

明 細 書

発明の名称：

水の浄化システム、水の浄化方法、水の浄化システムの立ち上げ方法および水の浄化ユニット

技術分野

[0001] 本発明は、濾過機能を補う装置を別途利用することなく、かつ半永久的ないし長期間に亘って換水処理や砂の入れ替え処理を不要とした水の浄化システム、水の浄化方法、水の浄化システムの立ち上げ方法および水の浄化ユニットに関する。

背景技術

[0002] 水槽等の保持槽内で水圏生物を飼育するとその排泄物等に由来する有機物から有害なアンモニアや硝酸等が発生することから、従来より、濾過装置を用いたり、これと併せて定期的に保持槽内の飼育水を新しいものに換える換水処理や保持槽内の砂を新しいものに入れ替える入れ替え処理を行って排泄物等を除去する処理を行っている。しかしながら、例えば保持槽の上方などに取り付けるタイプの外付けの濾過装置はその設置や維持管理に費用がかかり、保持槽の規模が大きいとこの費用は莫大なものとなる。さらに、換水処理や砂の入れ替え処理は手間がかかるとともに水圏生物に少なからずダメージを与えるおそれがある。

[0003] 一般的に上記のような外付けの濾過装置を使用しない飼育システムとして例えば特許文献1に記載されているようなモナコ式の飼育システムが挙げられる。この飼育システムでは、通水性を有する板状部材を利用して上げ底を行ったうえで当該板状部材上に砂の層を設け、その層の上側に有酸素環境であるとともに光が届く好気層を形成し、下側に無酸素環境であるとともに光が届かない通性嫌気層を形成する。好気層には好気性細菌が生息し、通性嫌気層には通性嫌気性細菌が生息する。これら好気性細菌及び通性嫌気性細菌が有機物から発生した有害なアンモニア、亜硝酸及び硝酸等を分解し、濾過

機能を有することから、モナコ式の飼育システムでは一般的に上記のような外付けの濾過装置を不要としている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2002-223664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、上記のようなモナコ式の飼育システムでは、板状部材の下方すなわち保持槽の底部に好気性細菌や通性嫌気性細菌の死骸やこれらの細菌によって生成された物質が堆積していく。これらの物質には有害な硫酸イオンを含む硫黄化合物が含まれ、多量に堆積すると好気層及び通性嫌気層を通過して一気に上昇し、水圏生物を死滅させるおそれがある。このようにモナコ式の飼育システムは、濾過機能が不十分であり水圏生物の排泄物等から発生する有害物質を無害化できるものではないことから、飼育水の汚染を十分に抑制するために濾過機能を補う装置を別途に設けたり、換水処理や砂の入れ替え処理を行う必要がある。また、飼育可能な水圏生物数が限られるとともに、飼育可能な許容数以下であっても水圏生物が成長するにつれて排泄物等の量が増加して浄化能力が追いつかなくなるおそれがあることから、途中で水圏生物数を減らさなければならない場合がある。なお、浄化能力が追いつかない状態で飼育を続けると、保持槽内の全ての水圏生物が死滅してしまう。このように、水の浄化に関する器具や装置は、排泄物等の処理に関して長年にわたって目覚しい発展を遂げておらず、飼育者（管理者）に多大な負担を与えるものである。

[0006] また前述した硫黄化合物は、水槽内に限らず、海などに設けた水圏生物の養殖場などでもそこに生息する細菌により水中の有機物が分解されて発生する可能性があるものであり、多量に発生した場合には水圏生物に被害を与えるおそれがある。

[0007] 本発明は、このような課題を有効に解決するものであって、水圏生物の排泄物等に由来する有害物質の堆積を抑制し、濾過機能を補う装置を別途設けることなく半永久的ないし長期間に亘って換水処理や砂の入れ替え処理を不要とすることが可能な水の浄化システム、水の浄化方法および水の浄化システムの立ち上げ方法を提供することを目的とする。

[0008] また、水槽等の保持槽内や海などに設けた水圏生物の養殖場などで上記水の浄化システムおよび上記水の浄化方法を容易に実施することが可能な水の浄化ユニットを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明は、かかる目的を達成するために次のような手段を講じたものである。

[0010] すなわち、本発明に係る水の浄化システムは、有機物および酸素が存在する好気領域と、この好気領域と連通し、好気性細菌が生息する好気層と、この好気層に隣接して設けられ、通性嫌気性細菌が生息する通性嫌気層と、この通性嫌気層に隣接して設けられ、絶対嫌気性細菌が生息するとともに土質材料により構成される絶対嫌気層と、嫌気的な環境であり、前記絶対嫌気層に生息する絶対嫌気性細菌およびこれによる生成物が流入可能な嫌気空間と、この嫌気空間と前記好気領域とを連通する連通手段とを備えることを特徴とする。

[0011] ここで、土質材料とは、腐葉土等の自然界に存在する土と同様の性質及び機能等を有するものであればよく、自然界に存在するものだけでなく人工的に製造されたものであってもよい。土と同様の性質及び機能等を有するものとは、土と同様に絶対嫌気性細菌が生息可能であり、層状態にしたときにその層の内部を有機物及び微生物等が移動可能であるとともにその層の内部を嫌気的な環境とすることができものを言う。このような性質及び機能等が充たされる限りにおいて、土質材料それ自体の形状は特に限定されず、土その他の粒子状のものを押し固めるなどして層状態にしてもよく、スポンジのようにそれ自体が層状態になるような1塊のものであってもよい。また、好

気領域と好気層とが連通する状態とは、好気領域に有機物や酸素、水などが存在する場合にそれらが好気層に移動可能な状態をいい、嫌気空間と好気領域とが連通する状態とは、嫌気空間に絶対嫌気性細菌や硫化水素、水などが存在する場合にそれらが好気領域に移動可能な状態をいう。

[0012] このような構成であるため、好気領域に存在する有機物は、好気層に到達した後に通性嫌気層に到達し、これらの層にそれぞれ生息する好気性細菌及び通性嫌気性細菌によって分解される。この分解物はその後、絶対嫌気層に到達して絶対嫌気性細菌により分解される。このとき、絶対嫌気性細菌であり嫌気条件下でのみ生息可能な硫酸還元菌によって硫黄化合物が硫化水素に分解されるが、このようにして発生した硫化水素は、好気領域、好気層、通性嫌気層、絶対嫌気層および嫌気空間の少なくとも何れかにおいて低害化される。ここで低害化とは、水圏生物に対する有害性を低下させることをいい、具体的には、硫酸還元菌とともに連通手段を介して好気領域に移動する過程で水中の鉄成分と反応して硫化水素よりも水圏生物に対する有害性が低い硫化鉄となったり、好気層などに生息する硫黄酸化細菌や光合成細菌等によって硫化水素よりも水圏生物に対する有害性が低い他の硫黄化合物に変換されることで低害化される。また、好気領域に移動した硫酸還元菌は硫化鉄と反応することで好気的な環境でも生息可能になり、好気層表面に到達してそこに存在する有機物量が比較的多ければ当該有機物の分解を行い、比較的小なければ休眠状態になることから、分解可能な有機物量が増加する。このように水中の有機物を分解しつつ、これにより発生した硫化水素を低害化することができることから、濾過機能を補う装置を別途設けることなく且つ半永久的ないし長期間に亘って換水処理や砂の入れ替え処理を行わなくても前記有機物に由来する有害物が堆積することを抑制することができ、水槽等の保持槽に保持された水や、海などに設けた水圏生物の養殖場などの水を浄化することができる。また、本発明に係る水の浄化システムを水圏生物の飼育に用いる場合には、水圏生物が成長しても飼育数を減少させる必要がなく、飼育可能な水圏生物の数を従来よりも多くすることができる。

- [0013] 嫌気空間を容易に形成することができるとともに、長期間に亘って嫌気空間を安定した状態で維持するためには、上部が開口した中空部材の開口を、通水性を有し且つ前記土質材料の通過を遮る網目状部材により閉塞するとともに、当該中空部材及び当該網目状部材の周囲を前記土質材料で被覆して、前記中空部材の内部に前記嫌気空間を形成していることが好ましい。
- [0014] 簡単且つ確実に絶対嫌気性細菌を増殖させて、十分な量の有機物を分解可能な絶対嫌気層を形成するためには、前記土質材料が、黒ぼく土であることが好適である。
- [0015] 有機物を含有する水を海水と同じ弱アルカリ性に保ち、海水魚を飼育するのに適した環境に維持するとともに硫酸還元菌の活性が低下することを抑制するためには、前記好気層の表面に、珊瑚砂からなる層を設けていることが望ましい。
- [0016] 嫌気空間を容易に形成する他の方法としては、前記保持槽が、その側面の下方及び底面からの光の透過を阻止する非透過部を備え、通水性を有し且つ前記土質材料の通過を遮る網目状部材を、前記保持槽の内底面と離間させて当該保持槽内の下方全面に配置するとともに、この網目状部材の上面を前記土質材料で被覆して、当該網目状部材と前記内底面との間に前記嫌気空間を形成していることが好ましい。
- [0017] 本発明に係る水の浄化方法は、絶対嫌気性細菌が生息可能な土質材料を予め押し固めた塊状の第1の細菌生息可能部を水中に設置された状態にするるとともに、この第1の細菌生息可能部に隣接して粒状の担体を有し通性嫌気性細菌が生息可能な第2の細菌生息可能部と、この第2の細菌生息可能部に隣接して粒状の担体を有し好気性細菌が生息可能な第3の細菌生息可能部と、嫌気的な環境であって前記第1の細菌生息可能部と連通する嫌気空間とを水中に形成し、さらに前記第3の細菌生息可能部と連通する位置に有機物および酸素が存在する好気領域を位置づけて、この好気領域と前記嫌気空間とを連通状態にし、これにより前記第1の細菌生息可能部に絶対嫌気性細菌を増殖させて絶対嫌気層を形成し、前記第2の細菌生息可能部に通性嫌気性細菌

を増殖させて通性嫌気層を形成し、前記第3の細菌生息可能部に好気性細菌を増殖させて好気層を形成し、これらの細菌により前記好気領域中の有機物を分解させるとともに、前記絶対嫌気層から流出した絶対嫌気性細菌およびこれによる生成物を前記嫌気空間から前記好気領域に移動させることを特徴とする。

[0018] ここで、第1の細菌生息可能部と嫌気空間とが連通する状態とは、第1の細菌生息可能部に絶対嫌気性細菌やその生成物、水などが存在する場合にそれらが嫌気空間に移動可能な状態をいい、好気空間と第3の細菌生息可能部とが連通する状態とは、好気空間に有機物や酸素、水などが存在する場合にそれらが第3の細菌生息可能部に移動可能な状態をいい、嫌気空間と好気領域とが連通する状態とは、嫌気空間に絶対嫌気性細菌や硫化水素、水などが存在する場合にそれらが好気領域に移動可能な状態をいう。

