

(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2018-143902

(P2018-143902A)

(43) 公開日 平成30年9月20日(2018.9.20)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
CO2F 3/10 (2006.01)	CO2F 3/10 ZABZ	4D003
CO2F 3/28 (2006.01)	CO2F 3/28 B	4D040
CO2F 11/04 (2006.01)	CO2F 11/04 A	4D059

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2017-38052 (P2017-38052)	(71) 出願人	000001373
(22) 出願日	平成29年3月1日 (2017.3.1)		鹿島建設株式会社
			東京都港区元赤坂一丁目3番1号
		(74) 代理人	100110711
			弁理士 市東 篤
		(74) 代理人	100078798
			弁理士 市東 禮次郎
		(72) 発明者	塩原 新奈
			東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内
		(72) 発明者	笹川 容宏
			東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内

最終頁に続く

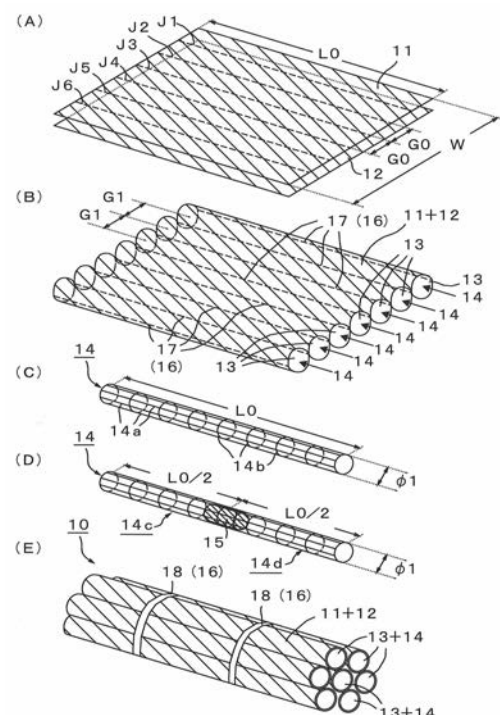
(54) 【発明の名称】 生物処理用微生物担体及び固定床の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 バイオリアクタへの装填時に狭窄部が生じにくく且つ微生物担体の広い表面積が確保できる生物処理用微生物担体及び固定床の製造方法を提供する。

【解決手段】 一对の所定長さ $L0$ の耐酸性樹脂製矩形布 11, 12 を重ね合わせて所定間隔 $G0$ の長さ方向に延びる 3 本以上の縫合線 $J1 \sim J6$ に沿って接合し、一对の矩形布 11, 12 の縫合線 $J1 \sim J6$ の間に形成された複数の筒状空隙 13 にそれぞれ矩形布 11, 12 と実質上同じ長さ $L0$ の中空筒状棒体 14 を嵌め込み、複数本の中空筒状棒体 14 を一对の矩形布 11, 12 と共に結束部材 18 によりひと束にまとめて生物処理用微生物担体 10 とする。その微生物担体 10 をバイオリアクタ 1 内に発酵液 S の循環方向と中空筒状棒体 14 の長さ方向とが揃うように装填して固定床 7 とすることができる。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一対の重ね合わせた所定長さの耐酸性樹脂製矩形布、前記一対の矩形布の間に所定間隔で並列に配置された当該矩形布と実質上同じ長さの複数本の中空筒状枠体、及び前記複数本の中空筒状枠体と一対の矩形布とを結合させる結合部材を備えてなる生物処理用微生物担体。

【請求項 2】

請求項 1 の微生物担体において、前記結合部材に前記一対の矩形布を所定間隔の長さ方向に延びる 3 本以上の縫合線に沿って接合する接合部材を含め、前記一対の矩形布の縫合線の間に形成された複数の筒状空隙にそれぞれ前記中空筒状枠体を嵌め込んでなる生物処理用微生物担体。

10

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 の微生物担体において、前記結合部材に、前記複数本の中空筒状枠体を一対の矩形布と共にひと束にまとめる結束部材を含めてなる生物処理用微生物担体。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 の何れかの微生物担体において、前記一対の矩形布の間に 7 本又は 19 本の中空筒状枠体を配置してなる生物処理用微生物担体。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 の何れかの微生物担体において、前記耐酸性樹脂製矩形布をポリエステル繊維製の織布又は不織布としてなる生物処理用微生物担体。

20

【請求項 6】

一対の所定長さの耐酸性樹脂製矩形布を重ね合わせて所定間隔の長さ方向に延びる 3 本以上の縫合線に沿って接合し、前記一対の矩形布の縫合線の間に形成された複数の筒状空隙にそれぞれ当該矩形布と実質上同じ長さの中空筒状枠体を嵌め込み、前記複数本の中空筒状枠体を一対の矩形布と共に結束部材によりひと束にまとめて生物処理用微生物担体とし、前記微生物担体をバイオリアクタ内に発酵液の循環方向と中空筒状枠体の長さ方向とが揃うように装填して固定床としてなる生物処理用固定床の製造方法。

【請求項 7】

請求項 6 の製造方法において、前記筒状空隙に嵌め込んだ複数本の中空筒状枠体を、前記矩形布の長さ方向と交差する幅方向一端の中空筒状枠体を軸芯として隣接する中空筒体を順次巻き付けることによりひと束にまとめて生物処理用微生物担体としてなる生物処理用固定床の製造方法。

30

【請求項 8】

請求項 6 又は 7 の製造方法において、前記一対の矩形布の長さをバイオリアクタ内の固定床の高さと一致させてなる生物処理用固定床の製造方法。

【請求項 9】

請求項 6 又は 7 の製造方法において、前記一対の矩形布の長さをバイオリアクタ内の固定床の高さより小さく、前記生物処理用微生物担体をバイオリアクタ内に各々の中空筒状枠体を長さ方向に芯合わしながら複数段積層して固定床としてなる生物処理用固定床の製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は生物処理用微生物担体及び固定床の製造方法に関し、とくに有機性廃水や有機性廃棄物等を微生物により分解処理するバイオリアクタ内で用いる生物処理用微生物担体及びその微生物担体を用いた生物処理用固定床の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

有機性廃水や有機性廃棄物スラリー等の有機性処理液を削減し又は有効利用するため、固定床が設けられたバイオリアクタ（生物処理槽）に有機性処理液を投入し、固定床に付

50

着した微生物と接触させながら消化・発酵させ、微生物の消化・発酵作用によりバイオガス（メタンガス等）にまで分解する湿式の生物処理（メタン発酵処理）が開発されている（非特許文献1参照）。生物処理の効率化の観点からバイオリアクタ内の固定床は、微生物を高濃度に付着させることができ、発酵液との接触効率を低下させる変形や発酵液中の残渣・余剰微生物等の固形物による閉塞が生じにくい等の条件を満たすことが要求される。これらの条件を満たす固定床の一例として、図6に示すように、ガラス繊維製又は炭素繊維製の織布又は不織布により形成した多孔性の中空筒状体31を、合成樹脂製の周方向及び軸方向部材からなる枠体32で支持した微生物担体素子30が開発されている（特許文献1及び2参照）。

