

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011 年 9 月 15 日(15.09.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/111189 A1

(51) 国際特許分類:

B09B 3/00 (2006.01) C12M 1/00 (2006.01)
C10L 1/02 (2006.01) C12P 7/10 (2006.01)
C10L 1/04 (2006.01) C12P 13/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2010/054022

(22) 国際出願日: 2010 年 3 月 10 日(10.03.2010)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 源田 稔 (GENTA, Minoru) 上原 良介 (UEHARA, Ryosuke) 鈴木 英夫 (SUZUKI, Hideo) 寺倉 誠一 (TERAKURA, Seiichi).

(74) 代理人: 酒井 宏明, 外(SAKAI, Hiroaki et al.); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目 2 番 5 号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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.

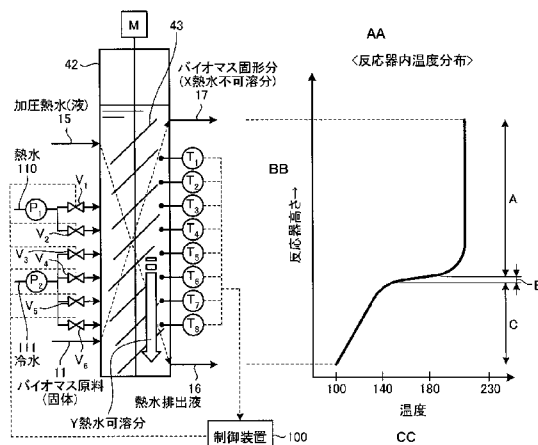
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL,

[続葉有]

(54) Title: BIOMASS HYDROTHERMAL DECOMPOSITION DEVICE, TEMPERATURE CONTROL METHOD THEREFOR, AND SYSTEM FOR MANUFACTURING AN ORGANIC FEEDSTOCK FROM A BIOMASS FEEDSTOCK

(54) 発明の名称: バイオマスの水熱分解装置及びその温度制御方法、バイオマス原料を用いた有機原料の製造システム

[図1-1]



- 11 Biomass feedstock (solid)
- 15 Hot compressed water (liquid)
- 16 Hot-water drainage
- 17 Biomass solids (hot-water-insoluble components (X))
- 100 Control device
- 110 Hot water
- 111 Cold water
- Y Hot-water-soluble components
- AA Temperature distribution inside reaction vessel
- BB Height in reaction vessel
- CC Temperature

(57) Abstract: In the disclosed biomass hydrothermal decomposition device, a solid biomass feedstock (11) is supplied from one side of a main device (42) and hot compressed water (15) is supplied from the other side, bringing the two in contact with each other head on and hydrothermally decomposing the biomass feedstock (11). While hot-water-soluble components are dissolved in the hot water and the hot compressed water is discharged to the outside from the one side of the main device (42) as hot-water drainage (16), biomass solids (17) are discharged to the outside from the other side of the main device. The disclosed biomass hydrothermal decomposition device has: an internal-temperature cooling means that rapidly reduces the temperature after hydrothermal decomposition has continued for a prescribed amount of time; temperature measurement units (T_1 to T_8) that measure the internal temperature; and a control device (100) that, on the basis of temperature measurement results from the temperature measurement units (T_1 to T_8), brings the internal temperature to a prescribed cool temperature using the internal-temperature cooling means.

(57) 要約:

[続葉有]



NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, 添付公開書類:

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
TD, TG).

装置本体 4 2 の一方側から固体のバイオマス原料 1 1 を供給すると共に、他方側から加圧熱水 1 5 を供給させ、両者を対向接触させつつバイオマス原料 1 1 を水熱分解させ、熱水溶解成分を熱水中に溶解させ、装置本体 4 2 の一方側から加圧熱水を熱水排出液 1 6 として外部に排出すると共に、他方側からバイオマス固形分 1 7 を外部に排出させるバイオマスの水熱分解装置であって、水熱分解を一定時間行った後に、温度を急降下させる内部温度冷却手段と、内部温度を計測する温度測定部 $T_1 \sim T_8$ と、温度測定部 $T_1 \sim T_8$ の温度計測結果を基に、内部温度冷却手段により内部温度を所定の冷却温度となるように制御する制御装置 1 0 0 とを有する。

明 細 書

発明の名称：

バイオマスの水熱分解装置及びその温度制御方法、バイオマス原料を用いた有機原料の製造システム

技術分野

[0001] 本発明は、バイオマス原料を効率よく水熱分解することができるバイオマスの水熱分解装置及びその温度制御方法、並びにそれを用いた例えばアルコール類、石油代替品類、又はアミノ酸類等の有機原料を効率よく製造することができるバイオマス原料を用いた有機原料の製造システムに関する。

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（J I S K 3 6 0 0 1 2 5 8 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き起こ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

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、内部温度において温度分布が発生している。

図 1 3 に、従来例によるバイオマスを熱水で水熱分解する垂直型の装置の模式図を示す。

図 1 3 に示すように、垂直型の水熱分解装置では、バイオマス（固体） 1 1 を下部側から装置本体 4 2 内部に供給し、内部に設けた搬送スクリュウ 4 3 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） 1 7 を外部に排出させている。

