

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02012/004894

発行日 平成25年9月2日 (2013.9.2)

(43) 国際公開日 平成24年1月12日 (2012.1.12)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
BO9B	3/00	(2006.01)	BO9B	3/00	304Z	4B064	
BO1J	3/00	(2006.01)	BO1J	3/00	ZABA	4C057	
BO1J	3/02	(2006.01)	BO1J	3/02	C	4D004	
CO2F	3/28	(2006.01)	CO2F	3/28	Z	4D040	
BO1J	3/04	(2006.01)	BO1J	3/04	F		

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 25 頁) 最終頁に続く

出願番号 特願2010-547774 (P2010-547774)
 (21) 国際出願番号 PCT/JP2010/061724
 (22) 国際出願日 平成22年7月9日 (2010.7.9)
 (11) 特許番号 特許第4764528号 (P4764528)
 (45) 特許公報発行日 平成23年9月7日 (2011.9.7)

(71) 出願人 00006208
 三菱重工業株式会社
 東京都港区港南二丁目16番5号
 (74) 代理人 100089118
 弁理士 酒井 宏明
 (74) 代理人 100118762
 弁理士 高村 順
 (72) 発明者 鈴木 英夫
 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
 (72) 発明者 黒見 吉雄
 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

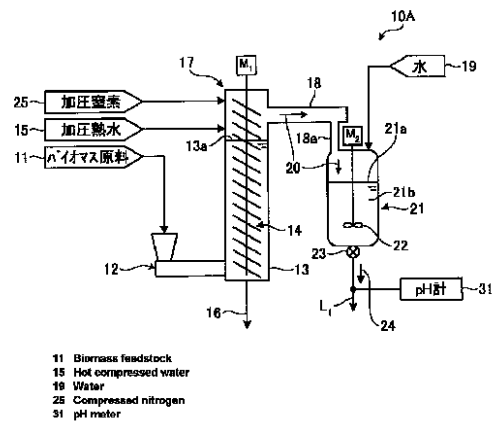
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 バイオマスの水熱分解システム及びバイオマス原料を用いた糖液生産方法

(57) 【要約】

セルロース、ヘミセルロース及びリグニンを有するバイオマス原料11を常圧下から加圧下に供給するバイオマス供給部12と、供給されたバイオマス原料を、下方から装置本体13の内部にて、スクリュー手段14により上方へ搬送すると共に、前記バイオマス原料11の供給箇所と異なる上方の側から加圧熱水15を装置本体13の内部に供給し、前記バイオマス原料11と加圧熱水15とを対向接触させつつ水熱分解し、排出する加圧熱水である熱水排出液16中に熱水溶解成分を移行し、前記バイオマス原料中からリグニン成分及びヘミセルロース成分を分離してなる水熱分解部17と、前記装置本体13の上方からバイオマス固形分20を抜出すバイオマス固形分抜出部18と、バイオマス固形分抜出部18と連通すると共に、内部に水19を注入し、抜出したバイオマス固形分20を投入してスラリー化するスラリー化槽21とを有する。

【図1】



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

セルロース、ヘミセルロース及びリグニンを有するバイオマス原料を常圧下から加圧下に供給するバイオマス供給部と、

バイオマス原料を加圧熱水により水熱分解し、加圧熱水中にリグニン成分及びヘミセルロース成分を溶解する水熱分解部と、

前記水熱分解部からバイオマス固形分を抽出するバイオマス固形分抽出部と、

バイオマス固形分抽出部と連通すると共に、内部に水が注入され、抽出したバイオマス固形分が投入されてスラリー化するスラリー化槽とを有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システム。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記水熱分解部が、供給されたバイオマス原料を、下方から装置本体の内部にて、搬送手段により上方へ搬送すると共に、前記バイオマス原料の供給箇所と異なる上方の側から加圧熱水を装置本体の内部に供給し、前記バイオマス原料と加圧熱水とを対向接触させつつ水熱分解し、排出する加圧熱水である熱水排出液中に熱水溶解成分を移行し、前記バイオマス原料中からリグニン成分及びヘミセルロース成分を分離してなることを特徴とするバイオマスの水熱分解システム。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 において、

前記スラリー化槽の後流側に設けられ、スラリー状バイオマス固形分の pH を計測する pH 計測装置を有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システム。

20

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか一つにおいて、

前記スラリー化槽の後流側に設けられ、スラリー状バイオマス固形分から水分を除去し、バイオマス固形分を分離する第 1 の固液分離装置を有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システム。

【請求項 5】

請求項 4 において、

前記第 1 の固液分離装置から分離されたバイオマス固形分を糖化する第 1 の糖化槽を有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システム。

30

【請求項 6】

請求項 4 又は 5 において、

前記第 1 の固液分離装置から分離した水をスラリー化槽に戻す第 1 の戻しラインを有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システム。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか一つにおいて、

前記水熱分解部からの熱水排出液を糖化する第 2 の糖化槽を有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システム。

【請求項 8】

請求項 4 乃至 6 のいずれか一つにおいて、

前記水熱分解部からの熱水排出液を糖化する第 2 の糖化槽を有し、前記第 1 の固液分離装置から分離した水を前記熱水排出液に混合することを特徴とするバイオマスの水熱分解システム。

40

【請求項 9】

請求項 5 において、

前記第 1 の固液分離装置で分離されたバイオマス固形分に酵素を添加して酵素液化する酵素液化槽を設け、

前記酵素液化槽で得られた酵素液化物を用い、前記第 1 の糖化槽で酵素により糖化することを特徴とするバイオマスの水熱分解システム。

50

- 【請求項 10】
請求項 1 乃至 3 のいずれか一つにおいて、
前記スラリー状バイオマス固形分を糖化する第 3 の糖化槽を有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システム。
- 【請求項 11】
請求項 10 において、
糖化後の糖液から、固体分を分離する第 2 の固液分離装置と、
固体分離後の糖液から、水を除去する第 1 の水分分離装置とを有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システム。
- 【請求項 12】 10
請求項 10 又は 11 において、
前記水熱分解部からの熱水排出液を糖化する第 2 の糖化槽を有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システム。
- 【請求項 13】
請求項 7 又は 12 において、
前記第 2 の糖化槽で糖化後の糖液から、固体分を分離する第 3 の固液分離装置と、
固体分離後の糖液から、水を除去する第 2 の水分分離装置とを有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システム。
- 【請求項 14】 20
請求項 11 又は 13 において、
前記第 1 の水分分離装置又は第 2 の水分分離装置から分離した水を、スラリー化槽又は水熱分解装置の温度調整手段の冷却部のいずれか一方又は両方に戻す第 2 の戻しラインを有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システム。
- 【請求項 15】
請求項 11 又は 13 において、
前記第 1 の水分分離装置又は第 2 の水分分離装置から分離した水を加圧・加熱手段により加圧熱水とし、水熱分解装置の加圧熱水に戻す第 3 の戻しラインとを有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システム。
- 【請求項 16】 30
請求項 6、14 又は 15 において、
前記第 1 の戻しライン又は第 2 の戻しライン又は第 3 の戻しラインに生物処理装置を有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システム。
- 【請求項 17】
セルロース、ヘミセルロース及びリグニンを有するバイオマス原料を常圧下から加圧下に供給し、前記バイオマス原料を加圧熱水により水熱分解部により水熱分解し、前記加圧熱水中にリグニン成分及びヘミセルロース成分を溶解させ、
その後、前記水熱分解部から抽出したバイオマス固形分を、内部に水が注入され、前記水熱分解部と連通するスラリー化槽に投入し、スラリー状バイオマス固形分とし、
次いで、前記スラリー状バイオマス固形分から水を除去し、
その後、水が除去されたバイオマス固形分を酵素糖化し、糖液を生産することを特徴とするバイオマス原料を用いた糖液生産方法。
- 【請求項 18】 40
請求項 17 において、
水が除去されたバイオマス固形分を酵素糖化する前流側で、前記バイオマス固形分を酵素液化することを特徴とするバイオマス原料を用いた糖液生産方法。
- 【請求項 19】
セルロース、ヘミセルロース及びリグニンを有するバイオマス原料を常圧下から加圧下に供給し、前記バイオマス原料を加圧熱水により水熱分解部により水熱分解し、前記加圧熱水中にリグニン成分及びヘミセルロース成分を溶解させ、
その後、前記水熱分解部から抽出したバイオマス固形分を、内部に水が注入され、前記
- 50

水熱分解部と連通するスラリー化槽に投入し、スラリー状バイオマス固形分とし、

前記スラリー状バイオマス固形分を酵素糖化して糖液を得た後、固形分を分離し、次いで水を除去することを特徴とするバイオマス原料を用いた糖液生産方法。

【請求項 20】

請求項 17 乃至 19 のいずれか一つのバイオマス原料を用いた糖液製造方法により得られた糖液を用いてアルコール発酵を行い、アルコールを製造することを特徴とするアルコール製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、バイオマス原料を効率よく分解することができるバイオマスの水熱分解システム、バイオマス原料を用いた糖液生産方法及びアルコール製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、希硫酸、濃硫酸による木材等のバイオマスの糖化处理後、固液分離し、液相を中和処理し、エタノール発酵等の原料として利用するエタノール等の製造技術が実用化されている（特許文献 1、特許文献 2）。