[0019] このような方法であれば、第3の細菌生息可能部と連通する位置に有機物が存在する好気領域を位置づけて、この好気領域と前記嫌気空間とを連通状態にすることで、第1の細菌生息可能部に絶対嫌気性細菌が増殖して絶対嫌気層が形成され、第2の細菌生息可能部に通性嫌気性細菌が増殖して通性嫌気層が形成され、第3の細菌生息可能部に好気性細菌が増殖して好気層が形成される。そのため、本発明に係る水の浄化システムと同様に、水中の有機物を分解しつつ、これにより発生した硫化水素を低害化することができることから、濾過機能を補う装置を別途設けることなく且つ半永久的ないし長期間に亘って換水処理や砂の入れ替え処理を行わなくても前記有機物に由来する有害物が堆積することを抑制することができる。また、本発明に係る水の浄化方法を水圏生物の飼育に用いる場合には、水圏生物が成長しても飼育数を減少させる必要が無く、飼育可能な水圏生物の数を従来よりも多くすることができる。さらに予め押し固められた塊状の第1の細菌生息可能部を用いることで、上記のような硫化水素の低害化を伴う有機物の分解サイクルを所望の位置に短期間で人工的に形成することができる。

[0020] 前記水の浄化システムを立ち上げる際には、前記連通手段として筒状部材

を用い、前記好気領域に有機物が存在する状態で前記好気層に光を当てながら、前記筒状部材内部に気体供給手段より気体を供給することで、前記筒状部材の内部に前記嫌気空間から前記好気層の上方に向かう水流を生じさせ、この状態を所定期間にわたって維持することが好ましい。

[0021] また本発明に係る水の浄化ユニットは、前記水の浄化システムを構築するためのものであり、土質材料により構成され、絶対嫌気性細菌が生息可能な塊状の細菌生息可能部と、第1の開口部および第2の開口部が形成されるとともに前記細菌生息可能部の一方側から他方側に延出可能な長さを有し、前記第1の開口部を前記細菌生息可能部の一方側に臨む位置に配置した場合に、前記第2の開口部が前記細菌生息可能部の他方側において前記細菌生息可能部から所定距離離れた位置に配置される筒状部材とを有するものが挙げられる。

[0022] このような構成であることから、有機物を含有する水中に浸漬するとともに細菌生息可能部のうち筒状部材の他端が配置されている側の面に好気層や通性嫌気層を形成すべく粒状の担体等を供給することで、閉塞空間形成手段などを利用して細菌生息可能部の一方側に閉塞空間を形成することができる。また、筒状部材が前記第1の開口部を前記細菌生息可能部の一方側に臨む位置に配置した場合に前記第2の開口部が前記細菌生息可能部から所定距離離れた位置に配置されることから、前記粒状の担体等により筒状部材の他端が塞がれることがなく、前述したような好気領域、好気層、通性嫌気層、絶対嫌気層、および好気領域と連通する嫌気空間を容易に形成することができる。また細菌生息可能部は塊状のものであり、土質材料が予め押し固められていることから、前述した絶対嫌気層を水中に容易に形成して上記のような有機物の分解サイクルが行われるようにするために必要な立ち上げ期間を短縮することができる。

[0023] 前記嫌気空間を一層容易に形成するためには、前記細菌生息可能部によって少なくとも一部が構成される閉塞手段により囲まれた閉塞空間を有し、前記筒状部材は、前記閉塞空間から前記閉塞手段を貫通して延出可能な長さを

有し、前記第 1 の開口部を前記閉塞空間に臨む位置に配置した場合に、前記第 2 の開口部が前記細菌生息可能部から所定距離離れた位置に配置されることが好ましい。

[0024] 前記土質材料がばらけて細菌生息可能部の形状が崩れたり、水中に浸漬させた水の浄化ユニットから前記土質材料が流れ出すことを抑制するためには、前記細菌生息可能部のうち少なくとも前記筒状部材が突出していない側の面を、前記土質材料の通過を遮る包囲部材により被覆していることが好ましい。

[0025] 一般的な透明の水槽を利用して水の浄化システムを構成する際に、他の部材等を用いることなく閉塞空間に光が侵入することを防止するためには、前記包囲部材が遮光性を有する構成とすることが好ましい。

[0026] 前記閉塞空間に土質材料が進入することを抑制するためには、前記細菌生息可能部と前記閉塞空間との間に、通水性を有し且つ前記土質材料の通過を遮る網目状部材を設けていることが好ましい。

[0027] 上記のような水の浄化ユニットを使用して上記水の浄化システムを構築するためには通性嫌気層および好気層を形成するために粒状の担体を供給する必要がある場合があるが、この手間をなくした水の浄化ユニットとするためには、前記絶対嫌気性細菌が生息可能な細菌生息可能部を第 1 の細菌生息可能部とした場合に、この第 1 の細菌生息可能部に隣接して通性嫌気性細菌が生息可能な第 2 の細菌生息可能部と、この第 2 の細菌生息可能部に隣接して好気性細菌が生息可能な第 3 の細菌生息可能部とをそれぞれ形成すべく、好気性細菌および通性嫌気性細菌が生息可能な粒状の担体を更に備える構成とすることが好ましい。

[0028] また、水の浄化ユニットの軽量化を図るためには、前記細菌生息可能部が乾燥状態であることが好ましい。

[0029] 複数の水の浄化ユニットを積み重ねて使用することを可能にしたり、海底等の凹凸のある場所にも設置しやすくするためには、設置面との間に所定の隙間を確保することが可能な支持脚を設けた構成とすることが好ましい。

発明の効果

[0030] 以上説明した本発明によれば、有機物に由来する有害物の堆積を抑制するとともに、細菌の働きにより有機物から発生した硫化水素を有害性の低い物質に変換するなどして低害化することで、濾過機能を補う装置の設置を不要としつつ半永久的ないし長期間に亘って換水処理や砂の入れ替え処理を不要とするために有用な水の浄化システム、水の浄化方法、水の浄化システムの立ち上げ方法および水の浄化ユニットを提供することが可能である。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]本発明の第1の実施形態に係る水の浄化ユニットを示す断面図。
[図2]同浄化ユニットに筒状部材などを取り付けた状態を示す断面図。
[図3]同浄化ユニットにさらに第2の細菌生息可能部および第3の細菌生息可能部を取り付けた状態を示す断面図。
[図4]同浄化ユニットを使用して構成した第1の実施形態に係る水の浄化システムを示す断面図。
[図5]同浄化システムにおける有機物の循環を示す模式図。
[図6]同浄化システムの立ち上げ方法を説明するための工程図。
[図7]同浄化ユニットにさらに支持脚を取り付けた状態を示す断面図。
[図8]本発明の第2の実施形態に係る水の浄化ユニットを示す断面図。
[図9]同浄化ユニットに筒状部材などを取り付けた状態を示す断面図。
[図10]同浄化ユニットを使用して構成した第2の実施形態に係る水の浄化システムを示す断面図。
[図11]本発明の第3の実施形態に係る水の浄化ユニットを示す断面図。
[図12]第1の実施形態に係る水の浄化ユニットの変形例を示す断面図。

発明を実施するための形態

[0032] <第1の実施形態>

以下、本発明に係る第1の実施形態を、図1～図7を参照して説明する。

[0033] 図1に示すように、本発明の第1の実施形態である水の浄化ユニット100は、水圏生物の飼育ユニットとして用いられるものであり、絶対嫌気性細

菌が生息可能な塊状の細菌生息可能部 140 を含み、この細菌生息可能部 140 に一方側から他方側に貫通する貫通部としての筒状部材挿入孔 40a が形成されている。

[0034] 細菌生息可能部 140 は、団粒構造である土質材料としての黒ぼく土 40 を平面視略矩形状に押し固めて構成された乾燥状態のものである。なお乾燥状態とは、水分が全く含まれない状態だけではなく、いくらか含まれた状態も含む。このような細菌生息可能部 140 の凹部 140 に、図 2 に示す開口 30b が形成された中空部材 30 を設置するとともに、筒状部材挿入孔 40a にチューブ 18 を配置し、さらに細菌生息可能部 140 の周囲を包囲部材 131 で包囲する。これによって、少なくとも一部が細菌生息可能部 140 により囲まれた閉塞空間 130 が形成されるとともに、閉塞空間 130 より延在するチューブ 18 を備えたものとなる。この閉塞空間 130 は、中空部材 30 により第 1 方向 X（本実施形態では水平方向）の両側（側方）が囲まれるとともに、包囲部材 131 により第 1 方向 X と直交する第 2 方向 Y（本実施形態では鉛直方向）の一方側（本実施形態では下方）、前記細菌生息可能部 140 により第 2 方向 Y の他方側（本実施形態では上方）がそれぞれ囲まれている。また前記中空部材 30 は第 2 方向 Y の両端が開放された筒状のものであり、互いに離間して 2 つ設けられ、上側の開口 30a に表面が網目状部材 32 で被覆された格子状又はすのこ状の板状部材 31 が載置されている。そして、このような中空部材 30 の第 2 方向 Y の一方側を除いた周囲は、細菌生息可能部 140 を構成する黒ぼく土 40 により覆われている。網目状部材 32 は、黒ぼく土 40 の通過を遮りつつ通水性を有するものであり、細菌生息可能部 140 の黒ぼく土 40 が上方から閉塞空間 130 に進入することを抑制する。網目状部材 32 としては、このような機能を有する網目状の布類や繊維状のシート等を用いることができる。包囲部材 131 は、遮光性を有するとともに、黒ぼく土 40 及び酸素の通過を遮ぎるシート状や板状のものであり、図 2 に示すように細菌生息可能部 140 の第 1 方向 X における両面 140b および第 2 方向 Y における一方側の面 140c、ならびに中

空部材 30 の第 2 方向 Y の一方側を被覆する。これら包囲部材 131、中空部材 30 および細菌生息可能部 140 は、閉塞空間 130 を囲む閉塞手段 132 を構成している。なお、中空部材 30 としては筒状のものに限定されず、例えば第 2 方向 Y の他方側のみが開放された箱状のものをを用いてもよく、この場合には中空部材 30 および細菌生息可能部 140 が閉塞手段 132 を構成する。また、閉塞空間 130 の数は 2 つに限定されず 1 つ又は 3 つ以上であってよい。

[0035] 連通手段（筒状部材）としてのチューブ 18 は、延在方向に互いに第 2 の距離 L2 離間して第 1 の開口部 18a と第 2 の開口部 18b が形成されており、本実施形態では両端に開口部 18a、18b が形成されている。この開口部 18a、18b は、後述する水の浄化システム 1（図 4 参照）において嫌気空間 3 と好気領域 90 とを連通させることができる位置に形成されていれば特に限定されず、チューブ 18 の端部でなく延在方向の中央部に形成されていてもよい。チューブ 18 は、その一端 18a が配置された閉塞空間 130 から中空部材 30 を貫通して第 1 方向 X に延び、細菌生息可能部 140 内で直角に屈曲して、延出端としての他端 18b が細菌生息可能部 140 の第 2 方向 Y における他方側の面 140a から突出している。そして、第 1 の開口部 18a が閉塞空間 130 に臨む位置に配置されるときにも、第 2 の開口部 18b が細菌生息可能部 140 から第 1 の距離 L1 離れた位置に配置される。連通手段としてはチューブ 18 のほかに後述するパイプなどの筒状部材を用いることができ、これらチューブ 18 やパイプの材質は特に限定されず、例えば塩化ビニル製、陶器製、鉄製、ガラス製、ゴム製のものをを用いることができる。連通手段として塩化ビニル製又は陶器製のものを用いることで、後述する飼育水として海水を使用した場合でも長期間にわたって連通手段の腐食を抑制することができる。また、連通手段としては後述する保持槽の容量等に合った径のものをを用いることが好ましい。また、本実施形態では各閉塞空間 130 から 1 本ずつチューブ 18 が延びているが、各閉塞空間 130 に複数本のチューブ 18 が設けられていてもよい。なお、

