

明 細 書

発明の名称：

濾過膜処理装置、膜濾過装置、および、濾過膜処理方法

技術分野

[0001] 本願は、ばらつきの少ない濾過膜のオゾン処理が可能な濾過膜処理装置、膜濾過装置、および、濾過膜処理方法に関するものである。

背景技術

[0002] 被処理液体を濾過膜にて分離すると、水中の不純物および微生物によって濾過膜が目詰まりする可能性がある。このような濾過膜を処理する上において、濾過膜の透水性を高めることで、このような目詰まりを防止することが可能である。濾過膜の透水性を高める方法として、生成した濾過膜を化学処理して親水化する等の方法がある。

[0003] 例えば、特許文献1には、ポリビニリデン系樹脂多孔質膜を塩基で処理した後に、過酸化水素またはオゾンを含む水溶液で処理し、さらに過塩素酸塩、過臭素酸塩および過ヨウ素酸塩から選ばれた少なくとも1種類の塩を含む水溶液で処理して親水化する方法が示されている。さらに、例えば、特許文献2には、オゾン水で膜モジュールを洗浄する際に、圧力差が規定値に達したときにオゾン水の通水を停止して親水化する方法が示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2004-230280号公報

特許文献2：特開2004-249168号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来の濾過膜処理装置および濾過膜処理方法は、ある一定の条件、例えば濃度10ppmのオゾン水で100時間浸漬処理して膜を親水化し、親水化

の指標として親水化後の純水の透水量と親水化前の透水量の比を用いて親水化の程度を評価している。この方法は固定した条件で膜を親水化している。そのため、膜には個体差があること、また同じポリビニリデン系樹脂多孔質の膜でも膜の製造メーカーによってその特性が異なることが考慮されていない。そのため、膜の親水化程度にばらつきが生じ、膜の適切な処理を効率的に行うことができないという問題点があった。

[0006] 本願は、上記のような課題を解決するための技術を開示するものであり、ばらつきの少ない濾過膜のオゾン処理が可能な濾過膜処理装置、膜濾過装置、および、濾過膜処理方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本願に開示される濾過膜処理装置は、
濾過膜にオゾン処理を行う濾過膜処理装置において、
前記濾過膜にオゾン含有流体を供給する第一供給部と、
前記濾過膜の圧力に基づいた測定値を測定する測定部と、
前記測定部で測定する前記測定値の変化に基づいて、前記第一供給部が供給する前記オゾン含有流体の供給量を調整する制御部とを備えるものである。

また、本願に開示される膜濾過装置は、
上記に記載の濾過膜処理装置を用いた被処理液体を処理する膜濾過装置において、

前記被処理液体を貯留するとともに前記濾過膜を浸漬する貯留槽と、
前記濾過膜が濾過した前記被処理液体を前記貯留槽の外部に移送する移送部とを備え、

前記制御部は、前記移送部を停止するとともに、前記貯留槽に浸漬された前記濾過膜に前記オゾン含有流体を前記第一供給部から供給するものである。

また、本願に開示される濾過膜処理方法は、
濾過膜にオゾン含有流体を供給する供給工程と、

前記濾過膜の圧力に基づいた測定値を測定する測定工程と、
前記測定値の変化に基づいて、前記オゾン含有流体の供給量を調整する制御工程とを備えるものである。

発明の効果

[0008] 本願に開示される濾過膜処理装置、膜濾過装置、および、濾過膜処理方法によれば、

ばらつきの少ない濾過膜のオゾン処理が可能となる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態1による濾過膜処理装置の構成を示す図である。

[図2]図1に示した濾過膜処理装置の濾過膜処理方法を示したフローチャートである。

[図3]実施の形態1による他の濾過膜処理装置の構成を示す図である。

[図4]実施の形態1による他の濾過膜処理装置の構成を示す図である。

[図5]実施の形態1による他の濾過膜処理装置の構成を示す図である。

[図6]実施の形態1による他の濾過膜処理装置の構成を示す図である。

[図7]実施の形態1による他の濾過膜処理装置の構成を示す図である。

[図8]実施の形態2による濾過膜処理装置の構成を示す図である。

[図9]実施の形態2による他の濾過膜処理装置の構成を示す図である。

[図10]実施の形態3による濾過膜処理装置の構成を示す図である。

[図11]図10に示した濾過膜処理装置の濾過膜処理方法を示したフローチャートである。

[図12]実施の形態3による他の濾過膜処理装置の構成を示す図である。

[図13]実施の形態4による濾過膜処理装置を用いた膜濾過装置の構成を示す図である。

[図14]実施例1および比較例1および比較例2において使用した濾過膜処理装置の仕様を表で示した図である。

[図15]実施例1の結果を表で示した図である。

[図16]比較例1および比較例2の結果を表で示した図である。

発明を実施するための形態

[0010] 実施の形態 1.

図 1 は実施の形態 1 による濾過膜処理装置の構成を示す図である。図 2 は図 1 に示した濾過膜処理装置の濾過膜処理方法を示したフローチャートである。図 3 から図 7 は実施の形態 1 による他の濾過膜処理装置の構成を示す図である。図において、濾過膜処理装置は濾過膜 1 のオゾン処理を行うことにより、被処理液体を処理した濾過膜 1 の浄化処理を行い、再度、濾過膜 1 を被処理液体の処理に利用するためのものである。

[0011] よって、濾過膜 1 は、必然的にオゾン耐性を有する材質にて形成される。また、濾過膜 1 は、オゾンにより親水化する素材にて構成される。具体的には、フッ素系高分子から形成されるものなどが使用できる。例えば、ポリフッ化ビニリデン (Polyvinylidene Difluoride、PVDF) または、ポリテトラフルオロエチレン (polytetrafluoroethylene、PTFE) が代表例である。

[0012] 濾過膜 1 の形状は、特に限定はなく、例えば、中空糸膜、平膜、チューブラー膜が使用できる。また、濾過膜 1 のモジュール形態は、特に限定はなく、例えば、円筒容器に収納された内圧式モジュールあるいは外圧式モジュールまたは、浸漬型モジュールが使用できる。尚、ここでは浸漬型モジュールであって中空糸膜モジュールを使用した例にて示す。

[0013] 濾過膜処理装置は、第一供給部 3 と、測定部 8 と、制御部 11 とを備える。第一供給部 3 は、濾過膜 1 にオゾン含有流体を供給する。測定部 8 は、濾過膜 1 の圧力に基づいた測定値 H を測定する。制御部 11 は、測定部 8 で測定する測定値 H の変化に基づいて、第一供給部 3 が供給するオゾン含有流体の供給量を調整する。