これに対し、加圧熱水（以下、「熱水」ともいう） 1 5 は上部側から装置本体 4 2 の内部に供給し、バイオマス 1 1 と対向接触し、下部側から熱水排出液 1 6 を外部に排出させている。よって、装置本体 4 2 内においては、熱水 1 5 を供給する側（上部側）から下部側（バイオマスの供給側）に向かって徐々に温度が降下している。

[0011] 図 1 4 にバイオマスの熱水による分解の様子を示す。

図 1 4 に示すように、バイオマス（セルロース系原料）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。

[0012] よって、バイオマス原料 1 1 が加圧熱水 1 5 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、という問題がある。

[0013] すなわち、バイオマス原料 1 1 が内部に投入されて、加圧熱水 1 5 に接触した直後において、全てのヘミセルロースが可溶化する場合には、可溶化ヘミセルロースは対向接触の作用により熱水排出液 1 6 として、外部に直ちに

排出されるので、過分解時間は短い。しかし、加圧熱水 15 中をバイオマス原料が上昇し、バイオマス固形分 17 として排出される近傍で可溶化された場合には、熱水排出液 16 として装置下部側から外部に排出されるまで長い間高温の熱水と接触しているので、過分解が進行することとなり、さらに問題となる。

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して、プラント運転効率の向上を図ることが切望されている。

[0014] また、熱水中への過分解物の混入は、後流側設備における C5 糖の発酵及びアルコールの発酵の発酵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。

[0015] 本発明は、前記課題に鑑み、バイオマス原料からセルロース主体の成分を分離することができるバイオマスの水熱分解処理において、熱水可溶化分のヘミセルロースの過分解を抑制することができるバイオマスの水熱分解装置及び温度制御方法、バイオマス原料を用いた有機原料の製造システムを提供する。

課題を解決するための手段

[0016] 上述した課題を解決するための本発明の第 1 の発明は、装置本体の一方側から固体のバイオマス原料を供給すると共に、他方側から加圧熱水を供給させ、装置本体内部にて両者を対向接触させつつバイオマスを水熱分解させ、熱水溶解成分を熱水中に溶解させ、装置本体の一方側から加圧熱水を外部に排出すると共に、他方側からバイオマス原料を外部に排出させるバイオマスの水熱分解装置であって、水熱分解を一定時間行った後に、温度を急降下させる内部温度冷却手段と、内部温度を計測する温度測定部と、温度測定部の温度計測結果を基に、前記内部温度冷却手段により内部温度を所定の冷却温度となるように制御する制御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装置にある。

[0017] 第 2 の発明は、第 1 の発明において、前記内部温度冷却手段が、水熱分解

が終了した直後に、熱水溶解成分が過分解しない温度まで温度を急降下させる温度降下領域に温度調整することを特徴とするバイオマスの水熱分解装置にある。

[0018] 第3の発明は、第1又は2の発明において、装置本体の他方側から一方側に向かって形成され、加圧熱水の供給温度を一定時間保持する内部温度維持手段を有することを特徴とするバイオマスの水熱分解装置にある。

[0019] 第4の発明は、第1又は2の発明において、前記内部温度冷却手段が、外部よりの冷水、又は装置本体から抜き出した熱水を第1の熱交換器で熱交換させた冷水を供給するものであることを特徴とするバイオマスの水熱分解装置にある。

[0020] 第5の発明は、第3の発明において、前記内部温度維持手段が、外部よりの熱水、又は装置本体から抜き出した熱水を第2の熱交換器で熱交換させた熱水を供給するものであることを特徴とするバイオマスの水熱分解装置にある。

[0021] 第6の発明は、第2の発明において、前記加圧熱水の供給温度が180℃乃至240℃のいずれか一の所定温度であり、前記熱水溶解成分が過分解しない温度が140℃以下であり、前記温度降下領域は、加圧熱水が供給された温度から、140℃以下まで降下する温度範囲であることを特徴とするバイオマスの水熱分解装置にある。

[0022] 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、前記水熱分解装置が、傾斜型又は垂直型の装置であることを特徴とするバイオマスの水熱分解装置にある。

[0023] 第8の発明は、バイオマス原料を前処理する前処理装置と、第1乃至7の発明のいずれか一つのバイオマス水熱分解装置と、前記バイオマス水熱分解装置から排出されるバイオマス固形分中のセルロースを酵素処理して6炭糖を含む糖液に酵素分解する第1の酵素分解装置と、該第1の酵素分解装置で得られた糖液を用いて、発酵処理によりアルコール類、石油代替品類又はアミノ酸類のいずれか一つを製造する発酵装置とを具備することを特徴とする

バイオマス原料を用いた有機原料の製造システムにある。

[0024] 第9の発明は、第8の発明において、熱水排出液中のヘミセルロース成分を酵素処理して5炭糖を含む糖液に酵素分解する第2の酵素分解装置と、該第2の酵素分解装置で得られた糖液を用いて、発酵処理によりアルコール類、石油代替品類又はアミノ酸類のいずれか一つを製造する発酵装置とを具備することを特徴とするバイオマス原料を用いた有機原料の製造システムにある。

