

明 細 書

発明の名称：嫌気性処理方法及び装置

技術分野

[0001] 本発明は、反応槽内に流動性を持つ非生物担体を充填し、該非生物担体の表面に生物膜を形成させて嫌気条件下で被処理水を通水して処理する嫌気性処理方法及び装置に関する。

[0002] 本発明は有機性排水の処理方法に係り、詳しくは、有機物を含有する廃水を、非生物担体を保持する反応槽に通水して該担体に付着した嫌気性微生物により生物学的に処理する方法において、運転開始に際して担体への微生物の付着を促進して担体表面に活性の高い生物膜を早期に形成させることにより、装置の立ち上げに要する時間を大幅に短縮すると共に、装置の立ち上げ後においても効率的な処理を行う有機性排水の処理方法に関する。

背景技術

[0003] 有機性排水の嫌気性処理方法として、反応槽内に高密度で沈降性の大きいグラニュール汚泥を形成し、溶解性BODを含む有機性排水を上向流通水して、スラッジブランケットを形成した状態で接触させて高負荷高速処理を行うUASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket: 上向流嫌気性スラッジブランケット) 法が採用されている。この方法は、消化速度の遅い固形有機物を分離して別途処理し、消化速度の速い溶解性有機物のみを、嫌気性微生物密度の高いグラニュール汚泥を用いる嫌気性処理によって高負荷で高速処理する方法である。このUASB法を発展させたものとして、高さの高い反応槽を用いてさらに高流速で通水し、スラッジブランケットを高展開率で展開して、さらに高負荷で嫌気性処理を行うEGSB (Expanded Granule Sludge Blanket) 法も行われている。

[0004] UASB法、EGSB法などのグラニュール汚泥を用いる嫌気性処理では、嫌気性微生物を含む汚泥をグラニュール状に維持、増殖させて処理する。これらの方法は担体に汚泥を保持する固定床や流動床による処理と比較して

高い汚泥保持濃度を達成することができるため、高負荷運転が可能である。

これらの方法は、既に稼働中の処理系から余剰汚泥を調達することにより短期間で立上げが可能である。従って、これらの方法は、最も効率的な嫌気性処理法の一つである。

[0005] グラニュール汚泥を用いるこれらの方法は、排水のCOD濃度が高い（COD_{cr}濃度として概ね2000mg/L以上）場合には非常に効率が高いが、COD濃度が低い場合（COD_{cr}濃度として概ね2000mg/L以下）には反応槽に多くの水量を流す必要が生じ、グラニュールが流出し易くなるので、安定した性能が発揮されない傾向がある。

[0006] グラニュールが形成されにくい排水をこれらの方法で処理する場合、初期に投入したグラニュールが徐々に解体してしまい、運転不能となる場合がある。

[0007] これに対し、流動性の非生物担体を用いる方法では、スクリーン等の機械的な方法で反応槽からの担体の流出を防ぐことができ、また、担体表面は常に微生物の生育場所として確保できるため、低濃度のCOD排水やグラニュールが解体してしまうような排水に対しても適用できるという利点がある。

[0008] 非生物担体は、比重や大きさの設計の自由度が高く、グラニュールと比較すると沈降速度を非常に大きく設定することも可能である。沈降速度の大きな非生物担体を用いると、グラニュール法において必要とされる固液分離のための機構（GSS）が不要となり、反応槽の有効体積を大きくするとともに建設コストも大幅に抑えることができる。

[0009] しかしながら、流動性の非生物担体を用いる方法では、担体に微生物が付着して担体の表面に生物膜が形成され、生物膜内部でガスが発生する反応が進行し、発生したガスが担体に付着する。この結果、担体の見かけ比重が小さくなって担体が反応槽内で浮上し、処理水と共に流出してしまうという問題がある。このような問題は、比重が大きく、沈降速度の大きい担体を用いることにより軽減することは可能である。しかし、比重が過度に大きく、沈降速度が過度に大きい担体を用いた嫌気性処理方法では、被処理水との接触

効率が悪く十分な処理効率が得られず、また、沈降した担体の堆積層に固形物が蓄積して流路が閉塞する。

[0010] 担体の浮上を防止するために、反応槽内を攪拌翼で攪拌し、攪拌による旋回流で担体に付着した気泡を分離除去して担体の沈降性を回復させる方法が提案されている。しかし、この方法では攪拌翼と担体との衝突により担体が破損するおそれがある。

[0011] 特許文献1, 2には、浮上した担体を反応槽から抜き出し、抜き出した担体を反応槽外部に引き回した循環配管で再度反応槽に戻すようにした装置が記載されている。

[0012] 浮上した担体を反応槽から抜き出して循環配管で反応槽に循環させることにより、この循環配管を流通する過程で担体に付着した気泡を分離除去することは可能である。しかし、本発明者らの検討により、従来においては、担体の沈降性についての考慮がなされていないために、単に担体を循環するのみでは、反応槽内での担体の浮上や固着の問題を解決し得ないことが判明した。また、担体の沈降性と循環手段との関係が考慮されていないために、循環のために、複雑な機構が必要となり、保守管理の負担が大きい。例えば、特許文献1では、担体の循環のために複雑な回収、還流管と液流ジェット機構を設けているが、このような機構は既存の反応槽には容易に取り付けることはできない上に、故障し易く、保守管理が煩雑となる。特許文献2でも、担体の循環配管にエゼクター機構を設けているが、このような機構でも同様の問題がある。

[0013] 従来、このような処理に用いる流動性非生物担体としては、各種のものが用いられており、例えば、特許文献3には、粒径0.1～0.3mm、比重1～3程度の担体を用いることが記載されている。また、特許文献4には、粒径0.5～0.6mmの粒状有機ゲル微粒子を担体として用いることが記載されている。このゲル微粒子は水で膨潤した状態の比重が1.00～1.50、好ましくは1.01～1.10であり、本発明に係る沈降速度は15～150m/h rであると考えられる。

[0014] なお、特許文献5には、水沈降性など流体処理性能に優れたポリオレフィン系発泡体よりなる流体処理用担体として、「ポリオレフィン系樹脂を30～95重量%、セルロース系粉末の親水化剤を5～70重量%含む発泡体であって、該発泡体の表面がメルトフラクチャー状態を有することを特徴とする流体処理用担体。」「ポリオレフィン系樹脂を30～95重量%、セルロース系粉末の親水化剤を4～69重量%、無機粉末を1～30重量%含む発泡体であって、該発泡体の表面がメルトフラクチャー状態を有することを特徴とする流体処理用担体。」が記載され、この流体処理用担体を用いた脱窒処理評価結果が示されているが、担体の大きさ及び沈降速度については明らかにされておらず、また、具体的にどのような処理方式としたかについての記載も全くなされていない。

[0015] 流動性非生物担体を用いて嫌気性処理を行う場合、選定した担体の沈降速度が遅いと担体表面に生物膜が形成された後に沈降性が悪化して浮上、流出する；逆に担体の沈降速度が速すぎると流動性が悪くなり、生物膜の肥大化によって固着、閉塞し、運転不可能となる；という課題がある。

また、担体の表面性状は微生物の付着量に大きな影響を与え、結果として反応槽の処理能力を左右することになるが、沈降性を保つために、担体の微生物付着量を少なくすると高い処理能力を維持できない；逆に微生物の付着量を増やすために担体内部まで微生物が生育する構造とすると、生物膜が厚くなりすぎて内部に気泡が発生し、担体が浮上してしまう；といった課題もある。

[0016] グラニュールを用いたUASB、EGSBは、主に高濃度廃水に適用されており、通常、COD_{Cr}濃度として2000mg/L以下程度の低濃度廃水には適用されていない。これは、グラニュールを用いた反応槽では、グラニュールが反応槽から流出してしまう可能性があり、低濃度廃水ではグラニュールの流出量が槽内での増殖量を上回る場合が多く、グラニュールを反応槽内に長期間維持することが難しいためである。

[0017] 従来、低濃度廃水に対しては、グラニュールではなく、固定床や流動床担

体を使用する方法が適用されてきた。固定床担体は生物膜を保持する支持床を反応槽内部に固定し、その表面に生育する微生物を利用するものであり、流動床担体は比重や大きさを調整した担体を反応槽内部で流動させて、担体表面に形成される生物膜を用いて処理を行うものである。

[0018] 固定床担体、流動床担体を問わず、非生物担体を用いる場合には、担体への微生物の付着に時間がかかり、結果として装置の立ち上げに多大な時間を要するという大きな欠点があった。従来、装置の立ち上げに際しては、分散状態の種汚泥を担体を保持する反応槽内に投入して種汚泥が流出しないように通水量を抑えた条件で立ち上げ運転を行い、生物膜が担体表面に形成されるのを待って通常運転を行う方法が取られてきたが、この方法では、例えば後掲の比較例 1 に示されるように、装置の立ち上げに 90 日もの長い時間を必要とする。

