

明 細 書

発明の名称：生物処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、し尿などの被処理水に含有される有機物を処理する生物処理水槽を有する生物処理装置に関する。

本願は、2015年12月11日に、日本に出願された特願2015-242329号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] し尿などの有機性廃水を処理する場合、固液の分離にMF（精密濾過）、UF（限外濾過）などの膜分離を用いることが主流となっている。

膜分離装置としては、円筒形状のケーシングと、ケーシング内に収容された複数の管状濾過膜（中空糸膜）と、を備えた複数の膜モジュールを用い、管状濾過膜の内側に原水を循環させながら濾過する方式の装置が知られている（例えば、特許文献1参照）。このような膜分離装置を備えた水処理システムにおいては、管状濾過膜を透過した透過水は吸引ポンプによって吸引されて、例えば、貯留槽に貯留されて適宜利用される。

[0003] 管状濾過膜を用いた膜分離装置は、膜への汚泥堆積を抑制するため、また、FLUX（透過水の流出量）を確保するため、膜面流速（管状濾過膜の内側を原水が流れる速度）を速くしている。例えば、膜面流速は、2.5 m/sに設定されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2013-052338号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記従来の水処理システムにおいては、膜面流速を速くすることによって膜分離装置を含む水処理システムを循環する循環水の流量が多くなるため、

循環水を一時貯留するための槽が必須の構成となっていた。

- [0006] 本発明は、循環水を貯留するための槽を不要とすることによって、設置コストの低減を図ることができる生物処理装置を提供する。

課題を解決するための手段

- [0007] 本発明の第一の態様によれば、生物処理装置は、被処理水に含有される有機物を処理する生物処理水槽と、ケーシングと、親水性モノマーが共重合された単層構造を有し、前記ケーシングを前記生物処理水槽から流出する流出水が供給される濃縮側空間と前記流出水から分離される透過水が収容される透過側空間とに区画する管状濾過膜と、を有する膜分離装置と、前記流出水を加圧して前記濃縮側空間に供給する加圧ポンプと、前記透過側空間から前記透過水を吸引する吸引ポンプと、前記透過側空間の圧力を測定する圧力計と、前記濃縮水を前記生物処理水槽に返送する返送ラインと、前記圧力計の測定値に基づいて前記加圧ポンプによる前記流出水の供給量を制御する制御装置と、を有する。

- [0008] このような構成によれば、管状濾過膜が親水性を有することで膜面流速を低くすることができる。これにより、被処理水の循環流量を少なくすることができ、大量の循環水を一時貯留するための槽が不要となる。

また、透過側空間の圧力に基づいて濃縮側空間に供給される流出水の供給量を制御することによって、生物処理水槽に濃縮水（返送汚泥）を安定して供給することができる。

- [0009] 上記生物処理装置において、前記制御装置は、前記圧力計の測定値の絶対値が閾値よりも大きい場合に前記加圧ポンプによって加圧される前記流出水の流量を増加させてよい。

- [0010] このような構成によれば、管状濾過膜の内周面に異物が堆積した場合においても、堆積した異物を押し流して管状濾過膜の機能を復活させることができる。

- [0011] 上記生物処理装置において、前記制御装置は、前記吸引ポンプによって吸引される前記透過水の流量を制御してよい。

このような構成によれば、増加した流出水の流量を補うことができる。

[0012] 上記生物処理装置において、前記返送ラインから余剰汚泥を引き抜く余剰汚泥排出部と、前記生物処理水槽の水位を測定する水位測定装置と、を備え、前記制御装置は、前記水位測定装置の測定値に基づいて前記余剰汚泥排出部から引き抜かれる余剰汚泥の量を制御してよい。

[0013] 上記生物処理装置において、前記生物処理水槽の水位を測定する水位測定装置を備え、前記制御装置は、前記水位測定装置の測定値に基づいて前記生物処理水槽に供給される被処理水の流量を制御してよい。

[0014] 上記生物処理装置において、前記生物処理水槽は、前記被処理水に含有される有機物を微生物によって分解させるメタン発酵槽であってよい。

[0015] このような構成によれば、メタン発酵により発生するメタンガスを効率的に回収することによって、メタンガスのエネルギーを発電などに利用することができる。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、管状濾過膜が親水性を有することで膜面流速を低くすることができる。これにより、被処理水の循環流量を少なくすることができ、大量の循環水を一時貯留するための槽が不要となる。

また、透過側空間の圧力に基づいて濃縮側空間に供給される流出水の供給量を制御することによって、生物処理水槽に濃縮水（返送汚泥）を安定して供給することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の第一実施形態の生物処理装置の概略構成図である。

[図2]本発明の第一実施形態の膜モジュールの概略断面図である。

[図3]本発明の第一実施形態の生物処理装置の制御方法を説明するフローチャートである。

[図4]本発明の第一実施形態の変形例の膜モジュールの概略断面図である。

[図5]本発明の第一実施形態の変形例の生物処理装置の概略構成図である。

[図6]本発明の第一実施形態の変形例の生物処理装置の概略構成図である。

[図7]本発明の第二実施形態の膜分離装置の概略斜視図である。

[図8]本発明の第二実施形態の膜モジュールの概略断面図である。

[図9]本発明の第二実施形態の補強部材の斜視図である。

[図10]本発明の第二実施形態の補強部材を補強部材の軸方向から見た側面図である。

[図11]本発明の第三実施形態の補強部材の斜視図である。

発明を実施するための形態

[0018] 〔第一実施形態〕

以下、本発明の第一実施形態の生物処理装置10について図面を参照して詳細に説明する。

図1に示すように、本実施形態の生物処理装置10は、被処理水W1（し尿、浄化槽汚泥を含む有機性廃水）に含まれる有機物を処理する生物処理水槽11と、生物処理水槽11から流出する流出水W2を透過水PWと濃縮水W3とに分離する膜分離装置13と、制御装置12と、を備えている。