【0003】

図6に示す微生物担体素子30は、微生物付着表面積を勘案しつつ中空筒状体31の中空部（内径）の大きさを調整することにより発酵液中の固形物に対する抵抗を小さくして閉塞を防止することができる。また、バイオリアクタ内に担体素子30を多数積み上げた場合でも、枠体32の形状保持能により下方の担体素子30の変形を生じにくい。更に、ガラス繊維製又は炭素繊維製の織布又は不織布により形成した中空筒状体31は多孔性であり、その細孔に微生物が効率よく補足されるので、単位面積当たりの付着微生物量（微生物濃度）も多く、しかも付着した微生物が剥離しにくい利点を有している。

【0004】

図7（A）に示すように、図6の微生物担体素子30を1本ずつ又は図7（B）に示すように複数本を束にしてバイオリアクタ1の内部にマンホール2を介して搬入し、複数の中空筒状体31を長さ方向に芯合わせながら（長さ方向軸線を揃えながら）積層して規則的に装填することにより生物処理用の固定床7とする。微生物担体素子30を構成する中空筒状体31の中空部（内径）が小さ過ぎると閉塞のおそれがあり、大き過ぎると微生物付着表面積が不足するが、例えば内径30～300mm（好ましくは50～200mm）程度の微生物担体素子30をバイオリアクタ1内に規則的に装填することにより微生物の付着濃度が十分高く且つ閉塞が生じにくいメタン発酵処理用の固定床7とすることができる。図中の符号5は微生物担体素子30を載置する孔あき受け台を示し、符号6は微生物担体素子30の浮き上がり防止用の孔あき押え蓋を示す。また図7（B）は、複数本の微生物担体素子30を自立可能な剛性保持枠34内に装填したユニット型の微生物担体を示す（特許文献3参照）。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】財団法人新エネルギー財団編「バイオマス技術ハンドブック～導入と事業化のためのノウハウ～ 第3章メタン発酵」株式会社オーム社、平成20年10月25日、pp. 206～447

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】実公平7-021280号公報

【特許文献2】特開平11-207379号公報

【特許文献3】特開2007-209263号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、図6に示す微生物担体素子30の1本の長さは2～3m程度であり、例えば10m程度の背の高い大型バイオリアクタ1の固定床7とする場合は、図7（A）のように多数の微生物担体素子30を長さ方向に芯合わせながら複数段（図示例では5段）積み上げる必要がある。このように多数の微生物担体素子30を積み上げる作業は、非常に手間がかかると共に、上下の軸線が部分的にずれて内径が狭くなる部分（中空部の狭窄部）を生じやすい問題点がある。微生物担体30に狭窄部が生じると、発酵液中の固形物が堆積

10

20

30

40

50

しやすくなり、固定床7の閉塞の原因となる。また、多数の微生物担体素子30を積み上げた固定床7は、たとえ部分的に閉塞が生じたとしても閉塞部分だけを修復することが難しく、微生物担体素子30の全体をバイオリアクタ1から一旦搬出して新たに積み直さなければならない問題点もある。

【0008】

図7(B)に示すユニット型の微生物担体を用いることにより、バイオリアクタ1内に微生物担体素子30を装填する作業の容易化と装填後の修復作業の容易化を図ることができる。すなわち、図示例のユニット型微生物担体は、4本の柱枠部材35a～35dと矩形(正方形)の頂端枠部材37及び底端枠部材38と梁枠部材36とで囲まれた剛性保持枠34内に複数の微生物担体素子30を保持させたものであり、頂端及び底端の矩形断面の各辺を微生物担体素子30の外径の整数倍とし、微生物担体素子30を相互に密着させて保持枠34内に規則的に並べることにより、微生物担体素子30の各々の軸線を保持枠34に対して位置決めすることができる。従って、剛性保持枠34の底端及び頂端を四隅部で位置合わせしながら上下に積み重ねることにより、剛性保持枠34内の複数の微生物担体素子30の長さ方向軸線を同時に位置合わせすることが可能であり、狭窄部のない固定床7を比較的容易に構築できる。また、自立可能なユニットを積層して固定床7とするので、固定床7の一部分に閉塞が生じた場合も、閉塞したユニットのみをバイオリアクタ1から取り出して交換することが可能であり、固定床7の一部分の修復も比較的容易である。

【0009】

しかし、図7のようなユニット型微生物担体を用いる方法は、剛性保持枠34を用いることでバイオリアクタ1の有効内容積が小さくなり、バイオリアクタ1の発酵能力を低下させるおそれがある。固定床式の生物処理(メタン発酵処理等)では、微生物担体の表面積とバイオリアクタの発酵能力とに正の相関があることが知られており、剛性保持枠34によるバイオリアクタ1の有効内容積の低下は微生物担体の表面積の減少につながり、ひいては発酵能力の低下につながるリスクを伴う。バイオリアクタ内に狭窄部が生じないように装填できると共に、バイオリアクタの発酵能力(微生物担体の表面積)を低下させるリスクの少ない生物処理用微生物担体の開発が求められている。

【0010】

そこで本発明の目的は、バイオリアクタへの装填時に狭窄部が生じにくく且つ微生物担体の広い表面積が確保できる生物処理用微生物担体及び固定床の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

図1の実施例を参照するに、本発明による生物処理用微生物担体は、一对の重ね合わせた所定長さL0の耐酸性樹脂製矩形布11、12(図1(A)参照)、その一对の矩形布11、12の間に所定間隔G1で並列に配置された矩形布11、12と実質上同じ長さL0の複数本の中空筒状枠体14(図1(B)、 (C)参照)、及び複数本の中空筒状枠体14と一对の矩形布11、12とを結合させる結合部材16(図1(B)、 (E)参照)を備えてなるものである。

【0012】

好ましくは、図1(A)及び(B)に示すように、結合部材16に一对の矩形布11、12を所定間隔G0の長さ方向に延びる3本以上の縫合線J1～J6に沿って接合する接合部材17を含め、一对の矩形布11、12の縫合線J1～J6の間に形成された複数の筒状空隙13にそれぞれ中空筒状枠体14を嵌め込む。更に好ましくは、図1(E)に示すように、結合部材16に、複数本の中空筒状枠体14を一对の矩形布11、12と共にひと束にまとめる結束部材18を含める。図1(B)に示すように、一对の矩形布11、12の間には7本又は19本の中空筒状枠体14を配置することが望ましい。更に望ましくは、耐酸性樹脂製矩形布11、12をポリエステル繊維製の織布又は不織布とする。

