

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7139411号
(P7139411)

(45)発行日 令和4年9月20日(2022.9.20)

(24)登録日 令和4年9月9日(2022.9.9)

(51)国際特許分類		F I		
C 1 2 M	1/00 (2006.01)	C 1 2 M	1/00	D Z A B
C 1 2 M	1/12 (2006.01)	C 1 2 M	1/12	
C 1 2 M	1/113(2006.01)	C 1 2 M	1/113	
C 1 2 M	1/38 (2006.01)	C 1 2 M	1/38	Z
C 1 2 M	1/40 (2006.01)	C 1 2 M	1/40	Z
請求項の数 14 (全36頁) 最終頁に続く				
(21)出願番号	特願2020-504456(P2020-504456)	(73)特許権者	519364255	
(86)(22)出願日	平成30年4月10日(2018.4.10)		イフェインワ リタ カヌ	
(65)公表番号	特表2020-520248(P2020-520248 A)		KANU, Ifeyinwa Rita	
(43)公表日	令和2年7月9日(2020.7.9)		イギリス国 イーエイチ11 3エヌユー	
(86)国際出願番号	PCT/GB2018/050951		エディンバラ ソートン メインズ テラス	
(87)国際公開番号	WO2018/189525	(74)代理人	100147485	
(87)国際公開日	平成30年10月18日(2018.10.18)		弁理士 杉村 憲司	
審査請求日	令和3年4月9日(2021.4.9)	(74)代理人	230118913	
(31)優先権主張番号	1705768.8		弁護士 杉村 光嗣	
(32)優先日	平成29年4月10日(2017.4.10)	(74)代理人	100149249	
(33)優先権主張国・地域又は機関	英国(GB)		弁理士 田中 達也	
		(72)発明者	イフェインワ リタ カヌ	
			イギリス国 イーエイチ11 3エヌユー	
			エディンバラ ソートン メインズ テラス	
			最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 嫌気性消化装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

嫌気性消化前および／または嫌気性消化中に有機物を保持するための第1のチャンバと、嫌気性消化中に有機物を保持するための第2のチャンバとを含む嫌気性消化装置であって、前記第1のチャンバを冷蔵して、それにより、前記第1のチャンバ内のメタン生成を抑制するように構成されており、前記装置が、前記第1のチャンバを10℃以下の温度に冷蔵し、また、前記第2のチャンバを10℃より高い温度に加熱するように構成されており、前記装置が、前記第1のチャンバおよび前記第2のチャンバに接続され、有機物を前記第1のチャンバから前記第2のチャンバに移動するバッファチャンバを備え、前記装置が、前記バッファチャンバ内の有機物を低温殺菌するように構成されている、嫌気性消化装置。

【請求項2】

前記第1のチャンバおよび／または前記第2のチャンバ内に保持される材料の体積、質量、組成、タンパク質濃度、窒素含有種の濃度、窒素濃度、炭水化物濃度、脂質濃度、脂肪酸濃度、および／またはpHを示す1つ以上のパラメータを測定するように構成された1つ以上のセンサを備える、請求項1に記載の嫌気性消化装置。

【請求項3】

直接的にまたは前記バッファチャンバを介して、前記第1のチャンバと前記第2のチャンバとの間に延在する導管であって、それにより、前記第1のチャンバと前記第2のチャンバとの間の有機物の移動を可能にする導管と、前記導管を介した前記第1のチャンバと

前記第 2 のチャンバとの間の有機物の動きを調整するための流量調整手段と、前記 1 つ以上のセンサから前記 1 つ以上のパラメータの測定値を受け取り、受け取った測定値に応じて前記流量調整手段を操作することにより、前記第 1 のチャンバと前記第 2 のチャンバとの間の有機物の流れを調整するように構成されているコントローラとを更に含む、請求項 2 に記載の嫌気性消化装置。

【請求項 4】

前記第 1 のチャンバにおけるタンパク質濃度、窒素含有種の濃度および／または窒素濃度を示す 1 つ以上のパラメータの測定値を受信し、前記第 1 のチャンバに 1 つ以上の加水分解酵素を導入するように構成されたコントローラを備え、前記第 1 のチャンバに導入される加水分解酵素の量は、前記 1 つ以上のパラメータの値に依存している、請求項 2 または 3 に記載の嫌気性消化装置。

10

【請求項 5】

前記装置は、有機物を前記第 1 のチャンバから前記第 2 のチャンバに、および前記第 2 のチャンバから前記第 1 のチャンバに移動させ、従って、メタン生成微生物を前記第 2 のチャンバから前記第 1 のチャンバに移動させるように構成されている、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の嫌気性消化装置。

【請求項 6】

前記第 1 のチャンバおよび／または前記第 2 のチャンバ内の有機物の嫌気性消化中に生成されるガスから、二酸化炭素、水素硫化物、アンモニアのうちの 1 つ以上を除去するように構成された 1 つ以上のフィルタを含むガス精製器を備える、請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の嫌気性消化装置。

20

【請求項 7】

有機物の嫌気性消化に、請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の嫌気性消化装置を使用する方法であって、前記第 1 のチャンバで有機物を酢酸生成微生物に曝露するステップと、前記有機物の少なくとも一部を前記第 1 のチャンバから前記第 2 のチャンバに移送するステップと、前記有機物の少なくとも一部を、前記第 2 のチャンバ内のメタン生成微生物に曝露するステップとを含み、前記第 1 のチャンバを 10℃以下の温度に冷蔵し、前記第 2 のチャンバを 10℃より高い温度に加熱するステップを更に含む、方法。

【請求項 8】

メタン生成微生物が前記第 2 のチャンバから前記第 1 のチャンバに移送されるが、前記第 1 のチャンバの冷蔵に起因して、メタン生成が主に前記第 2 のチャンバで生じるように、前記有機物の少なくとも一部を前記第 2 のチャンバから前記第 1 のチャンバに移送するステップを含む、請求項 7 に記載の方法。

30

【請求項 9】

前記第 1 のチャンバおよび／または前記第 2 のチャンバおよび／または前記バッファチャンバ内に保持される材料の体積、質量、組成、タンパク質濃度、窒素含有種の濃度、窒素濃度、炭水化物濃度、脂質濃度、脂肪酸濃度、および／または pH を示す 1 つ以上のパラメータを測定する 1 つ以上のセンサを含み、前記コントローラが前記 1 つ以上のパラメータの測定値を受信し、前記コントローラが、受信された測定値に応答して、前記有機物の一部を前記第 1 のチャンバまたは前記バッファチャンバから前記第 2 のチャンバへ移送する、請求項 7 または 8 に記載の方法。

40

【請求項 10】

前記第 1 のチャンバおよび／または前記第 2 のチャンバ内の有機物の嫌気性消化中に生成される 1 つ以上のガスを濾過して、前記ガスから、二酸化物、硫化水素、アンモニアのうちの 1 つ以上を除去するガス精製器を含む、請求項 7 ～ 9 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 11】

前記酢酸生成微生物はアセトバクテリウム属に属する酢酸生成細菌を含み、前記メタン生成微生物はメタノサエタ属に属するメタン生成古細菌を含み、および／または、前記酢酸生成微生物は、非病原性であり、および／または、前記メタン生成微生物は、非病原性である、請求項 7 ～ 10 のいずれか一項に記載の方法。

50

【請求項 1 2】

発酵残渣を肥料または化学製品源として使用するステップを更に含む、請求項 7 ～ 1 1 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 3】

有機物からメタンを生成する方法であって、有機物を 1 0℃以下の温度で酢酸生成微生物に曝露するステップと、続いて、前記有機物の少なくとも一部を、1 0℃を超える温度でメタン生成微生物に曝露するステップとを含む、方法。

【請求項 1 4】

1 0℃以下の温度で酢酸生成微生物およびメタン生成微生物の両方に有機物を曝露するステップと、続いて、前記有機物の少なくとも一部を 1 0℃より高い温度で前記酢酸生成微生物および前記メタン生成微生物の両方に曝露するステップとを含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、嫌気性消化装置、有機物の嫌気性消化における嫌気性消化装置の使用方法、有機物からメタンを生成するための装置および方法、有機物から再生可能電力を生成するための装置および方法、有機物から電気を生成するための装置および方法、有機物の加水分解方法、並びに、有機物の嫌気性消化に使用するための微生物培養物に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

嫌気性消化とは、酸素が存在しない状態で微生物が有機物を分解するプロセスの集合体を指す。嫌気性消化には、有機ポリマー（炭水化物やタンパク質等）の小有機分子への生化学的加水分解と、そのような小分子のメタン、二酸化炭素、窒素および水素、並びにその他の副産物への変換とが含まれる。嫌気性消化は、食品廃棄物や下水汚泥等の生分解性廃棄物のリサイクルにおける処理プロセスの一部として使用される。このプロセスは、通常、バイオガス（約 5 0 % ～ 8 0 % のメタンを含む）と、液体および固体の発酵残渣（d i g e s t a t e）とを生成する。バイオガスは燃料として使用することができるため、嫌気性消化は再生可能エネルギー源と考えられている。バイオガスを更に精製して、バイオメタンを生成することができ、これは、天然ガスと同様のメタン含有量を有する。発酵残渣は、栄養価の高い肥料としてだけでなく、価値の高い化学製品源としても役立ち得る。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 3】

制御された嫌気性消化は、バイオガスおよびバイオメタンの生産で使用されるように、通常、家庭および商業施設から収集された食品廃棄物、農場廃棄物、特別なエネルギー作物、肥料および下水汚泥の組み合わせを使用して産業規模で実行される。商業用の嫌気性消化装置は、通常、人間に対して病原性がある微生物を利用する故に、家庭環境での使用には適さない。特に病原性加水分解微生物は、商業用の嫌気性消化装置で一般的に使用されている。商業用の嫌気性消化装置は、典型的には大型かつ複雑であり、一般的に不快な臭いを周囲環境に放出する。

【0 0 0 4】

従って、家庭環境での使用に安全かつ実用的である嫌気性消化装置および微生物培養物の両方を提供することが有益であろう。消化装置に投入される材料のメタンへのより完全な変換が可能である嫌気性消化装置および微生物培養物を提供することも有益であろう。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 5】

本発明の第 1 の態様は、嫌気性消化装置を提供する。装置は、嫌気性消化の前および／または嫌気性消化中に有機物を保持するための第 1 のチャンバと、嫌気性消化中に有機物を保持するための第 2 のチャンバとを含む。装置は、典型的には（即ち、使用時には）、

第1のチャンバ（即ち、その内容物）を冷蔵または加熱するように構成されており、換言すると、第1のチャンバが典型的に冷蔵または加熱される。

【0006】

第1のチャンバの温度は、第1のチャンバのメタン生成を抑制する温度に冷蔵または加熱（通常は調整）される（例えば、メタン生成率を、第2のチャンバにおけるメタン生成率の10%未満、5%未満、または好ましくは1%未満に低減する）。従って、メタン生成は主に第2のチャンバで生じる。

【0007】

メタン生成は、存在する、生きたメタン生成微生物によりメタン生成を抑制する温度まで第1のチャンバの温度を低下させることによって、または、存在する、あるいはメタン生成菌を殺す、生きたメタン生成微生物によりメタン生成を抑制する温度まで第1のチャンバの温度を上昇させることによって、抑制することができる。

【0008】

装置は、典型的には、有機物を第1のチャンバから第2のチャンバへ、および第2のチャンバから第1のチャンバへ移動させるように構成される。従って、第1のチャンバを冷蔵または加熱することなく、第2のチャンバからのメタン生成微生物が第1のチャンバに移動され、第1のチャンバに著しいメタン生成が生じるであろう。

【0009】

嫌気性消化とは、酸素が存在しない状態で微生物が有機物を分解するプロセスを意味することが理解されよう。嫌気性消化を担う微生物には、通常、嫌気性細菌および／または嫌気性古細菌が含まれる。嫌気性消化には、通常、次のプロセス：大分子（例えば、炭水化物（多糖類）および／またはタンパク質（ポリペプチド）および／または脂質（トリグリセリド等）等のポリマー）を加水分解してより小さい分子（例えば、単糖、アミノ酸および／または脂肪酸）を形成するプロセス；加水分解の生成物の酸生成により、例えば揮発性脂肪酸（VFA）を形成するプロセス；加水分解の生成物の酢酸生成および／または酸生成による酢酸の形成；並びに、加水分解、酸生成、および／または酢酸生成の生成物のメタン生成によるメタン（CH₄）の形成のうちの1つ以上が含まれる。制御された有機物の嫌気性消化は、バイオガスの生産に使用される。バイオガスは様々なガスの混合物であるが、通常は少なくとも50%のメタンを含んでいる。バイオガスには、二酸化炭素（CO₂）、窒素（N₂）、水素（H₂）、硫化水素（H₂S）および／または酸素（O₂）も含まれる。

【0010】

装置は、第1のチャンバを10℃以下、または8℃以下、または6℃以下、または4℃以下の温度に冷蔵するように構成されてもよい。

【0011】

装置は、第1のチャンバを40℃以上、または50℃以上、または60℃以上の温度に加熱するように構成されてもよい。

【0012】

装置は、通常、2段階の嫌気性消化プロセスで使用するように構成されており、即ち、嫌気性消化の最初の段階（例えば、加水分解、酸生成、および／または酢酸生成を含む）が第1の位置で（例えば、ほぼ同時に）行われ、続いてメタン生成が第1の位置から（少なくとも部分的に）離れた第2の位置で行われる。2段階の嫌気性消化プロセスでは、加水分解、酸生成および／または酢酸生成は、通常、（冷蔵または加熱された）第1のチャンバで行われ、メタン生成は、通常、第2のチャンバで行われる。加水分解、酸生成および／または酢酸生成微生物および／または酵素（これらは通常、併せて有機物の加水分解、酸生成および／または酢酸生成に関与する）は、通常、メタン生成微生物よりも低い温度に耐えることができ、実際にはメタン生成微生物よりも低い温度で増殖することが可能である。メタン生成微生物は、通常、低温（例えば10℃未満）では抑制され、高温（例えば10℃超）では増殖する傾向がある。通常、第1のチャンバの冷蔵は、メタン生成を主に第1のチャンバではなく第2のチャンバで行いつつ、嫌気性消化中に有機物を第1の

10

20

30

40

50

チャンバと第2のチャンバとの間で（その逆も可）移動することができることを意味する。あるいは、メタン生成微生物を抑制するまたは殺すのに十分な温度まで第2のチャンバを加熱するが、加水分解、酸生成、および／または酢酸生成微生物および／または酵素が機能している場合も、有機物を第1のチャンバと第2のチャンバとの間（その逆も可）で移動可能としつつ、主に第2のチャンバでのメタン生成を可能にする。

【0013】

本発明者は、メタン生成のプロセスを加水分解、酸生成および／または酢酸生成のプロセスから分離する（即ち、空間的に分離する）ことによって、有機物のより完全なメタン生成が可能となることを発見した。これは、メタン生成微生物が特に敏感な、揮発性脂肪酸（VFA）濃度（加水分解、酸生成、および／または酢酸生成中に生成される（VFA（および主に酢酸））、窒素濃度およびpH等の重要なプロセスパラメータが、第1のチャンバと第2のチャンバとの間の発酵残渣の流れを調整することにより、メタン生成が発生する領域においてより正確に制御され得るからである。プロセスパラメータを最適化して、メタン出力を最大化し、システムの摂動を制御することができる。

10

【0014】

従って、第1のチャンバおよび第2のチャンバの両方は、典型的には消化チャンバ、即ち、使用時に嫌気性消化のうちの1つ以上の段階が実行されるチャンバである。

【0015】

更に、第1のチャンバは、実際には、嫌気性消化前の有機物の貯蔵チャンバとして機能し得る。第1のチャンバが貯蔵チャンバとして機能する場合、前記第1のチャンバの冷蔵により、その中に保持されている有機物の分解を遅らせ、従って、装置から周囲環境への不快な臭いの放出を低減する。これは、例えば家庭内で装置を使用する場合に重要である。例えば、電力供給の安価なオフピーク期間を利用するために、嫌気性消化の前に何時間も第1のチャンバに有機物を保管する必要があるかもしれない。

