



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:  
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 國際調查報告 (條約第 21 條(3))  
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

## 明 細 書

**発明の名称**：微生物の培養方法及び培養装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、微生物を培養する方法及び装置に関し、特に、発酵によって基質ガスから有価物を生成するガス資化性微生物を培養する培養方法及び培養装置に関する。

### 背景技術

[0002] 特許文献1によれば、培養槽内の培養液にCO<sub>2</sub>及びH<sub>2</sub>を含む基質ガスを供給しながらガス資化性微生物を培養している。このガス資化性微生物の発酵活動によってアセテート等の有価物が生成される。この有価物を抽出するために、培養液の一部を培養槽から取り出して、分離器によって濃縮培養液と微生物除去液とに分離する。濃縮培養液は培養槽に戻し、微生物除去液は次工程へ排出している。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：米国公開公報US2013/0065282

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 発明者等がこの種のガス資化性微生物の培養を試みたところ、基質ガスやそのガス中の或る成分の供給量が何らかの理由で低下したり供給が停止されたりすることで、培養槽内の生存環境が悪化した場合、微生物のほぼ全個体が一様に衰弱して簡単に死滅してしまうとの問題が生じた。

上掲特許文献1の培養装置は、微生物を培養液より長い時間培養槽に滞在させるとき有効である。しかし、例えば微生物の増殖の程度や基質ガスの供給状況等に応じて安定的な培養のために、一部の微生物を培養槽から排出すべき必要が生じた場合、その一部の微生物を含む培養液ごと排出する必要がある。したがって、微生物を培養液よりも速く系外へ排出することはできな

い。すなわち、微生物の排出速度は、培養液の排出速度を上回ることができない。微生物の排出速度を上げるには培養液の排出速度を上げる必要がある。そのため、培養液の排出量が多くなるという不都合がある。

本発明は、上記事情に鑑み、ガス資化性微生物を、基質ガスの供給状態の変動に拘わらず、安定的に培養することを第1の課題とする。

また、本発明は、培養槽内の微生物を安定的に培養するとともに、培養槽から微生物の一部を排出すべき必要が生じた場合に培養液の無駄を防止することを第2の課題とする。

### 課題を解決するための手段

[0005] 前記第1の課題を解決するため、本発明方法は、発酵によって基質ガスから有価物を生成するガス資化性微生物を培養する培養方法であって、  
培養槽の培養液で前記ガス資化性微生物を培養する工程と、  
前記基質ガスを前記培養槽に供給する工程と、  
前記ガス資化性微生物を含む前記培養液の一部を排出培養液として前記培養槽から排出する量（排出量）を調節する工程と、  
を備え、前記排出量調節工程において前記基質ガス又は前記所定成分の前記培養槽への供給流量が所定値以下になるとき事前に、又は前記所定値以下になったときは、前記培養液を前記培養槽から急速排出することを特徴とする。

この方法によれば、基質ガス又はその所定成分の供給状態が悪化したときは、培養槽の培養液ひいてはガス資化性微生物を急速排出することによって、培養槽内のガス資化性微生物の個体数を減らすことができる。これによって、培養槽内のガス資化性微生物の各個体あたりの基質ガスの摂取量を確保できる。この結果、培養槽内のガス資化性微生物が死滅するのを回避でき、ガス資化性微生物を安定的に培養することができる。前記培養槽から培養液をある程度排出した後は、排出量を増大前の大きさ付近まで戻すことが好ましい。そして、基質ガス又は前記所定成分の供給状態が回復したときは、ガス資化性微生物による発酵が急速に復活し、増殖も進む。

ここで、「供給流量が所定値以下になる」とは、供給流量が、通常運転モードの例えば3割～8割程度以下、好ましくは5割程度以下になることを言う。或いは、基質ガス供給装置が $n$ 台（ $n$ は2以上の整数）有る場合において、 $m$ 台（ $m$ は1以上 $n$ 以下の整数）の基質ガス供給装置がトラブルやメンテナンスで運転停止等になることで、供給流量が通常運転モードの例えば（ $n - m$ ）／ $n$ 倍（基質ガス供給装置ごとの通常運転モードでの供給流量が互いに等しい場合）になることであってもよい。

「基質ガス又は所定成分の供給状態」とは、基質ガスの流量、基質ガスの所定成分の流量、前記所定成分の分圧、基質ガスの圧力、基質ガスの温度等を含む。「所定成分」は、前記基質ガスの成分のうち、前記ガス資化性微生物の生存、発酵、増殖等の生命活動に特に有効な成分であることが好ましい。また、「排出量を調節する」とは、排出している状態でその排出量を増やしたり減らしたりすることだけでなく、排出を停止していた状態から排出を開始すること、排出している状態から排出を停止すること、及び排出している状態でその排出量を変えずに維持することも含む。この明細書において「排出量を増やす」とは、排出している状態でその排出量をより大きくすることだけでなく、排出を停止していた状態から排出を開始することも含む。「排出量」とは、単位時間当たりの排出量（排出流量）でもよく、1回の排出操作における全排出量でもよい。

前記急速排出工程では、前記排出量を一時的に増やすことが好ましい。「前記排出量を一時的に増やす」とは、ある期間における単位時間当たりの排出量（排出流量）をそれ以前よりも大きくし、前記ある期間の経過後、単位時間当たりの排出量（排出流量）を小さくすること、並びに、断続的又は周期的にまとめて排出操作する場合に1又は数回の排出操作時における排出量をそれ以前及びそれ以後の排出操作時における排出量よりも大きくすることを含む。なお、急速排出の開始後、培養終了時まで前記排出量を増大させた値のまま維持してもよい。

[0006] 前記急速排出した量に応じて培養液を前記培養槽に補充することが好まし

い。補充する培養液には前記ガス資化性微生物がまったく又は殆ど含まれていないことが好ましい。これによって、培養槽内の培養液の量を急速排出前と同程度に維持できる。かつ、培養槽内の培養液中のガス資化性微生物濃度を前記急速排出前よりも低くできる。したがって、ガス資化性微生物の各個体あたりの基質ガスの摂取量を確実に確保でき、ガス資化性微生物が死滅するのを十分に回避できる。

[0007] 本発明方法は、前記排出培養液を、前記ガス資化性微生物が濃縮された濃縮培養液と、前記ガス資化性微生物が希釈された希釈培養液とに分離する工程と、

前記希釈培養液を前記培養槽へ戻す工程と、

前記濃縮培養液を、前記有価物の抽出部若しくは抽出用貯留槽、又は排液処理部を含む後続装置へ送出する工程と、

を更に含むことが好ましい。

ここで、「希釈」とは、前記排出培養液中の前記ガス資化性微生物を完全に除去する場合をも含む。「希釈培養液」は、ガス資化性微生物濃度が0の培養液を含む。

[0008] 前記分離工程では、前記排出培養液をフィルター及び濃縮用貯留槽のうち少なくともフィルターが設けられた循環路に沿って循環させることが好ましい。

これによって、フィルターが例えばクロスフロー型フィルターであっても、排出培養液を希釈培養液と濃縮培養液とに効率的に分離でき、高濃度の濃縮培養液を得ることができる。

[0009] 本発明方法は、前記培養槽の培養液又は前記排出培養液における前記ガス資化性微生物の濃度を監視する工程と、

前記濃度が所定になるように前記濃縮培養液と前記希釈培養液との分離比を調節する工程と、

を更に含むことが好ましい。

[0010] 本発明方法は、前記排出培養液を、前記ガス資化性微生物が濃縮された濃

縮培養液と、前記ガス資化性微生物が希釈された希釈培養液とに分離する工程と、

前記希釈培養液を貯留する工程と、

前記急速排出と同時に又は相前後して、前記貯留した希釈培養液を前記培養槽に戻す工程と、

を更に含むことが好ましい。

これによって、前記貯留しておいた希釈培養液を、急速排出時の培養槽への補充培養液として利用できる。補充によって、培養槽における培養液量を確保できるとともに、培養液の組成を急速排出工程の前とほぼ同じに維持できる。したがって、ガス資化性微生物が培養液の組成変化でダメージを受けるのを防止することができる。

[0011] 前記急速排出の後、前記供給流量が前記所定値以上に回復するまでの間、前記分離工程で得た前記希釈培養液を（好ましくは貯留することなく）前記培養槽に戻し、かつ前記分離工程で得た前記濃縮培養液を（好ましくは前記培養槽へ戻すことなく）前記有価物の抽出部若しくは抽出用貯留槽、又は排液処理部を含む後続装置へ送出することが好ましい。

これによって、培養槽の培養液中のガス資化性微生物を液成分よりも多く培養槽から排出できる。したがって、培養槽内でガス資化性微生物が増殖しても、培養液のガス資化性微生物濃度をガス供給流量に見合った大きさに維持できる。よって、供給流量の不足によって、ガス資化性微生物が死滅するのを確実に回避できる。

[0012] 前記供給流量が前記所定値以上に回復可能になったとき、前記分離工程で得た前記濃縮培養液を（好ましくは後続装置へ送出することなく）前記培養槽に戻すことが好ましい。

これによって、培養槽内のガス資化性微生物濃度を急速に増大させて、前記供給流量が前記所定値以下になる前の大きさまで速やかに戻すことができる。このとき、前記分離工程で得た前記希釈培養液は、貯留することが好ましい。

[0013] 本発明方法は、貯留中の前記希釈培養液を、前記培養槽の温度よりも高温又は低温にする工程を、更に含むことが好ましい。

これによって、貯留中の前記希釈培養液内で菌が繁殖するのを抑制又は防止できる。

[0014] 本発明方法は、前記培養槽へ戻す際の前記希釈培養液を、前記急速排出された培養液と熱交換させる工程を、更に含むことが好ましい。

これによって、希釈培養液の温度を培養槽の温度に近づけたうえで、希釈培養液を培養槽に補充できる。したがって、培養槽内のガス資化性微生物が液温変化によってダメージを受けるのを防止又は抑制できる。また、排出培養液を熱源とすることで、熱効率を高めることができる。

[0015] 本発明方法は、前記培養槽へ戻す際の前記希釈培養液の少なくとも一部によって、前記分離工程用のフィルターを逆洗する工程を、更に含むことが好ましい。

これによって、フィルターの詰まりを効率的に抑えることができる。

[0016] 前記第1の課題を解決するため、本発明装置は、発酵によって基質ガスから有価物を生成するガス資化性微生物を培養する培養装置であって、

培養液が入れられ、かつ前記ガス資化性微生物を前記培養液中で培養する培養槽と、

前記培養槽に接続され、前記基質ガスを前記培養槽の培養液内に供給するガス供給路と、

前記培養槽内の前記ガス資化性微生物を含む前記培養液の一部を排出培養液として排出する量を調節する排出調節部と、

を備え、前記基質ガス又はその所定成分の前記培養槽への供給流量が所定値以下になるとき事前に、又は前記所定値以下になったときに、前記排出調節部によって、前記培養液を前記培養槽から急速排出されることを特徴とする。

この装置によれば、基質ガスの供給状態が悪化したときは、培養槽から培養液ひいてはガス資化性微生物を急速排出することで、培養槽内のガス資化

性微生物の各個体あたりの基質ガスの摂取量を確保できる。したがって、培養槽内のガス資化性微生物が死滅するのを回避でき、ガス資化性微生物を安定的に培養することができる。そして、基質ガスの供給流量が回復したときは、ガス資化性微生物による発酵が急速に復活し、増殖も進む。

[0017] 前記培養装置は、前記急速排出した量に応じて培養液を前記培養槽に補充する急速補充路を備えていることが好ましい。補充する培養液には前記ガス資化性微生物がまったく又は殆ど含まれていないことが好ましい。培養液の原液を補充培養液としてもよい。排出培養液から得た希釈培養液を補充培養液としてもよい。

[0018] 本発明装置は、前記排出培養液を、前記ガス資化性微生物が濃縮された濃縮培養液と、前記ガス資化性微生物が希釈された希釈培養液とに分離する分離部と、

前記希釈培養液を前記培養槽へ戻す希釈液戻し路と、

前記濃縮培養液を、前記有価物の抽出部若しくは抽出用貯留槽、又は排液処理部を含む後続装置へ送出する濃縮液送出路と

を更に備えたことが好ましい。

[0019] 前記分離部が、前記濃縮培養液を循環させる循環路と、前記循環路に設けられたフィルターとを含むことが好ましい。

[0020] 前記循環路に濃縮用貯留槽が設けられていることが好ましい。

[0021] 本発明装置は、前記培養槽の培養液における前記ガス資化性微生物の濃度を測定する微生物濃度測定器と、

前記濃度が所定になるように前記分離部における前記濃縮培養液と前記希釈培養液との分離比を調節する分離比調節部と

を更に備えたことが好ましい。

[0022] 本発明装置は、前記排出培養液を、前記ガス資化性微生物が濃縮された濃縮培養液と、前記ガス資化性微生物が希釈された希釈培養液とに分離する分離部と、

前記希釈培養液を貯留する希釈液貯留槽と、を更に備え、

前記急速補充路が、前記希釈液貯留槽から前記培養槽へ延びていることが好ましい。

[0023] 前記希釈液貯留槽には、前記希釈培養液を前記培養槽の温度よりも高温又は低温にする液温調整部が設けられていることが好ましい。

[0024] 本発明装置は、前記急速補充路の前記希釈培養液と前記急速排出された培養液とを熱交換させる熱交換器を、更に備えていることが好ましい。

[0025] 前記排出培養液から前記有価物を抽出することが好ましい。

これによって、有価物を取得して種々の利用に供することができる。

[0026] 前記排出培養液を貯留槽に貯留液として溜め、前記貯留液から前記有価物を抽出することがより好ましい。

これによって、排出した培養液を一旦、貯留液に溜めておき、抽出部の有価物抽出能力や有価物の需要等に応じて、適宜、抽出を行うことができる。培養液の排出流量が大きくても、培養液が外部へ漏れ出たり、抽出部が能力超過したりするのを回避できる。

[0027] 前記排出培養液のガス資化性微生物濃度を、前記培養槽内における前記一部以外の培養液のガス資化性微生物濃度よりも高くすることが好ましい。

これによって、培養液の液成分の無駄を抑えることができる。また、排出した分だけ培養槽に培養液の原液を補充する場合、その補充量を減らすことができる。そのため、培養槽内における培養液の組成変化を小さくでき、ガス資化性微生物をショック死させるおそれを少なくできる。

[0028] 前記排出部に貯留槽が接続され、前記貯留槽に前記有価物の抽出部が接続されていることが好ましい。

これによって、培養槽から排出させた培養液を貯留槽に溜めることができる。そして、抽出部の有価物抽出能力や有価物の需要等に応じて、適宜、抽出を行うことができる。培養液の排出流量が大きくても、培養液が外部へ漏れ出たり、抽出部が能力超過したりするのを回避できる。

[0029] 前記第2の課題を解決するため、本発明方法は、発酵によって有価物を生成する微生物を培養する培養方法であって、

培養槽の培養液中で前記微生物を培養し、  
前記培養液の一部に含まれる前記微生物を濃縮して濃縮培養液を作り、  
前記濃縮培養液を、前記有価物の抽出工程又は排液処理工程を含む後続工程に供することを特徴とする。

この方法によれば、例えば定常的又は培養状況（微生物の増殖の程度や基質ガスの供給状況など）に応じて適宜、培養槽から微生物の一部を濃縮培養液として後続工程に供することで、培養槽内の微生物を安定的に培養することができる。しかも、微生物を濃縮して系外へ出すことで、液成分をなるべく系内に留めることができる。つまりは、微生物の排出速度を培養液の排出速度よりも大きくすることができる。これによって、培養液の無駄を防止することができる。そして、後続工程において、濃縮培養液から有価物を抽出したり、排液処理したりすることができる。

- [0030] 前記一部の培養液を、前記培養槽から排出させ、  
かつ排出させた培養液を、前記濃縮培養液と、前記微生物が希釈された希釈培養液とに分離し、  
前記希釈培養液を前記培養槽へ戻し、前記濃縮培養液を、前記有価物の抽出部若しくは抽出用貯留槽、又は排液処理部を含む後続装置へ送出することが好ましい。  
これによって、前記一部の培養液に含まれる微生物を確実に濃縮して濃縮培養液を得ることができる。また、希釈培養液を培養槽へ戻すことによって、培養液の無駄を防止でき、コスト削減できるだけでなく、培養槽内の環境（培養液の組成等）をできるだけ一定に維持することで、微生物をより安定的に培養することができる。

- [0031] 前記培養槽の培養液又は前記一部の培養液における前記微生物の濃度を監視し、  
前記濃度が所定になるように前記濃縮培養液と前記希釈培養液との分離比を調節することが好ましい。  
これによって、培養槽内の微生物が過度に増殖した時などには、より多く