[0014] ここでは、濾過膜 1 は、浸漬型であって中空糸膜モジュールであるため、被処理液体を一次側から二次側に濾過するものである。また、濾過膜 1 は浸漬型の中空糸膜モジュールを使用しているため、オゾン含有流体は、二次側から一次側に向けて注入される、いわゆる「逆圧洗浄」と同様な注入方法の

例にて示す。

[0015] 濾過膜 1 は、収容槽 2 に収容される。収容槽 2 には例えば水である液体 4 が充填される。よって、濾過膜 1 を液体 4 に浸漬させる。これは、濾過膜 1 が、浸漬型の中空糸膜モジュールであり、乾燥による性能劣化を防止するためである。よって、乾燥による性能劣化が生じない濾過膜 1 であれば、必ずしも収容槽 2 内の液体 4 に浸漬した状態でオゾン処理を行う必要はない。

[0016] 濾過膜 1 と、測定部 8 と、第一供給部 3 とは第一配管 7 にて接続される。第一供給部 3 は、オゾン含有流体を貯留する第一貯槽 5 と、第一貯槽 5 から第一配管 7 を介して濾過膜 1 にオゾンを供給するための第一ポンプ 6 とを備える。尚、オゾン含有流体とは、例えばオゾンガス、オゾンを水等の溶媒に溶解させて生成したオゾン水、オゾン水にオゾンの分解により生じるラジカルの発生を促す物質を混合した混合水のいずれか一種類、または複数種類の使用を想定する。

[0017] 測定部 8 は、濾過膜 1 の圧力に基づいた測定値 H を測定するものとして、濾過膜 1 に供給する流体、ここではオゾン含有流体が流れる配管としての第一配管 7 内の圧力値を測定する圧力計 9 を備える。圧力計 9 としては、測定した圧力値を制御部 11 に伝送可能なタイプであれば、仕様に限定はない。制御部 11 は、測定部 8 の圧力計 9 の測定値 H を受信し、測定値 H の変化に基づいて第一配管 7 を通して供給するオゾン含有流体の供給量を第一ポンプ 6 にて制御する。収容槽 2 には、液体 4 またはオゾン含有流体の余剰分を外部に排出する第一排出部 10 が設置される。

[0018] 次に上記のように構成された実施の形態 1 の濾過膜処理装置の濾過膜処理方法について説明する。まず、本実施の形態 1 の濾過膜処理装置は上記のように構成され、オゾン含有流体を濾過膜 1 に供給する際の圧力に基づいた測定値 H の変化を観測することで、オゾン処理の程度を定量化し、オゾン処理の完了のタイミングを判断するものである。

[0019] このことは、発明者らが鋭意検討した結果、オゾン含有流体を濾過膜 1 に接触させると、濾過膜 1 を構成する、オゾンにより親水化する素材の分子鎖

上に、ヒドロキシル基等の親水性の官能基が付加される。よって濾過膜 1 の親水性が向上する。これにより、濾過膜 1 の透水性、すなわち水の通り易さが向上する。そしてこのことより、濾過膜 1 のオゾン処理による浄化が行われていることが判断できる。

[0020] さらに、発明者らは、オゾン含有流体を濾過膜 1 に供給し、圧力に基づいた測定値 H の変化により濾過膜 1 のオゾン処理を監視、評価することで、濾過膜 1 の透水性、水の通し易さを示した指標と読み替えて判断できることを見出した。そして、濾過膜 1 のオゾン処理が、オゾン含有流体を供給して行われる場合、濾過膜 1 の圧力に基づいた測定値 H が次第に低下し、さらにオゾン処理が完了すると、この測定値 H の変化が極端に小さくなることを見出した。これは、発明者らが鋭意検討を行ったところ、濾過膜 1 の前記分子鎖上に付加可能な親水基の量には限りがあり、この限度を超えると、濾過膜 1 にオゾン含有流体を供給しても親水化度の変化が極端に小さくなることを見出した。

[0021] よって、発明者らは、この測定値 H の変化に基づいて判断することにより、濾過膜 1 のオゾン処理の限界点、すなわちオゾン処理の完了すべき点とすることを見出した。このように、濾過膜 1 をオゾン処理するとは、濾過膜 1 を親水化処理することと同義である。よって、濾過膜 1 の親水化処理の限界、すなわち親水化処理の完了すべき点を見出したこととなる。尚、以上に示した内容は他の実施の形態においても同様であり、この説明は適宜省略する。

[0022] 以下、これらのことふまえて、図 2 のフローチャートに基づいて濾過膜処理方法について説明する。まず、制御部 11 は第一ポンプ 6 を駆動して、第一供給部 3 の第一貯槽 5 から第一配管 7 を経てオゾン含有流体を濾過膜 1 へ供給する供給工程を行う（図 2 のステップ S T 1）。尚、オゾン含有流体の供給量は、一定量にて供給が継続される。

[0023] 次に、供給工程を継続しながら、濾過膜 1 の圧力に基づいた測定値 H を測定する測定工程を行う。測定部 8 は、まず、測定値 H として、第一供給部 3

がオゾン含有流体を第一時間 T 1 供給した後の第一測定値 H 1 を測定し、制御部 1 1 に伝送する（図 2 のステップ S T 2）。次に、第一時間 T 1 よりも長い時間である第二時間 T 2、オゾン含有流体を供給した後の第二測定値 H 2 を測定し、制御部 1 1 に伝送する（図 3 のステップ S T 3）。

[0024] 上記のように測定される、第一時間 T 1、および第一時間 T 1 から第二時間 T 2 までの時間として好適な範囲は 1 分～20 分である。1 分より短いとオゾン処理がほとんど進んでおらず、前回の測定値 H、または、初期状態からの差が不明瞭となり、オゾン処理の完了を判定できない可能性がある。一方、20 分よりも長いと、次の測定までの時間が長くなり、オゾン処理が実際には完了しているにもかかわらず、その判断が遅れ不必要にオゾン処理を継続してしまう可能性がある。尚、第一時間 T 1 と、第一時間 T 1 から第二時間 T 2 までの時間とは同一時間でも良いし、個別に設定しても良い。例えば、オゾン処理の開始当初は当該時間は長く設定し、通常処理が終了されると考えられる時間に近づくと当該時間は短く設定することも考えられる。

