

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-106954  
(P2019-106954A)

(43) 公開日 令和1年7月4日(2019.7.4)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
C 1 2 P 7/06 (2006.01)		C 1 2 P 7/06		4 B 0 5 0
C 1 2 P 19/14 (2006.01)		C 1 2 P 19/14	A	4 B 0 6 4
C 1 2 N 9/24 (2006.01)		C 1 2 N 9/24		

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2017-242955 (P2017-242955)	(71) 出願人	000000974 川崎重工業株式会社 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号
(22) 出願日	平成29年12月19日 (2017.12.19)	(74) 代理人	110000556 特許業務法人 有古特許事務所
		(72) 発明者	西野 毅 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社 神戸工場内
		(72) 発明者	和泉 憲明 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社 神戸工場内
		(72) 発明者	田尻 浩範 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社 神戸工場内 最終頁に続く

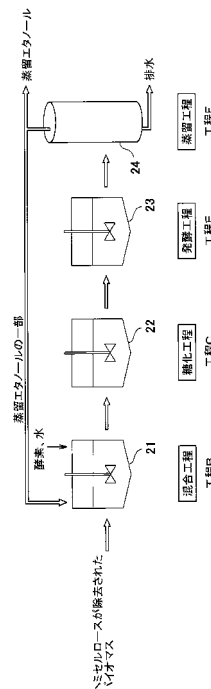
(54) 【発明の名称】 セルロース系バイオマス为原料とする酵素法によるバイオエタノール製造方法

(57) 【要約】

【課題】 バイオマスに含有されるセルロースを酵素加水分解して可溶化する際に、特別な設備を必要とせず、発酵工程で得られる発酵液のエタノール濃度を高め、蒸留負荷を軽減し得る、リグノセルロース系バイオマスを原料とするバイオエタノール製造方法を提供すること。

【解決手段】 ヘミセルロースが除去されたセルロース系バイオマスの固形残渣を、反応容器内でセルロース加水分解酵素を含有する水溶液と混合する際、エタノールが3質量%以上6質量%以下となるように調整する。セルロースを加水分解する間、雑菌の繁殖が抑制され、糖化液をエタノール発酵させるときのエタノール濃度も高くなるため、蒸留負荷が軽減される。加水分解時に添加されたエタノールは、アルコール発酵液を蒸留する際に回収され、再利用され得る。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

セルロース系バイオマスを原料とするバイオエタノール製造方法であって、  
セルロース系バイオマスに含有されるヘミセルロースを熱水処理又はヘミセルロース加水分解酵素によって分解する工程 A と、  
ヘミセルロースが除去された固形残渣を、反応容器内でセルロース加水分解酵素を含有する水溶液と混合した後、前記反応容器内に設けられた攪拌装置によって攪拌し、ヘミセルロースが除去された固形残渣を可溶化する工程 B と、  
前記反応容器内のセルロース加水分解反応が終了するまで、前記攪拌装置によって攪拌しながら加水分解反応を継続する工程 C と、  
前記反応容器から加水分解反応後のスラリーを取り出す工程 D と、  
前記工程 D で得られたスラリーをアルコール発酵させる工程 E と、  
アルコール発酵後の発酵液を蒸留してエタノールを回収する工程 F とを有し、  
前記工程 B においては、前記反応容器内の水溶液に対して3質量%以上6質量%以下の範囲でエタノールを添加することを特徴とするバイオエタノール製造方法。

10

**【請求項 2】**

前記工程 B で添加するエタノールとして、前記工程 F で回収されたエタノールの一部を使用する、請求項 1 に記載のバイオエタノール製造方法。

**【請求項 3】**

前記反応容器は、  
底面がフラット状、コーン状又は鏡板状であり、  
前記攪拌装置は、  
少なくとも前記反応容器内に複数の攪拌翼を有する、  
請求項 1 又は 2 に記載のバイオエタノール製造方法。

20

**【請求項 4】**

前記攪拌装置の攪拌翼がヘリカルリボン、ダブルヘリカルリボン、マックスブレンド、傾斜パドル翼及びアンカー翼からなる群より選択される、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のバイオエタノール製造方法。

**【請求項 5】**

前記工程 B と前記工程 C とを別の反応容器内で実行し、  
前記工程 B の終了後、前記工程 B を実行した反応容器から内容物を抜き出し、前記工程 C を実行する反応容器へと当該内容物を供給する、  
請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のバイオエタノール製造方法。