また、糖を出発原料として、化学工業原料生産（例えば乳酸発酵等）も考えられる。

ここで、バイオマスとは、地球生物圏の物質循環系に組み込まれた生物体又は生物体から派生する有機物の集積をいう（JIS K 3600 1258 参照）。

【0003】

ここで、現在アルコール原料として用いられているサトウキビ、トウモロコシ等は本来食用に供されるものであるが、これらの食用資源を長期的、安定的に工業用利用資源とすることは、有効食料品のライフサイクルの観点から、好ましくない。

【0004】

このため、将来的に有用な資源と考えられる草本系バイオマスや木質系バイオマスのようなセルロース系資源を有効活用するのは、重要な課題である。

【0005】

また、セルロース系資源では、セルロースは 38 ~ 50 %、ヘミセルロース成分が 23 ~ 32 % と様々で、発酵原料にならないリグニン成分も 15 ~ 22 % とそれぞれ異なっている。多くの課題を抱えたままの工業化研究のため、原料は固定的に想定されており、原料の汎用性を考慮した生産システムの技術の開示は未だないのが現状である。

【0006】

さらに、元来、澱粉原料に較べて発酵原料に不利な方法で、ごみ問題、地球温暖化防止対応などを目標に考えるのであるから、原料を固定的に考えた生産システムでは意味が薄れる。広く一般の廃棄物に適用できなければならない。酵素糖化法そのものも、効率が悪すぎて、将来課題とされているのが現状である。酸処理による糖化率も、過剰反応による糖の過分解などで、およそ 75 %（糖化可能成分基準）前後とかなり小さい値となっている。従って、セルロース系資源に対して、エタノール生産収率はおよそ 25 % に止まっている（非特許文献 1、特許文献 3）。

【0007】

なお、特許文献 1 乃至 3 の従来技術では、副反応生成物が酵素糖化阻害を引起し糖収率が減少する現象が起きていたので、酵素糖化阻害物質を除去し、セルロース主体による酵素糖化性を高める水熱分解装置の提案を先にした（特許文献 4 及び 5）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献 1】特表平 9 - 507386 号公報

【特許文献 2】特表平 11 - 506934 号公報

【特許文献 3】特開 2005 - 168335 号公報

10

20

30

40

50

【特許文献4】特開2009-183805号公報

【特許文献5】特開2009-183154号公報

【非特許文献】

【0009】

【非特許文献1】日経バイオビジネス、p.52、2002年9月

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

前述した特許文献4及び5における水熱分解装置では、バイオマスと加圧熱水とを対向接触するように供給して、内部熱交換で水熱反応させているが、内部温度が180～240の高温状態であると共に、その各温度における水の飽和蒸気に対して、更に0.1から0.4MPa高い圧力を加えているので、その反応後に、加圧状態から常圧状態にバイオマス固形物をそのまま抜き出す際に、加圧気体である例えば窒素の流出が発生する、という問題がある。

10

【0011】

また、垂直型の水熱分解装置における加圧熱水と、加圧気体との気液界面から抜き出される水熱分解物は、高温・高圧状態であるので、反応が進行し、バイオマス固形物に伴伴される熱水に可溶化された後の熱水可溶化ヘミセルロースや熱水不溶分のセルロースが高温(180～240)の温度域で過分解が生じる、という問題がある。

【0012】

本発明は、前記課題に鑑み、バイオマス原料を高温・高圧状態で水熱分解処理した後に、バイオマス固形物を抜き出す際に、加圧気体の流出を防止することができるとともに、バイオマス原料中のセルロースやヘミセルロースの過分解を抑制して、効率よく有価物を得るバイオマスの水熱分解システム、バイオマス原料を用いた糖液生産方法及びアルコール製造方法を提供する。

20

【課題を解決するための手段】

【0013】

上述した課題を解決するための本発明の第1の発明は、セルロース、ヘミセルロース及びリグニンを有するバイオマス原料を常圧下から加圧下に供給するバイオマス供給部と、バイオマス原料を加圧熱水により水熱分解し、加圧熱水中にリグニン成分及びヘミセルロース成分を溶解する水熱分解部と、前記水熱分解部からバイオマス固形分を抽出するバイオマス固形分抽出部と、バイオマス固形分抽出部と連通すると共に、内部に水が注入され、抽出したバイオマス固形分が投入されてスラリー化するスラリー化槽とを有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システムにある。

30

【0014】

第2の発明は、第1の発明において、前記水熱分解部が、供給されたバイオマス原料を、下方から装置本体の内部にて、搬送手段により上方へ搬送すると共に、前記バイオマス原料の供給箇所と異なる上方の側から加圧熱水を装置本体の内部に供給し、前記バイオマス原料と加圧熱水とを対向接触させつつ水熱分解し、排出する加圧熱水である熱水排出液中に熱水溶解成分を移行し、前記バイオマス原料中からリグニン成分及びヘミセルロース成分を分離してなることを特徴とするバイオマスの水熱分解システムにある。

40

【0015】

第3の発明は、第1又は2の発明において、前記スラリー化槽の後流側に設けられ、スラリー状バイオマス固形分のpHを計測するpH計測装置を有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システムにある。

【0016】

第4の発明は、第1乃至3のいずれか一つの発明において、前記スラリー化槽の後流側に設けられ、スラリー状バイオマス固形分から水分を除去し、バイオマス固形分を分離する第1の固液分離装置を有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システムにある。

【0017】

50

第5の発明は、第4の発明において、前記第1の固液分離装置から分離されたバイオマス固形分を糖化する第1の糖化槽を有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システムにある。

【0018】

第6の発明は、第4又は5の発明において、前記第1の固液分離装置から分離した水をスラリー化槽に戻す第1の戻しラインを有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システムにある。

【0019】

第7の発明は、第1乃至6のいずれか一つの発明において、前記水熱分解部からの熱水排出液を糖化する第2の糖化槽を有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システムにある。

10

【0020】

第8の発明は、第4乃至6のいずれか一つの発明において、前記水熱分解部からの熱水排出液を糖化する第2の糖化槽を有し、前記第1の固液分離装置から分離した水を前記熱水排出液に混合することを特徴とするバイオマスの水熱分解システムにある。

【0021】

第9の発明は、第5の発明において、前記第1の固液分離装置で分離されたバイオマス固形分に酵素を添加して酵素液化する酵素液化槽を設け、前記酵素液化槽で得られた酵素液化物を用い、前記第1の糖化槽で酵素により糖化することを特徴とするバイオマスの水熱分解システムにある。

20

【0022】

第10の発明は、第1乃至3のいずれか一つの発明において、前記スラリー状バイオマス固形分を糖化する第3の糖化槽を有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システムにある。

【0023】

第11の発明は、第10の発明において、糖化後の糖液から、固体分を分離する第2の固液分離装置と、固体分離後の糖液から、水を除去する第1の水分分離装置とを有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システムにある。

【0024】

第12の発明は、第10又は11の発明において、前記水熱分解部からの熱水排出液を糖化する第2の糖化槽を有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システムにある。

30

【0025】

第13の発明は、第7又は12の発明において、前記第2の糖化槽で糖化後の糖液から、固体分を分離する第3の固液分離装置と、固体分離後の糖液から、水を除去する第2の水分分離装置とを有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システムにある。

【0026】

第14の発明は、第11又は13の発明において、前記第1の水分分離装置又は第2の水分分離装置から分離した水を、スラリー化槽又は水熱分解装置の温度調整手段の冷却部のいずれか一方又は両方に戻す第2の戻しラインを有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システムにある。

40

【0027】

第15の発明は、第11又は13の発明において、前記第1の水分分離装置又は第2の水分分離装置から分離した水を加圧・加熱手段により加圧熱水とし、水熱分解装置の加圧熱水に戻す第3の戻しラインとを有することを特徴とするバイオマスの水熱分解システムにある。

【0028】

第16の発明は、第6、14又は15の発明において、前記第1の戻しライン又は第2の戻しライン又は第3の戻しラインに生物処理装置を有することを特徴とするバイオマスの処理システムにある。

【0029】

50

第17の発明は、セルロース、ヘミセルロース及びリグニンを有するバイオマス原料を常圧下から加圧下に供給し、前記バイオマス原料を加圧熱水により水熱分解部により水熱分解し、前記加圧熱水中にリグニン成分及びヘミセルロース成分を溶解させ、その後、前記水熱分解部から抽出したバイオマス固形分を、内部に水が注入され、前記水熱分解部と連通するスラリー化槽に投入し、スラリー状バイオマス固形分とし、次いで、前記スラリー状バイオマス固形分から水を除去し、その後、水が除去されたバイオマス固形分を酵素糖化し、糖液を生産することを特徴とするバイオマス原料を用いた糖液生産方法にある。

【0030】

第18の発明は、第17の発明において、水が除去されたバイオマス固形分を酵素糖化する前流側で、前記バイオマス固形分を酵素液化することを特徴とするバイオマス原料を用いた糖液生産方法にある。