[0025] 第10の発明は、第8の発明において、前記水熱分解装置から排出される熱水排出液中のヘミセルロース成分を硫酸分解して5炭糖を含む第2の糖液に分解する硫酸分解装置と、硫酸分解装置で得られた第2の糖液を用いて、発酵処理によりアルコール類、石油代替品類又はアミノ酸類のいずれか一つを製造する第2の発酵装置とを具備することを特徴とするバイオマス原料を用いた有機原料の製造システムにある。

[0026] 本発明によれば、水熱分解を効率よく行うと共に、水熱分解を一定時間行った後に、温度を急降下させる内部温度冷却手段により急冷させるので、可溶化分となった熱水可溶化ヘミセルロースの過分解を抑制させることができる。この結果、熱水可溶化分であるヘミセルロースの過分解が抑制され、これによりC5糖の収率の低下が少ないものとなる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1-1]図1-1は、実施例1に係る水熱分解装置及び温度分布を示す概念図である。

[図1-2]図1-2は、実施例1に係る水熱分解装置及び温度分布を示す概念図である。

[図2]図2は、実施例1に係る他の水熱分解装置及び温度分布を示す概念図である。

[図3]図3は、実施例1に係る他の水熱分解装置及び温度分布を示す概念図である。

[図4]図4は、実施例1に係る他の水熱分解装置及び温度分布を示す概念図で

ある。

[図5] 図5は、本発明の実施例の制御系のブロック図である。

[図6] 図6は、制御のフローチャートである。

[図7] 図7は、実施例2に係る水熱分解装置の概略図である。

[図8] 図8は、実施例3に係る他の水熱分解装置の概略図である。

[図9] 図9は、実施例4に係るバイオマス原料を用いた有機原料であるアルコール製造システムの概略図である。

[図10] 図10は、実施例5に係るバイオマス原料を用いた有機原料であるアルコール製造システムの概略図である。

[図11] 図11は、実施例5に係るバイオマス原料を用いた有機原料である他のアルコール製造システムの概略図である。

[図12] 図12は、熱水可溶分中のキシロース減少率と分解時間との関係を示す図である。

[図13] 図13は、従来例に係るバイオマスを熱水で水熱分解する垂直型の装置の模式図である。

[図14] 図14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

[0028] 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

[0029] 本発明に係る実施例に係るバイオマスの水熱分解装置について、図面を参照して説明する。

図1-1は、実施例1に係るバイオマスの水熱分解装置及び温度分布を示す概念図である。図1-2は、実施例1に係る他のバイオマスの水熱分解装置及び温度分布を示す概念図である。

図1-1に示すように、本実施例に係るバイオマスの水熱分解装置は、装

置本体 4 2 の一方側から固体のバイオマス原料 1 1 を搬送スクリー 4 3 により供給すると共に、他方側から加圧熱水 1 5 を供給させ、装置本体 4 2 内にて両者を対向接触させつつバイオマス原料 1 1 を水熱分解させ、熱水溶解成分（ヘミセルロース成分）を熱水中に溶解させ、装置本体 4 2 の一方側から加圧熱水を熱水排出液 1 6 として外部に排出すると共に、他方側からバイオマス固形分（熱水不可溶分）1 7 を外部に排出させるバイオマスの水熱分解装置であって、水熱分解を一定時間行った後に、温度を急降下させる内部温度冷却手段と、内部温度を計測する温度測定部 $T_1 \sim T_8$ と、温度測定部 $T_1 \sim T_8$ の温度計測結果を基に、内部温度冷却手段により内部温度を所定の冷却温度となるように制御する制御装置 1 0 0 とを有するものである。

[0030] また、本実施例では、水熱反応の温度を良好に維持するように、バイオマスの水熱分解装置の装置本体 4 2 の他方側から一方側に向かって形成され、加圧熱水 1 5 の供給温度（ $180 \sim 240^\circ\text{C}$ 、例えば 200°C ）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）A に温度調整する内部温度維持手段を設けている。

[0031] 本実施例では、内部温度維持手段として、熱水 1 1 0 を外部より供給すると共に、内部温度冷却手段として冷水 1 1 1 を外部より供給するようにしている。

なお、図中、1 0 0 は制御装置、 $V_1 \sim V_6$ は開閉弁及び P_1 は熱水供給ポンプ、 P_2 は冷水供給ポンプを各々図示する。

[0032] ここで、前記所定の冷却温度とは、熱水溶解成分のヘミセルロースが過分解しない温度をいい、例えば 140°C 以下とするのが好ましい。

よって、内部温度冷却手段により、水熱反応の温度から、熱水溶解成分のヘミセルロースが過分解しない温度まで温度を急降下（例えば 200°C から 140°C まで急降下）させ、温度降下領域（溶解ヘミセルロース過分解抑制領域）B を形成するようにしている。

[0033] そして、内部温度維持手段により有効反応領域（水熱分解領域）A を所定温度に維持すると共に、有効反応領域 A が終了した直後に、熱水溶解成分が

過分解しない温度（例えば140℃以下）まで温度を急降下（例えば200℃から140℃まで急降下）させる温度降下領域（溶解ヘミセルロース過分解抑制領域）Bを形成するように、内部温度冷却手段で温度調整するようにして、可溶化分となった熱水可溶化ヘミセルロースの過分解を抑制するようにしている。

[0034] なお、本実施例では、内部温度維持手段を設けているが、装置内部の温度が所定時間一定に維持される場合には、不要となるので、その設置は、装置の特性に応じて設けるようにすればよい。

