

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6216174号  
(P6216174)

(45) 発行日 平成29年10月18日(2017.10.18)

(24) 登録日 平成29年9月29日(2017.9.29)

(51) Int.Cl.

A O 1 K 63/04 (2006.01)

F 1

A O 1 K 63/04

A

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2013-156110 (P2013-156110)  
 (22) 出願日 平成25年7月26日 (2013.7.26)  
 (65) 公開番号 特開2015-23841 (P2015-23841A)  
 (43) 公開日 平成27年2月5日 (2015.2.5)  
 審査請求日 平成28年5月11日 (2016.5.11)

(73) 特許権者 591030651  
 water inc. 株式会社  
 東京都港区港南一丁目7番18号  
 (74) 代理人 110000523  
 アクシス国際特許業務法人  
 (72) 発明者 鈴木 隆幸  
 東京都港区港南一丁目7番18号 water inc. 株式会社内  
 (72) 発明者 木村 武年  
 東京都港区港南一丁目7番18号 water inc. 株式会社内

審査官 門 良成

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】飼育水の循環浄化方法及び装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

飼育水をろ過工程を通じて循環浄化する方法であって、ろ過工程は上部に砂以外の生物付着担体を充填厚200mm以上で充填した生物付着担体層と、下部に砂を充填厚400mm以上充填した砂層とを有し、砂層の充填厚に対する前記生物付着担体層の充填厚の比が0.2~0.7を満たし、且つ、前記生物付着担体層の充填厚と砂層の充填厚の合計を600mm~1200mmとした複層ろ過層に、飼育水を下降流でろ過速度20m/時以上で通水することを含む方法。

## 【請求項 2】

飼育水を循環浄化するための装置であって、飼育水をろ過速度20m/時以上の下降流で通水するための複層ろ過層を備え、複層ろ過層は充填厚200mm以上の上部の砂以外の生物付着担体層と充填厚400mm以上の下部の砂層とを有し、砂層の充填厚に対する前記生物付着担体層の充填厚の比が0.2~0.7を満たし、且つ、前記生物付着担体層の充填厚と砂層の充填厚の合計が600mm~1200mmである装置。

## 【請求項 3】

前記生物付着担体が活性炭である請求項2に記載の装置。

## 【請求項 4】

水槽と請求項2又は3に記載の装置とを備え、水槽から排出される飼育水が前記装置の複層ろ過層に流入し、前記装置から排出されるろ過水が水槽に送り返されるように両者が接続されている飼育水の循環浄化システム。

**【請求項 5】**

水槽から排出される飼育水が曝気槽を介して前記装置の複層ろ過層に流入するように構成されている請求項 4 に記載の飼育水の循環浄化システム。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、飼育水、特に魚などの水生生物の水槽の水を浄化及び透明化する方法及びその装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来、水族館などの展示水槽を浄化及び透明化するため、砂等による緩速ろ過あるいは急速ろ過が採用されている。水深の浅い小型水槽は水槽底部に敷き詰めた砂層を介して水槽水を循環し、砂中の微生物による浄化作用、砂による物理的ろ過作用によって、浄化・透明化を行っていた。

**【0003】**

一方、水深のある大型水槽水は水槽近傍に配備された急速ろ過装置によって、浄化・透明化されている。水族館では展示ゾーンの裏側に浄化装置が配備されているが、面積的な制約があるため、大型水槽に対しては設置面積当たりの処理水量を大きくできる急速ろ過を利用するのが一般的である。急速ろ過には縦型と横置きの方式があるが、空間的に高さ制限等の制約がある場合は 1 ユニット当たりのろ過面積を大きくできる横置き方式も採用されている。

**【0004】**

展示水槽水は、水生生物の健康を保持するために浄化が重要であるが、水生生物の観賞のため水槽水の透視度を確保するための透明化も極めて重要である。また養殖用水槽においても飼育水を透明化することは、魚類の生育状態、斃死魚の早期発見を監視する上で重要である。急速ろ過は砂ろ過が多用されている。

