

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2012年2月9日(09.02.2012)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2012/017834 A1

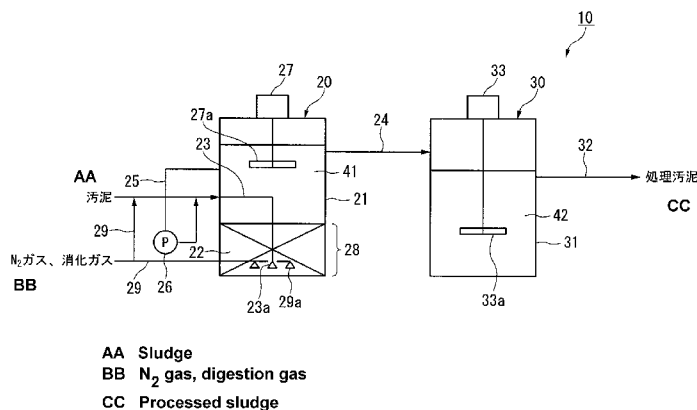
- (51) 国際特許分類: *C02F 11/04* (2006.01) *C02F 3/28* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/066611
- (22) 国際出願日: 2011年7月21日(21.07.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2010-177780 2010年8月6日(06.08.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 月島機械株式会社 (Tsukishima Kikai Co., Ltd.) [JP/JP]; 〒1040051 東京都中央区佃2丁目17番15号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中林 昭 (NAKABAYASHI Akira) [JP/JP]; 〒1040051 東京都中央区佃2丁目17番15号 月島機械株式会社内 Tokyo (JP). 森田 真由美 (MORITA Mayumi) [JP/JP]; 〒1040051 東京都中央区佃2丁目17番15号 月島機械株式会社内 Tokyo (JP). 松田 圭祐 (MATSUDA Keisuke) [JP/JP]; 〒1040051
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

[続葉有]

(54) Title: ANAEROBIC DIGESTION METHOD

(54) 発明の名称: 嫌気性消化方法

[図1]



(57) Abstract: The disclosed anaerobic digestion method biologically processes organic waste water, which contains 5000 mg/L or more of precipitated sludge obtained from sewage or waste liquid precipitation processes, sludge comprising livestock waste sludge or suspended solids, with a fixed bed (20) that uses a biological attachment vector (22) composed of spherical porous bodies. Further, a portion of the processed sludge supplied to the fixed bed (20) is sampled from an upper layer of the fixed bed (20); the sampled processed sludge is supplied to a fixed layer (28) composed of the biological attachment vector (22), which is composed of a lower layer of the fixed bed (20); and by using the biological attachment vector (22), which is composed of spherical porous bodies with an average diameter of 4.0 mm or greater, the processed sludge is circulated in the fixed bed (20) in such a manner that the processed sludge is evenly distributed without circulating the biological attachment material (22) and, also, without blocking the fixed layer (28).

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2012/017834 A1

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

---

この嫌気性消化方法は、下水もしくは廃液を沈殿操作して得られる沈殿汚泥、もしくは畜産廃棄物汚泥からなる汚泥、又は浮遊固形物を  $5000\text{mg/L}$  以上含んだ有機性排水を処理対象として、球状の多孔質体からなる生物付着担体 (22) を用いた固定床 (20) により生物学的処理する方法である。また、固定床 (20) に供給された処理対象の一部を、固定床 (20) の上層から抜き取り、その抜き取った処理対象を、固定床 (20) の下層を構成する生物付着担体 (22) からなる固定層 (28) へ供給し、平均粒径が  $4.0\text{mm}$  以上の球状の多孔質体からなる生物付着担体 (22) を用いることによって、生物付着担体 (22) を流動させず、また固定層 (28) を閉塞させることなく、処理対象を均一に分散させるように、固定床 (20) において処理対象を循環させる。

## 明 細 書

**発明の名称**：嫌気性消化方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、下水汚泥、産業廃棄物処理設備などから発生する汚泥、鶏糞などの畜産廃棄物の有機物を含有する汚泥、および、浮遊固形物（SS）を多量（5000mg/L以上）に含んだ有機性排水を固定床により嫌気性消化する嫌気性消化方法に関する。

本願は、2010年8月6日に日本に出願された特願2010-177780号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

### 背景技術

[0002] 従来、嫌気性消化方法としては、消化槽に下水汚泥などを投入して嫌気性消化により減容処理する方法が知られている。この方法は、消化槽の内部にガス攪拌または機械攪拌の手段を備え、下水汚泥などに特別の前処理を施すことなくそのまま投入して、攪拌手段によって完全に混合させることにより嫌気性消化させる方法である。

[0003] 嫌気性消化方法の一例としては、汚泥を、有機物含有固形物を含む少なくとも流動性のある高濃度スラリーに調質して、調質後の汚泥を流動媒体とし、真比重2.0以上でかつ平均粒径2.0~5.0mmφである担体を流動させることにより形成される流動床を有する嫌気性消化槽で消化する方法が開示されている（例えば、特許文献1参照）。この方法は、消化槽内での閉塞や、担体の槽外への流出などを防止し、担体に固定したメタン菌と、汚泥との接触効率の向上を図るとともに、汚泥消化の反応を高めることを目的としている。

[0004] 嫌気性消化方法の他の例としては、特許文献1に開示されている方法に加えて、流動時間に対する流動停止時間の比を30以下とし、流動床を間欠流動運転する方法が開示されている（例えば、特許文献2参照）。この方法は、流動床法の長所である消化日数の大幅短縮を維持しつつ、流動に必要なエ

エネルギーを削減することを目的としている。

[0005] 嫌気性消化方法の他の例としては、生物付着担体を用いる嫌気性流動床バイオリクターにおいて、消化日数10日以内で1次処理することにより、嫌気性流動床内の浮遊汚泥にメタン菌群を流出させ、次いで、このメタン菌群を利用した浮遊汚泥型の嫌気性バイオリクターを用いて2次処理する方法が開示されている（例えば、特許文献3参照）。この方法は、消化日数を短縮でき、高い反応効率を得られ、安価なプロセスを提供することを目的としている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