の希釈培養液を培養槽に戻して培養槽内の微生物濃度を下げること  
ことで、培養槽内の微生物濃度を所定に維持でき、微生物を一層安定的に培養  
することができる。

- [0032] 前記培養槽からの前記一部の培養液を濃縮用貯留槽に溜め、  
前記濃縮用貯留槽の貯留液を取り出して、前記微生物が前記貯留液よりも  
高濃度に濃縮された高濃縮培養液と、前記微生物が希釈された希釈培養液と  
に分離し、  
前記希釈培養液を前記培養槽へ戻し、  
前記高濃縮培養液を前記濃縮用貯留槽へ戻し、  
前記濃縮用貯留槽の貯留液の一部を前記後続工程に供することが好ましい  
。  
前記貯留液は、中濃縮培養液となる。すなわち、前記貯留液は、前記一部  
の培養液と高濃縮培養液とを混ぜたものであるから、培養槽の培養液よりも  
微生物濃度が高い。この方法によれば、濃縮用貯留槽と分離膜との間を循環  
する流量を大きくでき、分離膜の詰まりを防止できる。前記高濃縮培養液を  
前記後続工程に供することにしてもよい。

- [0033] 前記微生物が、発酵によって基質ガスから前記有価物を生成するガス資化  
性微生物であり、  
前記基質ガスを前記培養槽に供給して前記培養液に溶け込ませ、  
前記基質ガスの前記培養槽への供給流量が所定以下になったとき、前記濃  
縮培養液を生成して前記後続工程へ供することが好ましい。  
これによって、基質ガスの供給流量が減ったときは、培養槽内の微生物の  
個体数を減らすことで、微生物の各個体あたりの基質ガスの摂取量を確保で  
き、微生物の死滅を回避できる。

- [0034] 前記第2の課題を解決するため、本発明装置は、発酵によって有価物を生  
成する微生物を培養する培養装置であって、  
前記微生物を培養する培養液を入れる培養槽と、  
前記培養液の一部に含まれる前記微生物を濃縮して濃縮培養液を得るバイ

オマス濃縮部と、

前記濃縮培養液を、前記有価物の抽出部若しくは抽出用貯留槽、又は排液処理部を含む後続装置へ送出する濃縮液送出路と

を備えたことを特徴とする。

この装置によれば、例えば定常的又は培養状況に応じて、培養槽から微生物の一部を後続装置へ送出することで、培養槽内の微生物を安定的に培養することができる。しかも、微生物を濃縮したうえで後続装置へ送ることで、液成分をなるべく培養装置に留めることができる。つまりは、微生物の排出速度を培養液の排出速度よりも大きくすることができる。これによって、培養液の無駄を防止することができる。そして、後続装置において、濃縮培養液から有価物を抽出したり、排液処理したりすることができる。

[0035] 前記バイオマス濃縮部が、前記培養槽からの前記一部の培養液を、前記濃縮培養液と、前記微生物が希釈された希釈培養液とに分離する分離膜を有していることが好ましい。更に、前記培養装置が、前記希釈培養液を前記培養槽へ戻す槽戻し路を備えていることが好ましい。

これによって、バイオマス濃縮部において微生物を確実に濃縮できるとともに、培養液の無駄を確実に防止することができ、更には培養槽において微生物をより安定的に培養することができる。

[0036] 前記培養装置が、前記培養槽の培養液における前記微生物の濃度を測定する微生物濃度測定器と、

前記濃度が所定になるように前記バイオマス濃縮部における前記濃縮培養液と前記希釈培養液との分離比を調節する分離比調節部と

を更に備えていることが好ましい。

これによって、培養槽内の微生物が過度に増殖した時などにはこれを抑えることができ、微生物の濃度を所定に維持することができる。したがって、微生物を一層安定的に培養することができる。

[0037] 前記バイオマス濃縮部が、

前記培養槽からの前記一部の培養液が貯留される濃縮用貯留槽と、

前記濃縮用貯留槽から取り出した貯留液を、前記微生物が前記貯留液よりも高濃度に濃縮された高濃縮培養液と、前記微生物が希釈された希釈培養液とに分離する分離膜と、

を備え、前記濃縮用貯留槽から前記濃縮液送出路が延び出ていることが好ましい。

更に、前記培養装置が、前記希釈培養液を前記培養槽へ戻す希釈液戻し路と、前記高濃縮培養液を前記濃縮用貯留槽へ戻す再濃縮用戻し路と

を備えていることが好ましい。

前記濃縮用貯留槽内の貯留液は、中濃縮培養液となる。すなわち、前記濃縮用貯留槽内の貯留液は、前記一部の培養液と高濃縮培養液とを混ぜたものであるから、培養槽の培養液よりも微生物濃度が高い。この装置態様によれば、濃縮用貯留槽と分離膜との間を循環する流量を大きくでき、分離膜の詰まりを抑制又は防止できる。

[0038] 前記微生物が、発酵によって基質ガスから前記有価物を生成するガス資化性微生物であり、

前記基質ガスの供給路が前記培養槽に接続され、

前記基質ガスの前記培養槽への供給流量が所定以下になったとき、前記バイオマス濃縮部による前記濃縮培養液の生成、及び前記後続装置への送出行われることが好ましい。

これによって、基質ガスの供給流量が減ったときは、培養槽内の微生物の個体数を減らすことで、微生物の各個体あたりの基質ガスの摂取量を確保でき、微生物の死滅を回避できる。

### 発明の効果

[0039] 本発明によれば、基質ガスの供給状態が悪化したときは、培養槽からのガス資化性微生物の排出量を増やすことで、培養槽内のガス資化性微生物の個体数を減らすことができる。これによって、培養槽内のガス資化性微生物を、基質ガスの供給状態の変動に拘わらず、死滅等しないように安定的に培養することができる。

## 図面の簡単な説明

[0040] [図1]図1は、本発明の第1実施形態に係る培養装置を含む有価物生成システムの概略構成を示す回路図である。

[図2]図2は、本発明の第2実施形態に係る培養装置を含む有価物生成システムの概略構成を示す回路図である。

[図3]図3は、本発明の第3実施形態に係る培養装置を含む有価物生成システムの概略構成を示す回路図である。

[図4]図4は、本発明の第4実施形態に係る培養装置を含む有価物生成システムを、通常運転モードにて示す回路図である。

[図5]図5は、本発明の第4実施形態に係る培養装置を含む有価物生成システムを、急速希釈運転モードにて示す回路図である。

[図6]図6は、本発明の第4実施形態に係る培養装置を含む有価物生成システムを、低バイオマス運転モードにて示す回路図である。

[図7]図7は、本発明の第4実施形態に係る培養装置を含む有価物生成システムを、状態回復運転モードにて示す回路図である。

[図8]図8(a)は、本発明の第5実施形態に係る培養装置を含む有価物生成システムの一部を、通常運転モードにて示す回路図である。図8(b)は、前記第5実施形態に係る培養装置を含む培養システムの一部を、急速希釈運転モードにて示す回路図である。

[図9]図9は、本発明の第6実施形態に係る培養装置を含む有価物生成システムを、急速希釈運転モードにて示す回路図である。

[図10]図10は、本発明の第7実施形態に係る培養装置を含む有価物生成システムの概略構成を示す回路図である。

[図11]図11は、本発明の第8実施形態に係る培養装置を含む有価物生成システムの概略構成を示す回路図である。

## 発明を実施するための形態

[0041] 以下、本発明の実施形態を図面にしたがって説明する。

<第1実施形態>

図1は、本発明の第1実施形態に係る有価物生成システム1を示したものである。有価物生成システム1は、培養装置1xと、後続装置1yとを備えている。培養装置1xは、培養槽10と、培養液源12を含む。後続装置1yは、抽出用貯留槽84（ブリードタンク）と、蒸留塔80（抽出部）と、排液処理部8とを含む。

- [0042] 培養槽10内に培養液2が溜められている。この培養液2中でガス資化性微生物9が培養されている。ガス資化性微生物9としては、例えば特許文献1（米国公開公報US2013/0065282）の他、特開2014-050406号公報、特開2004-504058号公報等に開示された嫌気性細菌を用いることができる。ガス資化性微生物9の発酵作用によって基質ガスからエタノール（ $C_2H_5OH$ ）等の有価物が合成される。ガス資化性微生物9の発酵に使われる基質ガス成分（所定成分）は、主に一酸化炭素（ $CO$ ）及び水素（ $H_2$ ）である。有価物としては、エタノールの他、ブタノール、酢酸ないしはアセテート、その他の有機化合物が挙げられる。
- [0043] 培養槽10内の培養液2は、攪拌機16によって攪拌されている。したがって、ガス資化性微生物9が培養液2の全域に均一に分散されている。
- [0044] 培養槽10に培養液源12が接続されている。培養液源12には、培養液2の原液2Sが蓄えられている。つまり、ガス資化性微生物9が混入される前の培養液2が蓄えられている。培養原液2Sの大部分は水（ $H_2O$ ）であり、これにビタミンやリン酸等の栄養分が分散又は溶解されている。培養液源12から原液供給路14が延び出ている。この原液供給路14が、培養槽10の液供給ポート10pに連なっている。原液供給路14の中途部に送液ポンプ13が設けられている。
- [0045] さらに、培養槽10には基質ガス源3が接続されている。詳細な図示は省略するが、基質ガス源3は、産業廃棄物等を処理する廃棄物処理施設にて構成されている。言い換えると、この実施形態の培養装置1xひいては有価物生成システム1は、廃棄物処理システムに組み込まれている。基質ガス源3には溶融炉があり、この溶融炉において、廃棄物が高濃度の酸素ガスによっ

て燃焼されて低分子レベルまで分解される。最終的に、一酸化炭素（CO）、水素（H<sub>2</sub>）、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）等を含む嫌気性の基質ガスが生成される。基質ガスの生成流量及び組成は、廃棄物の種類や量等に依存し、不安定である。

[0046] 基質ガス源3からガス供給路31が伸び出ている。このガス供給路31が、培養槽10の底部のガス供給ポート10qに連なっている。ガス供給路31の中途部には、ガス流量計32やガスセンサ33が設けられている。ガス流量計32は、ガス供給路31を通るガスの流量を計測する。ガスセンサ33は、ガスクロマトグラフィー等にて構成され、ガス供給路31を通るガスの組成（成分及び分圧等）を計測する。

[0047] 培養槽10の例えば中間部又は底部には、排出ポート10e（排出部）が設けられている。この排出ポート10eから排出路22が後続装置1yへ伸びている。排出路22の下流端には抽出用貯留槽84が配置されている。培養槽10と抽出用貯留槽84とが、排出路22を介して接続されている。排出路22の中途部には送液ポンプ23が設けられている。好ましくは、送液ポンプ23は、出力制御可能なインバータポンプにて構成されている。排出路22の送液ポンプ23等によって、排出調節部21が構成されている。さらに、排出路22に流量制御弁（図示省略）が設けられていてもよい。排出調節部21が、流量制御弁を含んでいてもよい。排出調節部21が、送液ポンプ23及び／又は流量制御弁を制御するコントローラ（制御手段）を含んでいてもよい。

[0048] 抽出用貯留槽84には、培養槽10からの排出培養液2aが溜められている。

抽出用貯留槽84から送出路81が引き出されている。送出路81には送液ポンプ85が設けられている。送液ポンプ85によって逆流が防止される。送出路81は、蒸留塔80の中間部に連なっている。蒸留塔80の上端部から抽出液路82が伸び出ている。蒸留塔80の底部から排出路83が伸び出ている。排出路83は、排液処理部8に連なっている。詳細な図示は省略

するが、排水処理部 8 は、排水の嫌気処理部及び好気処理部等を含む。

[0049] 上記の有価物生成システム 1 による培養方法ひいては有価物生成方法を説明する。

<培養工程>

培養液源 1 2 から培養槽 1 0 に培養原液 2 S を導入し、培養槽 1 0 の培養液 2 においてガス資化性微生物 9 を培養する。攪拌機 1 6 によって培養液 2 を攪拌することで、ガス資化性微生物 9 を培養液 2 の全域に均一に分散させる。

[0050] <基質ガス供給工程>

また、基質ガス源 3 において廃棄物から生成した基質ガス (CO、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>等) を、ガス供給路 3 1 を経て培養槽 1 0 に導入し、培養槽 1 0 の培養液 2 中に基質ガスを溶け込ませる。上記の攪拌によって、基質ガスが培養液 2 中に溶解するのを促進できる。

[0051] <発酵工程>

これによって、培養液 2 中のガス資化性微生物 9 が、発酵を行ない、基質ガスからエタノール等の有価物を生成する。発酵によって CO<sub>2</sub>等の気体成分も生成される。ガス供給路 3 1 から導入される CO<sub>2</sub>や、発酵により生成された CO<sub>2</sub>、未使用の CO、H<sub>2</sub>等の気体成分は、培養槽 1 0 の排気ポート 1 0 g から排出される。これら気体成分は、基質ガス源 3 に戻してもよく、燃焼させ、蒸留などの熱源として利用してもよい。

[0052] <排出工程>

(1) 通常運転モード

送液ポンプ 1 3, 2 3 を、送液量が互いにバランスするように常時運転する。これによって、培養液源 1 2 から培養原液 2 S が原液供給路 1 4 を経て培養槽 1 0 に送られるとともに、培養槽 1 0 内の培養液 2 の一部が、排出培養液 2 a として、排出ポート 1 0 e から排出路 2 2 へ排出される。平常運転時は、送液ポンプ 1 3 の送液量 (培養原液 2 S の供給流量) が比較的少なく、したがって送液ポンプ 2 3 の送液量 (排出培養液 2 a の排出流量) も比較

的少ない。送液ポンプ13, 23の送液量がバランスすることで、培養槽10の液量が一定に維持される。また、上記排出培養液2aにはガス資化性微生物9が含まれており、このガス資化性微生物9が培養液2aと一緒に培養槽10から排出されることになるが、培養槽10の培養液2中ではガス資化性微生物9が増殖しているため、培養液2のガス資化性微生物9の濃度は概略一定に維持される。

[0053] <排出量調節工程>

基質ガス源3からの基質ガス及びその各成分の供給状態は、廃棄物の種類や量等に依存し、不安定になりがちである。つまり、燃やす廃棄物の種類や量などによって基質ガスの供給流量が変化する。また、燃やす廃棄物の種類などで基質ガスの組成（成分及び各成分の分圧等）が変化する。そこで、基質ガスの供給状態を流量計31やガスセンサ33によって監視する。そして、基質ガス又はその所定成分（CO、H<sub>2</sub>等）の供給状態に応じて、培養槽10からの培養液2aの排出量を調節する。

[0054] 具体的には、例えば、流量計31によって基質ガスの供給流量を測定する。また、ガスセンサ33によって、基質ガス中の所定成分（CO、H<sub>2</sub>等）の分圧を測定する。これらの測定結果から、上記所定成分の培養槽10への供給流量を求める。この所定成分（CO、H<sub>2</sub>等）の供給流量が所定値を上回っているとき（平常運転時）は、上述した通り、送液ポンプ13, 23の送液量を少量に維持する。

[0055] (2) 急速希釈（急速排出）運転モード

一方、所定成分（CO、H<sub>2</sub>等）の供給流量が所定値以下になったとき（基質ガス供給異常時）は、送液ポンプ13の送液量を増やすとともに、これとバランスがとれるように送液ポンプ23の送液量も増やす。これによって、通常運転モードの時よりも大量の培養液2aが、培養槽10の排出ポート10eから排出路22へ急速排出される。

或いは、廃棄物処理の状況によって、基質ガス源3からの基質ガス又はその所定成分（CO、H<sub>2</sub>等）の供給流量が未来のある時点で減ることが判明し

ているときは、その時点の少し前に予め培養槽 10 内の培養液 2 の一部 2 a を排出ポート 10 e から急速排出させておくことにしてもよい。

[0056] 培養液 2 a を前記供給流量の減少に対応する分量だけ急速排出した後は、培養液 2 a の排出流量を平常運転時と同程度に戻すことが好ましい。要するに、基質ガス供給異常期間中、培養液 2 a を継続して大量排出するのではなく、基質ガス供給異常の発生時又は発生前に予め培養液 2 a を一時的に大量排出することが好ましい。

[0057] 培養液 2 a の急速排出によって、この培養液 2 a 中のガス資化性微生物 9 も培養槽 10 から急速排出される。したがって、培養槽 10 におけるガス資化性微生物 9 の個体数が減る。これによって、ガス資化性微生物 9 の各個体あたりの基質ガスの摂取量を確保できる。よって、ガス資化性微生物 9 の全個体が一律に衰弱するのを防止でき、ひいては死滅するのを回避できる。また、培養液源 12 から新たな培養原液 2 S が原液供給路 14（急速補充路）を経て培養槽 10 に補充される。好ましくは、排出した分だけ、培養原液 2 S が補充される。これによって、ビタミンやミネラル等の栄養分を補充することができ、ガス資化性微生物 9 の栄養摂取量を十分に確保することができる。この結果、ガス資化性微生物 9 を安定的に培養できる。そして、基質ガス又はその所定成分（CO、H<sub>2</sub>等）の供給流量が回復したときは、ガス資化性微生物 9 による発酵が急速に復活し、増殖も進む。