**【0005】**

近年、甚平ざめ、マグロなどの大型魚の展示、多種類多数の同一槽展示などで水槽が巨大化し、その分浄化施設設置面積・空間が制限されるため、一層高効率、高速の浄化装置が求められている。

**【0006】**

魚類や貝類などの生き物の飼育水の処理などに使用される水処理装置に関しては、例えば特開 2009-172469 号公報に記載されている。当該公報では微量のアンモニア性窒素等の有害成分を効率よく処理することを目的として、ろ過機能を有するろ材部近傍に第 1 マイクロナノバブル発生機を配置して、上記ろ材部で処理した水と、上記第 1 マイクロナノバブル発生機で発生させたマイクロナノバブルを含有する水とを混合して、生き物の飼育に使用する飼育水槽内に供給することが提案されている。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0007】**

【特許文献 1】特開 2009-172469 号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0008】**

しかしながら、特許文献 1 にはろ材自体の構成や運転条件の好適化については考察が不十分であり、展示水槽水の高効率な循環浄化に対しては未だ改善の余地が残されている。

**【0009】**

本発明は上記事情に鑑みて創作されたものであり、展示水槽水等の飼育水を高効率に循環浄化するのに適した方法を提供することを課題の一つとする。また、本発明は飼育水を高効率に循環浄化するのに適した装置を提供することも課題の一つとする。更に、本発明

10

20

30

40

50

は水槽及び本発明に係る装置を備えた飼育水の循環浄化システムを提供することも課題の一つとする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明者は上記課題を解決するために鋭意研究したところ、ろ材を上部に生物付着担体層、下部に砂層を充填する複層構造とした上でそれぞれの充填厚を最適化すると共に、濾過速度を高速化することが有効であることを見出した。

【0011】

本発明は上記知見を基礎として完成したものであり、一側面において、飼育水をろ過工程を通じて循環浄化、澄明化する方法であって、ろ過工程は上部に砂以外の生物付着担体を充填厚200mm以上で充填した生物付着担体層と、下部に砂を充填厚400mm以上充填した砂層とを有し、且つ、前記生物付着担体層の充填厚と砂層の充填厚の合計を600mm~1200mmとした複層ろ過層に、飼育水を下降流でろ過速度20m/時以上で通水することを含む方法である。

【0012】

本発明に係る方法の一実施形態においては、砂層の充填厚に対する生物付着担体層の充填厚の比が0.2~0.7である。

【0013】

本発明に係る方法の別の実施形態においては、前記生物付着担体が活性炭及び/又はアンスラサイトである。

【0014】

本発明は別の側面において、飼育水を循環浄化するための装置であって、飼育水をろ過速度20m/時以上の下降流で通水するための複層ろ過層を備え、複層ろ過層は充填厚200mm以上の上部の砂以外の生物付着担体層と充填厚400mm以上の下部の砂層とを有し、且つ、前記生物付着担体層の充填厚と砂層の充填厚の合計が600mm~1200mmである装置である。

【0015】

本発明に係る装置の一実施形態においては、砂層の充填厚に対する生物付着担体層の充填厚の比が0.2~0.7である。

【0016】

本発明に係る装置の別の実施形態においては、前記生物付着担体が活性炭及び/又はアンスラサイトである。

【0017】

本発明の更に別の側面においては、水槽と本発明に係る前記装置とを備え、水槽から排出される飼育水が前記装置の複層ろ過層に流入し、前記装置から排出されるろ過水が水槽に送り返されるように両者が接続されている飼育水の循環浄化システムである。

【0018】

本発明に係るシステムの一実施形態においては、水槽から排出される飼育水が曝気槽を介して前記装置の複層ろ過層に流入するように構成されている。

【発明の効果】

【0019】

本発明に係る飼育水の循環浄化方法及び装置を利用することで、飼育水を高効率に循環浄化することが可能となる。そのため、例えば、浄化装置をコンパクトにしながらも、飼育水のアンモニア性窒素濃度を低く、透視度の良好な水質に維持することができるため、本発明は設置スペースの限られている水族館などにおいて極めて有効である。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明に係る飼育水の循環浄化システムのフローシートの一例を示す。

