

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B1)

(11) 特許番号

特許第5933854号
(P5933854)

(45) 発行日 平成28年6月15日 (2016. 6. 15)

(24) 登録日 平成28年5月13日 (2016. 5. 13)

(51) Int. Cl.	F I	
B O 1 D 65/06 (2006. 01)	B O 1 D 65/06	
C O 2 F 1/44 (2006. 01)	C O 2 F 1/44	A
C O 2 F 3/12 (2006. 01)	C O 2 F 3/12	S

請求項の数 11 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2015-547593 (P2015-547593)	(73) 特許権者	000006013
(86) (22) 出願日	平成27年6月1日 (2015. 6. 1)		三菱電機株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/065786		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
審査請求日	平成27年9月28日 (2015. 9. 28)	(74) 代理人	100110423
(31) 優先権主張番号	特願2014-175329 (P2014-175329)		弁理士 曾我 道治
(32) 優先日	平成26年8月29日 (2014. 8. 29)	(74) 代理人	100111648
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 梶並 順
早期審査対象出願		(74) 代理人	100122437
			弁理士 大宅 一宏
		(74) 代理人	100147566
			弁理士 上田 俊一
		(74) 代理人	100161171
			弁理士 吉田 潤一郎
		(74) 代理人	100161115
			弁理士 飯野 智史
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 被処理水の濾過膜の洗浄方法及び洗浄装置、並びに水処理システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被処理水の濾過膜の洗浄方法であって、

第 1 の酸化剤として次亜塩素酸ソーダ又は過酸化水素を含有する洗浄水を用いて前記濾過膜を逆流洗浄した後、第 2 の酸化剤としてオゾンを含有する洗浄水を用いて前記濾過膜を逆流洗浄することを特徴とする被処理水の濾過膜の洗浄方法。

【請求項 2】

前記濾過膜によって濾過処理された濾過水を前記洗浄水に用いることを特徴とする請求項 1 に記載の被処理水の濾過膜の洗浄方法。

【請求項 3】

前記第 1 の酸化剤を含有する洗浄水を用いた濾過膜の逆流洗浄の前、又は前記第 2 の酸化剤を含有する洗浄水を用いた濾過膜の逆流洗浄の後に、酸を含有する洗浄水を用いて濾過膜を洗浄することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の被処理水の濾過膜の洗浄方法。

【請求項 4】

前記第 1 の酸化剤を含有する洗浄水を用いた濾過膜の逆流洗浄の後に、酸及びオゾンを含む pH が 5 以下の洗浄水を用いて濾過膜を洗浄することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の被処理水の濾過膜の洗浄方法。

【請求項 5】

被処理水の濾過膜の洗浄装置であって、

第 1 の酸化剤として次亜塩素酸ソーダ又は過酸化水素を含有する洗浄水を用いて前記濾

10

20

過膜を逆流洗浄する手段と、

第2の酸化剤としてオゾンを含む前記洗浄水を用いて前記濾過膜を逆流洗浄する手段と

を備え、前記第1の酸化剤を含む洗浄水を用いて前記濾過膜を逆流洗浄した後、前記第2の酸化剤を含む洗浄水を用いて前記濾過膜を逆流洗浄することを特徴とする被処理水の濾過膜の洗浄装置。

【請求項6】

酸を含む洗浄水を用いて濾過膜を洗浄する手段を更に備えており、前記第1の酸化剤を含む洗浄水を用いた濾過膜の逆流洗浄の前、又は前記第2の酸化剤を含む洗浄水を用いた濾過膜の逆流洗浄の後に、酸を含む洗浄水を用いて濾過膜を洗浄することを特徴とする請求項5に記載の被処理水の濾過膜の洗浄装置。

10

【請求項7】

酸及びオゾンを含むpHが5以下の洗浄水を用いて濾過膜を洗浄する手段を更に備えており、前記第1の酸化剤を含む洗浄水を用いた濾過膜の逆流洗浄の後に、酸及びオゾンを含むpHが5以下の洗浄水を用いて濾過膜を洗浄することを特徴とする請求項5又は6に記載の被処理水の濾過膜の洗浄装置。

【請求項8】

前記第2の酸化剤を含む洗浄水を用いて濾過膜を洗浄する手段が、オゾン発生器に接続されたオゾン水生成塔を備えていることを特徴とする請求項5～7のいずれか一項に記載の被処理水の濾過膜の洗浄装置。

20

【請求項9】

前記オゾン発生器と前記オゾン水生成塔との間にオゾンガス貯蔵槽が設けられていることを特徴とする請求項8に記載の被処理水の濾過膜の洗浄装置。

【請求項10】

被処理水を濾過処理する濾過装置と、

請求項5～9のいずれか一項に記載の被処理水の濾過膜の洗浄装置とを備えた水処理システムであって、

前記濾過装置によって濾過処理された濾過水を、前記被処理水の濾過膜の洗浄装置で用いられる洗浄水に用いることを特徴とする水処理システム。

【請求項11】

30

前記濾過装置が膜分離活性汚泥処理装置であることを特徴とする請求項10に記載の水処理システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、上水道、下水道、工業用水、各種廃水などの被処理水の濾過処理に使用される濾過膜の洗浄方法及び洗浄装置、並びに水処理システムに関する。

【背景技術】

【0002】

被処理水の汚濁物質を除去する方法として、濾過膜を利用した濾過処理が用いられている。例えば、下水道においては、活性汚泥法などによる生物学的処理を行った後、濾過膜を用いて有機物質などの汚濁物質が分離除去されている。濾過膜としては、円筒状の精密濾過膜又は限外濾過膜が一般に用いられている。また、濾過方式としては、円筒状の濾過膜の外側に被処理水を流し、内側に濾過水を流す外圧濾過方式と、円筒状の濾過膜の内側に被処理水を流し、外側に濾過水を流す内圧濾過方式とがある。このような円筒状の濾過膜を用いた濾過処理では、濾過膜の継続的な使用に伴い、濾過性能が低下するという問題がある。具体的には、濾過膜の継続的な使用に伴い、被処理水と接する濾過膜の表面（外圧濾過方式では外面、内圧濾過方式では内面）、濾過水と接する濾過膜の表面（外圧濾過方式では内面、内圧濾過方式では外面）、又は濾過膜の孔中に汚濁物質が付着して目詰まりが生じ、濾過性能が徐々に低下する。特に、濾過膜に目詰りが生じると、濾過時に必要

40

50

な圧力が増加するので、膜濾過流束（単位時間、単位膜面積当たりの膜濾過水量）も低下してしまう。そのため、濾過膜の性能を維持するためには、濾過膜を定期的に洗浄する必要がある。

【0003】

そこで、濾過性能を維持する方法として、濾過膜の濾過方向とは逆方向の濾過水側から濾過水、清澄水などの洗浄水を濾過膜に流通させることにより、被処理水と接する濾過膜の表面に付着した汚濁物質を物理的に除去する逆流洗浄が行われている。また、汚濁物質の除去効果を高めるために、次亜塩素酸ソーダ（「次亜塩素酸ナトリウム」とも呼ばれる）、オゾンなどの酸化剤を含有する洗浄水を用いて濾過膜の逆流洗浄を行うことにより、濾過水と接する濾過膜の表面又は濾過膜の孔中に分子間力などで化学的に付着した汚濁物質を酸化分解して除去する方法も提案されている（例えば、特許文献1及び2参照）。また、酸化剤を含有する洗浄水を用いて、濾過水と接する濾過膜の表面又は濾過膜の孔中に化学的に付着した汚濁物質を酸化分解した後、オゾンを含む空気を被処理水と接する濾過膜の表面に吹き込むことにより、濾過膜に付着した汚濁物質を除去する方法も提案されている（例えば、特許文献3参照）。さらに、過酸化水素とオゾンとを濾過膜内で接触させることにより、オゾンよりも酸化力の強いヒドロキシラジカルなどのラジカルを生成し、被処理水と接する濾過膜の表面、濾過水と接する濾過膜の表面、又は濾過膜の孔中に付着した汚濁物質を酸化分解して除去する方法も提案されている（例えば、特許文献4参照）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0004】

【特許文献1】特開平9-313902号公報

【特許文献2】特開平4-310220号公報

【特許文献3】特開2002-361054号公報

【特許文献4】特開2003-326258号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来の濾過膜の洗浄方法では、特に、濾過水と接する濾過膜の表面又は濾過膜の孔中の洗浄効果に限界があり、濾過膜の濾過性能を十分に回復させることができないという問題がある。

30

すなわち、次亜塩素酸ソーダ、オゾンなどの酸化剤をそれぞれ単独で含有する洗浄水を用いて濾過膜を逆流洗浄する従来の方法では、濾過水と接する濾過膜の表面又は濾過膜の孔中に化学的に付着した汚濁物質を効率的に除去することができず、洗浄した濾過膜の濾過性能が直ぐに低下する。実際、従来の方法によって逆流洗浄した濾過膜では、膜濾過流束の低下が速く、濾過膜の濾過効率が直ぐに低下する。また、濾過水と接する濾過膜の表面又は濾過膜の孔中に化学的に付着した汚濁物質を十分に除去するためには、多量の酸化剤を含有する水を多量に用いて長時間洗浄しなければならず、酸化剤及び水の使用量が多くなる。

他方、複数の酸化物を組み合わせて使用する場合、濾過水と接する濾過膜の表面又は濾過膜の孔中に化学的に付着した汚濁物質の分解反応だけでなく酸化剤同士の複雑な反応も生じるため、酸化剤の消費量が増加すると共に、汚濁物質の分解反応のみを選択的に促進させることができない。その結果、濾過水と接する濾過膜の表面又は濾過膜の孔中に化学的に付着した汚濁物質を効率的に除去することができない。

40

【0006】

本発明は、上記のような問題を解決するためになされたものであり、酸化剤及び水の使用量を低減しつつ、被処理水と接する濾過膜の表面に付着した汚濁物質だけでなく、濾過水と接する濾過膜の表面又は濾過膜の孔中に化学的に付着した汚濁物質を効率的に除去し、長期間にわたって濾過性能を維持することが可能な濾過膜の洗浄方法及び洗浄装置、並びに水処理システムを提供することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明者らは、被処理水と接する濾過膜の表面、濾過水と接する濾過膜の表面及び濾過膜の孔中に付着した汚濁物質の洗浄について鋭意研究した結果、酸化力が異なる酸化剤を含有する少なくとも2種の洗浄水を準備し、酸化力が小さい酸化剤を含有する洗浄水から順に用いて濾過膜を洗浄することにより、上記の問題を解決し得ることを見出し本発明に至った。

【0008】

すなわち、本発明は、被処理水の濾過膜の洗浄方法であって、第1の酸化剤として次亜塩素酸ソーダ又は過酸化水素を含有する洗浄水を用いて前記濾過膜を逆流洗浄した後、第2の酸化剤としてオゾン含有する洗浄水を用いて前記濾過膜を逆流洗浄することを特徴とする被処理水の濾過膜の洗浄方法濾過膜の洗浄方法である。

