

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11)特許出願公開番号  
**特開2022-135704**  
**(P2022-135704A)**

(43)公開日 **令和4年9月15日(2022. 9. 15)**

(51)Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<i>A 0 1 G 31/00 (2018. 01)</i>	A 0 1 G 31/00 6 0 4	2 B 0 2 2
<i>A 0 1 G 22/00 (2018. 01)</i>	A 0 1 G 22/00 Z A B	2 B 3 1 4
<i>C 0 2 F 3/32 (2006. 01)</i>	C 0 2 F 3/32	4 D 0 4 0

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21)出願番号	特願2021-35670(P2021-35670)	(71)出願人	501273886 国立研究開発法人国立環境研究所 茨城県つくば市小野川16-2
(22)出願日	令和3年3月5日(2021. 3. 5)	(74)代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
		(74)代理人	100113435 弁理士 黒木 義樹
		(74)代理人	100171583 弁理士 梅景 篤
		(72)発明者	尾形 有香 茨城県つくば市小野川16-2 国立研究 開発法人国立環境研究所内
		(72)発明者	中嶋 信美 茨城県つくば市小野川16-2 国立研究 開発法人国立環境研究所内

最終頁に続く

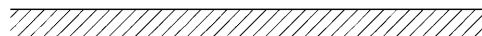
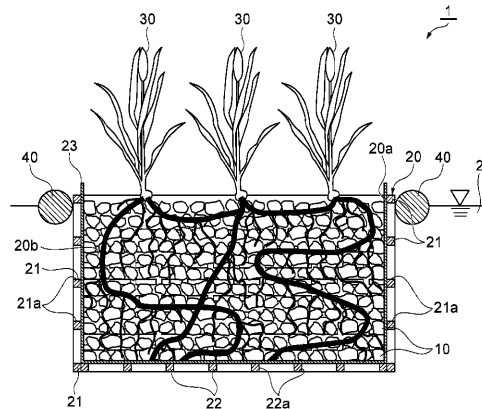
(54)【発明の名称】 浮遊型人工湿地

(57)【要約】 (修正有)

【課題】設置を容易化するとともに、より高い水質浄化作用を発揮することができる浮遊型人工湿地を提供する。

【解決手段】浮遊型人工湿地1は、水域2内に浮遊させて設置される浮遊型人工湿地1であって、粒状の複数の基材10と、複数の基材10を収容する収容部20と、複数の基材10に植栽される植物体30と、を備え、植物体30の根が複数の基材10間の間隙において活着する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

水域内に浮遊させて設置される浮遊型人工湿地であって、  
粒状の複数の基材と、  
前記複数の基材を収容する収容部と、  
前記複数の基材に植栽される植物体と、  
を備え、  
前記植物体の根が前記複数の基材間の間隙において活着する、  
浮遊型人工湿地。

## 【請求項 2】

前記複数の基材のそれぞれは、多孔質である、請求項 1 に記載の浮遊型人工湿地。

## 【請求項 3】

前記収容部には、前記収容部によって画成される収容空間に前記水域の水が浸入可能な開口が設けられている、請求項 1 又は請求項 2 に記載の浮遊型人工湿地。

## 【請求項 4】

前記収容部を前記水域内に浮かせる浮体部をさらに備える、請求項 1 ~ 請求項 3 の何れか一項に記載の浮遊型人工湿地。

## 【請求項 5】

前記浮体部は、前記収容部に着脱可能に設けられる、請求項 4 に記載の浮遊型人工湿地。

## 【請求項 6】

前記植物体の一部は、水上に露出している、請求項 1 ~ 請求項 5 の何れか一項に記載の浮遊型人工湿地。

## 【請求項 7】

前記植物体は、汚水への耐性を有する水生植物である、請求項 1 ~ 請求項 6 の何れか一項に記載の浮遊型人工湿地。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本開示は、浮遊型人工湿地に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

湖沼及び河川等の水域内の水質浄化を行う手法として、植物が植栽された基盤を浄化対象の水域に浮遊させる人工浮島が知られている（例えば、特許文献 1 及び特許文献 2 参照）。また、別の手法として、浄化対象の水が順次流通するように配設された複数の伏流式人工湿地を有する人工湿地システムが知られている（例えば、特許文献 3 参照）。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献 1】特開 2008 - 182979 号

【特許文献 2】特開 2006 - 14676 号

【特許文献 3】特開 2008 - 68211 号

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

特許文献 1, 2 に記載の人工浮島によれば、植物が基盤を通して水中に根を張ることで水中の窒素及びリン等の栄養塩類の吸収、又は有機物の分解による水質浄化作用を発揮するが、人工浮島を適用する水域によってはより高い水質浄化作用を要する場合がある。また、特許文献 3 に記載の人工湿地の設置には、広大な設置場所の確保を要すると共に、大規模な施工に伴う多くの工数を要する。したがって、設置を容易化するとともに、水質浄

10

20

30

40

化作用を向上させることが望まれている。

【0005】

本開示は、設置を容易化するとともに、より高い水質浄化作用を発揮することができる浮遊型人工湿地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】

【0006】

本開示の一側面に係る浮遊型人工湿地は、水域内に浮遊させて設置される浮遊型人工湿地であって、粒状の複数の基材と、複数の基材を収容する収容部と、複数の基材に植栽される植物体と、を備え、植物体の根が複数の基材間の間隙において活着する。

【0007】

この浮遊型人工湿地における植物体の根は、複数の基材によって画成された間隙において活着する。これにより、根圏効果により多くの微生物が植物体の根の周囲だけでなく複数の基材の間隙及び複数の基材に集積される。根圏効果により集積される微生物は水質浄化作用を有するので、多くの微生物が集積することで浮遊型人工湿地はより高い水質浄化作用を発揮することができる。また、浮遊型人工湿地は、水域内に浮遊させて設置される。このため、陸上に設けられる人工湿地のように水域以外に別途広い設置場所を用意する必要がなく、大規模な施工が不要となる。したがって、浮遊型人工湿地は、陸上に設置される人工湿地に比べて容易に設置することができる。以上により、この浮遊型人工湿地は、設置を容易化するとともに、より高い水質浄化作用を発揮することができる。

【0008】

一実施形態において、複数の基材のそれぞれは、多孔質であってもよい。この場合、根圏効果により集積した微生物が多孔質の複数の基材のそれぞれに入り込むことができる。このため、浮遊型人工湿地にはより多くの微生物が保持され得るので、浮遊型人工湿地はより一層高い水質浄化作用を発揮することができる。

【0009】

別の実施形態において、収容部には、収容部によって画成される収容空間に水域の水が浸入可能な開口が設けられていてもよい。この場合、収容部に設けられた開口を通じて水域の水が収容部内に浸入したとき、収容空間内の複数の基材が浸水する。よって、浮遊型人工湿地を水域内に浮かべるだけで収容部内に水を供給することができる。

【0010】

さらに別の実施形態において、浮遊型人工湿地は、収容部を水域内に浮かせる浮体部をさらに備えてもよい。例えば、複数の基材、収容部及び植物体だけでは、それらの重量によって浮遊型人工湿地を水域内に浮かせることができないことがある。上記浮遊型人工湿地は、浮体部を備えているので、複数の基材、収容部及び植物体が重かったとしても、浮遊型人工湿地を水域内に浮かせることができる。したがって、複数の基材、収容部及び植物体の構成の自由度を上げることができる。