[0035] 図5は本発明の実施例の制御系のブロック図であり、図6は制御のフローチャートである。

ここで、図1に示す制御装置100は、マイコンなどで構成されている。図5に示すように、制御装置100には、記憶部100aが設けられている。記憶部100aは、RAMやROMなどから構成され、プログラムやデータが格納されている。

記憶部100aには、水熱分解装置を稼働するため、バイオマス原料11及び加圧熱水15のデータが格納されている。このデータは、例えば、バイオマス原料11の供給温度が100℃に設定されている。また、加圧熱水15の供給温度が例えば200℃に設定されている。また、水熱分解させる有効反応領域（水熱分解領域）Aは、加圧熱水15の供給温度と同じ200℃に設定され、反応時間は5～20分の所定の時間に設定されている。なお、反応時間はバイオマス原料の種類等によって、適宜変更される。また、温度降下領域（溶解ヘミセルロース過分解抑制領域）Bは180℃から140℃に急降下させるように設定されている。また、制御装置100には、温度測定部 $T_1 \sim T_8$ 、開閉弁 $V_1 \sim V_6$ 、及び熱水供給ポンプ P_1 、冷水供給ポンプ P_2 が接続されている。

本実施例では、開閉弁 $V_1 \sim V_2$ は、熱水110の供給を行うものであり、開閉弁 $V_3 \sim V_6$ は、冷水111の供給を行うものである。

この制御装置100は、温度測定部 $T_1 \sim T_8$ から入力された内部温度情報に

に基づき、記憶部 100a に予め格納されたプログラムやデータに従って、上述した開閉弁 $V_1 \sim V_6$ 及び熱水供給ポンプ P_1 、冷水供給ポンプ P_2 を統括的に制御する。

[0036] 制御装置 100 は、図 6 に示すように、バイオマスの水熱分解開始指令に基づき、加圧熱水 15 及びバイオマス原料 11 の供給を行い、バイオマス原料 11 の水熱分解を開始する（ステップ S 1）。

これにより、バイオマス原料 11 と加圧熱水 15 とを装置本体 42 内部で対向接触させ、水熱分解すると共に、加圧熱水 15 の供給温度（ 200°C ）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）A を形成する温度制御と、有効反応領域 A が終了した直後に、熱水溶解成分が過分解しない温度（例えば 140°C ）まで温度を急降下（例えば 200°C から 140°C まで急降下）させる温度降下領域（溶解ヘミセルロース過分解抑制領域）B を形成する温度制御と、の水熱分解温度調整制御を行う（ステップ S 2）。

水熱分解反応が終了したら、バイオマス原料 11 及び加圧熱水 15 の供給を停止し、水熱分解を終了する（ステップ S 3）。

[0037] ステップ S 2 において、温度降下領域（溶解ヘミセルロース過分解抑制領域）B の温度制御では、温度降下領域（溶解ヘミセルロース過分解抑制領域）B の領域の長さ、すなわち熱水可溶分が温度降下領域 B を滞留する時間が最小となるように、冷水 111 の投入位置毎に開閉弁 $V_3 \sim V_6$ を適宜開閉し注入量を制御する。

[0038] また、ステップ S 2 において、反応時間が短い場合や、温度低下が少ない場合には、水熱分解させる有効反応領域（水熱分解領域）A の制御が適切になされるので、一定の温度を保持できる場合等には、熱水 110 の供給を不要としてもよい。

[0039] ここで、本発明の温度調整手段である内部温度維持手段及び内部温度冷却手段の設置において、装置本体内部における水熱分解のための混合状態をモデル化する場合に、連続槽型反応器モデルの考え方を適用することができる。

。

この連続槽型反応器モデルは、反応器である装置本体の混合特性を仮想的に小さな完全混合槽を直列に複数結合した状態としてモデル化する。

この複数の完全混合槽の数（N）は、装置本体個々の特性により変化するが、実際に設置された装置本体のNが決定された場合、このNの数以上に、内部温度維持手段、内部温度冷却手段を設置するようにするのが好ましい。

[0040] また、温度調整方法としては、図1-1に示すような冷媒（冷水）111や熱水110を直接供給する直接温度調整方法や、図1-2に示すような多段ジャケット45a～45fを用いた間接温度調整方法等を例示することができる。

なお、熱水110や冷水111を装置本体42内に直接供給すると、内部の濃度が変化するので、濃度変化を避けるためには、間接温度調整方法とするのが、好ましい。

[0041] このように、本実施例では、温度測定部 $T_1 \sim T_8$ の温度計測結果を基に、内部温度維持手段及び内部温度冷却手段により、内部温度を所定の温度となるように制御装置100で温度制御することにより、加圧熱水15が供給された温度（例えば200℃）と同等の温度を内部温度維持手段で維持し、水熱分解を効率よく行うようにしている。そして、この水熱分解が終了した直後に、水熱分解して可溶化分となった熱水可溶化ヘミセルロースの過分解を抑制させるために、水熱分解温度（200℃）から過分解が進行しない温度（140℃）まで、急激に温度降下させる温度降下領域（溶解ヘミセルロース過分解抑制領域）Bを形成するように内部温度冷却手段で急冷するので、溶解ヘミセルロースの過分解を大幅に抑制することができる。これによりC5糖の収率の低下が少ないものとなる。