10

また、本発明は、被処理水の濾過膜の洗浄装置であって、第1の酸化剤として次亜塩素酸ソーダ又は過酸化水素を含有する洗浄水を用いて前記濾過膜を逆流洗浄する手段と、第2の酸化剤としてオゾン含有する前記洗浄水を用いて前記濾過膜を逆流洗浄する手段とを備え、前記第1の酸化剤を含有する洗浄水を用いて前記濾過膜を逆流洗浄した後、前記第2の酸化剤を含有する洗浄水を用いて前記濾過膜を逆流洗浄することを特徴とする被処理水の濾過膜の洗浄装置である。

さらに、本発明は、被処理水を濾過処理する濾過装置と、前記被処理水の濾過膜の洗浄装置とを備えた水処理システムであって、前記濾過装置によって濾過処理された濾過水を、前記被処理水の濾過膜の洗浄装置で用いられる洗浄水に用いることを特徴とする水処理システムである。

20

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、酸化剤及び水の使用量を低減しつつ、被処理水と接する濾過膜の表面に付着した汚濁物質だけでなく、濾過水と接する濾過膜の表面又は濾過膜の孔中に化学的に付着した汚濁物質を効率的に除去し、長期間にわたって濾過性能を維持することが可能な濾過膜の洗浄方法及び洗浄装置、並びに水処理システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

30

【図1】外圧濾過方式の濾過膜の断面図である。

【図2】内圧濾過方式の濾過膜の断面図である。

【図3】実施の形態2に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。

【図4】実施の形態3に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。

【図5】実施の形態4に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。

【図6】実施の形態5に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。

40

【図7】実施の形態6に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。

【図8】実施の形態7に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。

【図9】実施の形態8に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。

【図10】実施の形態9に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。

【図11】実施の形態10に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。

50

【図 1 2】比較例 1 で用いた濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。

【図 1 3】比較例 2 で用いた濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。

【図 1 4】比較例 4 で用いた濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。

【図 1 5】実施例 1 及び比較例 1 ～ 4 における逆流洗浄に使用した洗浄水の量と、膜間差圧の回復率との関係を示すグラフである。

【図 1 6】実施例 2 における膜分離活性汚泥処理 6 サイクルごとの膜間差圧及び逆流洗浄後の膜間差圧の結果を示すグラフである。

【図 1 7】比較例 6 における膜分離活性汚泥処理 6 サイクルごとの膜間差圧及び逆流洗浄後の膜間差圧の結果を示すグラフである。

【図 1 8】実施例 2 及び比較例 5 ～ 8 における逆流洗浄後の膜間差圧の経日変化を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

実施の形態 1.

本実施の形態に係る濾過膜の洗浄方法は、酸化剤を含有する少なくとも 2 種の洗浄水を用い、酸化力が小さい酸化剤を含有する洗浄水から順に濾過膜を洗浄することの特徴とする。ここで、本明細書において「酸化力」とは、水素電極を用いて 25℃で測定された標準酸化還元電位の大きさによって定義することができる。例えば、酸化力が小さい酸化剤とは、標準酸化還元電位（25℃）が小さい酸化剤のことを意味する。また、酸化力が大きい酸化剤とは、標準酸化還元電位（25℃）が大きい酸化剤のことを意味する。

本実施の形態に係る濾過膜の洗浄方法に用いられる洗浄水は、2 種以上であれば特に限定されないが、洗浄水の数が多すぎると、各洗浄水に用いる酸化剤の種類を多くしなければならない。そのため、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄方法に用いられる洗浄水は、洗浄コストを低減する観点から、好ましくは 2 種又は 3 種、より好ましくは 2 種である。

以下、2 種の洗浄水を用いた濾過膜の洗浄方法を例にして詳細に説明するが、3 種以上の洗浄水を用いた濾過膜の洗浄方法とし得ることは言うまでもない。

【0012】

本実施の形態に係る濾過膜の洗浄方法は、第 1 の酸化剤を含有する洗浄水を用いて濾過膜を洗浄した後、第 1 の酸化剤よりも酸化力が大きい第 2 の酸化剤を含有する洗浄水を用いて濾過膜を洗浄することの特徴とする。

ここで、濾過膜の洗浄は、濾過膜の濾過方向とは逆の方向に洗浄水を噴出させて洗浄する逆流洗浄に限定されず、洗浄水を濾過膜内に通水した後、洗浄水をそのまま膜内で保持する洗浄方法や、濾過膜を洗浄液に浸漬して保持する洗浄方法などを用いることができる。

【0013】

また、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄方法の対象となる濾過膜は、上水道、下水道、下水二次処理水、工業排水、海水、尿尿などの被処理水を濾過処理することによって汚濁物質が表面又は孔中に付着した状態の濾過膜である。

本実施の形態の濾過膜の洗浄方法に用いることが可能な濾過膜の材質は、酸化剤によって劣化しなければ特に限定されない。濾過膜の材質の例としては、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリブテンなどのポリオレフィン；テトラフルオロエチレン・パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体（PFA）、テトラフルオロエチレンーヘキサフルオロプロピレン共重合体（FEP）、テトラフルオロエチレンーエチレン共重合体（ETFE）、ポリクロロトリフルオロエチレン（PCTFE）、クロロトリフルオロエチレンーエチレン共重合体（ECTFE）、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）などのフッ素系樹脂化合物；酢酸セルロース、エチルセルロースなどのセルロース類；セラミックなどが挙げられる。その中でも、濾過膜の材質は、オゾン

10

20

30

40

50

などの強い酸化剤に対する耐性に優れたフッ素系樹脂化合物であることが好ましい。また、濾過膜の材質は、上記の各物質を単独又は２種以上を組み合わせただのものであってもよい。

【００１４】

濾過膜の種類は、特に限定されず、精密濾過（ＭＦ）膜、限外濾過（ＵＦ）膜などの当該技術分野において公知の各種濾過膜を用いることができる。

濾過膜の平均孔径は、特に限定されないが、好ましくは０．００１μｍ～１μｍ、より好ましくは０．０１μｍ～０．８μｍである。この範囲の平均孔径を有する濾過膜であれば、本実施の形態の濾過膜の洗浄方法により、被処理水と接する濾過膜の表面に付着した汚濁物質だけでなく、濾過水と接する濾過膜の表面又は濾過膜の孔中に化学的に付着した汚濁物質を効率的に除去することができる。

10

濾過膜の形状は、特に限定されず、円筒状、平膜状などの当該技術分野において公知の形状とすることができる。その中でも、濾過膜の形状は円筒状であることが好ましい。なお、濾過膜は、膜モジュールに組み込まれていてもよく、膜モジュールは、浸漬型、ケーシング型、モノリス型などを採用することができる。また、濾過膜の濾過方式は、全量濾過方式又はクロスフロー濾過方式のいずれのものでも用いることができる。

【００１５】

濾過膜の通水方式としては、特に限定されず、濾過膜の外側に被処理水を流し、内側に濾過水を流す外圧濾過方式、濾過膜の内側に被処理水を流し、外側に濾過水を流す内圧濾過方式のいずれであってもよい。ここで、図１に、外圧濾過方式の濾過膜の断面図を示す。また、図２に内圧濾過方式の濾過膜の断面図を示す。図１及び２において、（ａ）は濾過膜の拡大縦断面図であり、（ｂ）は濾過膜の拡大横断面図である。

20

【００１６】

図１及び２に示すように、濾過膜は、被処理水１と接する表面１００と、濾過水１０３と接する表面１０１と、濾過水１０３が流れる孔１０２とを備える。外圧濾過方式の濾過膜では、濾過膜の外側に被処理水１を流し、濾過膜の内側（矢印方向）に向けて濾過水１０３が流れる。一方、内圧濾過方式の濾過膜では、濾過膜の内側に被処理水１を流し、濾過膜の外側（矢印方向）に向けて濾過水１０３が流れる。

したがって、本明細書において「被処理水１と接する濾過膜の表面１００」とは、外圧濾過方式では濾過膜の外面を意味するのに対し、内圧濾過方式では濾過膜の内面を意味する。また、本明細書において「濾過水１０３と接する濾過膜の表面１０１」とは、外圧濾過方式では濾過膜の内面を意味するのに対し、内圧濾過方式では濾過膜の外面を意味する。また、本明細書において「濾過膜の孔１０２中」とは、濾過水１０３が流れる濾過膜の孔１０２の内部、特に、孔１０２の内部表面のことを意味する。なお、「濾過膜の表面」とは、被処理水１と接する表面１００及び濾過水１０３と接する表面１０１の両方を含む概念である。

30

【００１７】

被処理水１と接する濾過膜の表面１００に付着した汚濁物質は、濾過処理によって堆積した有機物であるため、物理的な除去が容易である。他方、濾過水１０３と接する濾過膜の表面１０１又は濾過膜の孔１０２中に付着した汚濁物質は、分子間力などで化学的に付着しているため、物理的な除去が難しい。濾過水１０３と接する濾過膜の表面１０１又は濾過膜の孔１０２中に付着した汚濁物質は、一般に溶解性有機物であり、酸化剤による酸化分解によって除去することができる。この溶解性有機物は、酸化分解が容易な易分解性有機物と酸化分解が困難な難分解性有機物との２つに大きく分類される。

40

酸化力が小さい第１の酸化剤を含有する洗浄水を用いて濾過膜を洗浄すると、易分解性有機物を酸化分解して除去することができる一方、難分解性有機物を酸化分解させることができないため、難分解性有機物を除去することができない。しかし、第１の酸化剤は、難分解性有機物に化学的に作用し、濾過膜に対する難分解性有機物の付着力を低下せたり、難分解性有機物を変性させたりすることができる。これに続いて、酸化力が大きい第２の酸化剤を含有する洗浄水を用いて濾過膜を洗浄すると、第２の酸化剤と難分解性有機

50

物との反応性が向上し、難分解性有機物を酸化分解して除去し易くなる。そのため、このような順序で濾過膜を洗浄することにより、酸化剤及び水の使用量を低減しつつ、濾過水103と接する濾過膜の表面101又は濾過膜の孔102中に化学的に付着した汚濁物質を効率的に除去することができる。その結果、長期間にわたって濾過性能を維持することが可能な濾過膜を得ることができる。

【0018】

他方、酸化力が大きい第2の酸化剤を含有する洗浄水のみを用いて濾過膜を洗浄する場合、易分解性有機物及び難分解性有機物の両方を酸化分解して除去することができるが、第2の酸化剤と難分解性有機物との反応効率が低いため、難分解性有機物を濾過膜から効率的に酸化分解して除去することが難しい。また、難分解性有機物を十分に酸化分解して除去するためには第2の酸化剤を含有する洗浄水を多量に用いなければならないため、第2の酸化剤及び水の使用量が増加する。

10

【0019】

また、酸化力が大きい第2の酸化剤を含有する洗浄水を用いて濾過膜を洗浄した後、酸化力が小さい第1の酸化剤を含有する洗浄水を用いて濾過膜を洗浄する場合、酸化力が小さい第1の酸化剤が難分解性有機物を酸化分解させることができないため、難分解性有機物が濾過膜から除去されないことがある。そのため、酸化力が大きい第2の酸化剤を含有する洗浄水のみを用いて濾過膜を洗浄する場合と同様に、難分解性有機物を十分に酸化分解して除去するためには、第2の酸化剤を含有する洗浄水を多量に用いなければならないため、第2の酸化剤及び水の使用量が増加する。

