

(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
2014年3月27日(27.03.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/045840 A1

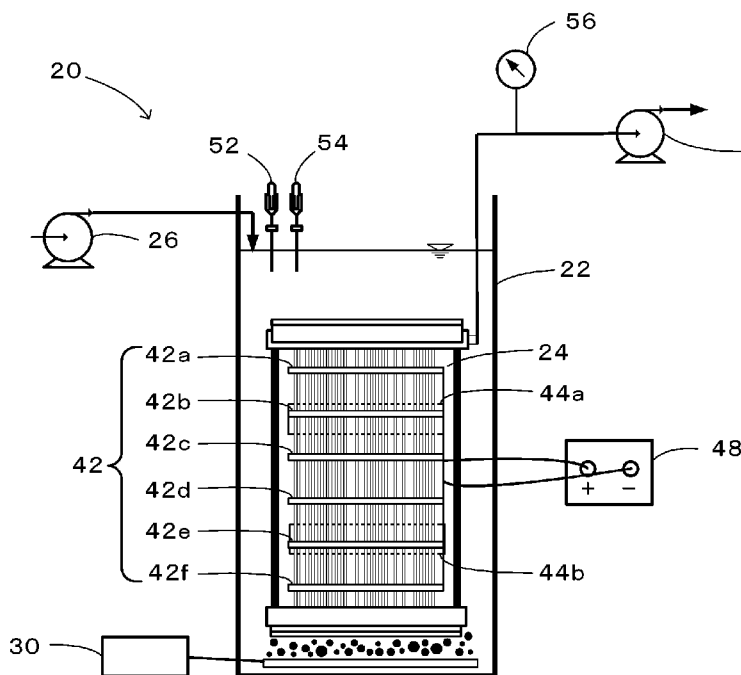
- (51) 国際特許分類:
C02F 3/12 (2006.01) C02F 1/44 (2006.01)
B01D 65/08 (2006.01) C02F 1/461 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/073320
- (22) 国際出願日: 2013年8月30日(30.08.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-204318 2012年9月18日(18.09.2012) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人東京大学 (THE UNIVERSITY OF TOKYO) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山本 和夫 (YAMAMOTO, Kazuo); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). チュン・チョン・ミン (CHUNG, Chong Min); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 飛野 智宏 (TOBINO, Tomohiro); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 特許業務法人アイテック国際特許事務所 (ITEC INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒1410031 東京都品川区西五反田2-19-3 五反田第一生命ビルディング Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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).

[続葉有]

(54) Title: WATER TREATMENT SYSTEM, FILTRATION MEMBRANE MODULE, AND WATER TREATMENT METHOD

(54) 発明の名称: 水処理システムおよび濾過膜モジュール並びに水処理方法



(57) Abstract: In the present invention, an anode (42) is facially arranged at a first distance (1.5 cm) to one surface of a filtration membrane (24) so that untreated water flows in a satisfactory manner to the filtration membrane (24) when water is to be treated using aeration and filtration by the filtration membrane (24), a cathode (44) is arranged so as face the anode (42) at a second distance (3.0 cm) to the other surface of the filtration membrane (24), and a DC electric current is applied to the anode (42) and the cathode (44). The amount of organic matter that causes blockage of the filtration membrane (24) is thereby reduced, organic matter deposited on the surface of the filtration membrane (24) is also removed by oxidative decomposition, and an increase in the filtration resistance in the filtration membrane (24) can be inhibited. As a result, the frequency of washing the filtration membrane (24) can be reduced.

(57) 要約: エアレーションと濾過膜 24 による濾過とを用いて水処理する際に、濾過膜 24 の一方の面に第 1 の距離 (1.5 cm) をもって被処理水の濾過膜 24 への通流が良好に行なわれるように面的にアノード 42 を配置すると共に

濾過膜 24 の他方の面に第 2 の距離 (3.0 cm) をもってアノード 42 に対向するようカソード 44 を配置し、アノード 42 とカソード 44 とに直流電流を印加する。これにより、濾過膜 24 の閉塞を引き起こす有機物量を減少すると共に濾過膜 24 の表面に付着した有機物をも酸化分解除去し、濾過膜 24 における濾過抵抗の上昇を抑制することができる。この結果、濾過膜 24 の洗浄を行なう頻度を少なくすることができる。

WO 2014/045840 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

水処理システムおよび濾過膜モジュール並びに水処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、水処理システムおよび濾過膜モジュール並びに水処理方法に関し、詳しくは、好気性微生物の活性化を促すエアレーションと濾過膜による濾過とを用いて水処理する水処理システムおよびこの水処理システムに用いられる濾過膜モジュール並びに水処理方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、この種の水処理システムとしては、汚水に含まれる汚物を分解する微生物が担持された基材に汚水を接触させ汚物を分解することによって汚水から生物処理水を得る生物処理装置と、生物処理水を濾過膜に透過させて生物処理水に含まれる汚物を含む濃縮処理水と濾過水とに物理的に分離する膜濾過装置と、濃縮処理水を含む処理水を固液分離する固液分離装置と、固液分離装置により固液分離された分離水を生物処理装置に循環させる循環装置とを備えるものが提案されている（例えば、特許文献1参照）。このシステムでは、膜濾過装置により分離された濃縮処理水が膜濾過装置内に滞留することなく外部に取り出されるため、濾過膜の閉塞を回避している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-140017号公報

発明の概要

[0004] 上述の水処理システムのように、生物処理と濾過膜を用いる水処理では、濾過膜に汚物が堆積して膜間差圧（濾過膜の両側の圧力差）が上昇すると、塩素などの薬剤を用いて逆流洗浄などにより濾過膜を洗浄し、濾過性能を回復させることが行なわれている。したがって、膜間差圧の上昇を抑制することができれば、濾過膜の洗浄頻度を少なくすることができると共にシステム

の小型化と効率化とを図ることができる。

[0005] 本発明の水処理システムおよび濾過膜モジュール並びに水処理方法は、水処理システムの濾過膜における膜間差圧の上昇を抑制することを主目的とする。

[0006] 本発明の水処理システムおよび濾過膜モジュール並びに水処理方法は、上述の主目的を達成するために以下の手段を採った。

[0007] 本発明の水処理システムは、

好気性微生物の活性化を促すエアレーションと濾過膜による濾過とを用いて水処理する水処理システムであって、

前記濾過膜の上流側の少なくとも一部に、前記濾過膜による処理前の被処理水の前記濾過膜への通流が可能なように面的に配置されたアノードと、

前記アノードに対向するよう配置されたカソードと、

を備え、

水処理を行なうときには、前記アノードおよび前記カソードに直流電流を供給する、

ことを特徴とする。

[0008] この本発明の水処理システムでは、アノードの表面で有機物を酸化分解する直接的分解と、酸化分解等により生成した酸化的物質が有機物を分解する間接的分解と、が行なわれる。こうした有機物の直接的分解と間接的分解とにより、濾過膜に堆積する堆積量を少なくして、濾過膜の両側の圧力差としての膜間差圧の上昇を抑制することができる。この結果、水処理システムの小型化や効率化を図ることができる。なお、アノードは濾過膜の上流側の全面に亘って面的に配置されている必要はなく、その一部に面的に配置されていてもよい。

[0009] こうした本発明の水処理システムにおいて、前記カソードは、前記アノードに対して前記濾過膜を挟んで対向するよう配置されているものとすることもできる。カソードはアノードに対向して配置されていればよいからである。この場合、前記アノードは、前記濾過膜に1.0cm～3.0cmの範囲

内の距離をもって配置されており、前記カソードは、前記濾過膜に 1.0 cm～5.0 cm の範囲内の距離をもって配置されている、ことを特徴とするものとすることもできる。これらの距離は適合値であり、大きすぎると、電流を流すのに必要な電圧が高くなり、小さすぎると、アノードと濾過膜との間に堆積物が溜まってしまうことに基づく。

[0010] また、本発明の水処理システムにおいて、前記アノードの上流側に前記濾過膜と略平行に配置された前記濾過膜より目の粗い第 2 の濾過膜を備え、前記カソードは、前記第 2 の濾過膜の上流側に配置されている、ことを特徴とするものとすることもできる。このように濾過膜より目の粗い第 2 の濾過膜を備えることにより、有効径の大きな堆積物を第 2 の濾過膜に堆積させることができ、濾過膜の堆積量を少なくすることができる。この結果、濾過膜の両側の圧力差としての膜間差圧の上昇を抑制することができる。また、カソードを第 2 の濾過膜を挟んでアノードに対向するように配置するから、濾過膜の略全面に亘ってアノードとカソードを配置することができ、アノードによる有機物の酸化分解の効果を濾過膜全面に奏することができる。

[0011] こうした第 2 の濾過膜を備える態様の本発明の水処理システムにおいて、前記第 2 の濾過膜は不織布により形成されているものとすることもできる。また、前記アノードは前記濾過膜に 1.0 cm～3.0 cm の範囲内の距離をもって配置されており、前記第 2 の濾過膜は前記アノードに 1.0 cm～3.0 cm の範囲内の距離をもって配置されており、前記カソードは前記第 2 の濾過膜に 1.0 cm～5.0 cm の範囲内の距離をもって配置されている、ことを特徴とするものとすることもできる。これらの距離は適合値であり、大きすぎると、電流を流すのに必要な電圧が高くなり、小さすぎると、アノードと濾過膜との間に堆積物が溜まってしまうことに基づく。

[0012] こうした本発明の水処理システムにおいて、アノードとしては、二酸化イリジウム被覆チタン (Ti/IrO_2 : チタンを二酸化イリジウムで被覆したもの)、二酸化ルテニウム被覆チタン (Ti/RuO_2 : チタンを二酸化ルテニウムで被覆したもの)、二酸化イリジウム・二酸化ルテニウム混合被覆チ

タン ($\text{Ti} / (\text{IrO}_2 + \text{RuO}_2)$) : チタンを二酸化イリジウムと二酸化ルテニウムとの混合物で被覆したもの)、ボロン・ドーピング・ダイヤモンド (BDD : Boron-doped diamond)、白金 (Pt)、酸化鉛 (PbO_2) などを用いることができる。また、カソードとしては、白金被覆チタン (Ti / Pt : チタンを白金で被覆したもの)、白金 (Pt)、鉄 (Fe)、アルミニウム (Al)、炭素 (C)、チタン (Ti) などを用いることができる。

[0013] また、本発明の水処理システムにおいて、アノードとカソードに供給される直流電流は、電流密度として $0.1 \text{ mA} / \text{cm}^2 \sim 0.8 \text{ mA} / \text{cm}^2$ の範囲内となるよう調整されているのが好ましい。これは、 $0.1 \text{ mA} / \text{cm}^2$ 未満では電極反応による有機物の酸化分解量が小さくなり、 $0.8 \text{ mA} / \text{cm}^2$ を超えると、微生物による有機物の分解活性が低下してしまうことに基づく。したがって、電流密度を上述の範囲内とすることにより、電極反応による有機物の酸化分解と微生物による有機物の分解活性との双方により水処理を効率よく行なうことができる。