20

【0016】

従って、「嫌気性消化前および／または嫌気性消化中」に有機物を保持する第1のチャンバとは、嫌気性消化前あるいは嫌気性消化中、または嫌気性消化前および嫌気性消化中の両方のいずれかに有機物を保持する第1のチャンバを指すことが理解されよう。

【0017】

しかしながら、装置は、（典型的には浸軟された）廃棄物が（いくつかの実施形態では前記低温殺菌チャンバを介して）第1のチャンバに移される前に収容される貯蔵チャンバを備えてもよい。装置は、嫌気性消化のために有機物を第1のチャンバに移送するように構成された制御可能なポンプを備えてもよい。貯蔵チャンバは冷蔵されてもよい。装置は、貯蔵チャンバを冷蔵する手段を備えてもよい。

30

【0018】

装置は、第1のチャンバを冷蔵するための手段を備えてもよい。装置は、第1の消化チャンバを冷却するように構成されたヒートポンプを備えてもよい。第1のチャンバを冷蔵するための手段は、（家庭用冷蔵庫で一般的に使用されるような）蒸気圧縮装置、蒸気吸収装置、（ベルチェ式冷蔵庫で使用されるような）熱電冷却装置のうちの1つ以上を備えてもよい。

40

【0019】

装置は、第1のチャンバを加熱するための手段を備えてもよい。従って、加水分解および酸生成は温度を上げて実施することができる。装置は、第1のチャンバ内の物質を低温殺菌するように、例えば物質を閾値温度（典型的には40℃以上、50℃以上または60℃以上）より高い温度まで少なくとも所定の期間（例えば1時間以上）にわたり加熱するように適合させることができる。これは、加水分解および酸生成と同時に、またはその後に行うことができる。

【0020】

装置は、第1のチャンバおよび第2のチャンバに接続されたバッファチャンバを備えてもよく、このバッファチャンバを通して有機物が第1のチャンバから第2のチャンバに移

50

動する。装置は、バッファチャンバ内の有機物を低温殺菌する（例えば、所定の時間、例えば少なくとも1時間にわたり、所定の温度、一般的には少なくとも60℃まで加熱する）ように構成されてもよい。

【0021】

装置は、消化のために第1のチャンバに移される前に、（例えば、浸軟された）有機廃棄物が収容される低温殺菌チャンバを備えてもよい。前記低温殺菌チャンバは、少なくとも所定の期間（例えば、1時間以上）にわたり、閾値温度（例えば、60℃以上）を超える温度まで加熱されてもよい。続いて、結果的に得られる低温殺菌された物質を、加水分解および酸生成のために第1のチャンバに移すことができる。

【0022】

第1のチャンバは断熱されていてもよい。第1のチャンバは、断熱材料から形成されてもよい。第1のチャンバは、断熱材料によって（即ち、少なくとも部分的に）包囲されていてもよい。

【0023】

第2のチャンバは断熱されていてもよい。第2のチャンバは、断熱材料から形成されてもよい。第2のチャンバは、断熱材料によって（即ち、少なくとも部分的に）包囲されていてもよい。

【0024】

第1のチャンバおよび第2のチャンバは、互いに断熱されていてもよい。第1のチャンバと第2のチャンバとの間に断熱材料を設けることができる。

【0025】

装置は、典型的には、有機物を導入することができる入口を含む。入口は、第1のチャンバ内に（即ち直接的に）延在していてもよい。入口は（即ち、少なくとも部分的に）密閉可能であってもよい。入口は、気密シールを備えてもよい。入口を密閉することにより、通常、不快な臭いが装置から周囲環境に逃げるのを防ぐ。

【0026】

装置は、典型的には、嫌気性消化の前に有機物を浸軟するためのマセレータを含む。当業者は、浸軟とは、有機物固体を切断または切り刻んで固体粒子サイズを小さくすることを指すことを理解するであろう。マセレータは、1つ以上のブレードを備えてもよい。1つ以上のブレードは回転可能であってもよい。マセレータはチョッパーポンプを備えてもよい。装置は、マセレータが設けられる浸軟チャンバを備えてもよい。入口は、有機物が浸軟チャンバに導入されるように、浸軟チャンバ内に（即ち、直接的に）延在してもよい。（即ち、浸軟された）有機物が浸軟チャンバから第1のチャンバに移動できるように、浸軟チャンバと第1のチャンバ（または存在する場合には貯蔵チャンバ）との間に導管を設けてもよい。浸軟チャンバは、（即ち、浸軟された）有機物が重力により浸軟チャンバから第1のチャンバ（または存在する場合には貯蔵チャンバ）に落下および／または流入するように、第1のチャンバ（または存在する場合には貯蔵チャンバ）の上に（即ち垂直に）設けられてもよい。

【0027】

装置は、1つ以上の水スプレー等の水源を備えてもよい。水源（例えば、1つ以上の水スプレー）は、（即ち使用時に）マセレータの少なくとも一部（例えば、1つ以上のブレード）に水を指向する（例えば、噴霧する）ように構成されてもよい。マセレータの少なくとも一部に水を指向することにより、一般には、有機物がマセレータを通過しやすくなり、目詰まりが減少する。（即ち、浸軟された）有機物への水の添加は、一般的には、存在する有機物の嫌気性消化を容易にするための有機物スラリーの形成を助ける。水の添加は、有機物スラリーの窒素濃度の調整にも役立ち得る。

【0028】

水源（例えば、1つ以上の水スプレー）は、（即ち、使用時に）水を第1のチャンバに指向する（例えば、噴霧する）ように構成されてもよい。

【0029】

10

20

30

40

50

有機物が前記第1のチャンバと第2のチャンバとの間を前記導管を通して移動することができるように、導管は、第1のチャンバと第2のチャンバとの間で（即ち、直接的にまたは少なくとも1つの更なる（例えば、バッファ）チャンバを介して、第1のチャンバから第2のチャンバまで）延在し得る。装置は、導管を通る第1のチャンバと第2のチャンバとの間の有機物の動きを調節するための有機物流量調整手段（例えば、有機物流量調整弁）を備えてもよい。有機物流量調整手段は、ポンプを含む（例えば、からなる）ことができる。ポンプは、二方向ポンプであってもよく、即ち、有機物が第1のチャンバから第2のチャンバに、かつ、第2のチャンバから第1のチャンバに汲み出され得るようにすることができる。

【0030】

第1のチャンバおよび第2のチャンバは、互いに隣接して（即ち、水平に）配置されてもよい。第1のチャンバと第2のチャンバとの間の導管は、前記第1のチャンバと第2のチャンバとの間でほぼ水平に延在してもよい。

【0031】

通常、第2のチャンバは冷蔵されない。

【0032】

装置は、周囲温度（即ち、周囲環境の温度）よりも高くなるように第2のチャンバ（例えば、その内容物）の温度を調整するように構成されてもよい。装置は、第2のチャンバ（例えば、その内容物）の温度を、第1のチャンバ（例えば、その内容物）の温度よりも高く調整するように構成されてもよい。装置は、第2のチャンバ（例えば、その内容物）の温度を、第1のチャンバ（例えば、その内容物）の温度より少なくとも10℃高くなるよう調整するように構成されてもよい。しかしながら、メタン生成を抑制するために第1のチャンバが加熱される場合、装置は、第1のチャンバ（例えば、その内容物）の温度を第2のチャンバ（例えば、その内容物）の温度よりも少なくとも10℃だけ高くなるよう調整するように構成されてもよい。

【0033】

装置は、第2のチャンバ（例えば、その内容物）を加熱するように構成されてもよく、即ち、第2のチャンバは加熱されてもよい。装置は、第2のチャンバ（例えば、その内容物）を10℃より高い、または15℃より高い、または20℃より高い、または25℃より高い、または30℃より高い温度に加熱するように構成されてもよい。しかしながら、第2のチャンバ（例えば、その内容物）が加熱される温度は、例えば、50℃未満または典型的には40℃未満であり得る。メタン生成微生物は、通常、より高い温度（例えば10℃超）で増殖するため、一般には、第1のチャンバに対して第2のチャンバを加熱することにより、冷蔵された第1のチャンバと比較して、第2のチャンバ内でのメタン生成微生物の著しい増殖が促進される。

【0034】

装置は、直接的にまたは1つ以上の更なるチャンバ（例えば、バッファチャンバ）を介して、第1のチャンバから第2のチャンバに（例えば、酢酸生成微生物およびメタン生成微生物と共に）有機物を移す（例えば、供給する）ように構成されてもよい。装置は、直接的にまたは1つ以上の更なるチャンバ（例えば、バッファチャンバ）を介して、第2のチャンバから第1のチャンバに（例えば、酢酸生成微生物およびメタン生成微生物と共に）有機物を移すように構成されてもよい。装置は、直接的にまたは1つ以上の更なるチャンバ（例えば、バッファチャンバ）を介して、第1のチャンバと第2のチャンバとの間で（例えば、酢酸生成微生物およびメタン生成微生物と共に）有機物を往復させる（例えば、循環させる）ように構成されてもよい。有機物が第1のチャンバと第2のチャンバとの間で移動（例えば、循環）すると、通常、第1のチャンバで酸生成および酢酸生成が（即ち、主に）行われ、第2のチャンバでメタン生成が（即ち、主に）行われる（メタン生成微生物は、一般に、第1のチャンバが冷蔵されている場合、温度が低いために第1のチャンバでは活性が低く、または、第1のチャンバが加熱されている場合、温度が高いために第2のチャンバでは活性が低い、あるいは殺されるからである）。

10

20

30

40

50

【0035】

装置は、第2のチャンバを加熱するための手段を備えてもよい。装置は、第2のチャンバの内容物を加熱するための手段を備えてもよい。装置は、（即ち、使用時に）第2のチャンバ（例えば、その内容物）を加熱するように構成されたヒーターを備えてもよい。装置は、（即ち、使用時に）第2のチャンバ（例えば、その内容物）を加熱するように構成された1つ以上の加熱要素を備えてもよい。

【0036】

装置は、第1のチャンバ内の有機物を攪拌するための手段を備えてもよい。例えば、装置は、第1のチャンバ内に設けられる1つ以上のパドルを備えてもよい。1つ以上のパドルは、1つ以上のパドルの動き（例えば、回転）が第1のチャンバの内容物の攪拌（例えば、混合）を引き起こすように、移動可能（例えば、回転可能）であってもよい。

10

【0037】

装置は、第2のチャンバ内の有機物を攪拌するための手段を備えてもよい。例えば、装置は、第2のチャンバ内に設けられる1つ以上のパドルを備えてもよい。1つ以上のパドルは、1つ以上のパドルの動き（例えば、回転）が、第2のチャンバの内容物の攪拌（例えば、混合）を引き起こすように、移動可能（例えば、回転可能）であってもよい。

【0038】

第1のチャンバは取り外し可能（例えば、交換可能）であってもよい。第2のチャンバは取り外し可能（例えば、交換可能）であってもよい。第1のチャンバおよび／または第2のチャンバは、装置の洗浄または修理を可能にするために取り外し可能であってもよい。過剰な固体および／または液体の発酵残渣を装置から除去するため、または新鮮な微生物種菌を装置に導入するために、第2のチャンバの除去および／または交換が必要な場合もある。

20

【0039】

装置は、ガス精製器を備えてもよい。ガス精製器は、1つ以上のフィルタを備えてもよい。1つ以上のフィルタは、第1のチャンバおよび／または第2のチャンバ内の有機物の嫌気性消化中に生成されるガスから1つ以上の（即ち、ガス状）種を（例えば、選択的に）除去するように構成され得る。1つ以上のフィルタは、二酸化炭素（ CO_2 ）、硫化水素（ H_2S ）、アンモニア（ NH_3 ）のうちの1つ以上を（例えば、選択的に）除去するように構成されてもよい。1つ以上のフィルタは、炭素（例えば、活性炭、木炭）を含んでもよい。1つ以上のフィルタは、過マンガン酸カリウムを含んでもよい。

30

【0040】

装置は、ガス精製器（即ち、1つ以上のフィルタ）が配置されているガス精製チャンバを備えてもよい。装置は、ガスを前記第1のチャンバとガス精製チャンバとの間、および／または、前記第2のチャンバとガス精製チャンバとの間で輸送することができるように、第1のチャンバとガス精製チャンバとの間（即ち、第1のチャンバからガス精製チャンバまで）および／または、第2のチャンバとガス精製チャンバとの間（即ち、第2のチャンバからガス生成チャンバまで）延在する1つ以上の導管を備えてもよい。

【0041】

装置は、ジェネレータを備えてもよい。ジェネレータは、典型的には、第1のチャンバおよび／または第2のチャンバおよび／またはガス精製器（例えば、ガス精製チャンバ）からのガス（例えば、バイオガス、換言すると、少なくとも主にメタンガス）の流れを受け取るように構成される。ジェネレータは、受け取ったガスを燃焼させるように構成されてもよい。ジェネレータは、ガスの燃焼によって生成された電気および／または熱を出力するように構成されてもよい。ジェネレータは、熱電併給（CHP）ジェネレータであってもよい。ジェネレータは、マイクロ熱電併給（マイクロCHP）ジェネレータであってもよい。

40

【0042】

装置は、ガス貯蔵チャンバ（即ち、ガスアキュムレータ）を備えてもよい。ガス貯蔵チャンバ（即ち、ガスアキュムレータ）は、一般に、ガスがジェネレータに送り込まれる前

50

にガスを貯蔵するように構成されている。ガス貯蔵チャンバは、典型的には、250 L 未満、またはより典型的には200 L 未満、またはより典型的には150 L 未満のガスを貯蔵するように構成されている（例えば、寸法決めされている）。ガス貯蔵チャンバは、約100 L のガスを貯蔵するように構成（例えば、寸法決め）されてもよい。

【0043】

ジェネレータは、（例えば、本管から来るガス供給から）天然ガスの流れを受け取るように構成されてもよい。ジェネレータは、第1のガス流および第2のガス流を受け取るように構成されてもよく、第1のガス流は、第1のチャンバおよび／または第2のチャンバおよび／またはガス精製器（例えば、ガス精製チャンバ）および／またはガス貯蔵チャンバ（例えば、ガスアキュムレータ）からのガス（例えば、バイオガス）の流れであり、第2のガス流は、（例えば、本管から来るガス供給からの）天然ガスの流れである。装置（例えば、ジェネレータ）は、ジェネレータへの第1のガス流および／または第2のガス流を調整するように構成されたガス流量調整器（例えば、バルブ、例えば、ソレノイドバルブ）を備えてもよい。

10

【0044】

ジェネレータは、通常、バイオガスが天然ガスの発熱量（一般に、 37.5 MJ/m^3 ）と同様の発熱量（一般に、 $30 \text{ MJ/m}^3 \sim 34 \text{ MJ/m}^3$ ）の高メタン含有量を有する故に、第1のチャンバおよび／または第2のチャンバでの嫌気性消化によって生成される天然ガスおよびバイオガスの両方を燃焼させることができる。

【0045】

装置（例えば、ガス流量調整器）は、ガス貯蔵チャンバに貯蔵されたガスの体積が閾値体積を超えたときに、ガス貯蔵チャンバ（例えば、ガスアキュムレータ）からジェネレータへのガスの流れを可能にするように構成されてもよい。装置（例えば、ガス流量調整器）は、ガス貯蔵チャンバに貯蔵されたガスの体積が最小値を下回ったときに、ガス貯蔵チャンバ（例えば、ガスアキュムレータ）からジェネレータへのガスの流れを制限（例えば、防止）するように構成されてもよい。装置（例えば、ガス流量調整器）は、ガス貯蔵チャンバからジェネレータへのガスの流れが制限されている（例えば、妨げられている）ときに、例えば、ガス貯蔵チャンバに貯蔵されたガスの体積が最小体積を下回る場合に、天然ガスの（例えば、本管から来るガス供給から）ジェネレータへの流れを可能にするように構成されてもよい。装置（例えば、ガス流量調整器）は、ガス貯蔵チャンバ（例えば、ガスアキュムレータ）からのガスの流れが許可されるとき、例えば、ガス貯蔵チャンバに貯蔵されているガスの体積が閾値体積を超えた場合、天然ガスの（例えば、本管から来るガス供給から）ジェネレータへの流れを制限する（例えば、妨げる）ように構成されてもよい。

