

(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2015-15902

(P2015-15902A)

(43) 公開日 平成27年1月29日(2015.1.29)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
C 1 2 P 7/06 (2006.01)	C 1 2 P 7/06	4 B O 6 4
C 1 3 K 1/02 (2006.01)	C 1 3 K 1/02	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2011-218035 (P2011-218035)	(71) 出願人	000000974
(22) 出願日	平成23年9月30日 (2011. 9. 30)		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
		(74) 代理人	110000556
			特許業務法人 有古特許事務所
		(72) 発明者	楠田 浩雅
			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エタノール製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】セルロース系バイオマス为原料としてエタノールを製造する方法において、糖化分解効率を向上させつつ、糖化分解処理のコストを抑制すること。

【解決手段】強酸でpH1.0以上3.5以下に調整したセルロース系バイオマスのスラリーを、超臨界状態又は亜臨界状態で熱水処理し、セルロース系バイオマスをC5単糖へと糖化分解する第一糖化分解工程と、前記第一糖化分解工程後のスラリーを固液分離する第一固液分離工程と、第一固液分離工程で得られた脱水ケーキを超臨界状態又は亜臨界状態となるまで加圧し、セルロース系バイオマスに含有されているセルロースをC6単糖へと糖化分解する第二糖化分解工程と、前記第二糖化分解工程後のスラリーを固液分離する第二固液分離工程と、前記第一固液分離工程及び前記第二固液分離工程で得られた糖化液をアルコール発酵させる発酵工程と、得られた発酵液を蒸留してエタノールを濃縮する蒸留工程とを有する。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

強酸を含有させることによって pH1.0以上3.5以下に調整したセルロース系バイオマスのスラリーを、超臨界状態又は亜臨界状態で熱水処理し、セルロース系バイオマスに含有されているヘミセルロースをC5単糖へと糖化分解する第一糖化分解工程と、

前記第一糖化分解工程後のスラリーを固液分離する第一固液分離工程と、

加圧式反応器内で、第一固液分離工程で得られた脱水ケーキを蒸気と混合して超臨界状態又は亜臨界状態となるまで加圧することにより、セルロース系バイオマスに含有されているセルロースをC6単糖へと糖化分解する第二糖化分解工程と、

前記第二糖化分解工程後のスラリーを固液分離する第二固液分離工程と、

前記第一固液分離工程及び前記第二固液分離工程で得られた糖化液をアルコール発酵させる発酵工程と、

前記発酵工程によって得られた発酵液を蒸留してエタノールを濃縮する蒸留工程と、を有する、セルロース系バイオマスを原料とするエタノール製造方法。

10

【請求項 2】

前記第一固液分離工程で得られた脱水ケーキに強酸をさらに添加し、pH1.0以上3.5以下に調整した後で前記第二糖化分解工程が行われる、請求項 1 に記載のエタノール製造方法。

【請求項 3】

前記第一糖化分解工程及び前記第二糖化分解工程で得られた糖化液から強酸を回収し、回収された強酸を前記第一糖化分解工程及び / 又は前記第二糖化分解工程において使用する、請求項 1 又は 2 に記載のエタノール製造方法。

20

【請求項 4】

前記加圧式反応器が油圧シリンダ型反応器である、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の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、セルロース系バイオマスを超臨界状態又は亜臨界状態で加水分解して糖類を製造し、その後、糖類をアルコール発酵させることによってエタノール（バイオエタノール）を製造するための方法に関する。

30

【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、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を、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。

【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単糖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単糖とC6単糖の重合体）、リグニン、デンプンが含まれるが、エタノールはC5単糖、C6単糖、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。

40

【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) 硫酸のような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。しかし、1) の酸分解法は、添加した酸が酵母菌の発酵に対して阻害物質となることから、セルロース又はヘミセルロースを糖類に分解した後、糖類をアルコール発酵させる前に添加した酸の中和処理が必須であり、その処理費用の点で経済的に実用化困難な面がある。2) の酵素分解法は、常温定圧処理が可能ではあるが、有効な酵素が見出