【0011】

さらに別の実施形態において、浮体部は、収容部に着脱可能に設けられてもよい。例えば、植物体が成長することによって浮遊型人工湿地の重量が変化し得る。このような場合、浮遊型人工湿地の浮遊位置を調整する必要が生じることがある。上記構成によれば、浮体部を収容部に着脱することができるので、浮遊型人工湿地の重量に合わせて適切な浮体部に取り替えることができる。したがって、浮遊型人工湿地の重量の変化に柔軟に対応することができる。

【0012】

さらに別の実施形態において、植物体の一部は、水上に露出している部分蒸散作用を発揮させることができる。したがって、植物体の蒸散作用により水域内の水量を減少させることができる。

【0013】

さらに別の実施形態において、植物体は、汚水への耐性を有する水生植物であってもよい。この場合、植物体が汚水への耐性を有することで、浮遊型人工湿地を汚水域内に設置

10

20

30

40

50

することができ、汚水域を浄化することができる。

【発明の効果】

【0014】

本開示の一側面及び実施形態によれば、設置を容易化するとともに、より高い水質浄化作用を発揮することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】図1は、一実施形態に係る浮遊型人工湿地の一例を示す断面図である。

【図2】図2は、図1に示される浮遊型人工湿地の底面図である。

【図3】図3(a)は、実施例に係る水及び比較例に係る水における有機炭素の残存率の変化を示すグラフである。図3(b)は、実施例に係る水及び比較例に係る水における窒素の残存率の変化を示すグラフである。図3(c)は、実施例に係る水及び比較例に係る水における有機態窒素の残存率の変化を示すグラフである。

10

【図4】図4(a)、図4(b)、図4(c)、及び図4(d)は、図3(a)、図3(b)、及び図3(c)に係る実施例に係る水及び比較例に係る水を示す画像である。

【図5】図5(a)は、水域に対する浮遊型人工湿地のカバー率ごとの測定開始日から経過日数とCODとの関係を示すグラフである。図5(b)は、水域に対する浮遊型人工湿地のカバー率と必要処理日数との関係を示すグラフである。

【図6】図6は、実施例及び比較例に係る難分解性有機物質の相対累積除去量の比較を示すグラフである。

20

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、図面を参照して、実施形態について説明する。なお、以下の説明において、同一又は相当要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。図面の寸法比率は、以下の説明に示される構成の寸法比率と必ずしも一致していない。「上」「下」「左」「右」は、図示する状態に基づく方向を示し、便宜的に用いられる。各図中のX方向及びY方向が水平方向であり、Z方向が垂直方向である。X方向、Y方向及びZ方向は、3次元空間の直交座標系における互いに直交する軸方向である。以下ではZ方向を上下方向ともいう。

【0017】

[浮遊型人工湿地の構成]

30

図1及び図2を参照して、一実施形態に係る浮遊型人工湿地の構成を説明する。図1は、一実施形態に係る浮遊型人工湿地の一例を示す断面図である。図2は、図1に示される浮遊型人工湿地の底面図である。図1及び図2に示される浮遊型人工湿地1は、水域2内に浮遊させて設置される。浮遊とは、浮遊型人工湿地1が浮かんでいる状態を意味し、言い換えると、浮遊型人工湿地1が水域2の水底に接触していない状態を指す。浮遊型人工湿地1が水域2内に設置された場合、例えば、浮遊型人工湿地1を構成する部材(部位)の一部は、水域2の水面上に位置する。浮遊型人工湿地1は、水質浄化作用を有し、例えば、窒素及びリン等の栄養塩類の削減、有機物質の削減、並びに難分解性有機物質の削減により水域2の水質浄化を行う。難分解性有機物質の例として、フミン酸等の腐植物質、多環芳香族炭化水素、及びPOPs(残留性有機汚染物質)が挙げられる。

40

【0018】

水域2は、浄化対象の水域であり、水が蓄えられている領域又は水が流れている領域を指す。水域2は、湖沼、池、河川、及び海等の自然に形成された領域でもよく、貯水槽、貯水池、及びダム湖等の人工的に形成された領域でもよい。窒素及びリン等の栄養塩類の濃度、並びに有機物質の濃度が測定され、測定された各濃度が所定の基準以上である水域が水域2として選択されてもよい。難分解性有機物質の濃度が測定され、測定された濃度が所定の基準以上である水域が水域2として選択されてもよい。以下、「水域2の水」と記載するときは、栄養塩類、有機物質、及び難分解性有機物質を含む水域2内の液体を指すことがある。上記の所定の基準は、例えば水域を管理する組織によって適宜定められる値である。

50

## 【 0 0 1 9 】

浮遊型人工湿地 1 は、複数の基材 1 0 と、収容部 2 0 と、植物体 3 0 と、浮体部 4 0 と、を備える。

## 【 0 0 2 0 】

複数の基材 1 0 のそれぞれは、粒状を呈する。本実施形態において、粒状は、複数の基材 1 0 を積み上げた場合に、複数の基材 1 0 の間に隙間が生じ得る形状である。このような形状の例として、多面体状、及び球状が挙げられる。複数の基材 1 0 の形状は、互いに異なっていてもよく、互いに同じでもよい。複数の基材 1 0 のうちの一部が同一の形状を有し、その他の基材 1 0 が異なる形状を有していてもよい。各基材 1 0 は、例えば、数 m m ~ 十数 c m 程度の大きさを有する。

10

## 【 0 0 2 1 】

複数の基材 1 0 のそれぞれは、多孔質である。つまり、複数の基材 1 0 のそれぞれには、水域 2 の水内に含まれる微生物が進出可能かつ集積可能な窪み又は孔が設けられている。複数の基材 1 0 のそれぞれは、例えば比重の小さい材質で形成される。複数の基材 1 0 のそれぞれは、例えば、水域 2 の水より比重が小さい。基材 1 0 の構成材料の例としては、発泡ガラス、活性炭、及びバイオ炭が挙げられる。複数の基材 1 0 のそれぞれは、微生物を保持（担持）することができる。

## 【 0 0 2 2 】

収容部 2 0 は、複数の基材 1 0 を収容するための部材である。収容部 2 0 は、収容空間 2 0 a を画成し、収容空間 2 0 a 内に複数の基材 1 0 を収容する。収容部 2 0 は、例えば、上方に向かって開口している箱状を呈する。収容部 2 0 は、例えば Z 方向に延在する 4 つの側壁 2 1 と、4 つの側壁 2 1 の下端とそれぞれ接続する底壁 2 2 と、を有する。各側壁 2 1 及び底壁 2 2 は、例えば、矩形の板状を呈する。各側壁 2 1 は、底壁 2 2 の周縁に沿って設けられ、隣接する 2 つの側壁 2 1 と接続されている。収容空間 2 0 a は、4 つの側壁 2 1 及び底壁 2 2 により囲まれた空間である。