[0019] 生物処理水槽11は、硝化菌と脱窒菌の作用により液中のBOD、窒素化合物等を分解除去する装置である。生物処理水槽11には、被処理水配管15を介して被処理水W1が供給される。

[0020] 本実施形態の生物処理水槽11は、循環式硝化脱窒法を用いている。生物処理水槽11は、脱窒槽24、硝化槽25、二次脱窒槽26、再曝気槽27が直列的に順次配設された構成を有している。また、生物処理水槽11は、硝化槽25から排出された被処理水W1の一部を循環液として脱窒槽24に循環させる循環ライン29を有している。

生物処理水槽11は、生物処理水槽11を構成するいずれかの槽の水位を測定する水位測定装置56を備えている。本実施形態の水位測定装置56は、再曝気槽27に設けられている。また、水位測定装置56は、測定した水位の値を制御装置12へ電氣的に送信する。

[0021] 脱窒槽24は、槽内が嫌気性状態に維持され、有機炭素源の存在下にて主として脱窒菌の作用により硝酸性窒素、亜硝酸性窒素等の酸化態窒素を窒素

ガスまで還元する装置である。必要に応じて有機炭素源を外部添加する場合もある。

脱窒槽 2 4 は、脱窒槽 2 4 に流入した被処理水 W 1 の酸化還元電位 (Oxidation-reduction Potential, O R P) を測定する O R P 測定装置 5 1 (5 1 A) と、被処理水 W 1 の水素イオン指数 (p H) を測定する p H 測定装置 5 2 (5 2 A) と、を有している。

[0022] 硝化槽 2 5 は、槽内の処理液中に空気を曝気し、好気性条件下にて主に硝酸菌の作用により処理液中のアンモニア態窒素を酸化態窒素まで酸化する装置である。

硝化槽 2 5 は、槽内の処理液中に空気を曝気する曝気装置 5 7 (5 7 B) と、硝化槽 2 5 に流入した被処理水 W 1 の溶存酸素濃度 (Dissolved Oxygen, D O) を測定する D O 測定装置 5 3 (5 3 B) と、O R P 測定装置 5 1 (5 1 B) と、p H 測定装置 5 2 (5 2 B) と、を有している。

[0023] 二次脱窒槽 2 6 は、槽内が嫌気性状態に維持され、メタノール等の有機炭素源の添加により、処理液中に残存する酸化態窒素を窒素ガスまで還元する装置である。

二次脱窒槽 2 6 は、O R P 測定装置 5 1 (5 1 C) と、p H 測定装置 5 2 (5 2 C) と、を有している。また、二次脱窒槽 2 6 は、メタノールなど脱窒反応の有機炭素源となる有機物を注入する有機炭素源供給装置 5 4 を備えている。

[0024] 再曝気槽 2 7 は、空気の曝気により好気性条件に保たれ、主に処理液中に残留するアンモニア態窒素を酸化態窒素に酸化する装置である。

再曝気槽 2 7 は、曝気装置 5 7 (5 7 D) と、溶存酸素濃度を測定する D O 測定装置 5 3 (5 3 D) を備えている。

[0025] 制御装置 1 2 は、D O 測定装置 5 3 によって測定された溶存酸素濃度の値、O R P 測定装置 5 1 によって測定された酸化還元電位の値、さらには p H 測定装置 5 2 によって測定された p H の値に基づいて曝気装置 5 7 を制御する。具体的には、O R P 測定装置 5 1、p H 測定装置 5 2、D O 測定装置 5

3がそれぞれの測定値を電気信号として制御装置12へ送信し、これら測定値を受信した制御装置12がそれらの測定値に基づいて曝気装置57の曝気風量を増加または減少させ、溶存酸素濃度、酸化還元電位、pHの値を所定の範囲内に調整する。

なお、後述の管状濾過膜3内でのエアロック（気泡が流れを妨げる現象）、及び汚泥の解体を抑制するため、酸化還元電位は10mV－50mVになるように制御するのが好ましい。

制御装置12は、pHをも調整ので、pHが低くなることによる硝化・脱窒反応の阻害を防止することができる。

[0026] 膜分離装置13は、複数の膜モジュール1を備えている。

図2に示すように、膜モジュール1は、ケーシング2と、ケーシング2の内部に配置された複数の管状濾過膜3とを有している。膜分離装置13は、管状濾過膜3の内側に流出水W2を循環させながら濾過する方式を用い、流出水W2から透過水PWを取り出す装置である。

管状濾過膜3は、ケーシング2を、流出水W2が供給される濃縮側空間Sと、流出水W2から分離される透過水PWが収容される透過側空間Pとに区画する。

[0027] 生物処理水槽11と膜分離装置13とは流出水供給配管17によって接続されている。

即ち、流出水W2は、流出水供給配管17を介して膜分離装置13に導入される。

流出水供給配管17には、加圧ポンプ21が設けられている。生物処理水槽11から流出した流出水W2は、加圧ポンプ21によって加圧されながら、膜分離装置13に供給される。

[0028] 膜分離装置13から分離される透過水PWは、透過水配管18に導入される。透過水配管18は、貯留槽20に接続されている。即ち、膜モジュール1の透過水排出口9（図2参照）は、透過水配管18に接続されている。透過水配管18には、透過側空間Pを負圧にする吸引ポンプ22が設けられて

いる。

透過水配管 18 には、透過側空間 P の圧力（水圧）を測定する圧力計 23 が設けられている。圧力計 23 によって計測された圧力の値は、制御装置 12 に電氣的に送信されて後述の通り処理される。