【図2】実施例における砂層の厚みと透視度の関係を示すグラフである。

【図3】実施例におけるろ過速度と硝化量の関係を示すグラフである。

10

20

30

40

50

【図4】実施例におけるろ過速度と流入水及び流出水のアンモニア性窒素濃度の関係を示すグラフである。

【図5】実施例における活性炭層の厚みと展示水槽水のアンモニア性窒素濃度の関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0021】

<1. 循環浄化方法>

本発明は一側面において、飼育水をろ過工程を通じて循環浄化する方法を対象とする。飼育水としては、限定的ではないが、例えば展示水槽、養殖用水槽、活魚水槽等の水槽水が挙げられ、高い透明性の要求される展示水槽水を飼育水とするのが典型的である。展示水槽は水族館などで飼育している水生生物を来場者が観察するための設備である。飼育する水生生物としては特に制限はないが、例えば、魚介類、甲殻類、海水哺乳類、水生植物、海草等が挙げられる。また、淡水に住む水生生物でも海水に住む水生生物でもよい。そのため、循環する飼育水は淡水でも海水でもよい。

10

【0022】

ろ過工程では飼育水槽から流出した水生生物が排泄する尿素や残餌が分解されて発生したアンモニアを含む水を浄化し、飼育水槽に返送するという工程を行う。飼育水槽水は飼育水槽とろ過工程を循環する。本発明者は、このようなる過工程を通じた飼育水槽水の循環浄化を効率よく実施する方法を鋭意検討したところ、ろ過工程におけるろ過層の構造及びろ過速度を特定条件で組み合わせることが非常に有効であることを見出すに至った。

20

【0023】

まず、ろ過層としては砂以外の生物付着担体層及び砂層を有する複層ろ過層とすることが重要である。これら以外のろ過層を組み込むことを排除するわけではないが、典型的にはこれら二層が上下に隣接配置される。生物付着担体層には硝化菌が付着しており、飼育水槽水が生物付着担体層を通過する間に水中のアンモニア性窒素が好気的条件下で亜硝酸、更には硝酸に酸化される。しかし、生物付着担体には水を透明化する能力は低い。一方、砂層は主に物理的ろ過作用によって水を透明化する能力が高いが、微生物による硝化能力は限定的である。

【0024】

そのため、飼育水槽水を透明化及び浄化するという観点だけ考えれば、生物付着担体層及び砂層の厚みをそれぞれ可及的に大きくすればよいのであるが、厚みを大きくすると損失水頭が大きくなるため、飼育水槽水を循環させるためのポンプに対する負荷が過大となるという問題が生じる。また、飼育水槽水の典型的な設置場所である水族館では展示ゾーンの裏側に浄化装置が配備されているが、設置可能なスペースに制約があるため、ろ過層の厚みにも限界がある。そこで、生物付着担体層及び砂層の厚みの合計は小さい方が好ましい。

30

【0025】

生物付着担体としては、当業者に公知の生物付着担体が制限なく使用可能であるが、例えばアンスラサイト、活性炭（特に球状や粒状の活性炭）、セラミック、合成樹脂、ゼオライト等の鉱物などが挙げられる。生物付着担体は表面積を増大させるべく、球状、粒状、管状、ハニカム状、ポーラス状といった種々の形状を取り得る。これらの中でも、生物付着能力が高い点で、アンスラサイト、活性炭及びゼオライトが好ましく、容易に逆洗することができる粒状あるいは球状の担体形状が好ましい。粒状又は球状の担体の場合、粒径が0.4～1.2mmが好ましく、0.5～0.8mmがより好ましい。

40

【0026】

本発明者は飼育水槽水に要求される水の透視度及びアンモニア性窒素濃度を必要最小限のろ過層厚みで達成するための条件を検討したところ、上側に生物付着担体層、下側に砂層を配置した複層ろ過層に飼育水槽水を下降流で通水することを条件として、生物付着担体層については充填厚200mm以上、好ましくは300mm以上、砂層について充填厚400mm以上、好ましくは500mm以上あれば、循環浄化によって良好な水質が保持