[0058] なお、急速排出の開始後、培養終了時まで、培養液 2 a の排出量を増大させた値のまま維持してもよい。その場合、培養原液 2 S の補充量も培養終了時まで増大させた値のまま維持することが好ましい。この環境でガス資化性微生物が増殖することで、ガス資化性微生物の濃度は、急速排出開始前よりも低い値で安定する。

[0059] <貯留工程>

通常運転モードにおいても急速希釈運転モード（基質ガス供給異常時）においても、排出培養液 2 a は、排出路 22 を経て、抽出用貯留槽 84 に一旦貯留される。排出培養液 2 a には、ガス資化性微生物 9 の生体や屍骸等から

なるバイオマスや、培養槽 10 での発酵によって生成されたエタノール等の有価物が含まれている。抽出用貯留槽 84 の容積を十分に大きくしておくことで、基質ガス供給異常時の培養液 2 a の排出流量が大きくても、抽出用貯留槽 84 から培養液 2 a が溢れないようにすることができる。

[0060] <抽出工程>

抽出用貯留槽 84 の培養液 2 a の一部は、送出路 81 を経て蒸留塔 80 に導入される。そして、蒸留塔 80 において蒸留されて、エタノール（有価物）が抽出される。エタノールは、蒸留塔 80 の上端部から抽出液路 82 へ出され、精製工程等を経て種々の利用に供される。

排出培養液 2 a を一旦、抽出用貯留槽 84 に溜めておくことで、蒸留塔 80 の処理容量やエタノールの需要等に応じて、適宜、抽出を行うことができ、蒸留塔 80 が能力超過するのを回避できる。

[0061] <排液処理工程>

蒸留塔 80 の底部には抽出残液 2 d が溜まる。抽出残液 2 d はバイオマスを高濃度に含む。この抽出残液 2 d が、蒸留塔 80 の下端部から排出路 83 を経て排液処理部 8 へ送られる。排液処理部 8 においては抽出残液 2 d が嫌気処理や好気処理されることによって、バイオマスが分解される。或いは、バイオマスを分離して、蒸留塔 80 等における燃料（熱源）として利用してもよい。

[0062] 次に、本発明の他の実施形態を説明する。以下の実施形態において、既述の実施形態と重複する内容に関しては、図面に同一符号を付して説明を適宜省略する。

<第 2 実施形態>

図 2 は、本発明の第 2 実施形態を示したものである。第 2 実施形態の有価物生成システム 1 B は、分離部 50（バイオマス濃縮部）を備えている。分離部 50 は、フィルターユニット 59 と、濃縮用貯留槽 54 と、循環路 58 を含む。フィルターユニット 59 は、フィルター（分離膜）51 を含む。フィルター 51 としては、中空糸が用いられている。フィルター 51 によって

、フィルターユニット59の内部が透過室52と非透過室53とに仕切られている。

[0063] 培養槽10と濃縮用貯留槽54とが排出路22によって接続されている。濃縮用貯留槽54には、培養槽10からの排出培養液2aが中濃縮培養液2bとして溜められている。濃縮用貯留槽54と抽出用貯留槽84とが送出路28によって接続されている。

[0064] 循環路58は、往路55と、復路56（再濃縮用戻し路）を含む。濃縮用貯留槽54とフィルターユニット59とが、往路55及び復路56を介して接続されている。言い換えると、循環路58に濃縮用貯留槽54及びフィルターユニット59が設けられている。往路55は、濃縮用貯留槽54内の中濃縮培養液2bの内部から引き出されて、フィルターユニット59の非透過室53の入口ポートに連なっている。往路55の中途部には送液ポンプ57が設けられている。復路56は、非透過室53の出口ポートから延び出て、濃縮用貯留槽54に連なっている。

濃縮用貯留槽54は、大容積でなくてもよい。往復路55、56及び非透過室53の合計容積がある程度以上有る場合、濃縮用貯留槽54は無くてもよい（図3参照）。

[0065] フィルターユニット59と培養槽10とが希釈液戻し路41を介して接続されている。希釈液戻し路41は、透過室52の出口ポートから延びて、培養槽10の戻りポート10rに連なっている。希釈液戻し路41には、液戻しポンプ42が設けられている。濃縮用貯留槽54を設けることで、液戻しポンプ42の圧力変動を小さくできる。

[0066] 有価物生成システム1Bにおいては、培養槽10からの排出培養液2aが、濃縮用貯留槽54に培養液2bとして一旦貯留される。培養液2bは、濃縮用貯留槽54とフィルターユニット59との間を循環されることによって、ガス資化性微生物9が濃縮される。詳しくは、送液ポンプ57の駆動によって、培養液2bが、フィルターユニット59の非透過室53へ導入される。非透過室53の液成分はフィルター51を透過して透過室52へ移ること

ができる。これに対し、液中のガス資化性微生物 9 の生体及び屍骸等のバイオマス、その他の固体成分は、フィルター 5 1 を透過するのが阻止される。したがって、中濃縮培養液 2 b が、透過室 5 2 の希釈培養液 2 c と、非透過室 5 3 の濃縮培養液 2 e とに分離される。希釈培養液 2 c は、培養槽 1 0 の培養液 2 よりもバイオマス濃度が十分に低く、好ましくはバイオマスが殆ど含まれていない。濃縮培養液 2 e は、培養槽 1 0 の培養液 2 よりもバイオマスの濃度が高い。すなわち、希釈培養液 2 c は、バイオマスが希釈（完全除去を含む）されたバイオマス希釈液であり、濃縮培養液 2 e は、バイオマスが高濃縮されたバイオマス高濃縮液である。

[0067] 希釈培養液 2 c は、液戻しポンプ 4 2 の作動によって、希釈液戻し路 4 1 を経て培養槽 1 0 に戻される。この希釈培養液 2 c の戻し流量分だけ、培養原液 2 S の供給流量を小さくでき、培養液の無駄を抑えることができる。さらに、基質ガス供給異常時には、平常運転時よりも大量の希釈培養液 2 c を培養槽 1 0 に戻すことによって、培養原液 2 S の供給流量が増えるのを抑制できる。そのため、培養液 2 の液成分の組成変化が小さく、ガス資化性微生物 9 をショック死させるおそれを少なくできる。

[0068] 濃縮用貯留槽 5 4 の容積が大きく、培養液 2 b の槽 5 4 内での滞留時間が長いときは、フィルターユニット 5 9 における希釈培養液 2 c のバイオマス濃度を十分に低くすることが好ましく、殆ど 0 にすることがより好ましい。これによって、培養液 2 b 中でガス資化性微生物 9 が死んだとしても、ガス資化性微生物 9 の屍骸が希釈培養液 2 c と一緒に培養槽 1 0 に混入されるのを防止できる。

[0069] なお、培養槽 1 0 内の培養液 2 の液成分の組成は、培養原液 2 S の組成と必ずしも一致しておらず、ガス資化性微生物 9 の生命活動によって消費されたり生産されたりする成分がある。したがって、培養原液 2 S の供給量が多過ぎると、ガス資化性微生物 9 が環境の急変でショック死するおそれがある。

[0070] 濃縮培養液 2 e は、復路 5 6 を経て、濃縮用貯留槽 5 4 に戻される。した

がって、濃縮用貯留槽 5 4 内の中濃縮培養液 2 b は、排出培養液 2 a と濃縮培養液 2 e（バイオマス高濃縮液）とが混合されたものであり、培養液 2, 2 a よりもバイオマス濃度（ガス資化性微生物濃度）が高い。すなわち、中濃縮培養液 2 b は、培養液 2, 2 a よりもガス資化性微生物 9 の生体及び屍骸を含むバイオマスが濃縮されている。濃縮用貯留槽 5 4 の中濃縮培養液 2 b の一部が、送出路 2 8 を経て抽出用貯留槽 8 4 に溜められる。そして、抽出用貯留槽 8 4 から蒸留塔 8 0 へ送られてエタノールの抽出に供され、更には、排液処理部 8 において排液処理工程に供される。

なお、抽出用貯留槽 8 4 には、基質ガス供給異常時に急速排出された培養液 2 a を、濃縮用貯留槽 5 4 経由で溜めることができる。

[0071] 濃縮用貯留槽 5 4 から抽出用貯留槽 8 4 への送出流量  $U_4$  は、培養液 2 a の排出流量  $U_0$  よりも小さくする ( $U_0 > U_4$ )。これによって、濃縮用貯留槽 5 4 内の中濃縮培養液 2 b の貯留量を確保できる。また、中濃縮培養液 2 b 中のバイオマス濃度は、培養液 2, 2 a 中のバイオマス濃度の ( $U_0 / U_4$ ) 倍となる。

[0072] さらに、ポンプ 2 3, 4 2, 5 7 の出力を互いに調節することによって、中濃縮培養液 2 b のフィルターユニット 5 9 への送出流量  $U_1$  を、培養液 2 a の排出流量  $U_0$  よりも大きくし ( $U_1 > U_0$ )、好ましくは、 $U_1 = 2 \times U_0 \sim 100 \times U_0$  程度とする。これによって、非透過室 5 3 内の流れを大きくすることができ、フィルター 5 1 が詰まるのを抑えることができる。なお、濃縮培養液 2 e の流量  $U_3$  は、 $U_3 = U_1 - U_2$  となる。

[0073] <第 3 実施形態>

図 2 の濃縮用貯留槽 5 4 を省いてもよい。循環路 5 8 には、フィルターユニット 5 9 及び濃縮用貯留槽 5 4 のうち少なくともフィルターユニット 5 9 が設けられていればよい。

図 3 に示すように、第 3 実施形態の有価物生成システム 1 C では、第 2 実施形態（図 2）における濃縮用貯留槽 5 4 が省略され、代わりに合流部 5 8 c が設けられている。合流部 5 8 c において、排出路 2 2 と復路 5 6 とが直

接的に（濃縮用貯留槽 54 を介さずに）合流されている。合流部 58c から往路 55 が延びている。復路 56 の中途部から送出路 28 が分岐されている。送出路 28 は、抽出用貯留槽 84 に接続されている。

[0074] (1) 通常運転モード

培養槽 10 からの排出培養液 2a は、排出路 22 を経て、合流部 58c において、復路 56 からの培養液 2e と混合される。混合後の培養液が、循環路 58 を往路 55、フィルターユニット 59、復路 56 の順に循環されるとともに、フィルターユニット 59 において希釈培養液 2c と濃縮培養液 2e とに分離される。希釈培養液 2c は、希釈液戻し路 41 を経て、培養槽 10 へ戻される。濃縮培養液 2e の一部は、送出路 28 へ分流して抽出用貯留槽 84 に溜められ、更には、蒸留塔 80 によるエタノール抽出に供される。濃縮培養液 2e の残りが、復路 56 を経て合流部 58c へ向かう。

[0075] 各流路 22, 55, 41, 56, 28 における流量  $U_0, U_1, U_2, U_3, U_4$  どうしの関係は、第 2 実施形態（図 2）と同様である。したがって、循環路 58 における培養液 2b, 2e の循環流量  $U_1, U_3$  は、排出培養液 2a の排出流量  $U_0$  よりも十分に大きい ( $U_1 > U_0, U_3 > U_0$ )。

[0076] (2) 急速希釈運転モード

基質ガス（又はその所定成分）の供給流量が異常に減少した時は、培養槽 10 からの排出培養液 2a の排出流量を一時的に大きくする。排出培養液 2a は、流路 22, 55, 53, 28 を順次経て、又は図示しないバイパス路を経て、抽出用貯留槽 84 へ送られる。また、フィルター 51 を透過した希釈培養液 2c と、培養液源 2 からの培養原液 2S とが、排出培養液 2a の排出分だけ培養槽 10 に補充される。これによって、培養槽 10 中のガス資化性微生物 9 の密度を小さくでき、基質ガスの供給流量が減っても、ガス資化性微生物 9 を安定的に培養できる。

[0077] <第 4 実施形態>

図 4～図 7 は、本発明の第 4 実施形態を示したものである。

図 4 に示すように、有価物生成システム 1D の培養装置 1x は、培養槽 1

0と、培養液源12と、フィルターユニット59と、希釈液貯留槽40を備えている。培養槽10には、ガス供給路31を介して、2基（複数）の基質ガス源3A, 3Bが接続されている。

[0078] 図4～図7に示すように、有価物生成システム1Dは、基質ガス又はその所定成分（CO、H<sub>2</sub>等）の供給状態に応じた4つの運転モードを有している。運転モードごとにシステム1Dの構成要素10, 12, 59, 40, 84どうしの接続状態が変わる。

なお、実際のシステム1Dにおいては、構成要素10, 12, 59, 40, 84どうしがすべての運転モードに対応可能に配管接続されている。そして、運転モードに応じて、一部の配管をバルブによって開閉したり、送液ポンプをオンオフしたりすることで、回路構成を変更している。ここでは、理解を容易化するために、各運転モードにおいて、開通状態の配管ラインのみを図示してある。バルブ及びポンプの図示は省略する。

[0079] (1) 通常運転モード

図4に示すように、2つの基質ガス源3A, 3Bからの基質ガスの供給状態が順調であるときは、通常運転モードを実行する。通常運転モードでは、培養液源12と培養槽10とが接続され、かつ培養槽10とフィルターユニット59とが接続されている。

非透過室53の出口ポートは、濃縮液送出路28を介して抽出用貯留槽84（ブリードタンク）と接続されるとともに、濃縮液戻し路44を介して培養槽10の液供給ポート10pと接続されている。

透過室52の出口ポートは、希釈液貯留路24を介して、希釈液貯留槽40（パーミエイトタンク）と接続されている。

[0080] 希釈液貯留槽40の容積は、培養槽10の容積以上であることが好ましい。そうすることにより、後記急速希釈運転モードにおいて、培養槽10のガス資化性微生物9を任意の濃度まで希釈することができる。

[0081] 通常運転モードでは、培養液源12から一定流量の培養原液2Sが培養槽10に供給され、培養槽10の培養液2においてガス資化性微生物9が培養

されている（培養工程）。

また、培養槽 10 から一定流量の排出培養液 2 a が排出される（排出工程）。この排出培養液 2 a が、フィルターユニット 59 において希釈培養液 2 c と濃縮培養液 2 e とに分離される（分離工程）。フィルターユニット 59 のフィルター 51 は、例えばクロスフロー型の UF（ウルトラフィルトレーション）フィルムで構成されている。

第 2、第 3 実施形態（図 2、図 3）と同様の循環路 58 を設け、この循環路 58 にフィルターユニット 59 を配置してもよい。

[0082] フィルターユニット 59 からの希釈培養液 2 c（濾液）は、ガス資化性微生物 9 等のバイオマス濃度がほぼ 0 であることが好ましい。この希釈培養液 2 c が、希釈液貯留路 24 を経て、希釈液貯留槽 40 に貯留される（希釈液貯留工程）。希釈液貯留槽 40 内の希釈培養液 2 c の組成は、培養槽 10 の液成分の組成とほぼ一致している。

[0083] 非透過室 53 からの濃縮培養液 2 e の一部分は、濃縮液送出路 28 を経て、抽出用貯留槽 84 に貯留される。抽出用貯留槽 84 の濃縮培養液 2 e が、蒸留塔 80 へ送られて、エタノール抽出に供される。

[0084] 非透過室 53 からの濃縮培養液 2 e の残り（好ましくは大部分）は、濃縮液戻し路 44 を経て、培養液源 12 からの培養原液 2 S（フレッシュメディア）と共に培養槽 10 に戻される。したがって、トータルとして、培養槽 10 の培養液 2 中のガス資化性微生物 9 の排出速度が、培養液 2 の液成分の排出速度より遅くなり、培養液 2 が高バイオマス密度に保たれる。濃縮培養液 2 e の戻し流量と培養原液 2 S の供給流量との合計が、排出培養液 2 a の排出流量とバランスすることで、培養槽 10 内の培養液 2 の量が一定に維持される。

[0085] (2) 急速希釈（急速排出）運転モード

ここで、基質ガス源 3 A、3 B のうちの 1 基（例えば基質ガス源 3 A）が故障等のトラブルによって基質ガスの生産を停止したものとする。そうすると、基質ガスの供給流量が、通常運転モードの半分になる。逆に言うと、基

質ガス源 3 A, 3 B が 2 基 (複数) 有るために、1 基が停止しても、半分のガス供給は確保できる。

基質ガスの供給量が不足すると、培養槽 10 内のガス資化性微生物 9 が死滅したり、少ないガス量でも生存できるように代謝を変えたりする。代謝が変わると、エタノールなどの所望の成分が生産されず、酢酸などの副産物が多く生産される。その後、ガス供給量が回復しても、容易には元の代謝に戻らず、エタノール生産に大きなダメージを与える。