20

【0020】

また、酸化力が小さい第1の酸化剤及び酸化力が大きい第2の酸化剤の両方を含有する洗浄水を用いて濾過膜を洗浄する場合、易分解性有機物及び難分解性有機物の両方を酸化分解して除去することができるが、酸化剤同士の反応が生じるため、酸化剤の消費量が増加すると共に、易分解性有機物及び難分解性有機物の分解反応のみを選択的に促進させることができない。

【0021】

第1の酸化剤及び第2の酸化剤としては、有機物を酸化分解させることが可能な物質であれば特に限定されず、当該技術分野において公知の物質を用いることができる。第1の酸化剤及び第2の酸化剤の例としては、次亜塩素酸ソーダ、過酸化水素、苛性ソーダ、オゾンなどが挙げられる。その中でも、第1の酸化剤は、水素電極を用いて測定された標準酸化還元電位（25℃）が好ましくは2.0V未満であり、第2の酸化剤は、水素電極を用いて測定された標準酸化還元電位（25℃）が好ましくは2.0V以上である。具体的には、第1の酸化剤として次亜塩素酸ソーダ、第2の酸化剤としてオゾンを用いることが好ましい。このような組み合わせの酸化剤を用いることにより、濾過水103と接する濾過膜の表面101又は濾過膜の孔102中に化学的に付着した汚濁物質をより一層効率的に除去することができる。

30

【0022】

洗浄水中の第1の酸化剤の濃度は、特に限定されないが、好ましくは0.05mg/L以上10000mg/L以下、より好ましくは0.5mg/L以上8000mg/L以下である。また、洗浄水中の第2の酸化剤の濃度は、特に限定されないが、好ましくは0.01mg/L以上1000mg/L以下、より好ましくは0.1mg/L以上800mg/L以下である。第1の酸化剤又は第2の酸化剤の濃度が上記範囲よりも低いと、濾過水103と接する濾過膜の表面101又は濾過膜の孔102中に化学的に付着した汚濁物質を効率的に酸化分解して除去することができない場合がある。一方、第1の酸化剤又は第2の酸化剤の濃度が上記の範囲よりも高いと、酸化剤の消費量が多くなるため、処理コストが増大する場合がある。さらに、第2の酸化剤として特にオゾンを用いる場合には、濃度が高すぎると、濾過膜が劣化してしまう場合がある。

40

【0023】

洗浄水中の水としては、清澄な水であれば特に限定されず、水道水、純水、RO水、脱

50

イオン水などを用いることができるが、濾過膜によって濾過処理された濾過水 103 を用いることが好ましい。濾過膜によって濾過処理された濾過水 103 を用いることにより、外部からの水を新たに導入する必要がないため、洗浄に要するコストを削減することができる。

【0024】

濾過膜に対する第 1 の酸化剤を含有する洗浄水及び第 2 の酸化剤を含有する洗浄水の供給量は、濾過水 103 と接する濾過膜の表面 101 又は濾過膜の孔 102 中に化学的に付着した汚濁物質の量などに応じて適宜設定すればよく、特に限定されない。一般的には、第 1 の酸化剤を含有する洗浄水及び第 2 の酸化剤を含有する洗浄水の合計量が、濾過膜を通過させて得られる濾過水量の $1/1000$ 以上 $1/10$ 以下であることが好ましい。洗浄水の合計量が濾過水量の $1/1000$ 未満であると、濾過水 103 と接する濾過膜の表面 101 又は濾過膜の孔 102 中に化学的に付着した汚濁物質を十分に除去することができないことがある。一方、洗浄水の合計量が濾過水量の $1/10$ を超えると、酸化剤及び水の使用量が多くなり、処理コストが増大になることがある。

【0025】

第 1 の酸化剤を含有する洗浄水と第 2 の酸化剤を含有する洗浄水との体積割合は、洗浄水中の各酸化剤の濃度などに応じて適宜調整すればよく特に限定されないが、一般的に 5 : 95 ~ 95 : 5、好ましくは 10 : 90 ~ 90 : 10 である。例えば、洗浄水中の第 1 の酸化剤の濃度が 0.05 mg/L 以上 1000 mg/L 未満である場合、第 1 の酸化剤を含有する洗浄水と第 2 の酸化剤を含有する洗浄水との体積割合を 50 : 50 ~ 90 : 10 とすることが好ましい。また、洗浄水中の第 1 の酸化剤の濃度が 1000 mg/L 以上 10000 mg/L 以下である場合、第 1 の酸化剤を含有する洗浄水と第 2 の酸化剤を含有する洗浄水との体積割合を 10 : 90 ~ 50 : 50 とすることが好ましい。

各洗浄水の体積割合を上記の範囲とすることにより、易分解性有機物及び難分解性有機物から構成される汚濁物質を効率良く酸化分解して除去することができる。第 1 の酸化剤を含有する洗浄水の量が少なすぎると、第 1 の酸化剤を含有する洗浄水による、濾過膜に対する難分解性有機物の付着力を低下させる効果及び難分解性有機物を変性させる効果が十分に得られず、難分解性有機物を効率良く除去することができない場合がある。一方、第 2 の酸化剤を含有する洗浄水の量が少なすぎると、第 2 の酸化剤を含有する洗浄水による洗浄効果が十分に得られず、難分解性有機物を除去することができない場合がある。また、第 1 の酸化剤を含有する洗浄水の量が増大するため、酸化剤及び水の使用量が多くなり、処理コストが増大になることがある。

【0026】

特に、第 2 の酸化剤としてオゾンを用いる場合、洗浄処理時の濾過膜の上流側と下流側との間の圧力差である膜間圧差は、洗浄水中のオゾン濃度と洗浄時間との積に対して比例関係を有する。具体的には、膜間差圧を $x \text{ (kPa)}$ 、オゾン濃度と洗浄時間との積を $y \text{ (mg/L} \cdot \text{分)}$ とすると、 $y = \alpha x$ の関係式が成立する。式中、 α は、変動パラメータであり、汚濁物質の除去効率の観点から、10 以上 1000 以下の値とすることが好ましい。洗浄処理時に膜間差圧を測定することにより、洗浄処理に最適なオゾン濃度及び洗浄時間を決定することができるため、オゾンを含有する洗浄水の使用量を低減しつつ、濾過水 103 と接する濾過膜の表面 101 又は濾過膜の孔 102 中に化学的に付着した汚濁物質を、より一層効率的に除去することができる。

【0027】

各洗浄水による洗浄時間は、特に限定されず、濾過膜に付着した汚濁物質の量などに応じて適宜設定すればよく、特に限定されない。一般的には、洗浄時間は 30 秒以上 60 分以下とすればよい。洗浄時間が 30 秒未満であると、汚濁物質の除去が十分でないことがある。一方、洗浄時間が 60 分を超えると、酸化剤及び水の使用量が多くなり、処理コストが増大になることがある。

また、第 1 の酸化剤を含有する洗浄水を用いた洗浄と、第 2 の酸化剤を含有する洗浄水を用いた洗浄との間の間隔は、特に限定されないが、間隔が長すぎると、汚濁物質の除去

効果が十分に得られない場合がある。そのため、当該間隔は、30秒以上10分以下であることが好ましい。

【0028】

また、第1の酸化剤を含有する洗浄水を用いた濾過膜の洗浄と、第2の酸化剤を含有する洗浄水を用いた濾過膜の洗浄との間に、酸化剤を含まない洗浄水を用いた濾過膜の洗浄を行ってもよい。酸化剤を含まない洗浄水を用いた濾過膜の洗浄を行うことにより、第1の酸化剤と第2の酸化剤との反応を防止することができるため、第2の酸化剤を含有する洗浄水を用いた濾過膜の洗浄による効果を安定して得ることができる。

【0029】

さらに、第1の酸化剤を含有する洗浄水を用いた濾過膜の洗浄の前、第1の酸化剤を含有する洗浄水を用いた濾過膜の洗浄と第2の酸化剤を含有する洗浄水を用いた濾過膜の洗浄との間、又は第2の酸化剤を含有する洗浄水を用いた濾過膜の洗浄の後に、酸を含有する洗浄水を用いて濾過膜を洗浄してもよい。これにより、濾過水103と接する濾過膜の表面101又は濾過膜の孔102中に付着した、カルシウム、マグネシウム、シリカ、アルミニウムなどのスケールを形成する金属を除去することができる。なお、ここで用いられる酸は、酸化剤と異なり、有機物を酸化分解する効果はない。

【0030】

特に、第2の酸化剤としてオゾンを用いる場合、第2の酸化剤を含有する洗浄水に酸を含有させることが好ましい。すなわち、第1の酸化剤を含有する洗浄水を用いた濾過膜の洗浄の後に、オゾン及び酸を含有するpHが5以下の洗浄水を用いて濾過膜を洗浄することが好ましい。このような洗浄を行うことにより、洗浄水中のオゾン濃度を高めることができるため、濾過水103と接する濾過膜の表面101又は濾過膜の孔102中に化学的に付着した金属及び汚濁物質を、より一層効率的に除去することができる。

【0031】

酸としては、特に限定されず、当該技術分野において公知のものを用いることができる。酸の例としては、塩酸、硫酸、硝酸などの無機酸、シュウ酸、クエン酸などの有機酸を用いることができる。これらは、単独又は2種以上を組み合わせ用いることができる。

酸を含有する洗浄水を用いた洗浄を行った後、濾過膜に残留する酸を除去するために、酸化剤を含まない洗浄水を用いた濾過膜の洗浄を行うことが好ましい。

【0032】

実施の形態2.

本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置は、酸化剤を含有する少なくとも2種の洗浄水を用いて濾過膜を洗浄する手段を備え、酸化力が小さい酸化剤を含有する洗浄水から順に濾過膜を洗浄することを特徴とする。

以下、2種の洗浄水を用いて濾過膜を洗浄する手段を備える濾過膜の洗浄装置を例にして詳細に説明するが、3種以上の洗浄水を用いて濾過膜を洗浄する手段を備える濾過膜の洗浄装置とし得ることは言うまでもない。

【0033】

本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置は、第1の酸化剤を含有する洗浄水を用いて濾過膜を洗浄する手段と、第1の酸化剤よりも酸化力が大きい第2の酸化剤を含有する洗浄水を用いて濾過膜を洗浄する手段とを備えることを特徴とする。

以下、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置の好適な実施の形態につき図面を用いて説明する。

【0034】

図3は、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。

図3において、水処理システムは、被処理水1を収容する被処理水槽2と、被処理水1を濾過処理する濾過膜を有する膜モジュール3と、膜モジュール3で濾過処理された水を排出する濾過水配管4とを有する濾過装置を備えている。被処理水槽2には、被処理水1を供給する被処理水供給配管5が設けられており、濾過水配管4には、濾過バルブ6及び

10

20

30

40

50

濾過ポンプ7が設けられている。この濾過装置において被処理水1の濾過処理を行う場合、濾過バルブ6を開き、濾過ポンプ7を起動させることにより、被処理水1が膜モジュール3で濾過される。そして、膜モジュール3で濾過された濾過水は、濾過水配管4を介して排出される。膜モジュール3において、被処理水1の継続的な濾過処理を行うと、膜モジュール3中の濾過膜が汚濁物質によって目詰まりするため、濾過膜の洗浄を行う必要がある。