- [0006] 特許文献1：特許第2729623号公報  
特許文献2：特許第2819315号公報  
特許文献3：特許第2952301号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、上述した従来の嫌気性消化方法では、供給汚泥と生物付着担体の接触効率を向上させるために担体を流動させることから、必要なポンプ容量が大きくなり、処理コストが高くなる。

また、担体が流動することによって、担体同士が接触し、担体の表面で生育したメタン菌が剥離してしまい、保持されるメタン菌の濃度が低下し、消化反応が妨げられる。

さらに、担体同士が接触するため、担体自体が摩耗する。流動による担体の摩耗を低減するためには、担体に強度が求められるので、使用可能な担体が限定されてしまい、空隙率の大きな担体を用いることができない。結果として、処理効率が低下する。

[0008] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、固定床の下層を構成する生物付着担体からなる固定層を閉塞させることなく、汚泥を均一に分散

させることによって、汚泥と、生物付着担体に保持されたメタン菌との接触効率を向上させて、汚泥の消化反応速度を向上させるとともに、生物付着担体の摩耗を防止する嫌気性消化方法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] 本発明によれば、嫌気性消化方法は、下水もしくは廃液を沈殿操作して得られる沈殿汚泥、もしくは畜産廃棄物汚泥からなる汚泥、又は浮遊固形物を5000mg/L以上含んだ有機性排水を処理対象として、球状の多孔質体からなる生物付着担体を用いた固定床により生物学的処理する方法である。また、前記固定床に供給された処理対象の一部を、前記固定床の上層から抜き取り、その抜き取った処理対象を、前記固定床の下層を構成する生物付着担体からなる固定層へ供給し、平均粒径が4.0mm以上の球状の多孔質体からなる生物付着担体を用いることによって、前記生物付着担体を流動させず、また前記固定層を閉塞させることなく、処理対象を均一に分散させるように、前記固定床において処理対象を循環させる。
- [0010] この場合、前記固定床の全容積に対する前記生物付着担体の充填率は30～70%であることが好ましい。
- [0011] また、前記生物付着担体は、真比重が1.5～4.0g/cm<sup>3</sup>であることが好ましい。
- [0012] また、前記生物付着担体は、平均粒径が4.0mm～15.0mmであることが好ましい。
- [0013] また、前記生物付着担体は、空隙率が40～70%であることが好ましい。
- [0014] また、前記固定床において処理対象を循環させる速度は0.1m/hr～10m/hrであることが好ましい。
- [0015] また、前記固定床の上層にある処理対象を間欠的に攪拌することが好ましい。
- [0016] また、前記固定床から前記生物付着担体と接触した処理対象を流出させて、その処理対象を、後段の完全混合槽に導入し、前記完全混合槽において処

理対象を均一に攪拌、混合することにより、処理対象を生物学的処理することが好ましい。

[0017] また、前記固定床の処理対象供給管または前記固定層の下部に、前記固定床で発生した消化ガスまたは窒素ガスを供給し、前記消化ガスまたは前記窒素ガスにより前記生物付着担体を攪拌してもよい。

[0018] この場合、前記処理対象供給管または前記固定層の下部に供給する、前記消化ガスまたは前記窒素ガスの供給速度は5～40 m/h rであることが好ましい。

### 発明の効果

[0019] 本発明によれば、固定床の上層から処理対象の一部を抜き取り、その抜き取った処理対象を、固定床の下層を構成する生物付着担体からなる固定層へ供給することより、固定床において処理対象を循環させる。本発明では、平均粒径が4.0 mm以上の球状の多孔質体からなる生物付着担体を用いることによって、生物付着担体を流動させず、また固定層を閉塞させることなく、処理対象を均一に分散させることができる。これにより、処理対象と、生物付着担体に保持されたメタン菌との接触効率が向上するとともに、固定層を通過する際に処理対象に含まれる固形物の微細化が進むことから、処理対象の消化反応速度が向上する。また、生物付着担体が流動しないため、生物付着担体におけるメタン菌の増殖が促進され、固定層を構成する生物付着担体に高濃度でメタン菌が保持される。そのため、固定床内の固定層にメタン菌が高濃度で保持され、固定床における消化反応速度が増加し、運転の高効率化が可能となる。また、生物付着担体にて増殖し高濃度に保持されたメタン菌の一部が剥離して、処理対象中に供給されるので、固定床の後段に完全混合槽を設けた場合、その完全混合槽においてもメタン発酵が維持され、生物学的処理が進行する。さらに、処理対象の流れによって生物付着担体が流動することがないので、生物付着担体同士が擦れ合っ、生物付着担体が摩耗するのを防止できる。

### 図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の実施形態における嫌気性消化方法に用いられる消化装置の概略構成図である。

### 発明を実施するための形態

[0021] 本発明の嫌気性消化方法の実施の形態について説明する。

なお、この実施の形態は、発明の趣旨をより良く理解させるために具体的に説明するものであり、特に指定のない限り、本発明を限定するものではない。

[0022] 図1は、本発明の実施形態における嫌気性消化方法に用いられる嫌気性消化装置の概略構成図である。

本実施形態の嫌気性消化装置10は、固定床20と、これに接続された完全混合槽30とから概略構成されている。

固定床20は、汚泥（処理対象）を収容して消化処理を行う処理槽21と、生物付着担体22と、汚泥供給管23（処理対象供給管）と、汚泥流出管24と、汚泥循環管25と、循環ポンプ26と、攪拌機27と、ガス供給管29とから概略構成されている。