[0014] さらに、本発明の水処理システムにおいて、アノードは、網目、格子、複数列のうちのいずれかにより面的に配置されているものとすることもできる。これは、非濾過水を濾過膜に通流させる必要性に基づいている。

[0015] 本発明の濾過膜モジュールは、
好気性微生物の活性化を促すエアレーションを用いて水処理する水処理システムに用いられる濾過膜モジュールであって、
濾過処理水を取り出すための中空部を形成するように配置された濾過膜と、
前記濾過膜の外周側の少なくとも一部に、濾過処理前の被処理水の前記濾過膜への通流が可能なように面的に配置されたアノードと、
前記アノードに対向するよう配置されたカソードと、
を備えることを要旨とする。

[0016] この本発明の濾過膜モジュールでは、濾過膜は濾過処理水を取り出すための中空部を形成するように配置されており、アノードは濾過膜の外周側の少

なくとも一部に濾過処理前の被処理水の濾過膜への通流が可能なように面的に配置されており、カソードはアノードに対向するよう配置されている。こうした濾過膜モジュールを対象の被処理水に浸漬させ、エアレーションを行なうと共にアノードとカソードとに直流電流を供給し、中空部から処理水を取り出すように作動させることにより、水処理を行なう。アノードの表面では有機物を酸化分解する直接的分解と、この酸化分解等により生成した酸化的物質が有機物を分解する間接的分解とが行なわれるから、濾過膜に堆積する堆積量を少なくして、濾過膜の両側の圧力差としての膜間差圧の上昇を抑制することができる。この結果、濾過膜モジュールの水処理における効率化を図ることができる。なお、アノードは濾過膜の外周側の少なくとも一部に配置されていればよく、全面に亘って面的に配置されている必要はない。

[0017] こうした本発明の濾過膜モジュールにおいて、前記カソードは、前記濾過膜の外周側に前記アノードとによって前記濾過膜を挟むように配置されている、ものとすることもできる。

[0018] また、本発明の濾過膜のモジュールにおいて、前記濾過膜より目が粗く前記アノードの外周側に配置された第2の濾過膜を備え、前記カソードは、前記第2の濾過膜の外周側に配置されている、ものとすることもできる。このように濾過膜より目の粗い第2の濾過膜を備えることにより、有効径の大きな堆積物を第2の濾過膜に堆積させることができ、濾過膜の堆積量を少なくすることができる。この結果、濾過膜の両側の圧力差としての膜間差圧の上昇を抑制することができる。

[0019] さらに、本発明の濾過膜モジュールにおいて、アノードとしては、二酸化イリジウム被覆チタン (Ti/IrO_2)、二酸化ルテニウム被覆チタン (Ti/RuO_2)、二酸化イリジウム・二酸化ルテニウム混合被覆チタン ($\text{Ti}/(\text{IrO}_2 + \text{RuO}_2)$)、ボロン・ドーパド・ダイヤモンド (BDD: Boron-doped diamond)、白金 (Pt)、酸化鉛 (PbO_2) を用いることができる。また、カソードとしては、白金被覆チタン (Ti/Pt)、白金 (Pt)、鉄 (Fe)、アルミニウム (Al)、炭素 (C)、チタン (Ti) を用いる

ことができる。

[0020] 本発明の水処理方法は、

好気性微生物の活性化を促すエアレーションと濾過膜による濾過とを用いて水処理する水処理方法であって、

水処理中に、前記濾過膜の上流側の少なくとも一部に前記濾過膜による処理前の被処理水の前記濾過膜への通流が可能なように面的に配置されたアノードと、前記アノードに対向するよう配置されたカソードとに、電流密度として $0.1 \text{ mA/cm}^2 \sim 0.8 \text{ mA/cm}^2$ の範囲内の直流電流を印加する、ことを特徴とする。

[0021] この本発明の水処理方法では、アノードの表面で有機物を酸化分解する直接的分解と、酸化分解等により生成した酸化的物質が有機物を分解する間接的分解と、が行なわれる。こうした有機物の直接的分解と間接的分解とにより、濾過膜に堆積する堆積量を少なくして、膜間差圧の上昇を抑制することができる。この結果、水処理システムの小型化や効率化を図ることができる。なお、アノードは濾過膜の一方の面側に全面に亘って面的に配置されている必要はなく、その一部に面的に配置されていてもよい。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明の第1実施例としての水処理システム20の構成の概略を示す構成図である。

[図2]第1実施例の水処理システム20の濾過膜24を中心に図1中左側面から見た際の構成の概略を示す構成図である。

[図3]第1実施例の水処理システム20におけるアノード42による作用を比較例と共に模式的に示す説明図である。

[図4]第1実施例における実験例の水処理システムの諸元を一覧表として示す説明図である。

[図5]第1実施例における実験例における被処理水の組成を一覧表として示す説明図である。

[図6]第1実施例における実験例で水処理を継続した際の第1実施例と比較例

における時間と膜間差圧との関係を示す。

[図7]第1実施例と比較例に対する実験例における洗浄日、全濾過抵抗、物理洗浄で回復可能な濾過抵抗(%)、物理洗浄で回復不能な濾過抵抗(%)を一覧表として示す説明図である。

[図8]第1実施例と比較例に対する実験例の物理洗浄の際に濾過膜24の表面に堆積したケーキ層中の溶解性細胞外高分子ポリマーと結合性細胞外高分子ポリマーの量を一覧表として示す説明図である。

[図9]電流密度と基質消費速度との関係を示す説明図である。

[図10]電流密度とアンモニア消費速度との関係を示す説明図である。

[図11]第2実施例としての水処理システム120の構成の概略を示す構成図である。

[図12]第2実施例の水処理システム120に用いられる濾過膜モジュール123の構成の概略を示す構成図である。

[図13]第2実施例における実験例の水処理システムの諸元を一覧表として示す説明図である。

[図14]第2実施例における実験例における被処理水の組成を一覧表として示す説明図である。

[図15]第2実施例における実験例で用いるタイプAの濾過膜モジュール123AとタイプBの濾過膜モジュール123Bの構成を示す。

[図16]タイプAの濾過膜モジュール123Aを用いたときの時間と膜間差圧との関係を示す説明図である。

[図17]第2実施例における実験例の全濾過抵抗と物理洗浄で除去可能な濾過抵抗と物理洗浄で除去されない濾過抵抗を示す。

[図18]タイプBの濾過膜モジュール123Bを用いたときの時間と膜間差圧との関係を示す説明図である。

[図19]変形例の濾過膜モジュール223の一例を示す構成図である。

[図20]変形例の濾過膜モジュール223の一例を示す構成図である。

発明を実施するための形態

[0023] 次に、本発明を実施するための形態を実施例を用いて説明する。

[0024] 図1は本発明の第1実施例としての水処理システム20の構成の概略を示す構成図であり、図2は第1実施例の水処理システム20の濾過膜24を中心に図1中左側面から見た際の構成の概略を示す構成図である。第1実施例の水処理システム20は、図示するように、処理槽22に配置され処理水を取り出す中空部を形成する濾過膜24と、処理槽22に被処理水を供給する供給ポンプ26と、濾過膜24に形成された中空部の処理水を排出する排出ポンプ28と、処理槽22の底部近傍に配置されて被処理水に対してエアレーションを行なうエアレーション装置30と、濾過膜24の一方の面に第1の距離（第1実施例では、1.5cm）をもって被処理水の濾過膜24への通流が良好に行なわれるように面的に配置されたアノード42と、濾過膜24の他方の面に第2の距離（第1実施例では、3.0cm）をもってアノード42に対向するよう配置されたカソード44と、アノード42とカソード44とに直流電流を供給する直流電源48と、を備える。なお、第1実施例の水処理システム20には、被処理水の溶存酸素やPH、温度などを検出する各種水質センサ52や、処理槽22の水位を検出する水位センサ54、濾過膜24の両側の圧力差としての膜間差圧を検出するための圧力センサ56などが取り付けられている。

[0025] アノード42は、第1実施例では、二酸化イリジウム被覆チタン（ Ti/IrO_2 ：チタンを二酸化イリジウムで被覆したもの）により形成されて水平方向に平行に配置された6本のアノード板42a～42fを導電性を有する複数の連結ライン43により連結することにより構成されている。したがって、被処理水は、アノード板42a～42fの間を通過して容易に濾過膜24に流れることができる。アノード42としては、二酸化イリジウム被覆チタン（ Ti/IrO_2 ）だけでなく、二酸化ルテニウム被覆チタン（ Ti/RuO_2 ：チタンを二酸化ルテニウムで被覆したもの）や二酸化イリジウム・二酸化ルテニウム混合被覆チタン（ $Ti/(IrO_2+RuO_2)$ ：チタンを二酸化イリジウムと二酸化ルテニウムとの混合物で被覆したもの）、ボロン・ドー

ブド・ダイヤモンド（BDD：Boron-doped diamond）、白金（Pt）、酸化鉛（PbO₂）などを用いることができる。これらのうちアノードにおける塩素生成効率としては、 $Ti/IrO_2 > Ti/RuO_2 \approx Ti/(IrO_2 + RuO_2) \gg BDD > Pt$ となる。

[0026] カソード44は、第1実施例では、白金被覆チタン（Ti/Pt：チタンを白金で被覆したもの）により形成されて水平方向に平行に配置された2枚のカソード板44a、44bを導電性を有する複数の連結ライン45により連結することにより構成されている。カソード44としては、白金被覆チタン（Ti/Pt）だけでなく、白金（Pt）や鉄（Fe）、アルミニウム（Al）、炭素（C）、チタン（Ti）などを用いることができる。

[0027] こうして構成された第1実施例の水処理システム20では、エアレーション装置30によるエアレーションとアノード42およびカソード44への電流の印加を伴って被処理水の濾過処理が行なわれる。図3に、第1実施例の水処理システム20におけるアノード42による作用を比較例と共に模式的に示す。ここで、比較例としては、第1実施例の水処理システム20からアノード42およびカソード44を除いたものである。被処理水中の有機物（例えば、結合性細胞外高分子ポリマーなど）は、加水分解や拡散などによりその一部は、コロイド状の溶解性有機物となるが、多くはそのままの形態を保持するため、比較例に示すように、濾過膜24に堆積し、膜間差圧を上昇させる。一方、第1実施例では、アノード42の電極表面で有機物が直接的に酸化分解されると共にアノード42の電極反応によって生成される酸化的物質により有機物が間接的に酸化分解され、濾過膜24の表面に付着した有機物も間接的に酸化分解される。即ち、第1実施例では、濾過膜24の閉塞を引き起こす有機物量を減少すると共に濾過膜24の表面に付着した有機物も酸化分解除去することにより、比較例に比して、膜間差圧の上昇を抑制することができる。また、有効孔径未満のコロイド状の溶解性有機物や溶質は濾過膜24を透過するため、膜間差圧の上昇を更に抑制することができる。