【0035】

そこで、この水処理システムは、濾過膜の洗浄装置を更に備えている。濾過膜の洗浄装置は、第1の酸化剤を含有する洗浄水を用いて濾過膜を洗浄する手段と、第1の酸化剤よりも酸化力が大きい第2の酸化剤を含有する洗浄水を用いて濾過膜を洗浄する手段とを備えている。

10

具体的には、図3に示すように、濾過膜の洗浄装置は、洗浄水8を収容する洗浄水槽9と、第1の酸化剤を収容する第1の酸化剤貯留槽10と、第2の酸化剤を収容する第2の酸化剤貯留槽11とを備えている。洗浄水槽9には、2つの洗浄水配管12が設けられており、一方の洗浄水配管12は切換弁13において第1の逆洗配管14と第2の逆洗配管15とに分岐され、他方の洗浄水配管12は濾過水配管4に接続されている。第1の酸化剤貯留槽10には第1の酸化剤供給配管16が設けられており、第1の酸化剤供給配管16は第1の逆洗配管14に接続されている。第2の酸化剤貯留槽11には、第2の酸化剤供給配管17が設けられており、第2の酸化剤供給配管17は第2の逆洗配管15に接続されている。第1の逆洗配管14には、第1の逆洗バルブ18及び第1の逆洗ポンプ19が設けられており、第2の逆洗配管15には、第2の逆洗バルブ20及び第2の逆洗ポンプ21が設けられている。第1の酸化剤供給配管16には、第1の酸化剤供給バルブ22及び第1の酸化剤供給ポンプ23が設けられており、第2の酸化剤供給配管17には、第2の酸化剤供給バルブ24及び第2の酸化剤供給ポンプ25が設けられている。他方の洗浄水配管12には、洗浄水供給バルブ26及び洗浄水供給ポンプ27が設けられている。なお、図示していないが、全てのポンプ及びバルブ、並びに切換弁13は、制御装置に接続されており、この制御装置により、全てのポンプ及びバルブ、並びに切換弁13の動作が制御される。

20

【0036】

上記のような構成を有する濾過膜の洗浄装置を用いて濾過膜の洗浄処理を行う場合、まず、濾過ポンプ7を停止して濾過バルブ6を閉じた後、濾過膜の洗浄処理を開始する。被処理水1の濾過処理から濾過膜の洗浄処理への切換えは、濾過処理の時間によって設定すればよい。

30

【0037】

濾過処理の終了後、濾過膜の洗浄処理を開始する前に、膜モジュール3中の濾過膜を予備処理してもよい。例えば、膜モジュール3中の濾過膜を一定の間空気に曝すことにより、被処理水1と接する濾過膜の表面100に付着した汚濁物質を除去し易くすることができる。或いは、洗浄水供給バルブ26を開けて洗浄水供給ポンプ27を起動し、洗浄水槽9から洗浄水配管12及び濾過水配管4を介して洗浄水8を膜モジュール3に供給することにより、濾過膜を予備洗浄してもよい。予備洗浄を行う場合も同様に、被処理水1と接する濾過膜の表面100に付着した汚濁物質を除去し易くすることができる。

40

【0038】

濾過膜の洗浄処理では、まず、第1の逆洗バルブ18を開けて第1の逆洗ポンプ19を起動し、洗浄水槽9から洗浄水配管12及び切換弁13を介して第1の逆洗配管14に洗浄水8を供給すると共に、第1の酸化剤供給バルブ22を開けて第1の酸化剤供給ポンプ23を起動し、第1の酸化剤貯留槽10から第1の酸化剤供給配管16を介して第1の逆洗配管14に第1の酸化剤を供給する。これにより、第1の逆洗配管14内で洗浄水8と第1の酸化剤とが混合される。なお、図示していないが、第1の逆洗配管14には、洗浄水8と第1の酸化剤とを均一に混合する手段（例えば、スタティックミキサーなど）が設けられていてもよい。そして、第1の酸化剤を含有する洗浄水8を濾過水配管4を介して

50

膜モジュール 3 に供給し、膜モジュール 3 中の濾過膜を逆流洗浄する。或いは、第 1 の逆洗配管 1 4 に洗浄水 8 を収容する槽を設け、その槽内に第 1 の酸化剤を供給して洗浄水 8 と第 1 の酸化剤とを均一に混合し、この混合水をポンプで膜モジュール 3 に供給して膜モジュール 3 中の濾過膜を逆流洗浄してもよい。第 1 の酸化剤を含有する洗浄水 8 を用いて膜モジュール 3 中の濾過膜を逆流洗浄することにより、濾過膜に付着した汚濁物質のうち、易分解性有機物を酸化分解して除去すると共に、難分解性有機物に化学的に作用し、濾過膜に対する難分解性有機物の付着力を低下させたり、難分解性有機物を変性させたりすることができる。

【0039】

逆流洗浄後に膜モジュール 3 から排出される第 1 の酸化剤を含有する洗浄水 8 は、被処理水槽 2 内に排出し、濾過処理に用いる被処理水 1 として利用することができる。或いは、逆流洗浄後に膜モジュール 3 から排出される第 1 の酸化剤を含有する洗浄水 8 は、処理済液として別途回収して処理してもよい。なお、下記の各逆洗処理後の洗浄液 8 についても上記と同様に処理することが可能である。

【0040】

次に、第 1 の逆洗バルブ 1 8 を閉じた後、洗浄水供給バルブ 2 6 を開けて洗浄水供給ポンプ 2 7 を起動し、洗浄水槽 9 から洗浄水配管 1 2 及び濾過水配管 4 を介して洗浄水 8 を膜モジュール 3 に供給し、膜モジュール 3 中の濾過膜を逆流洗浄する。なお、洗浄水 8 を用いた膜モジュール 3 中の濾過膜の逆流洗浄は、必須ではないが、この逆流洗浄を行うことにより、第 1 の酸化剤と第 2 の酸化剤との反応を防止することができるため、第 2 の酸化剤を含有する洗浄水 8 を用いた濾過膜の逆流洗浄による効果を安定して得ることができる。

【0041】

次に、洗浄水供給バルブ 2 6 を閉じた後、第 2 の逆洗バルブ 2 0 を開けて第 2 の逆洗ポンプ 2 1 を起動し、洗浄水槽 9 から洗浄水配管 1 2 及び切換弁 1 3 を介して第 2 の逆洗配管 1 5 に洗浄水 8 を供給すると共に、第 2 の酸化剤供給バルブ 2 4 を開けて第 2 の酸化剤供給ポンプ 2 5 を起動し、第 2 の酸化剤貯留槽 1 1 から第 2 の酸化剤供給配管 1 7 を介して第 2 の逆洗配管 1 5 に第 2 の酸化剤を供給する。これにより、第 2 の逆洗配管 1 5 内で洗浄水 8 と第 2 の酸化剤とが混合される。なお、図示していないが、第 2 の逆洗配管 1 5 には、洗浄水 8 と第 2 の酸化剤とを均一に混合する手段（例えば、スタティックミキサーなど）が設けられていてもよい。そして、第 2 の酸化剤を含有する洗浄水 8 を濾過水配管 4 を介して膜モジュール 3 に供給し、膜モジュール 3 中の濾過膜を逆流洗浄する。或いは、第 2 の逆洗配管 1 5 に洗浄水 8 を収容する槽を設け、その槽内に第 2 の酸化剤を供給して洗浄水 8 と第 2 の酸化剤とを均一に混合し、この混合水をポンプで膜モジュール 3 に供給して膜モジュール 3 中の濾過膜を逆流洗浄してもよい。第 2 の酸化剤を含有する洗浄水 8 を用いて膜モジュール 3 中の濾過膜を逆流洗浄することにより、難分解性有機物を酸化分解して除去することができる。

【0042】

なお、本実施の形態の濾過膜の洗浄装置では、酸化剤を含有する 2 種の洗浄液を用いた場合について説明したが、酸化剤を含有する 3 種以上の洗浄液を用いる場合、酸化剤貯留槽を増加して、同様の方法にて洗浄処理を行えばよい。

【0043】

濾過膜の洗浄装置を用いた洗浄処理が終了したら、第 2 の逆洗バルブ 2 0 を閉じ、被処理水 1 の濾過処理を再度行うことにより、被処理水 1 の濾過処理を連続的且つ効率的に行うことができる。

上記のような構成を有する濾過膜の洗浄装置によれば、酸化剤及び水の使用量を低減しつつ、被処理水 1 と接する濾過膜の表面 1 0 0 に付着した汚濁物質だけでなく、濾過水 1 0 3 と接する濾過膜の表面 1 0 1 又は濾過膜の孔 1 0 2 中に化学的に付着した汚濁物質を効率的に除去し、長期間にわたって濾過性能を維持することができる。

【0044】

実施の形態 3.

図 4 は、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。なお、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムの基本的な構成は、実施の形態 2 に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと同じであるため、相違点のみ説明する。また、実施の形態 2 に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと同様の構成については、同一符号が付されている。

図 4 において、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムは、濾過水配管 4 に圧力計 28、洗浄水槽 9 に濾過水排出配管 29 が更に接続されており、濾過水配管 4 から排出される濾過水 103 が洗浄水槽 9 に供給される点で、実施の形態 2 に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと異なる。

10

【0045】

このような構造を有する水処理システムでは、被処理水 1 の濾過処理によって得られる濾過水 103 が、洗浄水 8 として用いられる。洗浄水 8 として用いられない余剰の濾過水 103 は、濾過水排出配管 29 を介して外部に排出される。濾過水 103 を洗浄水 8 として用いることにより、外部から洗浄水 8 を新たに導入する必要がないため、逆流洗浄に要するコストを削減することができる。

また、この水処理システムでは、濾過水配管 4 に圧力計 28 が設けられているため、濾過処理時の濾過膜の膜間差圧を算出することができる。ここで、本明細書において「膜間差圧」とは、濾過処理時の濾過膜の上流側と下流側との間の圧力差のことを意味する。すなわち、濾過水配管 4 に設けられた圧力計 28 は、濾過処理時の濾過膜の下流側の圧力を測定することができるため、濾過処理時の濾過膜の上流側の圧力（常圧）との差から膜間差圧を算出することができる。被処理水 1 の濾過処理時に圧力計 28 を常時監視し、所定の圧力に達した段階で被処理水 1 の濾過処理を終了し、濾過膜の洗浄処理を開始するように制御することにより、被処理水 1 の濾過処理と濾過膜の洗浄処理とを自動的に切替えることができる。

20

【0046】

実施の形態 4.