[0086] そこで、図 5 に示すように、急速希釈運転モードを実行する。急速希釈運転モードでは、急速排出路 27 (排出調節部) によって、培養槽 10 の排出ポート 10 e と抽出用貯留槽 84 とを直接連通させる。また、希釈液貯留槽 40 と培養槽 10 の供給ポート 10 p とを急速補充路 43 によって連通する。

[0087] そして、培養槽 10 からの排出培養液 2 a の排出量を一時的に増大させる。つまり、培養槽 10 から培養液 2 を急速排出する (急速排出工程)。これによって、培養槽 10 内のガス資化性微生物 9 の個体数を減少させる。好ましくは、基質ガスの供給流量の低下度合に応じて、ガス資化性微生物 9 の減少度合を決める。ここでは、基質ガスの供給流量が半減しているために、培養液 2 を半分程度排出し、培養槽 10 内のガス資化性微生物 9 を半減させる。これによって、ガス資化性微生物 9 の各個体あたりの基質ガスの摂取量を、通常運転モードでの値とほぼ同じに維持できる。この結果、ガス資化性微生物 9 の全個体が一様に衰弱して死滅するのを回避できる。

培養槽 10 から急速排出された排出培養液 2 a は、急速排出路 27 を経て、抽出用貯留槽 84 に送られる。

なお、急速排出路 27 は、フィルターユニット 59 の非透過室 53 を経由していてもよい。

[0088] また、排出培養液 2 a の急速排出 (排出量増大) と併行して、希釈液貯留槽 40 の希釈培養液 2 c を、急速補充路 43 を経て培養槽 10 に戻す (貯留希釈液急速補充工程)。したがって、培養原液 2 S の供給流量を増やす必要

はない。希釈培養液 2 c の急速補充によって、培養槽 10 中の培養液 2 のガス資化性微生物濃度を希釈できる。

希釈培養液 2 c は、培養液 2 の液成分とほぼ同一組成であるため、培養槽 10 に大量供給しても、培養液 2 の液組成が急変することがない。したがって、ガス資化性微生物 9 が液組成の急変によってダメージを受けるのを防止できる。希釈培養液 2 c のバイオマス濃度をほぼ 0 にしておくことによって、培養槽 10 にガス資化性微生物 9 の屍骸等が混入するのを防止できる。

なお、フィルターユニット 59 からの希釈培養液 2 c (濾液) 中のバイオマス濃度が 0 でなくても、希釈液貯留槽 40 での貯留期間中にバイオマスが沈殿されることで、希釈培養液 2 c の上澄み液と分離されるようにし、急速希釈運転モードでは前記上澄み液を培養槽 10 へ急速補充することにしてもよい。

また、排出培養液 2 a のエタノール濃度が薄くなるのを防止できるから、蒸留塔 80 での蒸留等の際の負荷が増大するのを防止でき、エタノールの抽出効率を良好に維持できる。さらに、透過室 52 からの希釈培養液 2 c を直接培養槽 10 に戻す場合 (第 2 実施形態 (図 2) 及び第 3 実施形態 (図 3) 参照) よりも、短時間で大量の希釈培養液 2 c を培養槽 10 に戻すことができる。また、フィルター 51 を小型化でき、建設費を抑えることができる。

ちなみに、透過室 52 からの希釈培養液 2 c を直接培養槽 10 に戻す場合は、排出培養液 2 a の大量排出時の急速性 (フィルター 51 の大量透過) を確保するために、フィルター 51 を大型化する必要があり、建設費が増加する。

[0089] 培養槽 10 から排出培養液 2 a を大量排出しても、希釈液貯留槽 40 の希釈培養液 2 c を培養槽 10 に戻すことで、培養槽 10 の貯液量を一定に保つことができる。したがって、攪拌機 16 (図 1 ~ 図 3 参照) が露出することはない。また、培養槽 10 が上下に長く延びるループリアクターによって構成されている場合でも、培養液 2 の不足による循環不能に陥るのを回避できる。

急速希釈運転モードすなわち排出培養液 2 a の急速排出操作及び希釈培養液 2 c の急速補充操作は、数分間～数十分間で終了することが好ましい。

[0090] (3) 低バイオマス運転モード

図 6 に示すように、急速希釈運転モードの終了後、基質ガス源 3 A のトラブルが解消されて、基質ガスの供給流量が所定値以上に回復するまでの間、低バイオマス運転モードを実行する。低バイオマス運転モードでは、透過室 5 2 と希釈液貯留槽 4 0 とを遮断し、かつ希釈液貯留槽 4 0 と培養槽 1 0 とを遮断する。これに代えて、透過室 5 2 の出口ポートと培養槽 1 0 の供給ポート 1 0 p とを希釈液戻し路 4 1 にて接続する。また、非透過室 5 3 の出口ポートと入口ポートとを循環路 5 8 によってループ接続する。したがって、急速希釈運転モードにおける有価物生成システム 1 D は、第 3 実施形態の有価物生成システム 1 C と実質的に同じ回路構成になる。

[0091] そして、フィルターユニット 5 9 における分離工程で得た希釈培養液 2 c を、希釈液貯留槽 4 0 へ送ることなく直接培養槽 1 0 に戻す。かつ、分離工程で得た濃縮培養液 2 e の一部を、循環路 5 8 によって非透過室 5 3 に戻すとともに、濃縮培養液 2 e の残りを抽出用貯留槽 8 4 ひいては後続装置 1 y へ送出する。したがって、トータルとして、培養液 2 中のガス資化性微生物 9 の排出速度が、培養液 2 の液成分の排出速度より早くなる。これによって、培養槽 1 0 内でガス資化性微生物 9 が増殖しても、その増殖した分のガス資化性微生物 9 を培養槽 1 0 から排出することで、培養槽 1 0 内を低バイオマス状態に維持できる。したがって、基質ガスの供給流量が少なくても、ガス資化性微生物 9 を安定的に培養でき、ガス資化性微生物 9 が死滅したり代謝が変わったりするのを防止できる。

[0092] (4) 状態回復運転モード

前記基質ガス源 3 A のトラブルが解消され、基質ガスの供給流量が所定値以上に回復可能になったときは、状態回復運転モードを実行する。

図 7 に示すように、状態回復運転モードでは、透過室 5 2 と希釈液貯留槽 4 0 とを希釈液貯留路 2 4 によって連通し、かつ非透過室 5 3 と抽出用貯留

槽 8 4 とを遮断する。非透過室 5 3 の出口ポートは、濃縮液戻し路 4 4 を介して培養槽 1 0 の液供給ポート 1 0 p とだけ連通させる。したがって、フィルターユニット 5 9 における分離工程で得た濃縮培養液 2 e の全量が、濃縮液戻し路 4 4 を経て培養槽 1 0 に戻される。培養液 2 b を培養槽 1 0 から排出した時点からその培養液 2 b を濃縮培養液 2 e にして培養槽 1 0 に戻すまでの時間は、ガス資化性微生物 9 が基質ガスの無い環境中で死なない時間に設定され、好ましくは 1 分以内であり、長くても 3 時間以内である。

また、希釈培養液 2 c の全量が希釈液貯留槽 4 0 に溜められる。

[0093] そして、培養槽 1 0 における培養液 2 の状態（所要成分の濃度）を監視しながら、培養槽 1 0 への基質ガスの供給流量を増やしていく。これによって、培養液 2 中のガス資化性微生物 9 が増殖することで、その濃度を急速に増大させることができる。

ガス資化性微生物 9 の濃度上昇に伴い、基質ガスの供給流量を上げていく。好ましくは、ガス資化性微生物 9 の濃度と基質ガスの供給流量とを比例させる。また、培養液 2 の液組成（例えば酢酸濃度）が一定になるように、培養液源 1 2 からの培養原液 2 S（フレッシュメディア）の投入量を調節する。そして、ガス資化性微生物 9 の濃度及び基質ガスの供給流量が所定の大きさになったとき、図 4 に示すように、非透過室 5 3 と抽出用貯留槽 8 4 とを連通させることで、通常運転モードに切り替える。

[0094] <第 5 実施形態>

図 8 は、本発明の第 5 実施形態を示したものである。

図 8 (a) に示すように、有価物生成システム 1 E の希釈液貯留槽 4 0 には、冷却器 4 6（液温調整部）が設けられている。図 8 (b) に示すように、同システム 1 E の急速希釈運転モードにおける急速補充路 4 3 と急速排出路 2 7 との間には、熱交換器 4 7 が設けられている。さらに、熱交換器 4 7 よりも培養槽 1 0 側の急速補充路 4 3 には、加熱器 4 9 が設けられている。

[0095] (1) 通常運転モード

図 8 (a) に示すように、有価物生成システム 1 E においては、希釈液貯

留槽 40 に溜めた希釈培養液 2c を、冷却器 46 によって冷却し、培養槽 10 の温度よりも低温にする。好ましくは、冷却器 46 の設定温度は、細菌等の生物が生存不能な温度、又は代謝や繁殖等の生命活動が不能化若しくは抑制可能な温度であり、かつ希釈培養液 2c が凍結しない温度とする。ここでは、例えば 0℃～20℃、好ましくは 4℃程度に設定されている。これによって、希釈培養液 2c 中で腐敗菌等が繁殖するのを抑制又は防止でき、臭気の発生を防止できる。

[0096] (2) 急速希釈運転モード

図 8 (b) に示すように、急速希釈運転モードでは、急速補充路 43 を通る希釈培養液 2c と、急速排出路 27 を通る排出培養液 2a とを熱交換器 47 において熱交換させる。熱交換によって、希釈培養液 2c を加温して、培養槽 10 の温度に近づけることができる。排出培養液 2a を加温源として利用することで、後記加熱器 49 の負荷を低減できる。

[0097] その後、希釈培養液 2c を加熱器 49 によって更に加温する。これによって、希釈培養液 2c の温度を培養槽 10 の培養液 2 の温度に十分に近づけることができ、好ましくは培養液 2 とほぼ同じ温度にすることができる。そのうえで、希釈培養液 2c を培養槽 10 に供給して、培養液 2 と混合する。これによって、希釈培養液 2c を多量に供給しても、培養液 2 の液温変化を十分に小さくできる。したがって、培養槽 10 内のガス資化性微生物 9 が液温変化によってダメージを受けるのを防止できる。

[0098] なお、希釈液貯留槽 40 の液温調整部として、冷却器 46 に代えて、加熱器を用いてもよい。この加熱器によって希釈液貯留槽 40 の希釈培養液 2c を培養槽 10 よりも高温に加熱してもよい。加熱の設定温度は、好ましくは 50℃～100℃である。50℃以上に設定することによって、細菌等の生物が生存不能にでき、又は代謝や繁殖等の生命活動を不能化若しくは抑制可能である。また、100℃未満に設定することによって、希釈培養液 2c が沸騰したり、希釈培養液 2c 中の成分が変性したりするのを防止できる。

希釈液貯留槽 40 に加熱器を設ける場合には、熱交換器 47 と培養槽 10

との間の急速補充路 4 3 には、加熱器 4 9 に代えて冷却器を設けることが好ましい。

[0099] <第 6 実施形態>

図 9 は、本発明の第 6 実施形態を示したものである。この実施形態は急速希釈運転モードの変形例である。

図 9 に示すように、有価物生成システム 1 F の急速希釈運転モードにおいては、急速補充路 4 3 から逆洗路 4 5 が分岐されている。逆洗路 4 5 は、フィルターユニット 5 9 を透過室 5 2、非透過室 5 3 の順に通り、再び急速補充路 4 3 と合流している。逆洗路 4 5 の分岐部と合流部との間の急速補充路 4 3 には、流量制御弁 4 8 が設けられている。

[0100] 急速希釈運転モードにおいて、希釈液貯留槽 4 0 からの希釈培養液 2 c の一部が、急速補充路 4 3 から逆洗路 4 5 に分流され、フィルターユニット 5 9 を逆流する。これによって、フィルター 5 1 を逆洗でき、フィルター 5 1 の詰まりを低減ないしは除去できる。逆洗後の希釈培養液 2 c は、急速補充路 4 3 を直進した希釈培養液 2 c と合流して、培養槽 1 0 へ導入される。希釈培養液 2 c の一部だけを逆洗に用いることで、希釈培養液 2 c の全体の流量を確保できる。流量制御弁 4 8 によって、逆洗用の流量を調整できる。

なお、希釈培養液 2 c の全部がフィルターユニット 5 9 を逆流するようにしてもよい。急速補充路 4 3 に流量制御弁 4 8 に代えて、開閉弁を設けてもよい。

[0101] <第 7 実施形態>

図 1 0 は、本発明の第 7 実施形態を示したものである。

有価物生成システム 1 G は、培養装置 1 x と、後続装置 1 y とを備えている。培養装置 1 x は、培養槽 1 0 と、バイオマス濃縮部 5 0 G (分離部) とを含む。後続装置 1 y は、蒸留塔 8 0 (抽出部) と、排液処理部 8 とを含む。

[0102] 培養槽 1 0 内に培養液 2 が溜められている。この培養液 2 中でガス資化性微生物 9 が培養されている。微生物 9 としては、例えば特許文献 1 (米国公

開公報US2013/0065282)の他、特開2014-050406号公報、特開2004-504058号公報等に開示された嫌気性細菌を用いることができる。この微生物9の発酵作用によって基質ガスからエタノール( $C_2H_5OH$ )等の有価物が合成される。この微生物9の発酵に使われる基質ガス成分(所定成分)は、主に一酸化炭素( $CO$ )及び水素( $H_2$ )である。有価物としては、エタノールの他、ブタノール、酢酸ないしはアセテート、その他の有機化合物が挙げられる。

[0103] 培養槽10内の培養液2は、攪拌機16によって攪拌されている。したがって、ガス資化性微生物9が培養液2の全域に均一に分散されている。

[0104] 培養槽10に培養液源12が接続されている。培養液源12には、培養液2の原液2Sが蓄えられている。つまり、ガス資化性微生物9が混入される前の培養液2が蓄えられている。培養原液2Sの大部分は水( $H_2O$ )であり、これにビタミンやリン酸等の栄養分が分散又は溶解されている。培養液源12から原液供給路14が伸び出ている。この原液供給路14が、培養槽10の液供給ポート10pに連なっている。

[0105] さらに、培養槽10には基質ガス源3が接続されている。基質ガス源3からガス供給路31が伸び出ている。このガス供給路31が、培養槽10の底部のガス供給ポート10qに連なっている。詳細な図示は省略するが、基質ガス源3は、産業廃棄物等を処理する廃棄物処理施設にて構成されている。言い換えると、この実施形態の培養装置1xひいては有価物生成システム1Gは、廃棄物処理システムに組み込まれている。基質ガス源3には溶融炉があり、この溶融炉において、廃棄物が高濃度酸素ガスによって燃焼されて低分子レベルまで分解される。最終的に、一酸化炭素( $CO$ )、水素( $H_2$ )、二酸化炭素( $CO_2$ )等を含む嫌気性の基質ガスが生成される。基質ガスの生成流量及び組成は、廃棄物の種類や量等に依存し、不安定である。

[0106] バイオマス濃縮部50Gは、フィルター51(分離膜)を含む分離器にて構成されている。フィルター51としては、例えば中空糸膜が用いられている。フィルター51によって透過室52と、非透過室53とが画成されてい

る。

[0107] 培養槽 10 とバイオマス濃縮部 50G とが、培養液排出路 22 及び希釈液戻し路 41 を介して接続されている。排出路 22 は、培養槽 10 の中間部又は底部の排出ポート 10e から延び出て、非透過室 53 の入口ポートに連なっている。排出路 22 には、送液ポンプ 23 が設けられている。希釈液戻し路 41 は、透過室 52 の出口ポートから延び出て、培養槽 10 の戻りポート 10r に連なっている。希釈液戻し路 41 には、液戻しポンプ 42 (図 11 参照) が設けられていてもよい。

[0108] さらに、非透過室 53 の出口ポートから濃縮液送出路 29 が後続装置 1y へ延びている。濃縮液送出路 29 が、蒸留塔 80 の中間部に連なっている。蒸留塔 80 の上端部から抽出液路 82 が延び出ている。蒸留塔 80 の底部から排出路 83 が延び出ている。排出路 83 は、排液処理部 8 に連なっている。詳細な図示は省略するが、排液処理部 8 は、排液の嫌気処理部及び好気処理部等を含む。

[0109] 上記の有価物生成システム 1G による培養方法ひいては有価物生成方法を説明する。

#### <培養工程>

培養槽 10 に培養液 2 を入れ、この培養液 2 においてガス資化性微生物 9 を培養する。攪拌機 16 によって培養液 2 を攪拌することで、ガス資化性微生物 9 を培養液 2 の全域に均一に分散させる。

#### [0110] <基質ガス供給工程>

また、基質ガス源 3 において廃棄物から生成した基質ガス (CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 等) を、ガス供給路 31 を経て培養槽 10 に導入し、培養槽 10 の培養液 2 中に基質ガスを溶け込ませる。上記の攪拌によって、基質ガスが培養液 2 中に溶解するのを促進できる。