[0028] アノード42の電極反応による酸化的物質の生成としては、以下のものを

挙げることができる。

- (1) ヒドロキシラジカル ($\cdot\text{OH}$)
- (2) 過酸化水素 (H_2O_2)
- (3) オゾン (O_3)
- (4) 塩素および次亜塩素酸 (イオン) (Cl_2 , HClO , ClO^-)

[0029] アノード42において想定される反応は以下のとおりである。以下で、「M」は電極を形成する金属を示しており、「R」は有機物を示しており、「Products」は有機物が分解されて得られるものを示している。

- (1) $\text{M} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{M}(\cdot\text{OH}) + \text{H}^+ + \text{e}^-$
- (2) $\text{M}(\cdot\text{OH}) + \text{R} \rightarrow \text{M} + \text{Products}$
- (3) $\text{M}(\cdot\text{OH}) \rightarrow \text{M} + (1/2) \text{O}_2 + \text{H}^+ + \text{e}^-$
- (4) $2 \text{M}(\cdot\text{OH}) \rightarrow 2 \text{M} + \text{H}_2\text{O}_2$
- (5) $\cdot\text{OH} \rightarrow \cdot\text{O} + \text{H}^+ + \text{e}^- + \text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3$
- (6) $\text{M} + \text{Cl}^- \rightarrow \text{M}(\cdot\text{Cl}) + \text{e}^-$, $2 \text{M}(\cdot\text{Cl}) \rightarrow 2 \text{M} + \text{Cl}_2$
- (7) $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HClO} + \text{Cl}^- + \text{H}^+$
- (8) $\text{HClO} \leftrightarrow \text{ClO}^- + \text{H}^+$

[0030] なお、カソード44では、以下の電極反応が生じる。

- (1) $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$

[0031] 次に、第1実施例の水処理システム20による具体的な実験例を示す。実験例の水処理システムの諸元を図4の諸元表に示す。実験例では、図4に示すように、以下の諸元とした。

- (1) 処理槽22の有効容量を5.5 (L)
- (2) 濾過膜24の膜材質をポリフッ化ビニリデン (PolyVinylidene Difluoride: PVDF)
- (3) 濾過膜24の公称孔径を0.4 (μm)
- (4) 有効膜面積を500 (cm^2)
- (5) 平均濾過フラックスを0.35 ($\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$) (7分間オンで1分間オフのインターバル)

(6) エアレーション装置 30 によるエアレーション流量 (散気流量) を 2 (L / m i n)

(7) 処理槽 22 における水理的滞留時間を 8.7 (h r)

(8) 汚泥滞留時間を 110 (d a y)

[0032] 実験例で用いた被処理水の組成を図 5 に示す。被処理水は、産業排水を想定し、電流密度を高めるために、一般的な都市下水よりも塩濃度 (N a C l) を高めるものとした。組成を以下に示す。

(1) グルコース (Glucose) を C O D (Chemical Oxygen Demand : 化学的酸素要求量) として 300 (m g / L)

(2) 酵母エキス (Yeast extract) を 40 (m g / L)

(3) 塩化アンモニウム (N H₄C l) をアンモニウムイオン (N H₄⁺) の窒素 (N) として 30 (m g / L)

(4) リン酸一カリウム (K H₂P O₄) とリン酸水素二カリウム (K₂H P O₄) をリン酸イオン (P O₄⁻) としてのリン (P) として 5 (m g / L)

(5) 塩化ナトリウム (N a C l) を塩素イオン (C l⁻) として 355 (m g / L)

(6) 塩化カルシウム・二水和物 (C a C l₂ · 2 H₂O) を 14 (m g / L)

(7) 塩化カリウム (K C l) を 36 (m g / L)

(8) 硫酸マグネシウム七水和物 (M g S O₄ · 7 H₂O) を 90 (m g / L)

(9) 炭酸水素ナトリウム (N a H C O₃) を 126 (m g / L)

(10) 塩化鉄 (III) ・六水和物 (F e C l₃ · 6 H₂O) を 0.45 (m g / L)

(11) ホウ酸 (H₃B O₃) を 0.045 (m g / L)

(12) 硫酸銅・五水和物 (C u S O₄ · 5 H₂O) を 0.009 (m g / L)

(13) ヨウ化カリウム (K I) を 0.054 (m g / L)

(14) 塩化マンガン・二水和物 (M n C l₂ · 2 H₂O) を 0.036 (m g / L)

(15) モリブデン酸ナトリウム・二水和物 (N a₂M o O₄ · 2 H₂O) を 0.

0.18 (mg/L)

(16) 硫酸亜鉛・七水和物 ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) を 0.003 (mg/L)

(17) 塩化コバルト・六水和物 ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) を 0.045 (mg/L)

[0033] 図6に、実験例で水処理を継続した際の第1実施例と比較例における時間と膜間差圧との関係を示す。ここで、「膜間差圧」は、濾過膜24の膜両側の圧力の差であり、膜間差圧が大きいほど膜目詰まりが大きいことを意味する。図中、白丸印（図中左上の凡例の上段）は比較例（アノードもカソードもないもの）であり、黒丸印（図中左上の凡例の下段）は第1実施例でアノード42とカソード44に印加した電流の電流密度を $0.4 \text{ (mA/cm}^2\text{)}$ としたときのものである。なお、図中、下向きの三角印（図中左上の凡例の中段）は参考例として第1実施例でアノード42とカソード44に電流を印加しない場合（電流密度を $0 \text{ (mA/cm}^2\text{)}$ としたとき）のものである。また、図中、下向き矢印は、ブラシにて濾過膜24の表面のケーキ層を除去した後、水道水で逆流洗浄する物理洗浄を行なったことを示している。図示するように、比較例では、57日間のうち、14日、27日、33日、44日、55日の5回、膜間差圧の上昇により物理洗浄が行なわれている。参考例では、57日間のうち、14日、27日、33日、44日、57日の5回、膜間差圧の上昇により物理洗浄が行なわれている。第1実施例では、57日間のうち、16日、36日、57日の3回、膜間差圧の上昇により物理洗浄が行なわれている。この実験例から、第1実施例の水処理システム20のアノード42とカソード44に電流を印加して水処理することにより、膜間差圧の上昇により物理洗浄の頻度を3/5程度に少なくすることができることが解る。第1実施例と比較例に対する実験例における物理洗浄を行なった洗浄日、全濾過抵抗、物理洗浄で回復可能な濾過抵抗の割合（%）、物理洗浄で回復不能な濾過抵抗の割合（%）の一覧を図7に示す。図示するように、第1実施例における物理洗浄で回復不能な濾過抵抗の割合（%）は比較例よ

り小さくなっている。これにより、第1実施例の水処理システム20でアノード42とカソード44に電流を印加して水処理したときの物理洗浄の洗浄効果は、比較例に比して良いことが解る。

[0034] 図8に、第1実施例と比較例に対する実験例の物理洗浄の際に濾過膜24の表面に堆積したケーキ層中の溶解性細胞外高分子ポリマーと結合性細胞外高分子ポリマーの量を一覧表として示す。第1実施例では、比較例に比して、溶解性細胞外高分子ポリマーの量が減少している。これは、アノード42の電極反応等により、濾過膜24の閉塞を引き起こす有機物量が減少していること、濾過膜24の表面に付着した有機物が間接的に酸化分解除去されていること、濾過膜24を透過可能な有効孔径未満のコロイド状の溶解性有機物や溶質になっていること、などに基づく。これにより、第1実施例の水処理システム20でアノード42とカソード44に電流を印加して水処理することにより、濾過抵抗の上昇を抑制することができるのが解る。

[0035] 図9は電流密度と基質消費速度との関係を示す説明図であり、図10は電流密度とアンモニア消費速度との関係を示す説明図である。ここで、基質消費速度の単位中「TOC」は、全有機炭素 (Total Organic Carbon) を意味している。また、図中、丸印は6時間の通電後の状態を示し、下向き三角印は12時間の通電後の状態を示し、四角印は18時間の通電後の状態を示す。基質消費速度とアンモニア消費速度は、被処理水に含まれる微生物（好気性微生物）による水処理（生物処理あるいは微生物処理）の活性を示しているから、図示するように、電流密度が $0.8 \text{ (mA/cm}^2\text{)}$ 以上となると、微生物による活性が低下する。これにより、第1実施例の水処理システム20のアノード42とカソード44に印加する電流は、電流密度として $0.1 \text{ (mA/cm}^2\text{)} \sim 0.8 \text{ (mA/cm}^2\text{)}$ までの範囲内、特に微生物による水処理の活性が低下しない $0.4 \text{ (mA/cm}^2\text{)}$ 前後であることが望ましいことが解る。

[0036] 以上説明した第1実施例の水処理システム20によれば、エアレーションと濾過膜24による濾過とを用いて水処理する際に、濾過膜24の一方の面

に第1の距離（第1実施例では、1.5 cm）をもって被処理水の濾過膜24への通流が良好に行なわれるように面的にアノード42を配置すると共に濾過膜24の他方の面に第2の距離（第1実施例では、3.0 cm）をもってアノード42に対向するようカソード44を配置し、アノード42とカソード44とに直流電流を供給することにより、アノード42における電極反応等により、濾過膜24の閉塞を引き起こす有機物量を減少すると共に濾過膜24の表面に付着した有機物をも酸化分解除去し、濾過膜24における濾過抵抗の上昇を抑制することができる。この結果、比較例に比して、濾過膜24の物理洗浄を行なう頻度を少なくすることができる。しかも、アノード42とカソード44とに印加する直流電流を電流密度として $0.1 \text{ (mA/cm}^2\text{)} \sim 0.8 \text{ (mA/cm}^2\text{)}$ の範囲内、更に好ましくは $0.4 \text{ (mA/cm}^2\text{)}$ 前後とすることにより、微生物による水処理の活性の低下を抑制することができるから、微生物による水処理の効果に重疊的にアノード42の電極反応による水処理の効果を加えることができる。これらの結果、水処理システム20の小型化や高効率化を図ることができる。

[0037] 第1実施例の水処理システム20では、濾過膜24の一方の面に第1の距離として1.5 cmをもって面的にアノード42を配置するものとしたが、濾過膜24とアノード42との距離は1.5 cmに限定されるものではなく、アノード42が濾過膜24に堆積するケーキ層に接触しない程度であればよいから、例えば1.0 cm～3.0 cmの範囲内で適宜決めればよい。また、第1実施例の水処理システム20では、濾過膜24の他方の面に第2の距離として3.0 cmをもってアノード42に対向するようカソード44を配置するものとしたが、濾過膜24とカソード44との距離は3.0 cmに限定されるものではなく、濾過膜24とカソード44とが接触しない程度であればよいから、例えば1.0 cm～5.0 cmの範囲内で適宜決めればよい。

[0038] 第1実施例の水処理システム20では、6本のアノード板42a～42fを水平方向に略等間隔に配置し、これらを導電性を有する複数の連結ライン

4 3 により連結することによってアノード 4 2 を構成するものとしたが、アノードは、被処理水の濾過膜 2 4 への通流が良好に行なわれるよう面的に配置されていればよいから、6 本のアノード板 4 2 a ~ 4 2 f を垂直方向に略等間隔に配置するものとしたり、アノードを網目状に構成したり、アノードを格子状に構成したりしてもよい。