[0029] 透過水 PW が分離されて膜分離装置 13 から排出される濃縮水 W3 は、余剰汚泥 M を除く全量が、活性汚泥として返送配管 19（返送ライン）を介して生物処理水槽 11 に返送される。即ち、膜モジュール 1 の濃縮水排出口 8（図 2 参照）は、返送配管 19 に接続されている。

返送配管 19 からは、濃縮水 W3（活性汚泥）の一部を余剰汚泥 M として引き抜く余剰汚泥配管 28（余剰汚泥排出部）が分岐している。余剰汚泥配管 28 には、余剰汚泥 M の流量を調整する余剰汚泥調整装置 67（例えば、ポンプやバルブ）が設けられている。

なお、当該分岐の箇所と濃縮水排出口 8 との間の返送配管 19 には、流速計 66 が配置されている。流速計 66 は、測定した濃縮水 W3 の流速の値を電氣的に制御装置 12 へ送信する。

生物処理水槽 11 から流出した流出水 W2 は、膜分離装置 13 を介して、生物処理水槽 11 に戻る。即ち、被処理水 W1 は、生物処理装置 10 の配管を循環する。

[0030] 上述したように、複数の膜モジュール 1 は、並列に配列されている。具体的には、流出水供給配管 17、透過水配管 18、及び返送配管 19 は、各々の膜モジュール 1 に接続されている。

[0031] 図 2 に示すように、膜モジュール 1 は、円筒形状のケーシング 2 と、複数の管状濾過膜 3 と、を備えている。

ケーシング 2 は、円筒形状をなすケーシング本体 4 と、ケーシング本体 4 の上端を閉鎖する第一側壁 5 と、ケーシング本体 4 の下端を閉鎖する第二側壁 6 と、ケーシング本体 4 の上方に形成された流出水導入口 7 と、ケーシング本体 4 の下方に形成された濃縮水排出口 8 と、ケーシング本体 4 に形成された透過水排出口 9 と、を有している。

本実施形態の膜モジュール 1 は上方から管状濾過膜 3 に導入された流出水 W2 が、管状濾過膜 3 内を下方に向かって流れる構成とされている。

[0032] 膜モジュール 1 は、ケーシング 2 の内部を 3 つの空間に分割する、第一隔壁 30 と第二隔壁 31 と、を備えている。第一隔壁 30 と第二隔壁 31 とには、複数の挿通孔 32 が形成されている。挿通孔 32 は、第一隔壁 30 及び第二隔壁 31 の板厚方向に貫通する孔である。挿通孔 32 の内径は、管状濾過膜 3 の外径よりもやや大きい。

複数の管状濾過膜 3 は、ケーシング 2 の内部において軸線 A 方向、本実施形態では鉛直方向に延在して、一端（第一端）が第一隔壁 30 に連結され、他端（第二端）が第二隔壁 31 に連結されている。

[0033] 第一隔壁 30 は、板形状をなす部材であり、ケーシング 2 の延在方向の上方（第一側壁 5 の側）に固定されている。ケーシング本体 4 と、第一隔壁 30 と、第一側壁 5 とによって囲まれる空間は、第一ヘッド空間 S1 である。第一ヘッド空間 S1 は、ケーシング 2 の内部空間における第一隔壁 30 よりも上方の空間である。

第二隔壁 31 は、板形状をなす部材であり、ケーシング 2 の延在方向の下方（第二側壁 6 の側）に固定されている。ケーシング本体 4 と、第二隔壁 31 と、第二側壁 6 とによって囲まれる空間は、第二ヘッド空間 S2 である。第二ヘッド空間 S2 は、ケーシング 2 の内部空間における第二隔壁 31 よりも下方の空間である。

[0034] ケーシング本体 4 と、第一隔壁 30 と、第二隔壁 31 とによって囲まれ、かつ、管状濾過膜 3 の外周側の空間は、透過側空間 P である。複数の管状濾過膜 3 から取り出された透過水 PW は、透過側空間 P に排出された後、透過水排出口 9 を介して透過水配管 18（図 1 参照）に導入される。

[0035] 流出水導入口 7 は、ケーシング 2 の外部と第一ヘッド空間 S1 とを連通させる開口である。流出水導入口 7 は、ケーシング本体 4 に形成されている。流出水導入口 7 は、ケーシング 2 の軸線 A 方向における、第一隔壁 30 と、第一側壁 5 との間に設けられている。

濃縮水排出口 8 は、ケーシング 2 の外部と第二ヘッダ空間 S 2 とを連通させる開口である。濃縮水排出口 8 は、ケーシング本体 4 に形成されている。濃縮水排出口 8 は、ケーシング 2 の軸線 A 方向における、第二隔壁 3 1 と、第二側壁 6 との間に設けられている。

[0036] 透過水排出口 9 は、ケーシング 2 の外部と透過側空間 P とを連通させる開口である。透過水排出口 9 は、ケーシング本体 4 に形成されている。透過水排出口 9 は、ケーシング 2 の軸線 A 方向における、第一隔壁 3 0 と、第二隔壁 3 1 との間に設けられている。

透過水排出口 9 は、透過側空間 P の下部に設けられている。換言すれば、透過水排出口 9 は、第二隔壁 3 1 の僅かに上方に設けられている。透過水排出口 9 は、透過側空間 P の下端に設けられていることが好ましい。透過水排出口 9 は、複数の管状濾過膜 3 を透過した透過水 P W を透過側空間 P に滞留させることなく可能な限り排出できる位置に形成されている。

また、透過水排出口 9 に接続される透過水配管 1 8 は、下方に向かって傾斜している。

即ち、透過水配管 1 8 は、透過水排出口 9 から排出された透過水 P W が重力によって戻らないような形状を有している。

[0037] また、ケーシング本体 4 には、ケーシング 2 の外部と透過側空間 P とを連通させる開閉可能なエア抜き口 3 3 が設けられている。エア抜き口 3 3 は、透過側空間 P の上部に設けられている。