図 5 は、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。なお、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムの基本的な構成は、実施の形態 3 に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと同じであるため、相違点のみ説明する。また、実施の形態 3 に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと同様の構成については、同一符号が付されている。

30

図 5 において、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムは、下水道、工場排水などの被処理水 1 を膜分離活性汚泥法（MBR）で処理するための装置（膜分離活性汚泥処理装置）を有している。すなわち、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムは、被処理水槽 2 に汚泥引抜配管 30 及び汚泥循環配管 31 が更に接続されており、被処理水槽 2 の底部に散気装置 32 が配置されている点で、実施の形態 3 に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと異なる。また、汚泥引抜配管 30 には汚泥を引抜くための汚泥引抜ポンプ 33、汚泥循環配管 31 には汚泥を被処理水槽 2 内で循環させるための汚泥循環ポンプ 34 がそれぞれ設けられている。さらに、散気装置 32 には、空気供給配管 35 を介してブロー 36 が接続されている。

40

【0047】

このような構造を有する水処理システムでは、被処理水槽 2 内に M L S S（活性汚泥浮遊物）濃度が 3000～20000 mg/L の活性汚泥が充填される。下水道、工場排水などの被処理水 1 を被処理水槽 2 内に供給すると、被処理水槽 2 内で活性汚泥による生物学的処理が行われた後、膜モジュール 3 による濾過処理で処理水（濾過水 103）と活性汚泥とに分離される。活性汚泥は、汚泥循環ポンプ 34 を起動させることにより、汚泥循環配管 31 を介して被処理水槽 2 内を循環させているため、被処理水 1 と効率良く接触させることができる。活性汚泥による生物学的処理によって増加した活性汚泥は、汚泥引抜ポンプ 33 を起動させることにより、汚泥引抜ポンプ 33 から排出され、M L S S 濃度が

50

一定に保たれるように制御される。また、ブロワー 36 に空気供給配管 35 を介して接続された散気装置 32 から被処理水槽 2 内の活性汚泥に空気が供給されるため、活性汚泥による生物学的処理が促進されると共に、被処理水 1 の流動によって膜モジュール 3 による濾過処理が安定して行われる。

【0048】

上記のようにして濾過処理を行うと、膜モジュール 3 の濾過膜が活性汚泥によって目詰まりしてしまう。しかしながら、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムでは、酸化剤及び水の使用量を低減しつつ、被処理水 1 と接する濾過膜の表面 100 に付着した汚濁物質だけでなく、濾過水 103 と接する濾過膜の表面 101 又は濾過膜の孔 102 中に化学的に付着した活性汚泥を効率的に除去し、長期間にわたって濾過性能を維持することができる。そのため、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを用いることにより、膜分離活性汚泥法（MBR）による処理を効率的に行うことが可能となる。

なお、上記の実施形態では、1つの被処理水槽 2 内に膜モジュール 3 を浸漬した場合を例示したが、被処理水槽 2 を 2 つ以上に分割し、下流側の被処理水槽 2 に膜モジュール 3 を浸漬させてもよい。また、ケーシングした膜モジュール 3 を被処理水槽 2 の外部に設け、ケーシングした膜モジュール 3 と被処理水槽 2 との間で活性汚泥を循環させながら濾過処理を行ってもよい。いずれにしても、本発明の効果を阻害しない範囲において、当該技術分野において公知の構成を採用することができる。

【0049】

実施の形態 5.

図 6 は、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。なお、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムの基本的な構成は、実施の形態 4 に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと同じであるため、相違点のみ説明する。また、実施の形態 4 に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと同様の構成については、同一符号が付されている。

図 6 において、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムは、第 2 の酸化剤としてオゾンを用いる場合に適した構造を有している。すなわち、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムは、切換弁 13 で分岐された一方の洗浄水配管 12 にオゾン水生成塔 37 が接続されている点で、実施の形態 4 に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと異なる。オゾン水生成塔 37 の底部には散気装置 32 が配置されており、散気装置 32 にはオゾン供給配管 38 を介してオゾン発生器 39 が接続されている。オゾン発生器 39 に供給されるオゾン原料としては、特に限定されず、例えば、液体酸素、又は P S A（Pressure Swing Adsorption）若しくは P V S A（Pressure Vacuum Swing Adsorption）で生成した酸素を用いることができる。

【0050】

このような構造を有する水処理システムでは、オゾン（第 2 の酸化剤）を含有する洗浄水 8 を用いて逆流洗浄を行う際に、第 2 の逆洗バルブ 20 を開け、洗浄水槽 9 から洗浄水配管 12 及び切換弁 13 を介してオゾン水生成塔 37 に洗浄水 8 を供給すると共に、オゾン発生器 39 で発生させたオゾンガスをオゾン供給配管 38 を介して散気装置 32 から供給することにより、オゾン水生成塔 37 内でオゾン水を生成させる。そして、オゾン水生成塔 37 内で生成したオゾン水を第 2 の逆洗配管 15 及び濾過水配管 4 を介して膜モジュール 3 に供給し、膜モジュール 3 中の濾過膜を逆流洗浄する。このようにオゾン水生成塔 37 を設けることにより、オゾン水を効率良く生成させることができる。また、逆流洗浄後は、膜モジュール 3 内に残存するオゾン水が自己分解するため、その後に濾過処理を直ぐに開始することができる。

【0051】

なお、図 6 ではオゾンガスの供給手段として散気装置 32 を用いた場合を例示したが、オゾンガスと洗浄水 8 とを接触させたオゾン水を生成し得る装置であれば特に限定されない。例えば、エジェクタ式、機械攪拌式、下方注入式などのオゾンガスの供給手段を用い

ることができる。

【0052】

実施の形態6.

図7は、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。なお、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムの基本的な構成は、実施の形態5に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと同じであるため、相違点のみ説明する。また、実施の形態5に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと同様の構成については、同一符号が付されている。

図7において、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムは、散気装置32及びオゾン水生成塔37の代わりにエジェクタ52が設けられている点で、実施の形態5に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと異なる。エジェクタ52は、

10

【0053】

このような構造を有する水処理システムでは、オゾン（第2の酸化剤）を含有する洗浄水8を用いて逆流洗浄を行う際に、第2の逆洗バルブ20を開け、洗浄水槽9から洗浄水配管12及び切換弁13を介してエジェクタ52に洗浄水8を供給すると共に、オゾン発生器39で発生させたオゾンガスをオゾン供給配管38を介してエジェクタ52に供給することにより、エジェクタ52内でオゾン水を生成させる。そして、エジェクタ52内で生成したオゾン水を第2の逆洗配管15及び濾過水配管4を介して膜モジュール3に供給し、膜モジュール3中の濾過膜を逆流洗浄する。このようにエジェクタ52を設けること

20

【0054】

実施の形態7.

図8は、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。なお、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムの基本的な構成は、実施の形態5に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと同じであるため、相違点のみ説明する。また、実施の形態5に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと同様の構成については、同一符号が付されている。

図8において、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムは、オゾン反応槽40及び排オゾン処理設備41を更に備えている点で、実施の形態5に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと異なる。オゾン反応槽40は、濾過水排出配管29を介して洗浄水槽9に接続されていると共に、オゾン供給配管42を介してオゾン発生器39に接続されている。また、オゾン反応槽40には、オゾン処理された洗浄水8（濾過水103）を排出するためのオゾン処理水配管43が設けられている。排オゾン処理設備41は、排オゾン配管44を介してオゾン反応槽40と接続されている。

30

【0055】

このような構造を有する水処理システムでは、洗浄水槽9内の濾過水103（洗浄水8）を濾過水排出配管29を介してオゾン反応槽40に供給すると共に、オゾン発生器39で発生させたオゾンガスをオゾン供給配管42を介してオゾン反応槽40に供給することにより、濾過水103がオゾン処理される。これにより、濾過水103の色度及び濁度を低下させると共に、濾過水103に含まれる有機物、無機物（例えば、鉄、マンガンなど）、ウイルスなどを酸化分解によって除去することができるため、濾過水103の水質を向上させることができる。オゾン処理で使用されなかった未反応のオゾンガスは、排オゾン配管44を介して排オゾン処理設備41に供給され、排オゾン処理設備41において酸素に分解されて大気に放出される。

40

【0056】

実施の形態8.

図9は、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。なお、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムの基本的な構成は、実施の形態5に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと同じであるため、

50

相違点のみ説明する。また、実施の形態５に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと同様の構成については、同一符号が付されている。

図９において、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムは、オゾン発生器３９とオゾン水生成塔３７との間、より具体的には、散気装置３２とオゾン発生器３９との間のオゾン供給配管３８にオゾンガス貯蔵槽４５が更に設けられている点で、実施の形態５に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと異なる。オゾンガス貯蔵槽４５には、酸素ガス返送配管４６が接続されており、オゾンガスに含まれる酸素ガスが酸素ガス返送配管４６を介してオゾン発生器３９に返送され、オゾンガスの原料として再利用される。オゾンガス貯蔵槽４５には、オゾンガスを吸着し得る材料が収容されている。オゾンガスを吸着し得る材料としては、特に限定されず、シリカゲルなどの吸着剤を用

10

【００５７】

このような構造を有する水処理システムでは、オゾン発生器３９からオゾンガス貯蔵槽４５にオゾンガスを低温で供給することにより、オゾンガス貯蔵槽４５内の吸着剤にオゾンガスを吸着させることができる。そして、オゾンガス貯蔵槽４５と散気装置３２との間に設けたポンプ又はインジェクタ（図示してない）などを用いて、オゾンガス貯蔵槽４５内で吸着剤に予め吸着されたオゾンガスを吸引することにより、オゾンガス貯蔵槽４５から散気装置３２にオゾンガスを供給することができる。オゾンガス貯蔵槽４５においてオゾンガスを吸着剤に予め吸着させることにより、高濃度のオゾンガスを散気装置３２に供給することができるため、オゾン水生成塔３７において高濃度のオゾン水を生成すること

20

【００５８】

なお、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムでは、上記の効果を安定して得る観点から、オゾン発生器３９で用いられる原料として、窒素などをできる限り含有しない高純度の酸素を用いることが好ましく、例えば、液体窒素を気化させた酸素ガスを用いた方がよい。また、散気装置３２にオゾンガスを供給する際、吸引初期のガス中に酸素ガスが多く含まれていることがあるため、吸引初期のガスを酸素ガス返送配管４６を介してオゾン発生器３９に返送することが好ましい。このように制御することで、高濃度のオゾンガスを散気装置３２に安定して供給することができる。散気装置３２に供給されるオゾンガスの濃度は、特に限定されないが、２５～１００重量％であることが好ましい。

30

【００５９】

実施の形態９．

図１０は、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。なお、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムの基本的な構成は、実施の形態５に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと同じであるため、相違点のみ説明する。また、実施の形態５に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと同様の構成については、同一符号が付されている。

40

図１０において、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムは、酸貯留槽４７が更に設けられている点で、実施の形態５に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと異なる。酸貯留槽４７には酸供給配管４８が設けられており、酸供給配管４８は濾過水配管４に接続されている。また、酸供給配管４８には、酸供給バルブ４９及び酸供給ポンプ５０が設けられている。

【００６０】

このような構造を有する水処理システムでは、第１の酸化剤を含有する洗浄水８を用いた逆流洗浄の前、又は第２の酸化剤を含有する洗浄水８を用いた逆流洗浄の後に、酸供給バルブ４９を開けて酸供給ポンプ５０を起動し、酸貯留槽４７から酸供給配管４８を介して濾過水配管４に酸を供給する。これと同時に、洗浄水供給バルブ２６を開けて洗浄水供

50

給ポンプ 27 を起動し、洗浄水槽 9 から洗浄水配管 12 を介して濾過水配管 4 に洗浄水 8 を供給することにより、濾過水配管 4 内で酸と洗浄水 8 とが混合される。このようにして得られた酸を含有する洗浄水 8 を膜モジュール 3 に供給し、膜モジュール 3 中の濾過膜を逆流洗浄する。酸を含有する洗浄水 8 を用いた逆流洗浄を行うことにより、膜モジュール 3 中の濾過膜に付着した、カルシウム、マグネシウム、シリカ、アルミニウムなどのスケールを形成する金属を除去することができる。

【0061】

実施の形態 10.