[0042] 図2は、実施例1に係る他のバイオマスの水熱分解装置及び温度分布を示す概念図である。

前記冷水111や熱水110を外部から供給する場合には、装置本体42の内部の濃度が薄まることとなる。

そこで、本実施例では、図2に示すように、前記冷水を供給する場合において、装置本体42から加圧熱水15の一部を抜き出し、第1の熱交換器112で所定の温度に冷却して冷水15bとし、循環ラインL₂を介して、再度装置本体42内に冷水15bを供給するようにしてもよい。また、装置本体42から熱水15の一部を外部へ一度抜き出し、第2の熱交換器113で所定の温度として、循環ラインL₁を介して、再度装置本体42内に熱交換した熱水15aを供給するようにしてもよい。

これにより装置本体42の内部の濃度に変化がないので、目標どおりの水熱分解処理を行うことができる。

[0043] 図3は、実施例1に係る他のバイオマスの水熱分解装置及び温度分布を示す概念図である。本実施例では、図3に示すように、加圧熱水15の供給を四箇所として装置本体42の下方まで熱水110を供給することで、装置本体42のほぼ全域を有効反応領域（水熱分解領域）Aとし、装置本体42の下部領域において二箇所から冷水111を供給することで、温度降下領域（溶解ヘミセルロース過分解抑制領域）Bを構成している。この結果、図1-1等にした装置と較べて、温度測定部T₁を一箇所省くことができることとなり、装置本体42の槽高さを小さくできるので、装置本体42のコンパクト化を図ることができる。

[0044] 図4は、実施例1に係る他のバイオマスの水熱分解装置及び温度分布を示す概念図である。図4に示すように、有効反応領域（水熱分解領域）Aが180℃以上である場合（200℃）、有効反応領域温度（200℃）を所定時間維持し、その後、180℃まで温度を低下させる第1の温度降領域B₁と、その後直ちに過分解しない温度まで冷却させる第2の温度降領域（180～140℃へ降下）B₂を設けるようにしてもよい。

[0045] これは、例えばヘミセルロース成分でも5単糖へ糖化した際、アラビノース、キシロースといった種類の異なる糖においては、200℃よりも低い温度で溶解するものがある。よって、アラビノースに変化するヘミセルロース成分では低い温度（180℃）でも溶解するので、先ず180℃近傍にてこ

これらの成分を溶解させた後に、キシロースに変化するヘミセルロース成分を高い温度（ 200°C ）で溶解させるようにしてもよい。

なお、加圧熱水 15 に溶解されたヘミセルロースは、溶解直後に下方側に流れる加圧熱水 15 が温度降下領域（溶解ヘミセルロース過分解領域）B を短い時間で通過するので、過分解が少ないものとなる。

[0046] ここで、本発明で、過分解を抑制する温度として 140°C 以下まで温度降下させる理由を図 12 の熱水可溶分中のキシロース減少率のグラフを参照して説明する。

図 12 に示すように、 140°C 以上の温度範囲は、熱水可溶化成分であるヘミセルロースが過分解する領域であるからである。

図 12 においては、バイオマスから一度ヘミセルロースを溶解させた熱水を用い、各温度において、熱水に可溶化したヘミセルロースの時間の経過による分解状態を確認したものである。なお、ヘミセルロースを直接測定することができないので、C5 糖（キシロース）に変換したものの減少率を示している。

[0047] 前述したように、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（いわゆる裸の状態）では、 140°C 以上の温度域において過分解が生じるので、本発明のように、速やかに 140°C 以下まで急冷する必要がある。

[0048] また、装置本体から排出する熱水排出液 16 の排出温度は、冷却により 140°C 以下となっていれば、直ぐに排出してもよいが、例えば約 $100\sim 120^{\circ}\text{C}$ 程度まで除冷却する除冷領域 C を有し、次工程に送るようにしてもよい。

[0049] また、有効反応領域（水熱分解領域）A の温度制御における反応時間は、20 分以下、5 分～15 分とするのが好ましい。これはあまり長く反応を行うと熱水中を溶解したヘミセルロースが留まり、過分解物の割合が増大し、好ましくないからである。

[0050] 反応圧力は、装置本体 42 A の反応温度（ $180\sim 240^{\circ}\text{C}$ ）の各温度の水の飽和蒸気圧に、更に $0.1\sim 0.5\text{ MPa}$ の高い圧力を加えることとす

るのが好ましい。

- [0051] また、本発明においては、加圧熱水 15 とバイオマス原料 11 とは、対向接触させており、バイオマス固形分 17 が排出される上端部側では、加圧熱水 15 にバイオマス原料 11 が洗浄されることとなり、仮に過分解成分が存在する場合においても、その洗浄効果により固体状態での外部への持ち出しが削減され、バイオマス固形分 17 は純粋なものとなり、反応阻害が起こりにくい 6 炭糖の粗原料を得ることができる。