[0019] 特許文献 6 には、担体とグラニュールとが混在したミックスベッド式の反応槽が提案されているが、この特許文献 1 に記載される反応槽は、常に反応槽内に担体とグラニュールとが混在したミックスベッドを形成するものであり、反応槽内のグラニュールが解体、分散化しないような制約された条件で運転を行う必要がある。

[0020] 特許文献 7 には、U A S B 法による処理において、装置立ち上げ時に反応槽から流出した汚泥を反応槽に返送するために、反応槽の後段に設置した担体カラム槽内の担体に流出汚泥を付着させて反応槽に返送することが記載されているが、装置立ち上げ時の反応槽内の担体への微生物の付着を促進するものではない。

[0021] また、特許文献 8 には、U A S B 法による処理において、ブランケット部に高吸水性高分子ヒドロゲル粒子を存在させておくことにより、立ち上げ時のグラニュールの形成を促進することが記載されているが、この方法も、固定床や流動床担体を使用する方法において、担体への微生物の付着を促進するものではない。

[0022] なお、特許文献 9 の実施例に記載されるように、U A S B 法において、反

応槽の立ち上げ時に他系統のU A S B反応槽から得られたグラニユール汚泥を種汚泥として投入することは行われているが、固定床や流動床担体を使用する方法において、反応槽の立ち上げ時にグラニユール汚泥を投入することには行われていない。

先行技術文献

特許文献

- [0023] 特許文献1：特開平8－117777号公報
特許文献2：特開平2－138960号公報
特許文献3：特公平6－67511号公報
特許文献4：特開2003－62594号公報
特許文献5：特開2009－66592号公報
特許文献6：特開平9－75982号公報
特許文献7：特開平3－109998号公報
特許文献8：特開平7－39896号公報
特許文献9：特開2002－172399号公報

発明の概要

- [0024] 第1発明は上記従来の問題点を解決し、反応槽内に流動性を持つ非生物担体を充填し、該非生物担体の表面に生物膜を形成させて嫌気条件下で被処理水を通水して嫌気性処理するに当たり、反応槽内の担体の浮上、固着による閉塞を防止すると共に、気泡の付着で浮上した担体の沈降性を簡易な手段で効果的に回復させて安定な高負荷処理を実現する嫌気性処理方法及び装置を提供することを課題とする。
- [0025] 本発明者らは、上記課題を解決すべく検討を重ねた結果、流動性非生物担体として、特定の大きさと沈降速度を満たすものを用いることにより、担体の浮上、固着による閉塞を防止し、また、気泡の付着で浮上した担体の沈降性を簡易な手段で容易に回復させることができることを見出した。
- [0026] 第1発明はこのような知見に基いて達成されたものであり、以下を要旨とする。

- [0027] [1] 流動性の非生物担体を充填した反応槽に嫌気条件下で被処理水を通水し、該非生物担体の表面に生物膜を形成させて被処理水を処理する嫌気性処理方法において、大きさが1.0～5.0mmで、沈降速度が200～500m/hの非生物担体を該反応槽に充填し、該反応槽から流出した処理水に含まれる該担体に付着した気泡を分離除去した後、該担体を該反応槽に返送することを特徴とする嫌気性処理方法。
- [0028] [2] [1]において、該反応槽から流出した該担体を含む処理水を、落差50cm以上の配管に下向流で流通させることにより、該担体に付着した気泡を分離除去することを特徴とする嫌気性処理方法。
- [0029] [3] [1]又は[2]において、該気泡を分離除去した担体と処理水とをスクリーン又は沈殿槽で分離した後、ポンプにより該反応槽に返送することを特徴とする嫌気性処理方法。
- [0030] [4] 流動性の非生物担体を充填した反応槽に嫌気条件下で被処理水を通水し、該非生物担体の表面に生物膜を形成させて被処理水を処理する嫌気性処理装置において、該反応槽に充填される担体の大きさが1.0～5.0mmで、沈降速度が200～500m/hであり、該反応槽から流出した処理水に含まれる該担体に付着した気泡を分離除去する手段と、該気泡が分離除去された担体を該反応槽に返送する手段とを有することを特徴とする嫌気性処理装置。
- [0031] [5] [4]において、該担体に付着した気泡を分離除去する手段が、該反応槽から流出した該担体を含む処理水が下向流で流通される落差50cm以上の配管であることを特徴とする嫌気性処理装置。
- [0032] [6] [4]又は[5]において、該気泡が分離除去された担体を該反応槽に返送する手段が、該気泡が分離除去された担体と処理水とを分離するためのスクリーン又は沈殿槽と、該スクリーン又は沈殿槽を経た担体を該反応槽に返送するためのポンプとを備えることを特徴とする嫌気性処理装置。
- [0033] 第1発明によれば、反応槽内に流動性を持つ非生物担体を充填し、該非生物担体の表面に生物膜を形成させて嫌気条件下で被処理水を通水して嫌気性

処理するに当たり、反応槽内の担体の浮上、固着による閉塞を防止すると共に、気泡の付着で浮上した担体の沈降性を簡易な手段で効果的に回復させて安定な高負荷処理を行うことができる。

[0034] 本発明者らは、上記課題を解決すべく検討を重ねた結果、流動性非生物担体として、表面がマルチフラクチャー状態を有する樹脂発泡体よりなり、特定の大きさと沈降速度を満たすものを用いることにより、十分量の微生物を担体に付着させた上で、担体の浮上、流出、固着による閉塞を防止して良好な流動床を形成することができ、安定かつ効率的な嫌気性処理が行えることを見出した。

[0035] 第2発明はこのような知見に基いて達成されたものであり、以下を要旨とする。

[0036] [!] 流動性の非生物担体を充填した反応槽に嫌気条件下で被処理水を通水し、該非生物担体の表面に生物膜を形成させて被処理水を処理する嫌気性処理方法において、該非生物担体が以下の(1)及び/又は(II)の発泡体よりなり、該担体の大きさが1.0～5.0mmであり、該担体の沈降速度が200～500m/hであることを特徴とする嫌気性処理方法。

(1) ポリオレフィン系樹脂を主体とする樹脂成分30～95重量%と、セルロース系粉末の親水化剤5～70重量%とを含む発泡体であって、表面がマルチフラクチャー状態を有する発泡体

(II) ポリオレフィン系樹脂を主体とする樹脂成分30～95重量%と、セルロース系粉末の親水化剤4～69重量%と、無機粉末1～30重量%とを含む発泡体であって、表面がマルチフラクチャー状態を有する発泡体

[0037] [!] [!]において、前記発泡体の表面のマルチフラクチャー状態が、下記式(1)で示される比表面積比を満たすものであることを特徴とする嫌気性処理方法。

$$B/A = 1.5 \sim 4.0 \quad \dots (1)$$

(式(1)中、Aは発泡体の見かけの比表面積、Bは発泡体の実比表面積を示す。)

[0038] [iii] 又は [ii] において、前記親水化剤は、前記発泡体の表面に露出しないし突出していることを特徴とする嫌気性処理方法。

[0039] [iv] [i] ないし [iii] のいずれかにおいて、前記樹脂成分のマルチローインデックスが $5 \sim 25 \text{ g} / 10 \text{ m}^2$ であることを特徴とする嫌気性処理方法。

[0040] [v] [iv] において、前記樹脂成分は、ポリエチレン、或いは、ポリエチレンと、ポリプロピレン、ポリスチレン及びエチレン-酢酸ビニル共重合体よりなる群から選ばれた 1 種又は 2 種以上の混合物であることを特徴とする嫌気性処理方法。

[0041] [vi] [i] ないし [v] のいずれかにおいて、前記発泡体の発泡倍率が $2 \sim 10$ 倍、見かけ容積から求められる比重が $0.10 \sim 0.80 \text{ g} / \text{m}^3$ であることを特徴とする嫌気性処理方法。

[0042] [vii] [i] ないし [vi] のいずれかにおいて、前記反応槽が上向流型反応槽であることを特徴とする嫌気性処理方法。

[0043] [viii] 流動性の非生物担体を充填した反応槽に嫌気条件下で被処理水を通水し、該非生物担体の表面に生物膜を形成させて被処理水を処理する嫌気性処理装置において、該非生物担体が以下の (i) 及び/又は (ii) の発泡体よりなり、該担体の大きさが $1.0 \sim 5.0 \text{ mm}$ であり、該担体の沈降速度が $200 \sim 500 \text{ m} / \text{hr}$ であることを特徴とする嫌気性処理装置。

(i) ポリオレフィン系樹脂を主体とする樹脂成分 $30 \sim 95$ 重量%と、セルロース系粉末の親水化剤 $5 \sim 70$ 重量%とを含む発泡体であって、表面がマルチトラクチャー状態を有する発泡体

(ii) ポリオレフィン系樹脂を主体とする樹脂成分 $30 \sim 95$ 重量%と、セルロース系粉末の親水化剤 $4 \sim 69$ 重量%と、無機粉末 $1 \sim 30$ 重量%とを含む発泡体であって、表面がマルチトラクチャー状態を有する発泡体