10

【0031】

第19の発明は、セルロース、ヘミセルロース及びリグニンを有するバイオマス原料を常圧下から加圧下に供給し、前記バイオマス原料を加圧熱水により水熱分解部により水熱分解し、前記加圧熱水中にリグニン成分及びヘミセルロース成分を溶解させ、その後、前記水熱分解部から抽出したバイオマス固形分を、内部に水が注入され、前記水熱分解部と連通するスラリー化槽に投入し、スラリー状バイオマス固形分とし、前記スラリー状バイオマス固形分を酵素糖化して糖液を得た後、固形分を分離し、次いで水を除去することを特徴とするバイオマス原料を用いた糖液生産方法にある。

【0032】

20

第20の発明は、第17乃至19のいずれか一つのバイオマス原料を用いた糖液生産方法により得られた糖液を用いてアルコール発酵を行い、アルコールを製造することを特徴とするアルコール製造方法にある。

【発明の効果】

【0033】

本発明によれば、内部に水が注入されたスラリー化槽の液体中に、水熱分解したバイオマス固形分を投入させることで、スラリー化状態にしつつ液体シールがなされ、加圧気体の流出を防止することができる。これにより加圧用気体（例えば加圧窒素等）の流出が防止され、ランニングコスト削減を図ることができる。

【0034】

30

また、液体中にバイオマス固形分を投入するので、液体による直接熱交換によりバイオマス固形分を冷却することで反応停止を効率良く行うことができ、バイオマス固形分に同伴する熱水による残留ヘミセルロース、残留リグニン及び主成分セルロースの過分解が抑制される。この結果、反応阻害成分の生成抑制を図ると共に、セルロース分の回収率の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】図1は、実施例1に係るバイオマスの水熱分解システムの概略図である。

【図2】図2は、実施例2に係るバイオマスの水熱分解システムの概略図である。

【図3】図3は、実施例3に係るバイオマスの水熱分解システムの概略図である。

40

【図4】図4は、実施例4に係るバイオマスの水熱分解システムの概略図である。

【図5】図5は、実施例5に係るバイオマスの水熱分解システムの概略図である。

【図6】図6は、実施例6に係るバイオマスの水熱分解システムの概略図である。

【図7】図7は、実施例7に係るバイオマスの水熱分解システムの概略図である。

【図8】図8は、バイオマスを熱水で水熱分解する垂直型の水熱分解装置の模式図である。

【図9】図9は、バイオマスの熱水による分解の様子を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0036】

以下、この発明につき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、この実施例によりこの

50

発明が限定されるものではない。また、下記実施例における構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。

【実施例 1】

【0037】

本発明に係るバイオマスの水熱分解システムについて、図面を参照して説明する。

図 1 は、実施例 1 に係るバイオマスの水熱分解システムの概略図である。図 1 に示すように、本実施例に係るバイオマスの水熱分解システム 10 A は、セルロース、ヘミセルロース及びリグニンを有するバイオマス原料 11 を常圧下から加圧下に供給するバイオマス供給部 12 と、バイオマス原料 11 を加圧熱水（以下、「熱水」ともいう）15 により水熱分解し、加圧熱水 15 中にリグニン成分及びヘミセルロース成分を溶解する水熱分解部 17 と、前記水熱分解部 17 からバイオマス固形分 20 を拔出するバイオマス固形分拔出部 18 と、バイオマス固形分拔出部 18 と連通すると共に、内部に水 19 が注入され、拔出したバイオマス固形分 20 を投入してスラリー状バイオマス固形分 24 とするスラリー化槽 21 と、前記スラリー状バイオマス固形分 24 を加圧下から常圧下へ排出する排出部 23 とを有するものである。

10

【0038】

前記水熱分解部としては、バイオマス原料 11 を高温・高圧条件で分解処理する公知の水熱処理装置を用いることができる。図 1 を用いて水熱分解装置の一例を説明するが、本発明はこの装置に限定されるものではない。

図 1 に示すように、本実施例に係る水熱分解装置では、水熱分解部 17 に供給されたバイオマス原料 11 を、下方から装置本体 13 の内部にて、搬送手段である第 1 のスクリー手段 14 により上方へ搬送すると共に、前記バイオマス原料 11 の供給箇所と異なる上方の側から加圧熱水 15 を装置本体 13 の内部に供給し、前記バイオマス原料 11 と加圧熱水 15 とを対向接触させつつ水熱分解し、排出する加圧熱水である熱水排出液 16 中に熱水溶解成分（リグニン成分及びヘミセルロース成分）を移行し、前記バイオマス原料 11 中からリグニン成分及びヘミセルロース成分を分離してなるものである。

20

【0039】

ここで、搬送手段としては、本実施例ではスクリー手段を例示しているが、バイオマス固形分を下方から上方に搬送することができるものであれば、スクリー手段に限定されるものではない。

30

【0040】

前記スラリー化槽 21 に投入される水 19 は、加圧用の加圧室素 25 のリークを防止する目的で液体シールをなすためには系内の圧力下において液体状であればよく、バイオマス固形分 20 が含有する水分中に含まれるヘミセルロースの過分解（分解開始温度約 140 ~ 180）を抑制するためにはスラリー化槽 21 の液温を 140 以下に冷却するよう、バイオマス固形分 20 の温度やスラリー化槽 21 の容量に応じて注入する水 19 の温度を適宜設定すればよい。水 19 は、例えば 0 ~ 60 の範囲内で通常用いられる水（例えばクーリングタワー水やチラー水）などを用いることができ、後述するように系内の水を循環して再利用することもできる。

【0041】

ここで、図 1 中、符号 18 a はバイオマス固形分拔出部 18 とスラリー化槽 21 とを連通する通路、22 はスラリー化槽 21 内部を攪拌する攪拌手段、13 a は水熱分解部 17 の気液界面、21 a はスラリー化槽 21 の気液界面、L₁ は拔出しライン、M₁ は第 1 のスクリー手段 14 を駆動するモータ、M₂ は攪拌手段 22 を駆動するモータを各々図示する。

40

【0042】

次に、バイオマス原料 11 を水熱分解部 17 により水熱分解する概要を説明する。図 8 は、バイオマスを熱水で水熱分解する垂直型の水熱分解装置の模式図であり、図 9 は、バイオマスの熱水による分解の様子を示す図である。

水熱分解部 17 では、バイオマス原料 11 と加圧熱水 15 とを対向接触するように供給

50

して、内部熱交換で水熱反応させている。図8において、対向接触領域Xと、非対向接触領域Yとを示し、非対向接触領域Yでも高温・高圧状態のままであり、前記非対向接触領域Yにてもバイオマス固形分20の水熱分解反応は進行することとなり、時に過分解となることもある。

【0043】

図8に示すように、垂直型の水熱分解装置では、バイオマス原料(固体)11を下部側から装置本体13内部に供給し、内部に設けた第1のスクリー手段14により上方側に移動させ、上部側からバイオマス固形分(熱水不可溶分)20をバイオマス固形分拔出部18を介して、水19が注入されたスラリー化槽21の液体21b中に落下させている。

【0044】

このように、内部に水19を注入したスラリー化槽21を設けることで、加圧窒素25がリークすることなく効率よく連続的にバイオマス固形分20を直接熱交換により冷却することができるため、水熱分解反応を停止することが可能となり、対向接触領域X以外での水熱分解反応を抑制することができる。

【0045】

図9に示すように、バイオマス(セルロース系原料)原料11には、セルロース以外にヘミセルロースやリグニンが含まれており、具体的にはセルロースをヘミセルロースが束ね、リグニンが接着している構造を有している。

バイオマスは水熱分解後には、熱水不溶分(固形分)と熱水可溶分とに分けられることとなる。熱水不溶分は主にセルロース(C6糖の原料)であり、熱水可溶分は主にヘミセルロース(C5糖の原料)であり、各々酵素により糖化することで糖を得ることができる。

【0046】

よって、バイオマス原料11が加圧熱水15により高温(180~240)の温度域で水熱分解され、熱水側にヘミセルロースを溶解させると共に、リグニンも分解・溶解させており、その結果熱水側にはヘミセルロース等が溶解されることとなる。

熱水に可溶化された後の熱水可溶化ヘミセルロースの状態では、高温(180~240)の温度域では過分解が生じる。

【0047】

このヘミセルロースの過分解は、C5糖の原料となるヘミセルロースの収率が低下するので、熱水可溶化分のヘミセルロースの過分解を抑制する必要がある。

また、熱水中への過分解物の混入は、後流側設備における酵素による糖化工程及びアルコール発酵等の発酵工程での反応阻害要因となるので、この阻害物の発生を阻止することも必要となる。

【0048】

図1において、バイオマス固形分拔出部18には、図示しない第2のスクリー手段が設けられ、第1のスクリー手段14により下方から上方に搬送された熱水不溶分であるバイオマス固形分20をスラリー化槽21側へ拔出している。そして、拔出されたバイオマス固形分20は通路18aから液体21b中に順次落下し、スラリー化槽21内に設けた攪拌手段22の攪拌により、スラリー化される。

【0049】

また、スラリー化槽21内の液体21b中に落下されたバイオマス固形分20が液体21bとの直接熱交換により冷却され、この結果、バイオマス固形分20に同伴した熱水による残留ヘミセルロース、残留リグニン及び主成分セルロースの過分解が抑制される。

【0050】

これは、水熱分解部17の気液界面13aの上方側のガス雰囲気内では、第1のスクリー手段14によりバイオマス固形分20が熱水液面(気液界面13a)より上に露出される。しかしながら、バイオマス固形分20に同伴する加圧熱水15の存在により、高温・高圧状態で未だ反応が進行しているので、バイオマス固形分20をスラリー化槽21内の液体21b中に投入することで、反応停止させることができる。