完全混合槽30は、固定床20から流出させた汚泥を収容して消化処理を行う処理槽31と、汚泥排出管32と、攪拌機33とから概略構成されている。

[0023] 固定床20において、多数の球状の生物付着担体22が、処理槽21の下部に充填されている。また、生物付着担体22からなる固定層28が固定床20の下層を構成している。生物付着担体22には、嫌気条件で有機物からメタンを生成するメタン菌が保持される。

汚泥供給管23は、処理槽21の外部から内部に汚泥を供給（導入）する。汚泥供給管23の先端に設けられたノズル23aは、固定層28内に配置されている。

汚泥流出管24は、固定床20の上層から、その外部（詳細には、完全混合槽30）に汚泥を流出させる。汚泥流出管24は、処理槽21の上部を基端として完全混合槽30の処理槽31まで設けられている。

[0024] 汚泥循環管 25 は、固定床 20 の上層から汚泥の一部を抜き取り、その抜き取った汚泥を固定層 28 に均一に供給するために設けられる。汚泥循環管 25 は、処理槽 21 の上部を基端として汚泥供給管 23 まで設けられており、処理槽 21 の外部において汚泥供給管 23 に接続されている。なお、処理槽 21 の汚泥循環管 25 との接続箇所は、処理槽 21 の汚泥流出管 24 との接続箇所よりも、鉛直方向下側に位置している。また、本実施形態では、汚泥循環管 25 は汚泥供給管 23 に接続されているが、汚泥循環管 25 の先端が直接に固定層 28 内に配置されていてもよい。

また、汚泥循環管 25 の途中には、固定床 20 の上層から汚泥の一部を抜き取り、その抜き取った汚泥を固定層 28 に供給するための循環ポンプ 26 が設けられている。

攪拌機 27 は、固定床 20 の上層にある汚泥を攪拌する。攪拌機 27 は、処理槽 21 の上部に設けられている。攪拌機 27 の攪拌羽根 27 a は、処理槽 21 内の上部（固定床 20 の上層）に配置されている。

[0025] ガス供給管 29 は途中で 2 つに分岐されている。2 つに分岐されたガス供給管 29 の一方は、汚泥供給管 23 の途中に接続されている。2 つに分岐されたガス供給管 29 の他方の先端には、ノズル 29 a が設けられている。ノズル 29 a は、固定層 28 内の下部に配置されている。

ガス供給管 29 は、汚泥供給管 23（詳細には、ノズル 23 a）または固定床 20 の下層を構成する固定層 28 の下部に、固定床 20 で発生した消化ガス、又は固定床 20 とは別体のガス供給源からの窒素ガスを供給する。これらのガスは、固定層 28 が汚泥に含まれる固形物などで閉塞し、汚泥循環管 25 によって循環された汚泥（循環汚泥）が固定層 28 内に均一に分散せずに偏流（チャンネルング）を起こし、固定床 20 の処理性能が低下した場合に、ガス供給管 29 から供給される。これらのガスの供給により、固定層 28 を構成する生物付着担体 22 が攪拌される。

[0026] 汚泥排出管 32 は、完全混合槽 30 の上層から、その外部に消化処理後の汚泥を排出させる。汚泥排出管 32 は、処理槽 31 の上部に設けられている



。

攪拌機 33 は、処理槽 31 内の汚泥を均一に攪拌する。攪拌機 33 は、処理槽 31 の上部に設けられている。攪拌機 33 の攪拌羽根 33 a は、処理槽 31 内の中央部に配置されている。

[0027] 次に、この嫌気性消化装置 10 を用いた嫌気性消化方法を説明する。

まず、固定床 20 の外部から処理対象である汚泥 41 を、汚泥供給管 23 を介して、処理槽 21 内に供給する。汚泥 41 は、下水もしくは廃液を沈殿操作して得られる沈殿汚泥、又は畜産廃棄物汚泥からなる。

汚泥供給管 23 を介して処理槽 21 内に供給される汚泥 41 は、汚泥供給管 23 の先端に設けられたノズル 23 a から、固定層 28 に均一に供給される。このとき、固定層 28 を構成する多数の生物付着担体 22 に直接、接触するように、ノズル 23 a から汚泥 41 が吐出される。

[0028] 処理槽 21 における汚泥 41 の消化では、処理槽 21 内の汚泥 41 の温度を、好ましくは 30～38℃に調節する。ただし、汚泥 41 の温度は、50～55℃であってもよい。

[0029] 処理槽 21 内への供給汚泥量が所定量に達した後、固定床 20 の外部からの汚泥 41 の供給を停止する。固定床 20 に供給された汚泥 41 の一部を、固定床 20 の上層から汚泥循環管 25 を介して抜き取り、その抜き取った汚泥 41 を、汚泥循環管 25 および汚泥供給管 23 を介して、固定層 28 に均一に供給することにより、固定床 20 において汚泥 41 を循環させる。すなわち、処理槽 21 内の汚泥 41 を、固定層 28、固定床 20 の上層、汚泥循環管 25、汚泥供給管 23、固定層 28、の順に循環させる。これにより、汚泥 41 が固定層 28 を通過する。より詳細には、汚泥 41 が、固定層 28 を構成する多数の生物付着担体 22 の間を通過する。汚泥 41 が、多数の生物付着担体 22 の間を通過することにより、汚泥 41 に含まれる固形物が微細化される。

[0030] ただし、固定床 20 における汚泥 41 の循環は、汚泥 41 の流れによって生物付着担体 22 が流動しないように、非常にゆっくり行われる。

すなわち、汚泥41を、固定床20の上層から固定層28へ循環させる速度（空塔速度）は0.1m/h r~10m/h rであることが好ましく、より好ましくは0.12m/h r~3m/h rである。