なお、基質ガス源 3 からの基質ガスの供給流量は必ずしも一定していない。

#### [0111] <発酵工程>

これによって、培養液 2 中のガス資化性微生物 9 が、発酵を行ない、基質ガスからエタノール等の有価物を生成する。発酵によって  $\text{CO}_2$  等の気体成分も生成される。ガス供給路 3 1 から導入される  $\text{CO}_2$  や、発酵により生成された  $\text{CO}_2$  や、未使用の  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$  等の気体成分は、培養槽 1 0 の排気ポート 1 0 g から排出される。これら気体成分は、基質ガス源 3 に戻してもよく、燃焼させて蒸留などの熱源として利用してもよい。

[0112] <排出工程>

送液ポンプ 2 3 を駆動することで、培養槽 1 0 内の培養液 2 の一部 2 a (以下、適宜「排出培養液 2 a」と称す) を排出路 2 2 へ排出させる。この排出培養液 2 a を、排出路 2 2 を経てバイオマス濃縮部 5 0 G へ送る。培養液 2 a の排出は、連続的に行ってもよく、断続的ないしは間欠的に行ってもよい。定常的に行ってもよく、培養状況に応じて不定期に行ってもよい。基質ガス源 3 から培養槽 1 0 への基質ガスや該基質ガス中の所定成分 ( $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$  等) の供給流量を監視し、この供給流量が所定以下になったとき、培養液 2 a を排出させることにしてもよい。或いは、培養槽 1 0 におけるガス資化性微生物 9 の増殖分だけ、培養液 2 a を排出させてもよい。詳しくは、培養槽 1 0 内のガス資化性微生物 9 の濃度を監視し、この濃度が所定以上になったとき、培養液 2 a を排出させることにしてもよく、濃度に応じて排出培養液 2 a の流量を調節することにしてもよい (図 1 1 参照)。

[0113] <濃縮工程>

排出培養液 2 a は、排出路 2 2 を経て、バイオマス濃縮部 5 0 G の非透過室 5 3 へ導入される。非透過室 5 3 を通る培養液 2 a 中の液成分はフィルター 5 1 を透過して透過室 5 2 へ移ることができる。これに対し、培養液 2 a 中のガス資化性微生物 9 の生体や屍骸等からなるバイオマス、その他の固体成分は、フィルター 5 1 を透過するのが阻止される。したがって、培養液 2 a が、透過室 5 2 の希釈培養液 2 c (透過液) と、非透過室 5 3 の濃縮培養液 2 e (非透過液) とに分離される。希釈培養液 2 c は、排出培養液 2 a ひいては培養槽 1 0 の培養液 2 よりもバイオマス濃度ひいてはガス資化性微生物

物9の濃度が十分に低く、好ましくはバイオマスが殆ど含まれていない。なお、本システム1G（図10）における希釈培養液2cのバイオマス濃度は、システム1D～1F（図4～図9）における希釈培養液2cのバイオマス濃度よりも高くてもよい。濃縮培養液2eは、排出培養液2aひいては培養槽10の培養液2よりもバイオマス濃度ひいてはガス資化性微生物9の濃度が高い。すなわち、希釈培養液2cは、ガス資化性微生物9が希釈（除去を含む）され、濃縮培養液2eは、ガス資化性微生物9が濃縮されている。

[0114] <戻し工程>

希釈培養液2cは、希釈液戻し路41を経て培養槽10に戻される。

<補充工程>

排出培養液2aの排出流量 $U_0$ と希釈培養液2cの戻し流量 $U_2$ との差分だけ、培養液源12から培養原液2Sを培養槽10に補充する。この培養原液2Sの補充流量は、濃縮培養液2eの流量 $U_4 (= U_0 - U_2)$ と等量になる。これによって、培養槽10における培養液2の量を一定に維持できる。

[0115] ここで、希釈培養液2c中のバイオマス濃度は殆どゼロであるから、濃縮培養液2eにおけるバイオマス濃度は、培養液2, 2aにおけるバイオマス濃度の $U_0 / (U_0 - U_2)$ 倍となる。したがって、排出培養液2aの流量 $U_0$ と希釈培養液2cの流量 $U_2$ とを調節することにより、バイオマス濃縮部50Gでの濃縮率を制御できる。

[0116] <後続送出工程>

濃縮培養液2eは、濃縮液送出路29によって培養装置1xから送出され、後続工程へ供される。詳しくは、濃縮培養液2eは、濃縮液送出路29を経て蒸留塔80に導入される。

[0117] <抽出工程>

蒸留塔80において、濃縮培養液2eが蒸留されて、エタノール（有価物）が抽出される。希釈培養液2cの戻し流量 $U_2$ をできるだけ大きくし、かつ培養原液2Sの供給流量をできるだけ小さくすることで、培養液2中のエタノール濃度をできるだけ高くでき、ひいては蒸留塔80におけるエタノール抽

出効率を高めることができる。抽出したエタノールは、蒸留塔 80 の上端部から抽出液路 82 へ出され、精製工程等を経て種々の利用に供される。

[0118] <排液処理工程>

蒸留塔 80 の底部には抽出残液 2 d が溜まる。抽出残液 2 d は、ガス資化性微生物 9 の屍骸等のバイオマスを高濃度に含む。この抽出残液 2 d が、蒸留塔 80 の下端部から排出路 83 を経て排液処理部 8 へ送られる。排液処理部 8 においては抽出残液 2 d が嫌気処理や好気処理されることによって、バイオマスが分解される。或いは、バイオマスを凝集して、有価物抽出等のための燃料（熱源）として利用してもよい。

[0119] 有価物生成システム 1 G によれば、排出培養液 2 a に含まれるガス資化性微生物 9 を濃縮して培養装置 1 x から排出できる。逆に言うと、排出培養液 2 a 中の液成分の一部を、ガス資化性微生物 9 から分離して、希釈培養液 2 c として培養槽 10 に戻すことができる。したがって、培養液 2 の系外への排出流量を減らすことができ、培養液 2 の無駄を抑えることができる。また、培養原液 2 S の補充流量を減らすことで、コスト削減できるだけでなく、培養槽 10 内の環境（培養液 2 の組成等）をできるだけ一定に維持することができ、ガス資化性微生物 9 を安定的に培養することができる。

[0120] なお、培養槽 10 内の培養液 2 の液成分の組成は、培養原液 2 S の組成と必ずしも一致しておらず、ガス資化性微生物 9 の生命活動によって消費されたり生産されたりする成分がある。したがって、培養原液 2 S の供給量が多過ぎると、ガス資化性微生物 9 が環境の急変でショック死するおそれがある。

[0121] また、基質ガス源 3 における基質ガスの供給流量が低下したり、培養槽 10 内のガス資化性微生物 9 が過度に増殖して高濃度になったりしたときは、送液ポンプ 23 の出力を上げて、排出培養液 2 a の流量を増大させる。これによって、培養槽 10 におけるガス資化性微生物 9 の個体数を減らすことで、各個体あたりの基質ガスの摂取量を確保したり、各個体あたりの栄養分の摂取量を確保したりすることができる。よって、ガス資化性微生物 9 のほぼ

全個体が一様に衰弱して死滅するのを回避することができる。この結果、ガス資化性微生物 9 を一層安定的に培養できる。排出培養液 2 a の流量を増大させた場合でも、上述したように、当該排出培養液 2 a から分離した希釈培養液 2 c を培養槽 1 0 に戻すことで、培養液 2 の無駄を確実に抑えることができる。

[0122] <第 8 実施形態>

図 1 1 は、本発明の第 8 実施形態を示したものである。

有価物生成システム 1 H は、コントローラ 6 0 (分離比調節部) と、バイオマス濃度測定器 6 1 (微生物濃度測定器) とを更に備えている。また、希釈液戻し路 4 1 には、液戻しポンプ 4 2 が設けられている。

[0123] バイオマス濃度測定器 6 1 は、排出路 2 2 に設けられており、排出培養液 2 a 中のバイオマス濃度を測定する。ひいては、培養槽 1 0 における培養液 2 中のガス資化性微生物 9 の濃度が測定される。バイオマス濃度測定器 6 1 としては、例えば、培養液に光を照射してその吸収率等からバイオマス濃度を測定する光学式濃度測定器を用いることができる。これによって、バイオマス濃度をリアルタイムに測定できる。

なお、バイオマス濃度測定器 6 1 を培養槽 1 0 内に設け、培養槽 1 0 内のガス資化性微生物 9 の濃度を直接計測してもよい。

[0124] バイオマス濃度測定器 6 1 による測定濃度の情報はコントローラ 6 0 へ送られる。コントローラ 6 0 は、この測定濃度情報に基づいて、培養液 2 中のガス資化性微生物 9 の濃度が所定の値になるように、液戻しポンプ 4 2 の出力すなわち希釈培養液 2 c の流量を調節する。これによって、バイオマス濃縮部 5 0 G における希釈培養液 2 c と濃縮培養液 2 e の分離比が調節される。更に、コントローラ 6 0 は、送液ポンプ 2 3 の出力を調節することによって、排出培養液 2 a の流量を、希釈培養液 2 c の戻り流量及び培養原液 2 S の供給流量の合計流量とバランスさせる。これによって、培養槽 1 0 内の培養液 2 の量を所定に維持される。

[0125] 具体的には、測定したバイオマス濃度が所定の値を上回ったときは、液戻

しポンプ42の出力を上げる。これによって、バイオマス濃縮部50Gにおいてフィルター51を透過する液量が増え、ガス資化性微生物9を含まない希釈培養液2cの培養槽10への戻し流量が増大する。すると、培養槽10内の液量が増加するため、送液ポンプ23の出力を上げて、培養液2aの排出流量を増大させる。このため、培養槽10からのガス資化性微生物9の取り出し量が増える。したがって、培養槽10におけるガス資化性微生物9の濃度を低下させることができる。逆に、測定したバイオマス濃度が所定の値を下回ったときは、液戻しポンプ42の出力を下げる。これによって、バイオマス濃縮部50Gにおいてフィルター51を透過する液量が減り、希釈培養液2cの培養槽10への戻し流量が減少する。これに併せて、送液ポンプ23の出力を下げて、培養液2aの排出流量を減少させる。このため、培養槽10からのガス資化性微生物9の取り出し量が減る。したがって、培養槽10におけるガス資化性微生物9の濃度を上昇させることができる。この結果、培養槽10におけるガス資化性微生物9の濃度を一定に維持することができる。

[0126] また、有価物生成システム1G（図10）等と同様に、ガス供給路31から培養槽10への基質ガス（CO，H<sub>2</sub>）の供給流量が所定の値を下回ったときは、送液ポンプ23の出力を上げて、排出培養液2aの流量を増大させることで、培養槽10におけるガス資化性微生物9の個体数を減らす。これによって、ガス資化性微生物9の死滅を回避し、ガス資化性微生物9を安定的に培養できる。

[0127] 本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の改変をなすことができる。

例えば、第1実施形態（図1）等の排出量調節工程において、基質ガス中の所定成分の供給流量に基づくのに代えて、基質ガス全体の供給流量に基づいて培養液2aの排出量調節を行なうことにしてもよい。すなわち、基質ガス全体の供給流量が所定値を上回っているときは上記平常運転を行い、基質ガスの供給流量が所定値以下になったとき、培養液2aの排出量を増やして

もよい。この場合、ガス供給路 31 には流量計 32 があればよく、ガスセンサ 33 は省略してもよい。或いは、基質ガス又は所定成分の供給状態として、基質ガスの温度や圧力、所定成分の分圧等に基づいて、培養液 2 a の排出量調節を行なうことにしてもよい。

第 1 実施形態（図 1）等において抽出用貯留槽 84 を省略してもよい。排出路 22 が、貯留槽 84 を介さずに蒸留塔 80 に連なってもよい。さらに、排出路 22 が、貯留槽 84 及び蒸留塔 80 を介さずに排液処理部 8 に連なってもよい。第 2 実施形態（図 2）において、排出路 22 が、貯留槽 84 を介さずにバイオマス濃縮部 50 の非透過室 53 の入口ポートに連なり、非透過室 53 の出口ポートが、貯留槽 84 を介さずに蒸留塔 80 に連なってもよい。

送出路 81, 29 上に、フィルターや遠心分離装置などの固液分離装置を配置し、固体成分が蒸留塔 80 に投入されることを防いでよい。これにより、蒸留塔 80 のメンテナンス頻度を下げることができる。

[0128] 第 7 実施形態（図 10）等において、平常運転時は、特許文献 1 等と同様に、微生物 9 の濃縮・分離後の濃縮培養液 2 e を培養槽 10 に戻し、希釈培養液 2 c を後続装置 1 y の蒸留塔 80 へ送って有価物の抽出を行うことにしてもよい。そして、基質ガスの供給流量が低下したり、培養槽 10 内のガス資化性微生物 9 が過度に増殖したりしたような生息環境の悪化時に、システム 1 G, 1 H の通りに、微生物 9 の濃縮・分離後の希釈培養液 2 c を培養槽 10 へ戻し、濃縮培養液 2 e を後続装置 1 y へ送ることにしてもよい。

後続装置 1 y の蒸留塔 80 又は排液処理部 8 を省略してもよい。

希釈培養液 2 c（微生物希釈/除外液）は、濃縮培養液 2 e よりも微生物濃度が低ければよく、希釈培養液 2 c に、非透過液 2 よりも低濃度の微生物が含まれていてもよい。

複数の実施形態を互いに組み合わせてもよい。例えば、第 1～第 7 実施形態（図 1～図 10）において、第 8 実施形態（図 11）と同様に、コントローラ 60 及びバイオマス濃度測定器 61 を付加してもよい。

## 産業上の利用可能性

[0129] 本発明は、例えば産業廃棄物の焼却処理で生じる一酸化炭素からエタノールを合成するエタノール生成システムに適用できる。

## 符号の説明

- [0130] 1 x 培養装置  
1 y 後続装置  
2 培養液  
2 a 排出培養液  
3 1 ガス供給路  
8 排液処理部  
9 ガス資化性微生物  
1 0 培養槽  
2 1 排出調節部  
2 c 希釈培養液  
2 e 濃縮培養液  
2 8, 2 9 濃縮液送出路  
4 0 希釈液貯留槽  
4 1 希釈液戻し路  
4 3 急速補充路  
4 5 逆洗路  
4 6 冷却器（液温調整部）  
4 7 熱交換器  
5 0, 5 0 G 分離部  
5 1 フィルター（分離膜）  
5 2 透過室  
5 3 非透過室  
5 4 濃縮用貯留槽  
5 8 循環路

- 59 フィルターユニット
- 60 コントローラ（分離比調節部）
- 61 バイオマス濃度測定（微生物濃度測定器）
- 80 蒸留塔（抽出部）
- 84 抽出用貯留槽

## 請求の範囲

- [請求項1] 発酵によって基質ガスから有価物を生成するガス資化性微生物を培養する培養方法であって、
- 培養槽の培養液で前記ガス資化性微生物を培養する工程と、
- 前記基質ガスを前記培養槽に供給する工程と、
- 前記ガス資化性微生物を含む前記培養液の一部を排出培養液として前記培養槽から排出する量を調節する工程と、
- を備え、前記排出量調節工程において前記基質ガス又は前記所定成分の前記培養槽への供給流量が所定値以下になるとき事前に、又は前記所定値以下になったときは、前記培養液を前記培養槽から急速排出することを特徴とする培養方法。
- [請求項2] 前記急速排出した量に応じて培養液を前記培養槽に補充することを特徴とする請求項1に記載の培養方法。
- [請求項3] 前記排出培養液を、前記ガス資化性微生物が濃縮された濃縮培養液と、前記ガス資化性微生物が希釈された希釈培養液とに分離する工程と、
- 前記希釈培養液を前記培養槽へ戻す工程と、
- 前記濃縮培養液を、前記有価物の抽出部若しくは抽出用貯留槽、又は排液処理部を含む後続装置へ送出する工程と、
- を更に含むことを特徴とする請求項1又は2に記載の培養方法。
- [請求項4] 前記分離工程では、前記排出培養液を、フィルター及び濃縮用貯留槽のうち少なくともフィルターが設けられた循環路に沿って循環させることを特徴とする請求項3に記載の培養方法。
- [請求項5] 前記培養槽の培養液又は前記排出培養液における前記ガス資化性微生物の濃度を監視する工程と、
- 前記濃度が所定になるように前記濃縮培養液と前記希釈培養液との分離比を調節する工程と、
- を更に含むことを特徴とする請求項3又は4に記載の培養方法。