図 11 は、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを示す概念図である。なお、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムの基本的な構成は、実施の形態 9 に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと同じであるため、相違点のみ説明する。また、実施の形態 9 に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと同様の構成については、同一符号が付されている。

図 11 において、本実施の形態に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムは、切換弁 13 で分岐された一方の洗浄水配管 12 に酸供給配管 48 を介して酸貯留槽 47 が接続されている点、並びに pH 測定器 53 及び pH 測定器 53 によって測定される洗浄水 8 の pH に応じて酸供給ポンプ 50 を制御するための制御装置 54 が更に設けられている点で、実施の形態 9 に係る濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと異なる。制御装置 54 は、信号線 55 によって酸供給ポンプ 50 及び pH 測定器 53 に接続されている。また、酸供給配管 48 には、酸供給バルブ 49 及び酸供給ポンプ 50 が設けられている。

【0062】

このような構造を有する水処理システムでは、第 1 の酸化剤を含有する洗浄水 8 を用いた逆流洗浄の後に、酸供給バルブ 49 を開けて酸供給ポンプ 50 を起動し、酸貯留槽 47 から酸供給配管 48 を介して洗浄水配管 12 に酸を供給する。これと同時に、第 2 の逆洗バルブ 20 を開けて第 2 の逆洗ポンプ 21 を起動し、洗浄水槽 9 から洗浄水配管 12 及び切換弁 13 を介してオゾン水生成塔 37 に洗浄水 8 を供給することにより、洗浄水配管 12 内で酸と洗浄水 8 とが混合される。このとき、pH 測定器 53 によって測定される洗浄水 8 の pH に応じて制御装置 54 で酸供給ポンプ 50 を制御することにより、洗浄水配管 12 に供給される酸の量を調整することができる。このようにして得られた酸を含有する洗浄水 8 に、オゾン発生器 39 で発生させたオゾンガスをオゾン供給配管 38 を介して散気装置 32 から供給することにより、オゾン水生成塔 37 内で酸を含有するオゾン水を生成させる。そして、オゾン水生成塔 37 内で生成した酸を含有するオゾン水を第 2 の逆洗配管 15 及び濾過水配管 4 を介して膜モジュール 3 に供給し、膜モジュール 3 中の濾過膜を逆流洗浄する。このようにして酸を含有する洗浄水 8 にオゾンガスを供給すると、洗浄水 8 中のオゾン濃度を高めることができる。そのため、酸を含有するオゾン水を用いた逆流洗浄を行うことにより、膜モジュール 3 中の濾過水 103 と接する濾過膜の表面 101 又は濾過膜の孔 102 中に化学的に付着した金属及び汚濁物質を、より一層効率的に除去することができる。

【0063】

pH 測定器 53 によって測定される洗浄水 8 の pH としては、特に限定されないが、好ましくは 5 以下、より好ましくは 2 以上 5 以下、さらに好ましくは 3 以上 4 以下である。pH が 5 を超えると、オゾン濃度を高める効果が十分に得られない。一方、pH が 2 未満であると、被処理水槽 2 内の活性汚泥の活性が低下し、濾過処理によって得られる濾過水 103 の水質が低下する場合がある。

【実施例】

【0064】

以下、実施例及び比較例を示して本発明を具体的に説明するが、本発明は下記の実施例及び比較例に限定されるものではない。

(実施例 1)

図 6 の濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを用いて、被処理水 1 の濾過処理及び

濾過膜の洗浄処理を行った。濾過膜としては、平均孔径が $0.1\mu\text{m}$ のP V D F製中空糸膜を用いた（以下の実施例及び比較例でも同じ濾過膜を用いた）。

まず、下記に示す条件にて被処理水1の膜分離活性汚泥処理を行った。

被処理水1の水温： 30°C

被処理水槽2の容量： 32L

水理学的滞留時間（H R T）： 6時間

被処理水1の流量： $128\text{L}/\text{日}$

M L S S濃度： $9000\text{mg}/\text{L}$

B O D－S S負荷： $0.05\sim 0.08\text{kg B O D}/\text{kg S S}/\text{日}$

曝気風量： $10\text{L}/\text{分}$

濾過膜の面積： 0.1m^2

濾過周期（間欠運転）：濾過処理時間 12分 ／停止時間 3分

【0065】

次に、膜間差圧が 40kPa を超えた時に膜分離活性汚泥処理を停止し、濾過膜の逆流洗浄を行った。逆流洗浄では、第1の酸化剤として次亜塩素酸ソーダ、第2の酸化剤としてオゾンを用い、次亜塩素酸ソーダを含有する洗浄水8を用いて濾過膜を逆流洗浄した後、オゾンを含有する洗浄水8を用いて濾過膜を逆流洗浄した。ここで、次亜塩素酸ソーダを含有する洗浄水8中の次亜塩素酸ソーダの濃度を $5000\text{mg}/\text{L}$ 、オゾンを含有する洗浄水8中のオゾンの濃度を $18\text{mg}/\text{L}$ 、次亜塩素酸ソーダを含有する洗浄水8とオゾン

【0066】

（比較例1）

図12の濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを用いて、被処理水1の濾過処理及び濾過膜の洗浄処理を行った。図12の濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムは、第2の酸化剤（オゾン）を含有する洗浄水8を用いて逆流洗浄を行う手段を有していない点以外は、図7の濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと同じである。

まず、実施例1と同じ条件にて被処理水1の膜分離活性汚泥処理を行った。

次に、膜間差圧が 40kPa を超えた時に膜分離活性汚泥処理を停止し、濾過膜の逆流洗浄を行った。逆流洗浄では、第1の酸化剤として次亜塩素酸ソーダを用い、次亜塩素酸ソーダを含有する洗浄水8を用いて濾過膜を逆流洗浄した。ここで、次亜塩素酸ソーダを含有する洗浄水8中の次亜塩素酸ソーダの濃度を $5000\text{mg}/\text{L}$ とした。

【0067】

（比較例2）

図13の濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを用いて、被処理水1の濾過処理及び濾過膜の洗浄処理を行った。図13の濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムは、第1の酸化剤（次亜塩素酸ソーダ）を含有する洗浄水8を用いて逆流洗浄を行う手段を有していない点以外は、図7の濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムと基本的に同じである。なお、図13の濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムでは、オゾン水生成塔37に供給する洗浄水8の量を制御するために洗浄水配管12に洗浄水供給バルブ51を設けた。

まず、実施例1と同じ条件にて被処理水1の膜分離活性汚泥処理を行った。

次に、膜間差圧が 40kPa を超えた時に膜分離活性汚泥処理を停止し、濾過膜の逆流洗浄を行った。逆流洗浄では、第2の酸化剤としてオゾンを用い、オゾンを含有する洗浄水8を用いて濾過膜を逆流洗浄した。ここで、オゾンを含有する洗浄水8中のオゾンの濃度を $18\text{mg}/\text{L}$ とした。

【0068】

（比較例3）

図6の濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを用いて、被処理水1の濾過処理及び濾過膜の洗浄処理を行った。

まず、実施例1と同じ条件にて被処理水1の膜分離活性汚泥処理を行った。

次に、膜間差圧が40kPaを超えた時に膜分離活性汚泥処理を停止し、濾過膜の逆流洗浄を行った。逆流洗浄では、第1の酸化剤として次亜塩素酸ソーダ、第2の酸化剤としてオゾンを用い、オゾンを含む洗浄水8を用いて濾過膜を逆流洗浄した後、次亜塩素酸ソーダを含む洗浄水8を用いて濾過膜を逆流洗浄した。ここで、次亜塩素酸ソーダを含む洗浄水8中の次亜塩素酸ソーダの濃度を5000mg/L、オゾンを含む洗浄水8中のオゾンの濃度を18mg/L、次亜塩素酸ソーダを含む洗浄水8とオゾンを含む洗浄水8との体積割合を20:80とした。

【0069】

(比較例4)

図14の濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを用いて、被処理水1の濾過処理及び濾過膜の洗浄処理を行った。図14の濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムは、図13の濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムにおいて、第1の酸化剤貯留槽10を第1の酸化剤供給配管16を介して第2の逆洗配管15に接続することにより、第1の酸化剤及び第2の酸化剤の両方を含む洗浄水8を用いて逆流洗浄ができるような構成を有する。

10

まず、実施例1と同じ条件にて被処理水1の膜分離活性汚泥処理を行った。

次に、膜間差圧が40kPaを超えた時に膜分離活性汚泥処理を停止し、濾過膜の逆流洗浄を行った。逆流洗浄では、第1の酸化剤として次亜塩素酸ソーダ、第2の酸化剤としてオゾンを用い、次亜塩素酸ソーダ及びオゾンの両方を含む洗浄水8を用いて濾過膜を逆流洗浄した。ここで、次亜塩素酸ソーダとオゾンとの混合割合を50:50の体積比とし、当該洗浄水8中の次亜塩素酸ソーダの濃度を5000mg/L、オゾンの濃度を18mg/Lとした。

20

【0070】

実施例1及び比較例1～4において、逆流洗浄に使用した洗浄水8の量と、膜間差圧の回復率との関係について評価した。その結果を図15に示す。

なお、膜間差圧の回復率は、以下の式によって算出した。

膜間差圧の回復率(%) = 逆流洗浄後の膜間差圧 / 逆流洗浄前(濾過処理後)の膜間差圧 × 100

【0071】

図15の結果からわかるように、実施例1では、洗浄水8の量が75mLのときに膜間差圧の回復率が80%を超え、洗浄水8の量が225mLのときに膜間差圧の回復率が100%に達した。これに対して比較例1～4では、洗浄水8の量が200mL以上になると膜間差圧の回復率の増加はほとんど見られず、膜間差圧の回復率が約80%で飽和する傾向が確認された。この結果からわかるように、実施例1の濾過膜の洗浄方法を用いることにより、濾過膜の洗浄効率が大幅に向上させることが可能となる。

30

【0072】

(実施例2)

実施例1と同じ濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを用いて下記の実験を行った。

まず、実施例1と同じ条件にて被処理水1の膜分離活性汚泥処理を12分間行った後、3分間停止した。この処理を1サイクルとして6サイクルごとに膜間差圧を測定しつつ、96サイクル繰り返した。次に、第1の酸化剤として次亜塩素酸ソーダ、第2の酸化剤としてオゾンを用い、次亜塩素酸ソーダを含む洗浄水8を用いて濾過膜を逆流洗浄した後、オゾンを含む洗浄水8を用いて濾過膜を逆流洗浄して膜間差圧を測定した。ここで、次亜塩素酸ソーダを含む洗浄水8中の次亜塩素酸ソーダの濃度を5000mg/L、オゾンを含む洗浄水8中のオゾンの濃度を18mg/L、次亜塩素酸ソーダを含む洗浄水8の量を15mL、オゾンを含む洗浄水8の量を210mL、洗浄時間を15分とした。上記の処理を1日1回行い、膜間差圧の経日変化を評価した。

40

【0073】

(比較例5)