30

**【請求項 6】**

前記工程 B の前に、セルロース系バイオマスに含有されているリグニンを除去する工程 A 1 をさらに有する、  
請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のバイオエタノール製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、アルコール発酵によって、糖類からエタノール（バイオエタノール）を製造するために利用される、セルロース系バイオマスを加水分解酵素によって加水分解してバイオエタノールを製造する方法に関する。

40

**【背景技術】****【0002】**

バイオマスエネルギー利用の一環として、植物の主成分であるセルロース又はヘミセルロースを分解して糖化液を製造し、糖をアルコール発酵させることによってエタノールを得ようとする試みがある。そこでは、得られたエタノールは、燃料用として主として自動車燃料に一部混入させたり、ガソリンの代替燃料として利用したりすることが計画されている。

50

## 【0003】

植物の主な成分には、セルロース（炭素6個から構成されるC6糖類であるグルコースの重合体）、ヘミセルロース（炭素5個から構成されるC5糖類とC6糖類の重合体）、リグニン、デンプンが含まれるが、エタノールはC5糖類、C6糖類、それらの複合体であるオリゴ糖のような糖類を原料として、酵母菌のような微生物の発酵作用によって生成される。

## 【0004】

セルロース又はヘミセルロースのようなセルロース系バイオマスを糖類に分解するには、1) 硫酸など強酸の酸化力により加水分解する方法、2) 酵素により分解する方法、3) 超臨界水又は亜臨界水の酸化力を利用する方法、の3種類が工業的に利用されようとしている。このうち、2)の酵素分解法は、分解時間は他の分解方法よりも長いという欠点はあるが、製造設備コスト及びランニングコストが低く、常温常圧処理が可能であり、糖の過分解が起こりにくいという利点を有する。

10

## 【0005】

バイオマスは、比重が小さく嵩高いために、スラリー濃度を高めると、流動性が非常に悪化し、配管での移送が困難になるなど、ハンドリングが困難となる。また、スラリー濃度が高まることで、各種溶媒及び酵素との接触性が低下し、糖化収率が低下する。このため、糖化液の糖濃度を高くすることは困難であり、発酵工程へと供給される糖化液の濃度は、低くならざるを得ない。その結果、発酵液のエタノール濃度も低く、蒸留工程における蒸留エネルギーが高むという問題がある。反対に、ハンドリング容易のためにスラリー濃度を低くすれば、糖化液の糖濃度が低下し、発酵工程に後続する蒸留工程の負荷がさら

20

## 【0006】

特許文献1は、蒸留工程の負荷を軽減するために、酵素を用いてリグノセルロースを糖化させた後、糖化液を濃縮し、濃縮された糖化液を用いてアルコール発酵させることを特徴とするエタノール製造方法を開示している。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0007】

【特許文献1】特開2011-45277号公報

## 【発明の概要】

30

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0008】

特許文献1に開示されているように、糖化液を濃縮する場合には、膜濃縮装置のような濃縮装置が必要となり、設備投資が増大する。また、糖化液を濃縮するためには時間がかかるため、貯蔵設備内における滞留時間が増大し、雑菌が繁殖する危険性が高くなる。雑菌が繁殖すれば、糖化液中の糖類が雑菌によって消費されたり、発酵工程での酵母のエタノール変換効率が低下したりするため、蒸留負荷の増大とエタノール製造量の減少に繋がる。

## 【0009】

セルラーゼのような加水分解酵素によってバイオマスのセルロースを加水分解する場合、できるだけ高濃度のセルロース含有水溶液を調製して加水分解し、高濃度の糖化液を製造することが理想的である。しかし、セルロースの加水分解を開始する当初に容器内の固形物濃度（バイオマス濃度）を高くすると、反応容器内容物の粘度が高いために攪拌が困難となる。一方、攪拌動力が大きな攪拌装置を使用すると、設置費用及び運転費用が高くなってしまふ。

40

## 【0010】

本発明は、特別な設備を必要とせず、発酵工程で得られる発酵液のエタノール濃度を高め、蒸留負荷を軽減し得る、リグノセルロース系バイオマスを原料とするバイオエタノール製造方法の提供を目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