[0025] 次に、測定値 H の変化に基づいて、オゾン含有流体の供給量を調整する制御工程を行う。制御部 1 1 は、第一測定値 H 1 と第二測定値 H 2 との下記式 1 における変化率 α が、閾値 $\alpha 1$ 以下であるか否か（下記式 2）を判断する（図 2 のステップ S T 4）。

[0026] $|H 1 - H 2| \div |H 1| = \alpha$. . . 式 1

[0027] $\alpha \leq \alpha 1$. . . 式 2

[0028] また、変化率 α が閾値 $\alpha 1$ 以下である（YES）と、第一供給部 3 によるオゾン含有流体の供給を抑制する。ここでは、制御部 1 1 は、第一ポンプ 6 を停止させ、濾過膜 1 へのオゾン含有流体の供給を終了する（図 2 のステップ S T 5）。

[0029] また、変化率 α が閾値 $\alpha 1$ よりも大きい（NO）と、第一供給部 3 によるオゾン含有流体の供給を継続し、ステップ S T 3 からの処理を繰り返す。ステップ S T 3 から動作が繰り返される場合、先に測定した第二時間 T 2 の第二測定値 H 2 が、繰り返す際の第一時間 T 1 の第一測定値 H 1 となる。そし

て、これ以降の時間の第二時間 T_2 後の第二測定値 H_2 が新たに測定され、上記に示した方法が繰り返される。すなわち、第一時間 T_1 の第一測定値 H_1 は前回の測定値 H であり、第二時間 T_2 の第二測定値 H_2 は現在の測定値 H である。

[0030] 変化率 α の閾値 α_1 として好適な範囲は $0 \sim 0.5$ である。閾値 α_1 が 0.5 よりも大きいと、まだオゾン処理が進行する余地があるにも関わらずオゾン処理を完了と判断してしまう可能性がある。

[0031] 上記に示した実施の形態 1 においては、測定値 H として、第一配管 7 内の圧力値を用いる例を示したが、これに限られることはなく、例えば濾過膜 1 の一次側と二次側との膜間差圧値 (Trans Membrane Pressure、TMP) を測定して測定値 H としても良い。この場合、例えば濾過膜 1 の一次側と二次側にそれぞれ圧力計を設置して、それぞれの値から膜間差圧値を算出して測定値 H としても良い。また、図 1 のような浸漬型の濾過膜 1 を用いる場合、収容槽 2 の液位と圧力計 9 の圧力値とから TMP を算出して測定値 H としても良い。

[0032] また、上記に示した実施の形態 1 においては、第一供給部 3 にオゾン含有流体を貯留する第一貯槽 5 を備えて、オゾン含有流体を供給する例にて示し、特にオゾン含有流体について示していないが、オゾン含有流体としてオゾンガスを用いる場合が考えられる。図 3 に示すように、第一供給部 3 として、オゾンガス発生器 12 を備える。そして、制御部 11 がオゾンガス発生器 12 のオゾンガスの発生量を制御する。そして、オゾンガスを第一配管 7 を介して直接、濾過膜 1 に供給すれば、上記に示した実施の形態 1 と同様に濾過膜処理を行うことができる。

[0033] そして、オゾンガスをオゾン含有流体として用いる場合には、オゾンガス濃度として $1 \text{ ppm} \sim 1000 \text{ ppm}$ が好適である。 1 ppm よりオゾンガス濃度が低いとオゾン処理の効果が低く、オゾン処理完了に時間を要するためである。また、 1000 ppm よりもオゾンガス濃度が高いと、濾過膜 1 を構成する部材または第一配管 7 等の劣化を招く可能性がある。

[0034] また、オゾンガスを用いる場合の他の例としては、図4に示すように、第一供給部3として、オゾンガス発生器12と、第一貯槽5と、第一ポンプ6とを備える。そして、制御部11がオゾンガス発生器12のオゾンガスの発生量を制御する。そして、発生したオゾンガスをオゾン含有流体として第一貯槽5に貯留し、貯留したオゾンガスを第一ポンプ6を介して濾過膜1に供給すれば、上記に示した実施の形態1と同様に濾過膜処理を行うことができる。この際、第一貯槽5には、内部にシリカゲル等の多孔質を吸着剤として充填し、オゾンガスを吸着、濃縮して貯留しても良い。

[0035] また、他の例として、オゾン含有流体として、オゾン水を用いる場合が考えられる。図5に示すように、第一供給部3として、オゾンガス発生器12と、第一貯槽50と、第一ポンプ6とを備える。第一貯槽50は、水などのオゾンガスを溶解するための溶媒を供給する第二配管13と、第一貯槽5内の余剰オゾンガスを外部に排出する第二排出部14とを備える。そして、第二配管13にて第一貯槽50に例えば水を供給する。次に、第一貯槽50内にオゾンガス発生器12からオゾンガスを供給して第一貯槽5にてオゾン水を作成して貯留する。そして、貯留したオゾン水を第一ポンプ6を介して濾過膜1に供給すれば、上記に示した実施の形態1と同様に濾過膜処理を行うことができる。

[0036] そして、オゾン水をオゾン含有流体として用いる場合には、濾過膜1に供給すべきオゾン水に含まれる溶存オゾン濃度としては、 $1\text{ mg/L} \sim 100\text{ mg/L}$ が好適である。これは、 1 mg/L よりも溶存オゾン濃度が低いとオゾン処理の効果が低く、処理完了までに時間を要する。また、 100 mg/L よりも溶存オゾン濃度が高いとオゾンの分解による酸素ガス気泡が多量に発生し、濾過膜1へのオゾン水供給の妨げとなる可能性がある。

[0037] そして、オゾン水をオゾン含有流体として用いる場合には、塩酸、硫酸等のpH調整剤を添加して使用しても良い。濾過膜1に供給すべきオゾン水のpHは、濾過膜1のpH耐性に応じる範囲内であれば特に制限はない。例えば、濾過膜1にポリフッ化ビニリデン (Poly Vinylidene

D i F l u o r i d e、P V D F) を使用する場合は、オゾン水のpHは1 pH~14 pHの間で任意のpHを選択可能である。

[0038] また、他の例として、オゾン含有流体として、オゾン水にオゾンの分解により生じるラジカルの発生を促す物質（以下、促進剤と略して示す）を混和した混合水を用いる場合が考えられる。この場合、図1に示す第一貯槽5にオゾン水と促進剤とをあらかじめ混合して生成した混合水を貯留し、貯留した混合水を第一ポンプ6を介して濾過膜1に供給すれば、上記に示した実施の形態1と同様に濾過膜処理を行うことができる。