50

できることを見出した。

【0027】

また、複層ろ過層の全体の厚みを抑制しながらも、良好なる過性能を維持する上では、砂層の厚みに対する生物付着担体層の厚みが0.2~0.7を満たすことが重要となることが分かった。

【0028】

飼育水槽水のアンモニア性窒素濃度を望ましい状態に維持する上では、ろ過速度(LV)を高くして十分な硝化量を確保することが重要である。具体的には、ろ過工程は飼育水槽水を複層ろ過層にろ過速度20m/時以上の下降流で通水することが重要である。飼育水槽水は循環浄化のため、一過性の処理水質よりも循環浄化システムの総浄化能力が鍵となるからである。硝化量はろ過速度を大きくすることで更に増大するため、ろ過速度は好みしくは25m/時以上であり、より好みしくは30m/時以上である。

10

【0029】

しかしながら、ろ過速度が20m/時以上ではろ過速度の増加割合に対する硝化量の増加割合はそれほど大きくない。すなわち速度増大による効果が飽和してくる。また、ろ過速度を大きくすると水循環用のポンプに対する負荷も増大する。従って、ろ過速度は好みしくは50m/時以下であり、より好みしくは40m/時以下である。

【0030】

本発明に係る循環浄化方法によれば、生物付着担体層及び砂層の厚みの合計を1200mm以下としながらも飼育水槽水の良好な水質を維持可能である。損失水頭を考慮すれば1000mm以下とすることが好みしく、800mm以下であることがより好みしい。

20

【0031】

飼育水槽から流出した飼育水槽水はろ過工程を通過する前に、曝気槽を通過するなどして溶存酸素濃度を高めておくことが硝化に必要な酸素を十分供給するうえで好みしい。

【0032】

<2. 循環浄化システム>

図1には、本発明に係る飼育水槽水の循環浄化システムの一例のフローシートが示されている。当該循環浄化システムは飼育水槽1及び循環浄化装置5を備え、飼育水槽1から排出される飼育水槽水が循環浄化装置5の複層ろ過層12に流入し、前記装置5から排出されるろ過水が飼育水槽1に送り返されるように両者が接続されている。

30

【0033】

循環浄化装置5の構成態様としては特に制限はないが、例えば槽、塔、カラム、筒などが考えられる。より具体的には、形状として直方体型、立方体型、円筒形、塔型など公知の形状、壁材料としてコンクリート、FRP、鉄等公知材料を適宜選択することができる。循環浄化装置5は一実施形態において、飼育水槽水をろ過速度20m/時以上の下降流で通水するための複層ろ過層を備え、複層ろ過層は充填厚200mm以上の上部の生物付着担体層と充填厚400mm以上の下部の砂層とを、砂層の厚みに対する生物付着担体層の厚みの比が0.2~0.7を満たすように有する。

【0034】

海水で満たされている飼育水槽1には飼育魚用の餌が適宜投入され、魚から排出される尿素と残餌の分解によるアンモニアが発生する。飼育水槽1から流出する飼育水槽水は飼育水槽水排出ライン2を通って曝気槽3に流入する。また、曝気槽3には送風機10から空気供給ライン11を通って空気が送気され、曝気が行われる。

40

【0035】

曝気槽3から流出した曝気水は曝気水供給ライン4を通って循環浄化装置5上部から流入する。循環浄化装置5は、上部に生物付着担体、下部に砂が充填された複層ろ過層12を有しており、曝気水は下降流として複層ろ過層12を通過する。循環浄化装置5下部から流出するろ過水は飼育水槽1に循環のために返送ライン6を通って返送される。