[0038] 濃縮側空間 S は、流出水 W 2 が導入される空間であり、第一ヘッダ空間 S 1、管状濾過膜 3 の内周側の空間である濾過膜内空間 S 3、及び第二ヘッダ空間 S 2 である。

透過側空間 P は、流出水 W 2 から分離された透過水 P W が収容される空間である。

[0039] 各々の管状濾過膜 3 の第一端は、第一隔壁 3 0 の挿通孔 3 2 に挿通された上で、挿通孔 3 2 の内周面に固定されている。挿通孔 3 2 の内周面と管状濾過膜 3 の外周面との間は、シール材（図示せず）によってシールされている

。シール材としては、エポキシ樹脂やウレタン樹脂など、初期に粘性を持ち、経時的に硬化する材料が好ましい。

各々の管状濾過膜 3 の第二端は、管状濾過膜 3 の第一端と同様の方法で第二隔壁 3 1 の挿通孔 3 2 に固定されている。

[0040] 管状濾過膜 3 は、円筒形状をなし、単一主要構成素材に親水性モノマーが共重合された単層構造の高分子濾過膜によって形成されている。

即ち、管状濾過膜 3 は、主要材料が 1 種類の素材によって形成されている。主要材料が 1 種類の素材によって形成されているということは、管状濾過膜 3 を形成する素材（例えば、樹脂）において、1 種類の樹脂が 50 質量% 以上を占めていることを意味する。

また、主要材料が 1 種類の素材によって形成されているということは、その 1 種類の素材の性質が構成素材の性質を支配していることを意味する。具体的には、1 種類の樹脂が 50 質量%－99 質量% を有する素材を意味する。

[0041] 管状濾過膜 3 を構成する主要材料としては、塩化ビニル系樹脂、ポリスルホン（PS）系、ポリビニリデンフルオライド（PVDF）系、ポリエチレン（PE）などのポリオレフィン系、ポリアクリロニトリル（PAN）系、ポリエーテルスルホン系、ポリビニルアルコール（PVA）系、ポリイミド（PI）系などの高分子材料を用いることができる。

[0042] 管状濾過膜 3 を構成する主要材料としては、特に塩化ビニル系樹脂が好ましい。塩化ビニル系樹脂としては、塩化ビニル単独重合体（塩化ビニルホモポリマー）、塩化ビニルモノマーと共重合可能な不飽和結合を有するモノマーと塩化ビニルモノマーとの共重合体、重合体に塩化ビニルモノマーをグラフト共重合したグラフト共重合体、これらの塩化ビニルモノマー単位が塩素化されたものからなる（共）重合体などが挙げられる。

[0043] 親水性モノマーとしては、例えば、

（1）アミノ基、アンモニウム基、ピリジル基、イミノ基、ペタイン構造などのカチオン性基含有ビニルモノマー及び／又はその塩、

- (2) 水酸基、アミド基、エステル構造、エーテル構造などの親水性の非イオン性基含有ビニルモノマー、
- (3) カルボキシル基、スルホン酸基、リン酸基などのアニオン性基含有ビニルモノマー及び／又はその塩、
- (4) その他のモノマー等が挙げられる。

[0044] 管状濾過膜3の管径は、流出水W2の性状等によって適宜選択することができ、例えば、流出水W2について粗繊維量 α が200mg／リットル以下の場合、管状濾過膜3の内径を5mm以下、粗繊維量 α が200mg／リットルより大きく500mg／リットルより小さい場合は、管状濾過膜3の内径を5mm－10mm、粗繊維量 α が500mg／リットル以上の場合、管状濾過膜3の内径を10mm以上とすることができる。管径を選択することによって、粗繊維分による管状濾過膜3の閉塞を抑制することができる。

[0045] 次に、本実施形態の生物処理装置10の作用について説明する。

し尿などの被処理水W1は、図示しない前処理設備にて前処理が施された後、被処理水配管15を介して生物処理水槽11に送られる。被処理水W1は、生物処理水槽11において処理される。具体的には被処理水W1に含まれる有機性物質が微生物によって分解される。

次いで、生物処理水槽11から流出した流出水W2は、加圧ポンプ21を介して膜分離装置13に供給される。膜分離装置13に供給された流出水W2は、膜モジュール1の管状濾過膜3内に送り込まれる。加圧ポンプ21は、後述のように制御装置12により運転の制御がなされる。

[0046] 一方、膜モジュール1のケーシング2内における透過側空間Pは吸引ポンプ22の作動により、負圧となる。吸引ポンプ22は、透過水排出口9を通して管状濾過膜3を流れる流出水W2の流れに対して略直交する方向に吸引する。吸引ポンプ22は、後述のように制御装置12により運転の制御がなされる。管状濾過膜3から透過された透過水PWは、透過水排出口9及び透過水配管18を介して貯留槽20に貯留される。

また、エア抜き口33は、吸引ポンプ22の作動中は閉とする。

[0047] 膜分離装置 13 から排出された濃縮水 W3（返送汚泥）は、余剰汚泥 M を除く全量が返送配管 19 を介して生物処理水槽 11 に返送されて、再度、処理が行われる。

また、生物処理装置 10 を停止した場合、膜モジュール 1 の透過側空間 P 内の透過水 PW の全量が、透過側空間 P 外に排出される。換言すれば、制御装置 12 が加圧ポンプ 21 を停止させることで流出水 W2 の流れが止まった場合においても、透過側空間 P に透過水 PW が滞留することがない。