水の浄化ユニット１００では、上述のように、チューブ１８、中空部材３０、網目状部材３２、板状部材３１および包囲部材１３１を細菌生息可能部１４０に取り付けるようにしているが、これらの少なくとも何れか１つが予め細菌生息可能部１４０に固定されていてもよい。

[0036] また、図３に示すように、細菌生息可能部１４０を第１の細菌生息可能部１４０とした場合に、この第１の細菌生息可能部１４０の第２方向Ｙにおける他方側に隣接して、通性嫌気性細菌が生息可能な第２の細菌生息可能部１４１、及び、この第２の細菌生息可能部１４１の第２方向Ｙにおける他方側に隣接して好気性細菌が生息可能な第３の細菌生息可能部１４２を取り付ける。この第２の細菌生息可能部１４１及び第３の細菌生息可能部１４２は、粒状の担体としての砂５０等を平面視略矩形状にある程度押し固めたものである。なお、本実施形態では第２の細菌生息可能部１４１及び第３の細菌生息可能部１４２の側面には包囲部材１３１が設けられていないが、これら細菌生息可能部１４１、１４２の側面も包囲部材１３１で包囲されるようにしてもよい。また、このような第２の細菌生息可能部１４１および第３の細菌生息可能部１４２は、第１の細菌生息可能部１４０に隣接して予め形成されていてもよく、また後述する他の水の浄化ユニットに予め形成されていてもよい。

[0037] このような水の浄化ユニット１００を使用して本発明の第１の実施形態である水の浄化システム１を構成する際には、図４に示すような透明のガラス製又はアクリル製の保持槽（水槽）２の内底面２ｃ上に水の浄化ユニット１００を載置した後、その表面（第３の細菌生息可能部１４２上）に珊瑚砂７０を供給し、珊瑚層７の上方に水圏生物（水棲生物）が生息可能な好気領域９０を形成する。このとき珊瑚砂７０はチューブ１８の他端１８ｂよりも低い位置までしか堆積させず、チューブ１８の他端１８ｂが珊瑚砂７０によって構成される珊瑚層７より突出した状態とする。珊瑚砂７０はその成分に炭酸カルシウム（ CaCO_3 ）を含み、これが図５に示すように飼育水９中に溶出することで飼育水９がアルカリ性に調整される。珊瑚砂７０としては例え

ば直径が1～30mm程度のものを用いることができ、天然物であっても人工物であってもよい。また、後述する硫化水素低害化領域において低害化させる硫化水素量を増加させるために、鉄粉などの鉄成分を加えた細菌生息可能部140を備える水の浄化ユニット100や、鉄成分を混合した砂50等を用いてもよい。その後、保持槽2内に図4に示すように飼育水9を充填して水の浄化ユニット100および珊瑚砂70を飼育水9中に浸漬させる。本実施形態では水圏生物として海水魚を飼育しており、飼育水9として弱アルカリ性である天然海水や人工海水等を用いている。また、中空部材30の開口30aは、前記板状部材31を介して前記網目状部材32により閉塞されていることから、黒ぼく土40が中空部材30の内部に進入することはない、中空部材30の内部は飼育水9で満たされた状態となる。これによって黒ぼく土40が予め押し固められた塊状の第1の細菌生息可能部140を飼育水9中に設置された状態にする。なお、本実施形態では粒状の担体として砂50を用いているが、好気性細菌や通性嫌気性細菌が生息可能なものであれば、プラスチック等の人工物や木屑、砂利などであってもよい。また、保持槽2内に飼育水9を充填するタイミングは珊瑚砂70の供給後に限定されず、水の浄化ユニット100の載置前や、水の浄化ユニット100の載置後から珊瑚砂70の供給前であってもよい。

[0038] また、予めある程度押し固められた第2の細菌生息可能部141及び第3の細菌生息可能部142を備えない水の浄化ユニット100を用いる場合には、この水の浄化ユニット100を保持槽2の内底面2c上に載置した後、その表面に砂50（又は砂利）及び珊瑚砂70を順次供給し、保持槽2内に飼育水9を充填することで（飼育水9の充填は水の浄化ユニット100の載置前、水の浄化ユニット100の載置後から砂50又は珊瑚砂70の供給前であってもよい）、第1の細菌生息可能部140に隣接する砂50の層の下側が通性嫌気性が生息可能な第2の細菌生息可能部141となり、上側が好気性細菌が生息可能な第3の細菌生息可能部142となる。使用する砂50の量としては例えば飼育水9の体積の6分の1～8分の1程度である。砂5

0としては、例えば元々好気性細菌や通性嫌気性細菌が生息している海底等から採取したものを利用することができ、これによって、後述する水の浄化システム1の立ち上げにおいてこれらの細菌が好気層6及び通性嫌気層5に定着しやすくなり、立ち上げに要する時間を短くすることができる。

[0039] なお、本実施形態では連通手段（チューブ18）は閉塞空間130より上方に突出するように構成されているが、下方に突出するように構成されていてもよく、また閉塞空間130より側方に延びて第1の細菌生息可能部140の側面140bから突出する構成としてもよい。このような構成において第2の細菌生息可能部141および第3の細菌生息可能部142となる砂50等を順次供給した場合、当該砂50等よりチューブの他端が塞がれないようにするために、第1の細菌生息可能部140の側面140b及び下面140c等を被覆する包囲部材として、上端が第1の細菌生息可能部140の上面140aよりも上方に位置するものを用いることが好ましい。そして、砂50等はこの包囲部材内に堆積させるようにする。このような包囲部材を設けることで、どの程度の量の砂50等を供給すればいいかという目安にすることもできる。なお、このような包囲部材を設ける代わりに、他端が第1の細菌生息可能部140の側面140bから十分に離れた位置となるような長さの長いチューブやパイプを用いるようにしてもよい。

[0040] 飼育水9の充填後、珊瑚砂70の第2方向Yにおける他方側に存在する好気領域90で水圏生物を飼育するなどして飼育水9に一定量の水圏生物由来の有機物が含まれるようにし、このような状態をある程度の期間維持することで、上方及び側方から光が届くとともに飼育水9に溶存した酸素が進入する好気的な環境となっている第3の細菌生息可能部142が好気層6となり、有酸素条件下で生育可能な複数の種類の好気性細菌が増殖していく。なお、水圏生物由来の有機物としては、水圏生物の排泄物や死骸等が挙げられる。好気性細菌としては、例えば光合成硫黄細菌などの硫黄酸化細菌や光合成細菌、硝化細菌等が挙げられる。また、第2の細菌生息可能部141は、好気層6に生息する好気性細菌によって飼育水9中の酸素が消費され、砂50

の層において下方に行くほど酸素量が少なくなることから、酸素のない又は少ない嫌気的な環境となって通性嫌気層 5 が生成される。この通性嫌気層 5 には好気層 6 で遮られて光もほとんど届かず、有酸素条件及び無酸素条件のどちらでも生育可能な複数の種類の通性嫌気性細菌が増殖していく。通性嫌気性細菌としては、例えば無色硫黄細菌などの硫黄酸化細菌や、硝酸還元細菌等が挙げられる。

[0041] また、平坦な表面を有する第 1 の細菌生息可能部 140 は第 2 方向 Y の他方側に第 2 の細菌生息可能部 141 および第 3 の細菌生息可能部 142 が存在するとともに黒ぼく土 40 により側方及び下方からの光が遮られることから、光が届かず酸素が存在しない嫌気的な環境となって絶対嫌気層 4 が生成され、無酸素条件下で生育可能な複数の種類の絶対嫌気性細菌が増殖する。絶対嫌気性細菌としては、例えば絶対嫌気層 4 だけでなく通性嫌気層 5 でも生息可能であるとともにそれぞれ異なる働きをする複数種類の硫酸還元菌 B（図 5 参照）等が挙げられる。これら硫酸還元菌 B は弱アルカリ性の環境下で活性が最も活発になる細菌である。なお、絶対嫌気層 4 のうち保持槽 2 と接している表面部分（保持槽 2 を透過した光を遮る部分）では、絶対嫌気性細菌の生息数は内部よりも相対的に少なくなっている。ここで第 1 の細菌生息可能部 140 は黒ぼく土 40 により構成されており、黒ぼく土 40 には元々硫酸還元菌 B が生息していることから、比較的短期間で第 1 の細菌生息可能部 140 に硫酸還元菌 B を増殖させて絶対嫌気層 4 を形成することができる。また、閉塞空間 130 は光が届かず酸素が存在しない嫌気的な環境の嫌気空間 3 となり、チューブ 18 は嫌気空間 3 と好気領域 90 とを直接的に連通させるものとなる。このように、好気性細菌、通性嫌気性細菌および絶対嫌気性細菌が順次増殖して微生物の連鎖循環が生じ、本実施形態において水圏生物の飼育システムとして用いられる水の浄化システム 1 が形成される。なお、保持槽 2 の上部には、図示しない水槽用エアポンプを設け、飼育水 9 内に酸素を供給するようにすることが好ましい。また、嫌気空間 3 は、容量の大きい保持槽 2 を用いるほど広くすることが好ましく、絶対嫌気層 4 を構

成する黒ぼく土 40 の量は、例えば飼育水 9 の体積の 6 分の 1 ～ 8 分の 1 程度にすることが好ましい。

[0042] このような水の浄化システム 1 では、水圏生物由来の有機物および酸素が存在する好気領域 90 は珊瑚層 7 を介して第 3 の細菌生息可能部 142 と連通する位置にあり、飼育水 9 中に含まれる飼育された水圏生物由来の有機物が珊瑚層 7 を通過して好気層 6 の表面に沈殿すると、この好気層 6 で好気性細菌により分解され、次に好気層 6 の下方にある通性嫌気層 5 で通性嫌気性細菌により分解される。前述のようにこれらの層 5, 6 には複数の種類の好気性細菌及び通性嫌気性細菌がそれぞれ生息しており、このうち例えば好気性細菌である硝化細菌及び通性嫌気性細菌である硝酸還元細菌は、図 5 に示すように、有害なアンモニア (NH_3) を亜硝酸イオン (NO_2^-) 及び硝酸イオン (NO_3^-) を経て無害な窒素 (N_2) に分解する。これは従属栄養型脱窒又は単に脱窒と呼ばれる反応である。また、通性嫌気層 5 において、絶対嫌気層 4 から移動した一部の硫酸還元菌 B が従属栄養型脱窒の過程で発生した硝酸イオンを取り込み、その硫酸還元菌 B が元素状硫黄 (S^0) 及び水素イオン (H^+) を放出する。これは無機栄養型脱窒又は硫黄脱窒と呼ばれる。なお、この水素イオンにより飼育水 9 が中性又は酸性となった場合には、硫酸還元菌 B の働きが低下したり、弱アルカリ性の環境を好む水圏生物にダメージを与えるおそれがあるが、水素イオンは珊瑚砂 70 から溶出した炭酸カルシウムにより中和される。水の浄化システム 1 の使用を開始した初期の段階ではアンモニアは従属栄養型脱窒により主に窒素に分解されるが、徐々に無機栄養型脱窒のほうが優勢になり、水の浄化システム 1 を使用して数年程度経過した後は、アンモニアは主に無機栄養型脱窒により分解されるようになる。さらに、従来公知の濾過装置、換水処理や砂の入れ替え処理により除去していたりん酸等の分解も別の種類の好気性細菌及び通性嫌気性細菌により行われる。