10

20

30

40

50

よって、この反応停止によって、残留ヘミセルロース、残留リグニン及び主成分セルロースの過分解が抑制されることとなり、セルロース分の過分解が抑制されその回収率が向上すると共に、後流側における反応阻害成分の生成が抑制される。

【0051】

また、スラリー化槽21内に水19を注入し、液体21bが存在するため、水熱分解部17の気液界面13aと、スラリー化槽21の気液界面21aとにおいて、液封止がなされることとなり、これにより加圧用気体である加圧窒素25のリークが防止される。これにより、ガスリークに伴うロスがなくなり、加圧用気体にかかるランニングコストの大幅な削減を図ることができる。なお、スラリー化槽21には図示しない安全弁や加圧窒素25の流入通路が形成されている。

10

【0052】

また、バイオマス固形分20をスラリー化させることにより、流動化が可能となり、スラリー化槽21から外部へ排出する際の排出機構が簡易となる。すなわち、バイオマス固形分20が高温状態のままであると、排出機構の材質も例えば高価な材料を使用する必要があるが、スラリー化槽21で冷却するので、その排出側に設ける排出部23の材質を安価なステンレスや樹脂等を使用することができる。この排出部23としては、例えばロータリーフィーダ、流量調整弁等を用いることができる。

【0053】

また、バイオマス固形分は空隙率が大きく、かさ密度が小さいので、固体のままでの取り扱い性が煩雑であったが、スラリー化により減容化を図ることができることとなり、取り扱い性も容易となる。

20

すなわち、液体21bに添加する前では、バイオマス固形分20は、いわゆるケーキ状であり、加圧用気体のしめる割合が多く空隙率が大きく、かさ密度が0.5g/cc以下と小さいものであった。これがスラリー化することで、空隙間が減少し、減容化を図ることとなる。

【0054】

さらに、バイオマス固形分20をスラリー化させることにより、流動化が可能となり、その後の工程での取り扱いが容易となる。

特に、糖化処理においては、酵素反応であるので、所定の温度以下（例えば60以下）に冷却する必要がある。この際、バイオマス固形分の状態での冷却はその熱交換効率は良好でないので、大がかりな熱交換手段を必要とするが、スラリー化させることにより、冷却効率が良好となり、大がかりな熱交換手段が不要となる。

30

【0055】

また、スラリー化槽21内を冷却するための間接冷却手段を設けるようにすることもできる。

また、スラリー化槽21は攪拌手段22を設けているが、本発明はこれに限定されず、例えばポンプによる循環手段等で攪拌させるようにしてもよい。

【0056】

また、本実施例では、スラリー化槽21から抜き出されたスラリー状バイオマス固形分24の拔出しラインL₁に、pH計31を設けている。

40

このpH計31を設けることにより、スラリー状バイオマス固形分24中に残存する有機酸の有無を確認することができる。

これにより、水熱分解により生じる有機酸（例えば酢酸等）の発生状況を監視することができる。

【0057】

このpH計31でのpHの監視の結果、スラリー状バイオマス固形分24中のpHが小さくなる場合には、酢酸等の有機酸が発生したことが判定でき、水熱分解部17の加圧熱水の温度制御を行うようにすればよい。

【0058】

また、pH計31によりpHを計測し、加圧熱水の供給量の制御を行い、水熱分解反応

50

の制御を行うようにしてもよい。

その他の pH に基づく水熱分解部 17 の制御としては、バイオマス原料 11 の供給量の制御（反応時間）によって水熱分解反応を制御する方法や、バイオマス原料 11 の第 1 のスクリー手段 14 による掻揚げ速度（反応時間）の制御によって水熱分解反応を制御する方法や、装置本体 13 の気液界面 13 a の液レベル（反応時間）の制御によって水熱分解反応を制御する方法や、熱水排出液 16 の排出量の制御（反応時間）によって水熱分解反応を制御する方法等を行うことができる。

【0059】

ここで、前記水熱分解部 17 に供給するバイオマスとしては、特に限定されるものではなく、地球生物圏の物質循環系に組み込まれた生物体又は生物体から派生する有機物の集積をいう（JIS K 3600 1258 参照）が、本発明では特に木質系の例えば広葉樹、草本系等のセルロース系資源や農業系廃棄物、食品廃棄物等を用いるのが好ましい。

10

【0060】

また、前記バイオマス原料 11 としては、粒径は特に限定されるものではないが、5 m m 以下に粉砕することが好ましい。

本実施例では、バイオマスの供給前において、前処理装置として、例えば粉砕装置を用いて前処理するようにしてもよい。また、洗浄装置により洗浄するようにしてもよい。

なお、バイオマス原料 11 として、例えば籾殻等の場合には、粉砕処理することなく、そのままバイオマス供給部 12 に供給することができるものとなる。

20

【0061】

また、水熱分解部 17 における、反応温度は 180 ~ 240 の範囲とするのが好ましい。さらに好ましくは 200 ~ 230 とするのがよい。

これは、180 未満の低温では、水熱分解速度が小さく、長い分解時間が必要となり、装置の大型化につながり、好ましくないからである。一方 240 を超える温度では、分解速度が過大となり、セルロース成分が固体から液体側への移行を増大すると共に、ヘミセルロース系糖類の過分解が促進され、好ましくないからである。

また、ヘミセルロース成分は約 140 付近から、セルロースは約 230 付近から、リグニン成分は 140 付近から溶解するが、セルロースを固形分側に残し、且つヘミセルロース成分及びリグニン成分が十分な分解速度を持つ 180 ~ 240 の範囲とするのがよい。

30

【0062】

反応圧力は、装置本体 13 の反応温度（180 ~ 240）の各温度の水の飽和蒸気圧に、更に 0.1 ~ 0.5 MPa だけ高い圧力を加えることとするのが好ましい。

また、反応時間は 20 分以下、3 分 ~ 10 分とするのが好ましい。これはあまり長く反応を行うと過分解物の割合が増大し、好ましくないからである。

【0063】

前記常圧下から加圧下に供給するバイオマス供給装部 12 としては、例えば、スクリー、ピストンポンプ又はスラリーポンプ等の手段を挙げることができる。

【0064】

また、水熱分解装置は、本実施例では、垂直型の装置としているが、本発明はこれに限定されるものではなく、気液界面 13 a を有する傾斜型の水熱分解装置としてもよい。

40

【0065】

ここで、水熱分解装置を傾斜型又は垂直型とするのは、水熱分解反応において発生したガスや原料中に持ち込まれたガス等が上方から速やかに抜けることができ好ましいからである。また、加圧熱水 15 で分解生成物を抽出するので、抽出効率の点において上方から下方に向かって抽出物の濃度が高まることとなり、好ましいものとなる。

【0066】

以上のように、本実施例によれば、バイオマス原料からセルロース主体の成分とヘミセルロース成分を固液接触状態で分解処理した後、その分解物であるバイオマス固形分をス

50

ラリー化槽の内部に注入した液体中に、投入することで、スラリー化させると共に、液体シールがなされ、加圧気体の流出を防止することができる。これにより加圧用気体（例えば加圧窒素等）の流出が防止され、ランニングコストの大幅な削減を図ることができる。

【実施例 2】

【0067】

次に、本発明に係るバイオマスの水熱分解システムの他の実施例について、図面を参照して説明する。なお、実施例 1 のバイオマスの水熱分解システムと同一部材については同一符号を付してその説明は省略する。

図 2 は、実施例 2 に係るバイオマスの水熱分解システムを示す概略図である。

図 2 に示すように、バイオマスの水熱分解システム 10B は、実施例 1 のバイオマスの水熱分解システム 10A において、さらにスラリー化槽 21 から抜き出されたスラリー状バイオマス固形分 24 の抜出しライン L_1 に、バイオマス固形分 33 と水 34 とを分離する第 1 の固液分離装置 32 と、この第 1 の固液分離装置 32 で分離されたバイオマス固形分 33 を酵素 41A により糖化する第 1 の糖化槽 40A と、水熱分解部 17 から排出された熱水排出液 16 を酵素 41B により糖化する第 2 の糖化槽 40B とを有し、バイオマス固形分 33 を糖化させて糖液（C6 糖）42A を得ると共に、熱水排出液 16 を糖化させて糖液（C5 糖）42B を得るようにしている。第 1 の固液分離装置 32 で分離された水 34 は第 1 の戻しライン L_2 を介して前記スラリー化槽 21 に戻し、第 1 の戻しラインに L_2 は必要に応じて冷却器 35 を備えるようにしてもよい。

図 2 中、符号 40a、40b は攪拌手段、 $M_{3A,3B}$ は攪拌手段 40a、40b を駆動するモータを図示する。

【0068】

この第 1 の固液分離装置 32 により、反応阻害物質を含む水 34 を除去してバイオマス固形分 33 としている。この第 1 の固液分離装置 32 で水 34 を除去することで、任意の固形分濃度とすることができる。これにより、後流の第 1 の糖化槽 40A における糖化反応の基質濃度の調整が可能となる。例えば、糖化後の糖濃度を高くしたい場合には、第 1 の固液分離装置 32 での水分の除去率を上げてより高い基質濃度で糖化を行えばよく、また、糖化や糖化後の攪拌・移送などを操作性よく行いたい場合や糖化速度を向上させたい場合には、水分の除去率を下げてより低い基質濃度で糖化を行えばよい。