【0013】

10

20

30

40

50

また、図 1 及び図 3 の実施例を参照するに、本発明による生物処理用固定床の製造方法は、一对の所定長さ L_0 の耐酸性樹脂製矩形布 11, 12 を重ね合わせて所定間隔 G_0 の長さ方向に延びる 3 本以上の縫合線 $J_1 \sim J_6$ に沿って接合し（図 1 (A), (B) 参照）、一对の矩形布 11, 12 の縫合線 $J_1 \sim J_6$ の間に形成された複数の筒状空隙 13 にそれぞれ矩形布 11, 12 と実質上同じ長さ L_0 の中空筒状枠体 14 を嵌め込み（図 1 (B), (C) 参照）、複数本の中空筒状枠体 14 を一对の矩形布 11, 12 と共に結束部材 18 によりひと束にまとめて生物処理用微生物担体 10 とし（図 1 (E) 参照）、その微生物担体 10 をバイオリアクタ 1 内に発酵液 S の循環方向と中空筒状枠体 14 の長さ方向とが揃うように装填して固定床 7（図 3 参照）としてなるものである。

【0014】

10

望ましい実施例では、図 1 (E) に示すように、筒状空隙 13 に嵌め込んだ複数本の中空筒状枠体 14 を、矩形布 11, 12 の長さ方向と交差する幅方向一端の中空筒状枠体 14 を軸芯として隣接する中空筒体 14 を順次巻き付けることによりひと束にまとめて生物処理用微生物担体 10 とする。一对の矩形布 11, 12 の長さ L_0 は、図 3 に示すように、バイオリアクタ 1 内の固定床 7 の高さ L_0 と一致させることができる。或いは図 4 に示すように、一对の矩形布 11, 12 の長さ L_1, L_2 をバイオリアクタ 1 内の固定床 7 の高さ L_0 より小さくし、生物処理用微生物担体 10 をバイオリアクタ 1 内に各々の中空筒状担体 14 を長さ方向に芯合わせしながら複数段積層して固定床 7 とすることもできる。

【発明の効果】

【0015】

20

本発明による生物処理用微生物担体 10 は、一对の耐酸性樹脂製矩形布 11, 12 を重ね合わせ、その一对の矩形布 11, 12 の間に矩形布 11, 12 と実質上同じ長さ L_0 の複数本の中空筒状枠体 14 を所定間隔 G_1 で並列に配置し、複数本の中空筒状枠体 14 と一对の矩形布 11, 12 とを結合部材 16（例えば接合部材 17, 結束部材 18 等）により結合させるので、次の有利な効果を奏する。

【0016】

(イ) 一对の耐酸性樹脂製矩形 11, 12 と複数本の中空筒状枠体 14 とを結合することで複数の筒状中空部を有する微生物担体 10 とすることができ、単独の筒状中空部を有する微生物担体 30 を用いた従来のバイオリアクタ固定床 7 の製造・設置方法に比して（図 7 (A) 参照）、固定床 7 の製造作業・設置作業を簡単化することができ、ひいては固定床の製造コスト、設置コストの削減を図ることができる。

30

(ロ) また、微生物を付着させる耐酸性樹脂製矩形 11, 12 に複数の中空筒状枠体 14 を結合して微生物担体 10 とすることにより、バイオリアクタ 1 の有効内容積を小さくする保持枠 34 等を用いる必要がなく、バイオリアクタ 1 の有効内容積を減少させずに固定床 7 の製造作業・設置作業を簡単化することができる。

(ハ) バイオリアクタ 1 の固定床 7 の高さ L_0 と一致するような比較的長い矩形布 11, 12 及び中空筒状枠体 14 を用いれば、固定床 7 の高さと同程度の微生物担体 10 を製造することも可能であり、従来の比較的短い微生物担体素子を積み上げて固定床 7 を構築する方法に比して、積み上げ作業の省略による固定床 7 の製造作業・設置作業の簡単化を図ることもできる。

40

【0017】

(ニ) また、比較的短い複数の微生物担体素子を長さ方向に芯合わせしながら積み上げる従来の固定床 7 の構築方法に比して、比較的長い微生物担体 10 を用いて固定床 7 を構築することにより、微生物担体 10 の上下の軸線が部分的にずれて狭窄部を生じるリスクを低減することもできる。

(ホ) もっとも、固定床 7 の一部分に閉塞が生じた場合に閉塞部分の微生物担体 10 のみを部分的に交換できるように、固定床 7 の高さ L_0 より比較的短い矩形布 11, 12 及び中空筒状枠体 14 を用いることにより、複数段を長さ方向に芯合わせしながら積層して固定床 7 とするような比較的短い微生物担体 10 を形成することも可能である。

(ヘ) 従来のガラス繊維製又は炭素繊維製の微生物担体素子は、酸性となりうる発酵液に

50

例えば５年程度の長期間浸漬して使用すると強度が低下し、変形や閉塞を生じるリスクを伴うものであったが、ポリエステル繊維製の織布又は不織布は酸性下に長期間浸漬しても強度劣化が生じにくいので、耐酸性樹脂製矩形布１１、１２としてポリエステル繊維製の織布又は不織布を用いることにより、例えば１０年程度の長期間にわたり高い発酵能力を安定的に維持できる微生物担体とすることが期待できる。

【図面の簡単な説明】

【００１８】

以下、添付図面を参照して本発明を実施するための形態及び実施例を説明する。

【図１】本発明による生物処理用微生物担体の一実施例である。

【図２】本発明による生物処理用微生物担体の他の実施例である。

10

【図３】本発明による生物処理用微生物担体の製造方法の一実施例である。

【図４】本発明による生物処理用微生物担体の製造方法の他の実施例である。

【図５】本発明による生物処理用微生物担体の効果を確認する実験結果の説明図である。

【図６】従来の生物処理用微生物担体の一例の説明図である。

【図７】従来のユニット型の微生物担体の一例及びそれを用いた固定床の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【００１９】