[0043] これら好気性細菌及び通性嫌気性細菌による分解物等は、黒ぼく土 40 が含むマイナスに帯電したコロイド粒子の作用により絶対嫌気層 4 に浸透して

いき、絶対嫌気層4で絶対嫌気性細菌により分解される。前述のように絶対嫌気層4には複数の種類の絶対嫌気性細菌が生息しており、このうち一部の硫酸還元菌Bは、図5に示すように、硫酸イオン (SO_4^{2-}) を含む硫酸化合物から硫化水素 (H_2S) を生成する。絶対嫌気層4は網目状部材32及び板状部材31を介して嫌気空間3と連通しており、このようにして発生した一部の硫化水素及び硫酸還元菌Bは、網目状部材32及び板状部材31を通過して絶対嫌気層4から嫌気空間3に移動する。また、絶対嫌気層4では、一部の硫化水素は酸化鉄 (FeO) と反応して硫化鉄 (FeS) となって低害化される。なお、このような反応は嫌気空間3及び好気領域90でも起こる。また、嫌気空間3では、無機栄養型脱窒により発生した元素状硫黄が図5に示すように硫化鉄と反応して二硫化鉄 (FeS_2) となる。二硫化鉄は少しずつ固形化されていき、嫌気空間3には数十年かけて黄鉄鉱やパイライトと呼ばれる二硫化鉄を成分として含むものが堆積していく。なお、このような反応は絶対嫌気層4でも起こる。また、無色硫黄細菌により図5に示すように通性嫌気層5において硫化水素より硫酸 (H_2SO_4) が生成され、これによっても硫化水素が低害化される。なお、このような反応は絶対嫌気層4でも起こる。さらに、黒ばく土40には元々鉄成分が含まれており、硫化水素はこの鉄成分とも反応して硫化鉄となる。またさらに通性嫌気層5や好気層6等にも鉄成分やその他の金属成分が含まれている場合には、これらにより硫化水素などの有害物質が吸着または低害化されることもある。

[0044]

ここで絶対嫌気層4より嫌気空間3に移動した硫酸還元菌B及び硫化水素の一部は、有機物等が下の層4～6に浸透していくことで生じるわずかな水流によりチューブ18内部を通過して好気領域90まで移動し、硫化水素は前述のように好気領域90に存在する酸化鉄と反応して硫化鉄となる。なお、硫化水素は有害な物質であるが、チューブ18から少しづつしか排出されず、また、酸化鉄とすばやく反応して有害性の低い硫化鉄となるため、好気領域90において水圏生物にダメージを与えることはない。好気領域90に移動した硫酸還元菌Bは、図5に示すように硫化鉄と結合した後、珊瑚層7や

好気層 6 表面に沈殿する。前述のように硫酸還元菌 B は絶対嫌気性細菌であり好気条件下で生息することはできないが、硫化鉄は酸素と非常によく反応することから、表面に硫化鉄を付着させた硫酸還元菌 B は酸素の影響を受けず好気条件下でも生息可能なものに変化する。そして、このような硫酸還元菌 B は近傍に分解すべき有機物が多ければ活動して有機物の分解を行い、少なければ休眠状態となる。休眠状態の硫酸還元菌 B は有機物の量が増えれば活動を再開する。なお、好気領域 90 に移動した全ての硫化水素が硫化鉄と反応するわけではなく、一部の硫化水素は図 5 に示すように好気層 6 において酸素 (O_2) と反応して硫酸となり、飼育水 9 中に溶解して硫酸イオンとなったり、硫化水素のまま好気層 6 や通性嫌気層 5 に到達する。また、好気領域 90 に存在する全ての硫化鉄が硫酸還元菌 B と結合するわけではなく、一部の硫化鉄は各細菌の働きなどにより硫酸イオンや二硫化鉄に変化することもある。さらに光合成細菌により好気領域 90 や珊瑚層 7、好気層 6 において硫化水素からこれよりも有害性の低い他の硫黄化合物が生成され、硫化水素が低害化される。このようにして水の浄化システム 1 では、有機物が好気層 6、通性嫌気層 5、絶対嫌気層 4 における各細菌の働きにより 3 段階の生物濾過が行われ、低害化されて保持槽 2 内を循環するとともに、好気領域 90、珊瑚層 7、好気層 6、通性嫌気層 5、絶対嫌気層 4 および嫌気空間 3 の少なくとも何れかに細菌等の働きにより硫化水素を低害化することが可能な硫化水素低害化領域 143 (図 4 参照) を人工的に短期間で形成する。このような有機物を含有する飼育水 9 の浄化作用は、自然界 (例えば海底) での浄化作用と略同一のものである。

- [0045] なお、各層 4～6 の厚さや溶存酸素量等によっては絶対嫌気層 4 の上方にさらに嫌気層が形成されて 4 段階の生物濾過が行われることもある。また、構成が同一であったとしても水の浄化システム 1 により各層に増殖する細菌の種類等が異なることがあり、増殖した細菌の種類等により前述した硫化水素の低害化に関するメカニズムのうちの少なくともいずれかが行われず、または上記以外のメカニズムで硫化水素が低害化されることもある。

[0046] ところで、本実施形態の水の浄化システム 1 は、水の浄化ユニット 100 を利用しなくても、水の浄化ユニット 100 に相当する構造を飼育水 9 中に構成することで構築することが可能である。しかしながら水の浄化ユニット 100 を利用しない場合には、当初から十分な数の水圏生物を飼育できるわけではなく、各細菌が各層 4～6 に定着して前述したような有機物の循環を安定して行えるようになるために数ヶ月程度かけて立ち上げの処理を行うことが好ましい。具体的には、水の浄化ユニット 100 の代わりに、チューブ 18 などの筒状部材、板状部材 31 および網目状部材 32 が取り付けられた中空部材 30 を保持槽 2 の内底面 2c に設置し、その上から黒ぼく土 40、砂 50 及び珊瑚砂 70 を順次供給するとともに、保持槽 2 内に飼育水 9 を充填することで図 4 に示すような状態にする。このとき、砂 50 としては、例えば元々好気性細菌や通性嫌気性細菌が生息している海底等から採取したものを利用することが好ましく、これによって、水の浄化システム 1 の立ち上げにおいてこれらの細菌が好気層 6 及び通性嫌気層 5 に定着しやすくなり、立ち上げに要する時間を短くすることができる。

[0047] そして、このような状態の水の浄化システム 1 を立ち上げるためには、図 6 に示すように、まず筒状部材に図 4 に示すような気体供給手段 80 を取り付ける（行程 S1）。この取り付け位置は、絶対嫌気層 4 よりも上方の範囲のうちできるだけ下方であることが好ましい。なお、気体供給手段 80 は、絶対嫌気層 4 となる黒ぼく土 40 表面に砂 50 を堆積させる際に取り付けられたものであってもよい。また、保持槽 2 内の好気領域 90 に水圏生物を放すとともに、保持槽 2 に少なくとも上方から光を当てる。なお、水圏生物を放したり、光を当てる処理は、適宜の行程の間で行われ、例えば行程 S1 の前に行われてもよい。この段階で保持槽 2 内に放す水圏生物の数は、立ち上げ後の水の浄化システム 1 で飼育可能な数よりも少なくする。また、保持槽 2 には図示しない蛍光灯等の光源により上方から光を当ててもよく、また、保持槽 2 を太陽光が入る場所に置くことで光が当たるようにしてもよい。さらに、水圏生物を放す代わりに生物由来の有機物を保持槽 2 内に供給するよ

うにしてもよい。

[0048] 次に、気体供給手段 80 から筒状部材へ空気の供給を開始する（行程 S 2）。これによって筒状部材内部の飼育水 9 が空気によって少しずつ上方に押し出され、筒状部材内部に嫌気空間 3 から好気領域 90 に向かう水流が生じ、筒状部材から空気が小さな気泡として排出される。そして、これによって筒状部材の外側では好気領域 90 から絶対嫌気層 4 に向かう水流が生じるようになる。なお、気体供給手段 80 から供給する気体としては、有害なものでなければ空気に限定されない。

[0049] この状態を維持し、筒状部材から排出される気泡の大きさを所定の期間（例えば 3 ヶ月～半年程度）にわたって観察して、筒状部材から排出される気泡が大きくなり、所定の大きさの気泡が排出されるようになったか否か目視で判断する（行程 S 3）。上記の期間では、下方に向かう水流によって、好気層 6 及び通性嫌気層 5 を構成する砂 50 ならびに絶対嫌気層 4 を構成する黒ぼく土 40 が押し固められていき、絶対嫌気層 4 に飼育水 9 が浸透しにくくなっていく。これによって、好気層 6 から下方に向かうほど酸素量及び入射光量が減少していくとともに、好気層 6 には好気性細菌、通性嫌気層 5 には通性嫌気性細菌、絶対嫌気層 4 には絶対嫌気性細菌がそれぞれ増殖していく。また、筒状部材の内部を流れる飼育水 9 が減少し、気体供給手段 80 から供給された空気は上昇しにくくなって途中で詰まり、筒状部材から大きな気泡として排出されるようになっていく。そのため、筒状部材から所定の大きさの気泡が排出されなければ（行程 S 3：NO）黒ぼく土 40 が十分に押し固められていないと判断して上記の状態を維持し続け、数ヶ月が経過して筒状部材から所定の大きさの気泡が排出されるようになると（行程 S 3：YES）、黒ぼく土 40 が十分に押し固められた状態となっていると判断して筒状部材への空気の供給を停止する（行程 S 4）。この時点では、各層 4～6 の環境に最適な細菌が各層 4～6 に定着しており、気体供給手段 80 を筒状部材から取り外す（行程 S 5）ことで水の浄化システム 1 の立ち上げが完了する。このような立ち上げの処理は数ヶ月程度かけて行うことが好ましい

。

[0050] なお、気体供給手段 80 を用いる代わりにポンプを用い、チューブ 18 などの筒状部材の他端 18b (図 4 参照) から飼育水 9 を吸い上げることで筒状部材の内部に嫌気空間 3 から好気領域 90 に向かう水流を生じさせてもよい。また、このような立ち上げ処理を行わない場合であっても、水圏生物数を制限した状態で水の浄化システム 1 を使用していくことで砂 50 や黒ぼく土 40 が徐々に押し固められていき、上記各細菌が各層 4 ~ 6 に増殖及び定着していくことから、上記のような立ち上げ処理は必須ではない。