20

## 【 0 0 2 3 】

浮遊型人工湿地 1 は、各側壁 2 1 及び底壁 2 2 の内面を覆う網状部材 2 3 をさらに備える。網状部材 2 3 は、例えば、収容空間 2 0 a に面した 4 つの側壁 2 1 及び底壁 2 2 に沿って設けられている。網状部材 2 3 は、例えば、収容空間 2 0 a 内に設けられる。網状部材 2 3 は、例えば、4 つの側壁 2 1 及び底壁 2 2 に固定されている。網状部材 2 3 は、例えば、複数の開口が設けられたネットである。当該開口の大きさは、基材 1 0 の大きさより小さい。複数の基材 1 0 は、収容空間 2 0 a 内の底壁 2 2 の上面上に網状部材 2 3 を介して積載され、収容部 2 0 の収容空間 2 0 a 内に収容される。例えば、基材 1 0 の比重が水域 2 の水の比重より小さい場合、収容部 2 0 の上方の開口から基材 1 0 が収容空間 2 0 a 外へ移動しないように、さらに収容部 2 0 の上方の開口が網状部材 2 3 で覆われていてもよい。

30

## 【 0 0 2 4 】

収容部 2 0 は、例えば、網籠である。収容部 2 0 には、開口 2 1 a , 2 2 a が設けられている。具体的には、各側壁 2 1 には複数の開口 2 1 a が設けられ、底壁 2 2 には複数の開口 2 2 a が設けられている。開口 2 1 a は、収容部 2 0 の外部空間と収容空間 2 0 a とが連通するように側壁 2 1 を貫通している。開口 2 2 a は、収容部 2 0 の外部空間と収容空間 2 0 a とが連通するように底壁 2 2 を貫通している。各側壁 2 1 及び底壁 2 2 のそれぞれには、例えば、網目状又は格子状に複数の開口 2 1 a , 2 2 a が設けられている。開口 2 1 a , 2 2 a を介して、水域 2 の水が収容空間 2 0 a に浸入し得る。開口 2 1 a , 2 2 a を介して、収容空間 2 0 a に浸入した水が収容部 2 0 の外部に流出し得る。

40

## 【 0 0 2 5 】

収容空間 2 0 a において、隣接する複数の基材 1 0 同士の間、又は基材 1 0 と側壁 2 1 若しくは底壁 2 2 との間に空隙 2 0 b が形成される。例えば、収容部 2 0 の収容空間 2 0 a 内に収容された複数の基材 1 0 の上方から下方まで連通する空隙 2 0 b が存在する。

## 【 0 0 2 6 】

50

植物体 30 は、収容部 20 の収容空間 20 a 内に収容された複数の基材 10 に植栽される。収容部 20 に対して植栽される植物体 30 の数は 1 つでもよいし、複数であってもよい。例えば、植物体 30 の一部（葉）は、水上に露出している。これにより、植物体 30 は、蒸散作用を発揮し、水域 2 の水を大気中に蒸散させ、水域 2 の水量を減少させることができる。植物体 30 は、例えば、汚水への耐性を有する水生植物である。植物体 30 は、例えば、地下茎又は根が網目状に生長する水生植物である。以下では、地下茎及び根を合わせて「根」として記載する場合がある。植物体 30 は、例えば、抽水植物、陸上植物や浮遊植物、浮葉植物等である。植物体 30 が抽水植物である場合、植物体 30 は、例えば、ガマ及びヨシ等である。植物体 30 は、金属又は有害化学物質の浄化（ファイトレメディエーション）に用いられる植物体でもよい。なお、植物体 30 は、水域 2 の水質によ

10

#### 【0027】

植物体 30 の根は、複数の基材 10 間の間隙 20 b において活着する。植物体 30 の根は間隙 20 b に入り込んで生長することで、収容空間 20 a 内において網目状に張り巡らされる。植物体 30 の根の一部は、間隙 20 b において複数の基材 10 に接触している。植物体 30 の根は、例えば、複数の基材 10 に絡まることで接触する。植物体 30 の根は、間隙 20 b、網状部材 23 の開口、開口 21 a、22 a を順に通って収容部 20 の外部に突出してもよい。植物体 30 は、例えば、浸水している間隙 20 b 及び収容部 20 の外部に根を張ることで水分を吸収して生長する。

20

#### 【0028】

浮体部 40 は、収容部 20 を水域 2 内に浮かせるための部材である。浮遊型人工湿地 1 が水域 2 内に設置されたとき、浮体部 40 は、例えば、植物体 30 の葉が水面から露出するとともに、収容空間 20 a の大部分が水面下に位置するように収容部 20 を浮かせる。浮体部 40 は、例えば、収容部 20 に対して着脱可能に設けられる。

#### 【0029】

浮体部 40 は、収容部 20 が上下方向（Z 方向）において水域 2 の水の適切な位置に浮くように調整される。浮体部 40 は、例えば筒状を呈する。浮体部 40 は、例えば塩化ビニル又は発泡樹脂を含む材料で構成されている。浮体部 40 は、例えば塩化ビニルパイプである。本実施形態では、浮遊型人工湿地 1 は複数の浮体部 40 を備える。例えば、4 つの浮体部 40 が、4 つの側壁 21 にそれぞれ設けられる。各浮体部 40 は、例えば、側壁 21 の外面に側壁 21 の上端縁に沿って設けられ、結束バンド又は針金等の連結具（不図示）によって側壁 21 に取り付けられる。なお、浮体部 40 の数、材質、重量、形状及び大きさは限定されない。浮体部 40 の数、材質、重量及び大きさ等は、浮遊型人工湿地 1 全体の重量に合わせて適宜設定される。

30

#### 【0030】

次に、浮遊型人工湿地 1 の設置方法を説明する。まず、複数の基材 10 が、収容部 20 の収容空間 20 a 内に収容（充填）される。続いて、植物体 30 が複数の基材 10 に植栽される。続いて、浮体部 40 が収容部 20 に取り付けられる。続いて、水域 2 に浮遊型人工湿地 1 が搬送され、水域 2 内に浮遊型人工湿地 1 が浮かべられることによって設置される。

40

#### 【0031】

##### [浮遊型人工湿地の作用]

次に、水域 2 内に設置された浮遊型人工湿地 1 の作用について説明する。水域 2 内に浮遊型人工湿地 1 が浮かべられることで、収容部 20 の開口 21 a、22 a を通って水域 2 の水が収容空間 20 a 内に流入する。これにより、複数の基材 10 の大部分が浸水し、間隙 20 b にも水域 2 の水が入り込む。なお、収容部 20 の上方の開口を通して水域 2 の水が収容空間 20 a 内に流入してもよい。植物体 30 の根が網目状に間隙 20 b に活着している（入り込んでい）るので、植物体 30 の根が水域 2 の水に接触することで、植物体 30 が水分を吸収してさらに生長する。

#### 【0032】

50

植物体 30 の根の周囲には根圏と呼ばれる環境が形成される。根圏は、根から影響を受ける領域であり、根の周囲の微生物活性が高い領域である。根圏は、根から放出される化合物及び微生物によって形成される。この根圏の特異な環境に対応して様々な種類の微生物が繁殖し得る（根圏効果）。根圏効果により、多くの微生物が根の周囲に集積する。集積された多くの微生物は、各基材 10 の表面、植物体 30 の根の表面、及び間隙 20 b に保持される。集積された微生物によっては、例えば、基材 10 においてバイオフィームが形成される場合もある。