[0048] 次に、本実施形態の生物処理装置 10 の制御方法について説明する。

図 3 に示すように、本実施形態の生物処理装置 10 の制御方法は、制御装置 12 が生物処理装置 10 の運転を開始してから、加圧ポンプ 21 を用いて濃縮側空間 S に流出水 W2 を加圧する流出水加圧工程 P1 と、吸引ポンプ 22 を用いて膜分離装置 13 の透過側空間 P の透過水 PW を吸引する透過水吸引工程 P2 と、透過側空間 P の圧力の絶対値が閾値より大きいかな否かを制御装置 12 が判定する圧力判定工程 P3 と、透過側空間 P の圧力の絶対値が閾値より大きい場合に制御装置 12 が加圧ポンプ 21 によって加圧される流出水 W2 の流量を増加させる流出水流量増加工程 P4 と、流出水 W2 の流量を制御装置 12 が調整する流出水流量調整工程 P5 と、を有している。

[0049] 流出水加圧工程 P1 及び透過水吸引工程 P2 では、制御装置 12 は、流速計 66 から受信した流速の値に基づき、膜面流速及び FLUX（透過水 PW の流出量）が計画値を満足する範囲となるように、加圧ポンプ 21 及び吸引ポンプ 22 を制御する。膜面流速とは、管状濾過膜 3 の内側を流出水 W2 が流れる速度である。膜面流速は、例えば、 $0.15 \text{ m/s} - 0.30 \text{ m/s}$ である。

[0050] 圧力判定工程 P3 では、圧力計 23 によって測定された透過側空間 P の圧力（水圧）の値が、閾値より大きいかな否か、制御装置 12 が判定する。

ここで、管状濾過膜 3 の内周面 35a に汚泥等の異物が堆積した状態では、十分に透過水 PW が管状濾過膜 3 を通過しない。このため、吸引ポンプ 22 の作動により負圧とされている透過側空間 P の圧力は、透過水 PW が十分

に通過しないことによって絶対値が上昇し、閾値よりも大きくなる。

透過側空間 P の圧力の閾値は、例えば、事前の実験などによって適宜決定することができる。

[0051] そこで、この状態を回復するため、流出水流量増加工程 P 4 では、制御装置 1 2 は、加圧ポンプ 2 1 を制御して、濃縮側空間 S に供給される流出水 W 2 の流量を増加させる。このとき、制御装置 1 2 は、吸引ポンプ 2 2 を透過水吸引工程 P 2 と同様に通常運転させており、動力を増加させる制御は行わない。流出水 W 2 の流量が増加する（流出水 W 2 の圧力が高まる）ことにより、管状濾過膜 3 の内側に堆積した異物が下流側に押し流される。

これにより、管状濾過膜 3 の機能が回復し、透過水 P W が透過側空間 P に流れるようになる。当該回復によって、圧力計 2 3 が制御装置 1 2 へ送信する圧力の値は閾値以下となる。

[0052] 流出水流量調整工程 P 5 では、流出水流量増加工程 P 4 にて増加した流出水 W 2 の流量を調整する制御が行われる。

制御装置 1 2 は、圧力計 2 3 から受信した圧力の値が閾値以下となったことで、加圧ポンプ 2 1 を制御して、流出水 W 2 の流量を元に戻す。

[0053] また、流出水 W 2 の流量が流出水流量増加工程 P 4 により一時的に増加したことで、濃縮水 W 3（返送汚泥）の量が増加し、このため制御装置 1 2 が受信する水位測定装置 5 6 の測定した水位の値が所定値より大きくなっている。そこで、制御装置 1 2 は、余剰汚泥調整装置 6 7（例えば、ポンプやバルブ）を制御して、余剰汚泥配管 2 8 から引き抜かれる余剰汚泥 M の量を増加させ、水位測定装置 5 6 の測定した水位の値が所定値となるように調整する。

[0054] また、制御装置 1 2 は、水位測定装置 5 6 の測定値に基づいて、生物処理水槽 1 1 に供給される被処理水 W 1 の流量を制御することができる。

[0055] 上記実施形態によれば、管状濾過膜 3 を親水性を有する材料で形成することによって、膜面流速を低くすることができる。膜面流速は、例えば、 $0.15 \text{ m/s} - 0.30 \text{ m/s}$ とすることができる。

[0056] 管状濾過膜 3 が疎水性である場合、膜面流速を高くする必要がある（例えば、 2.5 m/s ）。このため、循環流量が多くなり、循環水を一時貯留する槽や、この槽に循環水を導入する配管が必要となる。

[0057] 本実施形態の生物処理装置 10 は、膜面流速を低くすることができるため、循環流量を少なくすることができる。これにより、加圧ポンプ 21 の動力を低減することができる。

また、循環水を一時貯留するための槽や、この槽に循環水を導入するための配管が不要となる。また、循環水の流量が少なくなることにより、配管を小径化することができる。

[0058] また、透過側空間 P の圧力に基づいて濃縮側空間 S に供給される流出水 W2 の供給量を制御することによって、管状濾過膜 3 の内周面に異物が堆積した場合においても、堆積した異物を押し流して管状濾過膜 3 の機能を回復させることができる。また、吸引ポンプ 22 の吸引力を変動させない運転を行うことによって、吸引ポンプ 22 の運転を安定化させることができる。ただし、流出水流量増加工程 P4 において、制御装置 12 が吸引ポンプ 22 の吸引力を増減させる制御を行って、管状濾過膜 3 を振動させる構成としてもよい。

当該振動により、異物の剥離が促進されるからである。

[0059] 膜面流速が低い場合、一般的に、管状濾過膜の入口と出口の間の M L S S（浮遊物質）濃度差が大きく、出口側に汚泥が堆積しやすい。よって、出口における透過水量が少なくなる。

一方、本実施形態の膜モジュール 1 は、縦置きとするとともに、管状濾過膜 3 を流れる流出水 W2 が上方から下方へ流れる構成とした。このような構成としたことにより、ヘッド差により出口の透過水量を補うことができる。即ち、管状濾過膜 3 全体を有効に活用することができ、加圧ポンプ 21 の動力を低減することができる。