- [請求項6] 前記排出培養液を、前記ガス資化性微生物が濃縮された濃縮培養液と、前記ガス資化性微生物が希釈された希釈培養液とに分離する工程と、
- 前記希釈培養液を貯留する工程と、
- 前記急速排出と同時又は相前後して、前記貯留した希釈培養液を前記培養槽に戻す工程と、
- を更に含むことを特徴とする請求項1又は2に記載の培養方法。
- [請求項7] 前記急速排出の後、前記供給流量が前記所定値以上に回復するまでの間、前記分離工程で得た前記希釈培養液を前記培養槽に戻し、かつ前記分離工程で得た前記濃縮培養液を、前記有価物の抽出部若しくは抽出用貯留槽、又は排液処理部を含む後続装置へ送出することを特徴とする請求項6に記載の培養方法。
- [請求項8] 前記供給流量が前記所定値以上に回復可能になったとき、前記分離工程で得た前記濃縮培養液を前記培養槽に戻すことを特徴とする請求項6又は7に記載の培養方法。
- [請求項9] 貯留中の前記希釈培養液を、前記培養槽の温度よりも高温又は低温にする工程を、更に含むことを特徴とする請求項6～8の何れか1項に記載の培養方法。
- [請求項10] 前記培養槽へ戻す際の前記希釈培養液を、前記急速排出された培養液と熱交換させる工程を、更に含むことを特徴とする請求項9に記載の培養方法。
- [請求項11] 前記培養槽へ戻す際の前記希釈培養液の少なくとも一部によって、前記分離工程用のフィルターを逆洗する工程を、更に含むことを特徴とする請求項6～10の何れか1項に記載の培養方法。
- [請求項12] 発酵によって基質ガスから有価物を生成するガス資化性微生物を培養する培養装置であって、
- 培養液が入れられ、かつ前記ガス資化性微生物を前記培養液中で培養する培養槽と、

前記培養槽に接続され、前記基質ガスを前記培養槽の培養液内に供給するガス供給路と、

前記培養槽内の前記ガス資化性微生物を含む前記培養液の一部を排出培養液として排出する量を調節する排出調節部と、

を備え、前記基質ガス又はその所定成分の前記培養槽への供給流量が所定値以下になるとき事前に、又は前記所定値以下になったときに、前記排出調節部によって、前記培養液を前記培養槽から急速排出されることを特徴とする培養装置。

[請求項13] 前記急速排出した量に応じて培養液を前記培養槽に補充する急速補充路を備えたことを特徴とする請求項12に記載の培養装置。

[請求項14] 前記排出培養液を、前記ガス資化性微生物が濃縮された濃縮培養液と、前記ガス資化性微生物が希釈された希釈培養液とに分離する分離部と、

前記希釈培養液を前記培養槽へ戻す希釈液戻し路と、

前記濃縮培養液を、前記有価物の抽出部若しくは抽出用貯留槽、又は排液処理部を含む後続装置へ送出する濃縮液送出路と

を備えたことを特徴とする請求項12又は13に記載の培養装置。

[請求項15] 前記分離部が、前記濃縮培養液を循環させる循環路と、前記循環路に設けられたフィルターとを含むことを特徴とする請求項14に記載の培養装置。

[請求項16] 前記循環路に濃縮用貯留槽が設けられていることを特徴とする請求項15に記載の培養装置。

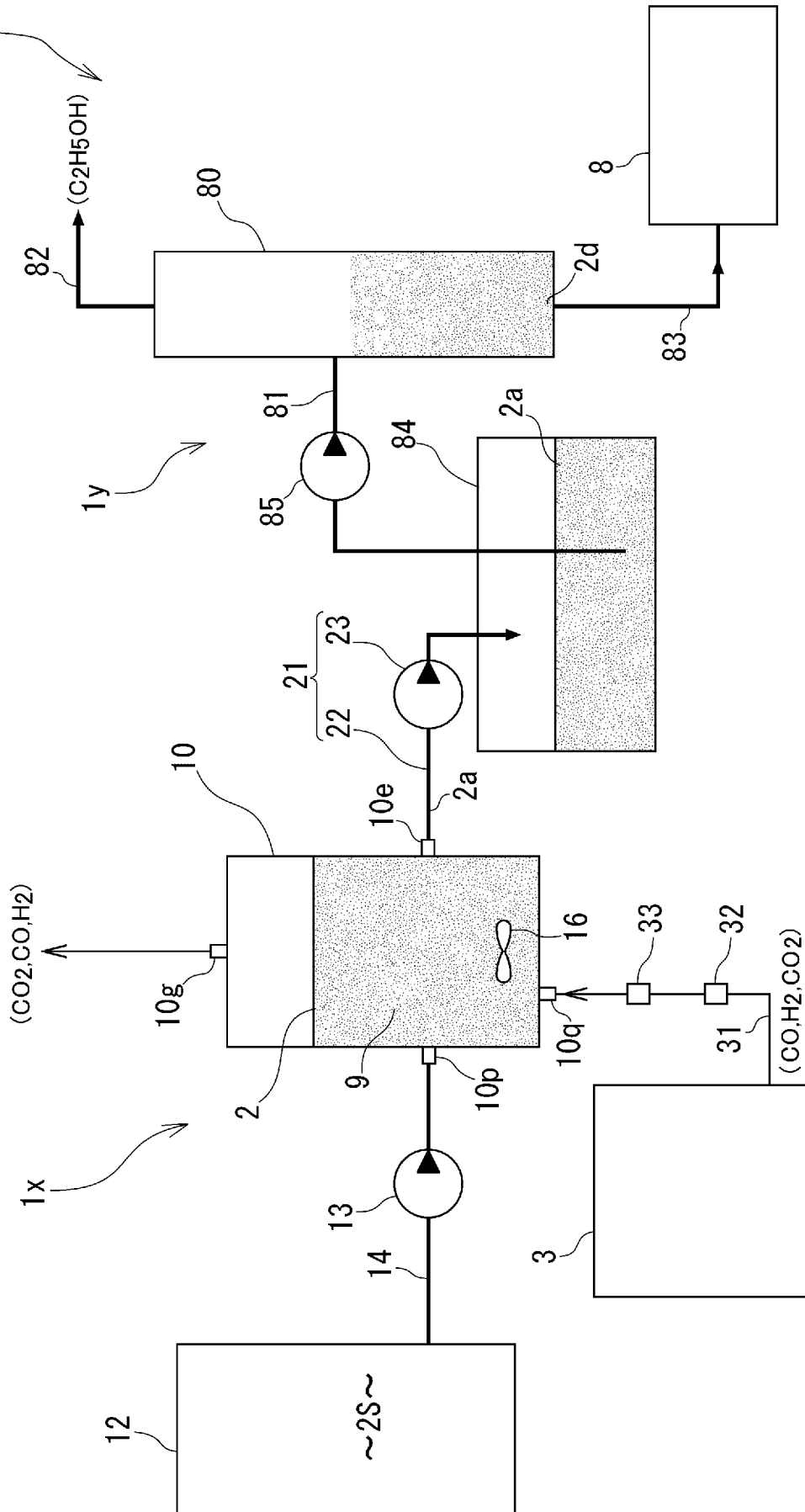
[請求項17] 前記培養槽の培養液における前記ガス資化性微生物の濃度を測定する微生物濃度測定器と、

前記濃度が所定になるように前記分離部における前記濃縮培養液と前記希釈培養液との分離比を調節する分離比調節部と

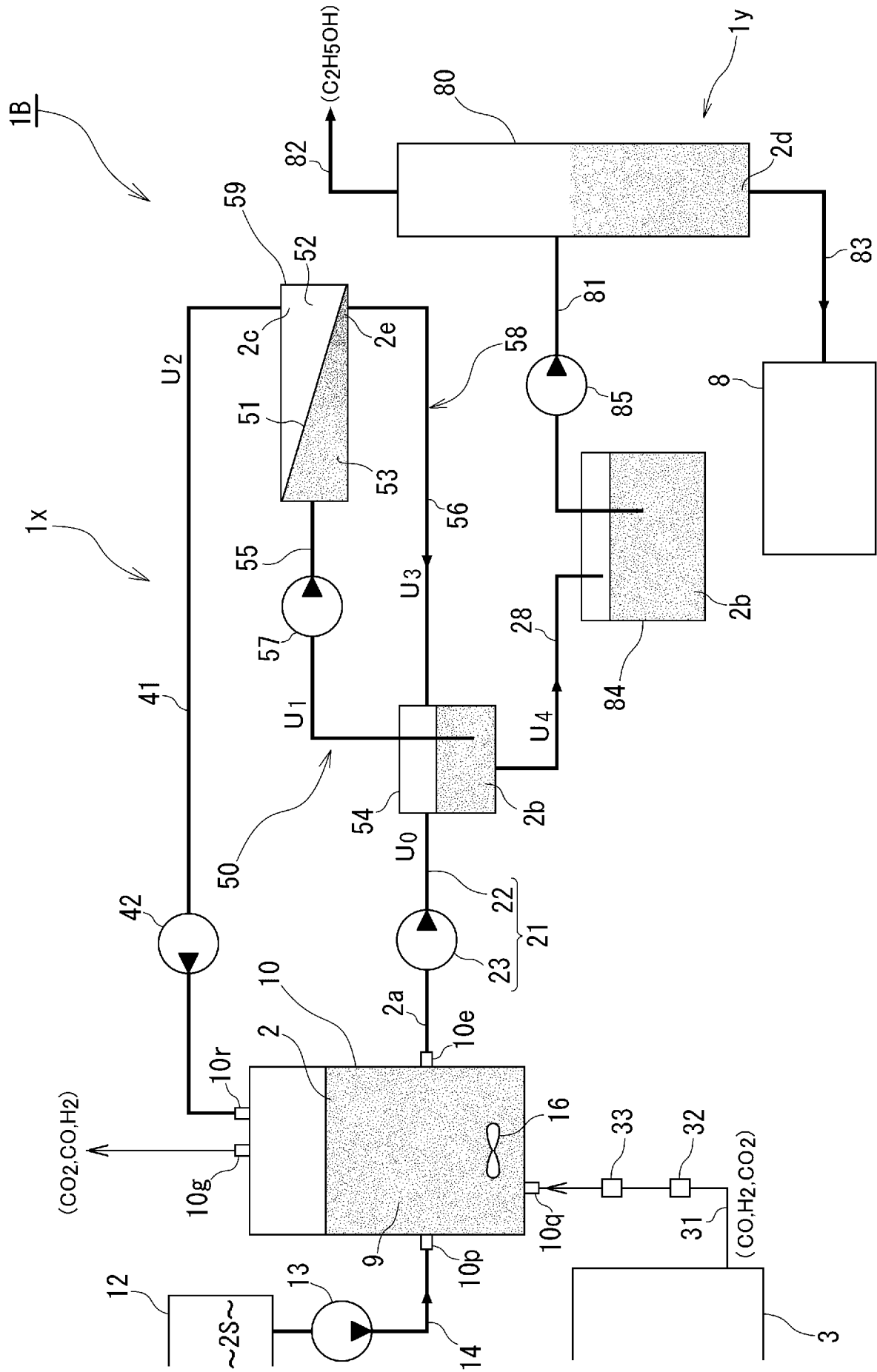
を更に備えたことを特徴とする請求項14～16の何れか1項に記載の培養装置。

- [請求項18] 前記排出培養液を、前記ガス資化性微生物が濃縮された濃縮培養液と、前記ガス資化性微生物が希釈された希釈培養液とに分離する分離部と、
- 前記希釈培養液を貯留する希釈液貯留槽と、を更に備え、
- 前記急速補充路が、前記希釈液貯留槽から前記培養槽へ延びていることを特徴とする請求項13に記載の培養装置。
- [請求項19] 前記希釈液貯留槽には、前記希釈培養液を前記培養槽の温度よりも高温又は低温にする液温調整部が設けられていることを特徴とする請求項18に記載の培養装置。
- [請求項20] 前記急速補充路の前記希釈培養液と前記急速排出された培養液とを熱交換させる熱交換器を、更に備えたことを特徴とする請求項19に記載の培養装置。

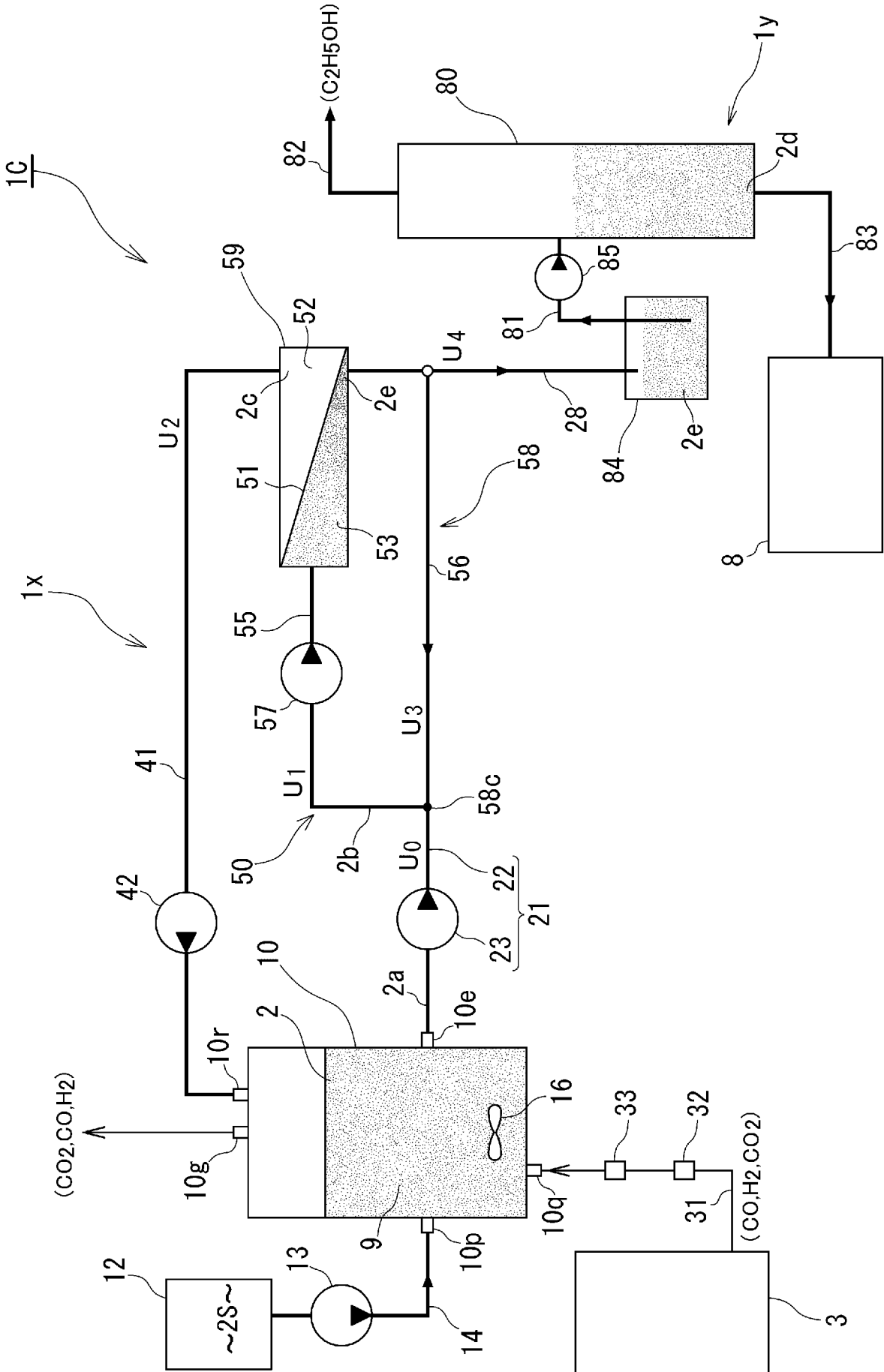
[図1]



[図2]