[0039] また、混合水を用いる場合の他の例としては、図6に示すように、第一供給部3として、オゾンガス発生器12と、第一貯槽50と、第一ポンプ6と、添加部15とを備える。添加部15は、促進剤を添加するためのものである。添加部15と第一配管7とを接続する第三配管16が設置される。そして、制御部11が添加部15の促進剤の添加量を制御する。

[0040] そして、促進剤は添加部15から第三配管16を介して第一配管7に供給され、第一配管7内にてオゾン水に促進剤が混合され、濾過膜1に混合水として供給すれば、上記に示した実施の形態1と同様に濾過膜処理を行うことができる。促進剤としては、例えば過酸化水素水、次亜塩素酸ナトリウム等の酸化剤、または、苛性ソーダ、水酸化カリウム等のアルカリが使用でき、いずれか1種類を選択しても良いし、複数種類を使用しても良い。

[0041] また、上記に示した実施の形態1においては、第一供給部3が、濾過膜1の二次側から一次側にオゾン含有流体を注入する例を示したが、これに限られることはなく、第一供給部3が、濾過膜1の一次側から二次側にオゾン含有流体を供給する例について示す。図7に示すように、第一ポンプ6から第一配管7を介して収容槽2にオゾン含有流体が供給される。濾過膜1に接続された第一配管7から吸引ポンプ30を介してオゾン含有流体を吸引し、濾過膜1にオゾン含有流体を供給してオゾン処理を行う。そして、吸引ポンプ30にて吸引したオゾン含有流体を第一排出部10にて外部に排出する。このように構成しても、上記に示した実施の形態1と同様に濾過膜処理を行う

ことができる。尚、この場合、圧力計 9 にて測定される圧力値は、負圧となるが、上記式 1 に示すように、各値は絶対値により算出されるため、同様に対応可能である。

- [0042] 上記のように構成された実施の形態 1 の濾過膜処理装置によれば、
濾過膜にオゾン処理を行う濾過膜処理装置において、
前記濾過膜にオゾン含有流体を供給する第一供給部と、
前記濾過膜の圧力に基づいた測定値を測定する測定部と、
前記測定部で測定する前記測定値の変化に基づいて、前記第一供給部が供給する前記オゾン含有流体の供給量を調整する制御部とを備え、
また、実施の形態 1 の濾過膜処理方法によれば、
濾過膜にオゾン含有流体を供給する供給工程と、
前記濾過膜の圧力に基づいた測定値を測定する測定工程と、
前記測定値の変化に基づいて、前記オゾン含有流体の供給量を調整する制御工程とを備えるので、
オゾン含有流体を濾過膜に供給し、圧力に基づいた測定値の変化により濾過膜のオゾン処理を監視、評価することで、濾過膜の透水性、水の通し易さを示した指標と読み替えて判断できる。そしてこれにより、濾過膜のオゾン処理の完了点を、濾過膜の親水化が進行すると透水性が向上することにより判断が可能になる。よって、濾過膜が潜在的に有する親水化のポテンシャルを最大限に引き出し、濾過膜のタイプまたは性状または製造による個体差のばらつきによらずオゾン処理を確実に完了できる。

- [0043] また、前記濾過膜は、被処理液体を一次側から二次側に濾過するものであり、
前記第一供給部は、前記濾過膜の二次側から一次側に前記オゾン含有流体を注入するか、または、前記濾過膜の一次側から二次側に前記オゾン含有流体を吸引もしくは圧入するかのいずれかにて構成されるので、濾過膜の構成に対応したオゾン処理が可能となる。

- [0044] また、前記測定部は、前記測定値として、前記第一供給部が前記オゾン含

有流体を第一時間供給した後の第一測定値 H_1 および前記第一時間よりも長い時間である第二時間供給した後の第二測定値 H_2 をそれぞれ測定し、

前記制御部は、前記第一測定値 H_1 と前記第二測定値 H_2 との式 1 における変化率 α が閾値 α_1 以下であると、前記第一供給部による前記オゾン含有流体の供給を継続し、前記変化率 α が閾値 α_1 よりも大きいと、前記第一供給部による前記オゾン含有流体の供給を抑制する、

また、前記測定工程は、前記オゾン含有流体を第一時間供給した後の第一測定値 H_1 および前記第一時間よりも長い時間である第二時間供給した後の第二測定値 H_2 をそれぞれ測定し、

前記制御工程は、前記第一測定値 H_1 と前記第二測定値 H_2 との式 1 における変化率 α が閾値 α_1 以下であると、前記オゾン含有流体の供給を継続し、前記変化率 α が閾値 α_1 よりも大きいと、前記オゾン含有流体の供給を抑制するので、

濾過膜の圧力に基づいた第一測定値および第二測定値の各測定値の変化により濾過膜のオゾン処理の制御がより確実に可能となる。

[0045] また、前記制御部は、前記測定値の前記変化率 α が前記閾値 α_1 よりも大きいと、前記第一供給部による前記オゾン含有流体の供給を終了するので、濾過膜のオゾン処理において、無駄なオゾン含有流体の供給を低減できる。

[0046] また、前記第一供給部は、前記オゾン含有流体として、オゾンガス、または、オゾンを溶解したオゾン水、または、オゾン水にオゾンの分解により生じるラジカルの発生を促す物質を混和したオゾン混合水の少なくともいずれか一種類を供給するので、濾過膜のオゾン処理を確実に行うことが可能となる。

[0047] また、前記測定部の前記測定値は、前記濾過膜に供給する流体が流れる配管内の圧力値を前記測定値として測定されるか、または、流体が前記濾過膜を通過するときの前記濾過膜の内外の膜間差圧値を前記測定値として測定されるかなので、濾過膜の測定値を確実に測定でき、濾過膜のオゾン処理を確実に行うことが可能となる。

[0048] また、前記濾過膜は、オゾンにより親水化する素材を有して構成され、前記制御部は、前記測定値の変化により前記濾過膜の親水化度を判断するので、濾過膜の構成に応じて、濾過膜のオゾン処理により親水化度の判断が可能となる。

[0049] 実施の形態 2.