【0036】

循環浄化装置5の運転を継続すると、ろ材に捕捉された浮遊物(濁質)とろ材表面上に

50

増殖した微生物などによって通水抵抗が上昇するため、これに対応して随時曝気水の注入を停止し、バルブ 8 を開放し、水生生物の生息環境に応じた海水又は淡水の貯留槽 7 から海水又は淡水を循環浄化装置 5 の底部から注入し、逆洗を行ってもよい。逆洗排水はバルブ 8 を経由して排出することができる。また水逆洗ではろ材の洗浄が不十分な場合は送風機 10 から空気を循環浄化装置 5 の底部から送気してろ材の空気洗浄を行うこともできる。洗浄排ガスは循環浄化装置 5 上部から排出することができる。

【実施例】

【0037】

以下、本発明及びその利点をより良く理解するための実施例を示すが、本発明は下記の実施例に限定されるものではない。

10

【0038】

<1. 予備試験：生物付着担体の選定>

実験に先立ち濾過塔に充填する硝化菌の付着担体を選定するに当たり、生物付着担体を内径 20 mm のカラムに厚さ 400 mm で充填し、水道水でアンモニア性窒素濃度 1 ~ 2 mg / L に調整した原水（水温 18 ~ 25 ℃）で約 3 ヶ月間通水試験した。生物付着担体としては、粒状活性炭（粒径 1 mm 及び粒径 2 ~ 3 mm）、アンスラサイト（粒径 3 ~ 4 mm）、ゼオライト（粒径 1 ~ 2 mm）、粒状セラミック（粒径 1 ~ 2 mm）を選択して、それぞれ生物付着性能を試験した（粒径範囲は最小値及び最大値を指す。）。付着性能は処理水のアンモニア性窒素濃度により判定した。その結果、生物付着性能はほぼ同等であったが、展示水槽の浄化試験には有機物吸着能もある粒状活性炭を用いることにした。

20

【0039】

<2. 展示水槽の浄化試験>

図 1 のフローシートに示した展示水槽水の循環浄化システムによって実験を行った結果について説明する。展示水槽水の循環浄化システムの稼働条件は以下である。

展示水槽水：海水

展示水槽容積：幅 500 mm × 長さ 1800 mm × 深さ 800 mm

水生生物の種類及び数：真鯛 × 2、黒鯛 × 2、メジナ × 3

循環浄化装置 5：濾過塔（ろ過面積 0.02 m<sup>2</sup>）

複層ろ過層 12：上部に粒状活性炭層、下部に砂層

逆洗：水逆洗及び空気逆洗（随時）

30

【0040】

当初は硝化性能を重視して、上層に活性炭を厚み 400 mm、下層に砂を厚み 200 mm 充填した。活性炭層と砂層の総充填厚（合計厚：ろ材全体の充填厚さ mm）を 600 mm にしたのは濾過塔に高さ制限があったからである。展示水槽水をろ過速度 3.6 m / 時で下降流として通水した結果、透明度が上昇しないので透視度を測定しながら順次総充填厚は変えないで砂層を厚くした結果、図 2 に示すように砂層の厚み 400 mm 以上で透視度が 4 m 以上となった。なお透視度測定には自作の 4 m 透視度計を用いたため 4 m が測定限界値であったことから、図 2 では 4 m を「4 m 以上」と記載した。

【0041】

次に硝化量について測定した。展示水槽水は循環浄化のため、一過性の処理水質よりも循環浄化システムの総浄化能力が重要となる。上層の活性炭の高さ 400 mm、下層の砂の高さ 200 mm の条件として、ろ過速度（LV）を変化させたときの硝化量の変化を調べた。

40

【0042】

その結果、図 3 に示したようにろ過速度（LV）2.0 m / 時以上まで急激に硝化量が増加し、その後増加率が低下するので、ろ過速度 2.0 m / 時以上が一定の硝化量を確保できる数値であると判断された。硝化量は単位容積あたり 1 日に硝化した量であり式（1）に従って計算する。

$$\text{硝化量 (g / L · 日)} = \text{ろ過工程流入水量 (L / 日)} \times (\text{流入 NH}_3 - \text{N} - \text{流出 NH}_3 - \text{N})$$

50

N) g / L ÷ 充填材容積 (L) · · · · · · · · (1)

