

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6894635号  
(P6894635)

(45) 発行日 令和3年6月30日(2021.6.30)

(24) 登録日 令和3年6月8日(2021.6.8)

(51) Int.Cl.

F 1

CO2F 11/02 (2006.01)

CO2F 11/02

Z A B

CO2F 11/04 (2006.01)

CO2F 11/04

A

A61L 2/04 (2006.01)

A61L 2/04

請求項の数 11 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2018-78389 (P2018-78389)

(22) 出願日 平成30年4月16日 (2018.4.16)

(65) 公開番号 特開2019-181399 (P2019-181399A)

(43) 公開日 令和1年10月24日 (2019.10.24)

審査請求日 令和2年9月16日 (2020.9.16)

(73) 特許権者 518133119

アグリ・コア株式会社

福島県相馬市柚木字一ノ坪115-1

(74) 代理人 110002952

特許業務法人鷺田国際特許事務所

(72) 発明者 純浦 誠

神奈川県横浜市中区山下町60-1-60

7 アグリ・コア株式会社内

(72) 発明者 佐久間 永光

神奈川県横浜市中区山下町60-1-60

7 アグリ・コア株式会社内

(72) 発明者 池見 弘嗣

神奈川県横浜市中区山下町60-1-60

7 アグリ・コア株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】メタン発酵後の消化液の処理方法、メタン発酵後の消化液の処理装置、およびメタン発酵システム

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

酢酸菌を含み、かつ嫌気状態または微好気状態である、メタン発酵後の消化液に、エタノール生産菌を添加する工程と、

前記エタノール生産菌が添加された前記消化液を曝気する工程と、

を有し、

前記曝気は、前記消化液のpHが4.0以上5.5以下になるように行う、

メタン発酵後の消化液の処理方法。

## 【請求項 2】

前記エタノール生産菌は、酵母菌である、請求項1に記載のメタン発酵後の消化液の処理方法。 10

## 【請求項 3】

前記エタノール生産菌を添加する工程において、前記消化液に糖をさらに添加する、請求項1または2に記載のメタン発酵後の消化液の処理方法。

## 【請求項 4】

前記糖は、廃糖蜜である、請求項3に記載のメタン発酵後の消化液の処理方法。

## 【請求項 5】

前記曝気する工程の後に、前記消化液に含まれる前記エタノール生産菌を滅菌する工程を有する、請求項1～4のいずれか1項に記載のメタン発酵後の消化液の処理方法。

## 【請求項 6】

前記エタノール生産菌を滅菌する工程の後に、エタノール生産菌が滅菌された前記消化液を、メタン発酵を行うメタン発酵槽に導入する工程を有する、請求項5に記載のメタン発酵後の消化液の処理方法。

【請求項 7】

メタン発酵後の消化液を貯留する消化液槽と、  
エタノール生産菌を前記消化液槽に添加する菌添加部と、  
前記消化液槽に貯留された前記消化液を曝気する曝気部と、  
を有し、  
前記曝気部は、前記消化液の pH が 4.0 以上 5.5 以下になるように前記曝気を行う

10

メタン発酵後の消化液の処理装置。

【請求項 8】

前記菌添加部は、前記エタノール生産菌と、糖と、を前記消化液槽に添加する、請求項7に記載のメタン発酵後の消化液の処理装置。

【請求項 9】

前記エタノール生産菌を滅菌する滅菌槽を有し、  
前記滅菌槽には、曝気された前記消化液が前記消化液槽から導入される、  
請求項 7 または 8に記載のメタン発酵後の消化液の処理装置。

【請求項 10】

請求項9に記載のメタン発酵後の消化液の処理装置と、  
メタン発酵を行うメタン発酵槽と、を有し、  
前記消化液槽には、メタン発酵後の消化液が前記メタン発酵槽から導入され、  
前記メタン発酵槽には、前記菌添加部により前記エタノール生産菌を添加され、かつ、  
前記曝気部により曝気された前記消化液が前記滅菌槽から導入される、  
メタン発酵システム。

20

【請求項 11】

前記メタン発酵槽で発生したメタンガスを用いて発電を行う発電装置を有する、請求項10に記載のメタン発酵システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、メタン発酵後の消化液の処理方法、メタン発酵後の消化液の処理装置、およびメタン発酵システムに関する。

【背景技術】

【0002】

下水汚泥、家畜排泄物および食品廃棄物などの有機性廃棄物を、嫌気的発酵によって分解して、メタンガスなどのバイオガスを発生させる技術（メタン発酵）が知られている。また、メタン発酵により発生したバイオガスを燃料として用いて発電を行う技術（バイオガス発電）も知られている。バイオガス発電は、導入および維持などにかかる経費が少ないことや、二酸化炭素などを含む温室効果ガスの排出量を低減できることから、注目されている。