図１は、本発明の生物処理用微生物担体１０の実施例を示す。図１（Ｅ）に示すように本発明の微生物担体１０は、一対の耐酸性樹脂製の矩形布１１、１２と、その一対の矩形布１１、１２の間に所定間隔Ｇ１で並列に配置する複数本の中空筒状枠体１４と、一対の矩形布１１、１２及び複数本の中空筒状枠体１４を結合する結合部材１６とにより構成されている。図１（Ｅ）の微生物担体１０は、図３に示すように、例えばメタン発酵処理用のバイオリアクタ１の固定床７として用いることができる。

20

【００２０】

図１（Ａ）～（Ｄ）は、図１（Ｅ）の微生物担体１０を製造する手順を示している。図１（Ａ）に示すように一対の矩形布１１、１２はそれぞれ所定長さＬ０、所定幅Ｗの同形のものであり、図１（Ｃ）に示すように中空筒状枠体１４は矩形布１１、１２と実質上同じ長さＬ０のものである。周縁を揃えて重ね合わせた一対の矩形布１１、１２の間に複数本の中空筒状枠体１４を、長さ方向の両端を揃えながら所定間隔Ｇ１で幅方向に並べ、例えば矩形布１１、１２によって中空筒状枠体１４の各々を覆いながら結合部材１６によって両者を結合することにより、図１（Ｅ）に示すような複数の筒状中空部を有する所定長さＬ０の微生物担体１０を製造する。

30

【００２１】

図１（Ａ）に示す耐酸性樹脂製の矩形布１１、１２の一例は、ポリエステル繊維、ポリプロピレン繊維、又はポリエチレン繊維を主原料とする織布又は不織布である。図６を参照して上述した従来のガラス繊維製又は炭素繊維製の微生物担体は、微生物を効率よく補足できるが、メタン発酵過程で発生する有機酸により酸性化しやすいバイオリアクタ１内で長期間使用すると強度が劣化（脆弱化）するリスクがある。例えば、１０５℃の０．１％酢酸液に長時間浸漬する試験により炭素繊維製不織布の耐酸性性能を確認したところ、１３６９時間経過（約５年相当）により炭素繊維製不織布の引張強度が初期強度の８％程度にまで低下することが分かっている。メタン発酵処理が安定的に維持されて有機酸濃度が低い限り大きな問題とはならないが、微生物担体の強度低下は固定床７の閉塞の原因となりうる。

40

【００２２】

ポリエステル繊維の耐酸性性能を確認するため、バインダーとして変性スチレン・ブタジエン共重合ラテックスにメラミン系の架橋剤を併用したポリエステル繊維製の不織布の試験片（５片）を作成し、各試験片を５５℃でメタン発酵処理が安定的に維持されたバイオリアクタ内に６月間浸漬する試験を行った。各試験片の浸漬前の引張強度及び浸漬後の引張強度の平均値を表１に示す。表１は、メタン発酵槽に６月間浸漬後のポリエステル繊維製不織布の引張強度は浸漬前と比較して約５．６％（＝（３．５３－３．３４）／３．

50

34) 増加し、伸び率は約52% ($= (28.3 - 59.4) / 59.4$) 低下することを示している。

【0023】

【表1】

	最大点試験力 (N)	最大点歪み (%)	単位幅当たりの強度 (kN/m)
浸漬前	167.1	59.4	3.34
浸漬後	176.4	28.3	3.53

10

【0024】

表1の実験結果からポリエステル繊維は、メタン発酵液中に6月間浸漬した場合でも、試験片に残留した付着物と思われる影響によって伸び率は小さくなっているものの、引張強度の低下がまったくみられないことから、バイオリアクタの固定床として用いる生物処理用微生物担体10として十分な耐酸性性能を有していることが確認できる。不織布ではなくポリエステル繊維製の織布についても、またポリプロピレン繊維、又はポリエチレン繊維製の織布又は不織布についても、同様の耐酸性性能が期待できる。このような耐酸性樹脂製の矩形布11、12を用いることにより、有機酸により酸性化しやすいバイオリアクタ1に5年～10年以上の長期間にわたり浸漬し続けるような微生物担体10とすることが期待できる。

20

【0025】

図1(C)に示す中空筒状枠体14は、バイオリアクタ1内において発酵液が流れる筒状中空部と、その発酵液を周囲の筒状周壁に支持した耐酸性樹脂布11、12と接触させるための多数の開口を有するものであり、例えば図6に示す従来の微生物担体30の枠体32と同様に、合成樹脂製（例えばポリエステル製）の軸方向部材14a及び周方向部材14bを組み合わせたものとして行うことができる。ただし、中空筒状枠体14の形状は図示例に限定されるものではなく、軸方向部材14a及び周方向部材14bに代えて、網目状の筒状周壁部材により中空筒状枠体14を構成することも可能である。

【0026】

また、中空筒状枠体14の断面形状は図示例のような円筒形に限らず、例えば断面三角形、断面方形、断面多角形、又は周方向に凹凸のある花卉状断面とすることも可能である。中空筒状枠体14の中空部の径は小さ過ぎると閉塞のおそれがあり、大き過ぎると微生物付着表面積が不足するので、耐酸性樹脂製の矩形布の性質を勘案して適当に選択することができる。なお、中空筒状枠体14は矩形布11、12と実質上同じ長さL0のものであるが、図1(D)に示すように、矩形布11、12の長さより短い複数の中空筒状枠体14a、14bを用い、それらを適当な接続用枠体15によって矩形布11、12と実質上同じ長さL0となるように接続して用いることも可能である。

30

【0027】

一对の矩形布11、12と中空筒状枠体14とを結合する結合部材16の一例は、図1(A)及び(B)に示すように、重ね合わせた一对の矩形布11、12を長さ方向に延びる所定間隔G0の3本以上の縫合線J1～J6に沿って接合する接合部材17である。一对の矩形布11、12を縫合線J1～J6に沿って接合することにより、各縫合線J1～J6の間に一对の矩形布11、12で囲まれた複数の筒状空隙13を形成することができる。その筒状空隙13にそれぞれ中空筒状枠体14を嵌め込むことにより、矩形布11、12と中空筒状枠体14とを結合することができる。必要に応じて、筒状空隙13に嵌め込んだ中空筒状枠体14を一对の矩形布11、12と結合する接合部材17を設けてもよい。縫合線J1～J6の相互間隔G0は、筒状空隙13に中空筒状枠体14が挿入できるように、中空筒状枠体14の口径φ1に応じて設計することができる。