図 8 および図 9 は実施の形態 2 における濾過膜処理装置の構成を示す図である。上記実施の形態 1 においては、濾過膜 1 の圧力に基づいた測定値 H として、第一配管 7 内の流体の圧力値または濾過膜 1 の膜間差圧値 (TMP) を用いる例を示したが、本実施の形態 2 においては、これら測定値にさらに、第一配管 7 内の流体の流量値を加味したものを、濾過膜 1 の圧力に基づいた測定値 H とする場合について説明する。

[0050] 図において、上記実施の形態 1 と同様の部分は同一符号を付して説明を省略する。図 8 の測定部 8 は、圧力計 9 と、第一配管 7 に設置された流量計 17 とを備える。図 9 の測定部 8 は、圧力計 9 と、第一配管 7 に設置された流量計 17 および温度計 170 を備える。また、図 8 および図 9 に示した濾過膜処理装置の濾過膜処理方法は、上記実施の形態 1 と同様に図 2 に示したフローチャートに沿って行うが、本実施の形態 2 の図 8 に示した濾過膜処理装置によれば、圧力計 9 で得た第一配管 7 内の圧力値と、流量計 17 で得た第一配管 7 内の流量値との比で算出して得た値を測定値 H として使用する点で異なる。

[0051] すなわち、本実施の形態 2 においては下記式 3 で算出した値を測定値 H として使用する。

[0052] $H = Q \div P$. . . 式 3

H : 測定値 (L / h / kPa)

Q : 流量値 (L / h)

P : 圧力値 (kPa) または膜間差圧値 (kPa)

[0053] 当該測定値 H を用いて、上記実施の形態 1 と同様に濾過膜処理方法を行う。

[0054] また、さらに、濾過膜 1 の有効膜面積が既知の場合は、下記式 4 にて算出された値を測定値 H として使用する。

[0055] $H = Q \div A \div P$. . . 式 4

A : 濾過膜 1 の有効面積 (m²)

[0056] 当該測定値 H を用いて、上記実施の形態 1 と同様に濾過膜処理方法を行う。

[0057] また、さらに、本実施の形態 2 の図 9 に示した濾過膜処理装置によれば、上記に示した流量値に加えて、さらに、測定値 H に対してオゾン含有流体の温度の補正を行う。具体的には、上記式 3、または、上記式 4 で求めた測定値 H に下記式 5 のような処理を加えることで補正後の測定値 H' を得る。

[0058] $H' = H \times (\mu_t \div \mu_s)$. . . 式 5

H' : 温度補正後の測定値

μ_s : 任意の基準温度におけるオゾン含有流体の粘度値

μ_t : 測定値の測定時の温度におけるオゾン含有流体の粘度値

[0059] 尚、オゾンの溶媒として水を用いる場合、オゾン含有流体の粘度は水の粘度と等しいため、公知の水の粘度を μ_s 、 μ_t として使用できる。また μ_s を決定する上で、任意に基準温度を選定する必要があるが、特に限定はない。例えば、常温、15℃～30℃のいずれかに適宜設定すれば良い。そして、当該測定値 H' を用いて、上記実施の形態 1 と同様に濾過膜処理方法を行う。

[0060] 上記のように構成された実施の形態 2 の濾過膜処理装置によれば、上記実施の形態 1 と同様の効果を奏するのはもちろんのこと、前記測定部の前記測定値は、前記圧力値または前記膜間差圧値と前記濾過膜に供給する流体の流量値との比を前記測定値として測定されるため、オゾン含有流体の流量に左右されることのない精度に優れた測定値が検出でき、濾過膜のオゾン処理の最適な制御が可能となる。

[0061] 実施の形態 3.

図 10 は実施の形態 3 における濾過膜処理装置の構成を示す図である。図

11は図10に示した濾過膜処理装置の濾過膜処理方法を示したフローチャートである。図12は実施の形態3による他の濾過膜処理装置の構成を示す図である。図において、上記各実施の形態と同様の部分は同一符号を付して説明を省略する。上記各実施の形態においては、オゾン含有流体を濾過膜1に供給しながら、濾過膜1の圧力に基づいた測定値Hを測定する例を示したが、本実施の形態3では、濾過膜1の圧力に基づいた測定値Hを測定する場合に、濾過膜1へのオゾン含有流体を一旦停止して測定する場合について説明する。

[0062] 図において、上記各実施の形態と同様の部分は同一符号を付して説明省略する。濾過膜1にオゾン含有流体と異なる測定用流体を供給する第二供給部18を備える。第二供給部18は、第二貯槽20と、第二ポンプ19とを備える。第二貯槽20は、測定用流体を貯留する。測定用流体は、オゾン含有流体以外であれば特に限定されるものではなく、濾過膜1の汚損を招く物質を含んだものでなければ使用でき、例えば水道水、純水、超純水、あるいは苛性ソーダ等のアルカリ性薬品、塩酸、硫酸、クエン酸等の酸性薬品の使用が考えられる。

[0063] 第二ポンプ19は、第二貯槽20から第四配管21を介して第一配管7および濾過膜1に測定用流体を供給する。第一配管7にはバルブ23が設置される。第四配管21にはバルブ22が設置される。

[0064] 制御部11は、測定部8にて測定値Hを測定する際に、第一配管7のバルブ23を閉じるとともに第一ポンプ6を停止させて、第一供給部3のオゾン含有流体の供給を停止するとともに、第四配管21のバルブ22を開け、第二ポンプ19を駆動して第二供給部18の第二貯槽20から測定用流体を第四配管21を介して第一配管7および濾過膜1に供給する。また、測定部8の測定値Hの測定が終了すると、第四配管21のバルブ22を閉じるとともに第二ポンプ19を停止させて、第二供給部18の測定用流体の供給を停止するとともに、第一配管7のバルブ23を開け、第一ポンプ6を駆動して第一供給部3の第一貯槽5からオゾン含有流体を第一配管7を介して濾過膜1

に供給する。

[0065] 次に、上記のように構成された実施の形態3の濾過膜処理装置の濾過膜処理方法について図11のフローチャートに基づいて説明する。まず、制御部11は第一ポンプ6を駆動して、第一供給部3の第一貯槽5から第一配管7を経てオゾン含有流体を濾過膜1へ供給する供給工程を行う（図11のステップST11）。

[0066] 次に、第一時間T1供給した後、制御部11は第一ポンプ6を停止するとともに、第一配管7のバルブ23を閉じて、濾過膜1へのオゾン含有流体の供給を停止し、濾過膜1のオゾン処理を中断する（図11のステップST12）。次に、制御部11は第四配管21のバルブ22を開くとともに、第二ポンプ19を駆動して、第二供給部18の第二貯槽20から第四配管21を経て測定用流体を第一配管7および濾過膜1に供給する。そして、測定用流体の供給を継続しながら、濾過膜1の圧力に基づいた測定値Hを測定する測定工程を行う。測定部8は、測定値Hとして、オゾン含有流体を濾過膜1に対して第一時間T1供給した後の第一測定値H1を測定し、制御部11に伝送する（図11のステップST13）。