[0060] また、流出水 W2 の粗繊維量に応じて、管状濾過膜 3 の内径を選定することによって、管状濾過膜 3 が粗繊維分によって閉塞されることを抑制できる

。

[0061] なお、上記実施形態では、膜モジュール 1 として、管状濾過膜 3 を並列に配列した膜モジュール 1 を採用したがこれに限ることはない。例えば、図 4 に示すように、複数の管状濾過膜 3 を直列に接続してもよい。即ち、複数の管状濾過膜 3 の第一端同士、及び管状濾過膜 3 の第二端同士、を複数の管状濾過膜 3 が直列的に接続されるように接続する複数の U 字状の第一接続部材 4 6 を有する構成としてもよい。

[0062] このとき、直列に接続された複数の管状濾過膜 3 と流出水導入口 7 とを管状の第二接続部材 5 9 で直接的に接続するとともに、直列に接続された複数の管状濾過膜 3 と濃縮水排出口 8 とを管状の第三接続部材 6 0 で直接的に接続してもよい。この場合、第一ヘッダ空間 S 1 及び第二ヘッダ空間 S 2 は無くてもよい。よって、第一側壁 5 と第二側壁 6 をなくすなど、ケーシング 2 の構成を変更してもよい。

[0063] また、上記実施形態の膜モジュール 1 は上方から管状濾過膜 3 に導入された流出水 W 2 が、管状濾過膜 3 内を下方に向かって流れるので動力の小さい加圧ポンプが採用できる構成であるがこれに限ることはない。動力の大きい加圧ポンプを採用した場合には、ケーシング 2 の下部に流出水導入口 7 を設けるとともにケーシング 2 の上部に濃縮水排出口 8 を設け、流出水 W 2 が管状濾過膜 3 内を上方に向かって流れる構成としてもよい。

[0064] 〔第一実施形態の変形例〕

以下、本発明の第一実施形態の変形例の生物処理装置 1 0 B を図面に基づいて説明する。なお、本実施形態では、上述した第一実施形態との相違点を中心に述べ、同様の部分についてはその説明を省略する。

図 5 に示すように、本実施形態の生物処理水槽 1 1 B は、活性汚泥法を用いている。

生物処理水槽 1 1 B は、被処理水 W 1 と返送汚泥とを混合する好気槽 6 2 を備えている。好気槽 6 2 は、O R P 測定装置 5 1 (5 1 E) と、p H 測定装置 5 2 (5 2 E) と、D O 測定装置 5 3 (5 3 E) と、を備えている。好

気槽 6 2 は、曝気装置 5 7 (5 7 E) を備えている。

被処理水 W 1 は、活性汚泥と混合され、曝気されることにより、浄化される。

[0065] 上記変形例によれば、第一実施形態で述べた効果のみならず、より低コストで生物処理を行うことができる。

[0066] さらに、例えば次のような変形例もある。

以下、本発明の第一実施形態の変形例の生物処理装置 1 0 C を図面に基づいて説明する。なお、本実施形態では、上述した第一実施形態との相違点を中心に述べ、同様の部分についてはその説明を省略する。

図 6 に示すように、本実施形態の生物処理水槽 1 1 C は、メタン発酵を用いている。

生物処理水槽 1 1 C は、密閉容器であるメタン発酵槽 6 3 を備えている。メタン発酵槽 6 3 は、メタン発酵槽 6 3 内の嫌気性菌（微生物）に高分子有機物を分解させて、メタンガス（バイオガス）を発生させる設備である。また、生物処理水槽 1 1 C は、メタン発酵槽 6 3 内にアルカリ剤を供給するアルカリ剤供給装置 6 8 を備えている。

[0067] メタン発酵槽 6 3 は、メタンガスをメタン発酵槽 6 3 の下部へ循環させるガス循環ライン 6 4 を備えている。ガス循環ライン 6 4 は、ガス循環ライン 6 4 を流れるメタンガスの一部を取り出すガス分岐ライン 6 5 を有している。また、pH 測定装置 5 2 (5 2 F) の測定値が所定値より過度に酸性になった場合には、制御装置 1 2 がアルカリ剤供給装置 6 8 からアルカリ剤を供給し、pH 測定装置 5 2 (5 2 F) の測定値が当該所定値となるように制御する。

ガス分岐ライン 6 5 を介して取り出されるメタンガスは、発電装置などに送られて利用することができる。なお、ガス循環ライン 6 4 を設けることなく、メタンガスの全量を発電装置などに送ってもよい。メタン発酵槽 6 3 に、メタン発酵槽 6 3 に貯留された被処理水 W 1 を攪拌する攪拌装置を設けてもよい。

[0068] 上記変形例によれば、第一実施形態で述べた効果のみならず、メタン発酵により発生するメタンガスを回収することによって、メタンガスのエネルギーを発電などに利用することができる。また、発電機に、さらに熱回収設備を設けることで、エネルギー回収率を向上させることが出来る。

[0069] 〔第二実施形態〕

以下、本発明の第二実施形態の生物処理装置を図面に基づいて説明する。なお、本実施形態では、上述した第一実施形態との相違点を中心に述べ、同様の部分についてはその説明を省略する。本実施形態と第一実施形態との相違点は、第一実施形態の生物処理装置 10 において、膜分離装置 13 ではなく、図 7 に示す膜分離装置 13 D を採用していることである。

図 7 に示すように、本実施形態の膜分離装置 13 D において、複数の膜モジュール 1 D は、膜分離装置 13 D の筐体 14 内に、横向きで配置されている。即ち、膜モジュール 1 D の円筒形状のケーシング 2 の軸線 A（図 8 参照）は、第一実施形態と異なり、水平方向に延在している。