【0069】

本実施例では、第 1 の固液分離装置 32 により、不要な水分を除去しているので、より高基質濃度で糖化することができ、C6 糖濃度の向上を図ることができる。

また、水熱分解部 17 より同伴され固形分に含まれた水分中には、発酵を阻害する物質等が含まれるが、第 1 の固液分離装置 32 で水 34 を除去することで、これらを除去して糖化を行うことができ、結果として糖の品質が向上する。

また、水 34 を除去することができるので、濃度調整が可能となり、酵素条件の最適化を図ることができる。

本実施例では熱水排出液 16 から C5 糖を得る工程も同時に記載したが、C6 糖のみを得たい場合には、熱水排出液 16 の糖化（C5 糖化）を省略した設備とすることもできる。

【実施例 3】

【0070】

次に、本発明に係るバイオマスの水熱分解システムの他の実施例について、図面を参照して説明する。なお、実施例 2 のバイオマスの水熱分解システムと同一部材については同一符号を付してその説明は省略する。

図 3 は、実施例 3 に係るバイオマスの水熱分解システムを示す概略図である。

図 3 に示すように、バイオマスの水熱分解システム 10C は、実施例 2 のバイオマスの水熱分解システム 10B において、第 1 の固液分離装置 32 から分離した水 34 を供給ライン L_3 により熱水排出液 16 側と混合し、その後第 2 の糖化槽 40B で糖化するようにしている。

【0071】

第1の固液分離装置32にて分離した水34には、熱水可溶分であるオリゴ糖等の、C5糖の原料となる成分が含まれるため、熱水排出液16側の第2の糖化槽40Bで糖化することで、C5糖の回収率の向上を図ることができる。

【実施例4】

【0072】

次に、本発明に係るバイオマスの水熱分解システムの他の実施例について、図面を参照して説明する。なお、実施例2のバイオマスの水熱分解システムと同一部材については同一符号を付してその説明は省略する。

図4は、実施例4に係るバイオマスの水熱分解システムを示す概略図である。

10

図4に示すように、バイオマスの水熱分解システム10Dは、実施例2のバイオマスの水熱分解システム10Bにおいて、前記第1の固液分離装置32で分離されたバイオマス固形分33に酵素41Aを添加して酵素液化する酵素液化槽43Aを設けている。

【0073】

酵素液化槽43Aでは、例えばセルラーゼ等の酵素41Aによりバイオマス固形分33の加水分解により、例えばオリゴ糖が生じること等で液化させ、その後酵素液化物45のオリゴ糖を更に加水分解させることで糖化（単糖化：主にC6糖生成）させている。

【0074】

本実施例では、バイオマス原料を水熱分解部17に供給して水熱分解処理し、連続的にバイオマス固形分20を得た後、スラリー化槽21でスラリー化し、その後第1の固液分離装置32でバイオマス固形分33を分離し、酵素41Aを添加して、酵素液化槽43Aで酵素液化物45を得ている。その後、酵素液化物45を別途設けた大型の第1の糖化槽40Aに導入して、所定の熟成時間かけてバッチ糖化処理を行い、糖液（C6糖）42Aを得るようにしている。なお、大型の第1の糖化槽40Aが所定量になったら、図示しない別の大型の第1の糖化槽40Aを用いてバッチ処理を行うようにすればよい。

20

【0075】

また、酵素液化槽43Aに添加する酵素41Aの量は、酵素液化槽43Aで操作性よくバイオマス固形分が液化する量であれば足りるが、例えば後流の酵素糖化槽40Aで十分な糖化が行える酵素を酵素液化槽43Aに添加してもよく、あるいは酵素液化槽43Aではその操作性のみを重視し、液化するに足りるだけの酵素41Aを添加し、後流の第1の糖化槽40Aで十分な糖化を行うに足りる酵素41Aを添加するようにしてもよい。

30

図中、符号43aは攪拌手段、M₄は攪拌手段43aを駆動するモータを図示する。

【0076】

本実施例では、バイオマス固形分33を一度酵素液化槽43Aで液化処理をしているので、例えばポンプの搬送が可能となり、ハンドリング等の作業性が向上する。また、液化により攪拌が容易となるので、第1の糖化槽40Aの攪拌手段M_{3A}の攪拌動力も小さくすることができる。さらに、液中での酵素反応となるので、反応速度が大きくなり、大型の第1の糖化槽40Aの小型化、省力化に寄与すると共に、酵素使用量の低減を図ることができる。

【0077】

40

本実施例では、酵素液化槽43Aにおいて得られる酵素液化物45に対して分離したバイオマス固形分33を連続的かつ徐々に添加するのが好ましい。すなわち、第1の固液分離装置32で分離したバイオマス固形分33は、酵素液化槽43Aで液化した状態の酵素液化物中に連続的かつ徐々に添加され、酵素液化槽43Aには流動性の低いバイオマス固形分が極力存在しないように調整する。こうすることで酵素液化槽43Aでの攪拌性や後流の酵素糖化槽への移送性が向上し、操作性のよい設備運転が可能となる。

これに対して、酵素液化槽43A内でバイオマス固形分が多く存在するような酵素液化操作、すなわち多量のバイオマス固形分33に酵素41Aを添加して一部分から徐々に液化を進行させるようにすると、連続運転における生産能力の低下や操作性の低下を誘発することとなる。

50

【0078】

このように、本発明によれば、バイオマス原料11を水熱分解部17に連続して投入した後、酵素液化槽43Aまでの工程は、連続して処理することができ、十分な糖化を行うための第1の酵素糖化槽40Aの容量や個数を、その上流である酵素液化までの生産能力に応じて設計すればよく、設備効率や作業性の大幅な向上を図ることができることとなる。

【0079】

このように、本発明のバイオマス原料を用いた糖液生産方法は、例えば図2に示すように、セルロース、ヘミセルロース及びリグニンを有するバイオマス原料11を常圧下から加圧下に供給し、前記バイオマス原料11を加圧熱水15により水熱分解部17により水熱分解し、前記加圧熱水15中にリグニン成分及びヘミセルロース成分を溶解させ、その後、前記水熱分解部17から抽出したバイオマス固形分20を、内部に水19が注入され、水熱分解部17と連通するスラリー化槽21に投入し、スラリー状バイオマス固形分24とし、次いで、前記スラリー状バイオマス固形分24から水34を第1の固液分離装置32により除去し、その後、水が除去されたバイオマス固形分33を酵素糖化して、糖液42Aを効率よく生産することができる。

10

【0080】

また、前記バイオマス原料を用いた糖液生産方法において、例えば図4に示すように、酵素糖化する前流側で、先ず酵素液化し、その後酵素液化物45を用いて酵素糖化させ、糖液42Aの生産性を向上させるようにしている。

20

【実施例5】

【0081】

次に、本発明に係るバイオマスの水熱分解システムの他の実施例について、図面を参照して説明する。なお、実施例1のバイオマスの水熱分解システムと同一部材については同一符号を付してその説明は省略する。

図5は、実施例5に係るバイオマスの水熱分解システムを示す概略図である。

図5に示すように、バイオマスの水熱分解システム10Eは、実施例1のバイオマスの水熱分解システム10Aにおいて、主にセルロース成分を含むバイオマス固形分を六炭糖(C6糖)等に酵素糖化し、糖を濃縮するC6糖化・糖濃縮装置50Aと、主にヘミセルロース成分を含む熱水排出液16を五炭糖(C5糖)等に酵素糖化し、糖を濃縮するC5糖化・糖濃縮装置50Bとを有している。

30

【0082】

このC6糖化・糖濃縮装置50A、C5糖化・糖濃縮装置50Bは、前記スラリー状バイオマス固形分を酵素51Aにより酵素糖化する第3の糖化槽52A、水熱分解部17からの熱水排出液16を酵素41Bにより酵素糖化する第2の糖化槽40Bと、糖化後の糖液53A、42Bから、固体分を分離する第2の固液分離装置54A、第3の固液分離装置54Bと、第2の固液分離装置54A、第3の固液分離装置54Bで分離した糖液53A、42Bから水57A、57Bを除去して、濃縮糖液55A、55Bを得る逆浸透(Reverse Osmosis:RO)膜56a、56bを備えた水分分離装置56A、56Bとを有するものである。

40

前記第2の固液分離装置54A、第3の固液分離装置54Bは、例えばスクリュエデカンタ、砂濾過装置、MF膜等を単独又は組合せて用いることができ、これにより固形物を除去してRO膜56a、56bの保護を図るようにしている。さらに、RO膜56a、56bの前段側において、限外濾過膜(Ultrafiltration Membrane:UF膜)を用いることで、RO膜の保護を図ると共に酵素の回収が可能となり、酵素を再利用することができる。

また、水分分離装置56A、56Bには、ルーズRO膜、ナノ濾過膜(Nanofiltration Membrane:NF膜)等を用いてもよい。

【0083】

次に、このC6糖化・糖濃縮装置50A、C5糖化・糖濃縮装置50Bの処理工程の手

50

順について説明する。

< 酵素糖化工程 >

先ず、前記第3の糖化槽52Aにおいて、スラリー状バイオマス固形分24が抽出しラインL₁を介して導入され、酵素51Aが添加され、酵素糖化工程における酵素反応による糖化がなされる。