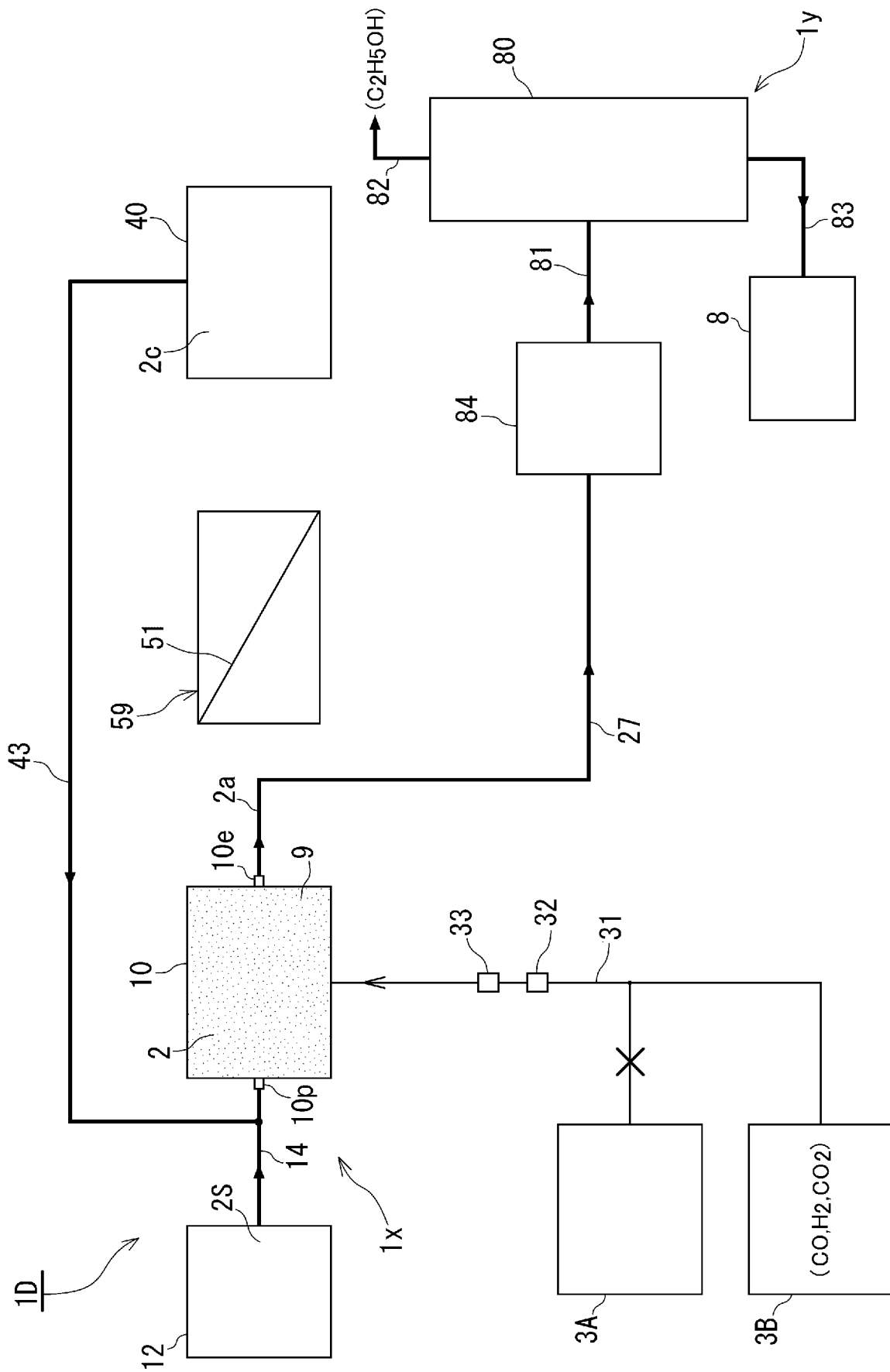


[図3]

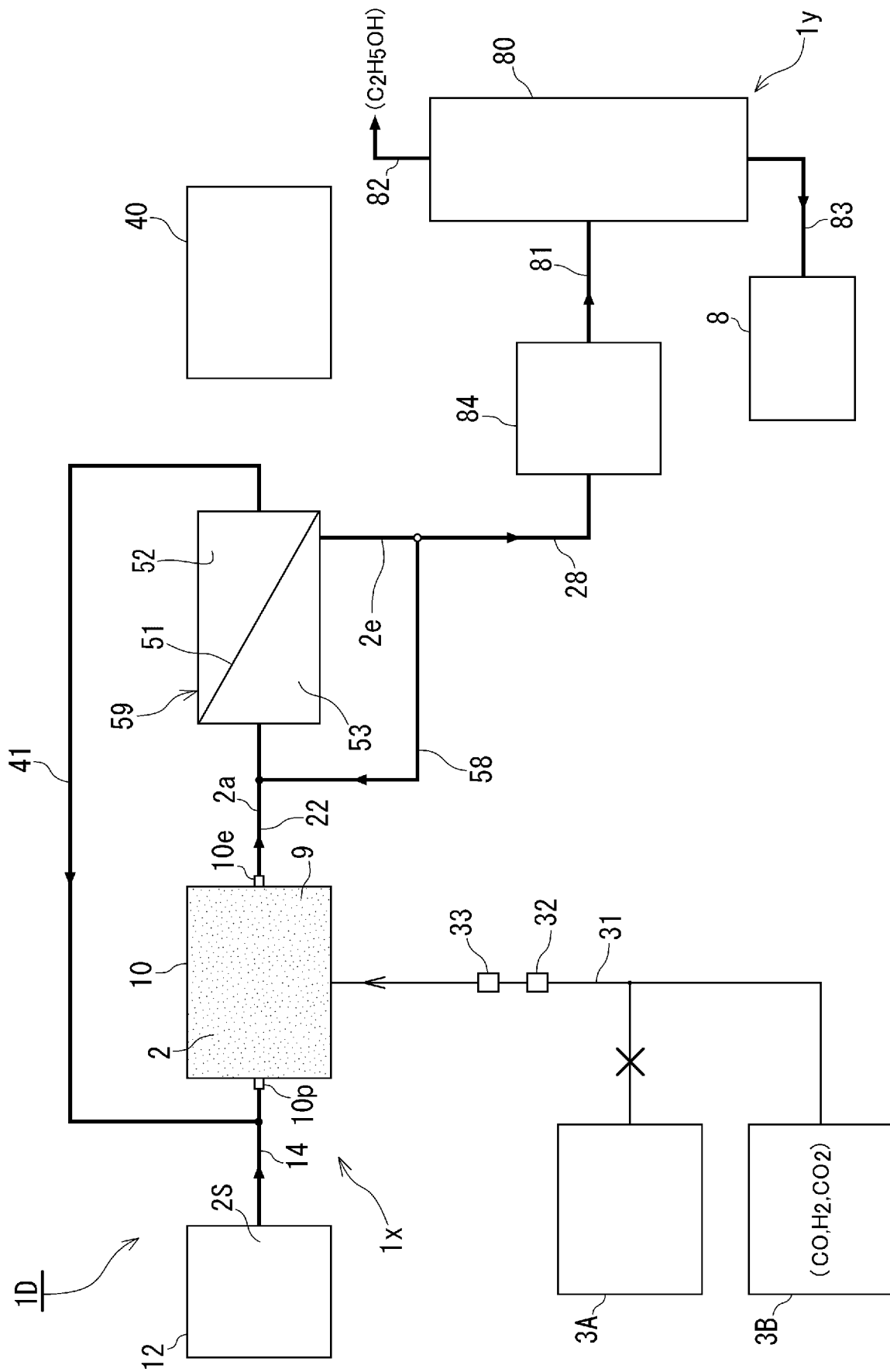




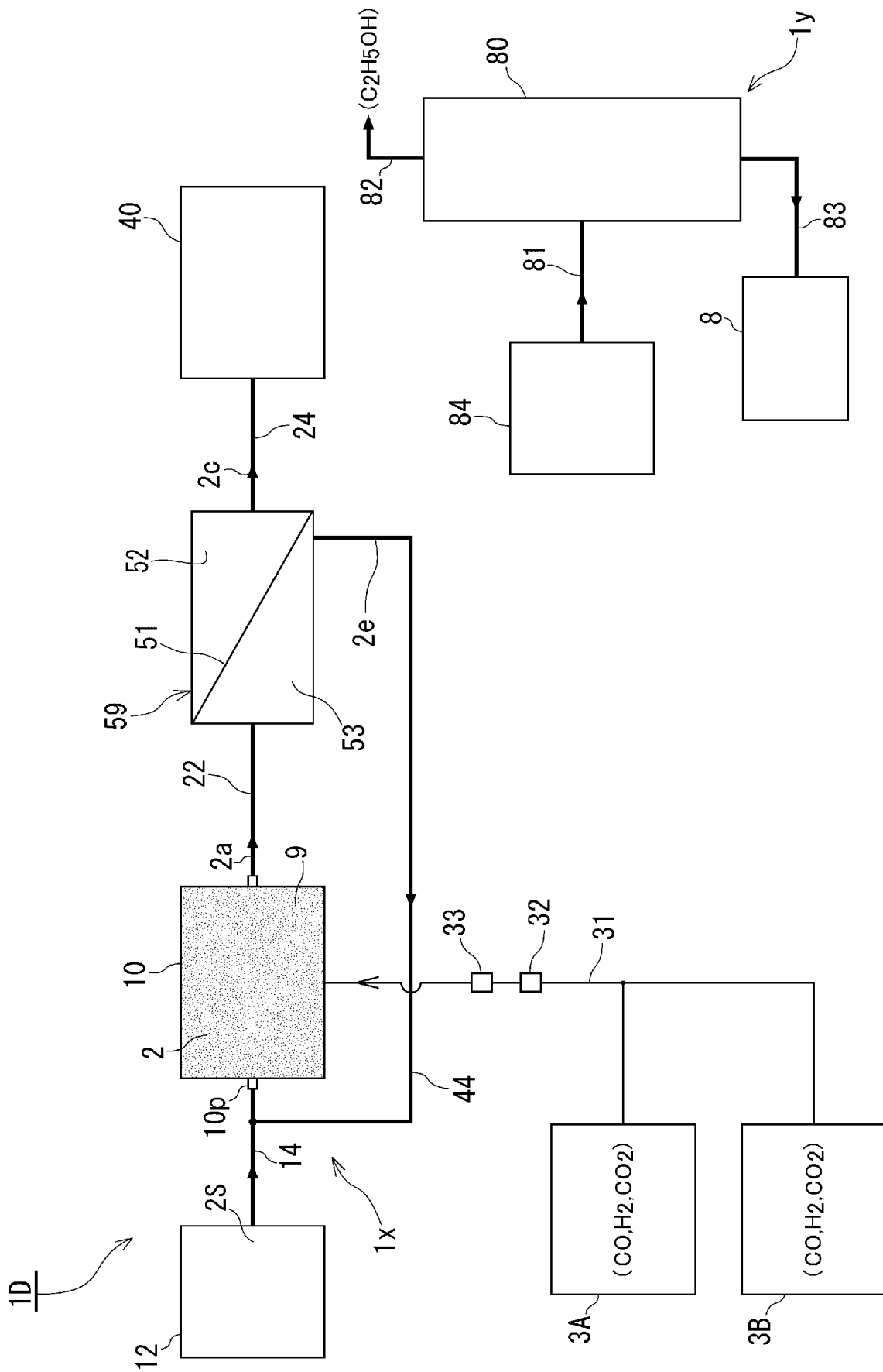
[図5]



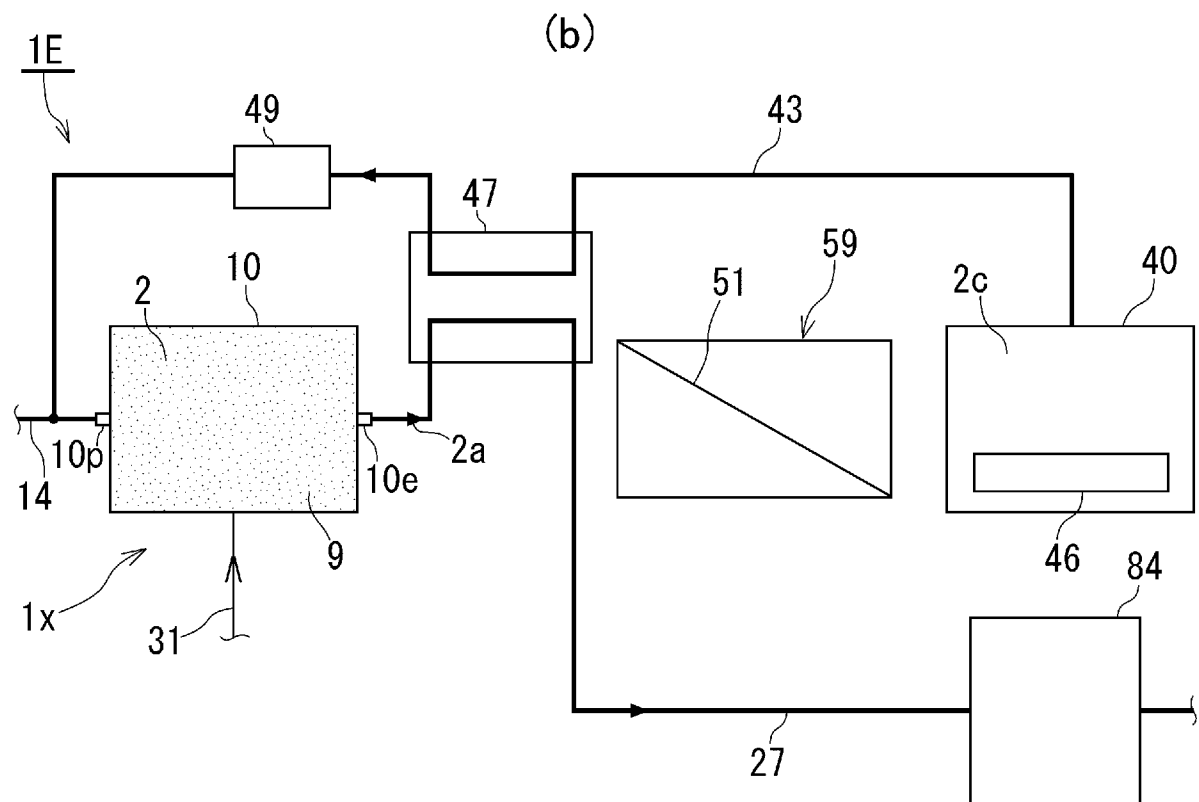
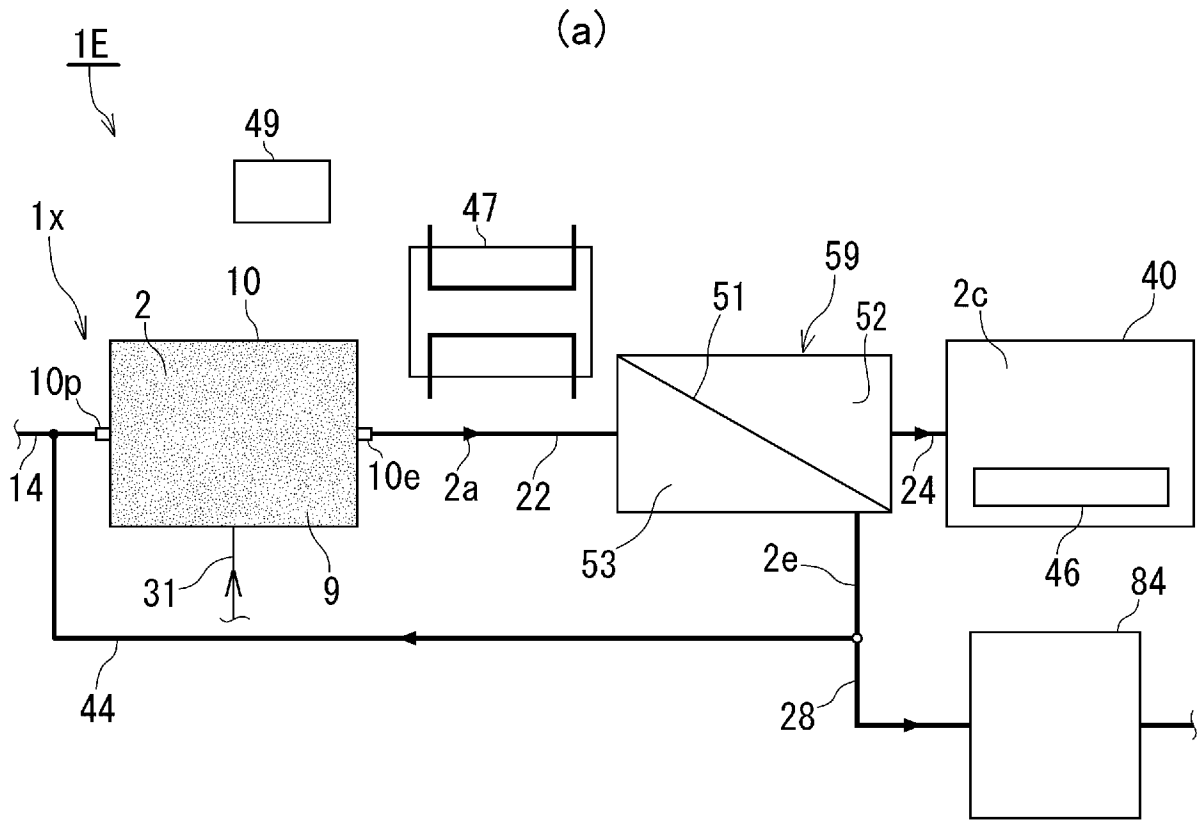
[図6]