50

されておらず、発見されたとしても酵素の生産コストが高くなることが予想されており、経済性の面で未だ工業規模では実現の目処が立っていない。

【0005】

3)の超臨界水又は亜臨界水によってセルロース系バイオマスを加水分解して糖類とする方法として、特許文献1は、セルロース粉末を240~340の加圧熱水と接触させて加水分解することを特徴とする非水溶性多糖類の製造方法を開示している。特許文献2は、細片されたバイオマスを140~230で飽和水蒸気圧以上に加圧した熱水で所定時間加水分解してヘミセルロースを分解抽出し、その後セルロースの分解温度以上に加熱した加圧熱水で加水分解してセルロースを分解抽出する方法を開示している。特許文献3は、平均重合度100以上のセルロースを、温度250以上450以下、圧力15MPa以上450MPa以下の超臨界水又は亜臨界水と0.01秒以上5秒以下接触反応させ、その後冷却して温度250以上350以下、圧力15MPa以上450MPa以下の亜臨界水と1秒以上10分以下接触させて加水分解することを特徴とするグルコース及びノ又は水溶性セロオリゴ糖の製造方法を開示している。

10

【0006】

特許文献4は、リグノセルロース系バイオマスから糖類を製造する方法であって、リグノセルロース系バイオマス、弱酸(リン酸等)、及び水を含む原料混合物を、窒素ガス雰囲気下、加温(373~453K)及び加圧(0.1~5MPa)条件下で処理する弱酸水熱処理工程を含む方法を開示している。特許文献4の方法は、弱酸水熱処理工程の後に未分解のセルロースを酵素糖化する酵素糖化処理工程がさらに含まれていてもよいとされる。

【0007】

20

特許文献5は、木本類を原料とする糖類の製造において、多糖類の加水分解に要するエネルギー及び水の使用量を低減し、安価かつ簡易に糖類を製造する方法として、加水分解処理に使用する処理水が、木本類の加水分解処理により得られた糖を含む加水分解抽出液から糖類を回収した後の酸性水を含むことを特徴とする糖類の製造方法を開示している。加水分解に使用する処理水のpHは、2.6~2.9であるのが好ましいとされる。

【0008】

超臨界水又は亜臨界水によってバイオマスのような有機物を加水分解又は酸化分解する場合、有機物を分散させた高圧水を急加熱し、一定時間超臨界又は亜臨界状態を維持して加水分解反応を起こさせる。反応終了後、反応系を急冷して、さらなる化学反応を停止させる場合がある。このような急加熱及び急冷却が可能な反応装置の一例として、特許文献6は、ボイラから供給された水蒸気をピストンで加圧して超臨界水又は亜臨界水とする反応機を開示している。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2000-186102号公報

【特許文献2】特開2002-59118号公報

【特許文献3】特開2003-212888号公報

【特許文献4】特開2009-22239号公報

【特許文献5】特開2008-43229号公報

40

【特許文献6】特開2002-263465号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

バイオマスの主な構成成分であるセルロース及びヘミセルロースを、高温高圧の超臨界水又は亜臨界水で糖化分解(加水分解)する方法は、強酸を用いる加水分解法に比べ、酸の中和処理が不要なため処理コストも安く、環境にも優しい処理方法である。しかし、超臨界水又は亜臨界水を用いる方法であっても、セルロース及びヘミセルロースの分解効率を高めるためには、酸を加水分解反応の触媒として添加する場合がある。

【0011】

50

ここで、特許文献 5 に開示されている発明では、加水分解抽出時に副生される酸を回収することによって、中和を不要とすると共に、木本類に含有されるセルロースのような多糖類の加水分解効率を向上させることを目的としている。しかし、この発明で回収される酸は、弱酸である有機酸であり、その回収量も少ないため、多糖類の加水分解効率を向上させるには不十分である。

【 0 0 1 2 】

一方、バイオマスの主な構成成分のセルロース及びヘミセルロースを、高温高压の超臨界水又は亜臨界水で糖化分解する方法においては、まず、セルロース系バイオマス中のヘミセルロースがC5単糖に加水分解される。C5単糖を含有する糖化液は、加水分解後のスラリーを固液分離することによって回収される。次に、残渣となる固形分（脱水ケーキ）は、より高温高压条件で熱水処理され、セルロース系バイオマス中のセルロースがC6単糖に加水分解される。C6単糖を含有する糖化液は、加水分解後のスラリーを固液分離することによって回収される。