50

比較例 1 と同じ濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを用いて下記の実験を行った。

まず、実施例 1 と同じ条件にて被処理水 1 の膜分離活性汚泥処理を 12 分間行った後、3 分間停止した。この処理を 1 サイクルとして 6 サイクルごとに膜間差圧を測定しつつ、96 サイクル繰り返した。次に、第 1 の酸化剤として次亜塩素酸ソーダを用い、次亜塩素酸ソーダを含有する洗浄水 8 を用いて濾過膜を逆流洗浄して膜間差圧を測定した。ここで、次亜塩素酸ソーダを含有する洗浄水 8 中の次亜塩素酸ソーダの濃度を 5000 mg/L とし、次亜塩素酸ソーダを含有する洗浄水 8 の量を 225 mL 、洗浄時間を 15 分とした。上記の処理を 1 日 1 回行い、膜間差圧の経日変化を評価した。

【0074】

10

(比較例 6)

比較例 2 と同じ濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを用いて下記の実験を行った。

まず、実施例 1 と同じ条件にて被処理水 1 の膜分離活性汚泥処理を 12 分間行った後、3 分間停止した。この処理を 1 サイクルとして 6 サイクルごとに膜間差圧を測定しつつ、96 サイクル繰り返した。次に、第 2 の酸化剤としてオゾンを用い、オゾン含有する洗浄水 8 を用いて濾過膜を逆流洗浄して膜間差圧を測定した。ここで、オゾン含有する洗浄水 8 中のオゾンの濃度を 18 mg/L 、オゾン含有する洗浄水 8 の量を 225 mL 、洗浄時間を 15 分とした。上記の処理を 1 日 1 回行い、膜間差圧の経日変化を評価した。

【0075】

20

(比較例 7)

比較例 3 と同じ濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを用いて下記の実験を行った。

まず、実施例 1 と同じ条件にて被処理水 1 の膜分離活性汚泥処理を 12 分間行った後、3 分間停止した。この処理を 1 サイクルとして 6 サイクルごとに膜間差圧を測定しつつ、96 サイクル繰り返した。次に、第 1 の酸化剤として次亜塩素酸ソーダ、第 2 の酸化剤としてオゾンを用い、オゾン含有する洗浄水 8 を用いて濾過膜を逆流洗浄した後、次亜塩素酸ソーダを含有する洗浄水 8 を用いて濾過膜を逆流洗浄して膜間差圧を測定した。ここで、次亜塩素酸ソーダを含有する洗浄水 8 中の次亜塩素酸ソーダの濃度を 5000 mg/L 、オゾン含有する洗浄水 8 中のオゾンの濃度を 18 mg/L 、次亜塩素酸ソーダを含有する洗浄水 8 の量を 15 mL 、オゾン含有する洗浄水 8 の量を 210 mL 、洗浄時間を 15 分とした。上記の処理を 1 日 1 回行い、膜間差圧の経日変化を評価した。

【0076】

30

(比較例 8)

比較例 4 と同じ濾過膜の洗浄装置を備える水処理システムを用いて下記の実験を行った。

まず、実施例 1 と同じ条件にて被処理水 1 の膜分離活性汚泥処理を 12 分間行った後、3 分間停止した。このような膜分離活性汚泥処理を 1 サイクルとして 6 サイクルごとに膜間差圧を測定しつつ、合計 96 サイクル繰り返した。次に、第 1 の酸化剤として次亜塩素酸ソーダ、第 2 の酸化剤としてオゾンを用い、次亜塩素酸ソーダ及びオゾンの両方を含有する洗浄水 8 を用いて濾過膜を逆流洗浄して膜間差圧を測定した。ここで、次亜塩素酸ソーダとオゾンとの混合割合を 50 : 50 の体積比とし、当該洗浄水 8 中の次亜塩素酸ソーダの濃度を 5000 mg/L 、オゾンの濃度を 18 mg/L 、当該洗浄水 8 の量を 225 mL 、洗浄時間を 15 分とした。上記の処理を 1 日 1 回行い、膜間差圧の経日変化を評価した。

【0077】

40

実施例 2 における膜分離活性汚泥処理 6 サイクルごとの膜間差圧及び逆流洗浄後の膜間差圧の結果を図 16、比較例 6 における膜分離活性汚泥処理 6 サイクルごとの膜間差圧及び逆流洗浄後の膜間差圧の結果を図 17 にそれぞれ示す。

実施例 2 では、図 16 に示すように、被処理水 1 の膜分離活性汚泥処理を行うと、膜間

50

差圧が次第に上昇するものの、逆流洗浄によって膜分離活性汚泥処理前の膜間差圧まで回復させることができた。これに対して比較例 6 では、図 17 に示すように、逆流洗浄によって膜間差圧を低下させることができるものの、膜分離活性汚泥処理前の膜間差圧まで回復させることはできず、逆流洗浄を繰り返すうちに逆流洗浄後の膜間差圧が大きくなる傾向が観察された。なお、比較例 5、7 及び 8 の結果については図示していないが、比較例 5、7 及び 8 は、比較例 6 と同様に、膜分離活性汚泥処理前の膜間差圧まで回復させることができず、逆流洗浄を繰り返すうちに逆流洗浄後の膜間差圧が大きくなる傾向が観察された。

【0078】

図 18 は、実施例 2 及び比較例 5～8 における逆流洗浄後の膜間差圧の経日変化を示す。

10

図 18 に示すように、比較例 5～8 では、1 日目に逆流洗浄後の膜間差圧が大きく上昇し、日数が経過するにつれて逆流洗浄後の膜間差圧が緩やかに上昇した。これに対して実施例 2 では、1 日目だけでなく日数が経過しても、膜分離活性汚泥処理前の膜間差圧とほぼ同等であった。

【0079】

以上の結果からわかるように、本発明によれば、酸化剤及び水の使用量を低減しつつ、被処理水 1 と接する濾過膜の表面 100 に付着した汚濁物質だけでなく、濾過水 103 と接する濾過膜の表面 101 又は濾過膜 102 の孔中に化学的に付着した汚濁物質を効率的に除去し、長期間にわたって濾過性能を維持することが可能な濾過膜の洗浄方法及び洗浄装置を提供することができる。

20

【0080】

なお、本国際出願は、2014 年 8 月 29 日に出願した日本国特許出願第 2014-175329 号に基づく優先権を主張するものであり、これらの日本国特許出願の全内容を本国際出願に援用する。

【符号の説明】

【0081】

1 被処理水、2 被処理水槽、3 膜モジュール、4 濾過水配管、5 被処理水供給配管、6 濾過バルブ、7 濾過ポンプ、8 洗浄水、9 洗浄水槽、10 第 1 の酸化剤貯留槽、11 第 2 の酸化剤貯留槽、12 洗浄水配管、13 切換弁、14 第 1 の逆洗配管、15 第 2 の逆洗配管、16 第 1 の酸化剤供給配管、17 第 2 の酸化剤供給配管、18 第 1 の逆洗バルブ、19 第 1 の逆洗ポンプ、20 第 2 の逆洗バルブ、21 第 2 の逆洗ポンプ、22 第 1 の酸化剤供給バルブ、23 第 1 の酸化剤供給ポンプ、24 第 2 の酸化剤供給バルブ、25 第 2 の酸化剤供給ポンプ、26 洗浄水供給バルブ、27 洗浄水供給ポンプ、28 圧力計、29 濾過水排出配管、30 汚泥引抜配管、31 汚泥循環配管、32 散気装置、33 汚泥引抜ポンプ、34 汚泥循環ポンプ、35 空気供給配管、36 ブロー、37 オゾン水生成塔、38 オゾン供給配管、39 オゾン発生器、40 オゾン反応槽、41 排オゾン処理設備、42 オゾン供給配管、43 オゾン処理水配管、44 排オゾン配管、45 オゾンガス貯蔵槽、46 酸素ガス返送配管、47 酸貯留槽、48 酸供給配管、49 酸供給バルブ、50 酸供給ポンプ、51 洗浄水供給バルブ、52 エジェクタ、53 pH 測定器、54 制御装置、55 信号線、100 被処理水と接する表面、101 濾過水と接する表面、102 孔、103 濾過水。

30

40

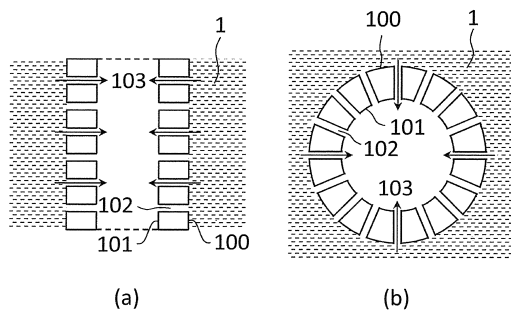
【要約】

本発明の濾過膜の洗浄方法は、酸化剤を含有する少なくとも 2 種の洗浄水を準備し、酸化力が小さい酸化剤を含有する洗浄水から順に用いて濾過膜を洗浄することの特徴とする。また、本発明の濾過膜の洗浄装置は、酸化剤を含有する少なくとも 2 種の洗浄水を用いて濾過膜を洗浄する手段を備え、酸化力が小さい酸化剤を含有する洗浄水から順に用いて濾過膜を洗浄することの特徴とする。本発明の濾過膜の洗浄方法及び洗浄装置は、酸化剤及び水の使用量を低減しつつ濾過膜に付着した汚濁物質を効率的に除去し、長期間にわた

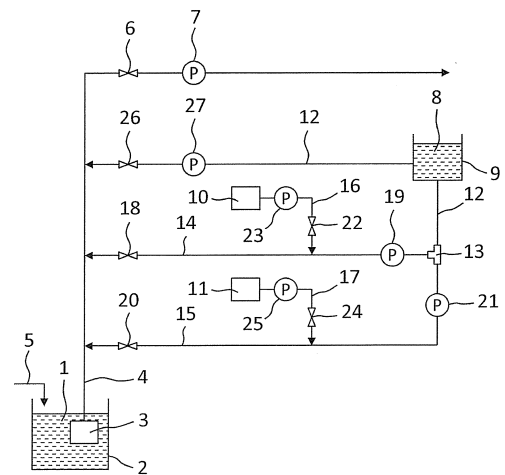
50

って濾過性能を維持することができる。

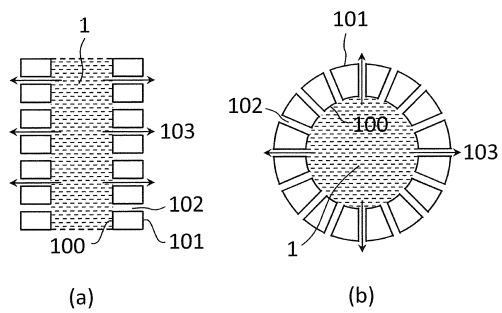
【図 1】



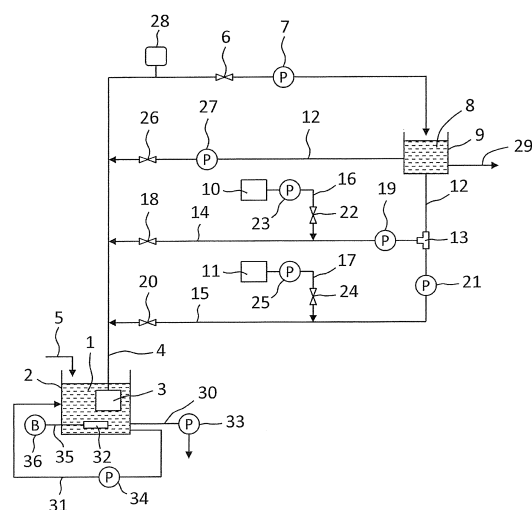
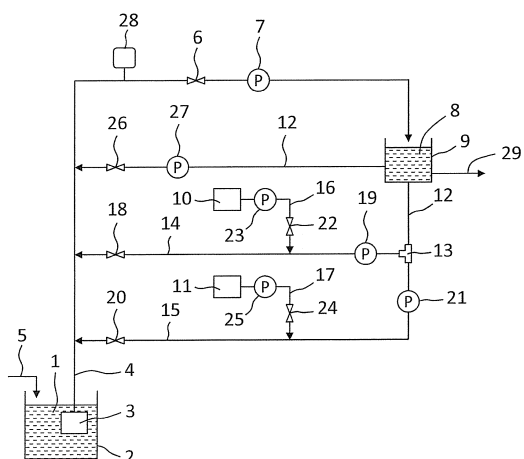
【図 3】