40

【0003】

メタン発酵によりバイオガスを発生させた後の残渣（消化液）は、たとえば、特許文献1などに記載されているように、液肥化されて畑などに散布されたり、水処理されて河川に放流されたりする。しかし、消化液を液肥化しても、畑などに散布できる時期は限定されていたり、農地の減少などにより販路の開拓が困難だったりするため、その二次利用が十分になされているとはいえない。また、消化液を水処理するにしても、水処理には高額な処理設備が必要だったり、当該処理設備の運用に高額な経費が必要だったりするため、その普及は容易ではない。

【0004】

50

これらの問題に鑑みて、特許文献2では、メタン発酵によりバイオガスを発生させた後の、メタン発酵を行うメタン菌および有機酸を生成する酸生成菌を含む消化液を、メタン発酵前の有機性廃棄物に再導入する方法が提案されている。特許文献2によれば、上記方法では、消化液に含まれる酸生成菌に有機性廃棄物を分解させて有機酸を生成させた後に、有機性廃棄物を固液分離することにより、メタン発酵に好適な量の有機酸を含む抽出液を得ることができるとされている。また、特許文献2によれば、上記方法では、メタン菌などは系内で循環使用され、かつ、過剰となつたメタン菌および酸生成菌、ならびにメタン発酵により生成する固体物は、上記固液分離の際に濾別できるため、水処理のための施設などは不要であるとされている。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2016-022396号公報

【特許文献2】特開2006-021192号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献2に記載のように、メタン発酵後の消化液をメタン発酵に再利用する方法が検討されている。しかし、特許文献2に記載の方法は、酸生成菌に有機性廃棄物を分解させた後の有機酸の量を調整するために精緻な作業が必要であり、実用的ではなかった。

20

【0007】

本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、メタン発酵後の消化液を、より簡易に、メタン発酵に再利用できるように処理する方法、ならびに当該方法を実施するためのメタン発酵後の消化液の処理装置およびメタン発酵システムを提供することを、その目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するための本発明の一実施形態に関するメタン発酵後の消化液の処理方法は、酢酸菌を含み、かつ嫌気状態または微好気状態である、メタン発酵後の消化液に、エタノール生産菌を添加する工程と、上記エタノール生産菌が添加された上記消化液を曝気する工程と、を有する。

30

【0009】

また、上記課題を解決するための本発明の一実施形態に関するメタン発酵後の消化液の処理装置は、メタン発酵後の消化液を貯留する消化液槽と、エタノール生産菌を上記消化液槽に添加する菌添加部と、上記消化液槽に貯留された上記消化液を曝気する曝気部と、を有する。

【0010】

また、上記課題を解決するための本発明の一実施形態に関するメタン発酵システムは、上記メタン発酵後の消化液の処理装置と、メタン発酵を行うメタン発酵槽と、を有する。上記消化液槽には、メタン発酵後の消化液が上記メタン発酵槽から導入され、上記メタン発酵槽には、上記菌添加部により上記エタノール生産菌を添加され、かつ、上記曝気部により曝気された上記消化液が上記滅菌槽から導入される。

40

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、メタン発酵後の消化液を、より簡易に、メタン発酵に再利用できるように処理する方法、ならびに当該方法を実施するためのメタン発酵後の消化液の処理装置およびメタン発酵システムが提供される。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、本発明の一実施形態に関する、メタン発酵後の消化液を処理するための

50

処理装置を備えたメタン発酵システムの一例を示す模式図である。

【図2】図2は、上記メタン発酵システムにおけるメタン発酵後の処理液の処理方法の一例を示すフローチャートである。

【図3】図3は、本発明の他の実施形態に関する、メタン発酵後の消化液を処理するための処理装置を備えたメタン発酵システムの一例を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

メタン発酵において、分解される有機物に含まれる炭水化物、タンパク質および脂肪などは、第1段階の分解によりそれぞれ単糖類、アミノ酸および高級脂肪酸に分解され、さらに、高級脂肪酸は、酢酸、プロピオン酸および酪酸などの低級脂肪酸に分解される。次に、第2段階の分解により、酢酸以外の低級脂肪酸（プロピオン酸および酪酸など）、ならびに乳酸およびエタノールなどのその他の生成物は、水素生成細菌により水素と酢酸に分解される。最後に、第3段階の分解により、酢酸および分解されなかったプロピオン酸は、基質特異性が高いメタン生成古細菌によりメタンおよび二酸化炭素などに分解される。

10

【0014】

メタン発酵により生成されるメタンのうち、70%～80%が酢酸由来であり、6%～35%がプロピオン酸由来であると報告されている。そのため、本発明者らは、メタン発酵後の消化液を処理して酢酸を生成することで、上記消化液をメタン発酵に再利用する方法を検討した。鋭意検討の結果、本発明者らは、上記消化液にエタノール生産菌を添加し、さらに消化液を曝気することで、上記消化液から酢酸を生成する、消化液の処理方法に想到し、さらに検討を重ねて、本発明を完成させた。