10

【 0 0 1 3 】

特許文献 4 には、弱酸水熱処理工程の後に未分解のセルロースを酵素糖化する酵素糖化処理工程を行い得ることが開示されているが、この酵素糖化処理工程では、弱酸水熱処理工程後、スラリーを固液分離することなくセルラーゼを添加し、セルラーゼが機能するような45～55 の温度条件下、10～30時間かけて行われる（段落 0 0 4 3）。このように、特許文献 4 に開示されている酵素糖化処理工程では、セルロースのC6単糖への糖化分解には、酸は触媒として機能しておらず、高温高压の超臨界水又は亜臨界水でセルロースを糖化分解する技術と比較して、セルロースの糖化分解に長時間を要する。

20

【 0 0 1 4 】

本発明は、セルロース系バイオマスを高温高压の超臨界状態又は亜臨界状態において糖化分解し、さらにアルコール発酵によってエタノールを製造する方法であって、セルロース系バイオマスの糖化分解効率を向上させるために外部から強酸を添加しつつ、添加する強酸を最大限有効利用して、処理コストの増大を避け得る方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 5 】

本発明者等は、上記課題を解決するべく鋭意検討した結果、セルロース系バイオマスのスラリーに強酸を添加してヘミセルロースをC5単糖に糖化分解させた後、固液分離した脱水ケーキを油圧シリンダ型反応器内でC6単糖に糖化分解させる構成とすれば、最初に添加した強酸をヘミセルロース及びセルロースの糖化分解に最大限有効利用し得ることを見出し、本発明を完成させるに至った。

30

【 0 0 1 6 】

具体的に、本発明は、

強酸を含有させることによってpH1.0以上3.5以下に調整したセルロース系バイオマスのスラリーを、超臨界状態又は亜臨界状態で熱水処理し、セルロース系バイオマスに含有されているヘミセルロースをC5単糖へと糖化分解する第一糖化分解工程と、

前記第一糖化分解工程後のスラリーを固液分離する第一固液分離工程と、

加圧式反応器内で、第一固液分離工程で得られた脱水ケーキを蒸気と混合して超臨界状態又は亜臨界状態となるまで加圧することにより、セルロース系バイオマスに含有されているセルロースをC6単糖へと糖化分解する第二糖化分解工程と、

40

前記第二糖化分解工程後のスラリーを固液分離する第二固液分離工程と、

前記第一固液分離工程及び前記第二固液分離工程で得られた糖化液をアルコール発酵させる発酵工程と、

前記発酵工程によって得られた発酵液を蒸留してエタノールを濃縮する蒸留工程と、を有する、セルロース系バイオマスを原料とするエタノール製造方法に関する。

【 0 0 1 7 】

強酸を含有させることによって、第一糖化分解工程におけるヘミセルロースの糖化分解効率が向上する。また本発明では、第一固液分離工程で得られる脱水ケーキを加圧式反応

50

器内へと移送し、第二糖化分解工程を行うことを特徴としている。第一固液分離工程で得られる脱水ケーキには、強酸が十分な濃度で残存しているため、この脱水ケーキを加圧式反応器内で超臨界状態又は亜臨界状態となるまで加圧することにより、セルロースの糖化分解効率が強酸の触媒効果によって向上し得る。

【0018】

第二糖化分解工程は、第一糖化分解工程よりも温度及び圧力が高いため、反応時間が長くなると、C6単糖が有機酸にまで酸化される割合が高くなってしまう。しかし、油圧シリンダ型反応器内で第二糖化分解工程を行うことにより、反応時間の調整が容易となる。すなわち、本発明では、強酸の触媒効果によって第二糖化分解工程の糖化分解効率を高くし、かつ、有機酸の副成を少なくし得る。

10

【0019】

本発明で使用する強酸の具体例は、例えば、硫酸、塩酸、硝酸又はリン酸であるが、これら以外の鉱酸又は有機酸であってもよい。第一糖化分解工程に供するセルロース系バイオマスのスラリーには、pH1.0以上3.5以下となるように強酸が添加される。

【0020】

前記第一固液分離工程で得られた脱水ケーキに強酸をさらに添加し、pH1.0以上3.5以下に調整した後で前記第二糖化分解工程が行われるようにしてもよい。

【0021】

前記加圧式反応器は、油圧シリンダ型反応器であることが好ましい。

【0022】

第二糖化分解工程前に強酸が消費されている場合には、第二糖化分解工程のセルロースの糖化分解効率を高めにくいため、強酸を添加した上で、第二糖化分解工程を行うことが好ましい。強酸を添加することにより、第二糖化分解工程における糖化分解効率が向上すると共に、スラリーの水分含有量の調整、又は反応器に強酸を添加することにより水分含有量が調整され、加圧式反応器における加熱効率が向上する。