50

## 【0011】

本発明者等は、鋭意検討した結果、セルロース加水分解工程において、反応容器内でヘミセルロースが除去された固形残渣とセルロース加水分解酵素を含有する水溶液を混合及び攪拌する際に、一定濃度でエタノールを添加することにより、セルロースの酵素加水分解を長時間行っても雑菌の繁殖を抑制して糖生成量を高めつつ、アルコール発酵後の発酵液中のエタノール濃度も高め得ることを見出し、本発明を完成させるに至った。

## 【0012】

具体的に、本発明は、

セルロース系バイオマスを原料とするバイオエタノール製造方法であって、

セルロース系バイオマスに含有されるヘミセルロースを熱水処理又はヘミセルロース加水分解酵素によって分解する工程Aと、

ヘミセルロースが除去された固形残渣を、反応容器内でセルロース加水分解酵素を含有する水溶液と混合した後、前記反応容器内に設けられた攪拌装置によって攪拌し、ヘミセルロースが除去された固形残渣を可溶化する工程Bと、

前記反応容器内のセルロース加水分解反応が終了するまで、前記攪拌装置によって攪拌しながら加水分解反応を継続する工程Cと、

前記反応容器から加水分解反応後のスラリーを取り出す工程Dと、

前記工程Dで得られたスラリーをアルコール発酵させる工程Eと、

アルコール発酵後の発酵液を蒸留してエタノールを回収する工程Fとを有し、

前記工程Bにおいては、前記反応容器内の水溶液に対して3質量%以上6質量%以下の範囲でエタノールを添加することを特徴とするバイオエタノール製造方法に関する。

## 【0013】

前記工程Bで添加するエタノールとして、前記工程Fで回収されたエタノールの一部を使用することが好ましい。

## 【0014】

前記反応容器は、

底面がフラット状、コーン状又は鏡板状であり、

前記攪拌装置は、

少なくとも前記反応容器内に複数の攪拌翼を有することが好ましい。

## 【0015】

前記攪拌装置の攪拌翼は、ヘリカルリボン、ダブルヘリカルリボン、マックスブレンド、傾斜パドル翼及びアンカー翼からなる群より選択されることが好ましい。

## 【0016】

本発明のバイオエタノール製造方法においては、

前記工程Bと前記工程Cとを別の反応容器内で実行し、

前記工程Bの終了後、前記工程Bを実行した反応容器から内容物を抜き出し、前記工程Cを実行する反応容器へと当該内容物を供給することも好ましい。

## 【0017】

本発明のバイオエタノール製造方法は、

前記工程Bの前に、セルロース系バイオマスに含有されているリグニンを除去する工程A1をさらに有してもよい。

## 【発明の効果】

## 【0018】

本発明によれば、蒸留負荷を軽減し、エタノールの製造コストを下げる事が可能となる。また、糖化工程及び発酵工程における雑菌の増殖を防止することも可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0019】

【図1】酵素法によるセルロース系バイオマスからの糖化液製造工程の基本フローを示す。

【図2】工程Bの実行に適した反応容器の概略構成図の一例を示す。

【図3】実施形態1のエタノール製造方法を説明する図を示す。

【図4】実施形態2のエタノール製造方法を説明する図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本発明の実施形態について、適宜図面を参照しながら説明する。図1は、酵素法によるセルロース系バイオマスからの糖化液製造工程の基本フローを示す。

【0021】

<前処理工程>

まず、サトウキビバガスのようなセルロース系バイオマス（以下、「バイオマス」と表示する）は、破砕機又は粉砕機によって粗粉砕される。このとき、平均径10~100mm以下の小片とされることが好ましい。粗粉砕されたバイオマスは、水酸化ナトリウムのような金属水酸化物の水溶液を用いて蒸解処理される。この蒸解処理によって、バガスに含まれているリグニンの一部が除去され、セルロース及びヘミセルロースと酵素との反応性が向上する。蒸解処理後のバイオマスは、酸を用いて中和される。

10

【0022】

金属水酸化物の水溶液を用いて蒸解処理する代わりに、爆砕装置を使用して水蒸気による爆砕処理（200~240℃、1.5~4MPa、1~15min；好ましくは225~230℃、2.5~3Mpa、1~5min）を行い、バイオマス中のヘミセルロース成分の糖化とリグニンの一部除去を行ってもよい。爆砕装置で処理されたバイオマス（爆砕処理物）には、ヘミセルロースに由来するC5糖化液、リグニン溶解物及び固形残渣が含まれる。C5糖化液をC6糖化液とは別にヘミセルロース糖発酵させる場合、この爆砕処理物をフィルタープレス等によって固液分離し、爆砕処理液と固形残渣に分ける。固形残渣は、さらに水で適宜洗浄することにより、固形残渣に含まれる糖類を回収し得る。なお、C5糖発酵とC6糖発酵とを同時に行う場合には、固液分離の実行は任意である。