[0039] 第 1 実施例の水処理システム 2 0 では、濾過膜 2 4 の上流側のほぼ全面にアノード 4 2 を配置すると共に濾過膜 2 4 の下流側にアノード 4 2 に対向するようカソード 4 4 を配置するものとしたが、濾過膜の上流側に下方から濾過膜の面積の半分や $1/4$ などのように一部にアノードを配置するものとしてもよい。

[0040] なお、第 1 実施例の水処理システム 2 0 では、濾過膜 2 4 とアノード 4 2 とカソード 4 4 とにより濾過膜モジュール 2 3 が形成されている。即ち、濾過膜モジュール 2 3 は、処理水を取り出す中空部を形成する濾過膜 2 4 と、濾過膜 2 4 の一方の面に被処理水の濾過膜 2 4 への通流が良好に行なわれるように面的に配置されたアノード 4 2 と、濾過膜 2 4 の他方の面にアノード 4 2 に対向するよう配置されたカソード 4 4 とにより形成されている。

[0041] 次に、本発明の第 2 実施例の水処理システム 1 2 0 について説明する。図 1 1 は第 2 実施例としての水処理システム 1 2 0 の構成の概略を示す構成図であり、図 1 2 は第 2 実施例の水処理システム 1 2 0 に用いられる濾過膜モジュール 1 2 3 の構成の概略を示す構成図である。第 2 実施例の水処理システム 2 0 は、図示するように、処理槽 1 2 2 に配置された濾過膜モジュール 1 2 3 と、処理槽 1 2 2 に被処理水を供給する供給ポンプ 1 2 6 と、濾過膜モジュール 1 2 3 から処理水を排出する排出ポンプ 1 2 8 と、処理槽 1 2 2 の底部近傍に配置されて被処理水に対してエアレーションを行なうエアレーション装置 1 3 0 と、濾過膜モジュール 1 2 3 に直流電流を供給する直流電源 1 4 8 と、を備える。なお、第 2 実施例の水処理システム 1 2 0 でも、被処理水の溶存酸素や P H, 温度などを検出する各種水質センサ 1 5 2 や、処理槽 1 2 2 の水位を検出する水位センサ 1 5 4, 濾過膜濾過膜モジュール 1

23における膜間差圧を検出するための圧力センサ156などが取り付けられている。

[0042] 濾過膜モジュール123は、図12に示すように、中空部124aを形成する2枚の第1濾過膜124と、第1濾過膜124の両外側に第1濾過膜124と第1の距離（第2実施例では、1.5cm）をもって被処理水の第1濾過膜124への通流が良好に行なわれるように面的に配置された2つのアノード142と、2つのアノード142の両外側にアノード142と第2の距離（第2実施例では、3cm）をもって配置された第2濾過膜125と、第2濾過膜125の両外側に第2濾過膜125と第3の距離（第2実施例では、3.0cm）をもって被処理水の第2濾過膜125への通流が良好に行なわれるように面的に配置された2つのカソード144と、を備える。なお、排出ポンプ128は、中空部124aの処理水を排出することになる。

[0043] 第1濾過膜124は、例えば、公称孔径が0.4 μ mのポリエチレン膜（PE）を用いることができ、第2濾過膜125は、第1濾過膜124より目が粗い不織布を用いることができる。ここで、第2濾過膜125の役割は、被処理水中の比較的大きな浮遊物を除去することにより、第1濾過膜124の濾過閉塞を抑制することである。したがって、第2濾過膜125は、第1濾過膜124より目が粗いものであればよいから、不織布以外を用いてもよい。

[0044] アノード142は、第1実施例のアノード42と同様に、二酸化イリジウム被覆チタン（Ti/IrO₂：チタンを二酸化イリジウムで被覆したもの）により形成されて水平方向に平行に配置された複数のアノード板を導電性を有する複数の連結ラインにより連結することにより構成されている。アノード142としては、二酸化イリジウム被覆チタン（Ti/IrO₂）だけでなく、二酸化ルテニウム被覆チタン（Ti/RuO₂：チタンを二酸化ルテニウムで被覆したもの）や二酸化イリジウム・二酸化ルテニウム混合被覆チタン（Ti/（IrO₂+RuO₂）：チタンを二酸化イリジウムと二酸化ルテニウムとの混合物で被覆したもの）、ボロン・ドーパド・ダイヤモンド（BDD

: Boron-doped diamond)、白金 (Pt)、酸化鉛 (PbO₂) などを用いることができる。これらのうちアノードにおける塩素生成効率としては、Ti/IrO₂ > Ti/RuO₂ ≒ Ti/(IrO₂ + RuO₂) >> BDD > Pt となる。

[0045] カソード144も、第1実施例のカソード44と同様に、白金被覆チタン (Ti/Pt: チタンを白金で被覆したもの) により形成されて水平方向に平行に配置された複数のカソード板を導電性を有する複数の連結ラインにより連結することにより構成されている。カソード144としては、白金被覆チタン (Ti/Pt) だけでなく、白金 (Pt) や鉄 (Fe)、アルミニウム (Al)、炭素 (C)、チタン (Ti) などを用いることができる。

[0046] こうして構成された第2実施例の水処理システム120では、エアレーション装置130によるエアレーションとアノード142およびカソード144への電流の印加を伴って被処理水の濾過処理が行なわれる。第2実施例でも、図3を用いて説明したように、アノード142の電極表面で有機物が直接的に酸化分解されると共にアノード142の電極反応によって生成される酸化的物質により有機物が間接的に酸化分解され、第1濾過膜124の表面に付着した有機物も間接的に酸化分解される。即ち、第2実施例でも、第1濾過膜124の閉塞を引き起こす有機物量を減少すると共に第1濾過膜124の表面に付着した有機物も酸化分解除去することにより、膜間差圧の上昇を抑制する。第2実施例では、第1濾過膜124の両外側に、第1濾過膜124より目の粗い第2濾過膜125を配置しているから、被処理水中の比較的大きな浮遊物については第2濾過膜125により捕捉するため、第1濾過膜124の膜間差圧の上昇を抑制することができる。

[0047] アノード142の電極反応による酸化的物質の生成やアノード142において想定される反応、カソード144の電極反応などについては、第1実施例と同様であり、これらについては詳述した。

[0048] 次に、第2実施例の水処理システム120による具体的な実験例を示す。実験例の水処理システムの諸元を図13の諸元表に示す。実験例では、図1

3に示すように、以下の諸元とした。

- (1) 処理槽 1 2 2 の有効容量を 1 3 (L)
- (2) 第 1 濾過膜 1 2 4 の膜材質をポリエチレン (polyethylene)
- (3) 第 1 濾過膜 1 2 4 の公称孔径を 0. 4 (μm)
- (4) 第 2 濾過膜 1 2 5 の材質を不織布
- (5) 膜面積を第 1 濾過膜 1 2 4 で 1 (m^2)、第 2 濾過膜 1 2 5 で 0. 0 9 7 (m^2)
- (6) アノード 1 4 2 およびカソード 1 4 4 への印加電流を 5 (mA / cm^2) (3 0 秒オンで 2 分 3 0 秒オフのインターバル)
- (7) 平均濾過フラックスを第 1 濾過膜 1 2 4 で 0. 3 1 ($\text{m}^3 / \text{m}^2 \text{d}$)、第 2 濾過膜 1 2 5 で 3. 1 7 ($\text{m}^3 / \text{m}^2 \text{d}$)
- (8) アノード 1 4 2 およびカソード 1 4 4 の面積を共に 5 0 (cm^2)

[0049] 実験例で用いた被処理水の組成を図 1 4 に示す。被処理水は、一般的な下水を想定した。組成を以下に示す。

- (1) グルコース (Glucose) を COD (Chemical Oxygen Demand : 化学的酸素要求量) として 1 0 0 (mg / L)
- (2) 塩化アンモニウム (NH_4Cl) をアンモニウムイオン (NH_4^+) の窒素 (N) として 1 0 (mg / L)
- (3) リン酸一カリウム (KH_2PO_4) とリン酸水素二カリウム (K_2HPO_4) をリン酸イオン (PO_4^-) としてのリン (P) として 2 (mg / L)
- (4) 塩化ナトリウム (NaCl) を塩素イオン (Cl^-) として 1 1 8 (mg / L)

[0050] 図 1 5 に、実験例で用いるタイプ A の濾過膜モジュール 1 2 3 A とタイプ B の濾過膜モジュール 1 2 3 B の構成を示す。図示するように、タイプ A の濾過膜モジュール 1 2 3 A では、アノード 1 4 2 とカソード 1 4 4 はモジュールの下方に配置されており、タイプ B の濾過膜モジュール 1 2 3 B では、アノード 1 4 2 とカソード 1 4 4 はモジュールの中央に配置されている。

[0051] 図 1 6 に、タイプ A の濾過膜モジュール 1 2 3 A を用いたときの時間と膜

間差圧との関係を示す。ここで、「膜間差圧」は、濾過膜モジュール 1 2 3 A の中空部 1 2 4 a と処理槽 1 2 2 との圧力の差であり、膜間差圧が大きいほど膜目詰まりが大きいことを意味する。図中、白丸印（図中左上の凡例の上段）はタイプ A の濾過膜モジュール 1 2 3 A を用いて電流を印加したものであり、白三角印（図中左上の凡例の中段）はタイプ A の濾過膜モジュール 1 2 3 A を用いるが電流は印加しなかったものであり、白四角印（図中左上の凡例の下段）は第 2 濾過膜 1 2 5 とアノード 1 4 2 とカソード 1 4 4 とを備えない第 1 濾過膜 1 2 4 のみの濾過膜モジュールを用いた比較例である。図示するように、比較例に比して電流の印加がなくてもタイプ A の濾過膜モジュール 1 2 3 A を用いる方が膜間差圧は小さくなるが、電流を印加することにより、更に膜間差圧が小さくなっているのが解る。図 1 7 に、実験例の全濾過抵抗と物理洗浄で除去可能な濾過抵抗と物理洗浄で除去されない濾過抵抗を示す。比較例に比して、電流の印加がなくてもタイプ A の濾過膜モジュール 1 2 3 A を用いる方が物理洗浄で除去されない濾過抵抗が小さくなるが、電流を印加することにより、更に物理洗浄で除去されない濾過抵抗が小さくなっている。これにより、電流を印加したタイプ A の濾過膜モジュール 1 2 3 A を用いて水処理したときの物理洗浄の効果は、比較例や電流を印加しない場合に比して良いことが解る。