[0044] 第 2 発明では、反応槽内に流動性を持つ非生物担体を充填し、該非生物担体の表面に生物膜を形成させて嫌気条件下で被処理水を通水して嫌気性処理する。流動性非生物担体は、特定の大きさで沈降速度を有する。これにより

、十分量の微生物を担体に付着させ、担体の浮上、流出、固着による閉塞を防止して良好な流動床を形成することができ、安定かつ効率的な嫌気性処理を行うことができる。

[0045] 第3発明は、有機物を含有する廃水を、非生物担体を保持する反応槽に通水して該担体に付着した嫌気性微生物により生物学的に処理する方法において、運転開始に際して担体への微生物の付着を促進して担体表面に活性の高い生物膜を早期に形成させることにより、装置の立ち上げに要する時間を大幅に短縮すると共に、装置の立ち上げ後においても効率的な処理を行うことができる有機性排水の処理方法を提供することを課題とする。

[0046] 本発明者らは、上記課題を解決すべく検討を重ねた結果、非生物担体を保持する反応槽の立ち上げに際して、該反応槽に、種汚泥としてメタン菌グラニュールを非生物担体に対して所定の割合で添加し、運転開始初期のみ反応槽内にメタン菌グラニュールを存在させ、その後はメタン菌グラニュールを解体、分散化させるような運転条件を採用することにより、上記課題を解決することができることを見出した。

[0047] 本発明はこのような知見に基いて達成されたものであり、以下を要旨とする。

[0048] 〈1〉 有機物を含有する廃水を、非生物担体を保持する反応槽に通水して該担体に付着した嫌気性微生物により生物学的に処理する有機性排水の処理方法において、該反応槽の立ち上げに際して、該反応槽に非生物担体とメタン菌グラニュールとを、非生物担体とメタン菌グラニュールの体積比が100:5～100:500の範囲で存在させた状態で該有機性廃水の通水を開始し、その後、有機性廃水の通水を継続することにより、該反応槽内のメタン菌グラニュールの少なくとも一部を解体、分散化させることを特徴とする有機性排水の処理方法。

[0049] 〈2〉 〈1〉において、前記有機性排水の有機物濃度が $2000\text{ mg-COD}_r/\text{L}$ 以下であることを特徴とする有機性排水の処理方法。

[0050] 〈3〉 〈1〉又は〈2〉において、前記反応槽は流動床式反応槽であり、

前記有機性排水は該反応槽に上向流で通水されることを特徴とする有機性排水の処理方法。

[0051] 〈4〉 〈1〉ないし〈3〉のいずれかにおいて、該反応槽の汚泥負荷が $0.8 \sim 3.0 \text{ kg-COD}_{\text{Cr}} / \text{kg-VSS} / \text{day}$ であることを特徴とする有機性排水の処理方法。

[0052] 第3発明によれば、有機物を含有する廃水を、非生物担体を保持する反応槽に通水して該担体に付着した嫌気性微生物により生物学的に処理する方法において、運転開始に際して担体への微生物の付着を促進して担体表面に活性の高い生物膜を早期に形成させることにより、装置の立ち上げに要する時間を大幅に短縮すると共に、装置の立ち上げ後においても効率的な処理を行うことができる。

[0053] 即ち、反応槽の立ち上げに際して反応槽に投入されたメタン菌グラニューールは、有機性排水の通水を継続することにより徐々に肥大化ないし解体し、浮上、分散、分解等により反応槽から流出して消失するが、運転開始初期においては、有機性排水のCOD成分の分解に寄与すると同時に種汚泥として担体表面への微生物の付着を促進する。

[0054] このため、担体表面への微生物の付着が十分でない運転開始初期においては、メタン菌グラニューール自体の作用で有機性排水のCOD成分の分解が行われると共に、担体表面への微生物の付着が促進され、担体表面に十分量の微生物が担持された後は、メタン菌グラニューールの解体、分散化でメタン菌グラニューールが反応槽から流出しても、この微生物担持担体によりCOD成分の分解が行われるようになる。

[0055] 第3発明の処理自体は、グラニューールによるものではなく、担体を使用する方法であるため、反応槽内のメタン菌グラニューールが経時により解体、分散化して流出しないような条件で運転を行う必要はなく、高負荷運転を行うことができる。

[0056] このようなことから、本発明によれば、装置の立ち上げに要する時間を大幅に短縮すると共に、装置の立ち上げ後においては効率的な処理を行うこと

が可能となる。

図面の簡単な説明

[0057] [図1]本発明の嫌気性処理装置の実施の形態を示す系統図である。

[図2]第2発明の実施例で用いた嫌気性処理装置の構成を示す系統図である。

[図3]実施例5で用いた生物処理装置の構成を示す系統図である。

[図4]実施例5、6における処理能力の経時変化を示すグラフである。

[図5]比較例6における処理能力の経時変化を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0058] 以下に第1及び第2発明の実施の形態を詳細に説明する。

[0059] 第1発明では、流動性の非生物担体を充填した反応槽に嫌気条件下で被処理水を通水し、該非生物担体の表面に生物膜を形成させて被処理水を嫌気性処理する。担体として大きさが1.0～5.0mmで、沈降速度が200～500m/h rのものをを用いる。反応槽内で浮上して処理水と共に流出した担体に付着した気泡を分離除去した後、該反応槽に返送する。

[0060] 第2発明では、流動性の非生物担体を充填した反応槽に嫌気条件下で被処理水を通水し、該非生物担体の表面に生物膜を形成させて被処理水を処理する。流動性非生物担体は、1.0～5.0mの大きさと、200～500m/h rの沈降速度を有する。

[0061] 第1及び第2発明で用いる流動性非生物担体について説明する。

[0062] 第1及び第2で用いる流動性非生物担体は、1.0～5.0mmの大きさと、200～500m/h rの沈降速度を有する。担体の大きさ、沈降速度とは、反応槽に充填される、微生物や気泡が付着していない担体の大きさと沈降速度を表わす。

[0063] 担体の大きさが大き過ぎると反応槽体積当りの表面積が小さくなり、小さ過ぎると沈降速度が遅くなり、処理水との分離が困難になる。第1及び第2発明で用いる担体の好ましい大きさは2.5～4.0mmである。

[0064] 担体の大きさとは、通常「粒径」と称されるものであり、例えば直方体形状の担体であればその長辺の長さをさし、立方体形状の担体であればその一

辺の長さをさし、円柱形状の担体であれば直径又は円柱の高さのうちいずれか大きい方をさす。また、これらの形状以外の異形状の担体であれば、担体を2枚の平行な板で挟んだときに、この板の間隔が最も大きくなる部位の板の間隔をさす。

第1及び第2発明において、担体の大きさは、その平均値が1.0～5.0mm、好ましくは2.5～4.0mmの範囲であればよく、すべての担体の大きさがこの範囲でなくてもよい。

[0065] 担体の沈降速度とは、担体を水（水道水等の清水）に浸して沈んだものを取り出し、これを水（水道水等の清水）に入れたメスシリンダーに投入し、単位時間当たりの沈降距離を測定して求められた値であり、本発明においては、10～20個の担体について測定を行い、その平均値を沈降速度とした。

[0066] 第1及び第2発明で用いる担体は、その大きさと沈降速度が上記範囲を満たすものであればよく、担体の構成材料には特に制限はないが、例えば、以下の（I）及び／又は（II）の発泡体が挙げられ、このような樹脂発泡体よりなるものであれば、比重や粒径の調整が容易である点においても好ましい。

（I） ポリオレフィン系樹脂を主体とする樹脂成分30～95重量%と、セルロース系粉末の親水化剤5～70重量%とを含む発泡体であって、表面がメルトフラクチャー状態を有する発泡体（以下「発泡体（I）」と記載する場合がある。）

（II） ポリオレフィン系樹脂を主体とする樹脂成分30～95重量%と、セルロース系粉末の親水化剤4～69重量%と、無機粉末1～30重量%とを含む発泡体であって、表面がメルトフラクチャー状態を有する発泡体（以下「発泡体（II）」と記載する場合がある。）

[0067] メルトフラクチャーとは、プラスチック成形時に、成形品の表面に凹凸が生じる現象（平滑な表面を有さない状態）として、一般的に知られている。例えば、プラスチック材料の押出成形において、押出機の内圧が著しく高く

なったり、押出速度が著しく大きくなったり、或いは、プラスチック材料の温度が低くなりすぎたりしたとき、成形品の表面に不規則な凹凸が生じたり、表面の光沢を失ったりする現象をいう。

[0068] 担体の好ましいメルトフラクチャー状態は、下記式（１）で示される比表面積比を満たすものである。

$$B/A = 1.5 \sim 4.0 \quad \cdots (1)$$

[0069] Aは発泡体の見かけの比表面積、Bは発泡体の実比表面積を示す。

発泡体の見かけの比表面積Aとは、発泡体の表面が平滑な状態、つまり、メルトフラクチャーを生じていない状態での比表面積を示し、実比表面積Bとは、メルトフラクチャーが生じている状態での実際の比表面積を示す。即ち、上記式（１）で示されるB/Aの値は、メルトフラクチャーを生じることによる比表面積の増加の割合を示すものであり、B/Aが1であるものは、表面にメルトフラクチャーによる凹凸が全くないことを意味する。