20

【0023】

爆砕処理によって得られた固形残渣は、水洗浄されて糖類及びリグニン溶解物が除去された後、エタノール濃度30%以上、好ましくは50%以上のエタノール水に常温で0.5時間以上48時間以下、好ましくは1時間以上24時間以下の時間浸漬され、セルロースを被覆しているリグニンが溶解及び除去される。エタノール浸漬後、固形残渣を機械的に脱エタノール処理するか、加熱又は減圧加熱等により脱エタノール処理を行う。高濃度エタノール水を用いる場合には、一旦水洗浄した後に脱エタノール処理してもよい。

30

【0024】

<ヘミセルロース加水分解（糖化）>

セルロース系バイオマスに含まれているヘミセルロースは、高温高圧水によって加水分解（熱水処理）されるか、ヘミセルラーゼのようなヘミセルロース加水分解酵素によって分解される。高温高圧水によって加水分解する場合には、140℃以上180℃以下であれば、ヘミセルロースを糖類（主にC5単糖）に分解することができる。ヘミセルロース含量の多いバイオマスの場合には、高温で処理するとC5単糖が有機酸等にまで過分解してしまうため、比較的温和な条件で分解処理を行うことが好ましい。

【0025】

なお、高温高圧水によってヘミセルロースを加水分解する場合、リン酸又は塩酸のような酸を触媒として添加することも好ましいとされている。また、ヘミセルロース加水分解酵素によってヘミセルロースを加水分解する場合、市販の酵素を使用してもよく、ヘミセルラーゼを生成する微生物等を使用してもよい。

40

【0026】

<固液分離1>

ヘミセルロースの加水分解が終了した後、固液分離1によって固形残渣1と糖化液1（C5糖化液）が分離される。

【0027】

<C5糖発酵>

50

糖化液 1 には、酵母が添加され、ヘミセルロース糖発酵によってアルコール（発酵液 1）が得られる。

【0028】

<セルロース加水分解（糖化）>

固形残渣 1 は、水及びセルラーゼのようなセルロース加水分解酵素が添加され、固形残渣 1 に含有されているセルロースが加水分解される。セルロースをセルロース加水分解酵素によって加水分解する場合、市販の酵素を使用してもよく、セルラーゼを生成する微生物等を使用してもよい。

【0029】

<固液分離 2 >

セルロースの加水分解が終了した後、固液分離 2 によって固形残渣 2 と糖化液 2（C6糖化液）が分離される。固形残渣は、必要に応じて水で洗浄され、C6糖が回収された後、廃棄される。

【0030】

<C6糖発酵>

糖化液 2 には、酵母が添加され、セルロース糖発酵によってアルコール（発酵液 2）が得られる。

【0031】

図 1 においては、C5糖発酵とC6糖発酵とを独立して実行しているが、糖化液 1 及び糖化液 2 を混合し、混合された糖化液についてC5糖発酵とC6糖発酵とを同時に実行してもよい。

【0032】

<蒸留及び無水化>

C5糖化液及びC6糖化液をアルコール発酵させることによって得られたアルコール発酵液（発酵液 1 及び発酵液 2）は、蒸留装置へと供給され、蒸留によってエタノールが得られる。このエタノールは、公知のエタノール無水化剤又はエタノール無水化装置によって無水化され、製品（バイオエタノール）として出荷される。

【0033】

図 1 において、固液分離 1 又は固液分離 2 を省略し、固形残渣が混入している状態のまま、ヘミセルロース糖発酵及びセルロース糖発酵を行うことも可能である。

【0034】

（工程 A）

次に、本発明の糖化液製造方法の各工程について説明する。まず、セルロース系バイオマスを粗粉碎した後、含有されるヘミセルロースを熱水処理又はヘミセルロース加水分解酵素によって分解する。工程 A 終了後、C5糖化液と固形残渣とを固液分離装置によって固液分離する。

【0035】

（工程 B）

次に、ヘミセルロースが除去された固形残渣を、反応容器内でセルロース加水分解酵素を含有する水溶液と混合する。反応容器は、底面がフラット状、コーン状又は鏡板状であれば、材質又は寸法等は、処理するセルロース系バイオマスの量に応じて適宜選択し得る。