20

30

【0046】

ジェネレータは、ジェネレータによって生成された電気を、例えばネットメーターを使用して電力系統に供給することができるように、電力系統に接続してもよい。

【0047】

ジェネレータは、一般に、1時間あたり約600 L のガス（即ち、天然ガスおよび／またはバイオガス）を消費して、1 kWe の電気および5.5 kW の熱を生成する。

40

【0048】

装置は、一般に、処理される有機物1 kg あたり100 L のバイオガスを生成する。

【0049】

装置は、1つ以上のセンサを備えてもよい。1つ以上のセンサは、1つ以上の嫌気性消化プロセスパラメータを測定するように構成されてもよい。

【0050】

1つ以上のセンサは、第1のチャンバおよび／または存在する場合にはバッファチャンバ内の材料（例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー）の体積を示すパラメータを測定するように構成されてもよい。1つ以上のセンサは、第1のチャンバおよび／または存在する場合にはバッファチャンバ内の材料（例えば、有機物および／

50

または有機物と水を含む有機物スラリー)の質量を示すパラメータを測定するように構成されてもよい。

【0051】

1つ以上のセンサは、第1のチャンバおよび／または存在する場合にはバッファチャンバ内に保持される材料(例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー)の組成を示す1つ以上のパラメータを測定するように構成されてもよい。1つ以上のセンサは、第1のチャンバおよび／または存在する場合にはバッファチャンバ内に保持される材料(例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー)中のタンパク質の量(例えば、濃度)を示す1つ以上のパラメータを測定するように構成されてもよい。1つ以上のセンサは、第1のチャンバおよび／または存在する場合にはバッファチャンバ内に保持される材料(例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー)中の窒素含有種(例えば、分子、化合物等)の量(例えば、濃度)を示す1つ以上のパラメータを測定するように構成されてもよい。1つ以上のセンサは、第1のチャンバおよび／または存在する場合にはバッファチャンバ内に保持される材料(例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー)中の窒素の量(例えば、濃度)を示す1つ以上のパラメータを測定するように構成されてもよい。1つ以上のセンサは、1つ以上のケルダールプローブを含む(例えば、からなる)ことができる。1つ以上のセンサは、1つ以上のアンモニア用イオン電極を含む(例えば、からなる)ことができる。1つ以上のセンサは、第1のチャンバおよび／または存在する場合にはバッファチャンバ内に保持された材料(例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー)中の炭水化物の量(例えば、濃度)を示す1つ以上のパラメータを測定するように構成されてもよい。1つ以上のセンサは、第1のチャンバおよび／または存在する場合にはバッファチャンバ内に保持される材料(例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー)中の脂質(例えば、脂肪)の量(例えば、濃度)を示す1つ以上のパラメータを測定するように構成されてもよい。

【0052】

1つ以上のセンサは、第1のチャンバおよび／または存在する場合にはバッファチャンバ内の材料(例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー)中の1つ以上の脂肪酸(即ち、揮発性脂肪酸)の濃度を示すパラメータを測定するように構成されてもよい。例えば、1つ以上のセンサは、第1のチャンバおよび／または存在する場合にはバッファチャンバ内の材料(例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー)中のギ酸(CH_2O_2)、酢酸($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$)、プロピオン酸($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$)、酪酸($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$)および／または吉草酸($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$)の濃度を示すパラメータを測定するように構成することができる。1つ以上のセンサは、1つ以上の(または任意の)揮発性脂肪酸を感知する揮発性脂肪酸(VFA)センサ、例えば、光学VFAセンサ(ファブリ・ペロー分光計および／または減衰全反射(ATR)プローブを含むVFAセンサ等)を含む(例えば、からなる)ことができる。VFAセンサは、酢酸センサ、例えば光学(典型的には赤外線)酢酸センサであってもよい。典型的には、酢酸が主なVFAである故に、いくつかの実施形態では、酢酸を測定すれば十分であり得る。

【0053】

1つ以上のセンサは、第1のチャンバおよび／または存在する場合にはバッファチャンバ内の材料(例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー)のpHを示すパラメータを測定するように構成されてもよい。1つ以上のセンサは、例えばpHメーター等のpHセンサであってもよい。

【0054】

1つ以上のセンサは、第1のチャンバおよび／または存在する場合にはバッファチャンバ(例えば、その内容物)の温度(例えば、第1のチャンバおよび／または存在する場合にはバッファチャンバ内の材料(例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー)の温度)を示すパラメータを測定するように構成されてもよい。1つ以上のセンサは温度センサであってもよい。例えば、1つ以上のセンサは、1つ以上のサーミスタ

、熱電対、または抵抗温度計を含む（例えば、からなる）ことができる。

【0055】

1つ以上のセンサは、第2のチャンバ内の材料（例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー）の体積を示すパラメータを測定するように構成されてもよい。1つ以上のセンサは、第2のチャンバ内の材料（例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー）の質量を示すパラメータを測定するように構成されてもよい。

【0056】

1つ以上のセンサは、第2のチャンバ内に保持される材料（例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー）の組成を示す1つ以上のパラメータを測定するように構成されてもよい。1つ以上のセンサは、第2のチャンバ内に保持される材料（例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー）中のタンパク質の量（例えば、濃度）を示す1つ以上のパラメータを測定するように構成されてもよい。1つ以上のセンサは、第2のチャンバ内に保持される材料（例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー）中の窒素含有種（例えば、分子、化合物等）の量（例えば、濃度）を示す1つ以上のパラメータを測定するように構成されてもよい。1つ以上のセンサは、第2のチャンバ内に保持される材料（例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー）中の窒素の量（例えば、濃度）を示す1つ以上のパラメータを測定するように構成されてもよい。1つ以上のセンサは、1つ以上のケルダールプローブを含む（例えば、からなる）ことができる。1つ以上のセンサは、1つ以上のアンモニア用イオン電極を含む（例えば、からなる）ことができる。1つ以上のセンサは、第2のチャンバ内に保持される材料（例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー）中の炭水化物の量（例えば、濃度）を示す1つ以上のパラメータを測定するように構成されてもよい。1つ以上のセンサは、第2のチャンバ内に保持される材料（例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー）中の脂質（例えば、脂肪）の量（例えば、濃度）を示す1つ以上のパラメータを測定するように構成されてもよい。

【0057】

1つ以上のセンサは、第2のチャンバ内の材料（例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー）中の1つ以上の脂肪酸（即ち、揮発性脂肪酸）の濃度を示すパラメータを測定するように構成されてもよい。例えば、1つ以上のセンサは、第2のチャンバ内の材料（例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー）中のギ酸（ CH_2O_2 ）、酢酸（ $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ）、プロピオン酸（ $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ ）、酪酸（ $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ ）および／または吉草酸（ $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ ）の濃度を示すパラメータを測定するように構成することができる。1つ以上のセンサは、揮発性脂肪酸（VFA）センサ、例えば、光学VFAセンサ（ファブリ・ペロー分光計および／または減衰全反射（ATR）プローブを含むVFAセンサ等）を含む（例えば、からなる）ことができる。

【0058】

1つ以上のセンサは、第2のチャンバ内の材料（例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー）のpHを示すパラメータを測定するように構成されてもよい。1つ以上のセンサは、例えば、pHメーター等のpHセンサであってもよい。

【0059】

1つ以上のセンサは、第2のチャンバ（例えば、その内容物）の温度（例えば、第2のチャンバ内の材料（例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー）の温度）を示すパラメータを測定するように構成されてもよい。1つ以上のセンサは、温度センサであってもよい。例えば、1つ以上のセンサは、1つ以上のサーミスタ、熱電対、または抵抗温度計を含む（例えば、からなる）ことができる。

【0060】

装置はコントローラを備えてもよい。コントローラは、1つ以上のセンサから1つ以上のパラメータの測定値を受信するように構成されてもよい。コントローラは、受信した測定値に応じて装置の動作を変更させるように構成されてもよい。例えば、コントローラは、第1のチャンバの温度の測定値を受信し、受信した温度測定値に応じて第1のチャンバ

10

20

30

40

50

を（適宜）冷蔵または加熱するための手段の動作を調整するように構成されてもよい。コントローラは、1つ以上のパラメータ（第1のチャンバおよび／または第2のチャンバおよび／または存在する場合にはバッファチャンバ中の材料（例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー）の体積、質量、組成、タンパク質濃度、窒素含有種の濃度、窒素濃度、炭水化物濃度、脂質（例えば、脂肪）濃度、脂肪酸（即ち、揮発性脂肪酸）濃度、および／またはpH等）の受信した測定値に応答して、第1のチャンバと第2のチャンバとの間（および／またはバッファチャンバが存在する場合にはバッファチャンバと第2のチャンバとの間）の有機物（例えば、有機物スラリー）の動きを調整する（即ち、変化させる）ように構成されてもよい。

【0061】

従って、コントローラは、典型的には、加水分解および酸生成に曝された材料の1つ以上のパラメータの測定値を考慮して、第2のチャンバへの有機物の移動速度を制御する。

【0062】

コントローラは、プログラマブルロジックコントローラ（PLC）であり得る。コントローラは、プロセッサ（例えば、マイクロプロセッサ）を含み得る。

【0063】

コントローラは、比例積分微分（PID）コントローラであり得る。当業者は、PIDコントローラが、所望のシステム設定点と測定されたプロセス変数との間の差としてエラー値が計算され、比例項、積分項および微分項に基づいてシステム補正が適用される制御ループフィードバックメカニズムを利用するコントローラであることを理解するだろう。しかしながら、コントローラは、インテリジェントコントローラであることがより一般的である。当業者は、インテリジェントコントローラが、システムを調整するために何らかの形態の人工知能を利用するコントローラであることを理解するだろう。インテリジェントコントローラにより使用可能な人工知能手法には、ニューラルネットワーク、ベイズ確率、ファジー論理、機械学習、進化的計算、および遺伝的アルゴリズムが含まれる。

【0064】

装置は、信号送信機および／または信号受信機を備えてもよい。例えば、装置は、無線ネットワーク送信機および／または受信機、または、ブルートゥース送信機および／または受信機を備えてもよい。コントローラは、送信機および／または受信機を使用してリモートデバイス（パーソナルコンピュータ、タブレットコンピュータ、および／または携帯電話等）と通信するように構成（例えばプログラム）されてもよい。

【0065】

コントローラは、1つ以上のセンサからの1つ以上の出力に応じて、リモートデバイスに信号を送信する、およびリモートデバイスから信号を受信するようにプログラムされてもよい。例えば、コントローラは、第1のチャンバおよび／または第2のチャンバの窒素濃度および／またはVFA濃度が臨界閾値を超えた場合、および／または、第2の消化チャンバ内の材料の体積が臨界値を超えた場合、または1つ以上のガスセンサが装置の外側でメタンを検出した場合、リモートデバイスに警報を発するようにプログラムされてもよい。

【0066】

装置は、第1のチャンバおよび／または第2のチャンバの外側（例えば、装置の外側）の1つ以上のガス（例えば、メタン）を検出（例えば、その濃度を測定）するように構成された1つ以上のガスセンサ（例えば、1つ以上のメタンセンサ）を備えてもよい。コントローラは、通常、1つ以上のガスセンサから1つ以上の出力を受信するように構成される。コントローラは、1つ以上のガスセンサが前記第1のチャンバおよび／または第2のチャンバの外側（または装置の外側）でメタンを検出した場合、第1のチャンバおよび／または第2のチャンバの温度を下げるように構成されてもよい。コントローラは、1つ以上のガスセンサが第1のチャンバおよび／または第2のチャンバ（例えば、装置の外側）でメタンを検出した場合、第1のチャンバおよび／または第2のチャンバの温度を10℃未満、または8℃未満、または6℃未満、または4℃未満に下げるように構成されてもよい。

10

20

30

40

50

い。付加的または代替的に、コントローラは、第1のチャンバおよび／または第2のチャンバ内の窒素濃度および／またはVFA濃度（例えば、酢酸濃度）が臨界閾値を超える場合、および／または、第2の消化チャンバ内の材料の体積が臨界値を超える場合、第1のチャンバおよび／または第2のチャンバの温度を下げるように構成されてもよい。

【0067】

装置（例えば、コントローラ）は、クロックを備えてもよい。装置（例えば、コントローラ）はタイマーを備えてもよい。コントローラは、クロックまたはタイマーからの出力に基づいて、第1のチャンバと第2のチャンバとの間の有機物の動きを調整するように構成（例えば、プログラム）されてもよい。

【0068】

装置は外部ハウジングを備えてもよい。外部ハウジングは、第1のチャンバおよび第2のチャンバを収容する（即ち、保持する）ように構成（例えば、成形および寸法決め）されてもよい。外部ハウジングは、存在する場合、マセレータ（および、存在する場合には、浸軟チャンバ）、コントローラ、ガス精製器（および、存在する場合には、ガス精製チャンバ）、ガス貯蔵チャンバおよび／またはジェネレータを保持するように更に構成されてもよい。入口は、外部ハウジングの外壁を貫通していてもよい。

【0069】

外部ハウジングは、ジェネレータではなく、存在する場合には、マセレータ（および、存在する場合には、浸軟チャンバ）、コントローラ、ガス貯蔵チャンバおよび／またはガス精製器（および、存在する場合には、ガス精製チャンバ）を保持するように構成されてもよい。換言すると、外部ハウジングは、ジェネレータを除くほとんどまたは全ての他の装置コンポーネントを保持することができ、即ち、ジェネレータは他のコンポーネントとは別個に設けられている。

【0070】

第1のチャンバは密閉されていてもよい（即ち、周囲環境から密閉されていてもよい）。第2のチャンバは密閉されていてもよい（即ち、周囲環境から密閉されていてもよい）。第1のチャンバおよび／または第2のチャンバを密閉することにより、一般的に、不快な臭いおよび／または微生物が周囲環境に逃げることを低減することができる。あるいは、第1のチャンバは密封されていなくてもよい（例えば、第1のチャンバへの入口は密封されていない）が、前記第1のチャンバの冷却により、周囲環境への不快なガスの漏出は依然として制限される。

【0071】

装置は、本管から引き込んだ給水設備に配管することができる。装置は幹線の電源に電氣的に接続されていてもよい。

【0072】

装置は、1つ以上の嫌気性微生物を含み得る。

【0073】

装置は酢酸生成微生物を含んでもよい。酢酸生成微生物は、酢酸生成細菌を含む（例えば、からなる）ことができる。酢酸生成微生物は、アセトバクテリウム属に属する酢酸生成細菌を含む（例えば、からなる）ことができる。酢酸生成微生物は、アセトバクテリウム・ウッドィ種に属する酢酸生成細菌を含む（例えば、からなる）ことができる。

【0074】

酢酸生成微生物は、酸生成微生物であってもよい。酢酸生成細菌は、一般に、ホモ酢酸生成性である。酢酸生成菌も酸生成性であってもよい。アセトバクテリウム属に属する酢酸生成細菌も酸生成性であり得る。アセトバクテリウム・ウッドィ種に属する酢酸生成細菌も、一般には酸生成性である。

【0075】

装置は、メタン生成微生物を含んでもよい。メタン生成微生物は、メタン生成古細菌を含む（例えば、からなる）ことができる。メタン生成微生物は、メタノサエタ属に属するメタン生成古細菌を含む（例えば、からなる）ことができる。メタン生成微生物は、メタ

10

20

30

40

50

ノサエタ・コンシリイ種に属するメタン生成古細菌を含む（例えば、からなる）ことができる

【0076】

装置は、第1のチャンバの温度（即ち、第1のチャンバが冷蔵または加熱される温度）で抑制される（例えば、増殖しない）メタン生成微生物（例えば、メタン生成古細菌）を含んでもよい。