[0051] ところで、水の浄化ユニット 100 には、図 7 に示すように、設置面 552 としての保持槽 2 や他の水の浄化ユニット 100 との間に所定の隙間 G を確保することが可能な支持脚 551 が設けられてもよい。なお、同図の水の浄化ユニット 100 では支持脚 551 が水の浄化ユニット 100 の下面 550a から延びているが、上面 550b や側面 550c から延びるように構成してもよい。また、水の浄化ユニット 100 の下面 550a 又は上面 550b において他の水の浄化ユニット 100 のチューブ 18 の他端 18b に対応する部分を側面 550c にかけて凹ませることで、支持脚 551 を設置した場合と同様に複数の水の浄化ユニット 100 を適切に積み重ねることができるようにしてもよい。さらに、後述する他の水の浄化ユニットに支持脚を設けたり、他の水の浄化ユニットの表面を前述のように凹ませてもよく、当該他の水の浄化ユニットや水の浄化ユニット 100 を組み合わせて積み重ねてもよい。

[0052] また、本実施形態の水の浄化システム 1 では図 4 に示すように連通手段 (チューブ 18) 全体が保持槽 2 内に設けられているが、嫌気空間 3 より延在する連通手段が保持槽 2 の側面 2a を貫通し、保持槽 2 の外方を上方に延在して再度保持槽 2 の側面 2a を貫通することで好気領域 90 まで到達する構成としてもよい。これは、後述する水の浄化システム 210, 750 でも同様である。

[0053] また、前記網目状部材 32 が絶対嫌気層 4、通性嫌気層 5 及び好気層 6 等

の重さに耐えられる程度の強度を有するものであれば、板状部材 31 を介在させることなく中空部材 30 の上面に直接網目状部材 32 を載置してもよい。

[0054] さらに、水の浄化システム 100 において包囲部材 131 が取り付けられていない第 1 の細菌生息可能部 140 を保持槽 2 の内底面 2c 上に設置することで閉塞空間が形成されるようにしてもよい。この場合、保持槽 2 は水の浄化ユニット 100 とともに閉塞空間を形成することが可能な閉塞空間形成手段となる。さらに、第 1 の細菌生息可能部 140 の黒ぼく土 40 がばらばらにならないようであれば、中空部材 30、板状部材 31 及び網目状部材 32 の少なくとも何れかが設けられなくてもよい。

[0055] 以上のように本発明の第 1 の実施形態に係る水の浄化システム 1 は、水圏生物由来の有機物を含有する飼育水 9 および酸素が存在する好気領域 90 と、この好気領域 90 と連通し、好気性細菌が生息する好気層 6 と、この好気層 6 に隣接して設けられ、通性嫌気性細菌が生息する通性嫌気層 5 と、この通性嫌気層 5 に隣接して設けられ、絶対嫌気性細菌が生息するとともに黒ぼく土 40 により構成される絶対嫌気層 4 と、嫌気的な環境であり、絶対嫌気層 4 に生息する絶対嫌気性細菌およびこれによる生成物が流入可能な嫌気空間 3 と、この嫌気空間 3 と好気領域 90 とを連通する連通手段としてのチューブ 18 とを備えるものである。

[0056] このような水の浄化システム 1 では、飼育水 9 中の有機物は、好気層 6 に到達した後に通性嫌気層 5 に到達し、これらの層にそれぞれ生息する好気性細菌及び通性嫌気性細菌によって分解される。この分解物はその後、絶対嫌気層 4 に到達して絶対嫌気性細菌により分解される。このとき、絶対嫌気性細菌である硫酸還元菌 B によって硫黄化合物から硫化水素が生成されるが、このようにして発生した硫化水素は好気領域 90、好気層 6、通性嫌気層 5、絶対嫌気層 4 および嫌気空間 3 の少なくとも何れかに形成される硫化水素低害化領域 143 で低害化される。具体的には、硫酸還元菌 B とともに好気領域 90 に移動する過程で飼育水 9 中の鉄成分と反応して硫化水素よりも水

圏生物に対する有害性が低い硫化鉄（ FeS ）となったり、硫化水素低害化領域 143 に生息する硫黄酸化細菌や光合成細菌等によって硫化水素よりも水圏生物に対する有害性が低い他の硫黄化合物に変換されて低害化される。また、好気領域 90 に移動した硫酸還元菌 B は硫化鉄と反応することで好気的な環境でも生息可能になり、好気層表面に到達してそこに存在する有機物量が比較的多ければ当該有機物の分解を行い、比較的少なければ休眠状態になることから、分解可能な有機物量が増加する。このように水圏生物に由来する飼育水 9 に含まれる有機物を分解しつつ、これにより発生した硫化水素を低害化できることから、濾過機能を補う装置を別途設けることなく且つ半永久的ないし長期間に亘って換水処理や砂の入れ替え処理を行わなくても保持槽 2 内に有害物が堆積することを抑制することができ、保持槽 2 に保持された飼育水 9 を浄化することができる。また、水圏生物が成長しても飼育数を減少させる必要がなく、飼育可能な水圏生物の数を従来よりも多くすることができる。

[0057] また、上部が開口した中空部材 30 の開口 30a を、通水性を有し且つ黒ぼく土 40 の通過を遮る網目状部材 32 により閉塞するとともに、中空部材 30 及び網目状部材 32 の周囲を黒ぼく土 40 で被覆して、中空部材 30 の内部に嫌気空間 3 を形成していることから、容易に嫌気空間 3 を形成することができるとともに、長期間に亘って嫌気空間 3 を維持することができる。

[0058] さらに、黒ぼく土 40 には元々硫酸還元菌 B が生息していることから、黒ぼく土 40 によって絶対嫌気層 40 を構成することで、簡単且つ確実に硫酸還元菌 B を増殖させて、十分な量の有機物を分解可能な絶対嫌気層 4 を形成することができる。

[0059] 併せて、好気層 6 の表面に、珊瑚砂 70 からなる珊瑚層 7 を設けていることから、珊瑚砂 70 から炭酸カルシウムが溶け出し、飼育水 9 を海水と同じ弱アルカリ性に保つことができる。そのため、保持槽 2 内を、海水魚を飼育するのに好適な環境に維持することができるとともに硫酸還元菌 B の活性が低下することを抑制できる。

[0060] また、珊瑚砂 70 の代わりに、又は珊瑚砂 70 とともに、炭酸カルシウムを含有する水質調整剤、卵殻及びこれらと同様に飼育水 9 中に炭酸カルシウムの成分を溶出させる機能を有するもの等を使用してもよい。或いは、飼育水 9 が中性又は酸性となった場合に上記水質調整剤や卵殻等を投入して飼育水 9 を弱アルカリ性に調整してもよい。飼育水 9 が中性や酸性となる理由としては、排泄物等の有機物が保持槽 2 内に多量に存在する又は極端に少ないことなどが挙げられるが、飼育水 9 を弱アルカリ性に調整することで、有機物が多量に存在する場合にはそれらの分解を促進することができる。或いは、有機物が極端に少ないために分解能力が著しく低下した硫酸還元菌 B を再度活性化させることができる。また、保持槽 2 内に酸性の物質が混入しやすい状態にある場合、例えば保持槽 2 を屋外に設置して酸性雨が混入しやすい状態にある場合等には、上記水質調整剤や卵殻等を予め添加しておくことが好ましい。

[0061] 本発明の第 1 の実施形態に係る水の浄化方法は、水圏生物の飼育方法として用いられており、絶対嫌気性細菌が生息可能な土質材料としての黒ぼく土 40 を予め押し固めた塊状の第 1 の細菌生息可能部 140 を飼育水 9 中に設置された状態にするとともに、この第 1 の細菌生息可能部 140 に隣接して粒状の担体としての砂 50 を有し通性嫌気性細菌が生息可能な第 2 の細菌生息可能部 141 と、この第 2 の細菌生息可能部 141 に隣接して砂 50 を有し好気性細菌が生息可能な第 3 の細菌生息可能部 142 と、嫌気的な環境であって前記第 1 の細菌生息可能部 140 と連通する嫌気空間 3 とを飼育水 9 中に形成し、さらに第 3 の細菌生息可能部 142 と連通する位置に水圏生物由来の有機物および酸素が存在する好気領域 90 を位置づけて、この好気領域 90 と嫌気空間 3 とを連通状態にし、これにより第 1 の細菌生息可能部 140 に絶対嫌気性細菌を増殖させて絶対嫌気層 4 を形成し、第 2 の細菌生息可能部 141 に通性嫌気性細菌を増殖させて通性嫌気層 5 を形成し、第 3 の細菌生息可能部 142 に好気性細菌を増殖させて好気層 6 を形成し、これらの細菌により有機物を分解させるとともに、前記第 1 の細菌生息可能部 14

0から流出した絶対嫌気性細菌およびこれによる生成物を嫌気空間3から好気領域90に移動させるものである。

[0062] このような水の浄化方法であれば、第3の細菌生息可能部142と連通する位置に例えば水圏生物を飼育して水圏生物由来の有機物が存在する好気領域90を位置づけて、この好気領域90と嫌気空間3とを連通状態にすることで、第1の細菌生息可能部140に絶対嫌気性細菌が増殖して絶対嫌気層4が形成され、第2の細菌生息可能部141に通性嫌気性細菌が増殖して通性嫌気層5が形成され、第3の細菌生息可能部142に好気性細菌が増殖して好気層6が形成される。そのため、本発明に係る水の浄化システム1と同様に、水圏生物に由来する水中の有機物を分解しつつ、これにより発生した硫化水素を低害化することができることから、濾過機能を補う装置を別途設けることなく且つ半永久的ないし長期間に亘って換水処理や砂の入れ替え処理を行わなくても保持槽2内に前記有機物に由来する有害物が堆積することを抑制することができる。また、水圏生物が成長しても飼育数を減少させる必要が無く、飼育可能な水圏生物の数を従来よりも多くすることができる。さらに予め押し固められた塊状の第1の細菌生息可能部140を用いることで、上記のような硫化水素の低害化を伴う有機物の分解サイクルを所望の位置に短期間で人工的に形成することができる。

[0063] 上記水の浄化システム1を立ち上げる際には、連通手段として筒状部材であるチューブ18を用い、飼育空間90に生物由来の有機物が存在する状態で好気層6に光を当てつつチューブ18内部に気体供給手段80より気体を供給することで、チューブ18の内部に嫌気空間3から好気層6の上方に向かう水流を生じさせ、この状態を所定期間にわたって維持している。

[0064] こうすることでチューブ18内部の飼育水9が飼育空間90に向かって上方に流れていき、これによって飼育水9が好気層6、通性嫌気層5及び絶対嫌気層4に向かって下方に流れていく。この下方に向かう水流によって、好気層6及び通性嫌気層5を構成する砂50ならびに絶対嫌気層4を構成する黒ぼく土40が押し固められていき、各層4～6を通過できる飼育水9が徐