[0070] B/Aの値が1.5より小さいと、被処理水と担体との接触面積が小さくなるため、処理能力が小さくなり好ましくない。B/Aの値が4.0より大きいと、表面のメルトフラクチャーが使用時における担体同士の接触により容易に削られてしまい、好ましくない。見かけの比表面積A及び実比表面積Bは、自動比表面積／細孔分布測定装置〔T r i s t a r 3 0 0 0、（株）島津製作所製〕で測定した値を用いることができる。

[0071] 発泡体を構成する樹脂成分は、メルトフローインデックスが5～25 g／10 minであるものが好ましい。メルトフローインデックスが5 g／10 minより小さいと樹脂成分の流動性に欠けるため、発泡体の成形に不向きであり、25 g／10 minより大きいと発泡成形時に潰れる現象が生じるおそれがある。

[0072] メルトフローインデックス（以下、単に「MFI」と略記する場合がある。）とは、溶融状態にある樹脂の流動性を示す尺度の一つで、一定圧力、一定温度の下に、規定の寸法をもつノズル（オリフィス）から樹脂が流出する量を測定し、10分間当たりの重量（単位：g／10 min）で表した指数

として一般的に知られている。本発明では、230℃、21.6N荷重（DIN53735）での値を採用する。

[0073] 発泡体（I）、（II）を構成する樹脂成分として好ましいものは、ポリエチレン（以下、単に「PE」と略記する場合がある。）、ポリプロピレン（以下、単に「PP」と略記する場合がある。）、エチレン-酢酸ビニル共重合体（以下、単に「EVA」と略記する場合がある。）等が挙げられる。これらの樹脂を単独で用いてもよく、適宜組み合わせた混合物として用いてもよい。発泡体（I）、（II）を構成する樹脂成分は、ポリオレフィン系樹脂に他の熱可塑性樹脂成分を加えたものであってもよい。他の熱可塑性樹脂成分として、ポリスチレン（以下、単に「PS」と略記する場合がある。）、ポリエチレンテレフタレート、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、ポリカーボネート、ポリウレタン、ポリアミド、ポリアセタール、ポリ乳酸、ポリメチルメタクリレート、ABS樹脂等が挙げられる。

[0074] 発泡体（I）、（II）を構成する樹脂成分としてはポリエチレンが特に好ましいが、上記のMF Iの範囲内であれば、PEと他のポリオレフィン系樹脂等との混合物、例えば、PEとPPの混合物、PEとEVAの混合物、PEとPPとEVAの混合物、PEとPPとPSの混合物、PEとPPとEVAとPSの混合物、或いはこれらに更に他の熱可塑性樹脂を混合した混合物でもよい。具体的には、PE、PP、EVA、PSを含む他の熱可塑性樹脂の組成比（重量比）が、樹脂全体を100として、PE：PP：EVA：PSを含む他の熱可塑性樹脂＝100～60：40～0：20～0：15～0となることが好ましい。担体の耐摩耗性を高めるためには、樹脂成分中にEVAを10重量%以上含有させることが好ましい。これらの樹脂成分は再生樹脂であってもよい。

[0075] 親水化剤としてのセルロース系粉末としては、木粉、セルロース粉末、麻セルロース粉末などが挙げられ、おがくず、アビセル、アーボセル、紙粉、セルロースビーズ、微結晶セルロース、マイクロフィブリル化セルロースなどが例示されるが、特に木粉を用いることが好ましい。これらはいずれかを単

独で用いてもよく、２種類以上を任意の割合で混合して用いてもよい。

[0076] 親水化剤の形状は、球状、楕円状、くさび状、ウィスカー状、繊維状などであるが、これら以外の形状であってもよい。親水化剤の粒径は２００メッシュパス品、好ましくは１００メッシュパス品、さらに好ましくは４０メッシュパス品がよい。

[0077] 親水化剤は、独立気泡を有する発泡体に対し、水浸透機能を付与する役割を有するが、そのためには親水化剤は、発泡体の表面に露出ないし突出していることが望ましい。露出とは、発泡体表面に親水化剤の表面の一部が出現していることを意味し、突出とは、発泡体表面から親水化剤の一部が突き出ていることを意味する。即ち、露出ないし突出しているとは、発泡体中に親水化剤の全体あるいは一部が埋没しており、かつ、発泡体表面に親水化剤の表面の一部が現れている状態、あるいは、親水化剤の一部が発泡体表面に突き出ている状態を意味する。

[0078] 発泡体（II）に用いられる無機粉末としては、硫酸バリウム、炭酸カルシウム、ゼオライト、タルク、酸化チタン、チタン酸カリウム、水酸化アルミニウム等が挙げられ、特に硫酸バリウムを用いることが好ましい。これらの無機粉末は、いずれかを単独で用いてもよく、２種類以上の無機粉末を用いてもよい。

[0079] 発泡体（I），（II）において、樹脂成分の割合が上記範囲よりも多く、親水化剤の割合が少ないと、親水化剤を用いることによる水浸透機能の付与効果が十分でなく、水中に沈降する状態とするのに長い時間が必要となり、逆に樹脂成分の割合が上位範囲よりも少なく、親水化剤の割合が多いと担体の強度が低下してしまう。

[0080] 発泡体（II）において、無機粉末は発泡の際の核材、ならびに比重調整のために配合されるが、更に樹脂成分や親水化剤の使用量を減らして製造コストの低減化を図るものである。無機粉末の割合が上記範囲よりも少ないとこのような無機粉末の配合効果を十分に得ることができず、多いと比重が高くなりすぎてしまう。

[0081] 発泡体（I），（II）は、後述のように、発泡剤を用いて発泡形成されるが、その発泡倍率は2～10倍で、見かけ容積から求められる比重が0.10～0.80 g/m lであることが好ましい。

[0082] 発泡体（I），（II）の発泡倍率が上記下限より小さいと、比重が大きくなりすぎるため、水中で流動させる際に大きな力を必要とするため好ましくない。発泡倍率が上記上限より大きいと、比重が小さくなるため、水面に浮き易くなり、好ましくない。

[0083] 見かけ容積から求められる比重が上記下限より小さくても大きくても、前述の本発明で規定される沈降速度を満足し得なくなる場合がある。ここで発泡体の見かけ容積から求められる比重とは、発泡体を50 m lメスシリンダーに見かけ容積で30 m l量り取り、その重量から算出して求めた値（単位：g/m l）であって、実質的な比重を示すものとする。これは、発泡体（I），（II）が、その表面にメルトラクチャー状態を有しているため、真の体積を測定するのが非常に困難なためである。以下において、発泡体の見かけ容積から求められる比重を、単に「比重」と称す。

[0084] 発泡体（I），（II）は、前述のポリオレフィン系樹脂、親水化剤、更には無機粉末を溶融混練し、更に発泡剤を溶融混練して得られた混合物を発泡させた後、所定の大きさにカットすることにより製造することができる。

[0085] 発泡剤としては、重炭酸ナトリウム（重曹）、アゾジカルボンアミドなどが挙げられる。発泡剤は、これらに制限されるものではなく、化学的発泡剤や物理的発泡剤などが挙げられる。

化学的発泡剤としては、例えば、バリウムアゾジカルボキシレート等のアゾ化合物、N，N－ジニトロソペンタメチレンテトラミン等のニトロソ化合物、4，4’－オキシビス（ベンゼンスルホニルヒドラジド）等のヒドラジン誘導体、セミカルバジド化合物、アジド化合物、トリアゾール化合物、イソシアネート化合物、重炭酸ナトリウム等の重炭酸塩、炭酸塩、亜硝酸塩、水素化物、重炭酸ナトリウムと酸の混合物（例えば、重炭酸ナトリウムとクエン酸等）、過酸化水素と酵素との混合物、亜鉛粉末と酸との混合物などが

挙げられる。また、物理発泡剤としては、例えば、脂肪族炭化水素類（例えば、ブタン、ペンタン、ヘキサンなど）、塩化炭化水素類（例えば、ジクロロエタン、ジクロロメタンなど）、フッ化塩化炭化水素類（例えば、トリクロロモノフロロメタン、ジクロロジフロロメタン、ジクロロモノフロロメタン、ジクロロテトラフロロエタンなど）、代替フロン類、空気、炭酸ガス、窒素ガス、水などが挙げられる。中でも、分解温度が低く、安価であるという点から、重炭酸ナトリウム（重曹）を用いることが特に好ましい。