【0077】

装置は、主にアセトバクテリウム属に属する細菌と、メタノサエタ属に属する古細菌とを含む微生物培養物を含んでもよい。微生物培養物は、主に、アセトバクテリウム・ウッド種に属する細菌と、メタノサエタ・コンシリイ種に属する古細菌とを含み得る。

10

【0078】

装置のサイズは、3次元、即ち、装置の高さ（即ち、装置が通常の使用状態にあるときの垂直方向に沿った装置の最大延長）と、装置の幅（即ち、装置が通常の使用状態にあるときの第1の水平方向に沿った装置の延長の最大延長）と、装置の深さ（即ち、装置が通常の使用状態にあるときの前記第1の水平方向に垂直な第2の水平方向に沿った装置の最大延長）とを参照して定義することができる。装置は、一般に、3メートル未満、または2メートル未満、または1メートル未満、または0.5メートル未満の（垂直）高さである。装置は、一般に、3メートル未満、または2メートル未満、または1メートル未満、または0.5メートル未満の幅を有する。装置は、一般に、3メートル未満、または2メートル未満、または1メートル未満、または0.5メートル未満の深さを有する。装置は、一般に、15立方メートル未満、または10立方メートル未満、または5立方メートル未満、または3立方メートル未満、または1立方メートル未満の体積を占める。

20

【0079】

装置は、家庭用装置、即ち、家庭環境（例えば、家庭用住居）で使用するために構成された装置であり得る。装置は、キッチン装置、即ちキッチンで使用するために構成された装置であってもよい。

【0080】

本発明の第2の態様は、本発明の第1の態様による嫌気性消化装置を有機物の嫌気性消化に使用する方法を提供する。この方法は、第1のチャンバで有機物を酢酸生成微生物に曝露するステップと、有機物の少なくとも一部を第1のチャンバから第2のチャンバに移送するステップと、第2のチャンバで前記有機物の少なくとも一部をメタン生成微生物に曝露するステップと、を含む。有機物は、第1のチャンバから第2のチャンバに直接的に、または1つ以上の更なるチャンバを介して移送され得る。

30

【0081】

本方法は、有機物を浸軟する（例えば、細断する）ステップを含むことができる。有機物を浸軟するステップは、典型的には、第1のチャンバで有機物を酢酸生成微生物に曝露する前に実施される。本方法は、有機物に水を添加するステップ（例えば、有機物と水を混合するステップ）を含んでもよい。浸軟ステップ中および／または浸軟後に、有機物に水を添加してもよい。水は、第1のチャンバで有機物に添加することができる。

【0082】

40

本方法は、第1のチャンバを冷蔵するステップを含むことができる。本方法は、第1のチャンバを10℃以下、または8℃以下、または6℃以下、または4℃以下の温度に冷蔵するステップを含むことができる。

【0083】

あるいは、本方法は、第1のチャンバを40℃以上、または50℃以上、または60℃以上の温度に加熱するステップを含んでもよい。

【0084】

本方法は、典型的には、メタン生成微生物が第2のチャンバから第1のチャンバに移されるが、第1のチャンバの温度の調節（冷蔵または加熱）により、メタン生成が主に第2のチャンバで行われるように、有機物の少なくとも一部を第2のチャンバから第1のチャ

50

ンバに移す（戻す）ステップも含む。従って、メタン生成微生物が第2のチャンバから第1のチャンバに移動することにより生じるメタン生成は、第1のチャンバの冷蔵または加熱により第1のチャンバでは抑制される。

【0085】

これにより、例えば、更なる嫌気性消化のため、更なる微生物を第1のチャンバに供給するために、消化されている有機物を第2のチャンバから第1のチャンバに戻すことが可能となる。

【0086】

本方法は、酢酸生成微生物および／またはメタン生成微生物への曝露の前に、第1のチャンバに有機物を貯蔵するステップを含み得る。本方法は、昼間（例えば、日中）に第1のチャンバ（または存在する場合には貯蔵チャンバ）に有機物を貯蔵するステップを含むことができる。

10

【0087】

本方法は、第1のチャンバで有機物（例えば、有機物と水のスラリー）を攪拌（例えば、混合）するステップを含み得る。

【0088】

本方法は、有機物を1つ以上の加水分解酵素に曝露するステップを含んでもよい。1つ以上の加水分解酵素は、アミラーゼ、プロテアーゼ、リパーゼ、セルラーゼのうちの1つ以上を含み得る。本方法は、第1のチャンバで有機物を1つ以上の加水分解酵素に曝露するステップを含むことができる。有機物を1つ以上の加水分解酵素に曝露するステップは、有機物を酢酸生成微生物に曝露するステップの前および／または最中に実施することができる。

20

【0089】

本方法は、第2のチャンバを加熱するステップを含み得る。本方法は、第2のチャンバを10℃を超える、または15℃を超える、または20℃を超える、または25℃を超える、または30℃を超える温度に加熱するステップを含むことができる。

【0090】

第2のチャンバは、第2のチャンバ内のメタン生成を最大化するために選択された温度範囲内に温度調節されてもよい。

【0091】

本方法は、第2のチャンバで有機物（例えば、有機物と水のスラリー）を攪拌（例えば、混合）するステップを含むことができる。

30

【0092】

本方法は、第1のチャンバ内の有機物の一部を前記第1のチャンバから第2のチャンバに移送するステップを含むことができる。本方法は、第1のチャンバ内の有機物の第1の部分の前記第1のチャンバから第2のチャンバに移送し、続いて、第1のチャンバ内に残っている有機物の第2の部分の前記第1のチャンバから第2のチャンバに移送するステップを含むことができる。本方法は、第1のチャンバ内の有機物のうちの3つ以上の部分を前記第1のチャンバから第2のチャンバに連続的に移す（即ち、供給する）ステップを含むことができる。

40

【0093】

本方法は、第2のチャンバ内の有機物の一部を前記第2のチャンバから第1のチャンバに移送する（例えば、戻す）ステップを含むことができる。本方法は、第1のチャンバと第2のチャンバとの間で有機物を繰り返し（例えば、周期的に）往復させるステップを含むことができる。本方法は、24時間以内に、第1のチャンバと第2のチャンバとの間で有機物を繰り返し（例えば、少なくとも2回、より典型的には3回以上、4回以上、または5回以上）移送する（例えば、往復させる）ステップを含み得る。本方法は、一晩中、第1のチャンバと第2のチャンバとの間で有機物を繰り返し（例えば、少なくとも2回、より典型的には3回以上、4回以上、または5回以上）移送する（例えば、往復させる）ステップを含み得る。有機物は、クロックまたはタイマーからの出力に基づいて、第1の

50

チャンバと第2のチャンバとの間で（例えば、周期的に）（例えば、第1のチャンバから第2のチャンバへ）移送されてもよい。有機物は、約1時間ごと、または2時間ごと、または3時間ごと、24時間以内および／または一晩中、第1のチャンバと第2のチャンバとの間で移動されてもよい。

【0094】

本方法は、第1のチャンバおよび／または第2のチャンバ内の材料（例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー）の体積、質量、組成、タンパク質濃度、窒素含有種の濃度、窒素濃度、炭水化物濃度、脂質（例えば脂肪）濃度、脂肪酸（即ち、揮発性脂肪酸、例えば酢酸）濃度、および／またはpHを示す1つ以上のパラメータを測定する1つ以上のセンサを含み得る。本方法は、コントローラにより前記1つ以上のパラメータの測定値を受信するステップを含むことができる。本方法は、コントローラにより、第1のチャンバおよび／または第2のチャンバ内の材料（例えば、有機物および／または有機物と水を含む有機物スラリー）の体積、質量、組成、タンパク質濃度、窒素含有種の濃度、窒素濃度、炭水化物濃度、脂質（例えば、脂肪）濃度、脂肪酸（即ち、揮発性脂肪酸、例えば、酢酸）濃度、および／またはpHのうち受信した測定値に応答して、第1のチャンバと第2のチャンバとの間で有機物の一部を移送する（例えば、一部を繰り返し移送する）ステップを含み得る。

【0095】

本方法は、第1のチャンバで測定されたタンパク質濃度および／または窒素濃度に応じて（例えば、それに依存して、例えば、それに比例する）1つ以上の加水分解酵素を第1のチャンバに追加するステップを含み得る。換言すると、一般に、第1のチャンバに追加される加水分解酵素の量は、測定されたタンパク質濃度および／または窒素濃度に依存する。

【0096】

本方法は、前記第1のチャンバで測定された窒素濃度が閾値を超える場合（例えば、1000mg/Lの濃度を超える場合）、第1のチャンバに水を追加するステップを含み得る。本方法は、前記第2のチャンバで測定された窒素濃度が閾値を超える場合（例えば、1000mg/Lの濃度を超える場合）、第2のチャンバに水を追加するステップを含み得る。

【0097】

本方法は、前記第2のチャンバで測定された揮発性脂肪酸濃度（例えば、酢酸濃度）が閾値を超える（例えば、300mg/Lの濃度を超える）場合、第2のチャンバに水を追加するステップを含み得る。

【0098】

本方法は、第1のチャンバ内の有機物の一部を第1のチャンバから第2のチャンバに移送するステップを含むことができ、移送される有機物の一部の体積は、第2のチャンバの揮発性脂肪酸濃度（例えば、酢酸濃度）が閾値（例えば、300mg/Lの濃度）を超えないように、第1のチャンバで測定された揮発性脂肪酸濃度（例えば、酢酸濃度）を考慮して決定される。

【0099】

本方法は、第1のチャンバ内の有機物の一部を前記第1のチャンバから第2のチャンバに移送する前（例えば、直前）に、前記第2のチャンバで測定された揮発性脂肪酸濃度（例えば、酢酸濃度）が閾値を超える（例えば、300mg/Lの濃度を超える）場合、第2のチャンバに水を追加するステップを含み得る。

【0100】

本方法は、第1のチャンバ内の有機物の一部を、前記第1のチャンバから第2のチャンバに繰り返し移送するステップを含むことができる。第1のチャンバから第2のチャンバに移送される有機物の各部分の体積は、通常、第1のチャンバで測定された揮発性脂肪酸濃度（例えば、酢酸濃度）と、第1のチャンバ内の有機物の体積（即ち、有機物の一部が移送される直前の第1のチャンバ内の有機物の体積）とを考慮して決定される。

【0101】

本方法は、装置の1稼働サイクル内で、第1のチャンバ内の有機物の一部を第1のチャンバから第2のチャンバに繰り返し移送するステップを含むことができる。1稼働サイクルには、通常、有機物が装置に（即ち、入口を介して）追加される期間と、有機物が第1のチャンバおよび／または第2のチャンバで消化される（即ち、重複していない）期間とが含まれる。1作業サイクルは24時間続いてもよい。

【0102】

各稼働サイクルの開始時に、通常、第1のチャンバは最大量の有機物を保持している。各稼働サイクルの終了時には、通常、第1のチャンバは最小量の有機物を保持している（例えば、有機物をほとんど保持していない）。本方法は、第1のチャンバから第2のチャンバへの有機物の移動速度を変更するステップを含むことができる。第1のチャンバから第2のチャンバへの有機物の移動速度は、第1のチャンバで測定される揮発性脂肪酸濃度（例えば、酢酸濃度）（および、例えば、稼働サイクルの開始時における第1のチャンバ内の有機物の体積（例えば、第1のチャンバ内の最大量の有機物））を考慮して決定することができる。第1のチャンバから第2のチャンバへの有機物の移動速度を変更するステップは、第1のチャンバから第2のチャンバへの有機物の一部の移動の間の時間の変更、および／または移動する有機物の一部の体積の変更を含み得る。本方法は、装置の1稼働サイクル内で、第1のチャンバ内の有機物の一部を第1のチャンバから第2のチャンバに繰り返し移送するステップを含むことができ、第1のチャンバから第2のチャンバに移送される有機物の各部分の体積は、第1のチャンバで測定された揮発性脂肪酸濃度（例えば、酢酸濃度）と、稼働サイクルの開始時における第1のチャンバ内の有機物の体積（例えば、第1のチャンバ内の最大量の有機物）と、有機物の一部が移送される直前の第1のチャンバ内の有機物の体積とを考慮して決定される。第1のチャンバから第2のチャンバに移動する有機物の各部分の体積は、通常、稼働サイクルの終了時に第1のチャンバに残っているべき有機物の目標体積（例えば、第1のチャンバ内の有機物の体積がほぼゼロ）および／または稼働サイクルの終了前に行われるべき第1のチャンバから第2のチャンバへの有機物の移送の目標数を考慮して決定される。

【0103】

本方法は、第2のチャンバで測定された揮発性脂肪酸濃度（例えば、酢酸濃度）が閾値を超える（例えば、 300 mg/L の濃度を超える）場合、第2のチャンバから第1のチャンバに有機物を移送するステップを含むことができる。

【0104】

本方法は、第2のチャンバ内の材料の体積が閾値を超える場合、第2のチャンバから第1のチャンバに有機物を移送するステップを含むことができる。

【0105】

本方法は、第1のチャンバおよび／または第2のチャンバ内の有機物の嫌気性消化中に生成される1つ以上のガスを濾過するガス精製器を含むことができる。本方法は、ガス精製器が、ガスから二酸化炭素（ CO_2 ）、硫化水素（ H_2S ）および／またはアンモニア（ NH_3 ）のうちの1つ以上を（例えば、選択的に）除去するステップを含み得る。

【0106】

酢酸生成微生物は、酢酸生成細菌を含む（例えば、からなる）ことができる。酢酸生成微生物は、アセトバクテリウム属に属する酢酸生成細菌を含む（例えば、からなる）ことができる。酢酸生成微生物は、アセトバクテリウム・ウッディ種に属する酢酸生成細菌を含む（例えば、からなる）ことができる。

【0107】

酢酸生成微生物は、酸生成微生物であってもよい。酢酸生成細菌は酸生成性でもあり得る。アセトバクテリウム属に属する酢酸生成細菌も酸生成性であり得る。アセトバクテリウム・ウッディ種に属する酢酸生成細菌は、通常、酸生成性でもある。

【0108】

メタン生成微生物は、メタン生成古細菌を含む（例えば、からなる）ことができる。メ

10

20

30

40

50

タン生成微生物は、メタノサエタ属に属するメタン生成古細菌を含む（例えば、からなる）ことができる。メタン生成微生物は、メタノサエタ・コンシリイ種に属するメタン生成古細菌を含む（例えば、からなる）ことができる。

【0109】

本発明の第3の態様は、熱および／または電気を生成する方法を提供する。この方法は、本発明の第2の態様のステップを実行するステップと、第1のチャンバおよび／または第2のチャンバ内の有機物の嫌気性消化により生成されたメタンを燃焼させることによって発電するステップと、を含む。

【0110】

本発明の第4の態様は、有機物からメタン（例えば、メタンを含むバイオガス）を生成する方法を含む。本方法は、有機物を10℃以下の温度で酢酸生成微生物に曝露するステップと、続いて、有機物の少なくとも一部を、10℃を超える温度でメタン生成微生物に曝露するステップと、を含む。

10

【0111】

本方法は、有機物を浸軟する（例えば、細断する）ステップを含むことができる。有機物を浸軟するステップは、通常、有機物を酢酸生成微生物に曝露する前に実施する。本方法は、有機物に水を追加するステップ（例えば、有機物と水を混合するステップ）を含んでもよい。水は、浸軟ステップ中および／または浸軟後に、有機物に追加されてもよい。

【0112】

本方法は、有機物を8℃以下、または6℃以下、または4℃以下の温度で酢酸生成微生物に曝露するステップを含んでもよい。

20

【0113】

本方法は、有機物の少なくとも一部を、15℃を超える、または20℃を超える、または25℃を超える、または30℃を超える温度でメタン生成微生物に曝露するステップを含むことができる。

【0114】

本方法は、酢酸生成細菌への曝露中に有機物（例えば、有機物と水のスラリー）を攪拌（例えば、混合）するステップを含むことができる。本方法は、メタン生成古細菌への曝露中に有機物（例えば、有機物と水のスラリー）を攪拌（例えば、混合）するステップを含むことができる。