々に減少して、下方の層 5, 6 ほど酸素量や入射光量が少なくなっていく。そのため、各層 4 ~ 6 が好気性細菌、通性嫌気性細菌及び絶対嫌気性細菌の生育にそれぞれ適した環境となって各層 4 ~ 6 にこれらの細菌が十分に定着し、本水の浄化システム 1 を安定して立ち上げることができる。

[0065] またこのような水の浄化方法および水の浄化システム 1 を実現するにあたり、黒ぼく土 40 により構成され、絶対嫌気性細菌が生息可能な塊状の細菌生息可能部 140 と、この細菌生息可能部 140 によって少なくとも一部が構成される閉塞手段 132 により囲まれた閉塞空間 130 と、第 1 の開口部 8 a b および第 2 の開口部 8 b a が形成されているとともに閉塞空間 130 から閉塞手段 132 を貫通して延出可能な長さを有し、第 1 の開口部 8 a b を閉塞空間 130 に臨む位置に配置した場合に、第 2 の開口部 8 b a が細菌生息可能部 140 から第 1 の距離 L1 離れた位置に配置される筒状部材としてのチューブ 18 とを有する水の浄化ユニット 100 を用いている。

[0066] このような構成であり、チューブ 18 が第 1 の開口部 8 a b を閉塞空間 130 に臨む位置に配置した場合に第 2 の開口部 8 b a が細菌生息可能部 140 から第 1 の距離 L1 離れた位置に配置されることから、細菌生息可能部 140 のうちチューブ 18 が突出している第 2 方向 Y の他方側の面 140 a に好気層 6 や通性嫌気層 5 を形成すべく砂 50 等を供給した場合に第 2 の開口部 8 b a が砂 50 等により塞がれることがなく、好気領域 90、好気層 6、通性嫌気層 5、絶対嫌気層 4、および好気領域 90 と連通する嫌気空間 3 を容易に形成することができる。またこのような水の浄化ユニット 100 を水圏生物由来の有機物を含有する飼育水 9 中に浸漬することで、閉塞空間 130 が嫌気的な環境である嫌気空間 3 になるとともに、第 1 の開口部 18 a b から第 2 の開口部 18 b a に向けて絶対嫌気性細菌及びこれによる生成物が移動可能に構成される。そのため、水の浄化ユニット 100 を利用することで、黒ぼく土 40 を押し固めた塊状の第 1 の細菌生息可能部 140 を飼育水 9 中に容易に形成することができ、図 5 に示すような有機物の分解が十分に行われるようにするための立ち上げ期間を短縮することができる。

- [0067] また、細菌生息可能部 140 のうちチューブ 18 が突出していない側の面としての第 1 方向 X における両面 140 b および第 2 方向 Y における一方側の面 140 c を、土質材料の通過を遮る包囲部材 131 により被覆していることから、土質材料がばらけて細菌生息可能部 140 の形状が崩れたり、飼育水 9 に浸漬した水の浄化ユニット 100 から土質材料が流れ出すことを抑制することができる。
- [0068] さらに、包囲部材 131 が遮光性を有するように構成したことから、水の浄化ユニット 100 を利用して水の浄化システム 1 を構成する際に、一般的に使用される透明な保持槽 2 を利用した場合にも閉塞空間 130 に光が入射されることを手間なく防止することができる。
- [0069] また、水の浄化ユニット 100 が、第 1 の細菌生息可能部 140 と閉塞空間 130 との間に、通水性を有し且つ黒ぼく土 40 の通過を遮る網目状部材 32 を設けたものであることから、閉塞空間 130（嫌気空間 3）に黒ぼく土 40 が進入することを抑制することができる。
- [0070] さらに、このように絶対嫌気性細菌が生息可能な第 1 の細菌生息可能部 140 に隣接して通性嫌気性細菌が生息可能な第 2 の細菌生息可能部 141 と、この第 2 の細菌生息可能部 141 に隣接して好気性細菌が生息可能な第 3 の細菌生息可能部 142 とをそれぞれ形成すべく、好気性細菌および通性嫌気性細菌が生息可能な粒状の担体としての砂 50 を更に備えている。このような水の浄化ユニット 100 を用いることで図 4 に示すような好気層 6 および通性嫌気層 5 を形成するために砂 50 等を供給する必要がなく、水の浄化システム 1 を構成するための手間を低減することができる。なお、好気層 6 および通性嫌気層 5 を形成するための粒状の担体としてそれぞれ異なる種類のものを用いてもよい。
- [0071] またさらに、水の浄化ユニット 100 において少なくとも細菌生息可能部 140 が乾燥状態であることから、軽量化を図ることができ、持ち運びを容易にすることができる。
- [0072] また、水の浄化ユニット 100 は、設置面 552 としての保持槽 2 や他の

水の浄化ユニット１００との間に所定の間隙Ｇを確保することが可能な支持脚５５１が設けられていることから、チューブ１８の他端１８ｂを塞ぐことなく複数の水の浄化ユニット１００を積み重ねて設置することができ、また第２方向Ｙにおける一方側にある他の水の浄化ユニット１００の好気層６に飼育水９中の有機物および酸素を十分に侵入させることができる。このようにして水の浄化ユニット１００の個数を増やすほど、分解可能な有機物の量を増加させることができ、分解能力を向上させることができる。また、水の浄化ユニット１００を例えば海の底や河底などに設置する場合に、岩などにより多少凹凸があったとしても水の浄化ユニット１００を水平に配置しやすくすることができる。

[0073] ＜第２の実施形態＞

次に、本発明に係る第２の実施形態を、図８～図１０を参照して説明する。なお、形状および材質等が同様のものは同一の符号を付けて説明を省略している。

[0074] この実施形態に係る水の浄化ユニット２００では、図８に示すように、土質材料により構成されて絶対嫌気性細菌が生息可能な塊状の細菌生息可能部２０２、網目状部材２０３および板状部材２０４それぞれに第２方向Ｙ（本実施形態では鉛直方向）に貫通する貫通部としての筒状部材挿入孔２０２ａ，２０３ｂ，２０４ｂが形成されている。この水の浄化ユニット２００を利用する際には、第２方向Ｙ（本実施形態では鉛直方向）の他方側（本実施形態では上方）の面全体が網目状部材２０３で覆われている略矩形状の板状部材２０４を細菌生息可能部２０２に取り付けるとともに、筒状部材挿入孔２０２ａ，２０３ｂ，２０４ｂに連通手段（筒状部材）として側面視直線状のパイプ２０６を差し込む。このパイプ２０６には、延在方向に互いに第２の距離Ｌ２離間して第１の開口部２０６ａｂと第２の開口部２０６ｂａが形成されており、本実施形態ではこれらの開口部２０６ａｂ，２０６ｂａは両端に形成されて、第１の開口部２０６ａｂが細菌生息可能部２０２の一端側に臨む位置に配置されるとともに、第２の開口部２０６ｂａが細菌生息可能部

202の他端側において細菌生息可能部202から突出して第1の距離L1離れた位置に配置される。また、板状部材204の第2方向Yの一方側（本実施形態では下方）に図9に示す柱状の支持手段205を複数取り付けるとともに、網目状部材203の第2方向Yにおける他方側に隣接して形成した細菌生息可能部202の第1方向X（本実施形態では水平方向）における両面202a、網目状部材203の第1方向Xにおける両端面203a、板状部材204の第1方向Xにおける両端面204a、支持手段205の第2方向Yにおける一方側の面205aと接するように包囲部材131を設ける。これによって、細菌生息可能部202及び包囲部材131を閉塞手段132とし、細菌生息可能部202と包囲部材131とで囲まれた閉塞空間201が形成されるとともに、パイプ206は、閉塞空間201から板状部材204、網目状部材203および細菌生息可能部202を貫通して延在するものとなる。このパイプ206の開口部206ab, 206baは、後述する水の浄化システム210（図10参照）において嫌気空間213と好気領域90とを連通させることができる位置に形成されていれば特に限定されず、パイプ206の端部だけでなく延在方向の中央部に形成されていてもよい。なお、板状部材204は第1実施形態の板状部材31と同様の材質のものを使用し、網目状部材203は第1実施形態の網目状部材32と同様の材質のものを使用している。また、パイプ8は、本実施形態のように細菌生息可能部202を貫通するように差し込んでもよく、細菌生息可能部202の途中までしか差し込まないようにしてもよい。

[0075] このような水の浄化ユニット200を図10に示すように保持槽2の内底面2cに載置した後、細菌生息可能部202の表面に砂50（又は砂利）および珊瑚砂70を順次堆積させ、さらに飼育水9を保持槽2内に充填する。また、保持槽2の側面2aの下方及び底面2bに非透過部102を設けて、閉塞空間201に光が差し込むことを防止している。非透過部102は、例えば保持槽2の側面2a下方及び底面2bに黒色のテープやシール等を貼り付けることで設けることができる。なお、保持槽2として非透過性のものを

使用する場合には非透過部 102 を設けなくてもよい。そして飼育水 9 中に水圏生物由来の有機物が含まれる状態をある程度の期間に亘って維持することで、細菌生息可能部（第 1 の生息可能部）202 に絶対嫌気性細菌が増殖して絶対嫌気層 207 が形成される。また、砂 50 の層の下側（第 2 の細菌生息可能部 208）に通性嫌気性細菌が増殖して通性嫌気層 5 が形成されるとともに上側（第 3 の細菌生息可能部 209）に好気性細菌が増殖して好気層 6 が形成される。また、閉塞空間 201 が嫌気的な環境となって嫌気空間 213 となる。

[0076] このように水の浄化ユニット 200 を用いることによって、上から珊瑚層 7、好気層 6、通性嫌気層 5、絶対嫌気層 207 が形成されるとともに、絶対嫌気層 207 の下方に形成された嫌気空間 213 と好気領域 90 とをパイプ 206 によって連通させた本発明の第 2 の実施形態に係る水の浄化システム 210 を形成することができる。このような構成の水の浄化システム 210 であっても、図 4 に示す前述の水の浄化システム 1 と同様に有機物を循環させて同様の効果を発揮することができ、硫化水素低害化領域 143 としての好気領域 90、好気層 6、通性嫌気層 5、絶対嫌気層 207 および嫌気空間 213 で硫化水素を低害化することができる。

[0077] また、水の浄化ユニット 200 において、支持手段 205 および包囲部材 131 を取り付けず、水の浄化ユニット 200 とともに閉塞空間 201 を形成することが可能な閉塞空間形成手段としての保持槽 2 の内底面 2c に、同じく閉塞空間形成手段としての複数の支柱部材を設け、このような保持槽 2 内に水の浄化ユニット 200 を設置することで、支柱部材により板状部材 204 が内底面 2c より持ち上げられ、細菌生息可能部 202 の第 2 方向 Y における一方側に図 10 に示すような閉塞空間 201 を形成するようにしてもよい。この場合、保持槽 2 としては同図に示すように非透光部 102 が形成されている、又は遮光性のあるものを用いることが好ましい。細菌生息可能部 202 の第 2 方向 Y における一方側に形成される閉塞空間 201 は、水の浄化ユニット 250 の第 2 方向 Y における他方側に砂 50 等を堆積させると