汚泥41を循環させる速度がこの範囲内であれば、本発明で用いられる粒径（詳細は後述する）の生物付着担体22においては、通常、汚泥41が固定層28を閉塞することがなく、汚泥41がほぼ均一に固定層28内に分散し、ほとんど偏流（チャンネルング）を起こすことがない。そのため、汚泥41と生物付着担体22に保持されたメタン菌との接触効率が向上し、汚泥41の消化効率が向上する。

また、生物付着担体22が流動しないため、多数の生物付着担体22同士が接触することによるメタン菌の生物付着担体22からの剥離が防止される。そのため、生物付着担体22におけるメタン菌の増殖が促進され、生物付着担体22にメタン菌が高濃度に保持される。よって、メタン菌が高濃度に保持された固定層28における汚泥41の消化効率が向上する。

さらに、汚泥41の流れによって生物付着担体22が流動することがないので、生物付着担体22同士が擦れ合って、生物付着担体22が摩耗することがない。生物付着担体22同士が接触しないので、担体に求められる強度の条件を緩和でき、空隙率の大きな担体を用いることができる。よって、担体により多くのメタン菌を保持することが可能となる。

[0031] 汚泥41を循環させる速度が0.1m/h r未満では、固定層28内を通過する汚泥41の流速が非常に遅くなる。そのため、固定層28内全体を汚泥41が通過せず、偏流（チャンネルング）を起こし、消化効率が低下する可能性がある。

一方、汚泥41を循環させる速度が10m/h rを超えると、生物付着担体22から剥離するメタン菌量が増加し、メタン菌が高濃度に保持され難くなり、汚泥41の消化効率が低下する可能性がある。また、汚泥41の流れによって生物付着担体22が流動すると、生物付着担体22同士が擦れ合って、生物付着担体22が摩耗する可能性がある。さらに、循環ポンプ26の

消費エネルギーが増大する。

- [0032] 固定床20の全容積、すなわち、処理槽21の全容積に対する生物付着担体22の充填率は30～70%であることが好ましく、より好ましくは40～60%である。

生物付着担体22の充填率がこの範囲内であれば、処理槽21内の汚泥41と生物付着担体22は、完全に処理槽21上部で分離され、汚泥循環管25内に生物付着担体22が流れ込むことが防止される。また、汚泥41と、生物付着担体22に保持されたメタン菌との接触効率が向上し、汚泥41の消化効率が向上する。

生物付着担体22の充填率が30%未満では、処理槽21内の汚泥41と、生物付着担体22に保持されたメタン菌との接触効率が低下し、汚泥41の消化効率が低下する可能性がある。一方、生物付着担体22の充填率が70%を超えると、汚泥41と生物付着担体22が完全に処理槽21上部で分離されず、汚泥循環管25内に生物付着担体22が流れ込み、循環ポンプ26で生物付着担体22が破損する可能性がある。

- [0033] 生物付着担体22としては、粘土系の材料を焼結してなる球状の多孔質体を用いられる。粘土系の材料としては、カオリン、ベントナイト、麦飯石などが挙げられる。

- [0034] 生物付着担体22は、真比重が1.5～4.0 g/cm<sup>3</sup>であることが好ましく、より好ましくは1.6～2.7 g/cm<sup>3</sup>である。

生物付着担体22の真比重がこの範囲内であれば、汚泥41の流れによって生物付着担体22が流動することがないので、生物付着担体22同士が擦れ合って、生物付着担体22が摩耗することがない。また、生物付着担体22の空隙率を所定の範囲にすることができるので、メタン菌を生物付着担体22に高濃度に保持させることができる。

生物付着担体22は、処理槽21内の汚泥41と、完全に処理槽21の上部で分離され、汚泥循環管25内に生物付着担体22が流れ込むことが防止されるため、循環ポンプ26で生物付着担体22が破損されない。また、汚

泥41と生物付着担体22が完全に処理槽21上部で分離され、完全混合槽30に生物付着担体22が流出しないので、処理槽21内にメタン菌を高濃度に保持させることができる。

[0035] 生物付着担体22の真比重が $1.5\text{ g/cm}^3$ 未満では、汚泥41の流れによって生物付着担体22が流動し、生物付着担体22同士が擦れ合っ、生物付着担体22が摩耗する可能性がある。また、生物付着担体22は、処理槽21内の汚泥41と、完全に処理槽21の上部で分離されず、汚泥循環管25内に生物付着担体22が流れ込み、循環ポンプ26で生物付着担体22が破損される可能性がある。一方、生物付着担体22の真比重が $4\text{ g/cm}^3$ を超えると、通常の粘土系の安価な材料では製作できず、経済面から実用的でなくなる。

[0036] 生物付着担体22は、平均粒径が $4.0\text{ mm}\sim 15.0\text{ mm}$ であることが好ましく、より好ましくは $5.0\text{ mm}\sim 10.0\text{ mm}$ である。

生物付着担体22の平均粒径がこの範囲内であれば、汚泥41が固定層28を閉塞させることなく、汚泥41を固定層28に均一に分散させることができる。そのため、処理槽21内の汚泥41と、生物付着担体22に保持されたメタン菌との接触効率が向上し、汚泥41の消化効率が向上する。さらに、生物付着担体22は、処理槽21内の汚泥41と、完全に処理槽21の上部で分離され、汚泥循環管25内に生物付着担体22が流れ込むことが防止されるので、循環ポンプ26で生物付着担体22が破損されない。

[0037] 生物付着担体22の平均粒径が $4.0\text{ mm}$ 未満では、汚泥41が固定層28を閉塞させ、ブリッジングが発生したり、汚泥41が固定層28で偏流（チャンネルリング）を起こす可能性がある。また、生物付着担体22は、処理槽21内の汚泥41と、完全に処理槽21の上部で分離されず、汚泥循環管25内に生物付着担体22が回り込み、循環ポンプ26で生物付着担体22が破損される可能性がある。