#### 【 0 0 3 3 】

収容空間 20 a 内に集積された微生物は、水質浄化作用を有する。当該微生物には、難分解性有機物質の削減作用を有する微生物が含まれる。このような微生物の例として、Alphaproteobacteria 綱、Gammaproteobacteria 綱、Betaproteobacteria 綱等が挙げられる。収容空間 20 a 内に集積された微生物には、難分解性有機物質、有機炭素及び窒素の削減作用を有する微生物が含まれる。また、収容空間 20 a 内に集積された微生物には、バイオフィーム形成作用を有する微生物が含まれる。したがって、収容空間 20 a 内に集積された微生物によって収容空間 20 a 内に流入している水域 2 の水の水質が改善される。

#### 【 0 0 3 4 】

微生物により水質が改善された水は、水域 2 内に発生している水流により収容空間 20 a 内から収容部 20 の外部へ流出する。浮遊型人工湿地 1 が水域 2 に浮かんで設置されている場合、水域 2 の水は、水流により収容部 20 への流入出を続けるので、収容空間 20 a 内の微生物の水質浄化作用によって水質が改善される。水域 2 に対して複数の浮遊型人工湿地 1 が設置されることで、1 つの浮遊型人工湿地 1 が設置される場合に比べてさらに強力な水質浄化作用を発揮させることができる。

#### 【 0 0 3 5 】

##### [ 浮遊型人工湿地の効果 ]

次に、図 3 ( a ) ~ 図 6 を参照して、浮遊型人工湿地の効果について説明する。以下、実施例及び比較例について、特に記載のない浮遊型人工湿地の構成については上述の実施形態における浮遊型人工湿地 1 と同一の構成を備えることとする。

#### 【 0 0 3 6 】

##### [ 難分解性有機物質、窒素及び有機態窒素の残存率の変化 ]

浮遊型人工湿地を水域に導入した場合（実施例 1）の水と、浮遊型人工湿地を水域に導入しなかった場合（比較例 1）の水とで、測定開始日と経過日数に対する有機炭素、窒素及び、有機態窒素の残存率の変化を比較した。有機炭素とは、全有機炭素（TOC: Total Organic Carbon）を指す。窒素とは、全窒素（TN: Total Nitrogen）を指す。有機態窒素とは、Org-N (Organic Nitrogen) を指す。

#### 【 0 0 3 7 】

実施例 1 は、上述の実施形態の浮遊型人工湿地 1 と同一の構成を備える浮遊型人工湿地が用いられ、水槽内に設置された浄化システムである。基材として発泡ガラスを用いた。収容部内には植物体として 16 株のガマを植栽した。収容部は幅 0.18 m、奥行 0.23 m、高さ 0.1 m であり、上方に向かって開口している籠である。収容部の側壁及び底部は、格子状になっている。各開口は矩形を呈し、各開口の大きさは縦 2.5 cm、横 2.5 cm である。水槽は水域 2 の一例である。水槽は、幅 0.27 m、奥行 0.32 m、高さ 0.14 m であり、上方に向かって開口している容器である。水槽には、実験開始時、水域 2 の水の一部として、フミン酸の濃度が 0.8 g/L となるように水道水にフミン酸を投入して調整された 6 L の水（水溶液）が貯留された。実施例 1 において、1 つの水槽に対して 1 個の浮遊型人工湿地が設けられた。

#### 【 0 0 3 8 】

比較例 1 は、浮遊型人工湿地が設置されていない対照系のシステムである。比較例 1 では、上記の実施例 1 と同一の水槽及び同一の水を用意した。測定開始日から 1 日経過する

ごとに実施例 1 を適用した水槽内の水及び比較例 1 を適用した水槽内の水からサンプルをそれぞれ採取し、当該各サンプルに対する有機炭素の残存率、窒素の残存率及び有機態窒素の残存率をそれぞれ算出した。実施例 1 における測定開始日は、水槽内に水が貯留され、浮遊型人工湿地が水槽内に設置された日である。比較例 1 における測定開始日は、水槽内に水が貯留された日である。各残存率は、測定開始日に各サンプルにおいて測定された各化合物の総量 (mg) に対する、測定日に各サンプルにおいて測定された各化合物の総量 (mg) の割合 (百分率) を指す。以下、実施例を適用した水槽の水のサンプルを「実施例に係る水」と記載し、比較例を適用した水槽の水のサンプルを「比較例に係る水」と記載する場合がある。実施例 1 の水槽及び比較例 1 の水槽には、蒸発散により水槽内から放出された水の量と同量の水道を適宜追加した。なお、測定開始日において各水槽内の水は、黒褐色を呈していた。

10

#### 【0039】

図 3 (a) は、実施例 1 に係る水及び比較例 1 に係る水における有機炭素の残存率の変化を示すグラフである。図 3 (a) に示されるグラフの横軸は測定開始日からの経過日数 (日) を示し、グラフの縦軸は有機炭素の残存率 (%) を示している。図 3 (b) は、実施例 1 に係る水及び比較例 1 に係る水における窒素の残存率の変化を示すグラフである。図 3 (b) に示されるグラフの横軸は測定開始日からの経過日数 (日) を示し、グラフの縦軸は窒素の残存率 (%) を示している。図 3 (c) は、実施例 1 に係る水及び比較例 1 に係る水における有機態窒素の残存率の変化を示すグラフである。図 3 (c) に示されるグラフの横軸は測定開始日からの経過日数 (日) を示し、グラフの縦軸は有機態窒素の残存率 (%) を示している。

20

#### 【0040】

図 3 (a)、図 3 (b) 及び図 3 (c) に示される通り、比較例 1 では、測定開始日から日数が経過しても有機炭素の残存率、窒素の残存率、及び有機態窒素の残存率は変わらなかった。これに対し、実施例 1 では、測定開始日から日数が経過するにつれて、有機炭素の残存率、窒素の残存率及び有機態窒素の残存率がいずれも低減した。フミン酸は炭素原子及び窒素原子を含む高分子有機物であり、水槽内の水に含まれる有機物はフミン酸のみであるから、浮遊型人工湿地は、水中の難分解性有機物質であるフミン酸を分解した上で、有機炭素、窒素及び有機態窒素を削減していることが示唆された。

#### 【0041】

図 4 (a) は、測定開始日から 32 日経過後の実施例 1 に係る水及び比較例 1 に係る水を示す画像である。図 4 (b) は、測定開始日から 40 日経過後の実施例 1 に係る水及び比較例 1 に係る水を示す画像である。図 4 (c) は、測定開始日から 52 日経過後の実施例 1 に係る水及び比較例 1 に係る水を示す画像である。図 4 (d) は、測定開始日から 56 日経過後の実施例 1 に係る水及び比較例 1 に係る水を示す画像である。

30

#### 【0042】

図 4 (a) ~ 図 4 (d) に示される通り、比較例 1 に係る水の色合いは、測定開始日から日数が経過しても変わらず、不透明な黒褐色を帯びていた。これに対し、実施例 1 に係る水の色合いは、測定開始日から日数が経過するにつれて薄くなり、透明になった。フミン酸が投入される前の水道水は透明であり、フミン酸が投入された後の水は黒褐色を呈することから、水槽内の水の色合いが黒褐色から薄くなり透明になっていることは、水槽内の水に含まれるフミン酸が少なくなっていることを示すと考えられる。したがって、浮遊型人工湿地は、水槽内の水に含まれるフミン酸を削減していることが示唆された。