20

【0023】

前記第一糖化分解工程及び前記第二糖化分解工程で得られた糖化液から強酸を回収し、回収された強酸を前記第一糖化分解工程及び／又は前記第二糖化分解工程において使用することが好ましい。

【0024】

糖化液中に強酸が残存していると、後続するアルコール発酵が阻害される。このため、通常、アルコール発酵前に、強酸は中和されるか、又は回収される。本発明では、第二固液分離工程後、C6糖化液から強酸を回収し、前記第一糖化分解工程及び／又は前記第二糖化分解工程に再利用することにより、強酸消費量を抑制し得る。

30

【発明の効果】

【0025】

本発明によれば、セルロース系バイオマスを超臨界状態又は亜臨界状態で糖化分解する際に、糖化分解効率を向上させ、強酸の消費量も抑制することによって、エタノールの製造コストを抑制することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

40

【0026】

【図1】本発明の実施形態1を説明する概念図を示す。

【図2】本発明の実施形態2を説明する概念図を示す。

【図3】本発明の実施形態3を説明する概念図を示す。

【図4】セルロース系バイオマスを超臨界状態又は亜臨界状態で糖化分解する方法であって、強酸を回収して再利用する従来技術を説明する概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

本発明の実施の形態について、適宜図面を参酌しながら以下に説明する。本発明は、以下の記載に限定されない。

50

【 0 0 2 8 】

< 実施形態 1 >

(スラリーの調製)

図 1 は、本発明の実施形態 1 を説明する概略フロー図を示す。まず、セルロース系バイオマス（例えば、パガス、甜菜かす、又はわらのような草木系バイオマス）は、前処理として数mm以下に粉碎される。粉碎後のセルロース系バイオマスは、混合槽 1 に供給され、水及び強酸を加えて攪拌され、スラリー化される。スラリーの pH は、1.0 以上 3.5 以下である。

【 0 0 2 9 】

(第一糖化分解工程)

次に、スラリーは、必要に応じて予熱された後、ヘミセルロース糖化反応器 2 へと供給される。ヘミセルロース糖化反応器 2 の具体例は、好ましくは間接加熱型圧力容器である。ヘミセルロース糖化反応器 2 内で、スラリーは、温度 140 以上 200 以下、圧力 1MPa 以上 5MPa 以下で熱水処理される。この熱水処理によって、セルロース系バイオマス中のヘミセルロースは、強酸の触媒作用によって C5 単糖に効率よく糖化分解（加水分解）される。

【 0 0 3 0 】

一定時間の熱水処理が行われた後、スラリーは、ヘミセルロース糖化反応器 2 からフラッシュタンク 3 へと供給される。フラッシュ蒸発によって、スラリーは、亜臨界状態以下の温度に急冷され、ヘミセルロースの糖化分解反応（加水分解反応）が終了する。

【 0 0 3 1 】

(第一固液分離工程)

次に、スラリーは、フラッシュタンク 3 から固液分離装置 4 へと供給され、C5 糖化液と脱水ケーキ 1 とに分離される。固液分離装置 4 の具体例は、ドラムフィルター、ベルトフィルター、ディスクフィルター又はフィルタープレスである。C5 糖化液は、後続するアルコール発酵工程へと供給される。一方、脱水ケーキ（脱水ケーキ 1）は、油圧シリンダ型加圧式反応器 5 の反応室 6 へと供給される。このとき、脱水ケーキ 1 は、通常、水分含有量が 70 質量 % 程度であるため、第一糖化分解工程前にスラリーに添加された強酸が残存している。

【 0 0 3 2 】

(第二糖化分解工程)

脱水ケーキ 1 が供給された後、油圧シリンダ型加圧式反応器 5 の反応室 6 には、ボイラのような外部の蒸気発生装置（図示せず）から蒸気が供給される。蒸気発生装置から供給される水蒸気は、150 ~ 200 、0.5 ~ 1.6MPa とすることが好ましい。その後、反応室 6 は、油圧シリンダ 7 によって、温度 350 以上 400 以下、圧力 18MPa 以上 30MPa 以下となるまで加圧される。第二糖化分解工程の処理時間は、バイオマスの種類にもよるが、0.1 ~ 30 秒間とすることが一般的である。