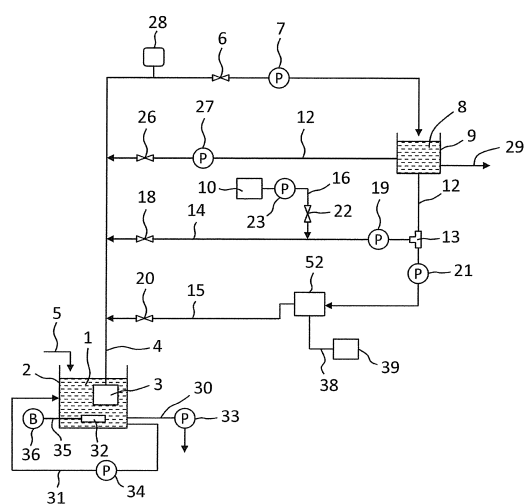
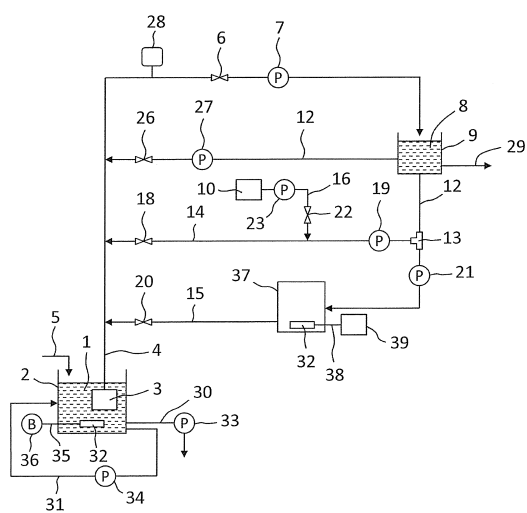
【図 2】



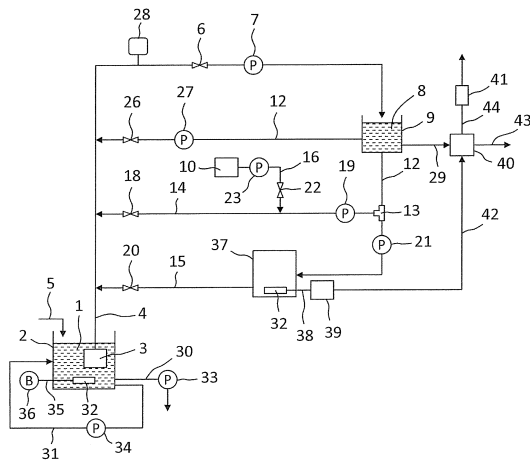
【図 5】



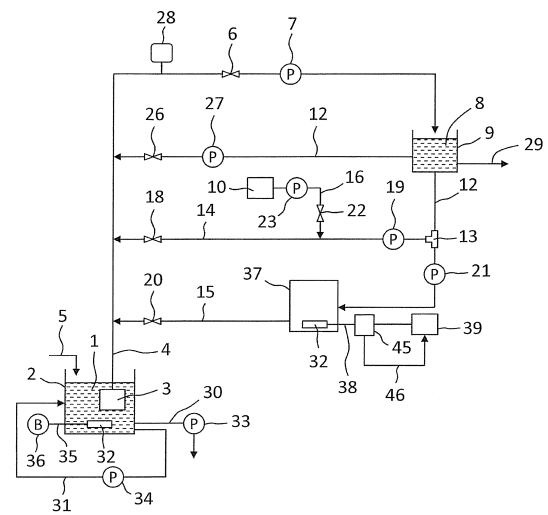
【图 7】



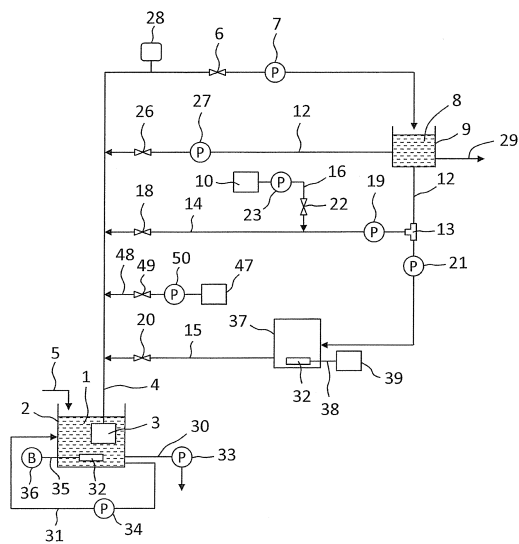
【図 8】



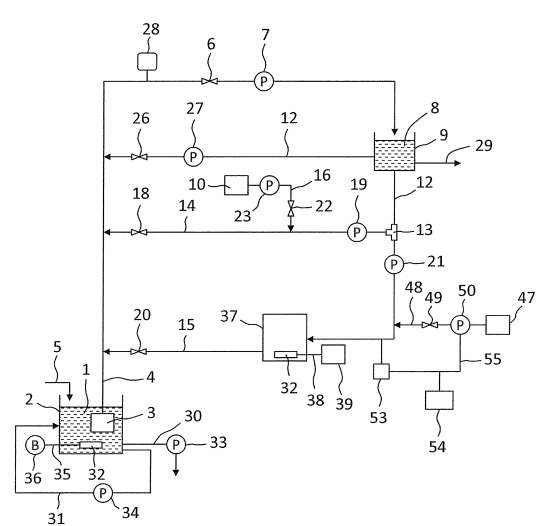
【図 9】



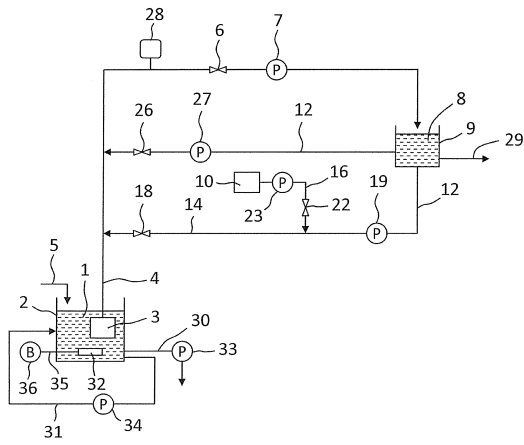
【図 10】



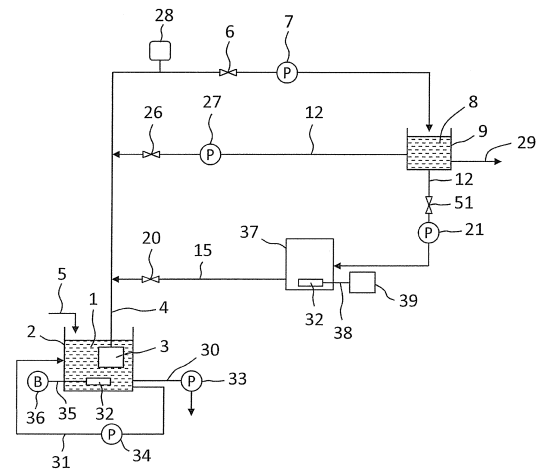
【図 11】



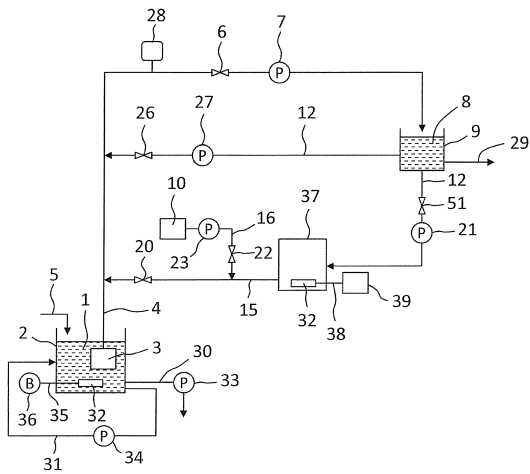
【図 1 2】



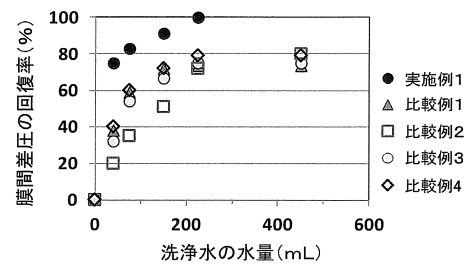
【図 1 3】



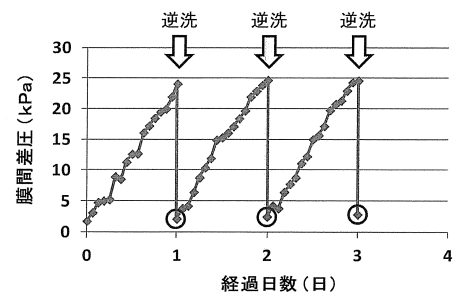
【図 1 4】



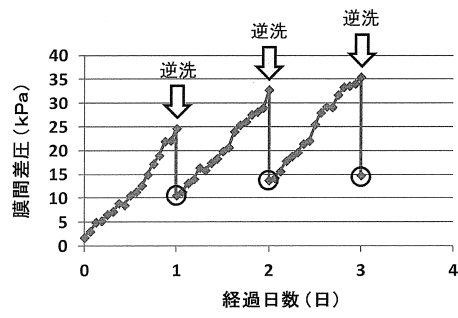
【図 1 5】



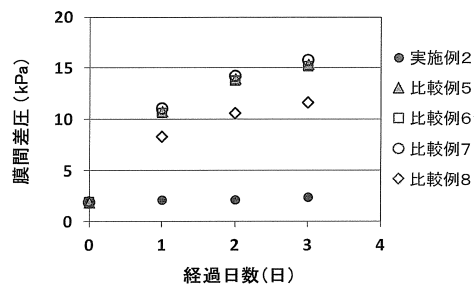
【図 1 6】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

- (72)発明者 明田川 恭平
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 安永 望
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 岡田 三恵

- (56)参考文献 特開2005-351707 (JP, A)
特開2001-070764 (JP, A)
国際公開第2012/077506 (WO, A1)
特開2001-070763 (JP, A)
特開平10-244276 (JP, A)
特開2009-082858 (JP, A)
特開2004-209478 (JP, A)
特開平11-009973 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B01D 65/06
C02F 1/44