【0036】

反応容器内部には、少なくとも内容物と接触する部分に複数の攪拌翼が設けられている。反応容器の内径に対する攪拌翼の回転直径は大きい方が好ましく、反応容器内径の7割以上の回転半径であることが理想である。攪拌装置の攪拌翼は、ヘリカルリボン、ダブルヘリカルリボン、マックスブレンド、傾斜パドル翼又はアンカー翼であることが好ましい。攪拌装置は、同じ種類の攪拌翼を複数有していてもよく、異なる種類の攪拌翼を有してもよい。

【0037】

10

20

30

40

50

図2は、工程Bの実行に適した反応容器の概略構成図を示す。図2(a)に示される反応容器1は、攪拌翼3及び4を備えており、底面5は鏡板状である。回転軸6は、反応容器1の上面に設けられたモータMによって回転する。図2(b)に示される反応容器11は、攪拌翼13a、13b及び14を備えており、攪拌翼13a及び13bは同じ種類の攪拌翼である。反応容器11の底面15はコーン状である。回転軸16は、反応容器11の上面に設けられたモータMによって回転する。

【0038】

反応容器には、先にセルロース加水分解酵素を含有する水溶液と、エタノールとを供給し、その後、ヘミセルロースが除去された固形残渣を段階的に供給することが好ましい。このとき、必要量の水及びエタノールを供給した後、セルロース加水分解酵素を添加及び混合し、セルロース加水分解酵素水溶液を調製してもよい。エタノールの添加量は、反応容器内の水溶液に対して3質量%以上6質量%以下の範囲とする。すなわち、反応容器内の液体中のエタノール濃度が3質量%以上6質量%以下となるように、エタノールを添加する。

10

【0039】

固形残渣は、水溶液を攪拌装置の攪拌翼によって攪拌しながら、徐々に供給されるようにすることが好ましい。反応容器内の固形物濃度は、最終濃度が15質量%以上30質量%以下となるように調整した後、攪拌装置の攪拌翼によって5分以上12時間以下攪拌する。このような処理を行うことにより、ヘミセルロースが除去された固形残渣(セルロース系バイオマス)が可溶化される。工程Bにおいては、反応容器内の内容物を20以上90以下に調整することが好ましい。

20

【0040】

工程Bにおいて、反応容器内の内容物の固形物濃度が所定濃度(15質量%以上30質量%以下)に達し、セルロース系バイオマスが可溶化された後、セルロース加水分解酵素を含有する水溶液及びヘミセルロースが除去された固形残渣を、固形物濃度が所定濃度範囲に維持されるように連続して反応容器内に供給し、連続供給される量に相当する液量を反応容器から取り出し、工程Cを実行する別の反応容器へと供給することにより、工程Bを連続的に実行することが可能となる。

【0041】

なお、工程Bの前に、ヘミセルロースが除去された固形残渣に対して、上述した蒸解処理又は水蒸気を用いる爆砕処理を行い、固形残渣からリグニンを除去する工程A1を実行することが好ましい。工程A1は、工程Aの前であってもよく、工程Aの後で工程Bの前であってもよい。

30

【0042】

(工程C)

次に、反応容器内の内容物(ヘミセルロースが除去された固形残渣とセルロース加水分解酵素を含有する水溶液との混合物)に含有されるセルロースの大部分がグルコースとなるまで(換言すれば、反応容器内の内容物のセルロース加水分解反応が完了するまで)、攪拌装置によって攪拌しながら加水分解反応を継続させる。工程Cにおいては、反応容器内の内容物を20以上90以下となるように調整しながら、5分以上120時間以下の時間継続させる。工程Cにより、固形残渣に含有されるセルロースが加水分解され、反応容器内の内容物がスラリー状となる。

40

【0043】

本発明においては、工程Bにおいて反応容器内容物にエタノールを添加するため、工程B及び工程Cにおいて、内容物に雑菌が繁殖することを抑制し得る。その結果、雑菌による糖の消費を防止し、後続する糖化液のアルコール発酵効率も向上させ得る。

【0044】

(工程D)

工程Cが終了した後、反応容器からスラリーを取り出す。取り出されたスラリーは、必要に応じて固液分離され、固形残渣とC6糖化液とに分離される。C6糖化液は、独立して、