[0067] 次に、制御部11は第二ポンプ19を停止するとともに、第四配管21のバルブ22を閉じて、濾過膜1への測定用流体の供給を停止し、かつ、第一ポンプ6を駆動して、第一供給部3の第一貯槽5から第一配管7を経てオゾン含有流体を濾過膜1へ供給し、濾過膜1のオゾン処理を再開する（図11のステップST14）。

[0068] 次に、第二時間T2供給した後、制御部11は第一ポンプ6を停止するとともに、第一配管7のバルブ23を閉じて、濾過膜1へのオゾン含有流体の供給を停止し、濾過膜1のオゾン処理を中断する（図11のステップST15）。次に、制御部11は第四配管21のバルブ22を開くとともに、第二ポンプ19を駆動して、第二供給部18の第二貯槽20から第四配管21を経て測定用流体を第一配管7および濾過膜1に供給する。

[0069] そして、測定用流体の供給を継続しながら、濾過膜1の圧力に基づいた測

定値Hを測定する測定工程を行う。測定部8は、測定値Hとして、オゾン含有流体を濾過膜1に対して第二時間T2供給した後の第二測定値H2を測定し、制御部11に伝送する(図11のステップST16)。次に、上記実施の形態1と同様に、測定値Hの変化に基づいて、オゾン含有流体の供給量を調整する制御工程を行う(図11のステップST17およびステップST18)。

[0070] 尚、上記実施の形態3においては、少なくとも第一ポンプ6を停止しバルブ23を閉じて、親水化流体の濾過膜への供給を停止する。例えば親水化流体としてオゾンガスを供給する場合にはオゾンガス発生器12を停止するか、第一配管7上に別途バイパス配管等を設けておき、流路を切り替えることで一時的に濾過膜1へのオゾンガス供給を遮断しても良い。

[0071] また、上記実施の形態1の図7にて示した、第一供給部3が、濾過膜1の一次側から二次側にオゾン含有流体を供給する場合であっても、上記に示した実施の形態3の第二供給部18の測定用流体による測定を同様に行うことができる。例えば、図12に示すように、上記実施の形態1にて示した図7および本実施の形態3にて示した図10を組み合わせたような構成にて実施の形態3における他の濾過膜処理装置の構成する。すなわち、上記実施の形態3と同様に、制御部11が第四配管21のバルブ22を開くとともに、第二ポンプ19を駆動して、第二供給部18の第二貯槽20から第四配管21を経て第一配管7を介して収容槽2に測定用流体が供給される。

[0072] そして、濾過膜1に接続された第一配管7から吸引ポンプ30を介して測定用流体を吸引し、吸引ポンプ30にて吸引した測定用流体を第一排出部10にて外部に排出する。このように構成しても、上記に示した実施の形態3と同様に濾過膜処理方法を行うことができる。尚、この場合、圧力計9にて測定される圧力値は、負圧となるが、上記各式に示すように、圧力値に対する各値は絶対値により算出されるため、同様に対応可能である。

[0073] 上記のように構成された実施の形態3の濾過膜処理装置によれば、上記各実施の形態と同様の効果を奏するのはもちろんのこと、

前記濾過膜に前記オゾン含有流体と異なる測定用流体を供給する第二供給部を備え、

前記制御部は、前記測定部の測定時に、前記第一供給部を停止するとともに前記第二供給部から前記測定用流体を前記濾過膜に供給させ、前記測定部にて前記測定値を測定させるので、測定用流体はオゾン含有流体と異なるため、測定用流体を用いて測定値を測定することで、測定中に濾過膜に対してオゾン処理が行われないため測定値の安定化が可能であり、より正確な測定値の測定が可能となり、濾過膜のオゾン処理の制御がさらに向上する。

[0074] また、前記濾過膜は、被処理液体を一次側から二次側に濾過するものであり、

前記第二供給部は、前記濾過膜の二次側から一次側に前記測定用流体を注入するか、または、前記濾過膜の一次側から二次側に前記測定用流体を吸引もしくは圧入するかのいずれかにて構成されるので、濾過膜の構成に対応したオゾン処理が可能となる。

[0075] 実施の形態 4.

図 1 3 は実施の形態 4 による濾過膜処理装置を用いた膜濾過装置の構成を示す図である。本実施の形態 4 は上記各実施の形態において示した濾過膜処理装置の濾過膜 1 を膜濾過に用いるものであり、濾過膜 1 による被処理流体の濾過も、濾過膜 1 の洗浄も両方に行うことができるものである。すなわち、濾過膜 1 で、被処理液体の排水処理、浄水処理等の濾過を行って濾過膜 1 が汚染された場合、オゾン含有流体を濾過膜 1 に供給することで濾過膜 1 に付着した汚れをオゾン含有流体で剥離、分解し、濾過膜 1 の洗浄を行うとともに、濾過膜 1 の親水化を果たす。

[0076] この一例として、図 1 3 には膜濾過装置に濾過膜処理装置を組み入れた場合の構成を示す。図において、上記各実施の形態と同様の部分は同一符号を付して説明を省略する。図 1 3 に示す膜濾過装置は例えば膜分離バイオリアクタであり、活性汚泥 2 6 が貯留される貯留槽としての曝気槽 2 5 と、曝気槽 2 5 の活性汚泥 2 6 に被処理流体を供給する第五配管 2 4 とを備える。曝

気槽 25 が上記に示した濾過膜処理装置の収容槽 2 としても機能する。そして、第一排出部 10 は、曝気槽 25 内の余剰な活性汚泥 26 を排出する。第一配管 7 は第六配管 28 に接続され、第六配管 28 には移送部としての第三ポンプ 27 が設置される。第六配管 28 にはバルブ 29 が設置されている。第三ポンプ 27 は第三排出部 31 に接続される。

[0077] 次に、上記のように構成された実施の形態 4 の膜濾過装置の動作について説明する。まず、第五配管 24 から被処理液体が曝気槽 25 に供給される。そして、曝気槽 25 内に貯留されている活性汚泥 26 と被処理液体とは混合される。被処理液体中に含まれる有機物は活性汚泥 26 に吸着、分解される。同時に、制御部 11 はバルブ 29 を開くとともに、第三ポンプ 27 が駆動する。そして、濾過膜 1 で活性汚泥 26 の濾過を行う。濾過によって得られた濾過流体は第一配管 7 および第六配管 28 を介して第三排出部 31 により装置外へと排出される。この際、第一配管 7 のバルブ 23 は閉じた状態である。当該濾過動作は必ずしも連続する必要はなく、間欠的に行って良い。