40

【0028】

図示例では、3本以上の縫合線J1～J6に沿って接合部材17を設けると共に、一对

50

の矩形布 11, 12 の幅方向両端にも接合部材 17 を設けている。幅方向両端を接合することにより、図示例のように 6 本の縫合線 J1 ~ J6 の接合によって、一对の矩形布 11, 12 の間に 7 個の筒状空隙 13 を形成し、7 個の中空筒状棒体 14 を結合することができる。また、幅方向両端を接合することにより、微生物担体 10 の幅方向両端の余り部分をなくし、バイオリアクタ 1 内に装填する微生物担体 10 の本数、すなわち微生物担体 10 の表面積を増やすことができる。ただし、幅方向両端の接合は省略してもよい。また、一对の矩形布 11, 12 の間に結合する中空筒状棒体 14 の数も、矩形布 11, 12 の幅 W と縫合線 J1 ~ J6 の数とに応じて任意に調整可能である。

【0029】

接合部材 17 は、例えばポリエステル繊維のように矩形布 11, 12 と同じ材質の耐酸性樹脂製糸とすることができる。すなわち、所定間隔 G0 の縫合線 J1 ~ J6 に沿って（必要に応じて幅方向両端にも沿って）、一对の矩形布 11, 12 を耐酸性樹脂製糸で縫い合わせる。接合部材 17 を耐酸性樹脂製糸とすることにより、バイオリアクタ 1 内に長期間浸漬した場合にも、接合部材 17 の強度が低下して矩形布 11, 12 から中空筒状棒体 14 が剥離することを防止できる。ただし、接合部材 17 は耐酸性樹脂製糸に限定されるものではなく、バイオリアクタ 1 内において矩形布 11, 12 と中空筒状棒体 14 との結合強度が長期間劣化しない接着剤等を用いることも考えられる。

【0030】

図 2 は、矩形布 11, 12 と中空筒状棒体 14 とを結合する接合部材 17 の他の実施例を示す。図 1 の実施例では所定間隔 G0 でそれぞれ 1 本の縫合線 J1 ~ J6 を設けているのに対し、図 2 の実施例では所定間隔 G0 でそれぞれ 2 本組の縫合線（J11, J12）~（J61, J62）を設けている。2 本組縫合線はそれぞれ所定間隔 d だけ幅方向に離れた縫合線 J の組み合わせであり、その 2 本組縫合線の相互間に所定幅方向間隔 G0 を設ける。接合部材 17 で一对の矩形布 11, 12 を 2 本組縫合線（J11, J12）~（J61, J62）に沿ってそれぞれ接合することにより、一对の矩形布 11, 12 の間に複数の筒状空隙 13 を形成すると共に、その複数の筒状空隙 13 の間を 2 本組縫合線で仕切ることができる。更に図示例では、接合部材 17 により一对の矩形布 11, 12 を幅方向両端に沿っても接合している。

【0031】

図 2（B）に示すように、一对の矩形布 11, 12 の間に 2 本組縫合線（J11, J12）~（J61, J62）で仕切られた複数の筒状空隙 13 を形成することにより、その筒状空隙 13 の各々に嵌め込んだ中空筒状棒体 14 の相互間に所定間隔 d に応じた遊び部分を形成することができる。この遊び部分は、一对の矩形布 11, 12 に結合された複数の中空筒状棒体 14 の相互位置調整を容易にし、例えば図 1（E）に示すように複数の中空筒状棒体 14 をひと束にまとめやすくする。ただし、このような所定間隔 d の遊び部分は、バイオリアクタ 1 内に装填する微生物担体 10 の本数、すなわち微生物担体 10 の表面積を減らす原因ともなるので、できるだけ小さくすることが望ましい。

【0032】

望ましくは、図 1（E）に示すように、矩形布 11, 12 と中空筒状棒体 14 とを結合する結合部材 16 に、複数本の中空筒状棒体 14 を一对の矩形布 11, 12 と共にひと束にまとめる結束部材 18 を含める。上述したように一对の矩形布 11, 12 の間に結合する中空筒状棒体 14 は任意に調整可能であるが、結合する中空筒状棒体 14 の数が増えると微生物担体 10 としての取り扱いが難しくなる。複数本の中空筒状棒体 14 を束ねて微生物担体 10 とすることにより、微生物担体 10 を用いたバイオリアクタ 1 の固定床 7 の製造作業・設置作業・修復作業を簡単化することができ、ひいては固定床 7 の製造コスト、設置コスト・修復コストの削減を図ることができる。

【0033】

結束部材 18 も、例えばポリエステル繊維のように矩形布 11, 12 と同じ材質の耐酸性樹脂製バンドとすることができる。すなわち、複数本の中空筒状棒体 14 を一对の矩形布 11, 12 と共に耐酸性樹脂製バンドで束ねる。結束部材 18 を耐酸性樹脂製糸とする

ことにより、バイオリアクタ 1 内に長期間浸漬した場合にも、結束部材 1 8 が低下して中空筒状枠体 1 4 と矩形布 1 1, 1 2 とがバラけることを防止することができる。ただし、結束部材 1 8 は耐酸性樹脂製バンドに限定されず、バイオリアクタ 1 内において矩形布 1 1, 1 2 と中空筒状枠体 1 4 との結束強度が長期間劣化しない接着剤等を用いることも考えられる。また、結束部材 1 8 を用いる場合は接合部材 1 7 を省略し、複数本の中空筒状枠体 1 4 と一対の矩形布 1 1, 1 2 とを結束部材 1 8 のみによってひと束に結合して微生物担体 1 0 とすることも可能である。

【0034】

図 1 (E) に示すように、複数本の中空筒状枠体 1 4 をひと束にまとめる場合は、できるだけ隙間が生じないように相互に密着させて束ねることが好ましい。束ねた中空筒状枠体 1 4 の相互間に隙間が存在すると、バイオリアクタ 1 の発酵液 S 中に長期間浸漬して使用する場合に、隙間に発酵液 S 中の固形物が堆積しやすくなり、発酵液 S の生物処理（メタン発酵処理）が不安定化する原因となりうる（後述の実験例 1 を参照）。図示例では、矩形布 1 1, 1 2 の幅方向一端の中空筒状枠体 1 4 を軸芯として、隣接する中空筒体 1 4 を順次巻き付けることによりひと束にまとめて微生物担体 1 0 としている。このように複数本の中空筒状枠体 1 4 を相互に密着させて束ねた微生物担体 1 0 を用いることにより、バイオリアクタ 1 の発酵液 S の生物処理（メタン発酵処理）を長期間安定的に維持することが期待できる。

【0035】

また、図示例のように矩形布 1 1, 1 2 の幅方向一端の中空筒状枠体 1 4 を軸芯とし、他の中空筒体 1 4 を順次巻き付けて束ねた微生物担体 1 0 とする場合は、巻き付け後の微生物担体 1 0 の断面積ができるだけ円形に近付くように、微生物担体 1 0 に 7 本又は 1 9 本の中空筒状枠体 1 4 を含めることが望ましい。微生物担体 1 0 の断面積を円形に近付くことにより、多数の微生物担体 1 0 を用いてバイオリアクタ 1 の固定床 7 を製造する場合に、できるだけ隙間が生じないように微生物担体 1 0 を相互に密着させて装填することができる（図 3 (B) を参照）。