一方、生物付着担体22の平均粒径が $15.0\text{ mm}$ を超えると、生物付着担体22の表面積が小さくなり、処理槽21内の汚泥41と、生物付着担体

22に保持されたメタン菌との接触効率が低下し、汚泥41の消化効率が低下する可能性がある。また、汚泥41に含まれる固形物が、生物付着担体22の間を通過しても、生物付着担体22間の間隔が大きすぎるために、その固形物の微細化が進まなくなる可能性がある。

[0038] 生物付着担体22は、空隙率が30～70%であることが好ましく、より好ましくは40～60%である。

生物付着担体22の空隙率がこの範囲内であれば、生物付着担体22にメタン菌が高濃度に保持され、汚泥41の消化効率が向上する。

生物付着担体22の空隙率が30%未満では、生物付着担体22にメタン菌が高濃度に保持され難くなり、汚泥41の消化効率が低下する可能性がある。一方、生物付着担体22の空隙率が70%を超えると、生物付着担体22の強度が低下し、時間の経過に伴って、生物付着担体22が摩耗したり、破損したりする可能性がある。

[0039] 処理槽21内において、汚泥41の循環は、通常、常時、連続的に行う。ただし、好ましくは、処理槽21内への外部からの汚泥の供給が短時間の場合は、汚泥41の循環を停止する。

その理由は、処理槽21において、汚泥41が循環されている時、処理槽21内の汚泥41は非常に良く混合されており、完全混合状態に近い。この場合、新たに処理槽21内へ汚泥が供給されると、処理槽21の収容可能量は一定であるので、供給された汚泥量と等しい汚泥量が、処理槽21から流出し、完全混合槽30に供給される。この時、処理槽21における汚泥の滞留時間が非常に短いため、ほとんど処理されない汚泥の一部が処理槽21から流出する。これに対して、汚泥41の循環を停止すると、固定層28に供給された汚泥41が、処理槽21の上部へ上昇する速度が遅いため、汚泥41の攪拌が緩やかとなり、処理槽21では押し出し流れ（ピストン流れ）の状態になる。そのため、処理槽21で処理された汚泥のみが処理槽21の上部から流出するので、ほとんど処理されていない汚泥の流出が防止され、処理効率を向上できる。

[0040] また、汚泥の消化処理の途中で、攪拌機 27 によって、固定床 20 の上層にある汚泥 41 を間欠的に攪拌することが好ましい。これにより、固定床 20 の上層に形成されたスカムと呼ばれる、スポンジケーキ状の汚泥を破壊でき、汚泥 41 の消化によって発生したガスを抜けやすくすることができる。

[0041] 攪拌機 27 により汚泥 41 を攪拌する頻度は、5 分～1 時間毎であることが好ましい。

また、1 回当たりの攪拌時間は、1 分～5 分であることが好ましい。さらに、処理槽 21 への外部からの汚泥の供給中に、汚泥 41 の循環が停止されている場合には、処理槽 21 の押し出し流れを維持するために、攪拌機 27 による攪拌を停止することが好ましい。

[0042] また、固定床 20 における汚泥 41 の循環、すなわち、汚泥 41 の消化処理が進行した後、固定床 20 から汚泥 41 を流出させて、その汚泥 41 を、完全混合槽 30 の処理槽 31 内に導入させる。そして、攪拌機 33 によって、処理槽 31 内の汚泥 42 を均一に攪拌、混合することにより、処理槽 21 内の固定層 28 に高濃度に保持されたメタン菌から一部剥離したメタン菌によって、汚泥 42 を生物学的処理する。

[0043] 処理槽 31 における汚泥 42 の消化では、処理槽 31 内の汚泥 42 の温度を、好ましくは 30～38℃に調節する。ただし、ただし、汚泥 42 の温度は、50～55℃であってもよい。

処理槽 31 内において、汚泥 42 を常時、均一に攪拌する。

[0044] この実施形態の嫌気性消化方法によれば、固定床 20 の上層から汚泥 41 の一部を抜き取り、その抜き取った汚泥 41 を、固定床 20 の下層を構成する生物付着担体 22 からなる固定層 28 へ均一に供給し、固定床 20 において汚泥 41 を循環させる。そのため、汚泥 41 と、生物付着担体 22 に高濃度に保持されたメタン菌との接触効率が向上するとともに、固定層 28 を通過する際に汚泥 41 に含まれる固形物の微細化が進むので、汚泥 41 の消化反応速度が向上する。

[0045] また、生物付着担体 22 として、上記の真比重、平均粒径、空隙率を有す

るものを用いることにより、固定層 28 を閉塞させることなく、汚泥 41 を固定層 28 に均一に分散させることができる。そのため、生物付着担体 22 に高濃度のメタン菌を保持することができ、メタン発酵の律速となっているメタン菌濃度が増加し、汚泥 41 の消化効率が向上し、ひいては、汚泥 41 の消化反応速度が向上する。したがって、従来、汚泥の消化に 4 ~ 30 日要していたのに対して、本実施形態では消化時間を 1 ~ 2 日に短縮することができる。これにより、消化装置の設備費を大幅に削減することができる。

[0046] また、汚泥 41 を非常にゆっくりと循環させ、さらに生物付着担体 22 を流動させる必要がないので、循環ポンプ 26 の容量を従来の 1 / 50 ~ 1 / 100 にすることができる。そのため、循環ポンプのイニシャルコスト、ランニングコストを大幅に削減することができる。

また、汚泥 41 を非常にゆっくりと循環させ、汚泥 41 の流動によって生物付着担体 22 が流動することがないので、生物付着担体 22 同士が擦れ合って、生物付着担体 22 が摩耗するのを防止できる。