実施例 2

- [0052] 次に、本発明に係るバイオマスの水熱分解装置の具体例について、図面を参照して説明する。

図 7 は、実施例 2 に係るバイオマスの水熱分解装置を示す概略図である。

図 7 に示すように、本実施例に係るバイオマスの水熱分解装置 41A は、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装置 31 と、供給されたバイオマス原料（本実施例では、例えば麦わら等） 11 を、下端部側から垂直型装置本体（以下「装置本体」という） 42A の内部に搬送スクリー 43 により徐々に搬送すると共に、前記バイオマス原料 11 の供給箇所とは異なる上端部側から加圧熱水 15 を装置本体 42A 内部に供給し、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、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移行し、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水熱分解装置 41A と、装置本体 42A の上端部側からバイオマス固形分 17 を加圧下から常圧下に拔出すバイオマス拔出装置 51 とを具備するものである。なお、図中、符号 54 は脱水液、55 は加圧窒素を各々図示する。

- [0053] このような水熱分解装置 41A を用いることにより、装置内部において、バイオマス原料 11 と加圧熱水 15 とが対向接触されることとなり、この結果、目的成分であるセルロース（酵素糖化により 6 炭糖液となる）を生成する水熱反応以外の副反応物（リグニン成分、ヘミセルロース成分）を加圧熱水 15 中に移行させることにより、セルロース主体のバイオマス固形分 17

を得ることができる。

[0054] この際、装置本体 4 1 A の温度調整装置である温度ジャケットを複数 4 5 a ~ 4 5 f に分割し、熱媒供給部 4 5 a ~ 4 5 d と、冷媒供給部 4 5 e ~ 4 5 f とから構成している。

そして、熱媒供給部 4 5 a ~ 4 5 d において所定温度の熱媒を供給することにより、加圧熱水 1 5 が供給された所定の温度（例えば 200℃）を維持する温度制御を図示しない制御装置にて行い、水熱分解を効率よく行うようにしている。

その後、冷媒により可溶化分となった熱水可溶化ヘミセルロースの過分解を抑制させるために、冷媒供給部 4 5 e ~ 4 5 f において所定温度の冷媒を供給することにより、水熱分解温度（200℃）から過分解が進行しない温度（140℃）まで、急激に温度降下させようとして制御装置により温度制御しているので、熱水可溶化成分であるヘミセルロースの過分解が抑制される。これにより C 5 糖の収率の低下が少ないものとなる。

[0055] その結果、バイオマス固形分 1 7 では、セルロースを効率よく 6 炭糖を含む第 1 の糖液に糖化させて、該糖液を基点として、各種有機原料（例えばアルコール類）を効率よく製造することができる。

一方、水熱分解装置 4 1 A から排出された熱水排出液 1 6 中のヘミセルロース成分は、5 炭糖を含む第 2 の糖液に糖化させ、該糖液を基点として、各種有機原料（例えばアルコール類）を効率よく製造することができる。

[0056] なお、本実施例では、バイオマス原料 1 1 を下端部側から供給しているが、本発明はこれに限定されるものではなく、これとは逆に上端部側から供給するようにしてもよく、この際には、加圧熱水 1 5 は下端部側から供給する。

前記常圧下から加圧下に供給するバイオマス供給装置 3 1 としては、例えばピストンポンプ又はスラリーポンプ等のポンプ手段を挙げることができる。

[0057] また、水熱分解装置 4 1 A は、本実施例では、図 4 に示すように垂直型の

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、傾斜型や水平型の水熱分解装置としてもよい。

[0058] 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。

[0059] 本実施例に係る水熱分解装置 41A では、前記搬送スクリー 43 を設けることにより、1) 固液カウンターフローでの固形分の搬送が可能となる。2) 装置本体 42A 内で固液の分離が可能となる。3) 装置本体 42A 内で固体表面、固体中の加圧熱水 15 の混合が進み反応が促進される。

[0060] また、前記搬送スクリー 43 に熱水排出液 16 の抜き出し孔の閉塞を防止するスクレーパー（図示せず）を設けるようにしてもよい。

[0061] また、本実施例では温度調節装置について温度ジャケットを例にして説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば冷水を注入する方法や、外部熱交換による温度調整方法等を適宜適用することができる。

実施例 3

[0062] 次に、本発明に係るバイオマスの水熱分解装置の他の実施例について、図面を参照して説明する。

図 8 は、実施例 3 に係る他のバイオマスの水熱分解装置を示す概略図である。

図 8 に示すように、本実施例に係るバイオマスの水熱分解装置 41B は、バイオマス原料（本実施例では、例えば麦わら等）11 を常圧下から加圧下に供給するバイオマス供給装置 60 と、供給されたバイオマス原料 11 を、上下のいずれかの端部側（本実施例では下端側）から垂直型装置本体（以下「装置本体」という）42B の内部を圧密状態で徐々に移動させると共に、前記バイオマス原料 11 の供給とは異なる端部側（本実施例では上端）から加圧熱水 15 を装置本体 42B 内部に供給し、バイオマス原料 11 と加圧熱

水 1 5 とを対向接触させつつ水熱分解し、加圧熱水 1 5 中にリグニン成分及びヘミセルロース成分を移行し、バイオマス原料 1 1 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装置 4 1 B と、該装置本体 4 2 B の加圧熱水 1 5 の供給部側からバイオマス固形分 1 7 を加圧下から常圧下に拔出すバイオマス拔出装置 5 1 とを具備するものである。なお、符号 V_{11} ~ V_{15} は ON-OFF 弁を示す。