【0036】

図 3 (A) は、図 1 の微生物担体 1 0 を用いて製造したメタン発酵処理用のバイオリアクタ 1 の固定床 7 の実施例の側面図を示す。また図 3 (B) は、そのバイオリアクタ 1 の固定床 7 の断面図を示す。図示例のバイオリアクタ 1 は、有機性廃水や有機性廃棄物スラリー等の有機性処理液を取り入れる処理液ライン 2 1 と、バイオリアクタ内部の発酵液 S を底部から抜き出して上部へ戻して循環させる循環ポンプ 2 3 付き循環ライン 2 2 と、バイオリアクタ内部で発生したバイオガスを取り出すガスライン 2 5 とを有している。また、循環ライン 2 2 上には、バイオリアクタ内部の発酵液 S を生物処理（メタン発酵処理）に適する温度に保つ保温装置 2 4 が設けられている。更にバイオリアクタ 1 の内部には、図 7 の場合と同様に、固定床 7 を載置する孔あき受け台 5 と、載置した固定床 7 の浮き上がりを防止する孔あき押え蓋 6 が設けられている。

【0037】

図 3 の実施例は、バイオリアクタ 1 の固定床 7 の高さ L 0（例えば 10 m 程度）と同程度の長さ L 0 の微生物担体 1 0 を用いることにより、図 7 のように比較的短い複数の微生物担体 3 0 を長さ方向に芯合わせしながら積層する従来の固定床 7 に比して、固定床 7 の製造作業・設置作業の簡単化、低コスト化を図ることができる。すなわち、図 1 の手順において、バイオリアクタ 1 の固定床 7 の高さ L 0 と一致するような比較的長い矩形布 1 1, 1 2 と、その矩形布 1 1, 1 2 と同じ長さ L 0 の複数の中空筒状枠体 1 4 とを用い、予め工場などにおいてそれらを結合手段 1 7, 1 8 でひと束にまとめて微生物担体 1 0 を作成する。作成した微生物担体 1 0 をマンホール 2 からバイオリアクタ 1 の内部に搬入し、バイオリアクタ 1 内に発酵液 S の循環方向と中空筒状枠体 1 4 の長さ方向とが揃うように装填すれば固定床 7 を製造することができ、複数の微生物担体 1 0 を積み上げる作業を必要としないので、製造作業の効率化を図ることができる。また、固定床 7 の高さ L 0 と同程度の長さ L 0 の微生物担体 1 0 を用いることにより、微生物担体 1 0 の上下の軸線が部分

10

20

30

40

50

的にずれて狭窄部を生じるリスクもなくすることができる。

【0038】

更に図3の実施例は、図7(B)に示す従来のユニット型微生物担体と同様に複数の筒状中空部を有する微生物担体10を用いているが、バイオリアクタ1の有効内容積を減少させるような保持枠34を用いていないので、内容積の減少によるバイオリアクタ1の発酵能力の低下を避けることができる。すなわち、本発明の生物処理微生物担体10は、複数本の中空筒状枠体14が結合されており、図7(B)のユニット型微生物担体と同様に複数の筒状中空部を内部に有している。しかし、複数の中空筒状枠体14は微生物を付着させる耐酸性樹脂製矩形11、12によって結合されており、図7(B)のような保持枠34を必要としない。従って、図3(B)に示すように、固定床7内の微生物担体10を相互に密着させることが可能であり、保持枠34を用いた場合のように固定床7内に隙間を生じさせないので、発酵液Sと接触する微生物担体の大きな表面積を確保することができる。

10

【0039】

〔実験例1〕

本発明の微生物担体10を用いて製造した図3のバイオリアクタ1の固定床7の有効性を確認するため、図1(E)と同様に、一对のポリエステル繊維製不織布の矩形布11、12と7本の中空筒状枠体14とを接合部材17により結合したうえで、結束部材18により束ねた微生物担体10を試作して実験を行った(図5(A)参照。以下、この微生物担体を「ポリエステル不織布(芯あり)」ということがある)。実験では、図3のバイオリアクタ1を模擬したメタン発酵槽に微生物担体10を装填して固定床7とし、既存のバイオリアクタ1と同じ処理液を循環させながら生物処理(メタン発酵処理)を125日間継続した。比較のため、従来の炭素繊維製不織布の微生物担体を固定床7とした別のメタン発酵槽を設け(図5(C)参照。以下、この微生物担体を「炭素繊維不織布(芯あり)」ということがある)、同じ処理液を循環させながらメタン発酵処理を125日間継続した。

20

【0040】

更に、固定床7に装填する微生物担体10の密着性による生物処理の変化を確認するため、図5(B)に示すように一对のポリエステル繊維製不織布の矩形布11、12と6本の中空筒状枠体14とを接合部材17により結合し、図1(C)に示す不織布のない中空筒状枠体14のみからなる軸芯の周りに6本の中空筒状枠体14を巻き付けた微生物担体を試作し、その微生物担体を固定床7とした別のメタン発酵槽を設け(図5(B)参照。以下、この微生物担体を「ポリエステル不織布(芯なし)」ということがある)、同じ処理液を循環させながらメタン発酵処理を125日間継続した。

30

【0041】

図5(D)は、各メタン発酵槽におけるCOD容積負荷とバイオガス発生量との関係を示す実験結果である。この実験結果から、何れのメタン発酵槽においても、COD容積負荷を徐々に増やしながらメタン発酵処理を継続したところ、負荷の増加に伴ってバイオガス発生量も追従しており、順調に有機物分解が行われていることを確認できた。他方、図5(E)は、各メタン発酵槽におけるCOD容積負荷とVFA(有機酸)濃度との関係を示す実験結果である。この実験結果から、本発明のポリエステル不織布(芯あり)の微生物担体を用いたメタン発酵槽において、従来の炭素繊維不織布(芯あり)の微生物担体を用いたメタン発酵槽と同様に、COD容積負荷を増やしてもVAF濃度の上昇は見られず、安定的に有機物分解が行われていることが分かる。しかし、ポリエステル不織布(芯なし)の微生物担体を用いたメタン発酵槽では、COD容積負荷が増えると徐々にVAF濃度が上昇し、有機物分解が不安定になったことが分かる。