40

#### 【0043】

[浮遊型人工湿地のカバー率と難分解性有機物質の濃度との推移]

水域に対する浮遊型人工湿地の占める割合が異なる実施例 2 ~ 12 について、経過日数に対する COD の推移を比較した。COD とは、Chemical Oxygen Demand (化学的酸素要求量) を指し、以下では単に「濃度」と記載する場合がある。

#### 【0044】

実施例 2 ~ 12 は、浮遊型人工湿地をそれぞれ異なる面積だけ対象の貯留池に適用させ

50



た場合を仮定したシミュレーション例である。実施例 2 ~ 12 のそれぞれについて、以下のシミュレーション条件の下で、COD の初期値を設定した時点（初期設定日）から 1 日経過するごとの貯留池の COD が計算される。例えば、800 日の期間のシミュレーションが行われる。実施例 2 ~ 12 は、貯留池の水面の面積のうち浮遊型人工湿地の占める割合（以下、カバー率と記載する場合がある）において相違する。実施例 2 ~ 12 のカバー率は、それぞれ 5 %、10 %、20 %、30 %、40 %、50 %、60 %、70 %、80 %、90 % 及び 100 % である。カバー率は、貯留池内に設置される浮遊型人工湿地の数又は面積を調整することによって変更される。

#### 【0045】

実施例 2 ~ 12 のシミュレーション対象の貯留池は、浸出水を貯留する領域である。貯留池は、実際の貯留池に基づいて仮想的に設定した水域 2 の一例である。貯留池の水面の面積は  $28985\text{ m}^2$ 、水深は 3 m、水量は  $86955\text{ m}^3$  に設定された。年間  $46298\text{ m}^3$  の浸出水が当該貯留池に流入すると仮定した。貯留池の水理学的滞留時間（HRT : Hydraulic Retention Time）は、2 年に設定された。当該浸出水の流入濃度（COD）は  $1500\text{ mg/L}$  に設定され、COD あたりのフミン酸の割合は 40 % に設定された。貯留池内の COD の初期値は  $600\text{ mg/L}$  に設定された。本シミュレーションでは、上述の実施例 1 に基づいて導出された所定の反応速度を用いて、各実施例 2 ~ 12 適用時の貯留池の COD を算出するように設定された。

#### 【0046】

図 5 (a) は、水域に対する浮遊型人工湿地のカバー率ごとの経過日数と COD との関係を示すグラフである。図 5 (a) に示されるグラフの横軸は経過日数（日）を示し、縦軸はシミュレーションにより算出された濃度（ $\text{mg/L}$ ）を示す。本シミュレーションにおける経過日数とは、シミュレーション上における、初期設定日から経過した日数である。図 5 (b) は、水域に対する浮遊型人工湿地のカバー率と必要処理時間（日）との関係を示すグラフである。図 5 (b) に示されるグラフの横軸はシミュレーションにおいて設定した浮遊型人工湿地のカバー率を示し、縦軸は必要処理時間（日）を示す。必要処理時間については後述する。

#### 【0047】

図 5 (a) において破線で示される通り、本シミュレーションでは、貯留池から処理水として貯留池外へ流出させる際の目標濃度（COD）は  $120\text{ mg/L}$  に設定された。処理水とは、浸出水を水質浄化することにより、COD が目標濃度以下になった水である。貯留池の水理学的滞留時間が 2 年に設定されたことから、経過日数が約 730 日を超える前に処理水を貯留池外へ流出させることができればよい。図 5 (b) に示される横軸の必要処理時間とは、上記の初期設定日から実施例 2 ~ 12 に係る水が目標濃度に達するまでに要した日数である。図 5 (b) には、図 5 (a) に示される実施例 3 ~ 12 の必要処理時間に基づいて実施例 3 ~ 12 がプロットされている。

#### 【0048】

図 5 (a) 及び図 5 (b) に示される通り、カバー率が高くなればなるほど、必要処理時間が短くなる。カバー率が 10 % 以上の場合、経過日数が約 600 日を超える前に貯留池内の水の COD が目標濃度未満となる。したがって、本シミュレーションにおいて、浮遊型人工湿地のカバー率が 10 % 以上となるように浮遊型人工湿地を設置すれば貯留池内の浸出水を適切に水質浄化して処理水に変え、貯留池外へ流出させることができる。例えば 1 年以内に貯留池の水の COD を目標濃度とするためには、浮遊型人工湿地のカバー率が 20 % 以上となるように浮遊型人工湿地を設置すればよい。図 5 (a) に示される通り、経過日数が十分経った後において、浮遊型人工湿地の水質浄化作用と、貯留池に流入する水による汚染とが平衡状態となることで COD がほぼ一定となる。経過日数が十分経った後において、浮遊型人工湿地のカバー率が高ければ高いほど、貯留池内の水をより小さい COD で維持することができる。

#### 【0049】

これらのことから、目標濃度、及び貯留池の水理学的滞留時間に応じて、浮遊型人工湿

10

20

30

40

50

地のカバー率を適宜調整することで目標濃度以下にすることができると分かる。

#### 【0050】

[ 難分解性有機物質の累積除去量の推移 ]

浮遊型人工湿地の構成が難分解性有機物質の除去量に与える影響を検証した。当該検証において、実施例13及び比較例2, 3を用いた。実施例13は、基材として発泡ガラスを用いた。収容部内には植物体として2株のガマを植栽した。基材を収容する容器として、直径11cm、高さ19cmのポットを用いた。当該ポットは、液体を貯留可能な容器であり、開口を有する収容部20とは異なる。比較例においても、同一種類のポットを用いた。実験開始時に実施例13及び比較例2, 3のポット内にフミン酸溶液を加えた。3日(1バッチ)ごとに当該ポット内の水を全量廃棄し、当該ポット内に新たにフミン酸溶液を供給する入れ替え処理を行った。当該入れ替え処理を合計8回(8バッチ)繰り返し実行した。当該入れ替え処理時に供給するフミン酸溶液の濃度は、バッチごとに異なり、その濃度範囲は0.25g/L以上0.8g/L以下とした。

10

#### 【0051】

比較例2は、複数の基材及び植物体に代えて、植物体のみをポットに収容する点において実施例13と相違する。比較例3は、複数の基材及び植物体に代えて、複数の基材のみをポットに収容する点において実施例13と相違する。つまり、比較例3では、植物体を植栽していない。