[0086] 発泡剤として、いわゆる自立発泡剤（独立発泡剤、マイクロスフィア、熱膨張性マイクロカプセルともいう）を用いることができる。この自立発泡剤は、発泡により発泡剤自身が外壁面を有する中空球状粒子となることから、樹脂組成物を水中に押し出し発泡させる代わりに気相中（例えば、空气中）に押し出し発泡させても、発泡体の中空部分が潰れることなく維持され、所望の発泡倍率を有する発泡体を得られる。自立発泡剤としては、外壁用のポリマーとして例えば塩化ビニリデンーアクリロニトリル共重合体やアクリロニトリルーメタアクリロニトリル共重合体等を使用し、これに内包する揮発性の液体として例えばイソブタン、イソペンタン等を使用したものが挙げられる。具体的にはエクспанセル（日本フィライト株式会社）やEPD-03（永和化成工業株式会社）などを例示することができる。なお、本発明では、セルロース系粉末の親水化剤の存在によって、自立発泡剤による発泡体へも水が透過することから、得られる発泡体は水透過性に優れたものとなる。

[0087] これらの発泡剤は1種のみを用いてもよく2種以上を混合して用いてもよい。発泡剤は、前述の好適な発泡倍率を得るために、発泡体（I）においてはポリオレフィン系樹脂と親水化剤の合計100重量部に対して、発泡体（II）においてはポリオレフィン系樹脂と親水化剤と無機粉末の合計100重量部に対して、それぞれ0.5～8重量部の割合で用いることが好ましい。

[0088] 上述のような、大きさが1.0～5.0mmで、沈降速度が200～500m/hの非生物担体を反応槽に充填して嫌気処理を行った場合、通常は

担体が大量に浮上してくることはほとんどないが、大きな負荷変動があった時などに、担体表面に微細な気泡が付着し、見かけ比重が軽くなることにより担体が浮上して、処理水と共に反応槽外に流出してしまうことがある。

[0089] 第1及び第2発明においては、反応槽内で浮上して、処理水と共に反応槽から流出した担体に付着した気泡を分離除去し、担体の沈降性を回復させた後、反応槽に返送する。

[0090] この気泡の分離除去方法としては、特に制限はないが、例えば、次のような方法を採用することができる。

A) 50cm以上の落差を有する配管（以下、「気泡分離配管」と称す場合がある。）に、担体を含む処理水を下向流で流通させることにより、水流の落差を利用して気泡をはずす。

B) スクリーンを設けた水槽に担体を含む処理水を導入し、水流、スクリーン洗浄用の気泡等の効果により気泡をはずす。即ち、スクリーンの下部には洗浄のための曝気装置が設けられているため、この曝気流によって気泡をはずすことができる。

[0091] 簡易な構成で気泡を効率的に分離除去することができることから、上記A)の気泡分離配管を利用する方法を採用することが好ましい。

[0092] 上記A)の方法において、気泡分離配管とは、鉛直方向に50cm以上の高低差のある配管であれば、途中に水平部を有していたり、鉛直方向に対して若干の傾きを有していてもよいが、気泡の分離除去効率の面から、気泡分離配管の鉛直方向に対する傾きは30°以下であることが好ましく、水平部等のない直管状であることが好ましい。

[0093] この気泡分離配管の落差は、過度に小さいと気泡を十分に分離除去し得ず、過度に大きいと、配管回りが過大となることから、50～500cm、特に100～200cm程度であることが好ましい。

[0094] 気泡分離配管は、断面積が小さ過ぎると担体を含む処理水を円滑に流通させることが困難であるが、断面積が大き過ぎると、配管内で気泡の分離除去効果の高い下向流を形成し得ず、気泡の分離除去効果を十分に得ることがで

きない場合があるため、この配管の断面積は、流通させる処理水量によっても異なるが、呼び径150A～500A程度とすることが好ましく、特に担体を含む処理水が0.5～3m/secの流速で流下するような大きさであることが好ましい。

[0095] 本発明で用いる特定の大きさ及び沈降速度を有する担体は、このような気泡分離配管を流下する間に、気泡がはずれることにより沈降性が回復し、更に速い速度で流下、沈降することにより、より一層高い気泡の分離除去効果を得ることができる。

[0096] このようにして気泡を分離除去した担体は、反応槽に返送される。その際、処理水を分離して、担体濃度の高い水を反応槽に返送することが、水処理効率が高くなるので好ましい。

[0097] 従って、気泡を分離除去した担体を含む処理水は、スクリーン又は沈殿槽（傾斜面を設けた槽など）で固液分離し、担体濃度を高めた処理水を反応槽に返送することが好ましい。本発明で用いる担体はそれ自体沈降速度が比較的大きく、従って、気泡をはずした担体は、直ちに沈降し、簡易な構成の固液分離手段で容易に濃縮することができる。

[0098] この担体の反応槽への返送は、ポンプ移送により円滑に行うことができる。担体の移送に用いるポンプの種類には特に制限はないが、移送される担体は汚泥よりも硬いため、粒状固体を含む水を移送できるポンプを用いて返送することができる。

[0099] このような気泡の分離除去、固液分離、ポンプ移送などの処理を、造粒汚泥であるグラニュールに対して行くと、グラニュールの崩壊、分散の問題がある。非生物担体であれば、このような問題を引き起こすことなく、気泡の分離除去、固液分離、及びポンプ移送を行うことができる。

[0100] 反応槽への返送処理水量を抑えた上で担体を含む処理水を円滑にポンプ移送するために、反応槽に返送される水中の担体濃度としては体積%として1～30%程度であることが好ましい。

[0101] 第1及び第2発明において処理対象となる被処理水は、嫌気性微生物と接

触させて嫌気性処理を行うことにより処理可能な有機物を含む液であればよく、組成や濃度には特に制限は無い。

[0102] 被処理水のCOD濃度としては特に制限はない。担体を用いる嫌気性処理は、前述の如く、UASB法やEGSB法のようなグラニュールを用いた処理への適用が困難な低濃度排水の処理において特に優れた効果を発揮する。従って、第1及び第2発明は、COD_{Cr}濃度が2000mg/L以下、例えば500～2000mg/Lの低濃度排水の処理に有効である。

このような排水としては、食品工場等の製造廃水、化学工場等の有機性廃水、一般下水等が含まれるが、何らこれらに限定されるものではない。

[0103] 被処理水中に糖、タンパク等の高分子成分が含まれる場合には、後掲の図1に示す嫌気性処理装置のように、流動性非生物担体を充填した反応槽の前処理手段として高分子を酢酸やプロピオン酸といった低分子有機酸まで分解する酸生成槽を設けてもよい。

[0104] 酸生成槽の処理条件としては、被処理水の生分解性等の条件により異なるが、pH5～8、好ましくは5.5～7.0、温度20～40℃、好ましくは25～35℃、HRT2～24hr、好ましくは2～8hrが適当である。

このような酸生成槽により低分子化が十分進行していると、後段の流動性非生物担体を充填した反応槽における処理が良好に進行する。

[0105] メタノール、酢酸等のメタン生成細菌が直接利用可能な化合物のみを含む排水の場合には、酸生成槽は必要なく、被処理水を直接流動性非生物担体を充填した反応槽に通水することができる。

[0106] 前述の流動性非生物担体が充填され、被処理水が通水される反応槽としては、攪拌機等を用いる完全混合型反応槽、水流と発生ガスにより槽内を混合する上向流型反応槽等を利用することができるが、特に反応槽の高さ、形を自由に設定でき、担体を多く投入できることから上向流型反応槽を用いることが好ましい。前述の如く、担体を用いる方法では、グラニュール法のような気固液分離機構(GSS)が不要となり、例えば水深5m程度の上向流型

反応槽であっても槽負荷 $15 \sim 20 \text{ kg-COD}_{\text{Cr}}/\text{m}^3/\text{day}$ 或いはそれ以上の高負荷処理を行うことができる。

[0107] 完全混合型反応槽、上向流型反応槽における処理条件としては、所望の処理効率を得ることができる範囲において、特に制限はないが、例えば以下のような条件を設定することができる。

[0108] <完全混合型反応槽>

担体充填率：10～30%

HRT：1.0～24hr

槽負荷： $4.0 \sim 12.0 \text{ kg-COD}_{\text{Cr}}/\text{m}^3/\text{day}$

汚泥負荷： $0.8 \sim 3.0 \text{ kg-COD}_{\text{Cr}}/\text{kg-VSS}/\text{day}$

pH：6.5～7.5

温度：25～38℃

<上向流型反応槽>

担体充填率：10～80%

HRT：1.0～24hr

上昇流速 (LV)：1.0～20m/h

槽負荷： $4.0 \sim 32 \text{ kg-COD}_{\text{Cr}}/\text{m}^3/\text{day}$

汚泥負荷： $0.8 \sim 3.0 \text{ kg-COD}_{\text{Cr}}/\text{kg-VSS}/\text{day}$

pH：6.5～7.5

温度：25～38℃

[0109] 以下に図1を参照して第1発明の嫌気性処理装置の一例を説明するが、第1発明の嫌気性処理装置は何ら図1に示すものに限定されるものではない。

[0110] この嫌気性処理装置は、被処理水（原水）を酸生成槽1で処理した後、pH調整槽2に送給してpH調整し、pH調整水をポンプP₁により流動性非生物担体4を充填した反応槽3に上向流で通水して処理するものである。反応槽3の上部側壁には、反応槽3内の処理水を浮上した担体と共に抜き出す流出配管5Aが設けられ、この流出配管5Aに、50cm以上の落差を有する気泡分離配管5が鉛直方向に連結されている。