【 0 0 3 3 】

第二糖化分解工程では、脱水ケーキ 1 に水を添加することなく加熱及び加圧処理しているため、強酸が十分な濃度で残存している。第二糖化分解工程におけるセルロースに対する強酸の割合は、第一糖化分解工程におけるヘミセルロースに対する強酸の割合よりも少なくなる場合が考えられるが、第二糖化分解工程は、第一糖化分解工程よりも高温高圧であるため、強酸の割合が少なくても、C6 単糖に効率よく加水分解され得る。

【 0 0 3 4 】

一定時間の加熱及び加圧処理（糖化分解処理）が行われた後、処理後のスラリーは、フラッシュタンク 8 へと供給される。このとき、スラリーには、C6 糖化液が含有されている。フラッシュ蒸発によって、スラリーは、亜臨界状態以下の温度に急冷され、セルロースの加水分解反応が終了する。

【 0 0 3 5 】

(第二固液分離工程)

次に、スラリーは、フラッシュタンク 8 から固液分離装置 9 へと供給され、C6 糖化液と

10

20

30

40

50

脱水ケーキ 2 とに分離される。固液分離装置 9 の具体例は、固液分離装置 4 と同じである。C6糖化液は、後続するアルコール発酵工程へと供給される。一方、脱水ケーキ 2 は、適宜系外に取り出されるが、必要に応じて水で洗浄し、表面に付着しているC6単糖を回収することも可能である。

【0036】

(発酵工程)

次に、C5糖化液及びC6糖化液は、発酵工程において、酵母を利用してエタノールへと変換される。発酵工程は、公知の発酵方法を採用することができる。発酵工程によって、糖化液に含有されていたC5単糖及びC6単糖は、エタノールへと変換される。発酵工程は、醸造分野における公知の発酵方法を採用することができる。

10

【0037】

(蒸留工程)

次に、発酵工程によって得られたアルコール発酵液は、蒸留され、エタノールが濃縮される。蒸留工程によって得られる蒸留液は、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。

【0038】

(洗浄工程)

第一固液分離工程及び第二固液分離工程後、脱水ケーキ 1 及び脱水ケーキ 2 を少量の水を用いて洗浄し、再度第一固液分離工程及び第二固液分離工程を行い、C5単糖及びC6単糖を回収してもよい。

20

【0039】

<実施形態 2>

図 2 は、本発明の実施形態 2 を説明する概略フロー図を示す。本実施形態の基本的なフローは、実施形態 1 と同一であるため、ここでは実施形態 1 との相違点についてのみ説明する。実施形態 1 と同じ構成には、同じ用語を使用する。

【0040】

本実施形態においては、固液分離装置 4 から取り出された脱水ケーキ 1 は、油圧シリンダ型加圧式反応器 5 の反応室 6 へと供給される前に、混合槽 10 へと供給される。上述したように、脱水ケーキ 1 は、通常、水分含有量が70質量%程度であるが、バイオマスの種類又は脱水条件によっては、水分含有量が70質量%よりも低く、固形分が多くなる場合もある。この場合、脱水ケーキ 1 をそのまま、油圧シリンダ型加圧式反応器 5 の反応室 6 へと供給したのでは、脱水ケーキ 1 に対する熱伝導が低下し、第二糖化分解工程におけるセルロースの加水分解が不十分となる。

30

【0041】

そこで、本実施の形態においては、脱水ケーキ 1 に水及び強酸を添加して再びスラリー化し、このスラリーを油圧シリンダ型加圧式反応器 5 の反応室 6 へと供給する。このときのスラリーの強酸濃度及び水分含量は、第一糖化分解工程に供するスラリーと同様に調整されることが好ましい。

【0042】

<実施形態 3>

図 3 は、本発明の実施形態 3 を説明する概略フロー図を示す。本実施形態の基本的なフローは、実施形態 1 と同一であるため、ここでは実施形態 1 との相違点についてのみ説明する。実施形態 1 と同じ構成には、同じ用語を使用する。