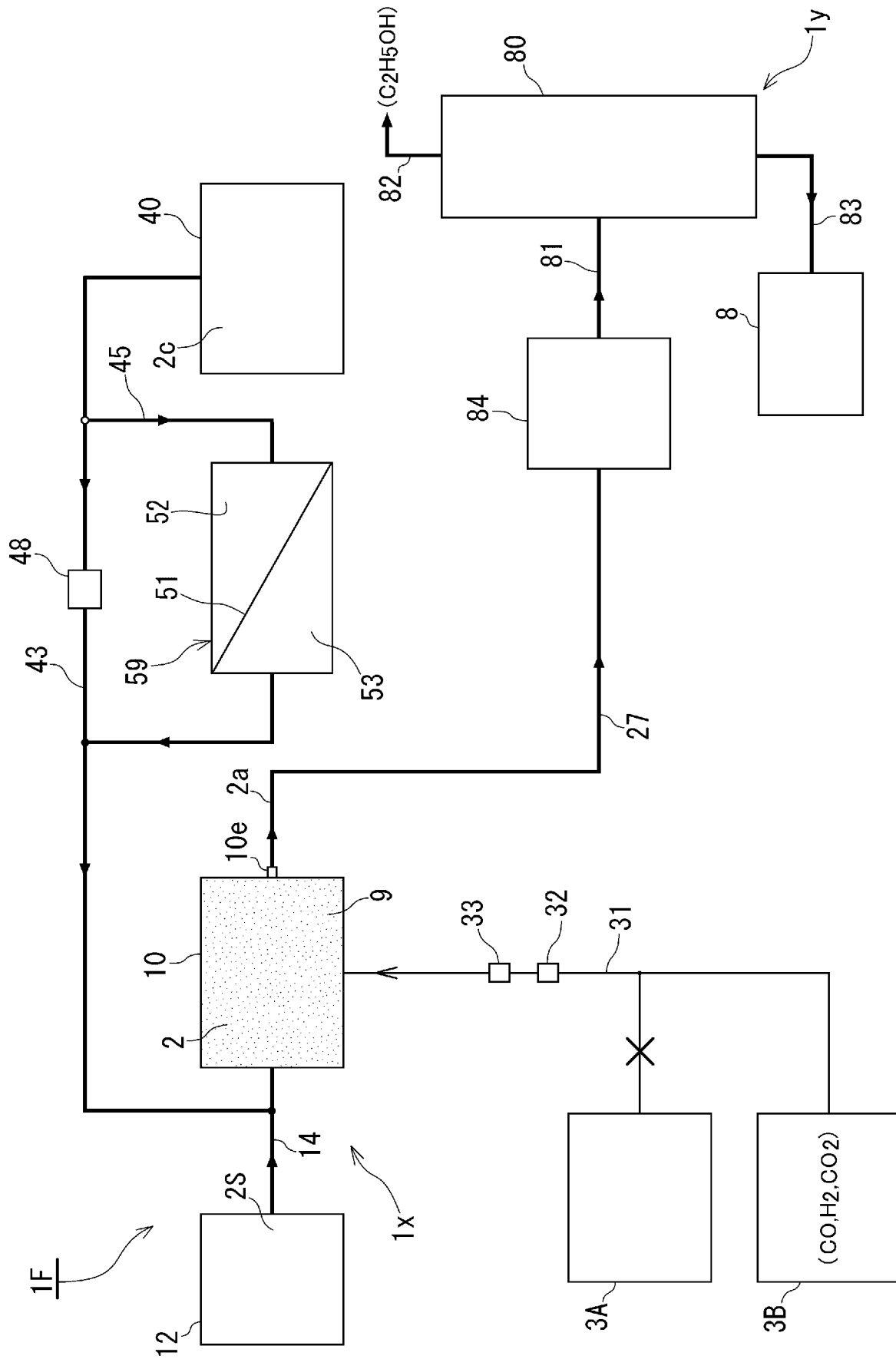
[図7]



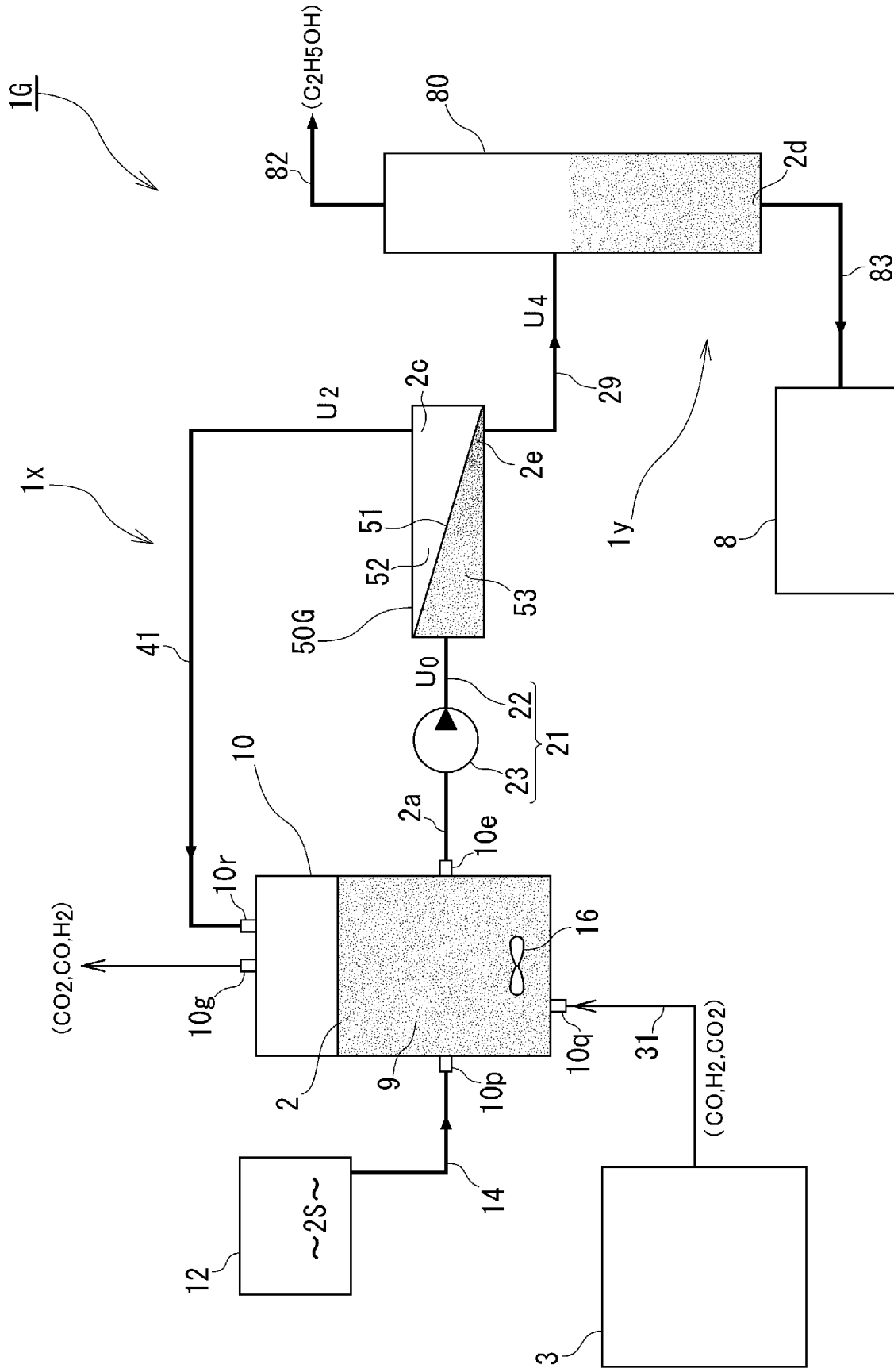
[図8]



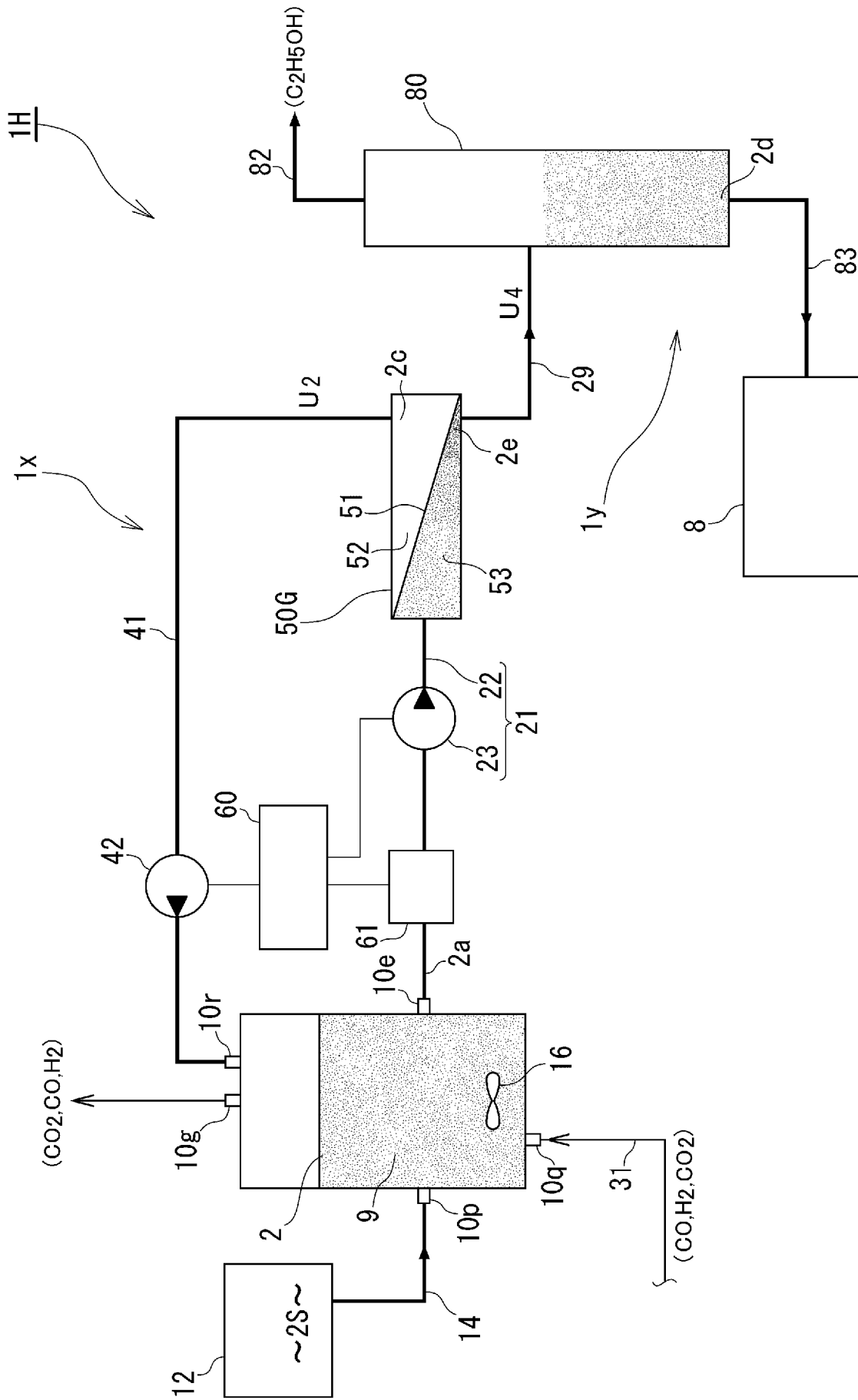
[図9]



[図10]



[図11]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/076043

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>C12N1/00(2006.01) i, C12M1/00(2006.01) i, C12M1/06(2006.01) i, C12N1/20(2006.01) i</i>  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) <i>C12N1/00, C12M1/00, C12M1/06, C12N1/20</i>  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <i>Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2015</i> <i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015</i>  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) <i>JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII), WPIDS/BIOSIS(STN)</i>		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<i>JP 2011-512870 A (Ineos USA L.L.C.),</i> <i>28 April 2011 (28.04.2011),</i> <i>entire text; particularly, paragraph [0032]</i> <i>&amp; US 2010/0227377 A1 &amp; WO 2009/114127 A1</i> <i>entire text; particularly, page 22</i> <i>&amp; EP 2268824 A1 &amp; KR 10-2011-0002029 A</i> <i>&amp; CN 102131936 A</i>	1-20
A	<i>JP 2014-50406 A (Lanzatech New Zealand Ltd.),</i> <i>20 March 2014 (20.03.2014),</i> <i>entire text</i> <i>&amp; US 2012/0052541 A1 &amp; WO 2010/126382 A1</i> <i>entire text</i> <i>&amp; EP 2425003 A1 &amp; KR 10-2012-0028894 A</i> <i>&amp; CN 102803497 A</i>	1-20
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "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) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "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 "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 "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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 10 December 2015 (10.12.15)		Date of mailing of the international search report 22 December 2015 (22.12.15)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2015/076043

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

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2013/0065282 A1 (Lanzatech New Zealand Ltd.), 14 March 2013 (14.03.2013), entire text & WO 2013/036147 A2 & EP 2753700 A2 & CN 103781912 A & KR 10-2014-0063773 A	1-20
A	JP 2007-82437 A (Ebara Corp.), 05 April 2007 (05.04.2007), entire text (Family: none)	1-20
A	JP 2007-82438 A (Ebara Corp.), 05 April 2007 (05.04.2007), entire text (Family: none)	1-20

<p>A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))                  Int.Cl. C12N1/00(2006.01)i, C12M1/00(2006.01)i, C12M1/06(2006.01)i, C12N1/20(2006.01)i</p>												
<p>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. C12N1/00, C12M1/00, C12M1/06, C12N1/20</p>												
<p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2015年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2015年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2015年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2015年	日本国実用新案登録公報	1996-2015年	日本国登録実用新案公報	1994-2015年		
日本国実用新案公報	1922-1996年											
日本国公開実用新案公報	1971-2015年											
日本国実用新案登録公報	1996-2015年											
日本国登録実用新案公報	1994-2015年											
<p>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)                  JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII), WPIDS/BIOSIS (STN)</p>												
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>JP 2011-512870 A (イネオス ユーエスエイ リミテッド ライア ビリティ カンパニー) 2011.04.28, 全文、特に【0032】 &amp; US 2010/0227377 A1 &amp; WO 2009/114127 A1, 全文、特に p. 22 &amp; EP 2268824 A1 &amp; KR 10-2011-0002029 A &amp; CN 102131936 A</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2014-50406 A (ランザテク・ニュージーランド・リミテッド) 2014.03.20, 全文 &amp; US 2012/0052541 A1 &amp; WO 2010/126382 A1, 全 文 &amp; EP 2425003 A1 &amp; KR 10-2012-0028894 A &amp; CN 102803497 A</td> <td>1-20</td> </tr> </tbody> </table>			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 2011-512870 A (イネオス ユーエスエイ リミテッド ライア ビリティ カンパニー) 2011.04.28, 全文、特に【0032】 & US 2010/0227377 A1 & WO 2009/114127 A1, 全文、特に p. 22 & EP 2268824 A1 & KR 10-2011-0002029 A & CN 102131936 A	1-20	A	JP 2014-50406 A (ランザテク・ニュージーランド・リミテッド) 2014.03.20, 全文 & US 2012/0052541 A1 & WO 2010/126382 A1, 全 文 & EP 2425003 A1 & KR 10-2012-0028894 A & CN 102803497 A	1-20	
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 2011-512870 A (イネオス ユーエスエイ リミテッド ライア ビリティ カンパニー) 2011.04.28, 全文、特に【0032】 & US 2010/0227377 A1 & WO 2009/114127 A1, 全文、特に p. 22 & EP 2268824 A1 & KR 10-2011-0002029 A & CN 102131936 A	1-20										
A	JP 2014-50406 A (ランザテク・ニュージーランド・リミテッド) 2014.03.20, 全文 & US 2012/0052541 A1 & WO 2010/126382 A1, 全 文 & EP 2425003 A1 & KR 10-2012-0028894 A & CN 102803497 A	1-20										
<p><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。</p>												
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <table border="0"> <tr> <td>「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</td> <td>「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</td> </tr> <tr> <td>「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</td> <td>「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</td> </tr> <tr> <td>「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)</td> <td>「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</td> </tr> <tr> <td>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td>「&amp;」 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</td> <td></td> </tr> </table>			「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	「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	「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	「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	「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)	「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	「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献	「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	
「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	「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											
「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	「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											
「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)	「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											
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献											
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願												
<p>国際調査を完了した日                  10.12.2015</p>	<p>国際調査報告の発送日                  22.12.2015</p>											
<p>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</p>	<p>特許庁審査官 (権限のある職員)                  山本 匡子                  電話番号 03-3581-1101 内線 3448</p>	<p>4B 3038</p>										

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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	US 2013/0065282 A1 (LANZATECH NEW ZEALAND LIMITED) 2013. 03. 14, 全文 & WO 2013/036147 A2 & EP 2753700 A2 & CN 103781912 A & KR 10-2014-0063773 A	1-20
A	JP 2007-82437 A (株式会社荏原製作所) 2007. 04. 05, 全文 (ファミ リーなし)	1-20
A	JP 2007-82438 A (株式会社荏原製作所) 2007. 04. 05, 全文 (ファミ リーなし)	1-20