タンク１内の圧力を検出することによって判定できる。

[0112] また、当該水処理システムは、不活性ガス供給部１１により不活性ガスを充填する際に、被処理水貯留タンク１、濾過膜モジュール２、還流路５等の内部に存在する空気を排気する排気路を有してもよい。このように、排気路

を設けることによって、系内の空気を排出して不活性ガスで置換することができ、酸素濃度をより確実に低減して爆発を防止できる。

[0113] ＜浮遊物排出路＞

浮遊物排出路１２は、主としてパイプによって形成され、開閉弁３３が配設される。この浮遊物排出路１２は、開閉弁３３が開放されることによって、被処理水貯留タンク１内の被処理水の液面近傍の浮遊物（例えば分離した油の層）を排出するために使用される。

[0114] ＜沈殿物排出路＞

沈殿物排出路１３は、主としてパイプによって形成され、開閉弁３４が配設される。この沈殿物排出路１３は、開閉弁３４が開放されることによって、被処理水貯留タンク１内の被処理水中の沈殿物（スラリー）を排出するために使用される。

[0115] ［汚染水処理方法］

本発明の一実施形態に係る汚染水処理方法は、図１の汚染水処理システムを用いて行われる。

[0116] 当該汚染水処理方法は、被処理水貯留タンク１からクロスフロー方式濾過膜モジュール２に被処理水を供給する工程（供給工程）と、上記濾過膜モジュール２の膜一次側を通過した被処理水を被処理水貯留タンク１に還流する工程（還流工程）と、被処理水貯留タンク１の上部空間の不活性ガスを圧縮機２１により加圧して供給路４のアスピレーター１９に導入する工程（導入工程）とを備える。

[0117] ＜利点＞

当該水処理システム及び当該水処理システムを用いた当該水処理方法は、被処理水貯留タンク１の上部空間に不活性ガスが気密充填され、この上部空間から圧縮機２１によって供給路に不活性ガスを導入することによって、濾過膜モジュール２に不活性ガスの気泡を供給し、気泡のスクラブ効果により中空糸膜１５の目詰まりを抑制できる。

[0118] さらに、当該水処理システム及び当該水処理方法は、被処理水貯留タンク

１が貯留する被処理水の液面上に不活性ガスが気密充填されることによって、被処理水貯留タンク１及び濾過膜モジュール２の間で被処理水を循環させる閉じた系内から気体酸素を排除できる。このため、当該水処理システムは、被処理水から可燃性ガスが発生したとしても、ガス中の酸素濃度を低く維持して爆発を防止できる。

[0119] また、当該水処理システムは、ボールタップ２９によって、被処理水貯留タンク１内の被処理水の液面の高さを保持することによって、被処理水貯留タンク１内の不活性ガスの圧力を維持できる。このため当該水処理システムは、不活性ガスを追加することなく、供給路４に導入する不活性ガスの量を一定にできるので、不活性ガスの消費を抑制できる。

[0120] また、当該水処理システムは、濾過水貯留タンク３、処理済水路７、及び逆洗水路８を備えることによって、濾過水貯留タンク３に貯留した濾過水を逆洗水として使用し、濾過膜モジュール２を逆洗できる。この逆洗により中空糸膜１５に付着した油や濁質を除去し、還流路５から被処理水貯留タンク１に送り返すことで、中空糸膜１５の濾過能力を回復できる。

[0121] また、当該水処理システムは、不活性ガス供給部１１を備えることによって、不活性ガスが被処理水に溶け込んだり、系外に漏出したときに、系内に不活性ガスを容易に補充できる。

[0122] また、当該水処理システムは、浮遊物排出路１２及び沈殿物排出路１３を備えることによって、被処理水貯留タンク１内において被処理水から分離される浮遊物や沈殿物を適宜排出して、浮遊物や沈殿物が濾過膜モジュール２に供給されることを防止できる。

[0123] ［その他の実施形態］

今回開示された実施の形態は全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。本発明の範囲は、上記実施形態の構成に限定されるものではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。