40

【0043】

本実施形態においては、固液分離装置 4 から取り出されたC5糖化液は、酸回収装置 11 へと供給され、強酸が回収される。同様に、固液分離装置 9 から取り出されたC6糖化液は、酸回収装置 12 へと供給され、強酸が回収される。酸回収装置 11 及び 12 の具体例は、逆浸透膜装置又は電気透析装置である。脱酸されたC5糖化液及びC6糖化液は、アルコール発酵工程へと供給される。一方、回収された強酸は、混合槽 1 及び 10 へと供給され、第一糖化分解工程及び第二糖化分解工程に再利用される。強酸を回収して再利用すること

50

によって、強酸の消費量を少なくすることが可能となる。

【 0 0 4 4 】

< 従来技術 >

図 4 は、セルロース系バイオマスを超臨界状態又は亜臨界状態で糖化分解する方法であって、強酸を回収して再利用する従来技術を説明する概念図を示す。図 4 に示される従来技術の基本的なフローは、油圧シリンダ型加圧式反応器 5 の代わりに、セルロース糖化反応器 1 3 が使用される以外は、実施形態 3 と基本的に共通するため、ここでは実施形態 3 との相違点についてのみ説明する。実施形態 3 と同じ構成には、同じ用語を使用する。セルロース糖化反応器 1 3 の具体例は、ヘミセルロース糖化反応器 2 と同様である。

【 0 0 4 5 】

図 4 に示される従来技術では、第一糖化分解工程終了後、固液分離装置 4 から取り出された脱水ケーキ 1 は混合槽 1 0 に供給され、水及び強酸が添加される。このとき、第二糖化分解工程がセルロース糖化反応器 1 3 内で行われるために、脱水ケーキ 1 は、ヘミセルロース糖化反応器 2 に供給されるスラリーと同程度の水分含量に調整される必要がある。このため、実施形態 3 と比較して、第二糖化分解工程前に添加される強酸量が多くなる。

【 0 0 4 6 】

酸回収装置 1 1 及び 1 2 における強酸回収率は、実施形態 3 と同じであるが、混合槽 1 0 において脱水ケーキ 1 に添加される強酸量が多いため、回収しきれない強酸量は、実施形態 3 よりも多くならざるを得ない。第二糖化分解工程は、第一糖化分解工程よりも高温高圧の条件であるため、反応を急激に停止して副生物の生成を抑制し得る点で、セルロース糖化反応器 1 3 を使用する従来技術は、油圧シリンダ型加圧式反応器 5 を使用する実施形態 3 に劣る。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 4 7 】

本発明のエタノール製造方法は、セルロース系バイオマスを分解し、エタノールを製造するための方法として、バイオエネルギー分野において有用である。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 8 】

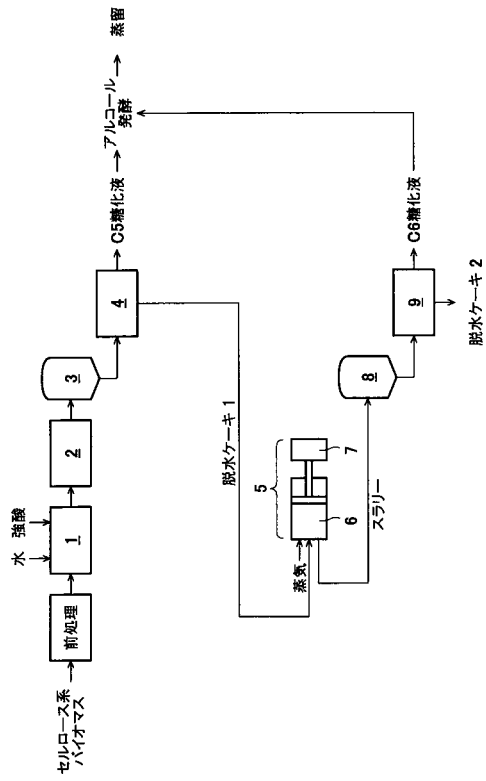
- 1 , 1 0 : 混合槽
- 2 : ヘミセルロース糖化反応器
- 3 , 8 : フラッシュタンク
- 4 , 9 : 固液分離装置
- 5 : 油圧シリンダ型加圧式反応器
- 6 : 反応室
- 7 : 油圧シリンダ
- 1 1 , 1 2 : 酸回収装置
- 1 3 : セルロース糖化反応器