[0078] そして、当該濾過動作に伴って濾過膜 1 に有機物等の汚れが付着すると、濾過膜 1 の膜間差圧値が上昇する。よって、濾過膜 1 のオゾン処理は、所定の膜間差圧値に到達した場合、または、ある所定時間濾過を行った場合、または、任意のタイミングで、濾過動作を停止して行う。

[0079] 制御部 11 は、第三ポンプ 27 を停止させ、バルブ 29 を閉じて濾過動作を終了する。そして、制御部 11 は第一配管 7 のバルブ 23 を開いて第一ポンプ 6 を駆動して、オゾン含有流体を濾過膜 1 に供給して濾過膜 1 のオゾン処理を行う。この濾過膜処理方法は、上記各実施の形態と同様に行うことができるため、その説明は適宜省略する。そして、濾過膜 1 のオゾン処理が終了すると、制御部 11 は第一ポンプ 6 を停止するとともに、第一配管 7 のバルブ 23 を閉じ濾過膜処理を終了する。そして、制御部 11 は第六配管 28 のバルブ 29 を開いて、第三ポンプ 27 を駆動して、濾過膜 1 の濾過処理を再開する。

[0080] 尚、濾過膜 1 のオゾン処理は濾過膜 1 の洗浄のたびに実施する必要はなく

、実施の可否を判断し必要の都度行って良い。また、オゾン処理は、活性汚泥 26 の濾過を開始する前にあらかじめ行ってから、活性汚泥 26 の濾過を開始しても良い。

[0081] 上記のように構成された実施の形態 4 の膜濾過装置によれば、上記各実施の形態と同様の効果を奏するのはもちろんのこと、

前記被処理液体を貯留するとともに前記濾過膜を浸漬する貯留槽と、

前記濾過膜が濾過した前記被処理液体を前記貯留槽の外部に移送する移送部とを備え、

前記制御部は、前記移送部を停止するとともに、前記貯留槽に浸漬された前記濾過膜に前記オゾン含有流体を前記第一供給部から供給するので、被処理液体の膜濾過装置に、濾過膜処理装置を組み入れて、濾過膜の濾過と、濾過膜の洗浄および親水化処理とを兼ねことで、濾過膜の洗浄における過不足発生を防ぐことができる。

[0082] 実施例 1 .

以下、実施例 1 と比較例 1、2 とを示す。ここでは、図 8 に示した濾過膜処理装置と同様な装置を使用して、濾過膜 1 のオゾン処理を行った結果に基づいて説明する。本実施例 1 で使用した濾過膜処理装置の主な仕様は、図 14 の表に示す通りである。本実施例 1 ではオゾン処理開始前に、純水を 3 (L/h) で濾過膜 1 の二次側から一次側に向けて注入し、当該流量値と、この際の圧力値、および濾過膜 1 の有効面積 (膜面積) から式 4 を用いて初期の測定値 H をあらかじめ求めた。オゾン処理は、図 2 に示したフローチャートの手順で実施した。

[0083] 濾過膜 1 にオゾン含有流体として、オゾン水を 3 (L/h) で供給を開始した。そして、第一時間 T_1 である 10 分後に濾過膜 1 の第一測定値 H_1 を測定した。第一測定値 H_1 は式 4 を用いて算出した。次に、第二時間 T_2 後、すなわち第一時間 T_1 から 10 分後に、第二測定値 H_2 を算出した。次に、判定 1 回目として、第一測定値 H_1 と第二測定値 H_2 との変化率 α を式 1 に基づいて算出した。そしてここでは、閾値 α_1 を $\alpha_1 = 0.2$ として設定

し、式 2 を用いて変化率 α と閾値 $\alpha 1$ との比較を行った。

[0084] 図 15 の表に示すように、判定 1 回目の変化率 α は、0.4 であり、閾値 $\alpha 1$ の 0.2 よりも大きいため、再度 10 分後に測定値 H を測定し、判定 2 回目を上記判定 1 回目と同様に実施した。判定 2 回目においては、判定 1 回目の第二測定値 $H 2$ が、第一測定値 $H 1$ となり、第二時間 $T 2$ 後、すなわち、オゾン開始からの累積処理時間としては 30 分後の第二測定値 $H 2$ が新たに測定される。そして、この変化率 α は、0.38 であり、閾値 $\alpha 1$ の 0.2 よりも大きいため、再度 10 分後に測定値 H を測定し、判定 3 回目を上記各判定と同様に実施した。そして、判定 3 回目の変化率 α は、0.28 であり、再度 10 分後に測定値 H を測定し、判定 4 回目を上記各判定と同様に実施した。そして、判定 4 回目の変化率 α は、0.08 であり、閾値 $\alpha 1$ の 0.2 以下であるため、オゾン処理を終了した。

[0085] これに対し、図 16 に示す比較例 1 は、実施例 1 で使用した濾過膜処理装置を使用し、濾過膜のオゾン処理も同一条件にて実施した。比較例 1 は、オゾン処理としてオゾン水を 3 (L/h) で 30 分間注入した時点のみの測定値であり、途中にて測定値の測定は実施されていない。また、図 16 に示す比較例 2 は、実施例 1 で使用した濾過膜処理装置を使用し、濾過膜のオゾン処理を行った。比較例 2 は、親水化処理を 3 (L/h) でオゾン水を 90 分間注入したのみとし、途中、測定値の測定は実施されていない。各測定値は、上記実施例 1 と同様に、圧力値、流量値、および濾過膜の有効面積とから式 4 を用いて算出されたものである。

[0086] 実施例 1 の結果は、図 15 の表に示す通りである。オゾン処理開始から 50 分後の変化率 α が閾値 $\alpha 1$ の 0.2 を下回り、オゾン処理を完了した。このとき測定値は初期の測定値の 1.1 (L/m²/h/kPa) から 33.3 (L/m²/h/kPa) まで上昇し、十分にオゾン処理がなされ親水化が促進されていることが確認できた。

[0087] これに対し、比較例 1、2 の結果は図 16 の表に示す通りである。比較例 1 ではオゾン処理の測定値が 2.3 (L/m²/h/kPa) であり、実施例

1での測定値が33 (L/m²/h/kPa)であることから、比較例1はオゾン処理の余地を残した状態で、オゾン処理を停止したこととなる。

[0088] 一方、比較例2では測定値が33.6 (L/m²/h/kPa)であり、オゾン処理は十分であったと考えられる。しかしながら、オゾン処理を50分間実施した実施例1の最終測定値とほとんど差がなかった。すなわち、本実施例1および比較例2において使用した濾過膜1のオゾン処理は50分間で十分であり、比較例2のようにオゾン処理を90分間オゾン処理を行うことは不経済であり、非効率である。