[0047] さらに、固定床 20 にて処理した汚泥 41 を、完全混合槽 30 で処理することにより、より効率的に消化を行うことができる。

[0048] なお、本実施形態では処理対象として、下水もしくは廃液を沈殿操作して得られる沈殿汚泥、又は畜産廃棄物汚泥からなる汚泥を用いたが、これらに限定されるものではない。その他の汚泥、又は浮遊固形物 (SS) を 5000 mg / L 以上含んだ有機性排水を、本実施形態の嫌気性消化方法を用いて処理してもよい。

## 実施例

[0049] 以下、実施例および比較例により本発明をさらに具体的に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

[0050] 「実施例 1」

図 1 に示した消化装置 10 と同様の装置を用いて、汚泥の消化を行った。固定床 20 の処理槽 21 としては、容量が 2 L (リットル) の槽を用いた。

。

固定床20における生物付着担体22としては、粘土系の材料を焼結し、真比重が $1.7 \text{ g/cm}^3$ 、粒径が約 $10 \text{ mm}$ 、空隙率が約 $50\%$ の球状の多孔性セラミックスボールを用いた。

固定床20において、処理槽21の全容積に対する生物付着担体22の充填率を約 $50\%$ とした。

処理槽21に、下水処理場の初沈汚泥と余剰汚泥の混合汚泥（混生汚泥）で、汚泥濃度（TS） $18,500 \text{ mg/L}$ 、有機物含有量（VTS） $74\%$ の汚泥を、1日当たり $1 \text{ L}$ （リットル）供給した。また、処理槽21内の汚泥41の温度を $35^\circ\text{C}$ に調節し、固定床20の上層から汚泥41の一部を抜き取り、その抜き取った汚泥41を固定層28に供給し、消化日数2日で、汚泥41の消化を行った。

また、処理槽21内において、汚泥41を循環させる速度を、 $4 \text{ L/hr}$ とした。

シナガワ社製の湿式ガスメーターにより、汚泥41の消化反応中に発生した、投入汚泥 $1 \text{ L}$ （リットル）当たりのガスの量を測定し、汚泥41の汚泥濃度（TS）、汚泥41の消化率を算出した。結果を表1に示す。

また、湿式のレーザ回折散乱式粒径分布測定法により、固定床20での処理後の汚泥41に含まれる固形物の平均粒径を測定した。結果を表2に示す。

[0051] さらに、固定床20における処理が進行した汚泥41を、完全混合槽30の処理槽31内に導入し、処理槽31内の汚泥42の温度を $35^\circ\text{C}$ に調節し、攪拌機33によって、汚泥42を均一に攪拌、混合することを2日間行い、汚泥42の消化を行った。

完全混合槽30の処理槽31としては、容量が $2 \text{ L}$ （リットル）の槽を用いた。

シナガワ社製の湿式ガスメーターにより、汚泥42の消化反応中に発生した、投入汚泥 $1 \text{ L}$ （リットル）当たりのガスの量を測定し、汚泥42の汚泥濃度（TS）、汚泥42の消化率を算出した。結果を表1に示す。



[0052] 「比較例 1」

実施例 1 で処理したのと同様の汚泥を、完全混合槽の処理槽内に供給し、処理槽内の汚泥の温度を 35℃に調節し、攪拌機によって、汚泥を均一に攪拌、混合することを 10 日間行い、汚泥の消化を行った。

完全混合槽の処理槽としては、容量が 2 L (リットル) の槽を用いた。実施例 1 と同様にして、汚泥の消化反応中に発生した、投入汚泥 1 L (リットル) 当たりのガスの量を測定し、汚泥の汚泥濃度 (TS)、汚泥の消化率を算出した。結果を表 1 に示す。

また、実施例 1 と同様にして、処理後の汚泥に含まれる固形物の平均粒径を測定した。結果を表 2 に示す。

[0053] [表1]

		汚泥濃度 (TS) (mg/L)	消化率 (%)	ガス発生量 (L/日)	投入汚泥当たりの ガス発生量 (L/L)
実施例 1	固定床	13,000	33	2.60	2.6
	完全混合槽	12,500	35	1.20	1.2
	合計	-	-	3.80	3.8
比較例 1		12,800	32	0.51	2.5

[0054] [表2]

	50%D (μm)	90%D (μm)
実施例 1	87	170
比較例 1	90	180

[0055] 表 1 の結果から、実施例 1 の固定床 20 における処理時間は、比較例 1 の完全混合型の処理時間の 1 / 5 であるにもかかわらず、実施例 1 の処理では、比較例 1 の処理と同等量のガスが発生し、比較例 1 の処理と同等の消化率が達成されたことが確認された。

また、実施例 1 では、固定床 20 の後段に完全混合槽 30 を設けることにより、最終的なガス発生量が 3.8 L / L となり、比較例 1 の 2.5 L / L よりも大幅に向上することが確認された。

[0056] 表 2 の結果から、実施例 1 では、汚泥が固定層 28 を通過することによっ

て、汚泥に含まれる固形物の微細化が進んでいることが確認された。したがって、実施例 1 では、汚泥 4 1 の消化分解が促進されていると推察される。

[0057] 「実施例 2」

処理槽 2 1 に、下水処理場の初沈汚泥と余剰汚泥の混合汚泥（混生汚泥）で、汚泥濃度（TS）22, 500 mg/L、有機物含有量（VTS）77%の汚泥を、1日当たり2L（リットル）供給した。また、固定床 2 0 の上層から汚泥 4 1 の一部を抜き取り、その抜き取った汚泥 4 1 を固定層 2 8 に供給し、消化日数 1 日で、実施例 1 と同様にして、汚泥 4 1 の消化を行った。

実施例 1 と同様にして、汚泥の消化反応中に発生した、投入汚泥 1 L（リットル）当たりのガスの量を測定し、汚泥の汚泥濃度（TS）、汚泥の消化率を算出した。結果を表 3 に示す。