[0124] 当該水処理システムは、濾過膜の目詰まりを低減できるのであれば、必ず

しも濾過時に常時不活性ガスを通気路に導入しなくてもよく、間欠的に不活性ガスを通気路に導入してもよい。

[0125] 当該水処理システムでは、基本的に系内に充填されている不活性ガスが減少しないので、頻繁に不活性ガスを供給する必要はなく、不活性ガス供給部を省略してもよい。

[0126] 当該水処理システムは、濾過水貯留タンクを省略し、濾過膜モジュールから流出する濾過水をそのまま河川等に放水するよう構成してもよい。この場合当該水処理システムは、例えば市水等を逆洗水として供給できるようにしてもよい。

[0127] また、当該水処理システムは、原水貯留タンクの液面調整機構を省略してもよい。この場合、濾過膜モジュールから排出される濾過水の分だけ被処理水貯留タンクに貯留する被処理水の水量が減少するので、被処理水貯留タンクの液面が一定の高さまで低下したときに処理を終了し、被処理水貯留タンクに残留する濃縮された被処理水を他の処理設備に移送するようなバッチ処理としてもよい。他の処理設備としては、例えば被処理水をさらに濃縮して産業廃棄物として処分するためのエバポレーター等が考えられる。

[0128] また、当該水処理システムにおける原水貯留タンクの液面調整機構は、例えばレベルセンサと制御弁との組み合わせ等、ボールタップ以外の機構を用いてもよい。

[0129] また、当該水処理システムは、被処理水貯留タンクの浮遊物排出路及び沈殿物排出路を省略してもよい。

[0130] また、当該水処理システムの濾過膜モジュールは、中空糸膜以外の濾過膜を有するものであってもよい。中空糸膜以外の濾過膜としては、例えば積層平膜、プリーツ膜、スパイラル膜等が挙げられる。

[0131] また、当該水処理システムの濾過膜モジュールでは、また、濾過膜モジュールにおける中空糸膜の引き揃え方向、つまり被処理水の通水方向は横方向であってもよい。

[0132] また、当該水処理システムは、吸引ポンプを省略し、供給ポンプの圧力に

よって、濾過膜の膜一次側から膜二次側へと通過した濾過水を排出させるようにしてもよい。

[0133] また、当該水処理システムは、中空糸膜の内側に不活性ガスの気泡を含む被処理水を加圧状態で通水し、中空糸膜の外側の濾過層から中空糸膜を透過した濾過水を回収する内圧型クロスフロー方式濾過を行うように構成してもよい。

[0134] また、当該水処理システムは、気液分離器及びシール水返送路は省略してもよい。また、気液分離器及びシール水返送路を有する場合にも、冷却装置は必須とされない。

[0135] また、当該水処理システムは、アスピレーターを設けず、圧縮機の吐出圧のみによって供給路に不活性ガスを導入するようにしてもよい。

[0136] また、当該水処理システムは、供給路の通気路との結合部より下流側又は濾過膜モジュールの下部に、不活性ガスの気泡を細分化するために例えば桟、羽根等を配設してもよい。

[0137] また、当該水処理システムは、通気路を濾過膜モジュールの濾過槽に接続して、濾過膜モジュール内に直接不活性ガスの気泡を吹込むようにしてもよい。

産業上の利用可能性

[0138] 本発明は、例えば石油随伴水等、分解して可燃性ガスを生じ得る濁質を含む被処理水や可燃性ガスが高濃度に溶存している被処理水を濾過するために好適に使用することができる。

請求の範囲

[請求項1] 被処理水を貯留するタンクと、上記被処理水を濾過するクロスフロー方式濾過膜モジュールと、供給ポンプを用いて上記タンクから濾過膜モジュールに被処理水を供給する供給路と、上記濾過膜モジュールの膜一次側を通過した被処理水をタンクに還流する還流路とを備える水処理システムであって、