[0089] 以上に示したように、本濾過膜処理方法によれば濾過膜のオゾン処理の完了点を見出して、必要最低限のオゾン処理で濾過膜の親水化を確実に完了できることが示された。以上より、本実施例の優位性は明らかである。

[0090] 本開示は、様々な例示的な実施の形態および実施例が記載されているが、1つ、または複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、および機能は特定の実施の形態の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組み合わせで実施の形態に適用可能である。

従って、例示されていない無数の変形例が、本願明細書に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも1つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも1つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

符号の説明

[0091] 1 濾過膜、2 収容槽、3 第一供給部、30 吸引ポンプ、4 液体、5 第一貯槽、50 第一貯槽、6 第一ポンプ、7 第一配管、8 測定部、9 圧力計、10 第一排出部、11 制御部、12 オゾンガス発生器、13 第二配管、14 第二排出部、15 添加部、16 第三配管、17 流量計、170 温度計、18 第二供給部、19 第二ポンプ、20 第二貯槽、21 第四配管、22 バルブ、23 バルブ、24 第五配管、25 曝気槽、26 活性汚泥、27 第三ポンプ、28 第六配

管、29 バルブ、30 吸引ポンプ、31 第三排出部、H 測定値、H'
測定値、H1 第一測定値、H2 第二測定値、T1 第一時間、T2
第二時間。

請求の範囲

- [請求項1] 濾過膜にオゾン処理を行う濾過膜処理装置において、
前記濾過膜にオゾン含有流体を供給する第一供給部と、
前記濾過膜の圧力に基づいた測定値を測定する測定部と、
前記測定部で測定する前記測定値の変化に基づいて、前記第一供給部が供給する前記オゾン含有流体の供給量を調整する制御部とを備える濾過膜処理装置。
- [請求項2] 前記濾過膜は、被処理液体を一次側から二次側に濾過するものであり、
前記第一供給部は、前記濾過膜の二次側から一次側に前記オゾン含有流体を注入するか、または、前記濾過膜の一次側から二次側に前記オゾン含有流体を吸引もしくは圧入するかのいずれかにて構成される請求項1に記載の濾過膜処理装置。
- [請求項3] 前記濾過膜に前記オゾン含有流体と異なる測定用流体を供給する第二供給部を備え、
前記制御部は、前記測定部の測定時に、前記第一供給部を停止するとともに前記第二供給部から前記測定用流体を前記濾過膜に供給させ、前記測定部にて前記測定値を測定させる請求項1または請求項2に記載の濾過膜処理装置。
- [請求項4] 前記濾過膜は、被処理液体を一次側から二次側に濾過するものであり、
前記第二供給部は、前記濾過膜の二次側から一次側に前記測定用流体を注入するか、または、前記濾過膜の一次側から二次側に前記測定用流体を吸引もしくは圧入するかのいずれかにて構成される請求項3に記載の濾過膜処理装置。
- [請求項5] 前記測定部は、前記測定値として、前記第一供給部が前記オゾン含有流体を第一時間供給した後の第一測定値H1および前記第一時間よりも長い時間である第二時間供給した後の第二測定値H2をそれぞれ

測定し、

前記制御部は、前記第一測定値 H_1 と前記第二測定値 H_2 との下記式 1 における変化率 α が閾値 α_1 よりも大きいと、前記第一供給部による前記オゾン含有流体の供給を継続し、前記変化率 α が閾値 α_1 以下であると、前記第一供給部による前記オゾン含有流体の供給を抑制する

$$|H_1 - H_2| \div |H_1| = \alpha \quad \cdots \text{式 1}$$

請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の濾過膜処理装置。

[請求項 6] 前記制御部は、前記測定値の前記変化率 α が前記閾値 α_1 よりも大きいと、前記第一供給部による前記オゾン含有流体の供給を終了する請求項 5 に記載の濾過膜処理装置。

[請求項 7] 前記第一供給部は、前記オゾン含有流体として、オゾンガス、または、オゾンを溶解したオゾン水、または、オゾン水にオゾンの分解により生じるラジカルの発生を促す物質を混和したオゾン混合水の少なくともいずれか一種類を供給する請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の濾過膜処理装置。

[請求項 8] 前記測定部の前記測定値は、前記濾過膜に供給する流体が流れる配管内の圧力値を前記測定値として測定されるか、または、流体が前記濾過膜を通過するときの前記濾過膜の内外の膜間差圧値を前記測定値として測定されるか、または、前記圧力値または前記膜間差圧値と前記濾過膜に供給する流体の流量値との比を前記測定値として測定されるかのいずれかである請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の濾過膜処理装置。

[請求項 9] 前記濾過膜は、オゾンにより親水化する素材を有して構成され、
前記制御部は、前記測定値の変化により前記濾過膜の親水化度を判断する請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の濾過膜処理装置。

[請求項 10] 請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の濾過膜処理装置を用い

た被処理液体を処理する膜濾過装置において、

前記被処理液体を貯留するとともに前記濾過膜を浸漬する貯留槽と

、

前記濾過膜が濾過した前記被処理液体を前記貯留槽の外部に移送する移送部とを備え、

前記制御部は、前記移送部を停止するとともに、前記貯留槽に浸漬された前記濾過膜に前記オゾン含有流体を前記第一供給部から供給する膜濾過装置。

[請求項11]

濾過膜にオゾン含有流体を供給する供給工程と、

前記濾過膜の圧力に基づいた測定値を測定する測定工程と、

前記測定値の変化に基づいて、前記オゾン含有流体の供給量を調整する制御工程とを備える濾過膜処理方法。

[請求項12]

前記測定工程は、前記オゾン含有流体を第一時間供給した後の第一測定値 H_1 および前記第一時間よりも長い時間である第二時間供給した後の第二測定値 H_2 をそれぞれ測定し、

前記制御工程は、前記第一測定値 H_1 と前記第二測定値 H_2 との下記式 1 における変化率 α が閾値 α_1 よりも大きいと、前記オゾン含有流体の供給を継続し、前記変化率 α が閾値 α_1 以下であると、前記オゾン含有流体の供給を抑制する

$$|H_1 - H_2| \div |H_1| = \alpha \quad \cdots \text{式 1}$$

請求項 11 に記載の濾過膜処理方法。