30

【0115】

本方法は、有機物を1つ以上の加水分解酵素に曝露するステップを含んでもよい。1つ以上の加水分解酵素は、アミラーゼ、プロテアーゼ、リパーゼ、セルラーゼのうちの1つ以上を含んでもよい。有機物を1つ以上の加水分解酵素に曝露するステップは、有機物を10℃以下の温度で酢酸生成微生物に曝露するステップの前および／または最中に実施され得る。

【0116】

本方法は、有機物を10℃以下の温度で酢酸生成微生物とメタン生成微生物との両方に曝露するステップと、続いて、有機物の少なくとも一部を、10℃を超える温度で酢酸発生微生物とメタン生成微生物との両方に曝露するステップと、を含むことができる。酢酸生成微生物は10℃以下の温度で増殖する傾向がある一方、メタン生成微生物は10℃以下の温度で抑制される傾向がある。メタン生成微生物は、10℃を超える温度で増殖する傾向がある。

40

【0117】

本方法は、第一に、有機物を10℃以下の温度で酢酸生成微生物とメタン生成微生物との両方に曝露するステップと、第二に、有機物の第1の部分を10℃より高い温度で酢酸生成微生物とメタン生成微生物との両方に曝露するステップと、第三に、有機物の第2の部分を10℃より高い温度で酢酸生成微生物とメタン生成微生物との両方に曝露するステップとを含むことができる。本方法は、10℃より高い温度で、有機物の3つ以上の部分を酢酸生成微生物とメタン生成微生物との両方に連続的に曝露するステップを含むことができる。

50

できる。

【0118】

本方法は、酢酸生成微生物とメタン生成微生物との両方への曝露中に、10℃以下の温度と10℃を超える温度との間で、有機物の少なくとも一部の温度を繰り返し（例えば、周期的に）変化させるステップを含んでもよい。本方法は、酢酸生成微生物とメタン生成微生物との両方への曝露中に、少なくとも第1の位置と第2の位置（例えば、コンテナ）との間で、有機物の少なくとも一部を繰り返し（例えば、周期的に）移動させるステップを含むことができ、ここで、第1の位置は温度が10℃以下の温度に（例えば、冷蔵されて）保持されており、第2の位置は10℃を超える温度に（例えば、加熱されて）保持されている。

10

【0119】

本方法は、有機物の体積、質量、組成、タンパク質濃度、窒素含有種の濃度、窒素濃度、炭水化物濃度、脂質（例えば、脂肪）濃度、脂肪酸（即ち、揮発性脂肪酸、例えば酢酸）濃度、および／またはpHを示す1つ以上のパラメータを決定（例えば、測定）するステップを含み得る。本方法は、決定された（例えば、測定された）1つ以上のパラメータに応じて、有機物の温度を変化させるステップを含むことができる。

【0120】

本方法は、有機物を加水分解酵素に曝露するステップを含んでもよく、有機物が曝露される加水分解酵素の量は、測定されたタンパク質濃度および／または測定された窒素濃度に依存する（例えば、比例する）。

20

【0121】

本方法は、有機物の嫌気性消化で生成された1つ以上のガスを精製する（例えば、濾過する）ステップを含み得る。本方法は、二酸化炭素（CO₂）、硫化水素（H₂S）および／またはアンモニア（NH₃）のうちの1つ以上をガスから（例えば、選択的に）除去するステップを含むことができる。

【0122】

酢酸生成微生物は、酢酸生成細菌を含む（例えば、からなる）ことができる。酢酸生成微生物は、アセトバクテリウム属に属する酢酸生成細菌を含む（例えば、からなる）ことができる。酢酸生成微生物は、アセトバクテリウム・ウッディ種に属する酢酸生成細菌を含む（例えば、からなる）ことができる。

30

【0123】

酢酸生成微生物は、酸生成微生物でもあり得る。酢酸生成細菌は酸生成性であってもよい。アセトバクテリウム属に属する酢酸生成細菌も酸生成性であり得る。アセトバクテリウム・ウッディ種に属する酢酸生成細菌も、通常、酸生成性である。

【0124】

メタン生成微生物は、メタン生成古細菌を含む（例えば、からなる）ことができる。メタン生成微生物は、メタノサエタ属に属するメタン生成古細菌を含む（例えば、からなる）ことができる。メタン生成微生物は、メタノサエタ・コンシリイ種に属するメタン生成古細菌を含む（例えば、からなる）ことができる。

【0125】

本発明の第5の態様は、有機物を加水分解する方法を提供する。本方法は、有機物中のタンパク質の量（例えば、濃度）を示すパラメータを決定する（例えば、測定する）ステップと、有機物を1つ以上の加水分解酵素に曝露するステップと、を含む。ここで、有機物が曝露される加水分解酵素の量は、決定された（例えば、測定された）パラメータの値に依存する。

40

【0126】

有機物は、通常、タンパク質、炭水化物、脂質およびリグノセルロース、並びにその他の物質で構成される。異なる加水分解酵素は、異なる組成の高分子の加水分解を触媒することができる。例えば、アミラーゼは、デンプン（炭水化物）の単糖への加水分解を触媒することができる。プロテアーゼは、タンパク質中のペプチド結合の加水分解を触媒して

50

アミノ酸を形成することができる。セルラーゼは、セルロースおよび関連する多糖類の加水分解を触媒することができる。リパーゼは、脂質の加水分解を触媒して脂肪酸を形成することができる。

【0127】

有機物が曝露される加水分解酵素の量は、通常、決定された（例えば、測定された）パラメータの値に比例する。

【0128】

本発明の第6の態様は、有機物の嫌気性消化に使用するための微生物培養物を提供する。微生物培養物は、アセトバクテリウム属に属する1つ以上の細菌を含む（例えば、またははからなる）。

10

【0129】

培養物中に存在する1つ以上の細菌は、典型的には、アセトバクテリウム属に属する酢酸生成細菌を含む（例えば、またははからなる）。酢酸生成細菌は、通常、ホモ酢酸生成菌、例えばホモ酢酸生成アセトバクテリウム・ウッディである。従って、1つ以上の酢酸生成細菌は、アセトバクテリウム・ウッディ種に属する細菌を含む（例えば、またははからなる）ことができる。

【0130】

酢酸生成細菌は、通常、酸生成細菌でもある。

【0131】

微生物培養物は、主にアセトバクテリウム属に属する酢酸生成細菌を含むことができる。微生物培養物は、主にアセトバクテリウム・ウッディ属に属する細菌を含むことができる。

20

【0132】

しかしながら、微生物培養物は、メタノサエタ属に属する1つ以上の古細菌を更に含んでもよい。1つ以上の古細菌は、通常、メタノサエタ属に属するメタン生成古細菌である。1つ以上の古細菌は、メタン生成のための主要なまたは唯一の物質として酢酸を有していてもよい。培養物中に存在する1つ以上の古細菌は、メタノサエタ・コンシリイ種に属する古細菌を含む（例えば、またははからなる）ことができる。

【0133】

微生物培養物は、主にアセトバクテリウム属に属する細菌と、メタノサエタ属に属する古細菌とを含み得る。微生物培養物は、主にアセトバクテリウム・ウッディ種に属する細菌と、メタノサエタ・コンシリイ種に属する古細菌とを含んでもよい。

30

【0134】

本発明の第7の態様は、有機物の嫌気性消化に使用するための微生物培養物を提供する。微生物培養物は、メタノサエタ属に属する1つ以上の古細菌を含む（例えば、またははからなる）。

【0135】

1つ以上の古細菌は、通常、メタノサエタ属に属するメタン生成古細菌である。1つ以上の古細菌は、メタノサエタ・コンシリイの種に属し得る。

【0136】

微生物培養物は、主に、メタノサエタ属に属する古細菌を含んでもよい。微生物培養物は、主に、メタノサエタ・コンシリイ属に属する古細菌を含んでもよい。微生物培養物に存在するメタン生成古細菌は、メタノサエタ属に属する古細菌で構成されている場合がある。微生物培養物に存在するメタン生成古細菌は、メタノサエタ・コンシリイ種に属する古細菌で構成されている場合がある。

40

【0137】

微生物培養物は、アセトバクテリウム属に属する1つ以上の細菌を含んでもよい。1つ以上の細菌は、通常、アセトバクテリウム属に属する酢酸生成細菌である。1つ以上の細菌は、アセトバクテリウム・ウッディ種に属している可能性がある。1つ以上の細菌は、通常、酸産生性でもある。

50

【0138】

微生物培養物は、主に、アセトバクテリウム属に属する細菌と、メタノサエタ属に属する古細菌とを含み得る。微生物培養物は、主に、アセトバクテリウム・ウッディ種に属する細菌と、メタノサエタ・コンシリイ種に属する古細菌とを含んでもよい。

【0139】

第6の態様または第7の態様の微生物培養物は、アセトバクテリウム以外の細菌を含なくてもよい（通常、アセトバクテリウム・ウッディ以外の細菌を含まない）。

【0140】

第6の態様または第7の態様の微生物培養物は、メタノサエタ以外の古細菌を含なくてもよい（通常、メタノサエタ・コンシリイ以外の古細菌を含まない）。

10

【0141】

本発明の第8の態様は、有機物からメタン（例えば、メタンを含むバイオガス）を生成する方法を提供する。この方法は、アセトバクテリウム属に属する細菌およびメタノサエタ属に属する古細菌に有機物を曝露するステップであって、例えば、アセトバクテリウムとメタノサエタとの両方を含む第6の態様または第7の態様による微生物培養物に有機物を曝露するステップを含む。

【0142】

細菌は、アセトバクテリウム・ウッディ種に属し得る。古細菌は、メタノサエタ・コンシリイ種に属し得る。

【0143】

本方法は、10℃以下、または8℃以下、または6℃以下、または4℃以下の温度で、アセトバクテリウム属に属する細菌（例えば、アセトバクテリウム・ウッディ種に属する）に有機物を曝露するステップを含むことができる。

20

【0144】

本方法は、10℃より高い、または8℃より高い、または6℃より高い、または4℃より高い温度で、メタノサエタ属に属する古細菌（例えば、メタノサエタ・コンシリイ種に属する）に有機物を曝露するステップを含むことができる。

【0145】

本方法は、10℃以下の温度でアセトバクテリウム属に属する細菌（例えば、アセトバクテリウム・ウッディに属する）に有機物を曝露するステップと、続いて、10℃より高い温度でメタノサエタ属に属する古細菌（例えば、メタノサエタ・コンシリイ種に属する）に有機物の少なくとも一部を曝露するステップとを含んでもよい。

30

【0146】

本方法は、10℃以下の温度でアセトバクテリウム属に属する細菌（例えば、アセトバクテリウム・ウッディ種に属する）とメタノサエタ属に属する古細菌（例えば、メタノサエタ・コンシリイ種に属する）との両方に有機物を曝露するステップと、続いて、10℃より高い温度でアセトバクテリウム属に属する細菌（例えば、アセトバクテリウム・ウッディ種に属する）とメタノサエタ属に属する古細菌（例えば、メタノサエタ・コンシリイ種に属する）との両方に有機物の少なくとも一部を曝露するステップとを含み得る。

【0147】

本方法はまた、有機物を1つ以上の加水分解酵素に曝露するステップを含んでもよい。1つ以上の加水分解酵素は、典型的には、微生物を含まない供給源、例えば、粉末化された（例えば、凍結乾燥した）酵素製剤、または微生物を含まない酵素溶液から提供される。

40

【0148】

有機物中の少なくとも1つの化学種、または有機物の少なくとも0.1質量%が、細菌消化（即ち、細菌加水分解）によるものではなく、1つ以上の前記加水分解酵素の存在に起因して、アセトバクテリウム（例えば、アセトバクテリウム・ウッディ）により代謝可能な形態に加水分解される。

【0149】

本発明の第9の態様は、本発明の第1の態様による装置を内部に有するキッチンを提供

50

する。キッチン、調理器具を備えた家庭用または業務用のキッチンであってもよい。装置が保持している有機物は食品廃棄物であり得る。有機物は、第1のチャンバおよび／または第2のチャンバに位置し得る。装置は酢酸生成微生物を含んでもよい。酢酸生成微生物は、酸生成微生物でもあり得る。装置は、メタン生成微生物を含んでもよい。装置は、本発明の第6の態様または第7の態様による微生物培養物を含み得る。第1のチャンバは、（例えば、10℃以下、または8℃以下、または6℃以下、または4℃以下の温度まで）冷蔵されてもよい。第2のチャンバは、（例えば、10℃より高い、または15℃より高い、または20℃より高い、または25℃より高い、または30℃より高い温度に）加熱されてもよい。

【0150】

本発明の任意の一態様の任意の好ましい特徴は、本発明の任意の他の態様の特徵であり得る。

【0151】

次に、本発明の例示的な実施形態を、以下の図を参照して説明する。

【図面の簡単な説明】

【0152】

【図1】嫌気性消化装置の第1の例の概略図である。

【図2】図1の装置の一部を形成するコントローラの入力および出力を示す図である。

【図3】使用中の図1の嫌気性消化装置を通過する材料の動きを示す概略図である。

【図4】嫌気性消化装置の例示的な動作の、24時間にわたって行われた、嫌気性消化ステップのフローチャートである。

【図5】嫌気性消化装置の第2の例の概略図である。

【図6】嫌気性消化装置の第3の例の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0153】

食品廃棄物の嫌気性消化で生成されたバイオガスの燃焼により電気を生成するための、嫌気性消化装置1の第1の例が、図1に概略的に示されている。この装置は、浸軟チャンバ3、第1の消化チャンバ4、第2の消化チャンバ5、ガス精製チャンバ6、ガスアキュムレータ7およびガス変換器8を含む外部ハウジング2を含む。食品廃棄物を受け取るための密閉可能な入口9は、ハウジング2を貫通して浸軟チャンバ3内に延在している。浸軟チャンバ3は、第1の密閉可能なパイプ10を介して、第1の消化チャンバ4に接続されている。第1の消化チャンバ4は、ポンプ12により第2の密閉可能なパイプ11を介して、第2の消化チャンバ5に接続されている。第2の消化チャンバ5は、第3の密閉可能なパイプ13を介してガス精製チャンバ6に接続されている。パイプ13には、圧力逆止弁（図示せず）が取り付けられている。第1の消化チャンバ4は、第4の密閉可能なパイプ14を介してガス精製チャンバ6にも接続されている。ガス精製チャンバ6は、第5の密閉可能なパイプ15を介してガスアキュムレータ7に接続されている。ガスアキュムレータ7は、第4の密閉可能なパイプ16によってガス変換器8に接続されている。浸軟チャンバには水源17が設けられている。装置は、第1の消化チャンバ検知装置19および第2の消化チャンバ検知装置20と通信するコントローラ18も備えている。コントローラ18もポンプ11に結合されている。

【0154】

浸軟チャンバ3は、マセレータ（図示せず）を収容している。マセレータは、通常、1つ以上の穿孔された切断プレートを持有する。マセレータは、入口を通して装置内に入る食品廃棄物がマセレータを通過するように、入口9の下に配置される。水源17は、典型的には、加圧水をマセレータの穿孔された切断プレート上に指向するように構成された1つ以上の水噴射を含む。

【0155】

第1の消化チャンバ4は、浸軟チャンバの下に位置する。第1の消化チャンバ4は、使用中（例えば、ヒートポンプにより）約4℃の温度に冷蔵される。第1の消化チャンバ4

10

20

30

40

50

の温度は、コントローラによってサーモスタット制御される。第1の消化チャンバは、その中に収容される任意の内容物を混合するための1つ以上の回転可能なパドル（図示せず）を収容する。第1の消化チャンバには、典型的にはアミラーゼ、プロテアーゼ、リパーゼおよびセルラーゼを含む加水分解酵素が提供される。第1の消化チャンバに存在する特定の酵素は、消化される食品廃棄物の組成に応じてカスタマイズ可能である。酵素は、凍結乾燥された酵素の形態で、例えば固体形態（例えば、凍結乾燥された酵素の錠剤）で提供されてもよく、または液体希釈剤に分散されてもよい。酵素は、第1の消化チャンバに隣接する冷蔵領域に保存されてもよい。