[0052] 図 1 8 に、タイプ B の濾過膜モジュール 1 2 3 B を用いたときの時間と膜間差圧との関係を示す。図中、白丸印（図中左上の凡例の上段）はタイプ B の濾過膜モジュール 1 2 3 B を用いて電流を印加したものであり、白三角印（図中左上の凡例の中段）はタイプ B の濾過膜モジュール 1 2 3 B を用いるが電流を印加しなかったものであり、白四角印（図中左上の凡例の下段）は第 2 濾過膜 1 2 5 とアノード 1 4 2 とカソード 1 4 4 とを備えない第 1 濾過膜 1 2 4 のみの濾過膜モジュールを用いた比較例である。図示するように、比較例に比して電流の印加がなくてもタイプ B の濾過膜モジュール 1 2 3 B を用いる方が膜間差圧は小さくなるが、電流を印加することにより、更に膜間差圧が小さくなっているのが解る。

[0053] 以上説明した第2実施例の水処理システム120によれば、エアレーションを伴って濾過膜モジュール123を用いてアノード142とカソード144に直流電流を印加することにより、アノード142における電極反応等によって、第1濾過膜124の閉塞を引き起こす有機物量を減少すると共に第1濾過膜124の表面に付着した有機物をも酸化分解除去し、第1濾過膜124における濾過抵抗の上昇を抑制することができる。この結果、比較例に比して、物理洗浄を行なう頻度を少なくすることができる。しかも、第2濾過膜125を第1濾過膜124の両外側（上流側）に配置することにより、被処理水中の比較的大きな浮遊物を除去するから、第1濾過膜124の濾過抵抗の上昇を更に抑制することができる。もとより、アノード142とカソード144とに印加する直流電流を電流密度として $0.1 \text{ (mA/cm}^2\text{)} \sim 0.8 \text{ (mA/cm}^2\text{)}$ の範囲内、更に好ましくは $0.4 \text{ (mA/cm}^2\text{)}$ 前後とすることにより、微生物による水処理の活性の低下を抑制することができるから、微生物による水処理の効果に重疊的にアノード42の電極反応による水処理の効果を加えることができる。これらの結果、水処理システム120の小型化や高効率化を図ることができる。

[0054] 第2実施例の水処理システム120では、第1濾過膜124から第1の距離として 1.5 cm をもってアノード142を配置するものとしたが、第1濾過膜24とアノード142との距離は 1.5 cm に限定されるものではなく、アノード142が第1濾過膜124に堆積するケーキ層に接触しない程度であればよいから、例えば $1.0 \text{ cm} \sim 3.0 \text{ cm}$ の範囲内で適宜決めればよい。また、第2実施例の水処理システム120では、アノード142から第2の距離として 3.0 cm をもって第2濾過膜125を配置するものとしたが、アノード142と第2濾過膜125との距離は 3.0 cm に限定されるものではなく、アノード142と第2濾過膜125とが接触しない程度であればよいから、例えば $1.0 \text{ cm} \sim 5.0 \text{ cm}$ の範囲内で適宜決めればよい。さらに、第2実施例の水処理システム120では、第2濾過膜125から第3の距離として 3.0 cm をもってカソード144を配置するものと

したが、第2濾過膜125とカソード144の距離は3.0cmに限定されるものではなく、第2濾過膜125とカソード144とが接触しない程度であればよいから、例えば1.0cm～5.0cmの範囲内で適宜決めればよい。

[0055] 第2実施例の水処理システム120では、複数のアノード板を水平方向に略等間隔に配置し、これらを導電性を有する複数の連結ラインにより連結することによってアノード142を構成するものとしたが、アノードは、被処理水の第1濾過膜124への通流が良好に行なわれるよう面的に配置されていけばよいから、複数のアノード板を垂直方向に略等間隔に配置するものとしたり、アノードを網目状に構成したり、アノードを格子状に構成したりしてもよい。

[0056] 第2実施例の水処理システム120では、第1濾過膜124の下部や中央部にアノード142とカソード144とを配置するものとしたが、第1濾過膜124の全面にアノードとカソードを配置するものとしてもよい。

[0057] 図19は、変形例の濾過膜モジュール223の構成の概略を示す構成図であり、図20は、図19におけるA-A断面を示す断面図である。第2実施例の水処理システム120では、濾過膜モジュール123として、扁平な中空部124aが形成されるように2枚の第1濾過膜124を対向するように配置し、その両外側に2つのアノード142、2枚の第2濾過膜125、2つのカソード144をその順に配置するものとしたが、図19および図20の変形例の濾過膜モジュール223に示すように、円管状の複数の濾過膜管224を複数配置し、その両外側に2つのアノード242、2枚の第2濾過膜225、2つのカソード244をその順に配置するものとしてもよい。このように複数の濾過膜管224を用いる場合には、環状にアノードと第2濾過膜とカソードとを配置するものとしてもよい。

[0058] 以上、本発明を実施するための形態について実施例を用いて説明したが、本発明はこうした実施例に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、種々なる形態で実施し得ることは勿論である。

産業上の利用可能性

[0059] 本発明は、水処理システムや濾過膜モジュールの製造産業や下水処理や廃水処理などの水処理施設における水処理産業に利用可能である。

請求の範囲

- [請求項1] 好気性微生物の活性化を促すエアレーションと濾過膜による濾過とを用いて水処理する水処理システムであって、
- 前記濾過膜の上流側の少なくとも一部に、前記濾過膜による処理前の被処理水の前記濾過膜への通流が可能なように面的に配置されたアノードと、
- 前記アノードに対向するよう配置されたカソードと、
- を備え、
- 水処理を行なうときには、前記アノードおよび前記カソードに直流電流を供給する、
- ことを特徴とする水処理システム。
- [請求項2] 請求項1記載の水処理システムであって、
- 前記カソードは、前記アノードに対して前記濾過膜を挟んで対向するよう配置されている、
- ことを特徴とする水処理システム。
- [請求項3] 請求項2記載の水処理システムであって、
- 前記アノードは、前記濾過膜に1.0cm～3.0cmの範囲内の距離をもって配置されており、
- 前記カソードは、前記濾過膜に1.0cm～5.0cmの範囲内の距離をもって配置されている、
- ことを特徴とする水処理システム。
- [請求項4] 請求項1記載の水処理システムであって、
- 前記アノードの上流側に前記濾過膜と略平行に配置された前記濾過膜より目の粗い第2の濾過膜を備え、
- 前記カソードは、前記第2の濾過膜の上流側に配置されている、
- ことを特徴とする水処理システム。
- [請求項5] 請求項4記載の水処理システムであって、
- 前記第2の濾過膜は不織布により形成されている、

ことを特徴とする水処理システム。

[請求項6]

請求項4または5記載の水処理システムであって、

前記アノードは、前記濾過膜に1.0cm～3.0cmの範囲内の距離をもって配置されており、

前記第2の濾過膜は、前記アノードに、1.0cm～3.0cmの範囲内の距離をもって配置されており、

前記カソードは、前記第2の濾過膜に1.0cm～5.0cmの範囲内の距離をもって配置されている、

ことを特徴とする水処理システム。

[請求項7]

請求項1ないし6のうちのいずれか1つの請求項に記載の水処理システムであって、

前記アノードは、二酸化イリジウム被覆チタン (Ti/IrO_2)、二酸化ルテニウム被覆チタン (Ti/RuO_2)、二酸化イリジウム・二酸化ルテニウム混合被覆チタン ($\text{Ti}/(\text{IrO}_2 + \text{RuO}_2)$)、ボロン・ドーパド・ダイヤモンド (BDD: Boron-doped diamond)、白金 (Pt)、酸化鉛 (PbO_2) のうちのいずれかにより形成されており、

前記カソードは、白金被覆チタン (Ti/Pt)、白金 (Pt)、鉄 (Fe)、アルミニウム (Al)、炭素 (C)、チタン (Ti) のうちのいずれかにより形成されている、

ことを特徴とする水処理システム。

[請求項8]

請求項1ないし7のうちのいずれか1つの請求項に記載の水処理システムであって、

前記アノードおよび前記カソードに供給される直流電流は、電流密度として0.1mA/cm²～0.8mA/cm²の範囲内となるよう調整されている、

ことを特徴とする水処理システム。

[請求項9]

請求項1ないし8のうちのいずれか1つの請求項に記載の水処理シ

ステムであって、

前記アノードは、網目、格子、複数列のうちのいずれかとして面的に配置されている、

ことを特徴とする水処理システム。

[請求項10]

好気性微生物の活性化を促すエアレーションを用いて水処理する水処理システムに用いられる濾過膜モジュールであって、

濾過処理水を取り出すための中空部を形成するように配置された濾過膜と、

前記濾過膜の外周側の少なくとも一部に、濾過処理前の被処理水の前記濾過膜への通流が可能なように面的に配置されたアノードと、

前記アノードに対向するよう配置されたカソードと、

を備える濾過膜モジュール。

[請求項11]

請求項10記載の濾過膜モジュールであって、

前記カソードは、前記濾過膜の外周側に前記アノードとによって前記濾過膜を挟むように配置されている、

ことを特徴とする濾過膜モジュール。

[請求項12]

請求項10記載の濾過膜モジュールであって、

前記濾過膜より目が粗く前記アノードの外周側に配置された第2の濾過膜を備え、

前記カソードは、前記第2の濾過膜の外周側に配置されている、

ことを特徴とする濾過膜モジュール。

[請求項13]

請求項10ないし12のうちのいずれか1つの請求項に記載の濾過膜モジュールであって、

前記アノードは、二酸化イリジウム被覆チタン (Ti/IrO_2)

、二酸化ルテニウム被覆チタン (Ti/RuO_2)、二酸化イリジウム・二酸化ルテニウム混合被覆チタン ($\text{Ti}/(\text{IrO}_2 + \text{RuO}_2)$)

、ボロン・ドーパド・ダイヤモンド (BDD: Boron-doped diamond)

、白金 (Pt)、酸化鉛 (PbO_2) のうちのいずれかにより形成

されており、

前記カソードは、白金被覆チタン (Ti/Pt)、白金 (Pt)、鉄 (Fe)、アルミニウム (Al)、炭素 (C)、チタン (Ti) のうちのいずれかにより形成されている、