一方、前記第2の糖化槽40Bにおいては、熱水排出液供給ラインL₄を介して熱水排出液16が導入され、酵素41Bが添加され、酵素糖化工程における酵素反応による糖化がなされる。

なお、以下の工程は、C6糖及びC5糖の固液分離処理工程も同様であるので、C6糖化・糖濃縮装置50Aの処理工程について説明する。

【0084】

< 固液分離工程 >

次に、糖液53Aは第1の糖液タンク61Aに貯留され、その後、第2の固液分離装置54Aによりリグニン等の固形残液62Aが分離され、その後糖液53Aは第2の糖液タンク63Aに貯留される。

【0085】

< 糖濃縮工程 >

次に、糖液53Aは、RO膜56aを備えた水分分離装置56Aにより水57Aが除去され、濃縮糖液55Aを得る。

この濃縮糖液55Aは図示しない後工程の発酵処理において、各種有機原料となる。

【0086】

本実施例では、スラリー状バイオマス固形分24を用いて糖化しているので、低基質濃度での糖化となり、高速糖化が可能となる。

また、スラリー状であるため、攪拌・移送などを操作性よく行うことができる。

また、低基質濃度での糖化となるので、酵素使用量の削減を図ることができる。

また、各種膜を用いた膜処理により、糖の濃縮を効率よく行うことができる。

また、分離したリグニン等固形残液62A(62B)は、高カロリーであるので、燃料用に用いることができる。また、リグニン等固形残液62A(62B)は、有機肥料利用や化学原料利用(リグニンの接着剤としての利用等)に用いることができる。

【0087】

また、本実施例では、前記水分分離装置56A、56Bから分離した水57A、57Bをスラリー化槽21に戻す第2の戻しラインL_{5A,5B}を有するものである。

また、第2の戻しラインL_{5A,5B}の合流後の合流ラインL₆に冷却器60を介装し、所定温度まで冷却した後、スラリー化槽21に戻すようにしている。なお、冷却器60をスラリー状バイオマス固形分24の抽出しラインL₁、熱水排出液供給ラインL₄に介装し、第3の糖化槽52A、第2の糖化槽40Bで所望とされる温度まで冷却してもよく、このような場合には合流ラインL₆の冷却器60を省略することもできる。

【0088】

これにより、分離した水57A、57Bを再利用することができ、スラリー化槽21に別途供給する水19の使用量の低減を図ることができる。

【0089】

このように、本発明のバイオマス原料を用いた糖液生産方法は、図5に示すように、セルロース、ヘミセルロース及びリグニンを有するバイオマス原料11を常圧下から加圧下に供給し、前記バイオマス原料11を加圧熱水15により水熱分解部17により水熱分解し、前記加圧熱水15中にリグニン成分及びヘミセルロース成分を溶解させ、その後、前記水熱分解部17から抽出したバイオマス固形分20を、内部に水19が注入され、前記水熱分解部17と連通するスラリー化槽21に投入し、スラリー状バイオマス固形分24とし、前記スラリー状バイオマス固形分24を酵素糖化して糖液53Aを得た後、固形分を分離し、次いで水を除去することによりバイオマス原料から糖液を効率よく生産することができる。

10

20

30

40

50

【実施例 6】

【0090】

次に、本発明に係るバイオマスの水熱分解システムの他の実施例について、図面を参照して説明する。なお、実施例 5 のバイオマスの水熱分解システムと同一部材については同一符号を付してその説明は省略する。

図 6 は、実施例 6 に係るバイオマスの水熱分解システムを示す概略図である。

図 6 に示すように、バイオマスの水熱分解システム 10 F は、第 2 の戻しライン L_{5A} と第 2 の戻しライン L_{5B} とが合流したライン L₆ に生物処理装置 61 を設け、水 57 A、57 B を生物処理した後、スラリー化槽 21 に戻すようにしている。

【0091】

RO 膜 56 a で分離した水 57 A、57 B には、反応阻害物質（低分子有機化合物）を含むので、生物処理装置 61 により容易に処理が可能となる。そして、生物処理装置 61 として、例えばメタン発酵生物処理装置を用いることにより、メタンを回収し、燃料等に利用が可能となる。

【0092】

また、水熱分解部 17 における水熱分解反応の温度を良好に維持するために、バイオマスの水熱分解部 17 の装置本体 13 の上方側から一方側に向かって形成され、加圧熱水 15 の供給温度（180～240、例えば 200）を一定時間保持し、水熱分解させる有効反応領域（水熱分解領域）に温度調整する内部温度維持手段 27 を設け、冷却水 28 を供給して水熱分解部の温度を調整することもでき、前記生物処理装置 61 により処理された水を内部温度維持手段 27 に供給する冷却水 28 へ合流して温度調整に利用するようにしてもよい。

【実施例 7】

【0093】

次に、本発明に係るバイオマスの水熱分解システムの他の実施例について、図面を参照して説明する。なお、実施例 6 のバイオマスの水熱分解システムと同一部材については同一符号を付してその説明は省略する。

図 7 は、実施例 7 に係るバイオマスの水熱分解システムを示す概略図である。

図 7 に示すように、バイオマスの水熱分解システム 10 G は、第 2 の戻しライン L_{5A} と第 2 の戻しライン L_{5B} とが合流したライン L₆ から分岐したライン L₇ に加熱手段 64 を設け、分離した水 57 A、57 B を加圧下で加熱し、加圧熱水 15 として水熱分解部 17 に供給して再利用している。

この分離した水 57 A、57 B には、酢酸等の有機酸が含まれるため、pH を低下させることにより、水熱分解部 17 での反応温度低下が可能となり、エネルギー使用量の低下を図ることができる。

【0094】

また、水 57 A、57 B の有機酸が余剰の場合は、実施例 6 のような生物処理装置 61 を設け、その後、加圧加熱して再利用することが可能となる。

【0095】

以上述べたように、本発明に係るバイオマスの水熱分解システムによれば、バイオマス原料からセルロース主体の成分とヘミセルロース成分を固液接触状態で分解処理した後、その分解物であるバイオマス固形分をスラリー化槽の内部に設けた液体中に、投入することで、スラリー化させると共に、液体シールがなされ、加圧気体の流出を防止することができる。これにより加圧用気体（例えば加圧窒素等）の流出が防止され、ランニングコスト削減を図ることができる。

【0096】

また、バイオマス固形物をスラリー状とすることでその取り扱いを容易とし、その後の糖化工程に適したものとなり、効率的な糖液（C6 糖、C5 糖）の製造を行うことができる。また、この糖液を基点として、例えば LPG、自動用燃料、航空機用ジェット燃料、灯油、ディーゼル油、各種重油、燃料ガス、ナフサ、ナフサ分解物であるエチレングリコ

10

20

30

40

50

ール、乳酸、アルコール（エタノール等）、アミン、アルコールエトキシレート、塩ビポリマー、アルキルアルミニウム、PVA、酢酸ビニルエマルジョン、ポリスチレン、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリカーボネート、MMA樹脂、ナイロン、ポリエステル等の各種有機原料（例えばアルコール類、石油代替品類、又はアミノ酸類等）を効率よく製造することができる。よって、枯渇燃料である原油由来の化成品の代替品及びその代替品製造原料としてバイオマス由来の糖液を効率的に利用することができる。

【0097】

さらに、液体中にバイオマス固形分を投入するので、液体による直接熱交換によりバイオマス固形分を冷却することで反応停止を効率良く行うことができ、バイオマス固形分に同伴する熱水による残留ヘミセルロース、残留リグニン及び主成分セルロースの過分解が抑制される。この結果、反応阻害成分の生成抑制を図ると共に、セルロース分の回収率の向上を図ることができる。

10

【産業上の利用可能性】

【0098】

以上のように、本発明によれば、バイオマスの水熱分解システムにより、バイオマス原料からセルロース主体の成分を分離する際にスラリー化させて効率的な抽出が可能となり、このスラリー化物を用いて糖液の製造を行うと共に、該糖液を基点として、各種有機物（例えばアルコール類、石油代替品類、又はアミノ酸類等）を効率よく製造することができる。