なお、充填材容量は活性炭層と砂層の双方の合計である。

図3に示す硝化量は同一ろ過速度でそれぞれ2日間試験したときの硝化量の各平均値である。

【0043】

なお、このときの濾過塔の入口、出口のアンモニア性窒素 (NH<sub>3</sub> - N) 濃度は、図4に示したようにろ過速度が20m / 時以上で、硝化量が増加するため、濾過塔流入水(展示水槽水)のアンモニア性窒素濃度が低下傾向になることが分かる。

【0044】

総充填厚600mm、ろ過速度20m / 時で、砂層厚を厚くし、活性炭層厚を薄くした結果、活性炭層厚が200mmを下回った付近から、図5に示すように展示水槽水(=ろ過工程流入水)のアンモニア性窒素濃度が急激に上昇する傾向が見られた。すなわち、活性炭層厚を200mm以上にすることが重要であることが確認された。

【0045】

<3. 長期実験>

(3-1: 活性炭層 / 砂層厚比の検討)

以上の結果を踏まえ、図1のフローシートに示した展示水槽水の循環浄化システムを用いて、上述した稼働条件と同じとして、展示水槽水をろ過速度20m / 時で、以下の実験1~4の充填条件でそれぞれ長期間(3ヶ月間)の浄化試験を行った。

実験1: 活性炭充填厚200mm、砂充填厚400mm(活性炭層 / 砂層厚比0.5)

実験2: 活性炭充填厚200mm、砂充填厚1000mm(活性炭層 / 砂層厚比0.2)

実験3: 活性炭充填厚350mm、砂充填厚500mm(活性炭層 / 砂層厚比0.7)

実験4: 活性炭充填厚100mm、砂充填厚400mm(活性炭層 / 砂層厚比0.25)

その結果、実験1、実験2及び実験3のいずれにおいても透明でアンモニア性窒素濃度の低い飼育水を確保することができた。しかしながら、実験2では損失水頭が大きく、逆洗頻度が高くなつたので、逆洗による時間ロスを短くするため総充填厚を1000mm以下にすることが好ましいことが確認された。また実験4ではアンモニア性窒素が実験1, 2, 3に比較して多く残留した。

【0046】

ろ過を継続していくと、浮遊物(濁質)の捕捉とろ材表面上に増殖した微生物により空隙率が低下し、損失水頭が上昇するため適宜逆洗操作により、捕捉物質、付着微生物を濾過塔外に洗い出すことが必要である。逆洗操作終了後は付着微生物が剥離、洗出するため、一時的に硝化能が低下して濾過塔流出液のアンモニア性窒素濃度が上昇する。

【0047】

(3-2: 逆洗による影響の検討)

逆洗の影響と活性炭の硝化能力の関係を把握するため、図1のフローシートに示した展示水槽水の循環浄化システムを用いて、展示水槽水(SS濃度: 2~3mg / L)をろ過速度36m / 時として、以下の実験1及び4の充填条件でそれぞれ長期間(3ヶ月間)の浄化試験を行った。試験中は、ろ過層全体の損失水頭が1400~1700mmに達した時点で逆洗(空気洗浄2分、水洗浄3分)を行った。

実験1: 活性炭充填厚200mm、砂充填厚400mm(活性炭 / 砂充填厚比0.5)

実験4: 活性炭充填厚100mm、砂充填厚500mm(活性炭 / 砂充填厚比0.2)

その結果、実験1及び実験4の何れにおいても、濾過塔流出液のろ過水アンモニア性窒素濃度が上昇したが、アンモニア性窒素濃度が逆洗直前の濃度に回復するのに要した平均日数は、実験1は4日間、実験4では11日間であった。これより、逆洗後の硝化能力を保持する観点からも、活性炭厚を200mm以上にすると効果的であることが確認された。