[0070] 図 8 に示すように、膜モジュール 1 D は、円筒形状のケーシング 2 と、複数の管状濾過膜 3 と、管状濾過膜 3 を補強する補強部材 34 と、を備えている。

[0071] 本実施形態の膜モジュール 1 D は、各々の管状濾過膜 3 を補強する補強部材 34 を備えている。補強部材 34 は、各々の管状濾過膜 3 を外周側から覆っている筒状の部材である。管状濾過膜 3 は、補強部材 34 の内周側に挿通されている。

[0072] 図 9 に示すように、補強部材 34 は、管状濾過膜 3 の外周側に配置される筒状本体部 35 と、筒状本体部 35 の内周面 35 a に設けられた複数の支持部 36 と、筒状本体部 35 に形成された複数の貫通孔 37 と、を有している。

筒状本体部 35 は、円筒状をなしている。図 10 に示すように、筒状本体部 35 の内径（内周面 35 a の直径）は、管状濾過膜 3 の外径より大きい。筒状本体部 35 の内周面 35 a と管状濾過膜 3 の外周面との間には、隙間 G

が形成されている。管状濾過膜 3 の外径を、例えば、5 mm とすると、筒状本体部 3 5 の内径は、例えば、7 mm とすることができる。この場合、筒状本体部 3 5 の内周面 3 5 a と管状濾過膜 3 の外周面との間の隙間 G は 2 mm である。筒状本体部 3 5 は、管状濾過膜 3 との間の隙間 G が一定となるように形成されている。

[0073] 筒状本体部 3 5 の長さは、第一隔壁 3 0 と第二隔壁 3 1 との間の間隔と同じである。即ち、筒状本体部 3 5 の長さは、透過側空間 P に露出している管状濾過膜 3 の長さと同じである。

筒状本体部 3 5 は、例えば、チタンやアルミニウムなどの軽量の金属や、ポリアセタール樹脂などのプラスチックによって形成することができる。筒状本体部 3 5 の板厚は、補強部材 3 4 の強度を損なわない範囲で、可能な限り薄くすることが好ましい。

[0074] 支持部 3 6 は、筒状本体部 3 5 の軸線 A 方向（延在方向）に延在する突起である。支持部 3 6 は、筒状本体部 3 5 の周方向に、間隔をあけて複数（本実施形態では 8 つ）形成されている。各々の支持部 3 6 の高さは、筒状本体部 3 5 の内周面 3 5 a と管状濾過膜 3 の外周面との間の隙間 G の幅と、略同一である。

[0075] なお、本実施形態の補強部材 3 4 は、8 つの支持部 3 6 を有しているが、管状濾過膜 3 を支持することができればこれに限ることはない。筒状本体部 3 5 と管状濾過膜 3 との間の空間、即ち、透過水 PW が排出される空間をより広く確保するためには、支持部 3 6 の数を 3 つにするなど、できるだけ少ないことが好ましい。

また、上記実施形態では、支持部 3 6 が筒状本体部 3 5 の軸線 A 方向に連続して形成されているが、これに限ることはない。支持部 3 6 は、筒状本体部 3 5 と管状濾過膜 3 との間の空間を埋めることなく、この空間を可能な限り確保しながら、管状濾過膜 3 を支持できればよい。例えば、支持部 3 6 は、軸線 A 方向に断続的に形成されてもよい。また、管状濾過膜 3 を互いに離間する複数の支持突起により点支持する構成としてもよい。

[0076] 貫通孔 37 は、筒状本体部 35 の外周側と筒状本体部 35 の内周側とを連通させる開口である。複数の貫通孔 37 は、筒状本体部 35 の外面の全面に規則的に（均等に）配置されている。貫通孔 37 は、補強部材 34 の強度を損なわない範囲で、可能な限り多く形成することが好ましい。筒状本体部 35 の周方向における貫通孔 37 の位置は、支持部 36 と異なっていることが好ましい。

[0077] 上記実施形態によれば、膜モジュール 1D を横置き、即ち、ケーシング 2 が水平方向に延在するように配置することによって、膜モジュール 1D を複数配置する場合においても、膜モジュール 1D の交換を容易とすることができる。これにより、複数の膜モジュール 1D からなる膜分離装置 13D のメンテナンスを容易とすることができる。

[0078] また、複数の管状濾過膜 3 が補強部材 34 によって補強されていることによって、管状濾過膜 3 が水平方向に延在する配置とした場合においても、管状濾過膜 3 が撓むことを防止することができる。

また、補強部材 34 の支持部 36 によって補強部材 34 の内周面 35a と管状濾過膜 3 の外周面との間に隙間 G が形成されることによって、管状濾過膜 3 から透過される透過水 PW の流れを阻害することなく、管状濾過膜 3 を撓まないように支持することができる。

[0079] また、膜モジュール 1D を縦置きする場合は、管状濾過膜 3 の第一端と第二端のヘッド差（抵抗）が大きくなる。膜モジュール 1D を横置きすることによって、膜モジュール 1D を縦置きする場合と比較して、ヘッド差が小さくなり、FLUX（流出量）分布を小さくすることができる。

[0080] また、膜モジュール 1D を横置きすることによって、複数の膜モジュール 1D 同士を直列的に接続することが容易となる。膜分離装置 13D を構成する複数の膜モジュール 1D の配列方法を直列にする場合においても対応が容易となる。

[0081] なお、上記実施形態では、補強部材 34 の長さを第一隔壁 30 と第二隔壁 31 との間の間隔と同じにしたがこれに限ることはない。例えば、補強部材

34の長さを第一隔壁30と第二隔壁31との間の間隔よりも長くして、補強部材34を第一隔壁30及び第二隔壁31の挿通孔32に挿通してもよい。このような形態とすることによって、管状濾過膜3にかかる負担をより軽減することができる。