50

又はC5糖化液と混合された後、アルコール発酵に供給され、バイオエタノールの原料として利用される。

【0045】

工程Bと工程Cとを1つの反応容器内で実行してもよいが、工程Bと工程Cとを別の反応容器内で実行し、工程Bの終了後、工程Bを実行した反応容器から内容物を抜き出し、工程Cを実行する反応容器へと当該内容物をポンプ等によって供給する構成としてもよい。工程Cは、工程Bよりも長時間を要するため、大量のセルロース系バイオマスを連続的に処理する場合には、工程Bと工程Cとを別の反応容器内で実行することが好ましい。その場合、工程Cを実行する反応容器は、工程Bを実行する反応容器と同様の構造であってもよいが、より大型とすることが好ましい。

10

【0046】

工程Cが定常状態となり、内容物がスラリー化した後は、工程Bから供給される可溶化されたセルロース系バイオマスとセルロース加水分解酵素を含有する水溶液の容積に相当する液量のスラリーを、工程Cを実行している反応容器から抜き出すようにすれば、工程Cにおけるスラリーの固形物濃度を一定に維持しつつ、糖化液を連続して製造することが可能となる。また、工程Bを実行する反応容器は小型であってもよい。

【0047】

(工程E)

工程Dにより、工程Cを実行した反応容器から抜き出されたスラリー(糖化スラリー)は、発酵槽へと供給される。工程A終了後、固形残渣と分離されたC5糖化液は、独立してエタノール発酵されてもよいが、工程Cを実行した反応容器から抜き出されたスラリーと共に発酵槽に供給されて、同時にアルコール発酵させてもよい。発酵槽内では、酵母によってC6糖類(及び/又はC5糖類)がエタノール発酵され、エタノールが得られる。発酵工程である工程Eは、公知の発酵方法を採用することができる。工程Eによって、糖化スラリーに含有されていたC6糖類(及び/又はC5糖類)は、エタノールへと変換される。なお、糖化スラリーを遠心分離装置のような固液分離装置によって固液分離し、糖化液のみを発酵槽へ供給し、工程Eを行ってもよい。固液分離装置から排出される残渣は、適宜廃棄される。

20

【0048】

工程Eは、発酵槽内の発酵液を30 ~ 40 で24時間程度維持することにより行われることが好ましい。一般的なプロセスの発酵工程では、発酵工程終了時における発酵液のエタノール濃度は、1質量% ~ 4質量%程度であるが、本発明では、工程Bにおいてエタノールが添加されているため、5 ~ 10質量%程度となる。ただし、酵母に対する悪影響を考慮し、工程E終了時におけるエタノール濃度は15質量%以下となるように調整することが好ましい。

30

【0049】

(工程F)

工程E終了後の発酵液は、蒸留装置へと供給される。蒸留によって蒸留エタノール(バイオエタノール)が得られる。工程Fによって得られるバイオエタノールは、固形物及びエタノール以外の成分が除去されている。蒸留工程である工程Fは、蒸留酒の製造方法として公知の蒸留方法を採用することができる。本発明では、工程E終了後の発酵液のエタノール濃度が、通常よりも高いため、蒸留装置の負荷を小さくし得る。

40

【0050】

(エタノールの回収)

工程Fで得られたバイオエタノールは、適宜、脱水処理のような高度処理を施された後、貯蔵タンクのような貯蔵設備へと移送され、そこで貯蔵される。バイオエタノールの一部は、工程Bで添加されるエタノールとして利用され得る。このように、本発明においては工程Bで添加されたエタノールを、後続する工程Fで回収して工程Bで添加されるエタノールとして再利用することも可能である。

【0051】

50

【実施形態 1】

図 3 は、実施形態 1 のエタノール製造方法を説明する図を示す。実施形態 1 のエタノール製造方法は、工程 B ~ 工程 E を混合槽 2 1、糖化槽 2 2 及び発酵槽 2 3 でそれぞれ実行する。定常状態においては、蒸留装置 2 4 で得られた蒸留エタノールの一部は、工程 B を実行する槽 2 1 へと供給される。添加された蒸留エタノールは、その後、蒸留装置 2 4 から回収される。

【0052】

【実施形態 2】

図 4 は、実施形態 2 のエタノール製造方法を説明する図を示す。実施形態 2 のエタノール製造方法は、工程 C (糖化工程) 及び工程 E (発酵工程) を 1 基の槽 (糖化発酵槽 3 2) 内で連続して行うこと以外、実施形態 1 と同じである。