気泡分離配管 5 の流出口側は、底面が傾斜面とされた処理水槽 6 内に開口する。6 A はスクリーンである。反応槽 3 から流出する浮上担体を含む処理水は、流出配管 5 A を経て気泡分離配管 5 を流下した後、スクリーン 6 A を有する処理水槽 6 に送給される。反応槽 3 から流出した処理水中の担体は、気泡分離配管 5 を流下する間に気泡が分離除去されることにより沈降性が回復し、処理水槽 6 内で速やかに沈降する。処理水槽 6 のスクリーン 6 A の透過水の一部は、処理水として系外へ排出され、残部は酸生成槽 1 に循環される。一方、処理水槽 6 で沈降した担体は、ポンプ P₂ により処理水と共に反応槽 4 に返送される。1 A, 2 A は pH 計である。なお、図 1 では、スクリーン 6 A は処理水槽 6 の内部に設けているが、流出配管 5 A の途中にスクリーンボックス（図示せず）を設けて担体を分離して反応槽 3 に戻すようにして処理水槽を省略することもできる。

[0111] 以下に第 3 発明の実施の形態を詳細に説明する。

[0112] 第 3 発明の有機性排水の処理方法では、有機物を含有する廃水を、非生物担体を保持する反応槽に通水して該担体に付着した嫌気性微生物により生物学的に処理する。該反応槽の立ち上げに際して、該反応槽に非生物担体とメタン菌グラニュールとを、非生物担体とメタン菌グラニュールの体積比が 100 : 5 ~ 100 : 500 の範囲で存在させた状態で該有機性廃水の通水を開始し、その後、有機性廃水の通水を継続することにより、該反応槽内のメタン菌グラニュールの少なくとも一部を解体、分散化させる。

[0113] 第 3 発明では非生物担体を充填した反応槽内に、種汚泥としてメタン菌グラニュールを投入し、反応槽の立ち上げを行う。

投入されたメタン菌グラニュールは、運転を継続することにより徐々に肥大化、或いは解体し、浮上、分散、分解等により反応槽から流出して消失する。しかし、運転開始初期においては、有機性排水内の COD 成分の分解を行い、同時に種汚泥として担体表面への微生物の付着を促進して活性の高い生物膜を形成する。

[0114] 第 3 発明において、処理対象とする有機性排水は、嫌気性微生物により処

理可能な有機物を含むものであればよく、そのCOD濃度に特に規定はないが、高濃度排水（COD_{Cr}濃度2000mg/L程度超過）では、反応槽の滞留時間を長くとることができるため、ある程度の分散菌を反応槽内部に保持することが可能であり、メタン菌グラニュールを種汚泥としての添加することによる担体への生物膜付着促進効果は少ない。

[0115] これに対して、低濃度排水（COD_{Cr}濃度2000mg/L程度以下）においては、高負荷処理を行うためには反応槽の滞留時間を短くする必要があり、反応槽内に分散状態の菌を保持することができない。この場合には、本発明に従って、種汚泥としてメタン菌グラニュールを使用することによる立上げ期間の短縮効果を顕著に得ることができる。

[0116] 従って、第3発明は、COD_{Cr}濃度が2000mg/L以下、例えば500～2000mg/L程度の低濃度排水の処理に有効である。

このような排水としては、食品工場等の製造排水、化学工場等の有機性排水、一般下水等が含まれるが、何らこれらに限定されるものではない。

[0117] 種汚泥として反応槽に投入するメタン菌グラニュールは、嫌気性微生物を含む汚泥が微生物の自己造粒作用により粒状化して沈降性のグラニュールとなった汚泥であり、通常のUASB、EGSB法において形成されるグラニュールを使用することができる。メタン菌グラニュールは高分子化合物から有機酸を生成する酸生成菌、酢酸や水素からメタンガスを生成するメタン生成細菌を高濃度に含んでおり、汚泥濃度として50～100g-VSS/Lと分散状態の汚泥と比較して菌体濃度が高く、移送等に必要な設備、費用が少なくてすむ点においても有利である。

種汚泥として使用するメタン菌グラニュールの平均粒径は0.5～3.0mm、特に0.8～2.5mm程度で、例えば、担体として後述の流動性担体を用いる場合、その担体の平均粒径の0.1～0.6倍程度の大きさであることが好ましい。

[0118] 第3発明においては、このようなメタン菌グラニュールを、非生物担体：メタン菌グラニュールの体積比として100：5～100：500、好まし

くは非生物担体の体積に対して、メタン菌グラニュールの体積が0.05～2.0倍、特に0.1～1.0倍となるように用いる。この範囲よりもメタン菌グラニュールの投入量が少な過ぎるとメタン菌グラニュールを用いることによる本発明の効果を十分に得ることができず、多過ぎると反応槽内の充填率が高くなってグラニュールが流出し易くなり、また、グラニュールの流出を防止するためには大容量の反応槽が必要となり、好ましくない。

[0119] 第3発明では、運転開始に際して、反応槽に非生物担体とメタン菌グラニュールを保持して反応槽に有機性排水（原水）を通水し、有機性排水をメタン菌グラニュール及び担体と接触させて嫌気性処理を行う。その処理方式としては特に制限はないが、UASB法、EGSB法と同様に反応槽に原水を上向流で通水し、非生物担体とメタン菌グラニュールを展開させてスラッジブランケットを形成する方式であると、原水とメタン菌グラニュール及び担体との接触効率が高くなるので好ましい。

[0120] 反応槽内のメタン菌グラニュールは、運転開始時の短期間の間、反応槽内でCOD成分の分解に寄与できれば良く、従って、通常のグラニュール法と比べて高い負荷をかけた運転が可能となる。例えば、汚泥負荷として、 $0.8 \sim 3.0 \text{ kg-COD}_c / \text{kg-VSS} / \text{day}$ といった高負荷をかけることができる。一般に、このような高負荷条件では、グラニュールの解体、分散化が進行し、反応槽内にグラニュールを維持できないことが知られているが、本発明においては、グラニュールの解体、分散化が進行している間に担体への生物膜の形成が促進され、この間に活性の高い分散菌が担体表面に行きわたるようになり、以降は活性の高い生物膜が形成された微生物担持担体により、効率的な処理が行われるので、グラニュールの解体、分散化を防止する必要はない。

[0121] この場合、使用する流動性担体としては、特に制限は無いが、発泡により表面積を大きくすることができ、比重の制御が容易であることから樹脂製担体、例えばポリオレフィン系樹脂製担体、ポリウレタン樹脂製担体が好ましく、担体の平均粒径は1～5mm、特に2～4mmであることが好ましい。

- [0122] なお、ここで担体の粒径とは、例えば、立方体形状の担体であればその一辺に相当し、直方体形状の担体であればその最も長い辺に相当し、円柱形状の担体であれば円柱の高さ又は直径のうちの長い方に相当する。また、その他の異形状の担体であれば担体を2枚の平行な板で挟んだ場合にその板の間隔が最も大きくなる時の板の間隔に相当する。
- [0123] また、反応槽への原水の上向流速は $3 \sim 20 \text{ m/h r}$ 、特に $2 \sim 5 \text{ m/h r}$ であることが、処理効率、CODの分解効率の面で好ましい。
- [0124] 前述の如く、原水の有機物濃度としては、好ましくは $\text{COD}_{\text{Cr}} 500 \sim 2000 \text{ mg/L}$ であるが、反応槽の負荷は $5 \sim 30 \text{ kg-COD}_{\text{Cr}}/\text{m}^3/\text{day}$ 、特に $8 \sim 20 \text{ kg-COD}_{\text{Cr}}/\text{m}^3/\text{day}$ であることが好ましい。また、反応槽内の温度は $25 \sim 40^\circ\text{C}$ 、特に $30 \sim 38^\circ\text{C}$ とすることが好ましい。また、反応槽の流入水のpHは $6.5 \sim 7.5$ 程度であることが好ましく、従って、原水は必要に応じてpH調整を行ってから反応槽に通水することが好ましい。

実施例

- [0125] 以下に実施例1及び比較例1，2を挙げて第1発明をより具体的に説明する。
- [0126] [実施例1、比較例1，2]

図1に示す嫌気性処理装置により、糖とタンパクを主体とする合成排水（ COD_{Cr} 濃度： 2000 mg/L 、pH 7.0 ）を原水として通水試験を行った。

この嫌気性処理装置は、原水を酸生成槽1で処理した後、pH調整槽（容量 0.5 L ）2に送給してpH調整し、pH調整水をポンプ P_1 により流動性非生物担体4を充填した反応槽3に上向流で通水して処理するものである。反応槽3の流出水は、気泡分離配管5を流下した後、スクリーン6Aを有する処理水槽6に送給される。反応槽3からは、反応槽3内で浮上した担体が処理水と共に流出するが、この流出水中の担体は、気泡分離配管5を流下する間に気泡が分離除去されることにより沈降性が回復し、処理水槽6内で速