[0058] 「比較例 2」

実施例 2 で処理したのと同様の汚泥を、完全混合槽の処理槽内に供給し、処理槽内の汚泥の温度を 35℃に調節し、攪拌機によって、汚泥を均一に攪拌、混合することを 10 日間行い、汚泥の消化を行った。

実施例 1 と同様にして、汚泥の消化反応中に発生した、投入汚泥 1 L（リットル）当たりのガスの量を測定した。結果を表 3 に示す。

[0059] [表3]

		汚泥濃度 (TS) (mg/L)	消化率 (%)	ガス発生量 (L/日)	投入汚泥当たりの ガス発生量 (L/L)
実施例 2	固定床	17,000	20	6.7	3.4
	完全混合槽	15,000	34	2.5	1.3
	合計	-	-	9.2	4.7
比較例 2		14,000	36	0.93	4.7

[0060] 表 3 の結果から、実施例 2 の固定床 2 0 における処理時間は、比較例 1 の完全混合型の処理時間の 1 / 10 であるにもかかわらず、固定床 2 0 におけるガス発生量は 3.4 L/L となり、比較例 2 におけるガス発生量 4.7 L/L の 72% であった。また、固定床 2 0 の後段に設けた完全混合槽 3 0 で汚泥 4 2 の処理を行うことにより、最終的なガス発生量が 4.7 L/L とな

り、比較例 2 の 4. 7 L / L と同等となることが確認された。

また、比較例 2 の方法による限界消化日数（最短の消化日数）は 5 日程度である。これに対して、実施例 2 の方法では、反応時間が 1 日であっても、生物付着担体 2 2 に保持されたメタン菌によって、良好なメタン発酵を維持できることが判明した。

### 産業上の利用可能性

[0061] 本発明によれば、汚泥や有機性排水の消化反応速度を向上させるとともに、生物付着担体の摩耗を防止する嫌気性消化方法を提供することができる。

### 符号の説明

[0062] 1 0 . . . 消化装置  
2 0 . . . 固定床  
2 1 . . . 処理槽  
2 2 . . . 生物付着担体  
2 3 . . . 汚泥供給管  
2 4 . . . 汚泥流出管  
2 5 . . . 汚泥循環管  
2 6 . . . 循環ポンプ  
2 7 . . . 攪拌機  
2 8 . . . 固定層  
2 9 . . . ガス供給管  
3 0 . . . 完全混合槽  
3 1 . . . 処理槽  
3 2 . . . 汚泥排出管  
3 3 . . . 攪拌機  
4 1 , 4 2 . . . 汚泥。

## 請求の範囲

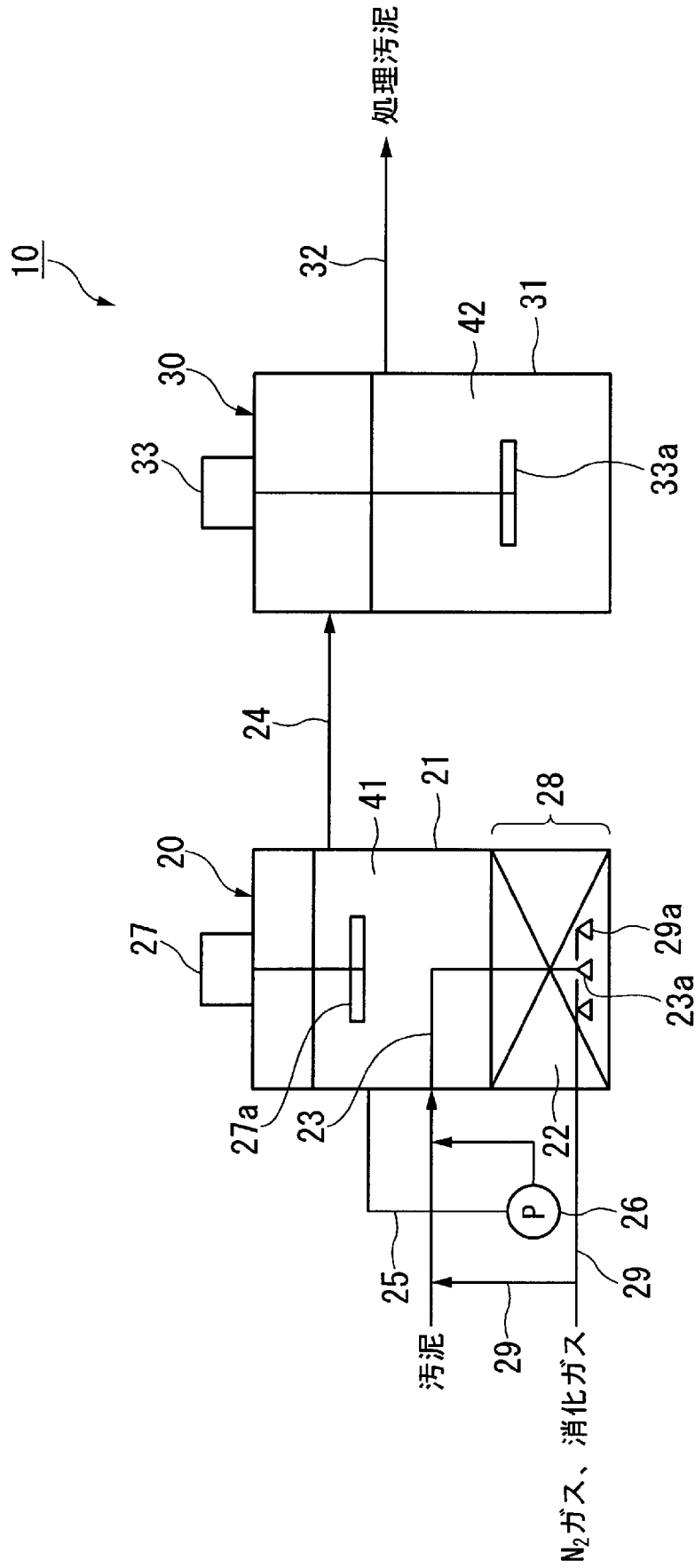
- [請求項1] 下水もしくは廃液を沈殿操作して得られる沈殿汚泥、もしくは畜産廃棄物汚泥からなる汚泥、又は浮遊固形物を $5000\text{ mg/L}$ 以上含んだ有機性排水を処理対象として、球状の多孔質体からなる生物付着担体を用いた固定床により生物学的処理する嫌気性消化方法であって、
- 前記固定床に供給された処理対象の一部を、前記固定床の上層から抜き取り、その抜き取った処理対象を、前記固定床の下層を構成する生物付着担体からなる固定層へ供給し、平均粒径が $4.0\text{ mm}$ 以上の球状の多孔質体からなる生物付着担体を用いることによって、前記生物付着担体を流動させず、また前記固定層を閉塞させることなく、処理対象を均一に分散させるように、前記固定床において処理対象を循環させる嫌気性消化方法。
- [請求項2] 前記固定床の全容積に対する前記生物付着担体の充填率は $30\sim 70\%$ である請求項1に記載の嫌気性消化方法。
- [請求項3] 前記生物付着担体は、真比重が $1.5\sim 4.0\text{ g/cm}^3$ である請求項1または2に記載の嫌気性消化方法。
- [請求項4] 前記生物付着担体は、平均粒径が $4.0\text{ mm}\sim 15.0\text{ mm}$ である請求項1～3のいずれか1項に記載の嫌気性消化方法。
- [請求項5] 前記生物付着担体は、空隙率が $40\sim 70\%$ である請求項1～4のいずれか1項に記載の嫌気性消化方法。
- [請求項6] 前記固定床において処理対象を循環させる速度は $0.1\text{ m/hr}\sim 10\text{ m/hr}$ である請求項1～5のいずれか1項に記載の嫌気性消化方法。
- [請求項7] 前記固定床の上層にある処理対象を間欠的に攪拌する請求項1～6のいずれか1項に記載の嫌気性消化方法。
- [請求項8] 前記固定床から前記生物付着担体と接触した処理対象を流出させて、その処理対象を、後段の完全混合槽に導入し、前記完全混合槽にお