20

【0015】

[第1の実施形態]

(メタン発酵システム)

図1は、本発明の一実施形態に関する、上記消化液の処理方法を実施するための処理装置を備えたメタン発酵システムの一例を示す模式図である。

【0016】

本実施形態に関するメタン発酵システム100は、メタン発酵により発生したバイオガスを燃料として用いて発電を行うバイオガス発電所であり、メタン発酵槽110、メタン発酵後の消化液の処理装置200、および発電装置300を有する。なお、メタン発酵システム100は、メタン発酵槽110と処理装置200との間を連通する消化液流路および消化液を流通させるポンプ（いずれも不図示）を有してもよいし、メタン発酵槽110と発電装置300との間を連通するバイオガス流路を有してもよい。

30

【0017】

メタン発酵槽110は、家畜排泄物および食品廃棄物などの有機性廃棄物を貯留して、メタン発酵によりメタンガスなどのバイオガスを発生させるための、公知のメタン発酵装置が備えるメタン発酵槽とすることができる。なお、上記メタン発酵装置は、メタン発酵槽に導入される有機性廃棄物を一時的に貯留する廃棄物タンク、メタン発酵槽110に上記有機性廃棄物を供給する供給ポンプ、メタン発酵槽110中で上記有機性廃棄物を攪拌する攪拌部、メタン発酵後の消化液を排出する排出ポンプ、および、メタン発酵槽110で発生したバイオガスを導出して貯留するガスホルダなど（いずれも不図示）を有してもよい。

40

【0018】

処理装置200は、メタン発酵槽から排出された上記消化液から酢酸を生成する装置であり、消化液槽210、菌添加部220、曝気部230、および滅菌槽240を有する。なお、処理装置200は、これらを連通する消化液流路および消化液を流通させるポンプ（いずれも不図示）を有してもよい。

【0019】

消化液槽210は、メタン発酵槽110と連通した液体槽である。消化液槽210には

50

、メタン発酵を行った後の消化液がメタン発酵槽110から導入される。消化液槽210は、貯留された消化液を攪拌する、攪拌羽および攪拌スクリューなどの攪拌部(不図示)を有してもよい。消化液槽210は、液量センサ(不図示)を備えて、消化液槽210に貯留されている消化液の量を測定できる構成であってもよいし、流量センサ(不図示)を備えて、メタン発酵槽110から導入された消化液の量と消化液槽210から排出されたエタノール生成後の消化液の量とをもとに、消化液槽210に貯留されている消化液の量を測定できる構成であってもよい。また、消化液槽210は、温度計(不図示)を備えて、貯留された消化液の温度を測定できる構成であってもよいし、pH計(不図示)を備えて、上記消化液のpHを測定できる構成であってもよい。

## 【0020】

10

消化液槽210は、内部に貯留された消化液への雰囲気からの酸素の溶解、および酵母の好気的呼吸により消化液中で生成された二酸化炭素の消化液中からの排出などを抑制する観点から、密閉された液体槽であることが好ましい。

## 【0021】

上記導入する消化液は、メタン発酵を行った後のメタン発酵槽110内に残留した液体成分であり、滅菌処理をされていない消化液である。そのため、上記消化液には、通常、メタン菌(*Methanobacterium*、*Methanospirillum*、*Methanococcus*、*MEthanosarcina*、*Methanosaeta*など)および酢酸菌(*Acetobacter*、*Gluconobacter*など)などが含まれる。また、上記導入する消化液は、曝気などにより酸素を導入されていない、嫌気状態または微好気状態の消化液である。なお、嫌気状態または微好気状態とは、好気状態よりも溶存酸素濃度が低い状態であり、たとえば、溶存酸素濃度が2mg/Lである状態を意味する。上記消化液が滅菌処理されていたり、酸素を導入されていたりすると、消化液中のアンモニア濃度が上昇してpHが高まり、後述する酵母菌および酢酸菌による作用が生じにくい。

20

## 【0022】

菌添加部220は、消化液槽210にエタノール生産菌を添加する。本実施形態では、菌添加部220は、エタノール生産菌を含む発酵液を生成する発酵槽222および生成した発酵液を消化液槽210に導入する発酵液流路224を有する。

## 【0023】

30

発酵槽222は、エタノール生産菌、糖、および水が投入される液体槽である。発酵槽222は、たとえば攪拌羽および攪拌スクリューなどの攪拌部ならびに加温部(いずれも不図示)を有する、アルコール発酵によりエタノール生産菌に糖を分解させるための公知の発酵槽であればよい。