前記常圧下から加圧下に供給するバイオマス供給装置 6 0 としては、例えばピストンポンプ又はスラリーポンプ等のポンプ手段を挙げることができる。

[0063] 本実施例では、前記装置本体 4 2 B 内部にバイオマス原料 1 1 をいわゆるプラグフローの圧密状態で攪拌する固定攪拌手段 6 1 を設けており、内部に送り込まれるバイオマス原料 1 1 を軸方向に移動する際に、攪拌作用により攪拌するようにしている。

[0064] この固定攪拌手段 6 1 を設けることにより、装置本体 4 2 B 内で固体表面、固体中の加圧熱水 1 5 の混合が進み反応が促進される。

[0065] ここで、本発明では、水熱分解装置 4 1 B の装置本体 4 2 B 内の加圧熱水 1 5 とバイオマス原料 1 1 との流動は、バイオマス原料 1 1 と加圧熱水 1 5 とを対向接触させる、いわゆるカウンターフローで攪拌・流動することが好ましい。

[0066] 水熱分解装置 4 1 B は、プラグフロー型による水熱分解であるので、構造が簡易であり、固体であるバイオマス原料 1 1 は、管中心軸と垂直に攪拌されながら、管中心軸と平行に移動することとなる。一方加圧熱水 1 5 (熱水、分解物が溶解した液) は、固体に対しカウンターフローにて固体粒子間に滲みながら移動する。

[0067] また、プラグフローでは、加圧熱水 1 5 の均一な流れを実現することができる。なぜならば、固体のバイオマス原料 1 1 が加圧熱水 1 5 により分解すると、分解物が熱水側に溶解する。分解部近傍は高粘度となり、未分解部近傍へ優先的に熱水が移動し、未分解部が続いて分解することとなり、均一な

熱水の流れになり、均一な分解が実現することとなる。

[0068] また、水熱分解装置 4 1 B における装置本体 4 2 B 内面の管壁の抵抗により、装置本体 4 2 B 内において、バイオマス原料 1 1 の入口側に比べ、バイオマス原料 1 1 の出口側の固体密度が減少し、加えて分解によりバイオマス固形分 1 7 が減少するため、加圧熱水 1 5 の占める割合が増加し、液滞留時間が増加することにより、液中の分解成分が過分解するので、少なくとも固定攪拌手段 6 1 を設けるようにしている。

[0069] この際、装置本体 4 1 A の温度調整装置である温度ジャケットを複数 4 5 a ~ 4 5 f に分割し、内部温度維持手段である熱媒供給部 4 5 a ~ 4 5 d と、内部温度冷却手段である冷媒供給部 4 5 e ~ 4 5 f とから構成している。

そして、熱媒供給部 4 5 a ~ 4 5 d において所定温度の熱媒を供給することにより、加圧熱水 1 5 が供給された所定の温度（例えば 200℃）を維持する温度制御を図示しない制御装置にて行い、水熱分解を効率よく行うようにしている。

その後、冷媒により可溶化分となった熱水可溶化ヘミセルロースの過分解を抑制させるために、冷媒供給部 4 5 e ~ 4 5 f において所定温度の冷媒を供給することにより、水熱分解温度（200℃）から過分解が進行しない温度（140℃）まで、急激に温度降下させようとして制御装置により温度制御しているので、熱水可溶化成分であるヘミセルロースの過分解が抑制される。これにより C5 糖の収率の低下が少ないものとなる。

[0070] また、本実施例では温度調節装置について温度ジャケットを例にして説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば冷水を注入する方法や、外部熱交換による温度調整方法等を適宜適用することができる。

実施例 4

[0071] 本発明による実施例 4 に係るバイオマス原料を用いた有機原料であるアルコールの製造システムについて、図面を参照して説明する。図 9 は、実施例に係るバイオマス原料を用いた有機原料の製造システムを示す概念図である。

図9に示すように、本実施例に係るバイオマス原料を用いたアルコールの製造システム10Aは、バイオマス原料11を例えば粉碎処理する前処理装置12と、前処理したバイオマス粉碎物13を加圧熱水15と対向接触させつつ水熱分解し、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移行し、バイオマス固体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図7に示す水熱分解装置41Aと、前記水熱分解装置41Aから排出されるバイオマス固形分17中のセルロースを酵素処理して6炭糖を含む糖液に第1の酵素（セルラーゼ）18-1で酵素分解する第1の酵素分解装置19-1と、第1の酵素分解装置19-1で得られた第1の糖液（6炭糖）20-1を用いて、発酵処理によりアルコール類（本実施の形態ではエタノール）を製造する第1のアルコール発酵装置21-1と、第1のアルコール発酵液22-1を精製して目的生成物のエタノール23と残渣24-1とに分離処理する第1の精製装置25-1とを具備するものである。

[0072] 本発明によれば、図7又は図8に示すような水熱分解装置41A、41Bにおいて、カウンターフローを採用することにより、液体側の加圧熱水15中にリグニン成分及びヘミセルロース成分を移行させ、固体側のバイオマス固形分17にはセルロースがとどまることとなり、酵素糖化の第1の酵素分解装置19-1により第1の糖液（6炭糖）20-1を得ることとなる。