20

【符号の説明】

【0099】

10A～10G バイオマスの水熱分解システム

11 バイオマス原料

12 バイオマス供給部

13 装置本体

14 第1のスクルー手段

15 加圧熱水

16 熱水排出液

17 水熱分解部

18 バイオマス固形分抽出部

30

19 水

20 バイオマス固形分

21 スラリー化槽

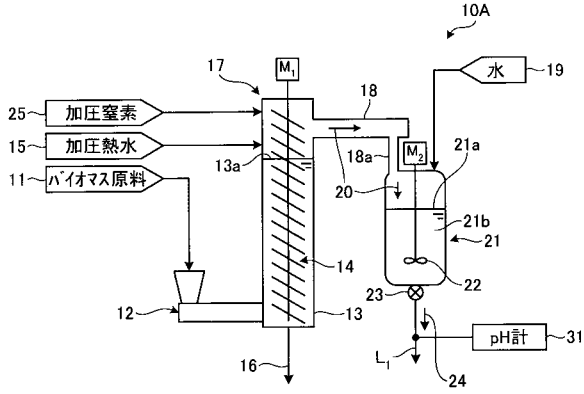
22 攪拌手段

23 排出部

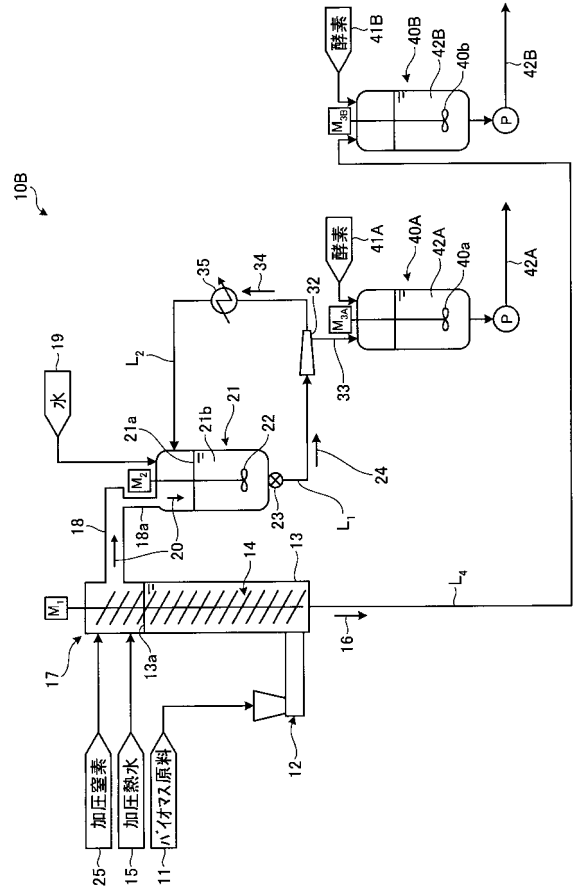
24 スラリー状バイオマス固形分

25 加圧窒素

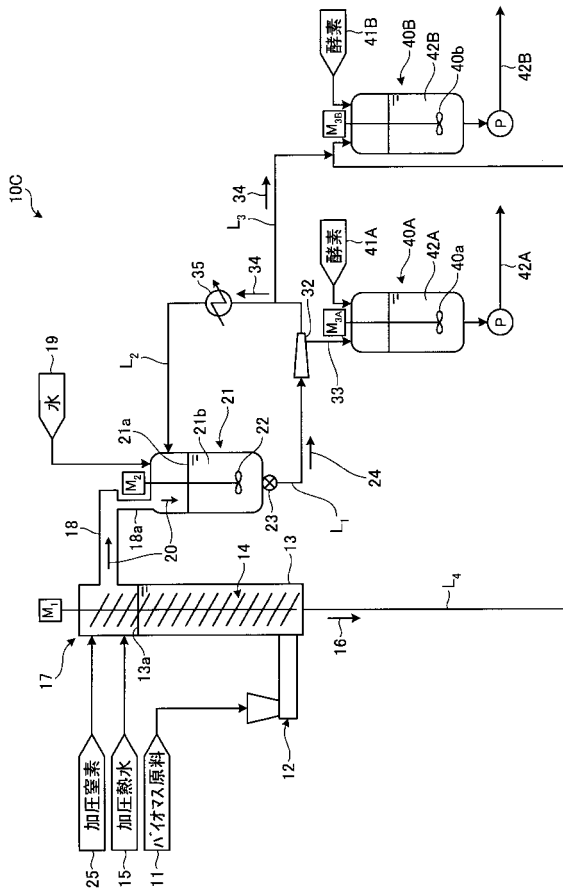
【 図 1 】



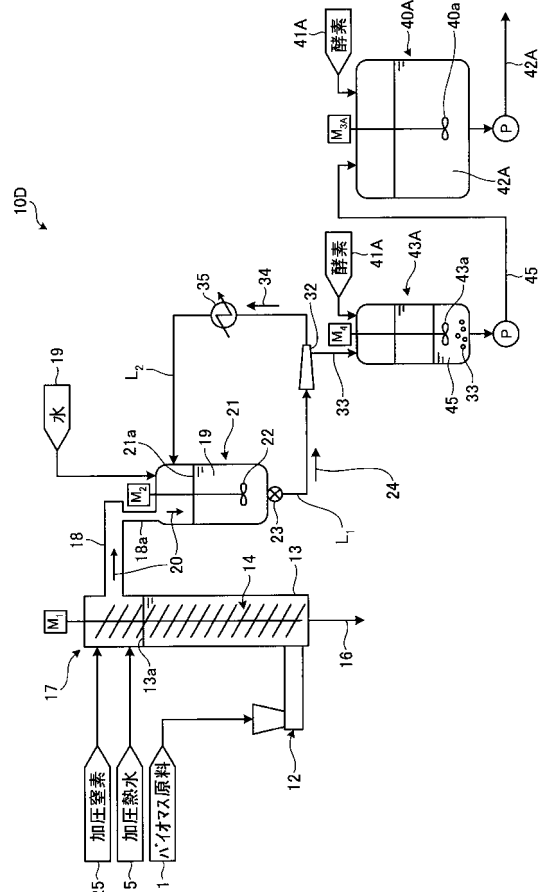
【 図 2 】



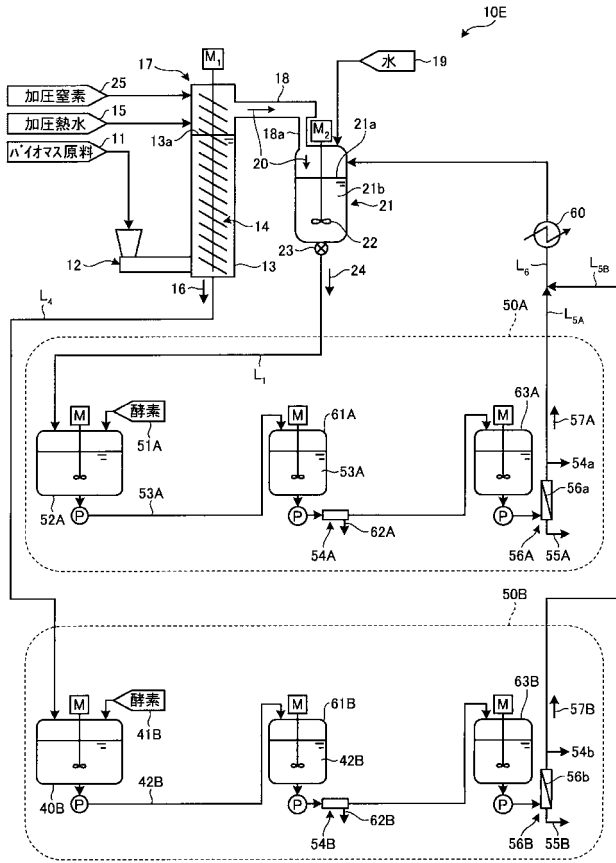
【 図 3 】



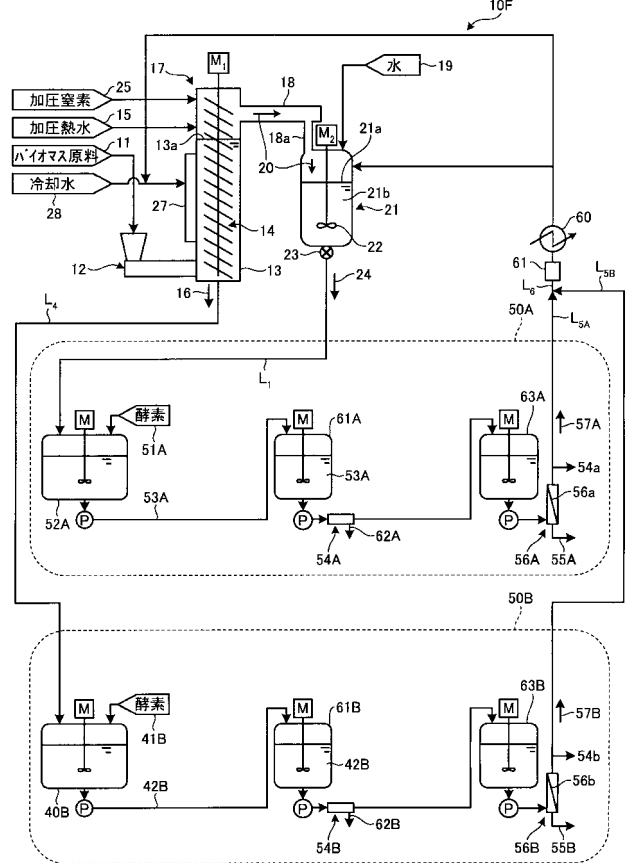
【 図 4 】



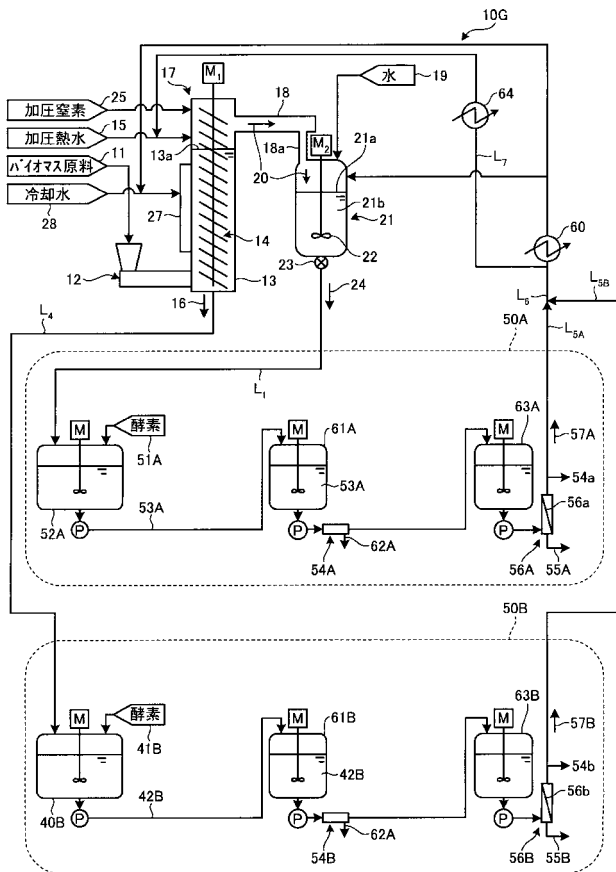
【図5】



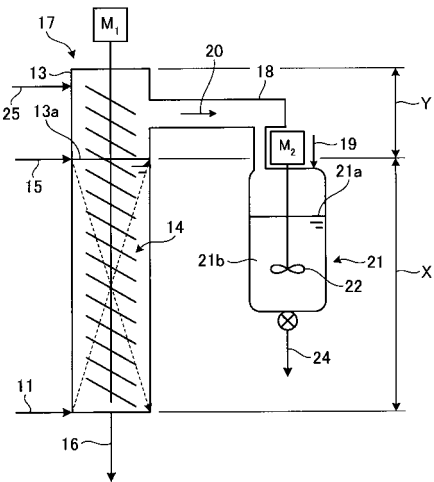
【図6】



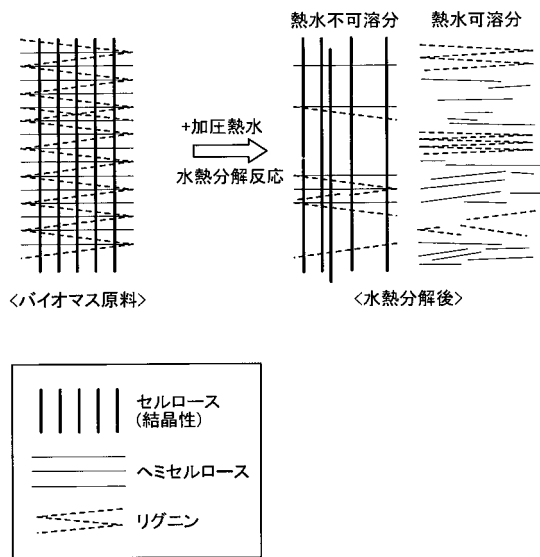
【図7】



【図8】



【 図 9 】



【 手続補正書 】

【 提出日 】平成23年4月6日 (2011.4.6)

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】明細書

【 補正対象項目名 】0063

【 補正方法 】変更

【 補正の内容 】

【 0063 】

前記常圧下から加圧下に供給するバイオマス供給部12としては、例えば、スクリー、ピストンポンプ又はスラリーポンプ等の手段を挙げることができる。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2010/061724
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B09B3/00(2006.01)i, B01J3/00(2006.01)i, C12P7/10(2006.01)i, C12P19/14(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B09B3/00, B01J3/00, C12P7/10, C12P19/14 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2010 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2010 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2010 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2009-183805 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 20 August 2009 (20.08.2009), claims 1, 5 to 7; paragraphs [0001], [0014], [0018] to [0022], [0024] to [0028], [0032] to [0057]; fig. 1 to 6 & WO 2009/096062 A1 & CA 2654306 A1	1-5, 7, 9, 10, 12, 17, 18, 20 6, 8, 11, 13-16, 19
Y A	JP 2006-136263 A (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 01 June 2006 (01.06.2006), claims 1, 2, 4; paragraphs [0001], [0010] to [0014], [0016], [0017], [0020], [0021], [0024], [0025], [0027]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-5, 7, 9, 10, 12, 17, 18, 20 6, 8, 11, 13-16, 19
<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 22 September, 2010 (22.09.10)		Date of mailing of the international search report 05 October, 2010 (05.10.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer Telephone No.
Facsimile No.		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/061724

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2008-104452 A (Kumamoto University), 08 May 2008 (08.05.2008), claims 11, 21; paragraphs [0001], [0082] to [0085]; fig. 7 (Family: none)	9, 18, 20 1-8, 10-17, 19
A	JP 2005-168335 A (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 30 June 2005 (30.06.2005), claim 1; paragraphs [0001], [0004], [0005], [0007], [0008]; fig. 1 (Family: none)	1-20
A	JP 2009-183153 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 20 August 2009 (20.08.2009), claim 1; paragraphs [0001], [0014], [0020], [0021], [0023], [0027], [0028], [0032], [0033], [0039]; fig. 1, 2 & WO 2009/096061 A1	1-20
A	JP 2009-183154 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 20 August 2009 (20.08.2009), claims 1, 12, 13; paragraphs [0001], [0014], [0025] to [0028], [0030] to [0087]; fig. 1 to 6, 10, 11 & WO 2009/096060 A1 & CA 2660990 A1	1-20