【0156】

第2の消化チャンバ5は、使用時に約35℃の温度に（例えば、加熱要素により）加熱される。第2の消化チャンバ5の温度は、サーモスタット制御される。第2の消化チャンバには、アセトバクテリウム属に属する細菌（特に、アセトバクテリウム・ウッド種（the Leibniz-Institut DSMZ-Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH under deposit number DSM 1030およびthe American Type Culture Collection under deposit number ATCC 29683参照））と、メタノサエタ属に属する古細菌（特に、メタノサエタ・コンシリ種（the Leibniz-Institut DSMZ-Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH under deposit number DSM 3671およびthe American Type Culture Collection under deposit number ATCC 35969参照））とを含む微生物種菌が提供される。

【0157】

ポンプ12は双方向ポンプであり、これは、材料が第1の消化チャンバから第2の消化チャンバへ、または第2の消化チャンバから第1の消化チャンバへパイプ11を介して送り込むことができることを意味する。あるいは、2つの別個のポンプを使用することもできる。

【0158】

（図3により詳細に示すように）コントローラ18は、リモートデバイスと接続するためのユーザインタフェース101およびインターネットインタフェース102を有する。コントローラは、コンピュータ実行可能なプログラムコード104を記憶するメモリ103と、装置校正パラメータを記憶するデータベース105とを有する。また、コントローラは、クロック106も備えている。コントローラは、通常、プログラマブルロジックコントローラ（PLC）である。

【0159】

コントローラは、第1の消化チャンバ検知装置19および第2の消化チャンバ検知装置20に電子的に接続されている。第1の消化チャンバ検知装置および／または第2の消化チャンバ検知装置は、通常、1つ以上の温度センサ107、1つ以上の揮発性脂肪酸（VFA）センサ（酢酸センサ等）108、1つ以上のレベルセンサ109、1つ以上のロードセル110、1つ以上の窒素センサ111、1つ以上のpHセンサ112、および1つ以上の体積センサ113を含む。

【0160】

各VFAセンサ108は、通常、ファブリ・ペロー分光計を減衰全反射（ATR）プローブと組み合わせることで、それぞれのチャンバから材料のサンプルを取り除くことなく、第1の消化チャンバおよび／または第2の消化チャンバ内のVFAの濃度を決定することができる。適切なVFAセンサは、欧州委員会プロジェクトであるNovel monitoring and process control system for efficient production of VFA and biogas in anaerobic digestion plant（プロジェクトID：606096）の一

10

20

30

40

50

環として開発され、文献 1 (Validation and improvement of the OPTI-VFA sensor for online VFA monitoring, Zhe Deng, Master's thesis, Delft University of Technology, 2015) に詳細に検討されている OPTI-VFA センサであり得る。これらの内容は、参照により本書に組み込まれる。VFA センサは、通常、第 1 の消化チャンバおよび／または第 2 の消化チャンバ内の酢酸の濃度を決定するように構成される。VFA センサは、第 1 の消化チャンバおよび／または第 2 の消化チャンバ内の総 VFA 濃度を決定するように構成されてもよい。

【0161】

各レベルセンサ 109 は、通常、第 1 の消化チャンバおよび／または第 2 の消化チャンバ内の材料のレベルを測定するように構成される。

10

【0162】

各ロードセル 110 は、通常、第 1 の消化チャンバおよび／または第 2 の消化チャンバ内の材料の重量を測定するように構成される。

【0163】

各窒素センサ 111 は、通常、第 1 の消化チャンバおよび／または第 2 の消化チャンバの内容物中の窒素および窒素含有化合物の濃度を検知および決定するための、当技術分野において知られているケルダールプローブである。

【0164】

各 pH センサ 112 は、通常、第 1 の消化チャンバおよび／または第 2 の消化チャンバ内の材料の pH を測定するように構成される。

20

【0165】

各体積センサ 113 は、通常、第 1 の消化チャンバおよび／または第 2 の消化チャンバに保持されたガスの体積を測定するように構成される。

【0166】

コントローラは、1 つ以上の温度センサ 107、1 つ以上の揮発性脂肪酸 (VFA) センサ (酢酸センサ等) 108、1 つ以上のレベルセンサ 109、1 つ以上のロードセル 110、1 つ以上の窒素センサ 111、1 つ以上の pH センサ 112、および 1 つ以上の体積センサ 113 からの入力を受信し、1 つ以上の入力をデータベース 105 に格納されている較正パラメータと比較した結果に応じて、1 つ以上のデバイス制御アクションを実行するようにプログラムされている。可能なデバイス制御アクションには、入口を密閉および開封し 114、酵素を第 1 の消化チャンバに分散し 115、第 1 の消化チャンバと第 2 の消化チャンバとの間でポンプを作動させ 116、第 1 の消化チャンバの温度を調整し 117、第 2 の消化チャンバの温度を調整し 118、第 1 の消化チャンバおよび第 2 の消化チャンバ内の混合パドルを操作し 119、水噴霧を作動させ 120、ガス変換器を作動または停止させる 121 アクションが含まれる。

30

【0167】

保存された較正パラメータには、通常、酵素重み付けパラメータ、第 1 の消化チャンバおよび／または第 2 の消化チャンバの閾値窒素濃度、第 1 の消化チャンバおよび／または第 2 の消化チャンバの目標温度、並びに、第 1 の消化チャンバおよび／または第 2 の消化チャンバの閾値揮発性脂肪酸濃度 (特に閾値酢酸濃度) が含まれる。

40

【0168】

ガス精製器 6 は、第 2 の消化チャンバの上に設けられている。ガス精製器 6 は、典型的には、二酸化炭素 (CO_2)、硫化水素 (H_2S) およびアンモニア (NH_3) を捕捉するように構成された多数のフィルタ (例えば、活性炭および／または過マンガン酸カリウムフィルタ) を含む。ガス精製フィルタは、メタン (CH_4) を妨げずに通過させることができるように構成されている。第 1 の消化チャンバとガス精製器との間のパイプ 14 は、典型的には、入口 9 が密閉されていないときに密閉され、逆もまた同様に、パイプ 14 は、入口 9 が密閉されているときに解放される。

【0169】

ガスアキュムレータ 7 は、ガスがガス変換器 8 に送り込まれる前にガスを貯蔵すること

50

ができるチャンバを提供する。

【0170】

ガス変換器8は、典型的には、当技術分野で知られているように、マイクロ熱電併給（マイクロCHP）デバイスである。マイクロCHPデバイスは、メタンの燃焼により熱と電気を生成するように構成されている。

【0171】

通常、使用中に食品または発酵残渣と接触する装置部品は、一般に、ステンレス鋼、特にEN 1.4301/AISI 304ステンレス鋼から製造される。通常、嫌気性消化中に遊離するバイオガスと接触する装置部品も、一般に、ステンレス鋼、特にEN 1.4571/AISI 316Tiステンレス鋼から製造される。各部品は、通常、部品を再利用することができるよう、取り外しおよび交換可能であるように設計される。

【0172】

食品廃棄物の嫌気性消化による発電プロセスを図3および図4に示す。

【0173】

食品廃棄物は、入口から浸軟チャンバに入る（図4のステップ201）。食品が浸軟チャンバに入ると、マセレータのスイッチがオンになり、マセレータの穿孔された切断プレートによって食品が小さな粒子（0.5mm～0.9mmの特徴的な直径を有する）に切断される。矢印21によって示すように、浸軟された食品は、重力下でパイプ10を通過してマセレータの下第1の消化チャンバに移動される（ステップ202）。水源17によって切断プレート上に指向された加圧水は、浸軟された食品を第1の消化チャンバに押し込むのを助ける一方で、浸軟チャンバの洗浄もし、目詰まりや不快な臭いを低減する。浸軟された食品および水は、第1の消化チャンバ内に収容されるスラリーを形成する。第1の消化チャンバは冷蔵されているため、食品に自然に存在する微生物の代謝活性が阻害され、食品スラリーの分解が抑制され、更なる不快な臭いの発生も抑制される。

【0174】

（レベルセンサ、ロードセル、または体積センサの出力に基づいて）コントローラが、貯蔵タンクに十分な物質が追加されたと判断した場合、または（クロックを使用して判断したように）適切な時間に達した場合、食品の嫌気性消化を始めることができる。この時点で、それ以上の食品が浸軟チャンバに追加されないように、入口が密閉される（ステップ203）。入口の密閉は気密性を有する故に、入口から周囲環境にガスが漏れることはない。入口を密閉することにより、第1の消化チャンバとガス精製器との間のパイプ14も開口させることができる。

【0175】

コントローラは、窒素センサによって測定された第1の消化チャンバ内の窒素濃度の測定値を受け取り、データベースに保存されている酵素重み付けパラメータを考慮して、窒素濃度に比例して加水分解酵素を第1の消化チャンバに導入する（ステップ204）。酵素は、コントローラの制御下にある計量ポンプによって第1の消化チャンバに導入することができる。

【0176】

貯蔵チャンバ内のパドルが回転し（ステップ205）、（矢印22によって示されるように）食品スラリーの混合をもたらし、食品スラリーの完全な加水分解を確実にする。

【0177】

第1の消化チャンバ内の食品スラリーの加水分解が本質的に完了するように、コントローラが十分な時間が経過したと判断すると（通常はクロックの出力に基づく）、嫌気性微生物の導入によって嫌気性消化が開始される。微生物の新鮮な培養物は、コントローラによって第1の消化チャンバに直接導入されてもよい。実際、これは最初に装置を起動するときと同様である。しかしながら、通常の使用状態では、微生物と混合された、以前に消化された物質は、既に第2の消化チャンバに存在する。従って、微生物は、典型的には、発酵残渣の一部を第2の消化チャンバから第1の消化チャンバに送り込むことにより、第1の消化チャンバに導入される（ステップ206）。第1の消化チャンバに送り込まれる

発酵残渣の量は、第2の消化チャンバに既に存在する発酵残渣の量に依存する。例えば、コントローラは、体積センサまたはレベルセンサから第2の消化チャンバ内の発酵残渣の量の測定値を受信し、データベースに格納されている閾値体積（例えば、30リットル）を超える第2の消化チャンバ内に存在する任意の材料を移送することができる。

【0178】

メタノサエタ・コンシリイ等のメタン生成微生物は、温度変動の影響を大きく受けやすく、特に、低温（例えば、約10℃未満）で代謝活性が著しく低下する。従って、微生物種菌（新鮮な培養物の形態で、または既存の発酵残渣として）が冷蔵された第1の消化チャンバに加えられると、メタン生成微生物は不活性化される。対照的に、アセトバクテリウム・ウッドィ等の酸生成微生物および酢酸生成微生物は、このような低温で増殖する。従って、酸生成微生物および酢酸生成微生物が加水分解生成物（グルコースおよび有機酸等）を酢酸に（例えば、Wood-Ljungdahl経路を介して）変換する際、第1の消化チャンバ内で酸生成および酢酸生成が生じる。

10

【0179】

加水分解、酸生成、および酢酸生成が進行し、アミノ酸が分解されると、窒素を第1の消化チャンバに放出することができる。従って、コントローラは、第1の消化チャンバの窒素センサからの出力を監視し続ける。コントローラは、窒素センサによって測定された窒素濃度を、メモリに校正パラメータとして保存されている閾値窒素濃度と比較し、測定された窒素濃度が閾値を超えた場合、コントローラにより水スプレーを起動して、測定された窒素濃度が閾値を下回るまで第1のチャンバに水を追加する（ステップ207）。典型的な窒素濃度の閾値は1000mg/Lである。パドルを回転させることにより、第1の消化チャンバ全体で酢酸生成が均一になる。

20

【0180】

その後、第1の消化チャンバと第2の消化チャンバとの間で食品スラリーが交換される。コントローラにより十分な時間が経過したと判断されると（通常はクロックの出力に基づく）、第2の消化チャンバ内の酢酸塩濃度が、データベースに保存されている酢酸濃度の閾値を超えないように、コントローラが、第1の消化チャンバから第2の消化チャンバに移動する必要があるスラリーの量を計算する。特に、コントローラは、第1の消化チャンバ内のVFAセンサによって決定された、第1の消化チャンバ内の酢酸濃度の測定値を受け取り、この濃度を使用して移動する量を決定する。コントローラは、第2の消化チャンバのVFAセンサによって決定される第2の消化チャンバ内の酢酸濃度の測定値と、第2の消化チャンバの負荷センサ、レベルセンサまたは体積センサによって決定される第2の消化チャンバ内の材料の体積の測定値とを受け取り、かつそれを考慮するか、または、コントローラによりメモリに保存されている第2に消化チャンバの酢酸濃度および物質の体積の以前の測定値にアクセスするか、またはコントローラが、例えば、メタン生成微生物が酢酸をメタンに変換する既知の速度と、第2の消化チャンバへの酢酸の前回の導入からの時間、および第2の消化チャンバに導入された物質の以前の量を使用して、第2の消化チャンバの酢酸濃度および物質の量を推定する。コントローラは、通常、保存された酢酸濃度の閾値を超えて第2の消化チャンバ内の酢酸の濃度を上げるために必要な酢酸の量より少ない酢酸の量を含むスラリーの体積を決定し、続いて、この量のスラリーを第1の消化チャンバから第2の消化チャンバに移送する（ステップ208）。

30

40

【0181】

コントローラが移送する材料の体積を決定する方法の簡単な例として、目標となる第2の消化チャンバの酢酸濃度C（酢酸濃度の閾値より低い）は、第1の消化チャンバから第2の消化チャンバにある量のスラリー V_T を移送することにより達成することができる。

【0182】

【数1】

$$V_T = \frac{(C_2 - C)}{(C - C_1)} V_2$$

ここで、 C_1 は第1の消化チャンバの酢酸濃度、 C_2 は第2の消化チャンバの酢酸濃度、 V_2 はある量のスラリーを移送する前の第2の消化チャンバの材料の量であり、移送後の第2の消化チャンバの材料の総量は、移送前の前記第2の消化チャンバ内の材料の体積と、移送された材料の体積との合計によって与えられることが想定される。

【0183】

典型的な酢酸濃度の閾値は300mg/Lであり、これを超えるとメタン生成微生物は通常効率的に機能しない。

【0184】

第2の消化チャンバの温度が高い故、メタン生成微生物は通常、第2の消化チャンバで既に活性化されている。更に、移送されたスラリーに既に存在するメタン生成微生物は、第2の消化チャンバへの移送時に再活性化される。従って、移送されたスラリーのメタン生成は、第2の消化チャンバで進行し、それにより、メタン生成微生物はスラリー中の酢酸をメタンに変換する。第2の消化チャンバ内のパドルの回転により、矢印23によって示すように、メタン生成が均一になる（ステップ209）。

【0185】

続いて、このプロセスが周期的に繰り返される。各段階で、コントローラにより十分な時間が経過したと判断されると（これもまたクロックの出力に基づく）（ステップ210）、コントローラは、第1の消化チャンバのVFAセンサによって測定された酢酸濃度をデータベースに格納されている閾値酢酸濃度と比較し、スラリーの別の部分を第1の消化チャンバから第2の消化チャンバに移送する。移送されるスラリーの量は、測定された酢酸濃度に依存する。第1の消化チャンバ内のVFA濃度を監視し、それに応じて移送されるスラリーの量を調整することにより、第2の消化チャンバ内の酢酸濃度を閾値濃度未満に維持することができるため、メタン生成をより効率化することができる。

【0186】

第1の消化チャンバから第2の消化チャンバへの物質の交換は、コントローラがクロックの出力に基づいて十分な時間が経過したと判断するまで繰り返され（ステップ210）、その時点で、パドルの回転が停止し、第1の消化チャンバ内の任意の残留物質は、第2の消化チャンバに送り込まれる（ステップ211）。第1の消化チャンバ内の残留物質のVFA（例えば、酢酸）濃度が高い場合（例えば、300mg/L超）、コントローラは、第1の消化チャンバに水を加えて、残留物質を希釈してから、第2の消化チャンバに移送する。しかしながら、一般に、サイクルの最後に第1の消化チャンバに材料が残らないように、またはVFA濃度が更なる希釈を必要とするほど高くないように、コントローラにより、各稼働サイクル全体にわたって第2のチャンバへの材料の供給を分配するようにプログラムすることもできる。