## 【0024】

上記エタノール生産菌は、嫌気条件でアルコール発酵により糖を分解してエタノールを生産する真菌または細菌であればよいが、好気条件では好気的呼吸により糖を分解して二酸化炭素を生成する通性嫌気性生物であることが好ましく、酵母であることがより好ましい。

## 【0025】

40

上記酵母の例には、サッカロマイセス(*Saccharomyces*)属、シゾサッカロマイセス(*Schizosaccharomyces*)属、トルラスピロラ(*Torulaspora*)属、キャンジダ(*Candida*)属、クルイベロマイセス(*Kluyveromyces*)属、およびピチア(*Pichia*)属などに分類される酵母が含まれる。上記酵母のより具体的な例には、サッカロマイセスセレビシエ(*Saccharomyces cerevisiae*)、シゾサッカロマイセスポンベ(*Schizosaccharomyces pombe*)、トルラスピロラデルブルエッキー(*Torulaspora delbrueckii*)、キャンジダケフィア(*Candida kefir*)、クルイベロマイセスマルキシアナス(*Kluyveromyces marxianus*)、クルイベロマイセスラクティス(*Kluyveromyces lactis*)、ピチアファリノサ(*Pichia farinosa*)、およびピチアブルトニ(*Pichia burtonii*)などが含まれる。

## 【0026】

上記糖は、グルコース、ショ糖、およびフルクトースなどを含む、上記エタノール生産

50

菌（好ましくは酵母）により分解され得る糖であればよく、セルロースなどを加水分解して得られる糖であってもよいし、蜜などであってもよい。

#### 【0027】

発酵液流路224は、発酵槽222と消化液槽210とを連通する流路であり、発酵槽222で発酵処理されたエタノール生産菌を含む発酵液を、消化液槽210に導入する。発酵液流路224は、流量センサ（不図示）を備えて、消化液槽210に貯留された消化液の量に対する、導入される発酵液の量を測定して、消化液の量に対する、導入される発酵液の量を調整できる構成であってもよい。

#### 【0028】

後述するように、本実施形態では、消化液へのエタノール生産菌の添加および曝気により、消化液中では酢酸が生成するため、消化液のpHは低下しやすい。しかし、処理後の消化液をメタン発酵槽110に再導入して、メタン発酵に再利用する際には、再導入された消化液によってメタン発酵時のpHが低下することによるメタン発酵の阻害を生じにくくするように、酢酸の生成量をある程度に留めておくことが好ましい。このような観点からは、処理後の消化液には、消化液のpHが4.0以上5.5以下になるような量（たとえば、0.1mol程度）の酢酸が生成されることが好ましく、上記量の酢酸が生成される程度に、添加するエタノール生産菌の量を調整することが好ましい。

#### 【0029】

たとえば、菌添加部220は、水に対して、消化液の全質量に対して5質量%となる量の蜜または30質量%となる量の上記セルロースの加水分解により得られた糖を添加し、十分に攪拌した後、pHが3.0～4.0程度になるまで（たとえば、30で24時間）、発酵処理を行う。このようにして得られた発酵液を、発酵液の添加量が消化液の全質量に対して5～10質量%程度となるように、消化液槽210内の消化液に添加する。

#### 【0030】

曝気部230は、消化液槽210に貯留されている消化液に空気を送りこみ、消化液を曝気する。

#### 【0031】

本実施形態において、曝気部230による曝気により、消化液槽210内の消化液が部分的に好気条件となり、部分的に嫌気状態となることで、消化液中に酢酸が生成すると考えられる。

#### 【0032】

つまり、曝気により好気条件となった消化液では、嫌気性生物であるメタン菌が死滅または不活性化し、一方で上記導入されたエタノール生産菌が好気的呼吸により糖を分解して二酸化炭素を生成する。この生成した二酸化炭素が消化液中に溶解して、消化液中には部分的に嫌気条件となった領域が生じる。この嫌気条件となった領域では、上記エタノール生産菌がアルコール発酵により糖を分解してエタノールを生成する。また、上記発酵液を消化液槽210に導入する際には、エタノール生産菌のほかに、発酵槽222での発酵により生成したエタノールも消化液槽210に導入される。

#### 【0033】

一方で、消化液中には、曝気により好気条件となった領域も同時に存在する。この好気条件となった領域では、好気性細菌である酢酸菌が上記生成したエタノールまたは導入されたエタノールから酢酸を生成する。このようにして、消化液中で酢酸が生成すると考えられる。

#### 【0034】

また、この際に、酵母菌による窒素の同化作用及び消化液内に含まれる硝酸菌類による脱窒により、消化液中のアンモニア量は減少すると考えられる。そのため、処理後の消化液をメタン発酵槽110に再導入しても、アンモニアによるメタン発酵の阻害は生じにくいと考えられる。