10

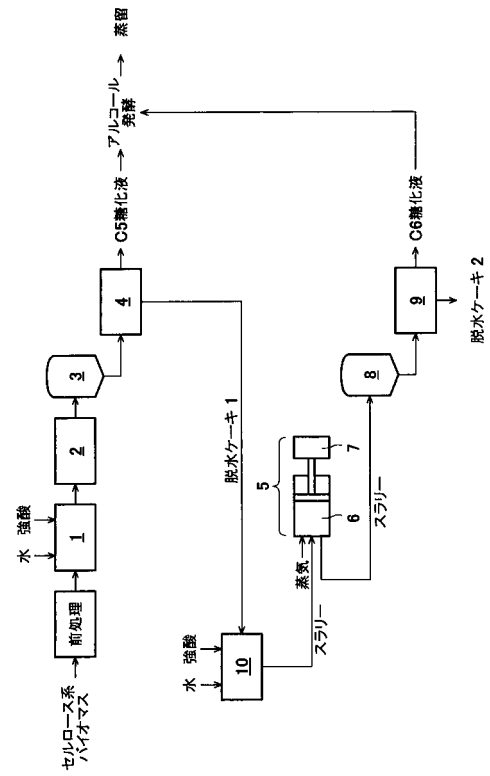
20

30

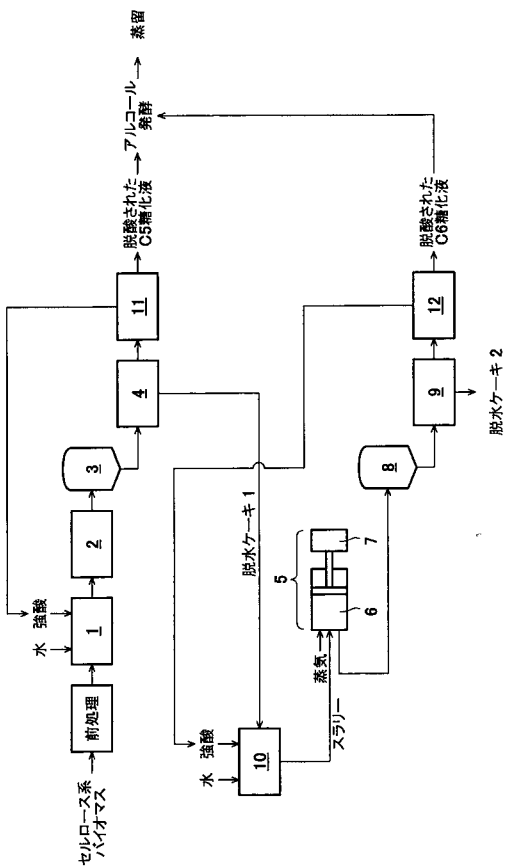
【図 1】



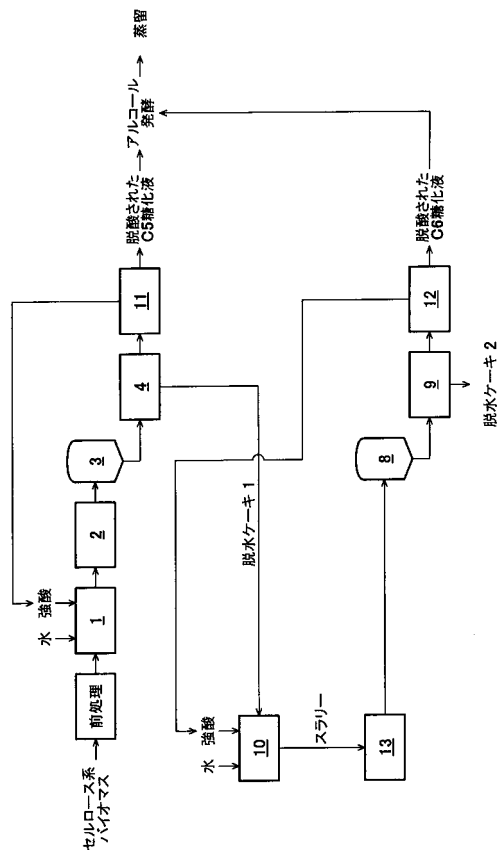
【図 2】



【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 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

F ターム(参考) 4B064 AC03 CA01 DA16