40

【0042】

図5(E)の実験結果は、一对の耐酸性樹脂製の矩形布11、12と複数本の中空筒状枠体14とを結合した図1に示す本発明の微生物担体10においても、図6及び図7に示す従来の炭素繊維製の微生物担体30と同様に微生物を高濃度に付着させることができ、

50

発酵液との接触効率を低下させる変形や閉塞が生じにくく、生物処理（メタン発酵処理）を安定的に維持できることを示している。ただし図5（E）の実験結果は、本発明の微生物担体10では、中空筒状枠体14の相互間に隙間が存在すると、生物処理（メタン発酵処理）が不安定化することも示している。このことから本発明の微生物担体10は、複数本の中空筒状枠体14をできるだけ隙間が生じないように相互に密着させて用いることが重要であることを確認できた。

【0043】

こうして本発明の目的である「バイオリアクタへの装填時に狭窄部が生じにくく且つ微生物担体の広い表面積が確保できる生物処理用微生物担体及び固定床の製造方法」の提供を達成することができる。

【実施例1】

【0044】

図4は、図1の微生物担体10を用いたバイオリアクタ1の固定床7の他の実施例を示す。上述した図3の実施例では、バイオリアクタ1の固定床7の高さL0（例えば10m程度）と同程度の長さL0の微生物担体10を用い、複数の微生物担体10を積み上げる作業を省略することにより、固定床7の製造作業の効率化を図っている。ただし、図3のように各微生物担体10の長さL0を固定床7の高さL0と揃えた場合は、何れかの微生物担体10に部分的な閉塞が生じた場合に、微生物担体10の閉塞部分のみを修復することが難しく、長さL0の微生物担体10を搬出して新たなものに置き換える必要が生じる。図4の実施例では、各微生物担体10の長さL1、L2をバイオリアクタ1の固定床7の高さL0より小さくし、各微生物担体10を各々の中空筒状担体14が長さ方向に芯合わせされるように長さ方向に積層して固定床7としている。

【0045】

すなわち、図4のバイオリアクタ1の固定床7は、バイオリアクタ1の固定床7の高さL0（例えば10m）より小さい長さL1（例えば7～9m、好ましくは9m）の矩形布11、12と、それと同じ長さL1の複数の中空筒状枠体14とを用い、例えば予め工場などにおいてそれらを結合手段17、18によりひと束にまとめて微生物担体10を作成する。同時に、固定床7の高さL0より小さい長さL2（例えば3～1m、好ましくは1m）の矩形布11、12と、それと同じ長さL2の複数の中空筒状枠体14とを用いて微生物担体10を作成する。作成した長さL1、L2の微生物担体10をそれぞれマンホール2からバイオリアクタ1の内部に搬入し、先ず長さL1の微生物担体10を発酵液Sの循環方向と中空筒状枠体14の長さ方向とが揃うように装填し、その上に各々の中空筒状枠体14を長さ方向に芯合わせしながら長さL2の微生物担体10を積層することにより固定床7を製造する。

【0046】

図示例のように、処理液を上部から取り入れる共に内部の発酵液Sを底部から抜き出して上部へ戻して循環させるバイオリアクタ1では、バイオリアクタ1の固定床7の上方部分において部分的な閉塞が生じやすいことが経験されている。図4のバイオリアクタ1のように、長さL1（例えば7～9m、好ましくは9m）の微生物担体10と長さL2（例えば3～1m、好ましくは1m）の微生物担体10とを長さ方向に芯合わせしながら積層して固定床7とすれば、固定床7の上方部分において部分的な閉塞が生じた場合に、その部分の長さL2の微生物担体10のみを新たなものに置き換えることにより、微生物担体10の部分的な修復が可能となる。

【符号の説明】

【0047】

- | | |
|-----------|-----------|
| 1…バイオリアクタ | 2…マンホール |
| 3…底板 | 5…孔あき受け台 |
| 6…孔あき押え蓋 | |
| 10…微生物担体 | 11、12…矩形布 |
| 13…筒状空隙 | 14…中空筒状枠体 |

10

20

30

40

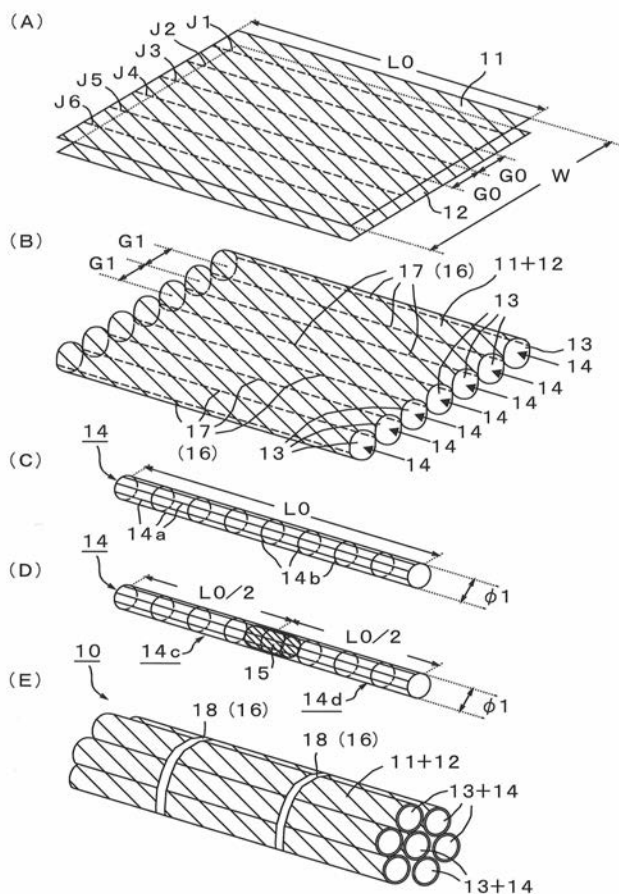
50

1 4 a … 軸方向部材
 1 4 c, 1 4 d … 中空筒状部材
 1 6 … 結合部材
 1 7 … 接合部材
 2 1 … 取入れライン
 2 3 … 循環ポンプ
 2 5 … ガスライン
 3 0 … 微生物担体
 3 2 … 中空筒状棒体
 3 5 … 柱棒部材
 3 7 … 頂端棒部材
 A … バイオガス
 E … 有機性処理液
 J … 接合線
 S … 発酵液
 ϕ … 中空筒状棒体の口径