#### 【0035】

10

20

30

40

50

また、本実施形態では、菌添加部 220 は、発酵槽 222 内でのアルコール発酵により、エタノール生産菌が糖を分解してエタノールを予め生成している。そのため、曝気されている消化液槽 210 内の消化液中では、酢酸菌によるエタノールから酢酸の生成が効率よく行われ、より短時間で酢酸を生成することが可能となる。

## 【0036】

曝気部 230 による上記曝気は、再導入された消化液によってメタン発酵時の pH が低下することによるメタン発酵の阻害を生じにくくするように、消化液の pH が 4.0 以上 5.5 以下になるような量（たとえば、0.1 mol 程度）の酢酸が生成される程度（たとえば、36°で 48 時間）に行なうことが好ましい。

## 【0037】

滅菌槽 240 は、消化液槽 210 と連通した液体槽である。滅菌槽 240 には、滅菌槽 240 は、菌添加部 220 によるエタノール生産菌の添加および曝気部 230 による曝気によって酢酸が生成した消化液が消化液槽 210 から導入される。

## 【0038】

滅菌槽 240 は、メタン発酵槽 110 に再導入する消化液中の酵母菌を滅菌させて、酵母菌の導入によるメタン発酵槽 110 内の微生物への影響を抑制するための液体槽であり、公知の滅菌装置とすることができる。滅菌槽 240 による滅菌処理は、消化液中の酵母菌が死滅する程度（たとえば、80°で 60 分）とすることができる。

## 【0039】

発電装置 300 は、メタン発酵槽 110 から導入されたバイオガスを用いて発電を行う、公知の発電装置とすることができる。なお、発電装置 300 は、上記バイオガスを燃焼させるボイラー、タービンおよび発電機など（いずれも不図示）を有してもよい。

## 【0040】

## (消化液の処理方法)

図 2 は、メタン発酵システム 100 におけるメタン発酵後の処理液の処理方法の一例を示すフローチャートである。

## 【0041】

まず、メタン発酵後の消化液を消化液槽に導入する（工程 S110）。消化液の導入は、予め定められた量になるまで行なえばよい。

## 【0042】

メタン発酵は嫌気条件で行われ、また、メタン発酵の副生成物である二酸化炭素が消化液に溶解しているため、上記消化液は、通常、嫌気状態または微好気状態となっている。また、上記消化液には、メタン発酵に必要なメタン菌および酢酸菌が含まれる。上記消化液は、曝気などによる酸素の導入および滅菌処理をされておらず、嫌気状態または微好気状態であり、かつ、これらのメタン菌および酢酸菌を含む消化液である。

## 【0043】

次に、上記消化液にエタノール生産菌を添加する（工程 S120）。

## 【0044】

本実施形態において、エタノール生産菌の添加は、エタノール生産菌および糖を含む発酵液の消化液への添加により行われる。エタノール生産菌を添加した後、消化液を攪拌することが好ましい。

## 【0045】

エタノール生産菌の添加量は、処理後の消化液の pH が 4.0 以上 5.5 以下になるような量（たとえば、0.1 mol 程度）の酢酸が生成される程度であればよく、たとえば、 $10^6$  個のエタノール生産菌を含み、消化液の全質量に対して 5 質量% の廃糖蜜を含む発酵液を、発酵液の添加量が消化液の全質量に対して 30 質量% となるように、消化液に添加すればよい。

## 【0046】

次に、消化液を曝気する（工程 S130）。

## 【0047】

10

20

30

40

50

曝気は、処理後の消化液の pH が 4.0 以上 5.5 以下になるような量（たとえば、0.1 mol 程度）の酢酸が生成される程度に行えればよく、たとえば、36°で 48 時間の曝気を行えればよい。

#### 【0048】

上記曝気により、消化液中では、部分的に好気条件となった領域でエタノール生産菌が好気的呼吸により二酸化炭素を生成し、生成された上記二酸化炭素が溶解して部分的に嫌気状態となった領域ではエタノール生産菌が糖をアルコール分解してエタノールを生成する。さらに、上記部分的に好気条件となった領域では、酢酸菌が、上記生成されたエタノールから酢酸を生成する。

#### 【0049】

なお、曝気は、エタノール生産菌を消化液に添加した後に開始されることが好ましいが、エタノール生産菌が添加される消化液が嫌気状態または微好気状態である限りにおいて、エタノール生産菌を消化液に添加する以前に開始されていてもよい。

#### 【0050】

次に、曝気後の消化液を滅菌槽に導入（工程 S140）して、上記消化液を滅菌する（工程 S150）。

#### 【0051】

滅菌は、メタン発酵に関与しないエタノール生産菌が死滅する程度であればよく、たとえば 80°で 60 分の滅菌処理を行えればよい。

#### 【0052】

このように処理された消化液は、メタン発酵の燃料である酢酸を多く含むため、その後、メタン発酵槽に再導入されて、メタン発酵に再利用ができる。なお、メタン発酵槽に再導入される前の上記処理された消化液を、貯留槽に一時的に保管してもよい。