【符号の説明】

【0048】

10

20

30

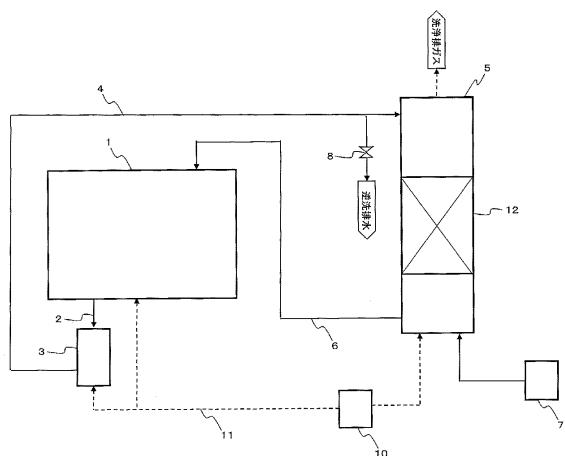
40

50

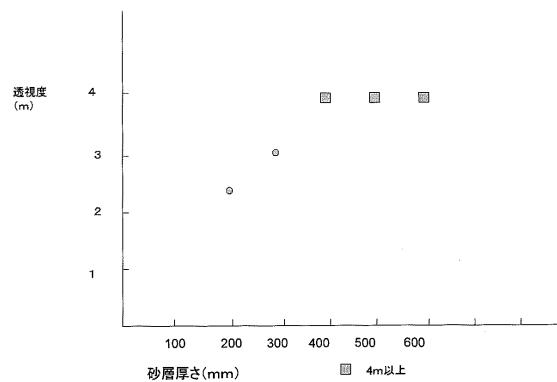
- 1 飼育水槽
- 2 飼育水槽水排出ライン
- 3 曝気槽
- 4 曝気水供給ライン
- 5 循環浄化装置（濾過塔）
- 6 返送ライン
- 7 貯留槽
- 8 バルブ
- 10 送風機
- 11 空気供給ライン
- 12 複層ろ過層

10

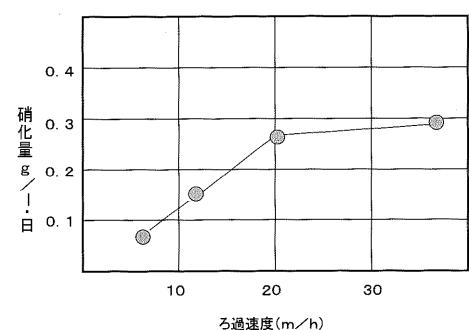
【図1】



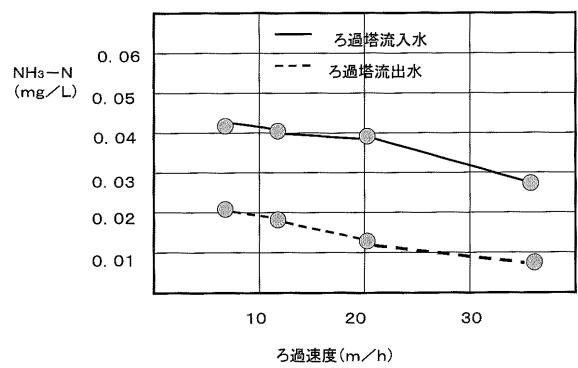
【図2】



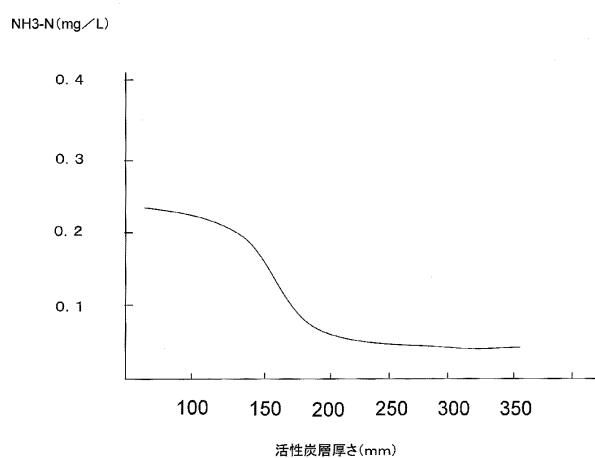
【図3】



【図4】



【図5】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-034385(JP,A)  
特開平05-337484(JP,A)  
特開2010-082599(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A01K 63/00  
C02F 3/00