上記タンクが、貯留する被処理水の液面上に不活性ガスが気密充填される上部空間を有し、

上記上部空間から供給路又は濾過膜モジュールに不活性ガスを導入する通気路をさらに備え、

上記通気路に上記不活性ガスを加圧する圧縮機を有する水処理システム。

[請求項2] 上記圧縮機が水封式コンプレッサーである請求項１に記載の水処理システム。

[請求項3] 上記通気路における水封式コンプレッサーの吐出側に気液分離器を有し、

上記気液分離器から水封式コンプレッサーに連通するシール水返送路をさらに備える請求項２に記載の水処理システム。

[請求項4] 上記シール水返送路に気液分離器が分離した水を冷却する冷却装置を有する請求項３に記載の水処理システム。

[請求項5] 上記水封式コンプレッサーのシール水として濾過膜モジュールの濾過水を用いる請求項３又は請求項４に記載の水処理システム。

[請求項6] 上記通気路が不活性ガスを供給路に導入し、上記不活性ガスの導入点における被処理水の流速が２．５ｍ／ｓ以上１５．０ｍ／ｓ以下である請求項１から請求項５のいずれか１項に記載の水処理システム。

[請求項7] 上記通気路が供給路に結合され、その結合部に被処理水に不活性ガスを混合するアスピレーターを有する請求項１から請求項６のいずれか１項に記載の水処理システム。

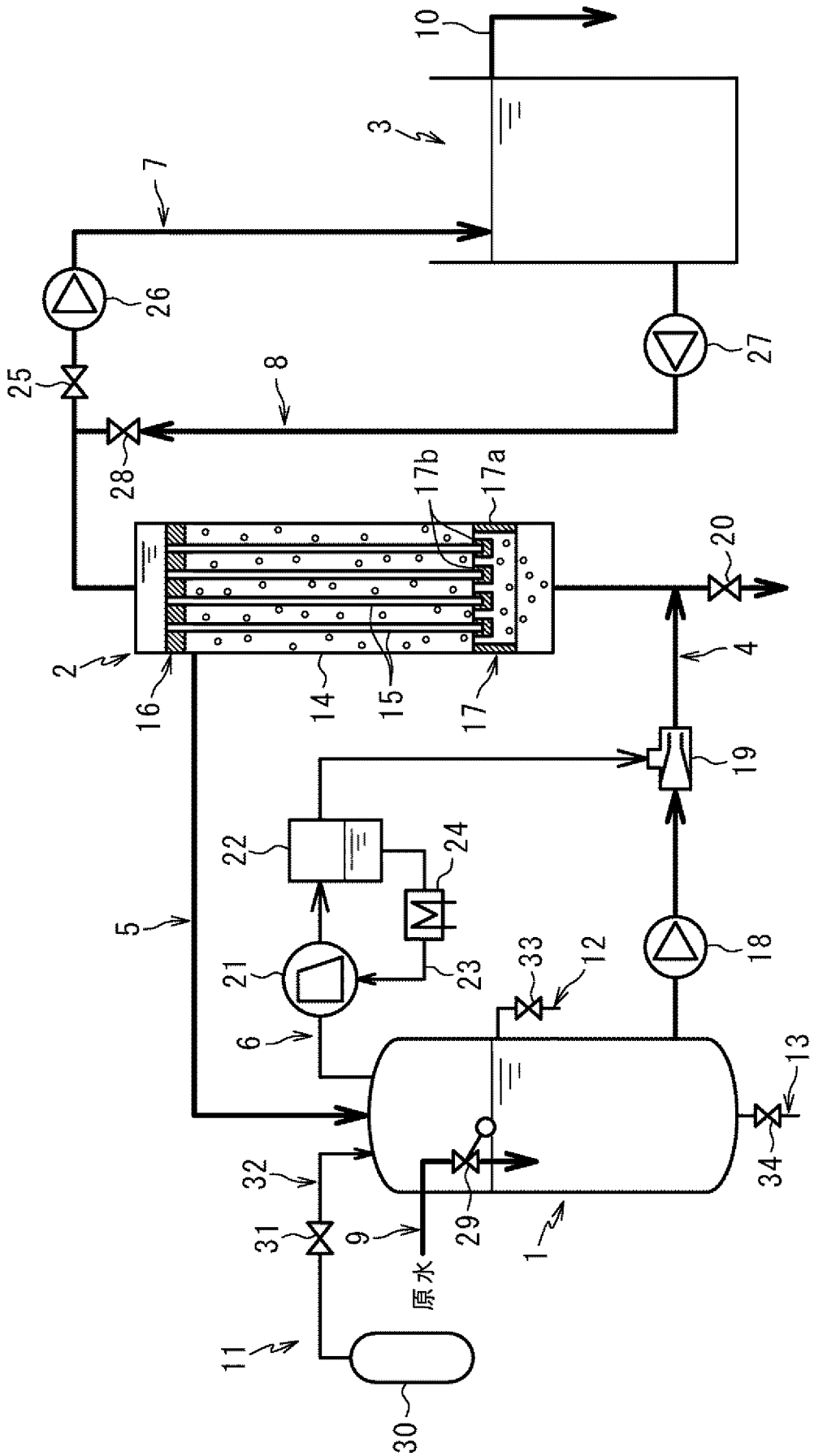
[請求項8] 上記濾過膜モジュールから濾過水を排出する流路に吸引ポンプを有する請求項１から請求項７のいずれか１項に記載の水処理システム。