#### 【0052】

測定開始日から各バッチが終了するごとに実施例13及び比較例2, 3を適用した水槽内の水からサンプル(以下、「実施例13に対するサンプル」、「比較例2に対するサンプル」、及び「比較例3に対するサンプル」と記載する場合がある。)をそれぞれ採取し、当該各サンプルに対する難分解性有機物質の総量をそれぞれ測定した。当該測定開始日は、実施例13及び比較例2, 3のそれぞれが各ポット内に設置された日である。図6は、実施例13及び比較例2, 3に係る難分解性有機物質の相対累積除去量の比較を示すグラフである。図6に示されるグラフの縦軸は難分解性有機物質の相対累積除去量を示している。難分解性有機物質の除去量の指標として、有機炭素除去量を採用した。難分解性有機物質の累積除去量は、各バッチの測定開始日における各サンプルの難分解性有機物質の総量から各バッチの終了時における各サンプルの難分解性有機物質の総量を減じた値の総和である。相対累積除去量は、比較例2(ガマのみ)の累積除去量を1とし、比較例3(基材のみ)及び実施例の累積除去量を相対値として算出した。

20

30

#### 【0053】

図6に示される通り、実施例13の除去量は、比較例2の除去量の約10倍、比較例3の除去量の約4倍となった。このことから、植物体の吸収・吸着作用のみ、又は基材の吸着作用のみによる難分解性有機物質の削減作用は小さいが、植物体の根が複数の基材に活着していることで当該削減作用が著しく増強されることが示唆された。

#### 【0054】

16SrRNA遺伝子を標的とした遺伝子解析の結果、実施例13が適用された水槽内に集積された微生物は、比較例とは異なる微生物群集から構成されていることが確認された。例えば、実施例13に対するサンプルにおいて、Pseudomonas属が最も優占していた。実施例13に対するサンプルにおけるPseudomonas属に属する微生物の存在割合は、比較例2に対するサンプルにおける当該存在割合より約1000倍多く、比較例3に対するサンプルにおける当該存在割合より約4倍多かった。なお、Pseudomonas属に属する微生物は、多環芳香族炭化水素、ピフェニル、及びPCB等の分解、バイオポリマーの生産、並びに窒素循環等に寄与し、バイオフィルムの形成能等を有する。

40

#### 【0055】

例えば、実施例13に対するサンプルにおいて、Steroidobacter属が優占していた。実施例13に対するサンプルにおけるSteroidobacter属に属する微生物の存在割合は、比較例2に対するサンプルにおける当該存在割合より約2倍多

50

かった。比較例 3 に対するサンプルにおいて、当該微生物は検出されなかった。Steroidobacter 属に属する微生物は、エストラジオール及びテストステロン等のステロイドホルモンの分解に寄与し、脱窒機能を有することが知られている。さらに、実施例 13 に対するサンプルでは、Georgfuchsia 属、Chryseolinea 属、及び、Caulobacter 属が優占していた。これらの属に属する微生物は、芳香族化合物の分解に寄与し、脱窒機能及びバイオフィルムの形成能等を有することが報告されている。したがって、浮遊型人工湿地は植物体みの構成及び基材みの構成と異なり、植物体の根が複数の基材に活着しているため、上記の微生物を多く集積し、難分解性有機物質の削減作用が著しく増強されることが示唆された。

#### 【0056】

10

#### [作用効果のまとめ]

以上のように、浮遊型人工湿地 1 における植物体 30 の根は、複数の基材 10 によって画成された間隙 20b において活着する。これにより、根圏効果により多くの数及び多くの種類の微生物が植物体 30 の根の周囲だけでなく複数の基材 10 の間隙 20b 及び複数の基材 10 に集積される。浮遊型人工湿地 1 において集積され、窒素及びリン等の栄養塩類の削減、有機物質の削減、並びに難分解性有機物質の削減に寄与する微生物の個体数は、従来の植生浮島で集積された微生物の個体数よりも多いことが推定される。また、浮遊型人工湿地 1 において集積された当該微生物の種類も、従来の植生浮島で集積された微生物の種類より多いことが推定される。難分解性有機物質の削減作用を含む水質浄化作用を有する多くの微生物が集積することで浮遊型人工湿地 1 はより高い水質浄化作用を発揮することができる。また、浮遊型人工湿地 1 は、水域 2 内に浮遊させて設置される。このため、陸上に設けられる人工湿地のように水域 2 以外に別途広い設置場所を用意する必要がなく、大規模な施工が不要となる。したがって、浮遊型人工湿地 1 は、陸上に設置される人工湿地に比べて容易に設置することができる。以上により、この浮遊型人工湿地 1 は、設置を容易化するとともに、より高い水質浄化作用を発揮することができる。

20

#### 【0057】

根圏効果により集積した微生物は、多孔質の基材 10 に入り込むことができる。このため、浮遊型人工湿地 1 には、多孔質ではない基材を備えている浮遊型人工湿地に比べてより多くの微生物が保持され得るので、浮遊型人工湿地 1 はより一層高い水質浄化作用を発揮することができる。

30

#### 【0058】

収容部 20 に設けられた開口 21a, 22a を通じて水域 2 の水が収容部 20 内に浸入したとき、収容空間 20a 内の複数の基材 10 が浸水する。よって、浮遊型人工湿地 1 を水域 2 内に浮かべるだけで収容部 20 内に水を供給することができる。したがって、収容部 20 の上方の開口から水域 2 の水を供給するための構成が不要であるので、浮遊型人工湿地 1 の構造を簡易化することが可能となる。

#### 【0059】

例えば、複数の基材 10、収容部 20 及び植物体 30 だけでは、それらの重量によって浮遊型人工湿地 1 を水域 2 内に浮かべることができないことがある。浮遊型人工湿地 1 は、浮体部 40 を備えているので、複数の基材 10、収容部 20 及び植物体 30 が重かったとしても、浮遊型人工湿地 1 を水域 2 内に浮かべることができる。したがって、複数の基材 10、収容部 20 及び植物体 30 の構成の自由度を上げることができる。

40

#### 【0060】

例えば、植物体 30 が生長することによって浮遊型人工湿地 1 の重量が変化し得る。このような場合、浮遊型人工湿地 1 の浮遊位置（浮遊高さ）を調整する必要が生じることがある。浮遊型人工湿地 1 では、浮体部 40 を収容部 20 に着脱することができるので、浮遊型人工湿地 1 の重量に合わせて適切な浮体部 40 に取り替えることができる。したがって、浮遊型人工湿地 1 の重量の変化に柔軟に対応することができる。

#### 【0061】

植物体 30 の一部（葉）は水上に露出している。この場合、当該植物体 30 のうちの水

50

上に露出している部分（葉）は蒸散作用を発揮させることができる。したがって、植物体 30 の蒸散作用により水域 2 内の水量を減少させることができる。

【0062】

植物体 30 は、汚水への耐性を有する水生植物であるので、浮遊型人工湿地 1 を汚水域内に設置することができ、汚水域を浄化することができる。

【0063】

以下、従来技術と対比した浮遊型人工湿地 1 の効果について説明する。植物体を用いた従来技術として、植生浮島及び人工湿地が挙げられる。また、難分解性有機物質の除去技術として、凝集沈殿装置及び活性炭浄化装置が挙げられる。従来の植生浮島の植物体の根は、基盤に設けられた孔に挿通されるに留まり、基盤には植物体の根が十分には活着できない。難分解性有機物質を削減可能な微生物は、植物体の根が十分に活着した基盤に保持されることが判明したため、従来の植生浮島は難分解性有機物質を削減可能な微生物を保持することができないと考えられる。