【0187】

嫌気性消化中、第1の消化チャンバおよび第2消化チャンバで遊離したガスは（矢印24、25および26によって示すように、） CO_2 、 H_2S 、および NH_3 等の汚染物質を除去するガス精製器6を通過する。精製されたガスは、（矢印27によって示されるように、）貯蔵のためにガスアキュムレータに供給される。ガスアキュムレータ内のガスの量が閾値に達すると、ガスは燃焼のためにマイクロCHPに送り込まれ、熱および電気を生成する。

【0188】

パイプ13の圧力逆止弁は、嫌気性消化プロセスの間、第2の消化チャンバ内のガス圧力が一定の状態を維持することを保証する。

【0189】

10

20

30

40

50

コントローラにはクロックが搭載されているため、電力コストの低い特定の時間帯に嫌気性消化プロセスを調整するようにプログラムすることができる。例えば、日中を通して食品を装置に追加し、夕方にコントローラにより入口を密閉し、上記で概説したように嫌気性消化プロセスを開始することができる。物質を第1の消化チャンバから第2の消化チャンバに周期的に供給し、一晩中窒素および／または酢酸濃度を監視することにより、メタン出力が最大になるようにメタン生成の最適条件を維持することができる。朝、パドルは回転を停止し、コントローラが残留物質を第1のチャンバから第2のチャンバに移動する。その後、入口の密閉が解除される。続いて、第1の消化チャンバは、翌日までに再び新しい食品廃棄物を受け取る準備ができています。第1の消化チャンバが新しい食品廃棄物を受け取っている間、嫌気性消化プロセスが日中も第2の消化チャンバで続行される。

10

【0190】

コントローラは、例えば、第1の消化チャンバおよび第2の消化チャンバのそれぞれにおける窒素および／または酢酸濃度並びに材料の体積の継続的な測定に基づいて、プロセスの各段階で第1の消化チャンバから第2の消化チャンバに移送される材料の量を決定してもよい。あるいは、コントローラは、嫌気性消化プロセスのモデルに基づいて、消化チャンバ間の物質の移動を調整するようにプログラムすることができる。このモデル、および結果的にコントローラをプログラムするアルゴリズムは、消化装置からのメタン出力を監視しつつ、窒素および酢酸の濃度並びに第2の消化チャンバの供給速度を変更する一連の実験を実行することによって、開発することができる。実験中に収集されたデータは、当業者に周知の人工知能モデリング方法（例えば、ファジー理論（例えば、Mamdaniファジー理論）またはニューラルネットワーク（例えば、ベイジアン正則化を使用））を使用してモデル化することができる。このようにして開発されたモデルは、MATLAB（登録商標）等の標準的な数学モデリングソフトウェアを使用してプログラム可能である。

20

【0191】

第2のチャンバ内の液体および／または固体の発酵残渣の量は、使用される数日または数週間にわたってゆっくりと増加してもよい。従って、発酵残渣を除去し、新鮮な種菌を装置に導入するために、第2のチャンバを定期的に取り外すことが必要になる場合がある。

【0192】

窒素濃度および／またはVFA濃度が臨界閾値を超えた場合、コントローラは、ユーザインタフェースを介して（例えば、アラームを鳴らすか、警告灯を作動させることにより）ユーザに通知するように構成されてもよい。付加的または代替的に、コントローラは、第2の消化チャンバ内の発酵残渣の量が臨界値を超えた（第2のチャンバを空にし、内容物を新鮮な微生物種菌と交換する必要があることを示す）場合、ユーザインタフェースを介して（例えば、アラームを鳴らすか、警告灯を作動させることにより）ユーザに通知するように構成されてもよい。

30

【0193】

装置はまた、装置の外側（即ち、周辺大気）のメタンの濃度を測定するように構成された1つ以上のガスセンサを備えてもよい。コントローラは、1つ以上のガスセンサが装置の外側でメタンを検出した（ガス漏れがあることを示す）場合、ユーザインタフェースを介して（例えば、アラームを鳴らすか、警告灯を作動させることにより）ユーザに通知するように構成することができる。

40

【0194】

装置は、（Bluetooth通信の1つ以上の送信機および受信機を含む装置等、他の接続オプションも可能であるが）インターネットインタフェースを介してリモートデバイスに信号を送信する、およびリモートデバイスから信号を受信するようにプログラムすることができる。リモートデバイスは、パーソナルコンピュータ、タブレットコンピュータ、または携帯電話であり得る。ユーザは、リモートデバイスを使用して装置のステータスを監視することができる。コントローラは、例えば窒素濃度および／またはVFA濃度が臨界閾値を超えた場合、または第2の消化チャンバの発酵残渣の量が臨界値を超えた

50

場合、または、1つ以上のガスセンサが装置の外側でメタンを検出した場合、リモートデバイスに警報を送信するようにプログラムすることができる。

【0195】

コントローラは、1つ以上のガスセンサが装置の外側でメタンを検出した（ガス漏れがあることを示す）場合、第2の消化チャンバの温度を下げるように構成することもできる。第2の消化チャンバを冷却することにより、嫌気性消化プロセスが抑制され、メタンの生成が減少する。窒素濃度および／またはVFA濃度が臨界閾値を超えた場合、または第2の消化チャンバ内の発酵残渣の量が臨界値を超えた場合（システムが過度に混乱していることを示している場合）、コントローラを第2の消化チャンバの温度を下げるように構成することもできる。

10

【0196】

当業者は、様々な異なる加水分解酵素が第1の消化チャンバで使用され得ることを理解するであろう。しかしながら、アルファアミラーゼは、デンプン鎖に沿ったランダムな位置で、デンプンの加水分解を迅速に触媒することができる故に、他のアミラーゼよりも好ましい場合がある。いずれにせよ、加水分解酵素は、一般に、（大規模な嫌気性消化施設で一般的に使用される加水分解微生物の病原性種と違って、）商業的または家庭での使用に安全である。酵素は、食品の加水分解を大幅に加速するが、これは、加水分解がほとんどの嫌気性消化プロセスにおける律速段階である故に重要である。通常、第1の消化チャンバで起こる加水分解の約99%は酵素によるものである。

【0197】

少なくとも理論上、コントローラによって追加される様々な加水分解酵素の相対的比率を調整するために、（例えば、ガスクロマトグラフィー技術を使用して）第1の消化チャンバ内の食品スラリー中の様々な炭水化物、セルロース、タンパク質、および脂質の濃度を決定することが可能である一方、発明者は、窒素濃度のみを監視すれば十分であることを発見した。食事の炭水化物および脂肪に窒素が含まれないと仮定すると、平均的な食事に含まれるほとんど全ての窒素は、タンパク質のアミノ酸残基において発見される故、スラリーの総窒素濃度は総タンパク質濃度の良い指標を提供する。実際、総タンパク質濃度は、通常、測定された総窒素濃度に6.25の係数を掛けて推定される。研究（例えば、文献2（Synthesis of Food Waste Compositional Data 2012, published by The Waste and Resources Action Programme (WRAP)）および文献3（On-site treatment of organic waste from the public and hospitality sectors, SKM Enviro and Frith Resource Management, published by The Waste and Resources Action Programme (WRAP)）を参照）により、英国で分析された食品廃棄物中の炭水化物と脂質とタンパク質との平均比は、156:59.3:44.3であることが判明した。従って、食品スラリー中の炭水化物および脂質の濃度は、スラリー中のタンパク質の濃度を決定し、同じまたは類似の経験的比率（例えば、3:1:1の比率）を適用することにより推定することができる。適切な加水分解酵素（アミラーゼ、リパーゼ、およびプロテアーゼ等）を同じ比率でスラリーに加えることができる。いずれにせよ、タンパク質の加水分解は、通常、他の食品成分の加水分解よりも遅いため、一般的にタンパク質濃度の決定が最も重要である。

20

30

40

【0198】

本方法は、有機物を第2のチャンバから第1のチャンバに戻すステップを含むことができる。これにより、更なる嫌気性消化のために、第1のチャンバに新しい微生物が供給される。

【0199】

上記の装置は、アセトバクテリウム・ウッドィおよびメタノサエタ・コンシリイを含む微生物種菌を利用する。当業者は、装置が異なる微生物を使用し得ることを理解するであろう。それにも関わらず、発明者は、アセトバクテリウム属の細菌およびメタノサエタ属の古細菌を含む種菌が特に効果的であることを発見した。

【0200】

50

アセトバクテリウム・ウッディは、（例えば、文献 4（*Acetobacterium, a New Genus of Hydrogen-Oxidizing, Carbon Dioxide-Reducing, Anaerobic Bacteria*, W. E. Bach, S. Schoberth, R. S. Tanner and R. S. Wolfe, *International Journal of Systematic Bacteriology*, October 1977, Vol. 27, No. 4, p. 355-361）に記載のように）嫌気性消化の副産物として、主に酢酸（即ち、酢酸または酢酸塩）を生成する非病原性の酸生成細菌および酢酸生成細菌である故に好適である。特定の状況では、アセトバクテリウム・ウッディは、嫌気性消化の副産物としてコハク酸塩も生成する場合がある。他の酢酸生成細菌は、大量の望ましくない副産物（エタノール、ブタノール、酪酸、およびギ酸塩等）を生成することが知られている。

【0201】

メタノサエタ・コンシリイは、酢酸を消化してメタンを生成する非病原性のメタン生成古細菌である故に好適である。

【0202】

他の微生物がほとんど存在しない状態で、アセトバクテリウム・ウッディとメタノサエタ・コンシリイとの組み合わせを使用することにより、メタン出力が最大になる嫌気性消化プロセスとなり得る。また、アセトバクテリウム・ウッディとメタノサエタ・コンシリイとの組み合わせを使用することにより、アンモニア、硫化水素、および二酸化炭素等の腐食性ガスの生成も大幅に削減され、これにより、装置部品の有効寿命を延長し、生産されるバイオガスの発熱量を増加させることができ、これは、より少ないガス洗浄手順が必要となることを意味している。嫌気性消化の副産物として生成されるコハク酸塩は、残った発酵残渣から抽出することができる。コハク酸塩は、関節炎の局所治療の準備等の医療用途を持つ、価値の高い物質である。

【0203】

また、発明者は、アセトバクテリウム・ウッディとメタノサエタ・コンシリイとの両方が、消化パラメータ（食品廃棄物成分の濃度、窒素濃度、および揮発性脂肪酸（VFA）濃度における変動等）における重大な摂動に耐え得る、特に弾力性を有する微生物であることも見出した。これらの微生物は非病原性であり、加水分解酵素と有効に組み合わせて、効率的な嫌気性消化装置を提供し、嫌気性消化器が少なくともいくつかの病原性微生物の使用を必要とするという、当技術分野における先入観を克服する。

【0204】

次に、嫌気性消化装置 201 の第 2 の例を、図 5 を参照して説明する。第 2 の例の構造および機能は、第 1 の例とほぼ同じであるが、第 1 の消化チャンバを冷蔵する代わりに、使用時に第 1 の消化チャンバを 60～70℃の温度に加熱する点が異なる。この場合も、このような生物が、限られた最適温度範囲を有する故に（例えば、メタノサエタ・コンシリイは狭い最適温度範囲（約 35℃）を有する）第 1 の消化チャンバ内のメタン生成微生物を抑制する効果がある。より高い温度範囲には、食品スラリーを低温殺菌するという利点があり、これは、食品廃棄物および／または動物廃棄物の再利用のための環境基準を満たし、および／または、メタン生成中、第 2 のチャンバ内の酸生成細菌とメタン生成古細菌との間の競争を回避するために重要であり得る。貯蔵タンクは、第 1 の消化チャンバに導入される前に浸軟された廃棄物を保持し、その貯蔵タンクは例えば、4℃前後まで冷蔵されて、消化前の食品廃棄物からの臭気放出を低減させる。

【0205】

より詳細には、装置は、マセレータ 203、貯蔵チャンバ 250、第 1 の消化チャンバ 204、および第 2 の消化チャンバ 205 を含む外部ハウジング 202 を含む。食品廃棄物を受け入れるための密閉可能な入口 209 は、ハウジング 102 を貫通してマセレータまで延在している。水ポンプ 221 によって動力を供給される高圧スプレー 220 は、水位計 223 を有する水タンク 222 からの水を、浸軟中にマセレータに指向する。

【0206】

浸軟された食品廃棄物は、消化前に貯蔵チャンバ 250 で保持され、そこで冷蔵庫（図示せず）を使用して 4℃以下に冷蔵される。貯蔵チャンバは、ミキサ 251、レベルセン

10

20

30

40

50

サ 2 5 2、熱交換器 2 5 3、圧力センサ 2 5 4、および液体センサアレイ 2 5 5 を有する。制御可能なバルブ 2 5 6 は、ストレーナ 2 5 7 を貫通してドレインまで延在する。制御可能な一方向ポンプ 2 6 0 は、大粒子フィルタ 2 6 1、逆止弁 2 6 2 および流量計 2 6 3 を介して、浸軟された廃棄物を貯蔵チャンバから第 1 の消化チャンバに制御可能に移動するために設けられている。

【 0 2 0 7 】

第 1 の消化チャンバ 2 0 2 は、ミキサ 2 7 1、レベルゲージ 2 7 2、熱交換器 2 7 3、圧力センサ 2 7 4、液体センサアレイ 2 7 5、ガスセンサアレイ 2 7 6、スプレーヘッド 2 7 7、および制御可能なバルブ 2 7 8 およびストレーナ 2 7 8 を備えたドレインを有する。ガス導管 2 7 9 は、第 1 の消化チャンバから、以下で更に説明されるガス流制御システムまで延在している。第 1 の消化チャンバはヒータ（図示せず）を有する。

10

【 0 2 0 8 】

第 1 の消化チャンバ 2 0 2 は、制御可能な双方向ポンプ 2 6 6 および流量計 2 6 7 を有する導管 2 6 5 を介して、第 2 の消化チャンバ 2 0 3 に接続されている。

【 0 2 0 9 】

第 2 の消化チャンバ 2 0 3 は、ミキサ 2 8 1、レベルゲージ 2 8 2、熱交換器 2 8 3、圧力センサ 2 8 4、液体センサアレイ 2 8 5、ガスセンサアレイ 2 8 6、スプレーヘッド 2 8 7、および制御可能なバルブ 2 8 8 およびストレーナ 2 8 9 を備えたドレインを有する。ガス導管 2 7 9 は、第 1 の消化チャンバから、以下で更に説明するガス流制御システムまで延在している。第 2 の消化チャンバは、ヒーター（図示せず）を有する。

20

【 0 2 1 0 】

本装置は、加水分解酵素（固体または液体の形態）用のコンテナ 2 9 0 およびレベルセンサ 2 9 1（酵素が液体形態である場合）を含む。液体制御システム 2 9 2 は、水および加水分解酵素のタンクへの供給を調整する（必要に応じて、水がスプレー 2 2 0 および貯蔵タンクに供給され、加水分解酵素が第 1 の消化タンクに供給され、水が第 1 の消化タンクまたは第 2 の消化タンクに供給されて、固形物を所望の濃度に維持し、更に、酵素の分注に使用するためおよび／またはマセレータにフィードバックするために、蒸発した水分を受け取り、再利用することができる。

【 0 2 1 1 】

ガス流制御システム 3 0 0 は、導管 3 0 1 を介した第 1 の消化チャンバからのガス（主に蒸気）と、導管 3 0 2 を介した第 2 の消化チャンバからのガス（主にバイオガス）との受け取りを制御する。ガスからの不所望な種を濾過するためにフィルタ 3 0 5 が設けられている（例えば、CO、H₂S および／または NH₃ フィルタが存在し得る。）制御可能なバルブ 3 0 6、3 0 7 およびガスポンプ 3 0 8 は、圧力センサ 3 1 0 およびガスセンサアレイ 3 1 1 を有する貯蔵タンク 3 0 9 へのガスの流れ、並びに貯蔵タンクから M i c r o C H P コージェネレータ 3 1 2 へのガスの流れを調節する。