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2010/061724									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. B09B3/00(2006.01)i, B01J3/00(2006.01)i, C12P7/10(2006.01)i, C12P19/14(2006.01)i											
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. B09B3/00, B01J3/00, C12P7/10, C12P19/14											
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 <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>1971-2010年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2010年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2010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	1971-2010年	日本国実用新案登録公報	1996-2010年	日本国登録実用新案公報	1994-2010年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2010年										
日本国実用新案登録公報	1996-2010年										
日本国登録実用新案公報	1994-2010年										
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)											
C. 関連すると認められる文献											
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									
Y A	JP 2009-183805 A (三菱重工業株式会社) 2009.08.20, 【請求項1】、 【請求項5】～【請求項7】、【0001】、【0014】、【0018】 ～【0022】、【0024】～【0028】、【0032】～【00 57】、【図1】～【図6】 & WO 2009/096062 A1 & CA 2654306 A1	1-5, 7, 9, 10, 12, 17, 18, 20 6, 8, 11, 13-16, 19									
<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。									
* 引用文献のカテゴリー		の日の後に公表された文献									
「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											
国際調査を完了した日 22.09.2010		国際調査報告の発送日 05.10.2010									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 増田 健司	4D 4156								
		電話番号 03-3581-1101 内線 3421									

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2010/061724

C (続き) . 関連すると認められる文献		
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
Y A	JP 2006-136263 A (独立行政法人産業技術総合研究所) 2006.06.01, 【請求項1】、【請求項2】、【請求項4】、【0001】、【0010】～【0014】、【0016】、【0017】、【0020】、【0021】、【0024】、【0025】、【0027】、【図1】、【図2】 (ファミリーなし)	1-5, 7, 9, 10, 12, 17, 18, 20 6, 8, 11, 13-16, 19
Y A	JP 2008-104452 A (国立大学法人 熊本大学) 2008.05.08, 【請求項11】、【請求項21】、【0001】、【0082】～【0085】、【図7】 (ファミリーなし)	9, 18, 20 1-8, 10-17, 19
A	JP 2005-168335 A (独立行政法人産業技術総合研究所) 2005.06.30, 【請求項1】、【0001】、【0004】、【0005】、【0007】、【0008】、【図1】 (ファミリーなし)	1-20
A	JP 2009-183153 A (三菱重工業株式会社) 2009.08.20, 【請求項1】、【0001】、【0014】、【0020】、【0021】、【0023】、【0027】、【0028】、【0032】、【0033】、【0039】、【図1】、【図2】 & WO 2009/096061 A1	1-20
A	JP 2009-183154 A (三菱重工業株式会社) 2009.08.20, 【請求項1】、【請求項12】、【請求項13】、【0001】、【0014】、【0025】～【0028】、【0030】～【0087】、【図1】～【図6】、【図10】、【図11】 & WO 2009/096060 A1 & CA 2660990 A1	1-20

フロントページの続き

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)
C 1 2 P	7/02	(2006.01)	C 1 2 P	7/02		
C 0 7 H	1/00	(2006.01)	C 0 7 H	1/00		
C 0 7 H	3/02	(2006.01)	C 0 7 H	3/02		
C 1 2 P	19/14	(2006.01)	C 1 2 P	19/14	A	
C 1 3 K	1/02	(2006.01)	C 1 3 K	1/02		

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72) 発明者 木村 芳貴

東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内

F ターム(参考) 4B064 AC01 AC03 AF02 BJ01 BJ10 CA21 CB07 CC21 CD22 CE20
DA20
4C057 AA02 BB01 BB02
4D004 AA12 AC05 BA03 BA06 BA07 CA04 CA13 CA15 CA20 CA39
CA40 CB05 CB13 CB27 CB31 CB45 CC03 CC07 DA01 DA02
DA03 DA06 DA07 DA20
4D040 AA01 AA31

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。