ことを特徴とする濾過膜モジュール。

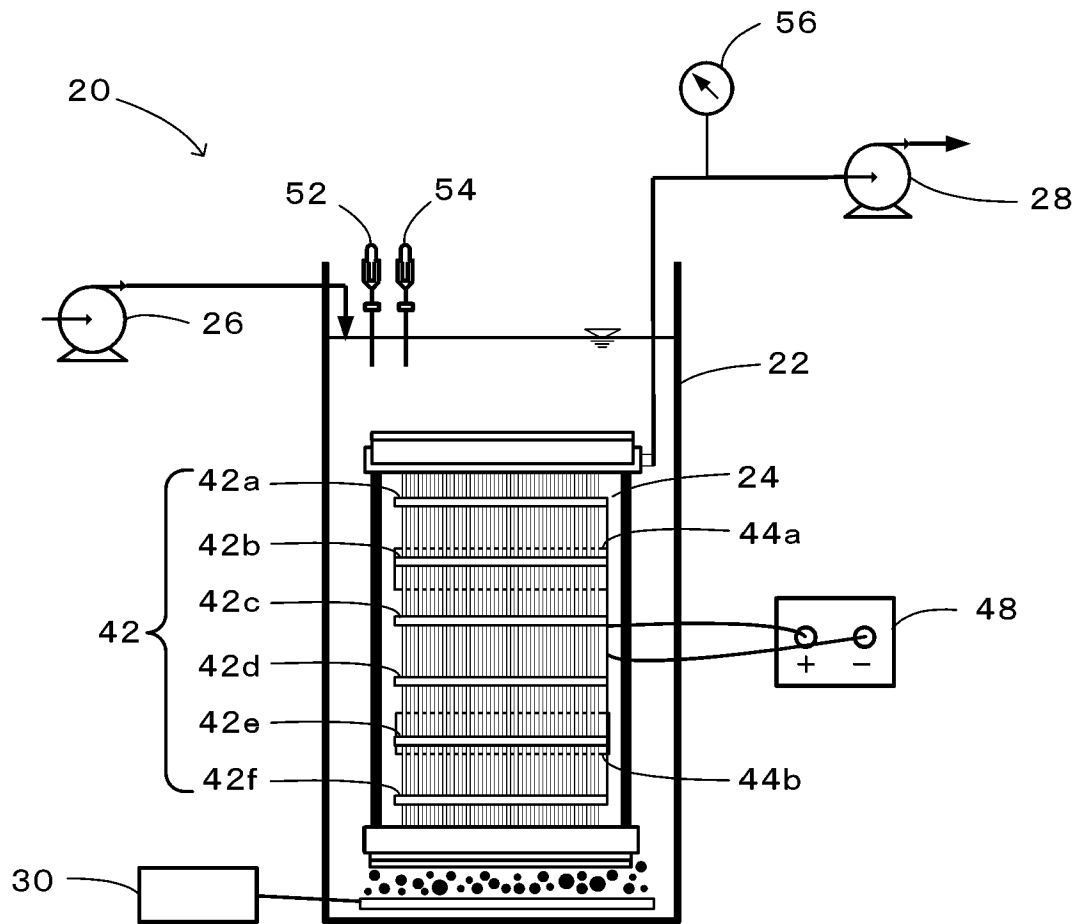
[請求項14]

好気性微生物の活性化を促すエアレーションと濾過膜による濾過とを用いて水処理する水処理方法であって、

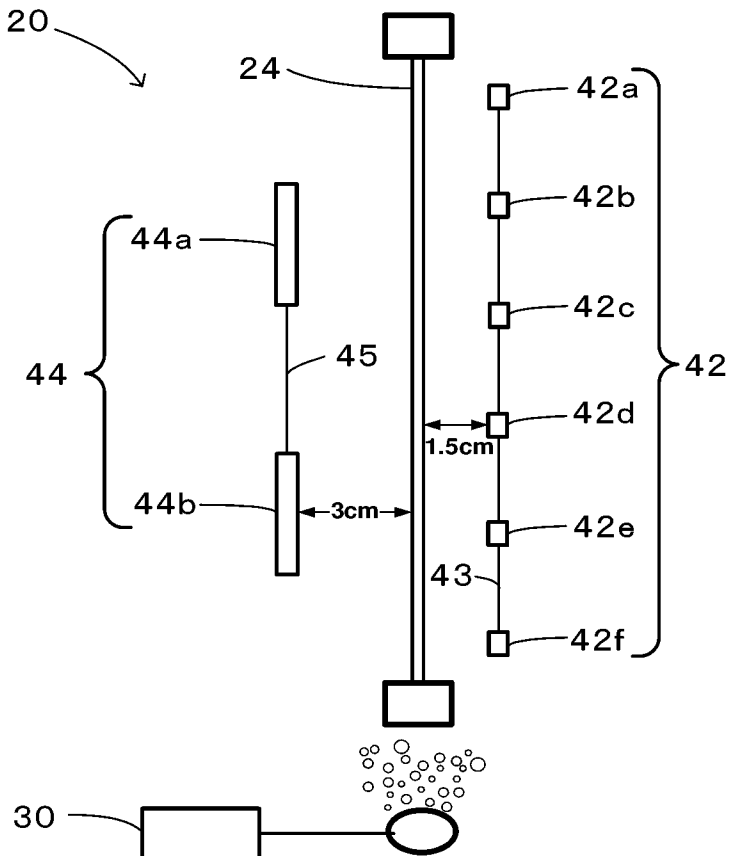
水処理中に、前記濾過膜の上流側の少なくとも一部に前記濾過膜による処理前の被処理水の前記濾過膜への通流が可能なように面的に配置されたアノードと、前記アノードに対向するよう配置されたカソードとに、電流密度として $0.1 \text{ mA/cm}^2 \sim 0.8 \text{ mA/cm}^2$ の範囲内の直流電流を印加する、

ことを特徴とする水処理方法。

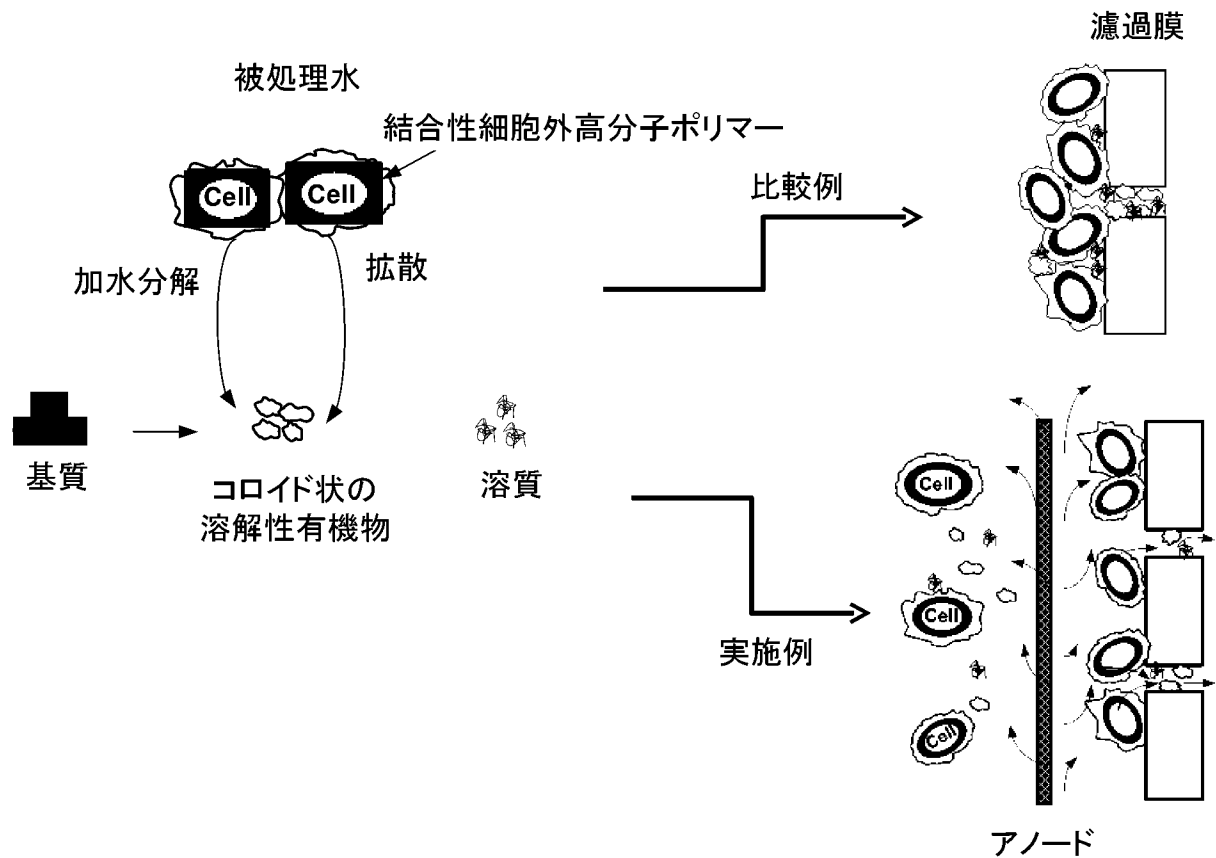
[図1]



[図2]



[図3]



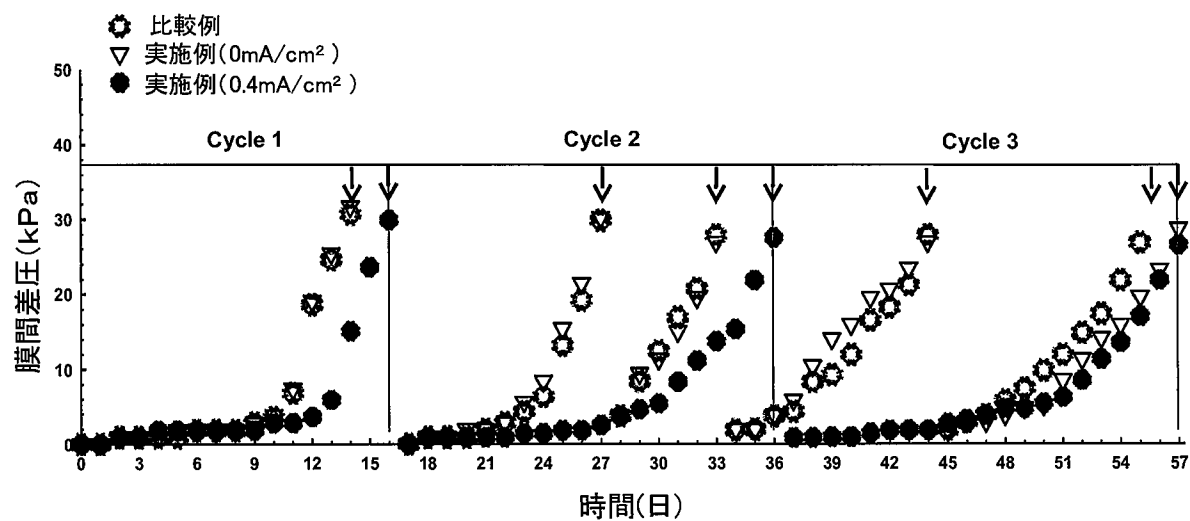
[図4]

有効容積(L)	5.5
膜材質	PVDF
公称孔径(μm)	0.4
有効膜面積(cm^2)	500
平均濾過フラックス($\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$)	0.35 (7minON/1minOFF)
散気流量(L/min)	2
水理学的滞留時間(hr)	8.7
汚泥滞留時間(day)	110

[図5]

成分	濃度
Glucose	300 mg/L as COD
Yeast extract	40 mg/L
NH ₄ Cl	30 mg/L as NH ₄ ⁺ -N
KH ₂ PO ₄ and K ₂ HPO ₄	5 mg/L as PO ₄ P
NaCl	355 mg/L as Cl ⁻
CaCl ₂ ·2H ₂ O	14 mg/L
KCl	36 mg/L
MgSO ₄ ·7H ₂ O	90 mg/L
NaHCO ₃	126 mg/L
FeCl ₃ ·6H ₂ O	0.45 mg/L
H ₃ BO ₃	0.045 mg/L
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.009 mg/L
KI	0.054 mg/L
MnCl ₂ ·2H ₂ O	0.036 mg/L
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.018 mg/L
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.003 mg/L
CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.045 mg/L