#### 【0053】

本実施形態によれば、消化液に添加した発酵液の含水率分（およそ 30 質量 %）だけが、消化液槽 210 に導入された消化液に対する増加分となり、消化液の循環利用に際しては、この含水率分のみを系外に排出すればよい。そのため、系外に排出される液体分の量を顕著に低下させることができ、廃水処理をほぼ不要とすることも可能である。

#### 【0054】

##### [第 2 の実施形態]

図 3 は、本発明の他の実施形態に関する、上記消化液の処理方法を実施するための処理装置を備えたメタン発酵システムの一例を示す模式図である。本実施形態に関するメタン発酵システム 100a は、メタン発酵後の消化液の処理装置 200 のうち、菌添加部 220 の構成のみが、第 1 の実施形態に関するメタン発酵システム 100 と異なる。そのため、第 1 の実施形態と共通する部分については説明を省略する。

#### 【0055】

本実施形態において、菌添加部 220 は、発酵槽 222 を有さず、かわりにエタノール生産菌を消化液槽 210 に導入する菌導入部 226 および糖を消化液槽 210 に導入する糖導入部 228 を有する。

#### 【0056】

菌導入部 226 は、乾燥状態のエタノール生産菌を消化液槽 210 に導入する流路である。

#### 【0057】

導入される上記乾燥状態のエタノール生産菌の量は、処理後の消化液の pH が 4.0 以上 5.5 以下になるような量（たとえば、0.1 mol 程度）の酢酸が生成される程度であればよい。たとえば、消化液の全質量に対して 3 質量 % となる量の、上記乾燥状態のエタノール生産菌が、消化液槽 210 に導入されればよい。

#### 【0058】

糖導入部 228 は、糖を含む発酵液を消化液槽 210 に導入する流路である。

#### 【0059】

10

20

30

40

50

導入される上記糖の量は、処理後の消化液の pH が 4.0 以上 5.5 以下になるような量（たとえば、0.1 mol/l 程度）の酢酸が生成される程度であればよい。たとえば、消化液の全質量に対して 5 質量% となる量の廃糖蜜または 30 質量% となる量のセルロースの加水分解により得られた糖が、消化液槽 210 に導入されればよい。

#### 【0060】

本実施形態においても、曝気により好気条件となった消化液では、嫌気性生物であるメタン菌が死滅または不活性化し、一方で上記導入されたエタノール生産菌が好気的呼吸により糖を分解して二酸化炭素を生成する。この生成した二酸化炭素が消化液中に溶解して、消化液中には部分的に嫌気条件となった領域が生じる。この嫌気条件となった領域では、上記導入されたエタノール生産菌がアルコール発酵により上記導入された糖を分解してエタノールを生成する。10

#### 【0061】

一方で、消化液中には、曝気により好気条件となった領域も同時に存在する。この好気条件となった領域では、好気性細菌である酢酸菌が上記生成したエタノールまたは導入されたエタノールから酢酸を生成する。このようにして、消化液中で酢酸が生成すると考えられる。

#### 【0062】

なお、消化液中に十分な量の糖が存在するような場合は、糖導入部 228 からの糖の導入を行わなくてもよい。

#### 【0063】

また、菌導入部 226 は、エタノール生産菌を含む発酵液を消化液槽 210 に導入する流路であってもよい。20

#### 【0064】

本実施形態によれば、消化液に添加した糖の含水率分だけが、消化液槽 210 に導入された消化液に対する増加分となり、消化液の循環利用に際しては、この含水率分のみを系外に排出すればよい。そのため、系外に排出される液体分の量を顕著に低下させることができ、廃水処理をほぼ不要とすることも可能である。

#### 【0065】

[ その他の実施形態 ]  
なお、上記各実施形態は、何れも本発明を実施するにあたっての具体化の一例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されなければならないものである。すなわち、本発明はその要旨、またはその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形で実施することができる。30

#### 【0066】

たとえば、メタン発酵槽で高温発酵を行うときなど、エタノール生産菌をメタン発酵槽に導入してもメタン発酵の効率が顕著に低下しないときは、滅菌槽における曝気後の消化液の滅菌処理は不要である。

#### 【0067】

また、エタノール生産菌の添加および曝気により酢酸を生成した消化液は、メタン発酵槽に再導入せず、固液分離した後に堆肥および土壤改良剤などとして使用することもできる。40

#### 【実施例】

#### 【0068】

以下、実施例を参照して本発明を更に具体的に説明するが、本発明の範囲は実施例の記載に限定されない。

#### 【0069】

#### [ 実験 1 ]

メタン発酵後の処理液を密閉された容器に投入し、 $10^6$  個 / g の酵母菌を含む酵母培養液、および廃糖蜜を上記容器に添加した。酵母培養液の添加量は、消化液の全質量に対し 30 質量% とし、廃糖蜜の添加量は、消化液の全質量に対し 5 質量% とした。酵母菌と50