ともに保持槽 2 内に飼育水 9 を充填して水の浄化システム 2 1 0 を構成した際には嫌気空間 2 1 3 となる。なお、水の浄化ユニット 2 5 0 において細菌生息可能部 2 0 2 の黒ぼく土 4 0 がばらばらにならないようであれば、板状部材 2 0 4 および網目状部材 2 0 3 を設けなくてもよい。

[0078] このように水の浄化ユニット 2 0 0 は、黒ぼく土 4 0 により構成され、絶対嫌気性細菌が生息可能な塊状の細菌生息可能部 2 0 2 と、第 1 の開口部 2 0 6 a b および第 2 の開口部 2 0 6 b a が形成されているとともに細菌生息可能部 2 0 2 の一方側から他方側に延出可能な長さを有し、第 1 の開口部 2 0 6 a b を細菌生息可能部 2 0 2 の一方側に臨む位置に配置した場合に、第 2 の開口部 2 0 6 b a が細菌生息可能部 2 0 2 の他方側において細菌生息可能部 2 0 2 から第 1 の距離 L 離れた位置に配置される筒状部材としてのパイプ 2 0 6 とを有するものである。

[0079] このような構成であることから、水圏生物由来の有機物を含有する飼育水 9 中に浸漬するとともに細菌生息可能部 2 0 2 のうちパイプ 2 0 6 の他端 2 0 6 b が配置されている第 2 方向 Y の他方側に好気層 6 や通性嫌気層 5 を形成すべく砂 5 0 等を供給することで、閉塞空間形成手段としての支柱部材を利用して細菌生息可能部 2 0 2 の一方側に閉塞空間 2 0 1 を形成することができる。また、パイプ 2 0 6 が第 1 の開口部 2 0 6 a b を細菌生息可能部 2 0 2 の一方側に臨む位置に配置した場合に、第 2 の開口部 2 0 6 b a が細菌生息可能部 2 0 2 から第 1 の距離 L 離れた位置に配置されることから、第 2 の開口部 2 0 6 b a が砂 5 0 等により塞がれることがなく、好気領域 9 0、好気層 6、通性嫌気層 5、絶対嫌気層 2 0 7、および好気領域 9 0 と連通する嫌気空間 2 1 3 を容易に形成することができる。さらに、閉塞空間 2 0 1 が嫌気的な環境となった嫌気空間 2 1 3 にパイプ 2 0 6 の一端 2 0 6 a が位置するとともに、好気領域 9 0 にパイプ 2 0 6 の他端 2 0 6 b が位置し、前記一端 2 0 6 a から前記他端 2 0 6 b に向けて絶対嫌気性細菌及びこれによる生成物が移動可能に構成される。さらに、このような水の浄化ユニット 2 0 0 を用いることでも図 1 0 に示す水の浄化システム 2 1 0 を容易に構成す

ることが可能となる。

[0080] <第3の実施形態>

次に、本発明に係る第3の実施形態を、図11を参照して説明する。

[0081] 本発明の第3の実施形態である水の浄化ユニット350は、直方体状の細菌生息可能部353の内部に閉塞空間352を形成することで細菌生息可能部353のみにより閉塞手段354が形成されており、このような閉塞空間352内に一端206aが位置し、細菌生息可能部353の第2方向Yにおける他方側の面353aより第1の距離L1だけ離間した位置に他端206bが位置するように細菌生息可能部353を貫通させてパイプ206を設ける。

[0082] また、同じく本発明の第3の実施形態である水の浄化ユニット450は、球状の細菌生息可能部451の中心部に球状に閉塞空間452が形成されており、この閉塞空間452より閉塞手段453としての細菌生息可能部451を貫通してパイプ206が延在し、その他端（延出端）206bに形成された第2の開口部206baが細菌生息可能部451から第1の距離L1離れた位置で開口している。さらに、同じく本発明の第3の実施形態である水の浄化ユニット500は、細菌生息可能部451を第1の細菌生息可能部451とした場合に、この第1の細菌生息可能部451の表面に通性嫌気性細菌が生息可能な球状の第2の細菌生息可能部501を形成するとともに、この第2の細菌生息可能部501の表面に好気性細菌が生息可能な球状の第3の細菌生息可能部502を形成している。なお、水の浄化ユニット350、450などのように第2の細菌生息可能部や第3の細菌生息可能部を備えないものを使用する場合には、海底などへの設置後に上記砂50等を供給するようにしてもよく、海底の海砂300に埋めるようにしてもよい。

[0083] <第4の実施形態>

次に、本発明に係る第4の実施形態を、図12を参照して説明する。

[0084] 図4に示す水の浄化システム1や図10に示す水の浄化システム210では好気領域90で水圏生物を飼育することで飼育水9に水圏生物由来の有機

物が含まれるようにしているが、他の場所から水圏生物由来の有機物を含有する水を供給するようにしてもよく、図 12 に示すように水圏生物を飼育する保持槽 20 を別途に設置し、保持槽 20 内の飼育水 9 を保持槽 2 内に送り込む構成としてもよい。

[0085] 具体的に、本発明の第 4 の実施形態に係る飼育システム 750 では、保持槽 20 内の空間 290 と保持槽 2 内の好気領域 90 とが第 1 の送水手段 651 及び第 2 の送水手段 652 によりそれぞれ繋がられている。そして、第 1 の送水手段 651 を介して保持槽 20 内の飼育水 9 を保持槽 2 に送るとともに、第 2 の送水手段 652 を介して保持槽 2 内の飼育水 9 を保持槽 20 に送ることができるように構成されている。第 1 の送水手段 651 及び第 2 の送水手段 652 としては、ポンプ P1、P2 と、これらのポンプ P1、P2 にそれぞれ接続され、端部が保持槽 20 内の空間 290 及び保持槽 2 の好気領域 90 にそれぞれ挿入されたホース 651a、652a とで構成されるものを用いている。なお、保持槽 2 内の飼育水 9 は保持槽 20 内に戻さずにさらに他の場所へ送り込んでもよく、また飼育水 9 を各槽 2、20 に送ることができればポンプ P1、P2 やホース 651a、652a 以外のものを用いてもよい。

[0086] なお、各部の具体的な構成は、上述した実施形態のみに限定されるものではない。

[0087] 例えば、上記水の浄化システム 1、210 で使用する飼育水 9 としては水圏生物の種類に応じて海水や淡水等を使用でき、また、飼育水 9 以外にも有機物を含む水であればあらゆるものを使用することができる。また、淡水魚を飼育する場合など飼育水 9 を中性又は弱酸性に保つことが好ましい場合には、弱アルカリ性に保つ場合よりも珊瑚砂 70 等の使用量を少なくして飼育水 9 中に溶出する炭酸カルシウム量を少なくすることが好ましい。なお、飼育水 9 として淡水を使用する場合、絶対嫌気層 4 にはメタン菌が生息し、メタン菌が硫酸還元菌 B と同様の働きをすることになる。

[0088] また、本発明の第 1 の実施形態では、嫌気空間 3 が 2 つ形成され、各嫌気

空間 3 にチューブ 18 が差し込まれているが、これらの嫌気空間 3 同士を筒状部等により繋いで、1 つの嫌気空間 3 のみにチューブ 18 を差し込んだ構成としてもよい。この構成では、チューブ 18 が差し込まれていない嫌気空間 3 に存在する硫酸還元菌 B や硫化水素は、筒状部等を介してチューブ 18 が差し込まれている嫌気空間 3 に移動し、この嫌気空間 3 を経由して飼育空間 90 又は前記空間 290 に移動するようになる。

[0089] また、第 1 の実施形態において形成される嫌気空間 3 の数は 1 つ又は 3 つ以上であってもよい。また、第 1 の実施形態においても第 2 の実施形態と同様に、保持槽 2 の側面 2a 下方及び底面 2b に非透過部 102 が設けられていてもよい。こうすることで、絶対嫌気層 4 の側面及び下方に光が当たることを防止でき、絶対嫌気層 4 全体に絶対嫌気性細菌を増殖させることができる。なお、保持槽 2 として光を透過しないものを用いる場合には非透過部 102 を設ける必要はない。

[0090] また、上述した水の浄化ユニット 100, 200, 350, 450, 500 (以下これらの水の浄化ユニットをまとめて示す場合には「水の浄化ユニット 100~500」と記載する) や水の浄化方法を、海や湖、池、河川等やこれらに設けられている水圏生物の養殖場に沈めて使用したり、実施するようにしてもよい。水圏生物の養殖場は一般的に海などの一部分を網で囲って過密状態で水圏生物を飼育しており、自然界の浄化作用を超える量の排泄物が排出されて周辺海域の汚染が問題になることがあるが、このような養殖場で水の浄化ユニット 100~500 を利用することで、自然の浄化作用と併せて排泄物などの有機物の分解量を増加させたり、硫化水素を低害化することができ、水質改善に寄与して養殖に伴う海洋汚染を抑制することができる。また、養殖している水圏生物が成長してもその数を減少させる必要がなく、また単位体積あたりにおける養殖可能な水圏生物の数を従来よりも多くすることができる。また、保持槽 2 としては水槽に限定されず、生簀や上方が開口した箱状に成形されたコンクリート等も使用でき、上記水の浄化システム 1, 210, 750 を生簀などでの水圏生物の養殖 (飼育) のために利

用してもよい。さらには、地面に穴を掘り、その穴の中に水の浄化システム 1, 210, 750 を構成してもよい。この場合、その穴を構成する土壁が保持槽 2 に相当するものとなる。

[0091] また、上記水の浄化システム 1, 210, 750 の連通手段（筒状部材）や上記水の浄化ユニット 100～500 の筒状部材としては、嫌気空間 3, 213（閉塞空間 130, 201）と好気領域 90 とを連通させることができればチューブ 18 やパイプ 206 に限定されず、例えば、絶対嫌気層 4, 207 や第 1 の細菌生息可能部 140, 202, 353, 451 から第 1 の距離 L1 離れた位置に第 2 の開口部を有して延出可能な多孔質の岩石等であってもよい。さらに、細菌生息可能部 140, 141, 142, 202, 208, 209, 353, 451, 501, 502 や各層 4～7 を貫通する孔を連通手段としてもよく、この孔に筒状部材を差し込むことなくそのまま使用するようにしてもよい。

[0092] また、好気層 6 の上方にさらに海砂を黒ぼく土 40 と同程度の量、堆積させてもよい。これら海砂の層や前記珊瑚層 7 により、好気層 6 を形成する砂 50 の舞い上がりを抑制することができる。さらに、水圏生物として鰐、海老及び蟹等、砂を掘る習性のあるものを飼育する場合には、絶対嫌気層 4, 207 の上方、例えば珊瑚層 7 と好気層 6 との間に、水圏生物の通過を遮ることが可能な大きさの網目を有するステンレス製の網を配置することが好ましい。これによって、上記水圏生物が砂 50 や黒ぼく土 40 を掘り返して絶対嫌気層 4, 207 に酸素が侵入することや、上記水圏生物が掘った穴から絶対嫌気層 4, 207 で発生した有害な硫化水素等が好気領域 90 に流出してしまうことを防止できる。なお、網としては好気層 6 の表面全体を覆うことができる大きさ及び形状であることが好ましく、またステンレス製のものに限定されない。