いて処理対象を均一に攪拌、混合することにより、処理対象を生物学的処理する請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の嫌気性消化方法。

[請求項9] 前記固定床の処理対象供給管または前記固定層の下部に、前記固定床で発生した消化ガスまたは窒素ガスを供給し、前記消化ガスまたは前記窒素ガスにより前記生物付着担体を攪拌する請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載の嫌気性消化方法。

[請求項10] 前記処理対象供給管または前記固定層の下部に供給する、前記消化ガスまたは前記窒素ガスの供給速度は 5～40 m/h r である請求項 9 に記載の嫌気性消化方法。

[図1]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/066611

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER C02F11/04(2006.01) i, C02F3/28(2006.01) i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C02F11/04, C02F3/28		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2005-218898 A (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 18 August 2005 (18.08.2005), claims; paragraphs [0006], [0041]; fig. 1 (Family: none)	1-6 9,10 7,8
Y	JP 2003-260446 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 16 September 2003 (16.09.2003), paragraph [0039] (Family: none)	9,10
A	JP 2002-248498 A (Katayama Chemical, Inc.), 03 September 2002 (03.09.2002), paragraph [0011] (Family: none)	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 08 September, 2011 (08.09.11)		Date of mailing of the international search report 20 September, 2011 (20.09.11)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/066611

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-79299 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 19 March 2002 (19.03.2002), paragraphs [0056], [0057] (Family: none)	1-10
A	JP 2005-270048 A (Nagao Kabushiki Kaisha), 06 October 2005 (06.10.2005), paragraphs [0027], [0028] (Family: none)	1-10
A	JP 2005-218895 A (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 18 August 2005 (18.08.2005), entire text (Family: none)	1-10
A	JP 62-33596 A (Kubota Tekko Kabushiki Kaisha), 13 February 1987 (13.02.1987), entire text (Family: none)	1-10
A	JP 61-111195 A (Kurita Water Industries Ltd.), 29 May 1986 (29.05.1986), entire text (Family: none)	1-10
A	JP 61-111196 A (Kurita Water Industries Ltd.), 29 May 1986 (29.05.1986), entire text (Family: none)	1-10



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. C02F11/04(2006.01)i, C02F3/28(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. C02F11/04, C02F3/28		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2011年 日本国実用新案登録公報 1996-2011年 日本国登録実用新案公報 1994-2011年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2005-218898 A (バブコック日立株式会社) 2005.08.18, 特許請求の範囲、【0006】、【0041】、図1 (ファミリーなし)	1-6 9, 10 7, 8
Y	JP 2003-260446 A (富士電機株式会社) 2003.09.16, 【0039】 (ファミリーなし)	9, 10
A	JP 2002-248498 A (株式会社片山化学工業研究所) 2002.09.03, 【0011】 (ファミリーなし)	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 08.09.2011	国際調査報告の発送日 20.09.2011	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 川合 理恵 電話番号 03-3581-1101 内線 3421	4D 4046

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2002-79299 A (三菱重工業株式会社) 2002.03.19, 【0056】、 【0057】 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2005-270048 A (ナガオ株式会社) 2005.10.06, 【0027】、【0 028】 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2005-218895 A (バブコック日立株式会社) 2005.08.18, 全文 (フ ファミリーなし)	1-10
A	JP 62-33596 A (久保田鉄工株式会社) 1987.02.13, 全文 (ファミリ ーなし)	1-10
A	JP 61-111195 A (栗田工業株式会社) 1986.05.29, 全文 (ファミリ ーなし)	1-10
A	JP 61-111196 A (栗田工業株式会社) 1986.05.29, 全文 (ファミリ ーなし)	1-10