やかに沈降する。処理水槽6のスクリーン6Aの透過水の一部は、処理水として系外へ排出され、残部は酸生成槽1に循環される。一方、処理水槽6で沈降した担体は、ポンプP₂により処理水と共に反応槽4に返送される。

[0127] 酸生成槽1及び反応槽3の処理条件は以下の通りとした。

<酸生成槽>

容量：200L

HRT：2.0hr

pH：6.5

温度：30℃

[0128] <反応槽>

容量：約400L

HRT：6.0hr

上昇流速(LV)：10m/hr

pH：7.0

担体充填率：40%

[0129] また、気泡分離配管5の仕様及び条件は次の通りである。

<気泡分離配管>

落差(鉛直部長さ)：50cm

直径：15cm

断面積：177cm²

気泡分離配管内流速(LV)：1.0m/hr

[0130] また、処理水槽6から反応槽4へ返送される処理水中の担体濃度は1.0～10.0%であった。

[0131] 反応槽に充填する担体としては、表1に示す大きさ(円柱の高さの寸法)及び沈降速度のポリオレフィン系樹脂担体を用い、処理の開始に当っては種汚泥として分散状の嫌気汚泥を反応槽3に投入した。また、原水の通水開始から、得られた処理水のCOD_{Cr}濃度を測定し、処理水COD_{Cr}濃度200mg/L以下となるような条件で徐々に負荷を上げてゆく処理を行った。

[0132] 各々の処理結果を表1に示した。

[0133] [表1]

	用いた担体		処理結果
	大きさ (mm)	沈降速度 (m/hr)	
実施例1	3	250	運転を継続すると反応槽3内で浮上する担体の割合は、1日当たり1～2Lで安定した。気泡を分離した担体をポンプP ₂ により反応槽3に返送することにより、全体の処理能力は15kg-COD _{Cr} /m ³ /dayまで上昇し、安定的に処理を行うことができた。
比較例1	3	150	反応槽3から流出した担体の回収、返送は良好に行えたが、運転を継続しても反応槽3内で浮上する担体の割合が減少せず、1日当たり10～20Lの担体が流出した。気泡を分離した担体をポンプP ₂ により反応槽3に返送したが、機械的摩擦により生物膜が剥離し、全体の処理能力は5kg-COD _{Cr} /m ³ /day程度にとどまった。
比較例2	3	550	運転を継続すると反応槽3で浮上する担体の割合は、1日当たり1～2Lで安定し、気泡を分離した担体をポンプP ₂ により反応槽3に返送を行うことができた。しかし、運転を継続すると反応槽3内の担体が固着し、塊となって浮上したため、運転を継続することができなかった。担体の流動が十分でなかったため、生物膜が肥大化し固着してしまったものと思われた。

[0134] 以上の結果から、第1発明によれば、非生物担体を用いた嫌気性処理において、微細な気泡が付着することにより担体が浮上、流出してしまう現象が起きた場合でも、特定の大きさと沈降速度を有する非生物担体を用い、反応槽から流出した担体の表面に付着した気泡を除去することにより沈降させ、処理水と分離してからポンプを用いて反応槽に返送することにより、高負荷で安定した処理を行えることが分かる。

[0135] 以下に実施例2～4及び比較例3～5を挙げて第2発明をより具体的に説明する。

[0136] 以下の実施例2～4及び比較例3～5で用いた流動性非生物担体の仕様は表2に示す通りであり、発泡体の構成材料としてのポリオレフィン系樹脂としては、ポリエチレン(MF115g/10min)を用い、親水化剤としては、だ円形状で、100メッシュパスの木粉を用い、無機粉末としては硫酸バリウムを用いた。また、担体はいずれも円柱形状であり、担体の大きさとはその円柱の高さである。

[0137]

[表2]

	担体No.	発泡体の材料割合(重量%)			メルトフラクチャー 状態 (A/B比)	見かけ比重 (g/ml)	大きさ (mm)	沈降速度 (m/hr)
		ポリオレフィン系 樹脂	親水化剤	無機粉末				
実施例の 担体	A-1	50	40	10	3.5	0.35	4	200
	A-2	80	10	10	3.5	0.45	4	500
	A-3	80	20	0	3.5	0.40	4	300
比較例の 担体	B-1	50	50	0	3.5	0.25	4	150
	B-2	70	10	20	3.5	0.65	4	600
	B-3	80	10	10	1.0	0.45	4	500

[0138] [実施例 2～4、比較例 3～5]

図 2 に示す嫌気性処理装置により、糖と有機酸主体の合成排水 (COD_{Cr} 濃度: 2000 mg/L 、グルコース: $1000 \text{ mg-COD}_{\text{Cr}}/\text{L}$ 、酢酸: $1000 \text{ mg-COD}_{\text{Cr}}/\text{L}$ 、 $\text{pH} 7.0$) を原水として通水試験を行った。

この嫌気性処理装置は、原水を酸生成槽 1 で処理した後、ポンプ P_1 で pH 調整槽 2 に送給して pH 調整し、 pH 調整水をポンプ P_2 により流動性非生物担体 4 を充填した反応槽 3 に上向流で通水して処理するものである。反応槽 3 の流出水は一部が循環水として pH 調整槽 2 に循環され、残部が処理水として系外へ排出される。酸生成槽 1 内の水はポンプ P_0 により循環されている。酸生成槽 1 及び pH 調整槽 2 には、 pH 調整のためにアルカリ剤として水酸化ナトリウムが添加される。1 A, 2 A は pH 計であり、3 A, 3 B はスクリーンである。

[0139] 酸生成槽 1 及び反応槽 3 の処理条件は以下の通りとした。

<酸生成槽>

容量: 6.7 L

HRT: 2 hr

pH : 6.5

温度: 30°C

[0140] <反応槽>

容量: 約 10 L (直径 15 cm 、高さ 60 cm)

HRT: 3 hr

上昇流速 (LV): 10 m/hr

pH : 7.0

担体充填率: 40%

[0141] 処理水量は約 80.4 L/day (流入 COD_{Cr} 量: 約 160.8 g/day) とし、処理開始に当っては、反応槽 3 に種汚泥として分散状の嫌気汚泥 (10 g-VSS/L) を 2 L 投入した。

[0142] 実施例 2 ～ 4 及び比較例 3 ～ 5 においては、反応槽 3 に、それぞれ表 3 に示す担体を充填したこと以外は同様にして処理を行った。このときの処理能力及び COD_{Cr} 除去率と、反応槽 3 内の担体の状態を表 3 に示す。

[0143]

[表3]

	用いた担体	処理能力(槽負荷) (g-COD _{Cr} /L/day)		COD _{Cr} 除去率(%)			担体の状態
		酸生成槽	反応槽	酸生成槽	反応槽	合計	
実施例2	A-1	6.0	8.8	25	55	80	浮上、閉塞なく運転された。
実施例3	A-2	6.7	8.5	28	53	81	浮上、閉塞なく運転された。
実施例4	A-3	6.2	8.8	26	55	81	浮上、閉塞なく運転された。
比較例3	B-1	6.0	8.0	25	50	75	担体が浮上してスカム化、閉塞を起こした。
比較例4	B-2	6.2	9.6	26	60	86	排水の入口付近で生物膜が蓄積、閉塞を起こし安定運転できなかった。
比較例5	B-3	6.0	2.9	25	18	43	担体に生物膜が十分形成されず、除去能力は低かった。

[0144] 表3より、第2発明によれば、流動性非生物担体を用いる嫌気性処理にお

いて、担体の浮上、固着による閉塞現象を起すことなく、高負荷で安定した処理を行うことができることが分かる。

[0145] 以下に実施例及び比較例を挙げて第3発明をより具体的に説明する。

[0146] [実施例5]

図3に示す生物処理装置により、糖主体の合成排水(COD_{Cr} 濃度 1000 mg/L (COD 成分の内訳:糖60重量%、タンパク20重量%、エタノール20重量%)、 pH 6.8)を原水として処理を行った。

この生物処理装置は、原水を pH 調整槽11に導入して pH 調整した後、ポンプPにより反応槽12に上向流で通水し、反応槽12の流出水の一部を循環水として pH 調整槽11に循環すると共に、残部を処理水として系外へ排出するものである。11Aは pH 計、12A, 12Bはスクリーンである。

[0147] 運転開始時に、反応槽(容量10L、直径15cm、高さ約65cm)12に、ポリオレフィン系樹脂製担体(円柱形、直径2mm、長さ3~4mm)4Lと種汚泥としてメタン菌グラニュール(汚泥濃度 60 g-VSS/L 、平均粒径2.3mm)0.5Lを加え、原水は pH 調整槽11でアルカリ剤として水酸化ナトリウムを添加して pH 7.0に調整した後、ポンプPにより反応槽12に以下の条件で上向流通水した。