[図6]



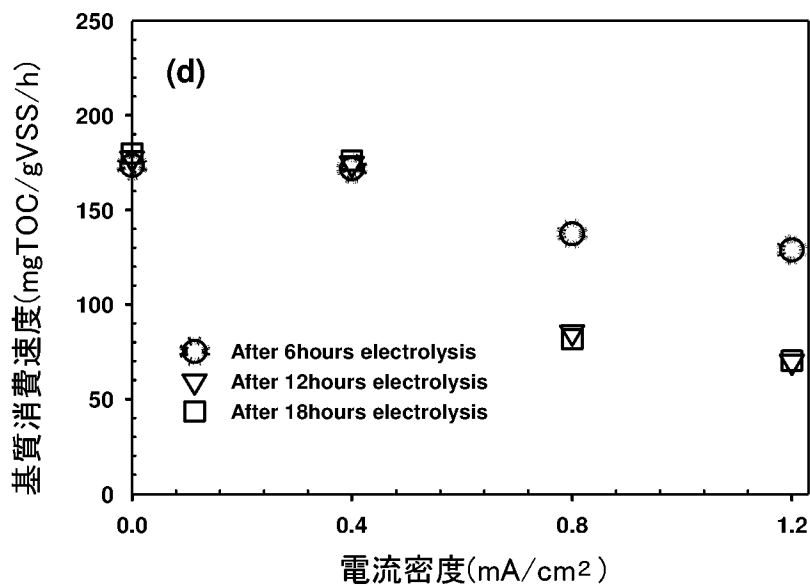
[図7]

	洗浄日	全濾過抵抗 ($\times 10^{13}/m$)	物理洗浄で回復 可能な濾過抵抗(%)	物理洗浄で回復 不能な濾過抵抗(%)
比較例	14	1.18	98.0	2.0
	27	1.25	96.1	3.9
	33	1.18	95.7	4.3
	44	1.21	95.8	4.2
	55	1.19	95.4	4.6
実施例	16	1.18	98.1	1.9
	36	1.15	97.8	2.2
	57	1.21	96.8	3.2

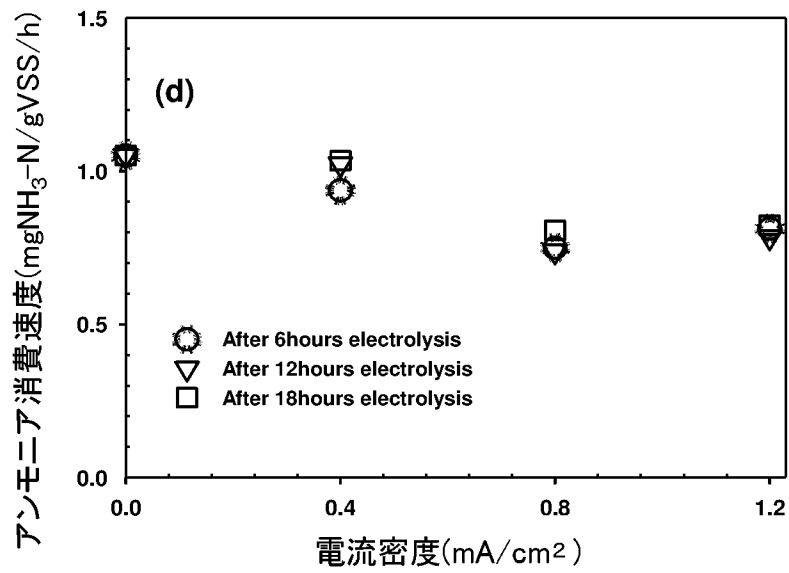
[図8]

	溶解性細胞外高分子ポリマー		結合性細胞外高分子ポリマー	
	実施例	比較例	実施例	比較例
総量 (mg/gVSS)	47.3	77.0	31.5	33.7
Protein (mg/gVSS)	17.8	41.6	15.9	15.8
Polysaccharide (mg/gVSS)	29.5	35.4	15.6	17.9
Protein/ Polysaccharide	0.60	1.18	1.02	0.88

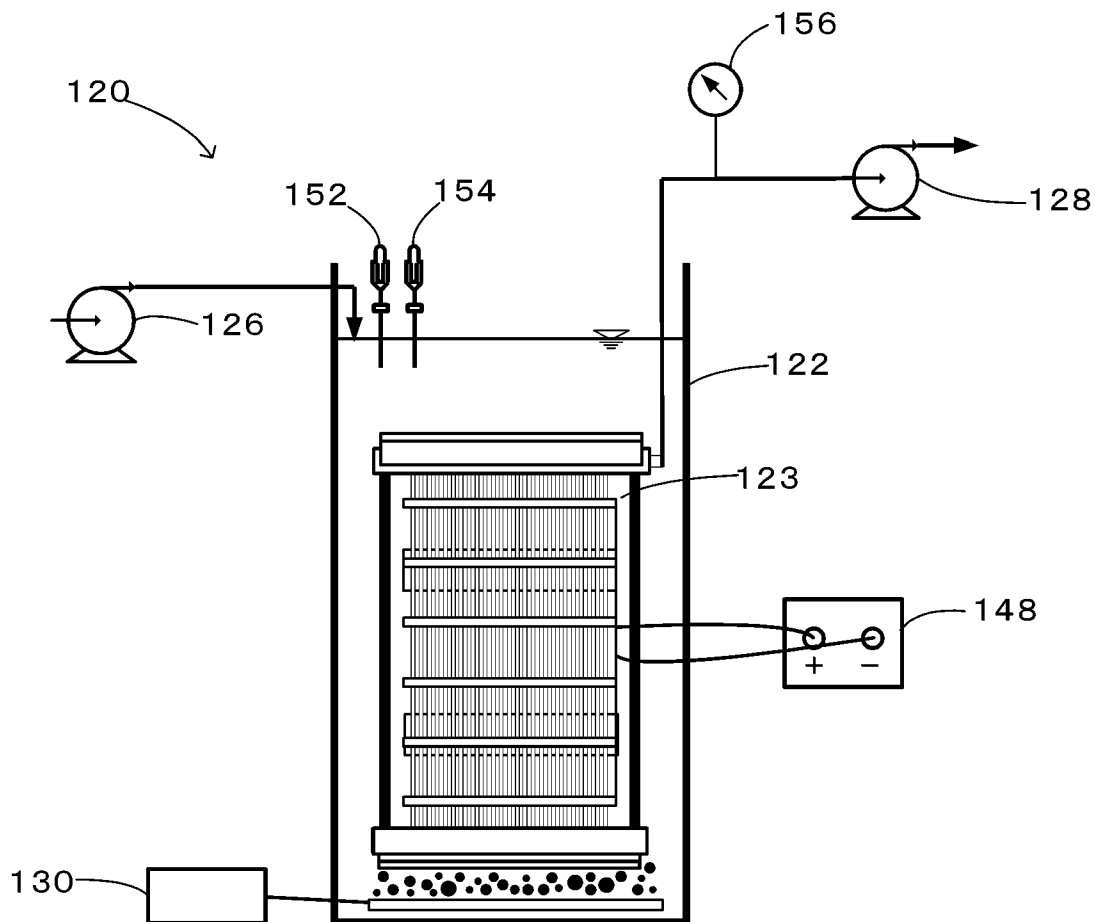
[図9]



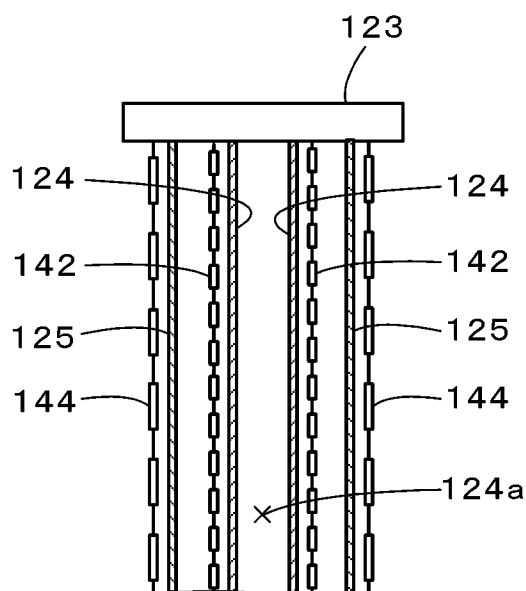
[図10]



[図11]



[図12]



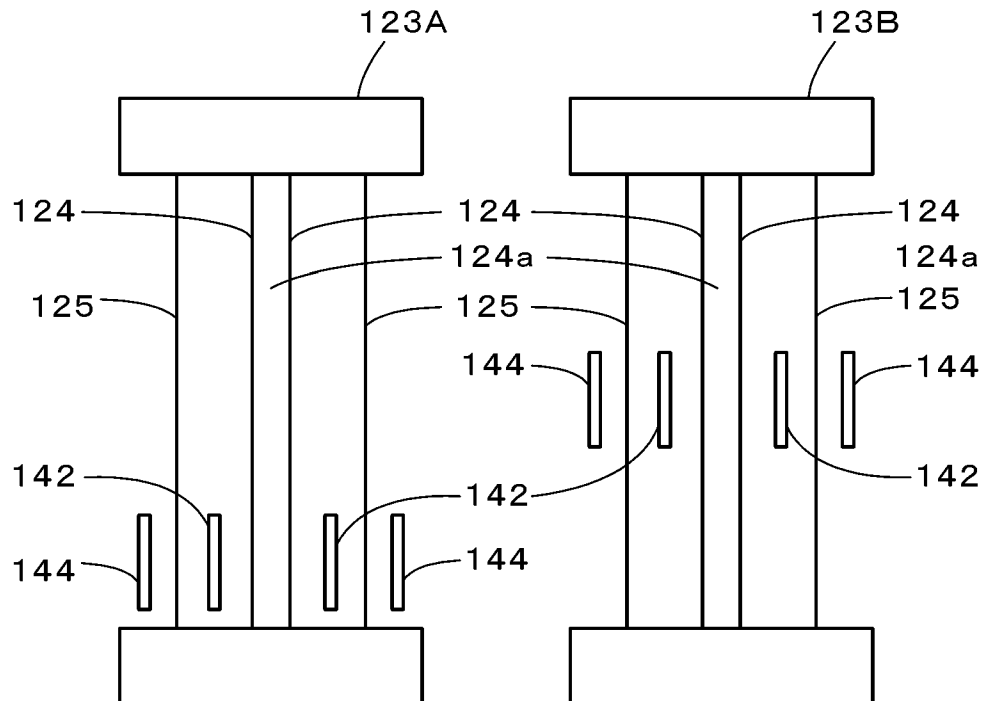
[図13]