[0093] また、水の浄化ユニット 100～500 としては、第 1 の細菌生息可能部 140, 202, 353, 451、第 2 の細菌生息可能部 141, 208, 501、第 3 の細菌生息可能部 142, 209, 502 が乾燥状態のものに

限定されず、前記細菌が生息可能な程度に水分を含んだ状態であってもよい。また、これらの細菌生息可能部140、202、353、451、141、208、501、142、209、502に予め十分な数の前記細菌が生

息した状態のものをとってよい。

過装置など濾過機能を補う装置の使用を必ずしも妨げるものではなく、また換水処理や砂の入れ替え処理を行うことを必ずしも妨げるものではない。さらに、保持槽２内に好気性細菌等の細菌を別途追加してもよい。

[0095] また、上記実施形態では第1方向Xを水平方向とし、これと直交する第2

方向Yを鉛直方向としているが、第1方向Xを鉛直方向、第2方向Yを水平方向としてもよく、これら以外の方向（例えば水平方向に対して傾斜した方向）としてもよい。そのため、本発明に係る水の浄化システム1, 210、

750としては、下方から上方に向けて好気層6、通性嫌気層5および絶対嫌気層4(207)の順で形成されるようなものであってもよく、また側方に向けて好気層6、通性嫌気層5および絶対嫌気層4(207)が形成されるようなものであってもよい。このような状況としては、例えば海の中に存在する洞窟の内壁面に本発明に係る水の浄化ユニット100~500を設置

した場合は考えられる。

[0096] また、本発明に係る水の浄化ユニット 100～500は、少なくとも黒ぼ

成分材料となる粒状の担体50も黒ばく土40と同様にバラバラの状態のもの
 06とを備えるものとしてもよい。また、好気層6および通性嫌気層5の構
 部材30、網目状部材32及び板状部材31と、チューブ18又はパイプ2
 らずバラバラの状態の黒ばく土40と、互いに固定されていない状態の中
 材料となる粒状の担体をブロック状に押し固めたものと、押し固められてお
 た状態のものであってもよい。例えば、好気層6および通性嫌気層5の構成
 く土40が予めまとめて押し固められているものであるが、これらが分離し

たものを水の浄化ユニットとしてもよい。

[0097] さらに、絶対嫌気性細菌、通性嫌気性細菌および好気性細菌の増殖を促進させるもの（例えばこれらの細菌自体）を水の浄化システム 1, 210, 750 を構成する際に供給するようにしてもよい。

[0098] また、パイプ 206 等の筒状部材として伸縮可能なものを用いてもよい。これによって砂 50 や珊瑚砂 70 を堆積させることによって筒状部材の他端が層の中に埋もれることを防止することができる。

[0099] その他の構成も、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形が可能である。例えば、本明細書中に記載されていない部材であっても本発明に係る水の浄化ユニットを水中に浸漬させた際に嫌気状態にするために閉塞空間を囲むあらゆるものが閉塞手段となりうる。また、本発明に係る水の浄化ユニットとの間に閉塞空間を形成するあらゆるものが閉塞空間形成手段となりうる。さらに各実施形態の構成を適宜組み合わせたものも本発明の範囲に含まれる。

産業上の利用可能性

[0100] 以上に詳述した本発明によれば、水圏生物から排出された有機物に由来する有害物の堆積を抑制するとともに、細菌の働きにより水圏生物由来の有機物から発生した硫化水素を有害性の低い物質に変換するなどして低害化することで、濾過機能を補う装置の設置を不要としつつ半永久的ないし長期間に亘って換水処理や砂の入れ替え処理を不要とするために有用なものとなる。

符号の説明

- [0101] 1、210、750・・・水の浄化システム
2・・・保持槽
3、213・・・嫌気空間
4、207・・・絶対嫌気層
5・・・通性嫌気層
6・・・好気層
8a b、206a b・・・第1の開口部

8 b a、2 0 6 b a . . . 第 2 の開口部
9 . . . 水（飼育水）
1 8、2 0 6 . . . 連通手段、筒状部材（チューブ、パイプ）
3 0 . . . 中空部材
3 0 a . . . 中空部材の開口
3 2 . . . 網目状部材
4 0 . . . 土質材料（黒ぼく土）
5 0 . . . 粒状の担体（砂）
7 0 . . . 珊瑚砂
9 0 . . . 好気領域
1 0 0、2 0 0、3 5 0、4 5 0、5 0 0 . . . 水の浄化ユニット
1 0 2 . . . 非透過部
1 3 0、2 0 1、3 5 2、4 5 2 . . . 閉塞空間
1 3 2 . . . 閉塞手段
1 4 0、2 0 2、3 5 3、4 5 1 . . . 第 1 の細菌生息可能部
1 4 1、2 0 8、5 0 1 . . . 第 2 の細菌生息可能部
1 4 2、2 0 9、5 0 2 . . . 第 3 の細菌生息可能部
2 0 2 a . . . 貫通部（筒状部材挿入孔）
5 5 1 . . . 支持脚
5 5 2 . . . 設置面
G . . . 隙間
L 1 . . . 所定距離（第 1 の距離）

請求の範囲

- [請求項1] 有機物を含有する水および酸素が存在する好気領域と、
この好気領域と連通し、好気性細菌が生息する好気層と、
この好気層に隣接して設けられ、通性嫌気性細菌が生息する通性嫌気層と、
この通性嫌気層に隣接して設けられ、絶対嫌気性細菌が生息するとともに土質材料により構成される絶対嫌気層と、
嫌気的な環境であり、前記絶対嫌気層に生息する絶対嫌気性細菌およびこれによる生成物が流入可能な嫌気空間と、
この嫌気空間と前記好気領域とを連通する連通手段とを備えることを特徴とする水の浄化システム。
- [請求項2] 上部が開口した中空部材の開口を、通水性を有し且つ前記土質材料の通過を遮る網目状部材により閉塞するとともに、当該中空部材及び当該網目状部材の周囲を前記土質材料で被覆して、前記中空部材の内部に前記嫌気空間を形成していることを特徴とする請求項1記載の水の浄化システム。
- [請求項3] 前記土質材料が、黒ぼく土であることを特徴とする請求項2記載の水の浄化システム。
- [請求項4] 前記好気層の表面に、珊瑚砂からなる層を設けていることを特徴とする請求項3記載の水の浄化システム。
- [請求項5] 前記保持槽は、その側面の下方及び底面からの光の透過を阻止する非透過部を備え、
通水性を有し且つ前記土質材料の通過を遮る網目状部材を、前記保持槽の内底面と離間させて当該保持槽内の下方全面に配置するとともに、この網目状部材の上面を前記土質材料で被覆して、当該網目状部材と前記内底面との間に前記嫌気空間を形成していることを特徴とする請求項1記載の水の浄化システム。
- [請求項6] 絶対嫌気性細菌が生息可能な土質材料を予め押し固めた塊状の第1

の細菌生息可能部を水中に設置された状態にするとともに、この第1の細菌生息可能部に隣接して粒状の担体を有し通性嫌気性細菌が生息可能な第2の細菌生息可能部と、この第2の細菌生息可能部に隣接して粒状の担体を有し好気性細菌が生息可能な第3の細菌生息可能部と、嫌気的な環境であって前記第1の細菌生息可能部と連通する嫌気空間とを水中に形成し、さらに前記第3の細菌生息可能部と連通する位置に有機物および酸素が存在する好気領域を位置づけて、この好気領域と前記嫌気空間とを連通状態にし、

これにより前記第1の細菌生息可能部に絶対嫌気性細菌を増殖させて絶対嫌気層を形成し、前記第2の細菌生息可能部に通性嫌気性細菌を増殖させて通性嫌気層を形成し、前記第3の細菌生息可能部に好気性細菌を増殖させて好気層を形成し、これらの細菌により前記好気領域中の有機物を分解させるとともに、前記絶対嫌気層から流出した絶対嫌気性細菌およびこれによる生成物を前記嫌気空間から前記好気領域に移動させることを特徴とする水の浄化方法。

[請求項7]

請求項1記載の水の浄化システムの立ち上げ方法であって、
前記連通手段として筒状部材を用い、

前記好気領域に有機物が存在する状態で前記好気層に光を当てつつ前記筒状部材内部に気体供給手段より気体を供給することで、前記筒状部材の内部に前記嫌気空間から前記好気領域に向かう水流を生じさせ、この状態を所定期間にわたって維持することを特徴とする水の浄化システムの立ち上げ方法。

[請求項8]

請求項1記載の水の浄化システムを構築するための水の浄化ユニットであって、

土質材料により構成され、絶対嫌気性細菌が生息可能な塊状の細菌生息可能部と、

第1の開口部および第2の開口部が形成されているとともに前記細菌生息可能部の一方側から他方側に延出可能な長さを有し、前記第1

の開口部を前記細菌生息可能部の一方側に臨む位置に配置した場合に、前記第 2 の開口部が前記細菌生息可能部の他方側において前記細菌生息可能部から所定距離離れた位置に配置される筒状部材とを有することを特徴とする水の浄化ユニット。

[請求項9] 前記細菌生息可能部によって少なくとも一部が構成される閉塞手段により囲まれた閉塞空間を有し、

前記筒状部材は、前記閉塞空間から前記閉塞手段を貫通して延出可能な長さを有し、前記第 1 の開口部を前記閉塞空間に臨む位置に配置した場合に、前記第 2 の開口部が前記細菌生息可能部から所定距離離れた位置に配置されることを特徴とする請求項 8 記載の水の浄化ユニット。

[請求項10] 前記細菌生息可能部のうち少なくとも前記筒状部材が突出していない側の面を、前記土質材料の通過を遮る包囲部材により被覆していることを特徴とする請求項 9 記載の水の浄化ユニット。

[請求項11] 前記包囲部材が遮光性を有することを特徴とする請求項 10 記載の水の浄化ユニット。

[請求項12] 前記細菌生息可能部と前記閉塞空間との間に、通水性を有し且つ前記土質材料の通過を遮る網目状部材を設けていることを特徴とする請求項 11 記載の水の浄化ユニット。

[請求項13] 前記絶対嫌気性細菌が生息可能な細菌生息可能部を第 1 の細菌生息可能部とした場合に、この第 1 の細菌生息可能部に隣接して通性嫌気性細菌が生息可能な第 2 の細菌生息可能部と、この第 2 の細菌生息可能部に隣接して好気性細菌が生息可能な第 3 の細菌生息可能部とをそれぞれ形成すべく、好気性細菌および通性嫌気性細菌が生息可能な粒状の担体を更に備えていることを特徴とする請求項 12 記載の水の浄化ユニット。

[請求項14] 前記細菌生息可能部が乾燥状態であることを特徴とする請求項 13 記載の水の浄化ユニット。

【請求項15】 設置面との間に所定の隙間を確保することが可能な支持脚を設けていることを特徴とする請求項14記載の水の浄化ユニット。