10

【0064】

人工湿地が陸上に設置される場合には、人工湿地を設置するために水域以外の土地の確保が必要である。さらに水質浄化されていない水を漏出させないような格納部の製造、及び格納部の上方から格納部に水を供給する供給部の製造が必要となるため、多くの工数がかかる。人工湿地が陸上に設置される場合には、降雨強度によっては格納部内の水位が急上昇し得るため、水質浄化されていない格納部内の水が溢れ出るリスクがある。また、人工湿地には、植物体として抽水植物が用いられるので、人工湿地は、水位が高い場所には設置され得ない。以上のように、人工湿地は、陸地又は低水位の水辺にしか設置され得ない。つまり、人工湿地には適用先の制約がある。

20

【0065】

従来の凝集沈殿装置では、電力、薬品及び污泥処分に係るコストがかかる。また、凝集沈殿装置に係る各処理槽の製造に多くの工数がかかると共に、凝集沈殿装置を設置するために水域以外の土地の確保が必要である。従来の活性炭浄化装置においても同様に、電力及び活性炭の購入、並びに、使用済み活性炭の処分にコストがかかる。また、活性炭反応槽の製造に多くの工数がかかると共に、活性炭浄化装置を設置するために水域以外の土地の確保が必要である。

【0066】

これらの従来技術に対し、浮遊型人工湿地 1 は、複数の基材 10 の表面、植物体 30 の根の表面、及び間隙 20 b において、根圏効果により難分解性有機物質の削減を含む水質浄化作用を有するより多くの微生物を保持することができる。さらに、浮遊型人工湿地 1 は、水域 2 内に浮かべられることで設置が完了するため、適用先の制約を受けることが少なく、水域 2 の水に対して水質浄化作用を適切に発揮することができる。なお、水域 2 の水位が低下し、浮遊型人工湿地 1 が着底した場合であっても、例えば複数の基材 10 が浸水し、間隙 20 b にも水域 2 の水が入り込んでいる場合には水質浄化作用を発揮することができる。

30

【0067】

浮遊型人工湿地 1 は複数の基材 10、収容部 20、植物体 30 及び浮体部 40 といった簡素な構成で製造可能であるため、従来技術と比べて少ない工数で設置することができる。収容部 20 が開口 21 a、22 a を有することにより、浮遊型人工湿地 1 は従来の人工湿地と異なり、上方から水域 2 の水を供給する設備を有しなくてもよいため、従来技術より少ない工数で設置することができ、小さいコストで水質浄化作用を発揮することができる。

40

【0068】

〔変形例〕

以上、本開示の実施形態について説明したが、本開示は、上記実施形態に限定されない。例えば、各基材 10 は多孔質でなくてもよい。この場合であっても、根圏効果により繁殖した微生物は、複数の基材 10 のそれぞれの表面、間隙 20 b 及び植物体 30 の根の表

50

面に保持されるため、浮遊型人工湿地 1 は高い水質浄化作用を有する。

【 0 0 6 9 】

収容部 2 0 において開口 2 1 a , 2 2 a の何れかは設けられなくてもよい。この場合、収容部 2 0 に設けられた開口及び上方の開口を通じて水域 2 の水を収容空間 2 0 a 内に流入させてもよい。収容部 2 0 には開口 2 1 a , 2 2 a の何れも設けられなくてもよい。この場合、収容部 2 0 に設けられた上方の開口を通じて水域 2 の水を収容空間 2 0 a 内に流入させてもよい。浮体部 4 0 の材質又は大きさを適宜変更することで、収容部 2 0 に設けられた上方の開口が水域 2 の水面下に位置するように、浮遊型人工湿地 1 の浮遊高さが調整されてもよい。収容部 2 0 は、網状部材 2 3 を有さなくてもよい。この場合、開口 2 1 a , 2 2 a の大きさを適宜変更することで基材 1 0 が収容部 2 0 の外部に漏出しないようにしてもよい。開口 2 1 a , 2 2 a の大きさは、例えば、基材 1 0 の大きさより小さい。また、網状部材 2 3 は収容空間 2 0 a 外に配置されてもよい。この場合、網状部材 2 3 は、例えば、4 つの側壁 2 1 及び底壁 2 2 の外面に固定されていてもよい。

10

【 0 0 7 0 】

浮遊型人工湿地 1 は、浮体部 4 0 を備えなくてもよい。この場合、収容部 2 0 は、複数の基材 1 0 を収容し、植物体 3 0 が植栽された場合であっても水域 2 の水に浮くことができるように構成されていてもよい。収容部 2 0 は、例えば、水域 2 の水よりも比重の小さい材料で構成されていてもよい。浮体部 4 0 は、収容部 2 0 に対して着脱不能に設けられてもよい。この場合、例えば、複数の基材 1 0 及び植物体 3 0 の重量に応じた浮体部 4 0 が設けられた収容部 2 0 が選択される。

20

【 0 0 7 1 】

植物体 3 0 は、水上に露出していなくてもよい。この場合、水中で生長可能な水生植物が植物体 3 0 として適宜選択される。例えば、浮遊型人工湿地 1 は汚水域ではない水域に導入されてもよい。この場合、植物体 3 0 は、汚水への耐性を有さなくてもよい。

【 0 0 7 2 】

水域 2 内において、浮遊型人工湿地 1 の全体が水面下に位置し、かつ水底から浮いた状態であってもよい。浮遊型人工湿地 1 が水域 2 内に浮かべられたとき、複数の基材 1 0 の少なくとも一部が浸水していればよい。例えば、複数の基材 1 0 の一部分だけが浸水してもよい。