有効容積(L)	13
第1濾過膜 材質	PE
第1濾過膜 公称孔径(μm)	0.4
第2濾過膜 材質	不織布
膜面積(m^2)	1(第1濾過膜) 0.097(第2濾過膜)
印加電流(mA/cm^2)	5(30秒オン, 2分30秒オフ)
平均流速($\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$)	0.31(第1濾過膜) 3.17(第2濾過膜)
アノード・カソード面積(cm^2)	50(アノード) 50(カソード)

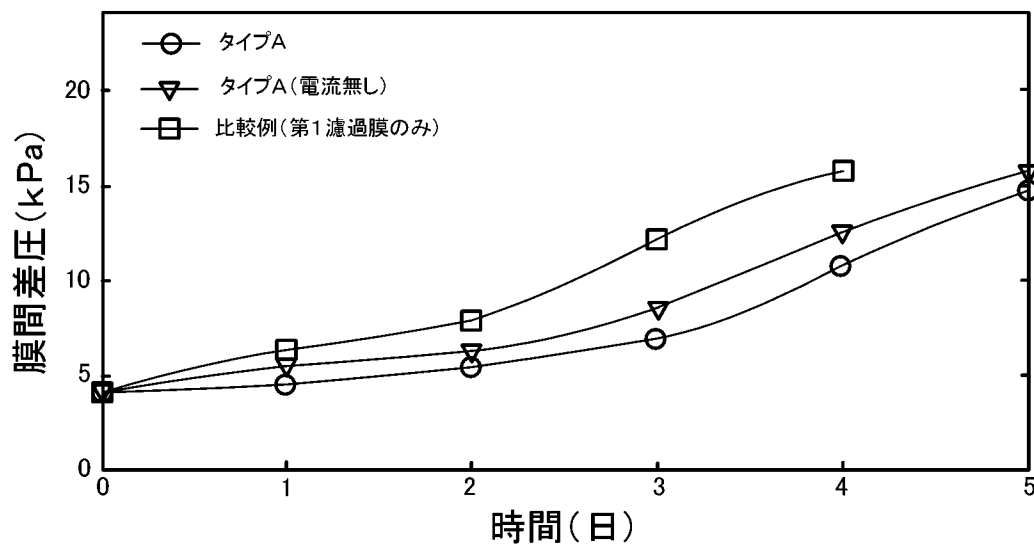
[図14]

成分	濃度
Glucose	100 mg/L as COD
NH_4Cl	10 mg/L as $\text{NH}_4^+\text{-N}$
KH_2PO_4 and K_2HPO_4	2 mg/L as PO_4P
NaCl	118 mg/L as Cl^-

[図15]



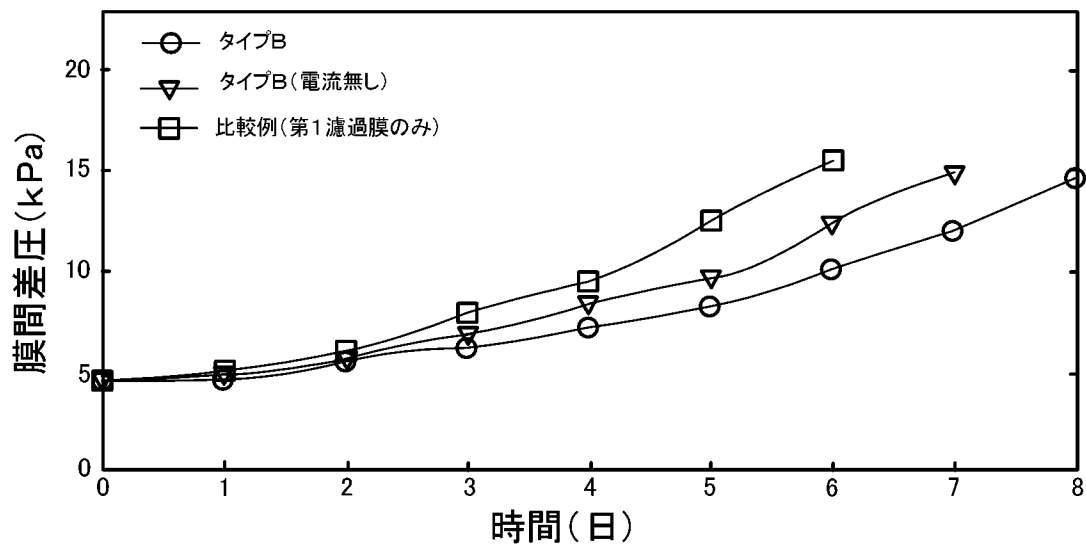
[図16]



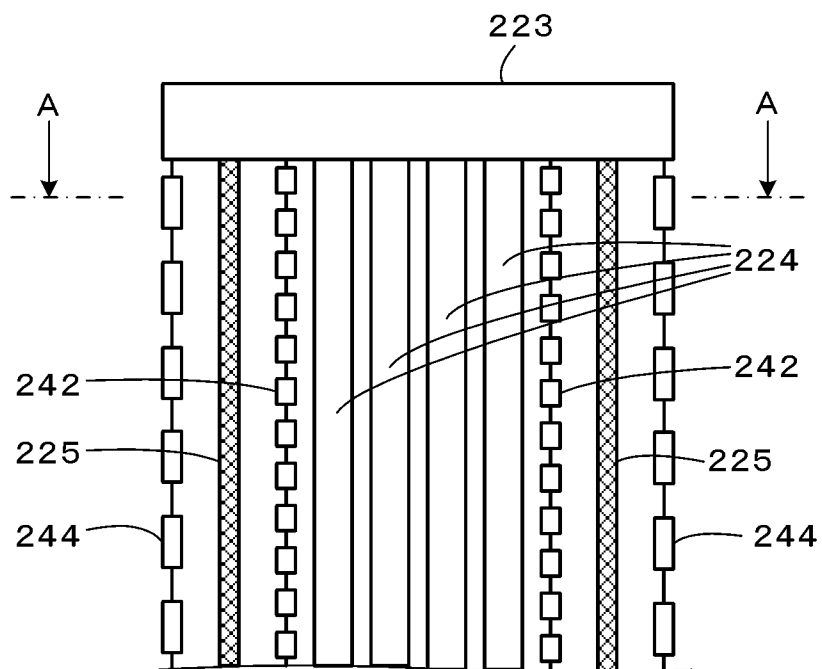
[図17]

	全濾過抵抗 ($\times 10^{12}/\text{m}$)	物理洗浄で除去 可能な濾過抵抗 ($\times 10^{12}/\text{m}$)	物理洗浄で除去 されない濾過抵抗 ($\times 10^{12}/\text{m}$)
タイプA	3.31	1.88(57%: 第2濾過膜) 0.81(24%: 第1濾過膜)	0.62(19%)
タイプA(電流無し)	3.61	1.79(50%: 第2濾過膜) 1.03(28%: 第1濾過膜)	0.79(22%)
比較例 (第1濾過膜のみ)	3.61	2.54(70%)	1.07(30%)

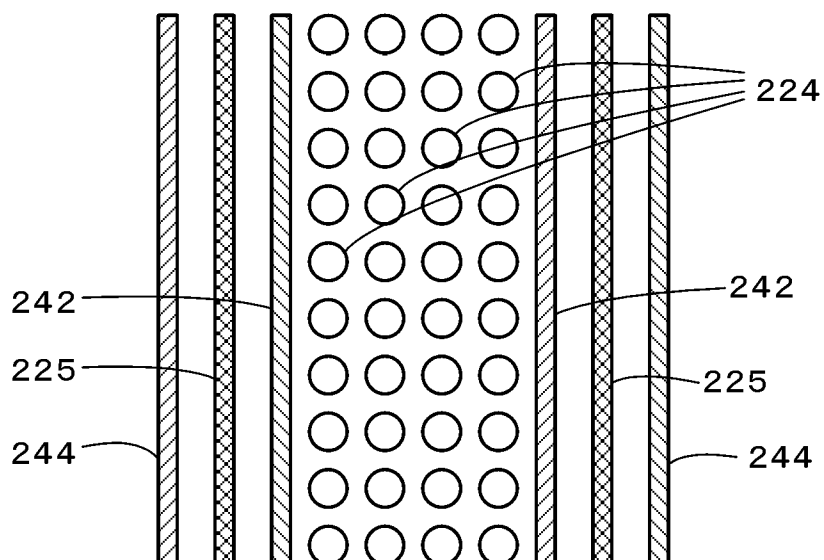
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/073320

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C02F3/12(2006.01)i, B01D65/08(2006.01)i, C02F1/44(2006.01)i, C02F1/461(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)

C02F3/12, B01D65/08, C02F1/44, C02F1/461

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-128926 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 18 May 1999 (18.05.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-3, 7-11, 13, 14
X	JP 10-314777 A (Hitoshi DAIDO), 02 December 1998 (02.12.1998), entire text; all drawings (Family: none)	1-3, 7-11, 13, 14
X	JP 2003-47965 A (Shigeru SATO), 18 February 2003 (18.02.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-3, 7-11, 13, 14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
07 October, 2013 (07.10.13)

Date of mailing of the international search report
15 October, 2013 (15.10.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/073320

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2002-361282 A (Permelec Electrode Ltd.), 17 December 2002 (17.12.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-3, 7-11, 13, 14
A	JP 5-185072 A (Hitachi, Ltd.), 27 July 1993 (27.07.1993), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2003-126861 A (Toshiba Corp.), 07 May 2003 (07.05.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2007-229565 A (Ebara Corp.), 13 September 2007 (13.09.2007), entire text; all drawings & WO 2007/102379 A1	1-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C02F3/12(2006.01)i, B01D65/08(2006.01)i, C02F1/44(2006.01)i, C02F1/461(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（I P C））

Int.Cl. C02F3/12, B01D65/08, C02F1/44, C02F1/461

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 11-128926 A（三洋電機株式会社）1999.05.18, 全文、全図（ファミリーなし）	1-3, 7-11, 13, 14
X	JP 10-314777 A（大同 均）1998.12.02, 全文、全図（ファミリーなし）	1-3, 7-11, 13, 14
X	JP 2003-47965 A（佐藤 繁）2003.02.18, 全文、全図（ファミリーなし）	1-3, 7-11, 13, 14

☒ 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

0 7 . 1 0 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 5 . 1 0 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

富永 正史

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 2 1

4 D

8 6 1 6

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
X	JP 2002-361282 A (ペルメレック電極株式会社) 2002. 12. 17, 全文、 全図 (ファミリーなし)	1-3, 7-11, 13, 14
A	JP 5-185072 A (株式会社日立製作所) 1993. 07. 27, 全文、全図 (フ ァミリーなし)	1-14
A	JP 2003-126861 A (株式会社東芝) 2003. 05. 07, 全文、全図 (フ ァミリーなし)	1-14
A	JP 2007-229565 A (株式会社荏原製作所) 2007. 09. 13, 全文、全図 & WO 2007/102379 A1	1-14