しては、アグリ・コア株式会社が所有する *Pichia Farinosa*、および *Pichia burtonii* を用いた。

【0070】

上記容器内の消化液を36に保温したまま48時間曝気した。曝気後の消化液を一般社団法人 日本食品分析センターに依頼して分析したところ、0.57%（約0.1mol/l）の酢酸および540ppmのエタノールが検出されたが、遊離のアミノ酸は検出されなかった。

【0071】

また、実験前の消化液および実験後の消化液を株式会社環境研究センターに依頼して分析したところ、実験前のアンモニア性窒素量は3500ppmだったのに対し、実験後のアンモニア性窒素量は1700ppmに低下していた。

【0072】

〔実験2〕

酵母菌として市販のパン酵母を用いた以外は実験1と同様に実験を行ったところ、曝気後の消化液のpH、酢酸およびエタノールの量、遊離アミノ酸量は、実験1と同程度だった。

【0073】

〔実験3〕

曝気をせずに上記容器内の消化液を48時間保管した以外は実験1と同様に実験を行ったところ、曝気後の消化液からエタノールおよび検出されなかった。

【0074】

〔実験4〕

上記消化液をオートクレーブで滅菌したところ、消化液のpHが上昇し、酵母菌および酢酸菌を培養することができなかった。

【0075】

〔実験5〕

容器に投入する前の消化液を十分に曝気したところ、消化液のpHが上昇し、酵母菌および酢酸菌を培養することができなかった。

【0076】

〔実験1～実験5の考察〕

これらの結果から、酵母菌を投入した後に消化液を曝気すること、消化液中の細菌類（酢酸菌など）を滅菌しないこと、および消化液を過剰な好気状態としないこと、の条件を満たしたときに、消化液から酢酸およびエタノールを生成できることがわかる。

【0077】

これは、曝気により消化液中のメタン菌が死滅または不活性化し、酵母菌が糖を分解（好気的呼吸）して二酸化炭素を生成したことによると考えられる。その結果、上記消化液のうち、上記生成した二酸化炭素が溶解して部分的に嫌気条件となった領域では、酵母菌が廃糖蜜に含まれる糖を分解（アルコール発酵）してエタノールを生成し。一方で、上記消化液のうち、曝気により部分的に好気条件となっている領域では、好気性細菌である酢酸菌が上記生成されたエタノールから酢酸を生成すると考えられる。

【0078】

一方で、曝気をしないときは、消化液中のメタン菌が糖を捕食してしまうため、酵母菌が糖を分解することによる二酸化炭素の生成が十分に生じず、エタノールおよび酢酸は十分には生成されなかつたと考えられる。

【0079】

また、酵母菌を投入する前に消化液を滅菌したときや、酵母菌を投入する前に消化液を曝気したときは、アンモニアの濃度が上昇したことによりpHが上昇し、酵母菌および酢酸菌を培養できるpHとならないため、実験1と同様の処理による酢酸の生成は困難であると考えられる。

【0080】

10

20

30

40

50

**[実験6]**

実験1で得られた曝気後の消化液に対して80で60分間の滅菌処理を行い、容量が0.3m<sup>3</sup>のメタン発酵試験槽に投入した。投入は、14日間かけて行い、初日と2日目にはそれぞれ1kgずつ、その後は毎日2kgずつ、最終的に合計20kgの滅菌処理された上記消化液を投入した。

**【0081】**

ガス濃度計で発生したガスの濃度を測定したところ、滅菌処理された上記消化液の投入前のメタンガス濃度は59.6%だったが、投入開始から24時間経過後（初日）には56.5%であり、9日目には65.0%であり、14日目には55.2%であった。

**【0082】**

また、投入より9日目に実験1で得られた曝気後の消化液に2キロを投入後にガスバックにてガスを貯留し、24時間後にガス量を計測した。その結果、生成したメタンガスの量は、140Nm<sup>3</sup>であり、滅菌処理された上記消化液の投入量1トンあたりに換算すると、70Nm<sup>3</sup>であった。鶏糞を用いてメタン発酵を行ったときと同等の量のメタンガスを得ることができていた。

**【0083】****[実験7]**

実験6を終了した後の消化液に対して、さらに実験1と同様の処理を行った。曝気後の消化液を用いて実験6と同様の処理を再度行ったところ、実験6と同等の量のメタンガスを得ることができた。