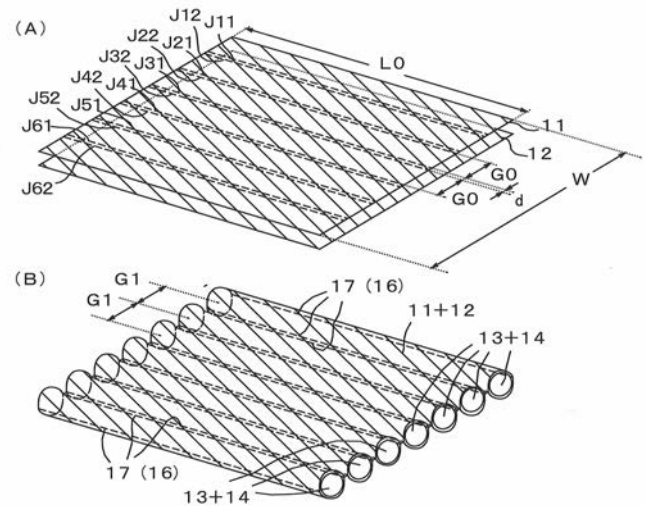
1 4 b … 環状部材
 1 5 … 接続用棒体
 1 8 … 結束部材
 2 2 … 循環ライン
 2 4 … 保温装置
 3 1 … 中空筒状体
 3 4 … 剛性保持棒
 3 6 … 梁棒部材
 3 8 … 底端棒部材
 d … 間隙
 G … 所定間隔
 L … 長さ
 W … 幅

10

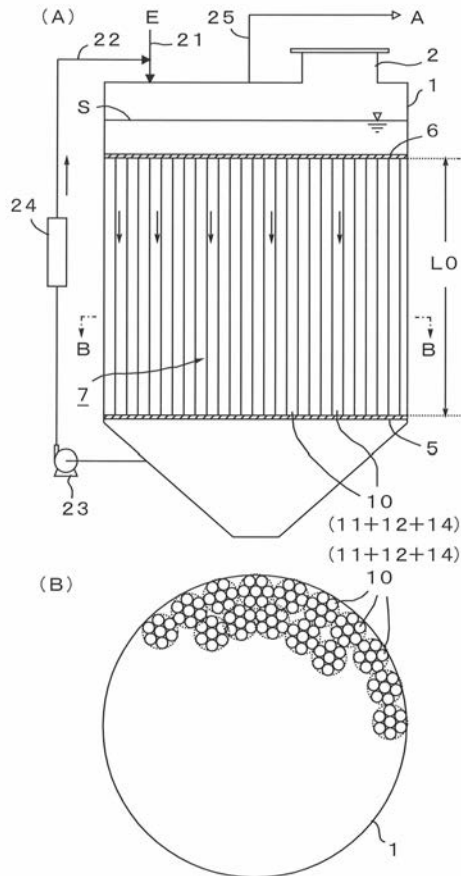
【図 1】



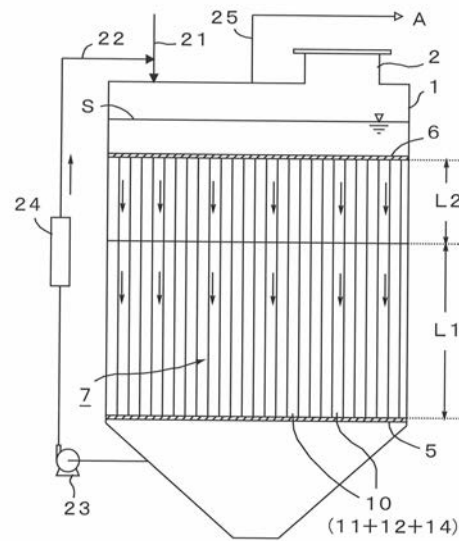
【図 2】



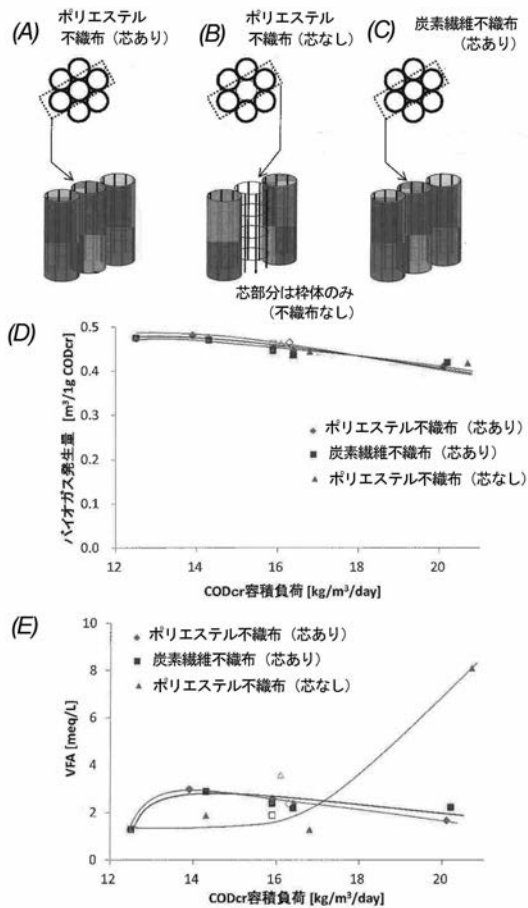
【図 3】



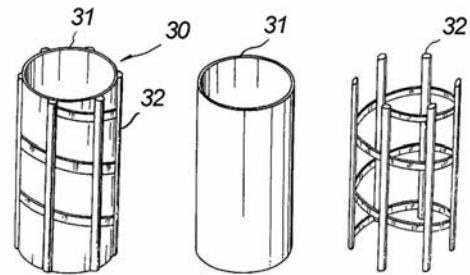
【図 4】



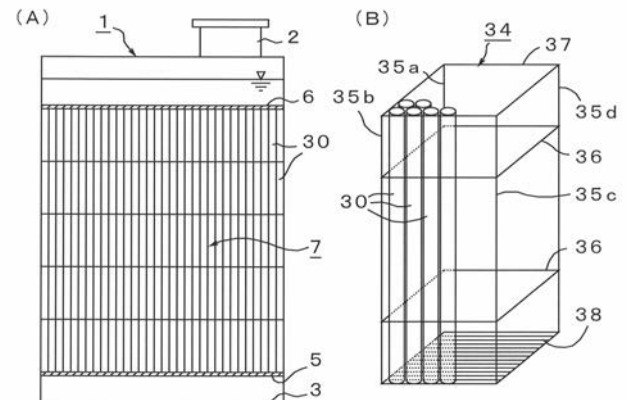
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 原田 淳

東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内

Fターム(参考) 4D003 AA01 CA08 EA07 EA10 EA16 EA35 FA10

4D040 AA04 AA34 AA42 AA53

4D059 AA07 BA12 BA27