[0148] <通水条件>

HRT: 2hr

上昇流速(LV): 3 m/hr

循環水流量: 890 mL/min

温度: 30°C

[0149] その結果、運転開始後数日で処理能力(負荷)は $10\text{ kg-COD}_{\text{Cr}}/\text{m}^3/\text{day}$ (汚泥負荷として $1.3\text{ kg-COD}_{\text{Cr}}/\text{kg-VSS}/\text{day}$)に到達した。このとき、反応槽12内の担体にはまだ生物膜が形成されていないため、投入した種汚泥が処理を行っていることになる。その後、60日程度の運転で種汚泥として添加したメタン菌グラニュールは徐々に解体、分

散化して反応槽から流出していき、その代わりに担体表面に生物膜が形成され、処理を行うようになった。

この実施例 1 における処理能力の経時変化を図 4 に示す。

[0150] [比較例 6]

実施例 5 において、運転開始時に、種汚泥として、メタン菌グラニュールの代りに分散嫌気汚泥（下水の消化汚泥、汚泥濃度 40 g-VSS/L ）6 L を加えたこと以外は同様にして処理を行った。

その結果、運転開始後数日で種汚泥として投入した分散汚泥は全て流出してしまい、わずかに付着した微生物により担体表面に生物膜が形成されていたが、処理能力（負荷）が $10 \text{ kg-COD}_c/\text{m}^3/\text{day}$ に到達するためには約 90 日の運転が必要であった。

この比較例 6 における処理能力の経時変化を図 5 に示す。

[0151] 実施例 5 及び比較例 6 の結果より、非生物担体を用いた嫌気性処理において、種汚泥として従来の分散汚泥に代えてメタン菌グラニュールを用いる本発明によれば、低濃度廃水の処理であっても、通水開始後早期に処理能力を発揮させることができ、また、その後の運転で活性の高い生物膜を担体表面に形成させることにより、安定な高負荷運転を行えることが分かる。

[0152] 本発明を特定の態様を用いて詳細に説明したが、本発明の意図と範囲を離れることなく様々な変更が可能であることは当業者に明らかである。

なお、本出願は、2010 年 11 月 24 日付で出願された日本特許出願（特願 2010-261349）、2010 年 11 月 24 日付で出願された日本特許出願（特願 2010-261353）及び 2010 年 11 月 25 日付で出願された日本特許出願（特願 2010-262504）に基づいており、その全体が引用により援用される。

- [0153]
- 1 酸生成槽
 - 2 pH 調整槽
 - 3 反応槽
 - 4 流動性非生物担体

- 5 気泡分離配管
- 6 処理水槽
- 1 1 p H調整槽
- 1 2 反応槽
- 1 3 流動性非生物担体
- 1 4 メタン菌グラニュール

請求の範囲

- [請求項1] 流動性の非生物担体を充填した反応槽に嫌気条件下で被処理水を通水し、該非生物担体の表面に生物膜を形成させて被処理水を処理する嫌気性処理方法において、
- 大きさが1.0～5.0mmで、沈降速度が200～500m/hの非生物担体を該反応槽に充填し、
- 該反応槽から流出した処理水に含まれる該担体に付着した気泡を分離除去した後、該担体を該反応槽に返送することを特徴とする嫌気性処理方法。
- [請求項2] 請求項1において、該反応槽から流出した該担体を含む処理水を、落差50cm以上の配管に下向流で流通させることにより、該担体に付着した気泡を分離除去することを特徴とする嫌気性処理方法。
- [請求項3] 請求項1又は2において、該気泡を分離除去した担体と処理水とをスクリーン又は沈殿槽で分離した後、ポンプにより該反応槽に返送することを特徴とする嫌気性処理方法。
- [請求項4] 流動性の非生物担体を充填した反応槽に嫌気条件下で被処理水を通水し、該非生物担体の表面に生物膜を形成させて被処理水を処理する嫌気性処理装置において、
- 該反応槽に充填される担体の大きさが1.0～5.0mmで、沈降速度が200～500m/hであり、
- 該反応槽から流出した処理水に含まれる該担体に付着した気泡を分離除去する手段と、該気泡が分離除去された担体を該反応槽に返送する手段とを有することを特徴とする嫌気性処理装置。
- [請求項5] 請求項4において、該担体に付着した気泡を分離除去する手段が、該反応槽から流出した該担体を含む処理水が下向流で流通される落差50cm以上の配管であることを特徴とする嫌気性処理装置。
- [請求項6] 請求項4又は5において、該気泡が分離除去された担体を該反応槽に返送する手段が、該気泡が分離除去された担体と処理水とを分離す

るためのスクリーン又は沈殿槽と、該スクリーン又は沈殿槽を経た担体を該反応槽に返送するためのポンプとを備えることを特徴とする嫌気性処理装置。

[請求項7] 流動性の非生物担体を充填した反応槽に嫌気条件下で被処理水を通水し、該非生物担体の表面に生物膜を形成させて被処理水を処理する嫌気性処理方法において、該非生物担体が以下の（I）及び／又は（II）の発泡体よりなり、該担体の大きさが1.0～5.0 mmであり、該担体の沈降速度が200～500 m/h rであることを特徴とする嫌気性処理方法。

（I） ポリオレフィン系樹脂を主体とする樹脂成分30～95重量％と、セルロース系粉末の親水化剤5～70重量％とを含む発泡体であって、表面がメルトフラクチャー状態を有する発泡体

（II） ポリオレフィン系樹脂を主体とする樹脂成分30～95重量％と、セルロース系粉末の親水化剤4～69重量％と、無機粉末1～30重量％とを含む発泡体であって、表面がメルトフラクチャー状態を有する発泡体

[請求項8] 請求項7において、前記発泡体の表面のメルトフラクチャー状態が、下記式（1）で示される比表面積比を満たすものであることを特徴とする嫌気性処理方法。

$$B/A = 1.5 \sim 4.0 \quad \cdots (1)$$

（式（1）中、Aは発泡体の見かけの比表面積、Bは発泡体の実比表面積を示す。）

[請求項9] 請求項7において、前記親水化剤は、前記発泡体の表面に露出ないし突出していることを特徴とする嫌気性処理方法。

[請求項10] 請求項7において、前記樹脂成分のメルトフローインデックスが5～25 g/10 minであることを特徴とする嫌気性処理方法。

[請求項11] 請求項10において、前記樹脂成分は、ポリエチレン、或いは、ポリエチレンと、ポリプロピレン、ポリスチレン及びエチレンー酢酸ビ

ニル共重合体よりなる群から選ばれる１種又は２種以上との混合物であることを特徴とする嫌気性処理方法。

[請求項12] 請求項7において、前記発泡体の発泡倍率が２～１０倍、見かけ容積から求められる比重が０．１０～０．８０ｇ／ｍｌであることを特徴とする嫌気性処理方法。

[請求項13] 請求項7ないし12のいずれか１項において、前記反応槽が上向流型反応槽であることを特徴とする嫌気性処理方法。

[請求項14] 流動性の非生物担体を充填した反応槽に嫌気条件下で被処理水を通水し、該非生物担体の表面に生物膜を形成させて被処理水を処理する嫌気性処理装置において、該非生物担体が以下の（I）及び／又は（II）の発泡体よりなり、該担体の大きさが１．０～５．０ｍｍであり、該担体の沈降速度が２００～５００ｍ／ｈｒであることを特徴とする嫌気性処理装置。

（I） ポリオレフィン系樹脂を主体とする樹脂成分３０～９５重量％と、セルロース系粉末の親水化剤５～７０重量％とを含む発泡体であって、表面がメルトフラクチャー状態を有する発泡体

（II） ポリオレフィン系樹脂を主体とする樹脂成分３０～９５重量％と、セルロース系粉末の親水化剤４～６９重量％と、無機粉末１～３０重量％とを含む発泡体であって、表面がメルトフラクチャー状態を有する発泡体

[請求項15] 有機物を含有する廃水を、非生物担体を保持する反応槽に通水して該担体に付着した嫌気性微生物により生物学的に処理する有機性排水の処理方法において、該反応槽の立ち上げに際して、該反応槽に非生物担体とメタン菌グラニュールとを、非生物担体とメタン菌グラニュールの体積比が１００：５～１００：５００の範囲で存在させた状態で該有機性廃水の通水を開始し、その後、有機性廃水の通水を継続することにより、該反応槽内のメタン菌グラニュールの少なくとも一部を解体、分散化させることを特徴とする有機性排水の処理方法。

- [請求項16] 請求項15において、前記有機性排水の有機物濃度が $2000\text{ mg-COD}_{\text{Cr}}/\text{L}$ 以下であることを特徴とする有機性排水の処理方法。
- [請求項17] 請求項15において、前記反応槽は流動床式反応槽であり、前記有機性排水は該反応槽に上向流で通水されることを特徴とする有機性排水の処理方法。
- [請求項18] 請求項15ないし17のいずれか1項において、該反応槽の汚泥負荷が $0.8\sim3.0\text{ kg-COD}_{\text{Cr}}/\text{kg-VSS}/\text{day}$ であることを特徴とする有機性排水の処理方法。