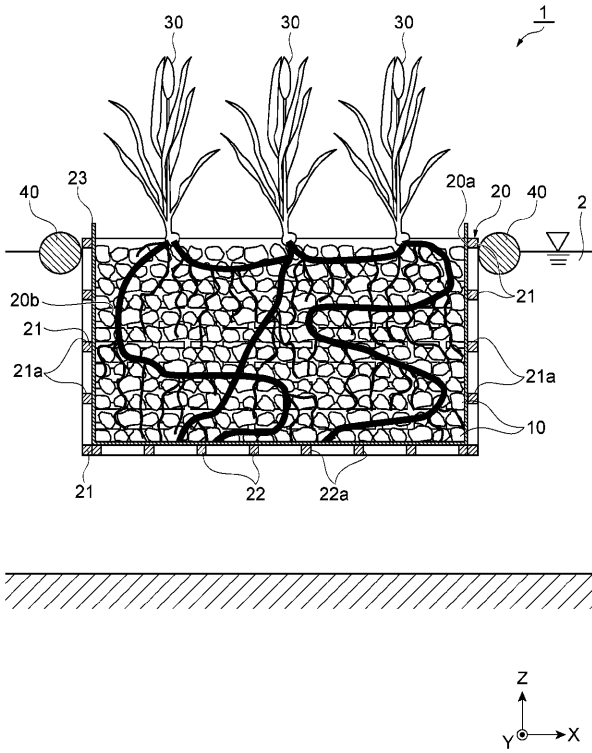
【 符号の説明 】

30

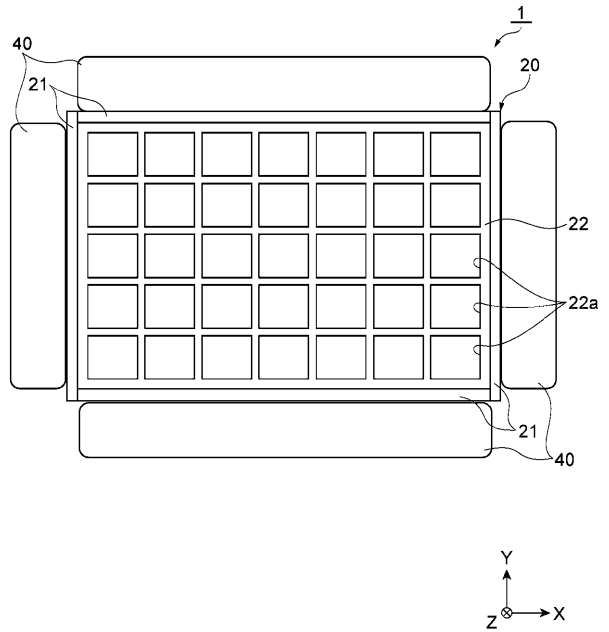
【 0 0 7 3 】

1 浮遊型人工湿地、2 水域、1 0 基材、2 0 収容部、2 0 a 収容空間、2 0 b 間隙、2 1 側壁、2 1 a , 2 2 a 開口、2 2 底壁、2 3 網状部材、3 0 植物体、4 0 浮体部。

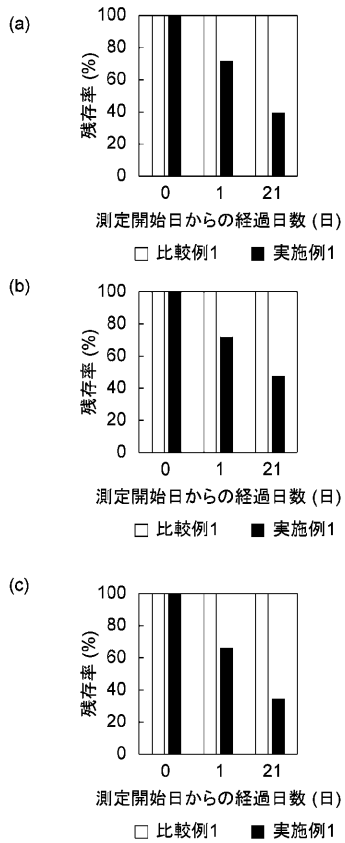
【 図 1 】



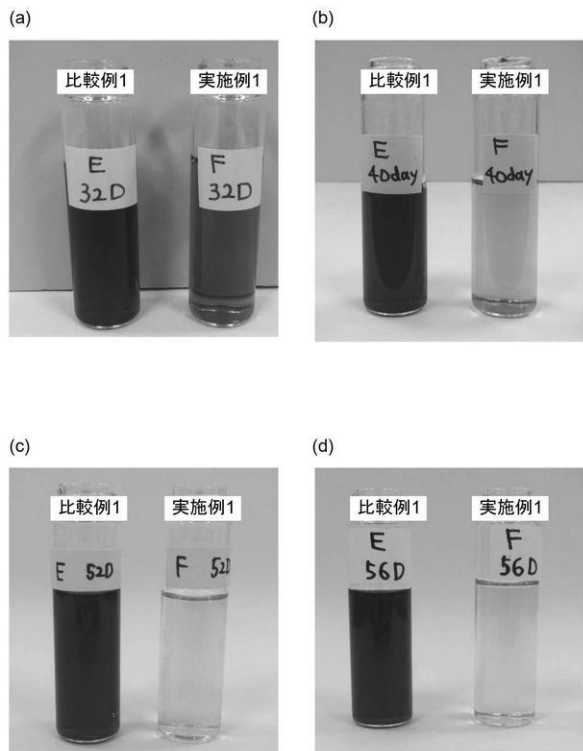
【 図 2 】



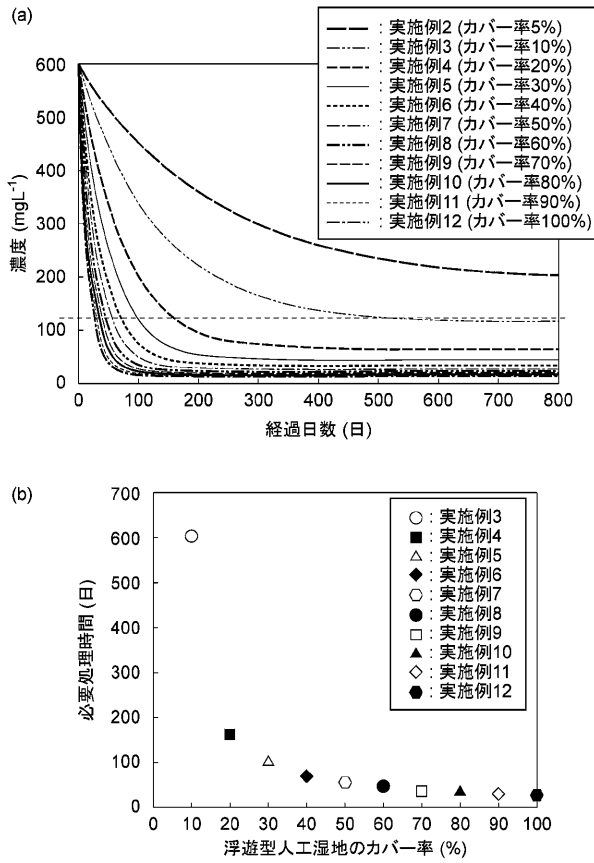
【 図 3 】



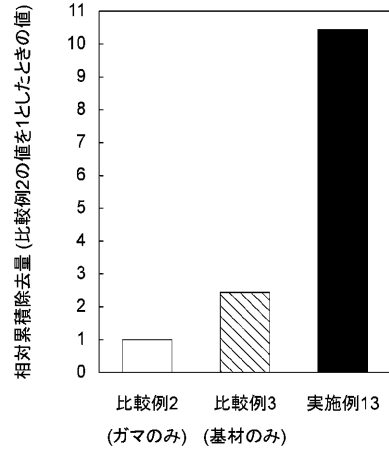
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

特許法第30条第2項適用申請有り ウェブサイトの掲載日 令和2年3月16日~令和7年3月31日 ウェブサイトのアドレス(URL) <https://www.jswe.or.jp/member/FileDownload.php> [刊行物等] 開催日 令和2年9月22日 集会名、開催場所 第15回人工湿地ワークショップ2020in仙台 [刊行物等] ウェブサイトの掲載日 令和3年3月4日~令和3年3月12日 ウェブサイトのアドレス(URL) <https://www.jswe2021.org/> [刊行物等] ウェブサイトの掲載日 令和3年3月4日~令和8年3月31日 ウェブサイトのアドレス(URL) <https://www.jswe.or.jp/member/FileDownload.php>

(72)発明者 山村 茂樹

茨城県つくば市小野川16-2 国立研究開発法人国立環境研究所内

(72)発明者 山田 正人

茨城県つくば市小野川16-2 国立研究開発法人国立環境研究所内

Fターム(参考) 2B022 AA01 AB04 AB20

2B314 MA62 NC38 NC39 NC49

4D040 CC02 CC05