[0082] また、補強部材34は、筒状をなし、管状濾過膜3の外周側に管状濾過膜3と接するように配置されたメッシュ状の網状構造体としてもよい。網状構造体は、例えば、複数の線状のプラスチックを互いに格子状に組み合わせることによって形成されているプラスチック管とすることができる。

[0083] 当該線状のプラスチックの代替として、例えば、ステンレス鋼などの金属で形成されたワイヤを採用することもできる。また、ビニール等で被覆されたワイヤを採用してもよい。

また、複数の線状のプラスチックの組み合わせ方は、格子状に限ることはなく、複数の線状のプラスチックを六角形に編んでもよい。

[0084] [第三実施形態]

以下、本発明の第三実施形態の膜モジュールに使用される補強部材を図面に基づいて説明する。なお、本実施形態では、上述した第二実施形態との相違点を中心に述べ、同様の部分についてはその説明を省略する。本実施形態と第二実施形態との相違点は、第一実施形態の生物処理装置10において膜分離装置13ではなく図7に示す膜分離装置13Dを採用しているのみならず、膜分離装置13Dの補強部材34に代わり、図11の補強部材34Eを採用していることである。

図11に示すように、本実施形態の補強部材34Eは、円形板状をなす板状本体部48と、板状本体部48に形成された複数の膜挿通孔49と、を有している。複数の膜挿通孔49には、それぞれ管状濾過膜3が挿通される。補強部材34Eは、ケーシング2の軸線A方向に間隔をあけて3つ設けられている。

[0085] 補強部材34Eの板状本体部48の外周面48aは、ケーシング2の内周面に当接している。補強部材34Eは、補強部材34Eの下部がケーシング

2の内周面に当接することで支持される。補強部材34Eの下部の外周面48aは、補強部材34Eを支持する補強部材支持部として機能する。また、透過水PWが透過側空間P内で流通するように、例えば補強部材34Eの一部に、切欠55が存在することが望ましい。

[0086] 上記実施形態によれば、補強部材34Eによって複数の管状濾過膜3が機械的に連結される。これにより、管状濾過膜3が水平方向に延在する配置とした場合においても、管状濾過膜3が撓むことを防止することができる。

また、本実施形態の補強部材34Eは、管状濾過膜3を延在方向の3点のみで支持するため、第二実施形態の補強部材34Eと比較して、透過水PWをより透過させることができる。

[0087] なお、上記実施形態の補強部材34Eは、補強部材34Eの外周面48aがケーシング2の内周面に当接しているがこれに限ることはない。即ち、補強部材34Eがケーシング2の内周面によって支持されていれば、補強部材34Eの上部がケーシング2の内周面に当接していなくてよい。また、例えば多角形状など、外周の一部がケーシング2に当接する形状でもよい。

また、補強部材34Eの数は3つに限ることはなく、管状濾過膜3の強度に応じて、適宜増減させてよい。

[0088] 以上、本発明の実施形態について詳細を説明したが、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲内において、種々の変更を加えることが可能である。

例えば、管状濾過膜3の本数に関して、図2などには5本の管状濾過膜3を示したが、管状濾過膜3の本数はこれに限ることはない。

また、第一実施形態の変形例で示した構成を、第二実施形態、第三実施形態に適用してもよい。

産業上の利用可能性

[0089] この生物処理装置によれば、管状濾過膜が親水性を有することで膜面流速を低くすることができる。これにより、被処理水の循環流量を少なくすることができ、大量の循環水を一時貯留するための槽が不要となる。

また、透過側空間の圧力に基づいて濃縮側空間に供給される流出水の供給

量を制御することによって、生物処理水槽に濃縮水（返送汚泥）を安定して供給することができる。

符号の説明

- [0090] 1, 1 D 膜モジュール
- 2 ケーシング
 - 3 管状濾過膜
 - 4 ケーシング本体
 - 5 第一側壁
 - 6 第二側壁
 - 7 流出水導入口
 - 8 濃縮水排出口
 - 9 透過水排出口
 - 10, 10 B, 10 C 生物処理装置
 - 11, 11 B 生物処理水槽
 - 12 制御装置
 - 13, 13 D 膜分離装置
 - 15 被処理水配管
 - 17 流出水供給配管
 - 18 透過水配管
 - 19 返送配管（返送ライン）
 - 20 貯留槽
 - 21 加圧ポンプ
 - 22 吸引ポンプ
 - 23 圧力計
 - 24 脱窒槽
 - 25 硝化槽
 - 26 二次脱窒槽
 - 27 再曝気槽

- 2 8 余剰汚泥配管（余剰汚泥排出部）
- 3 0 第一隔壁
- 3 1 第二隔壁
- 3 2 挿通孔
- 3 3 エア抜き口
- 3 4 補強部材
- 3 5 筒状本体部
- 3 6 支持部
- 3 7 貫通孔
- 4 8 板状本体部
- 4 9 膜挿通孔
- 5 1 O R P測定装置
- 5 2 p H測定装置
- 5 3 D O測定装置
- 5 4 有機炭素源供給装置
- 5 5 切欠
- 5 6 水位測定装置
- 5 7 曝気装置
- 6 2 好気槽
- 6 3 メタン発酵槽
- 6 4 ガス循環ライン
- 6 5 ガス分岐ライン
- 6 6 流速計
- 6 7 余剰汚泥調整装置（バルブ、ポンプ）
- 6 8 アルカリ剤供給装置
- G 隙間
- M 余剰汚泥
- P W 透過水

- S 濃縮側空間
- S 1 第一ヘッダ空間
- S 2 第二ヘッダ空間
- S 3 濾過膜内空間
- P 透過側空間
- W 1 被処理水
- W 2 流出水
- W 3 濃縮水