10

**【0084】****[実験6～実験7の考察]**

これらの結果から、実験1の方法により消化液を処理することで、消化液を循環させて利用できることがわかる。

20

**【産業上の利用可能性】****【0085】**

本発明のメタン発酵後の消化液の処理方法によれば、消化液を循環利用することが可能であり、消化液からの廃水処理量を大幅に低減したり、ほぼ不要としたりすることができる。また、本発明によれば、簡易な操作および設備により、消化液を循環利用することが可能である。そのため、本発明は、メタン発酵後の消化液の処理に係るコストおよび設備の節減を可能とし、メタン発酵によるバイオガス発電などをより安価かつ容易に行うことを行うことができる。そのため、本発明は、メタン発酵に関する技術のさらなる普及に貢献することが期待される。

30

**【符号の説明】****【0086】**

100、100a メタン発酵システム

110 メタン発酵槽

200 消化液の処理装置

210 消化液槽

220 菌添加部

222 発酵槽

224 発酵液流路

226 菌導入部

228 糖導入部

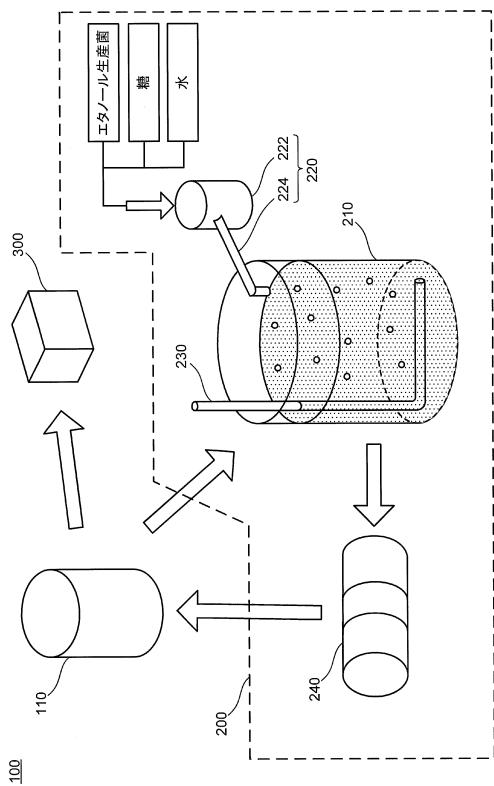
230 曝気部

240 滅菌槽

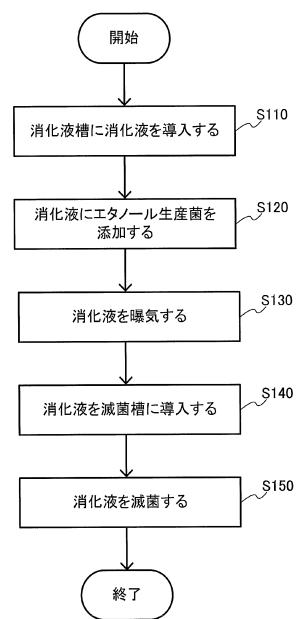
300 発電装置

40

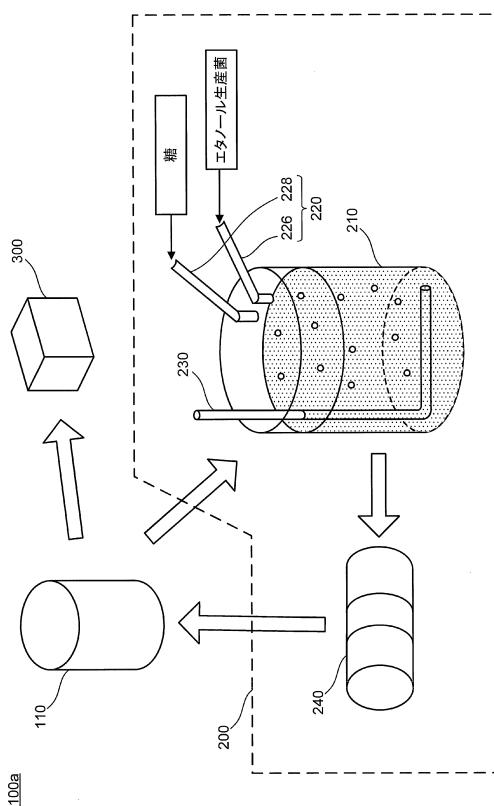
【 図 1 】



【 四 2 】



【図3】



---

フロントページの続き

(72)発明者 大吉 充  
千葉県長生郡長柄町六地蔵北山204-9 有限会社幸和商事内

審査官 富永 正史

(56)参考文献 特開2015-100764(JP,A)  
特開昭54-063545(JP,A)  
特開2011-045263(JP,A)  
米国特許出願公開第2012/0156744(US,A1)  
特開2002-301499(JP,A)  
特開2009-248042(JP,A)  
特開2006-021192(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C02F 11/00 - 11/20  
C02F 3/00 - 3/34  
A61L 2/04