10

【0053】

なお、実施形態 2 においては、混合槽 2 1 及び糖化発酵槽 3 2 にそれぞれエタノール濃度計 2 5 及び 2 6 が設けられており、槽内の内容物のエタノール濃度を測定している。これらエタノール濃度計 2 5 及び 2 6 の測定値を観測することにより、混合槽 2 1 への蒸留エタノール添加量を調整することが可能となる。

【産業上の利用可能性】

【0054】

本発明は、セルロース系バイオマスを原料とするバイオエタノール製造方法として有用である。

20

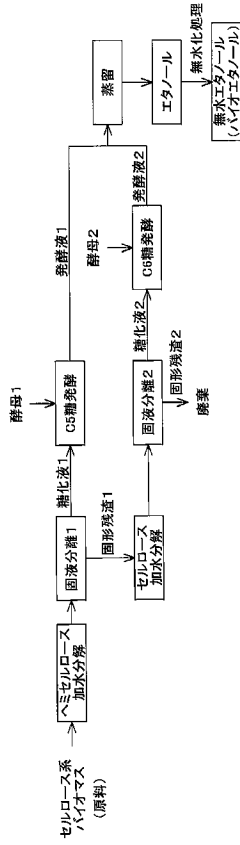
【符号の説明】

【0055】

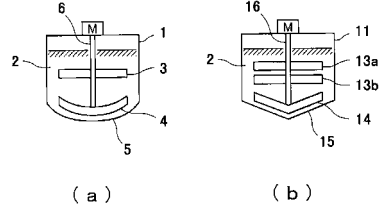
- 1, 1 1 : 反応容器
- 2 : 反応容器の内容物
- 3 : 攪拌翼 (上部攪拌翼)
- 4 : 攪拌翼 (下部攪拌翼)
- 5 : 鏡板状の底面
- 6 : 攪拌装置の回転軸
- 1 3 a : 攪拌翼 (上部攪拌翼)
- 1 3 b : 攪拌翼 (中央部攪拌翼)
- 1 4 : 攪拌翼 (下部攪拌翼)
- 1 5 : コーン状の底面
- 2 1 : 混合槽
- 2 2 : 糖化槽
- 2 3 : 発酵槽
- 2 4 : 蒸留装置
- 2 5, 2 6 : エタノール濃度計
- 3 2 : 糖化発酵槽

30

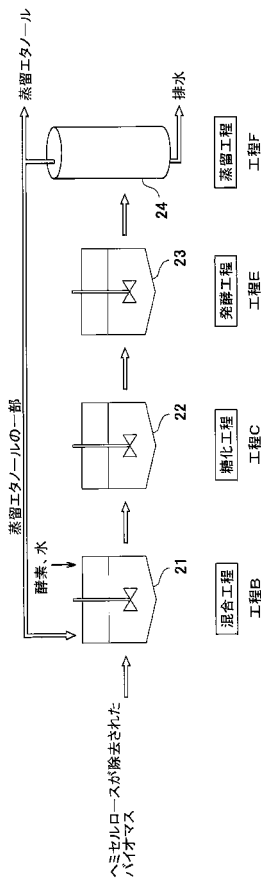
【 図 1 】



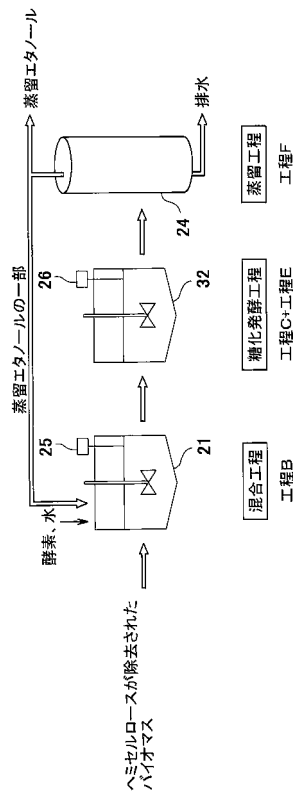
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 辻田 章次  
兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社 神戸工場内
- (72)発明者 小田 明日香  
兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社 神戸工場内
- (72)発明者 政本 学  
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内
- (72)発明者 藁谷 友祐  
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内
- Fターム(参考) 4B050 CC07 LL05  
4B064 AC03 BA01 CA11 CB07 CC05 CD06 DA20