30

【 0 2 1 2 】

コントローラ 3 5 0 は、液体流制御システム、冷凍および加熱、並びにガス流制御システムを含む様々なセンサおよびアクチュエータを制御する。

【 0 2 1 3 】

40

液体センサアレイ 2 1 5、2 7 5、2 8 5 は、各タンク内の物質の温度の正確な制御を可能にする温度センサ、pH センサ、並びに 1 つ以上の炭水化物、脂質およびタンパク質濃度センサを含む。ガスセンサアレイは、通常、少なくとも CO₂、CH₄、および少なくとも酢酸（および任意に他の V F A）並びにガス温度を監視する。

【 0 2 1 4 】

動作中、第 2 の実施形態の装置は、第 1 の実施形態とほぼ同じく制御されるが、第 1 の消化チャンバの温度が 6 0 ~ 7 0 °C の範囲の（可変）設定点に制御される点異なる。貯蔵タンク 2 5 0 は約 4 °C に冷蔵され、浸軟された物質は、ポンプ 2 6 0 によって第 1 の消化チャンバ 2 0 2 に定期的に移動され、ここで嫌気性消化微生物と混合され、加水分解酵素が添加され、加水分解、酸生成および酸生成のステップが主に実行される。メタン生成

50

は抑制される（実際、メタン生成生物は、通常、第1の消化チャンバの高温によって死滅する）。材料は、第1のチャンバの酢酸の測定値を考慮して、第1のチャンバから第2のチャンバに（必要に応じてその逆の方向に）定期的に移動される。第2の消化チャンバは、メタン生成生物にとって最適な温度付近の温度に前もって制御される。第1の例と同様に、アセトバクテリウム・ウッドィとメタノサエタ・コンシリイとの種菌が適しており、この場合、第2のチャンバの温度は約35℃に制御される。加水分解酵素は、第1の消化チャンバに分配され、水が分配され、物質は上述したように第1の消化チャンバと第2の消化チャンバとの間で移動する。

【0215】

第3の例示的な実施形態が図6に示されている。第3の例は、説明され、かつ対応する特徴が一貫して番号付けされている場合を除き、第2の例に対応している。図6では、分かりやすくするために、レベルセンサ、熱交換器、および流量制御コンポーネントは省略されている。ここでも、コントローラ350は、センサデータを監視し、手順全体を制御する。

【0216】

第3の例示的な実施形態では、有機物が制御された方法で移動する5つのタンクがある。第1のタンクは貯蔵タンク250であり、ここで受け取った浸軟された廃棄物を冷蔵して、分解と悪臭の発生を防ぎ、更に処理されるまで貯蔵する。第2のタンク360は予備殺菌タンクである。第3のタンク202は、第1の消化チャンバであり、ここで使用時に酵素加水分解および酸生成が起こる（また、メタン生成が抑制される）。第4のタンク370は低温殺菌タンクである。第5のタンク203は、第2の消化チャンバであり、ここで使用時にメタン生成が行われる。第2のタンク内のミキサ、圧力センサ、液体センサアレイ、およびガスセンサアレイは、それぞれ361、365、364、366とラベル付けされており、また、第4のタンクではそれぞれ371、375、374、376とラベル付けされている。ポンプ、ヒーター、およびクーラーを含む他のセンサおよびアクチュエータと同様に、これらのセンサはコントローラ365に接続されている。

【0217】

稼働時、貯蔵された冷蔵廃棄物は、一方向ポンプによって予備殺菌タンクに制御可能に移動され、そこでヒーター（図示せず）を使用して、例えば60℃～70℃の温度で少なくとも1時間殺菌される。蒸発した水分は保持され、マセレータで使用するためにリサイクルされる（従って、第2のタンクから液体コントローラへの接続が示されている）。いくつかの実施形態では、予備低温殺菌タンク内の圧力は、（例えば、水の沸点が約70℃まで低下するように）真空ポンプによって減圧され、エネルギーの効率的な水の蒸発を促進する。

【0218】

低温殺菌後、有機物は予備低温殺菌タンクから第1の消化チャンバ202に移送される。ここで、受け取った廃棄物の組成（特に窒素レベル）が測定され、コントローラにより追加する加水分解酵素の量を決定し、続いて加水分解酵素の分配を制御する。前述した微生物（例えば、アセトバクテリウム・ウッドィおよびメタノサエタ・コンシリイ）がまだ存在しない場合にはそれらが導入され、嫌気性消化が開始される。（メタン生成を回避すべき場合にはこのタンク内においてはメタノサエタ・コンシリイが省略される場合があるが、単一の種菌の一部として、または第1のチャンバと第2のチャンバとの間の物質の双方向移動に起因して存在する場合がある）。

【0219】

この第1の消化チャンバ202の温度は、必要に応じて調整される。いくつかの例では、例えば、50～55℃の範囲に制御されてもよい。これにより、効率的な酸生成が可能になり、この温度で適切な活性を持つように加水分解酵素を選択することができるが、メタン生成は抑制される。メタノサエタ・コンシリイのようなメタン生成菌は、この温度で死滅する。いくつかの代替的な例では、第2の例のように、第1の消化チャンバをより高い温度（例えば、60～70℃）に加熱するか、または以下の第1の例のように（例えば

10

20

30

40

50

、10℃以下に) 冷蔵することができる。いずれにせよ、温度はメタン生成を最小限に抑えるように選択される。

【0220】

第1の消化チャンバ202で加水分解され、酸生成に曝された材料は、続いて、更なる低温殺菌タンク370に移され、そこで、例えば60～70℃の温度で少なくとも1時間加熱されて内容物を低温殺菌する。ここでも、真空ポンプを使用して水蒸気を収集し、空気圧を下げることもできる。次いで、VFAの濃度(例えば、少なくとも酢酸の濃度)が測定され、第5のタンクであって、例えば約35℃の温度でメタン生成が行われる第2の消化チャンバ203に移送される材料の量(例えば、比率)を決定するために使用される。

【0221】

場合によっては、任意に、追加の低温殺菌タンクを介して、物質を第2の消化チャンバから第1の消化チャンバに戻すことができる。これは、例えば、システム内の温度を4℃未満に下げる等、コントローラが緊急時のアクションをアクティブにしている間に、消化機能を維持するのに役立ち得る。

【0222】

この例では、第4のタンクである低温殺菌タンク370は、低温殺菌を実行するだけでなく、加水分解および酸生成に曝された材料を、制御された速度で、メタン生成が行われる第2の消化タンクに供給することができるよう保管可能なバッファタンクとしても機能する。VFA(例えば、少なくとも酢酸の濃度)は、第1の消化チャンバ202で測定され、第1の消化チャンバ202からバッファタンク370への物質の移動速度を制御するために使用され得る。VFA(例えば、少なくとも酢酸の濃度)は、第1の消化チャンバおよびバッファタンクの両方で測定され、第1消化チャンバからバッファタンクへの、およびバッファタンクから第2の消化チャンバへの物質の移動速度を制御するために使用されてもよい。

【0223】

しかしながら、第4の例では、第1の消化チャンバ202は、(例えば、50～55℃の高い温度または10℃以下の低い温度で)加水分解および酸生成を実施するために使用され、続いて、第1の消化チャンバの温度を上げて(例えば60～70℃まで)低温殺菌ステップを実行する。このとき、結果的に得られる材料のVFA(または少なくとも酢酸の濃度)が測定され、制御された量が第2の消化チャンバ203に移送される。この場合、第4のタンク／バッファタンクは不要である。

【0224】

本明細書に開示された本発明の範囲内で、更なる変形および修正を行うことができる。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1】

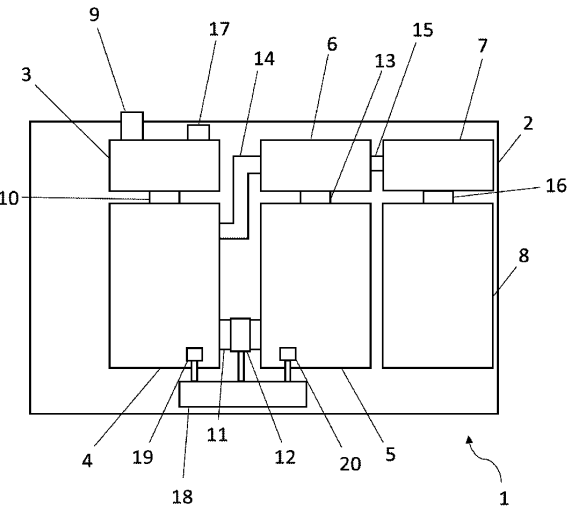


Fig. 1

【図 2】

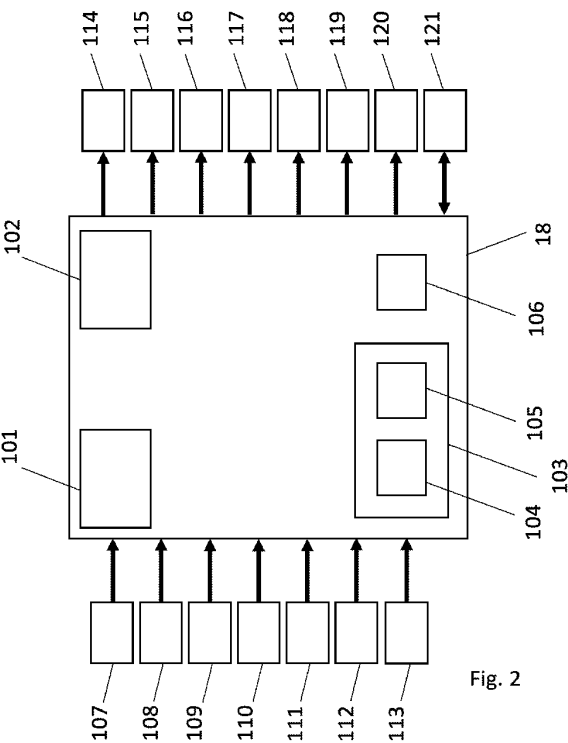


Fig. 2

【図 3】

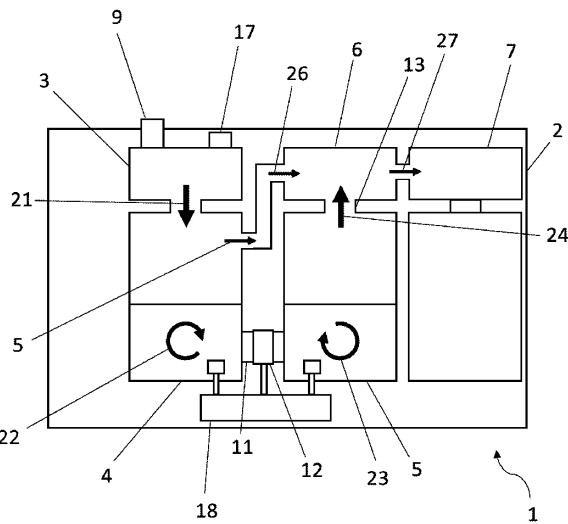


Fig. 3

【図 4】

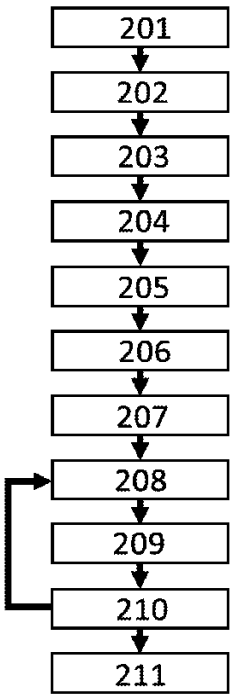


Fig. 4

10

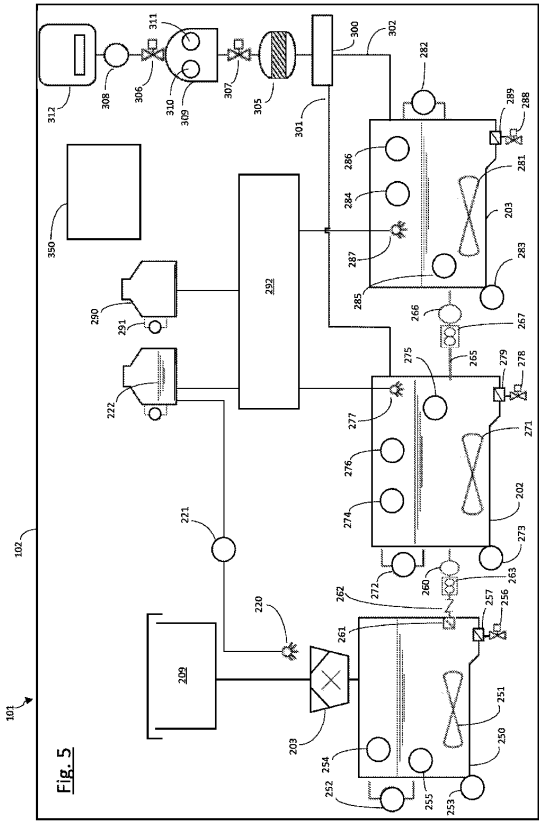
20

30

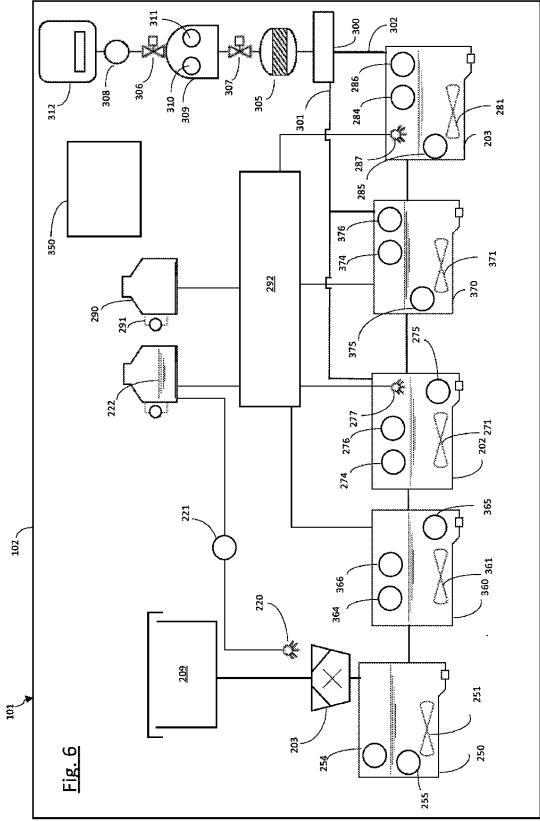
40

50

【図 5】



【図 6】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

C 1 2 N	1/00 (2006.01)	C 1 2 N	1/00	S
C 1 2 N	1/20 (2006.01)	C 1 2 N	1/20	A
C 1 2 P	5/02 (2006.01)	C 1 2 N	1/20	F
B 0 9 B	3/65 (2022.01)	C 1 2 P	5/02	
B 0 1 D	53/04 (2006.01)	B 0 9 B	3/65	
B 0 1 D	53/14 (2006.01)	B 0 1 D	53/04	
C 0 2 F	11/04 (2006.01)	B 0 1 D	53/14	
C 0 2 F	11/00 (2006.01)	C 0 2 F	11/04	A
		C 0 2 F	11/00	Z

8 / 8

審査官 吉門 沙央里

(56)参考文献

特開 2005-246119 (JP, A)
 特開 2015-229150 (JP, A)
 特開 2013-184073 (JP, A)
 特開 2012-236115 (JP, A)
 張振家, 土木学会論文集, No.515, 1995年, p.103-112

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

C 1 2 N 1/00-7/08
C 1 2 M 1/00-3/10
C 1 2 P 1/00-41/00
B 0 9 B 1/00-5/00
B 0 9 C 1/00-1/10
B 0 1 D 53/02-53/12
C 0 2 F 3/28-3/34
C 0 2 F 11/00-11/20
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)
CAPLUS/MEDLINE/EMBASE/BIOSIS (STN)