[請求項9] 被処理水を貯留するタンクからクロスフロー方式濾過膜モジュールに被処理水を供給路を介して供給する工程と、上記濾過膜モジュールの膜一次側を通過した被処理水をタンクに還流する工程とを備える水処理方法であって、

上記タンクが、貯留する被処理水の液面上に不活性ガスが気密充填される上部空間を有し、

上記上部空間の不活性ガスを圧縮機により加圧して供給路又は濾過膜モジュールに導入する工程をさらに備える水処理方法。

[図1]


10
3
7
26
27
25
8
28
17b
17a
20
2
4
16
14
15
17
19
22
24
5
21
23
33
12
18
6
13
32
34
31
9
29
1
原水
11
30

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/050587

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C02F1/44(2006.01)i, *B01D65/00*(2006.01)i, *B01F3/04*(2006.01)i, *B01F5/04*(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)
C02F1/44, B01D65/00, B01F3/04, B01F5/04

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
A	JP 08-281006 A (NOK Corp.), 29 October 1996 (29.10.1996), claims 1, 2; paragraphs [0001], [0039], [0044], [0049], [0062], [0076]; fig. 1 (Family: none)	1-9
A	JP 11-042402 A (NOK Corp.), 16 February 1999 (16.02.1999), claim 1; paragraph [0001]; fig. 1 (Family: none)	1-9
A	JP 2001-179060 A (Maezawa Industries, Inc.), 03 July 2001 (03.07.2001), claim 1; paragraphs [0007] to [0009]; fig. 2 (Family: none)	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
29 March 2016 (29.03.16)	12 April 2016 (12.04.16)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/050587

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2014/084128 A1 (Japan Oil, Gas and Metals National Corp.), 05 June 2014 (05.06.2014), paragraphs [0015] to [0020]; fig. 1 & US 2015/0259229 A1 paragraphs [0011] to [0016]; fig. 1 & EP 2927195 A1	1-9
E,A	JP 2016-034607 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 17 March 2016 (17.03.2016), claim 1; paragraphs [0022] to [0024], [0028], [0033], [0086] to [0092]; fig. 1 (Family: none)	1-9

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０５０５８７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C02F1/44(2006.01)i, B01D65/00(2006.01)i, B01F3/04(2006.01)i, B01F5/04(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.　C02F1/44, B01D65/00, B01F3/04, B01F5/04

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	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６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
A	JP 08-281006 A (エヌオーケー株式会社) 1996.10.29, [請求項1]、[請求項2]、[0001]、[0039]、[0044]、[0049]、[0062]、[0076]、図1 (ファミリーなし)	１－９
A	JP 11-042402 A (エヌオーケー株式会社) 1999.02.16, [請求項1]、[0001]、図1 (ファミリーなし)	１－９
A	JP 2001-179060 A (前澤工業株式会社) 2001.07.03, [請求項1]、[0007] － [0009]、図2 (ファミリーなし)	１－９

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
２９．０３．２０１６	１２．０４．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　４Ｄ　３７６８
岡田　三恵
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４２１

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Ａ	WO 2014/084128 A1 (独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構) 2014.06.05, ［0015］－［0020］、図１＆US 2015/0259229 A1, ［0011］－［0016］, FIG. 1 & EP 2927195 A1	１－９
Ｅ，Ａ	JP 2016-034607 A (住友電気工業株式会社) 2016.03.17, ［請求項 1］、［0022］－［0024］、［0028］、［0033］、［0086］－［0092］、図１（ファミリーなし）	１－９