そして、6炭糖に応じた発酵（最終製品に応じた発酵：本実施例では第1のアルコール発酵装置21-1を用いてエタノール23を発酵により求める）プロセスを構築することができる。

[0073] 本実施例では、発酵処理により求めるものとして、アルコール類のエタノールを例示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、アルコール類以外の、化成品原料となる石油代替品類又は食品・飼料原料となるアミノ酸類を発酵装置により得ることができる。

[0074] ここで、糖液を基点とした化成品としては、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ール、エタノールアミン、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、ポリエステル等を挙げることができる。よって、枯渇原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。

実施例 5

[0075] 本発明による実施例 5 に係るバイオマス原料を用いた有機原料であるアルコール製造システムについて、図面を参照して説明する。

図 10 は、本実施例に係るバイオマス原料を用いた有機原料のアルコール製造システムを示す概念図である。

図 10 に示すように、本実施例に係るバイオマス原料を用いたアルコールの製造システム 10B は、図 9 に示すアルコール製造システム 10A において、水熱分解装置 41A から排出される熱水排出液 16 中に移行されたヘミセルロース成分を酵素処理して 5 炭糖を含む第 2 の糖液 20-2 に酵素分解する第 2 の酵素分解装置 19-2 を設けてなるものである。

なお、酵素分解装置、アルコール発酵装置、精製装置は、それぞれ別途 2 機（第 1 の酵素分解装置 19-1、第 2 の酵素分解装置 19-2、第 1 のアルコール発酵装置 21-1、第 2 のアルコール発酵装置 21-2、第 1 の精製装置 25-1、第 2 の精製装置 25-2）設置している。そして、第 1 の糖液（6 炭糖）20-1、第 2 の糖液（5 炭糖）20-2 に応じた酵素分解工程、アルコール発酵工程及び精製工程を行うようにして、エタノール 23 を得るようにしている。

[0076] そして、本実施例では、第 2 の酵素 18-2 を用いた第 2 の酵素分解装置 19-2 で得られた第 2 の糖液（5 炭糖）20-2 を用いて、第 2 のアルコール発酵装置 21-2 による発酵処理により、第 2 のアルコール発酵液 22-2 を得た後、第 2 の精製装置 25-2 によりエタノール 23 を製造することができる。なお、符号 24-2 は残渣である。

[0077] なお、熱水排出液は必ずしも別系統において処理するものではなく、例え

ば酵素分解装置以降の工程を共通化したり、アルコール発酵装置以降の工程を共通化したり、あるいは精製装置以降を共通化する等適宜変更を行うことができる。

[0078] 図 1 1 に、本実施例の変形例に係るバイオマス原料を用いた有機原料のアルコール製造システムを示す概念図である。

図 1 1 に示すように、本実施例に係るバイオマス原料を用いたアルコールの製造システム 1 0 C は、図 9 に示すアルコール製造システム 1 0 A において、前記水熱分解装置 4 1 A 内において、リグニン成分及びヘミセルロース成分が移行された加圧熱水 1 5 を熱水排出液 1 6 として外部に排出し、該熱水排出液 1 6 に硫酸 7 1 を供給して、熱水排出液 1 6 中のヘミセルロース成分を硫酸分解して 5 炭糖を含む第 2 の糖液 2 0 - 2 に分解する硫酸分解装置 7 3 と、得られた第 2 の糖液（5 炭糖）2 0 - 2 を用いて、発酵処理によりアルコール類（本実施の形態ではエタノール）を製造する第 2 のアルコール発酵装置 2 1 - 2 と、第 2 のアルコール発酵液 2 2 - 2 を精製して目的生成物のエタノール 2 3 と第 2 の残渣 2 4 - 2 とに分離処理する第 2 の精製装置 2 5 - 2 とを具備するものである。

[0079] そして、本実施例では、硫酸分解装置 7 3 で得られた第 2 の糖液（5 炭糖）2 0 - 2 を用いて、発酵処理によりエタノール 2 3 を製造することができる。

[0080] ここで、本発明における硫酸分解処置装置での分解条件としては、硫酸濃度が 0. 1 ～ 5 重量%、好ましくは 1 ～ 4 重量%とし、分解温度が 1 0 0 ～ 1 4 0 °C、好ましくは約 1 2 0 °C 前後とし、分解時間としては、3 0 分から 3 時間、好ましくは 1 時間前後としている。これは、上記範囲外であると、良好なヘミセルロースの分解を行うことができないからである。

[0081] 従来において、バイオマス原料をそのまま硫酸分解するような場合には、1 重量%の硫酸を用いて、約 1 8 0 °C という高温で 1 0 分程度の分解処理を行っているが、硫酸が後流側のセルロースの酵素糖化の際に阻害物質として働くので、6 炭糖の収率が低下していた。

[0082] これに対して、本発明では、水熱分解装置 4 1 A において、予めセルロース成分をバイオマス固形分 1 7 に留まらせ、加圧熱水 1 3 側に移行したヘミセルロース成分の熱水排出液 1 6 を低温条件で硫酸処理するので、硫酸設備の構造が簡略化できると共に、硫酸の使用量が大幅に低減（従来硫酸使用量の 0. 6 ～ 0. 9 倍）されることとなる。その結果、硫酸の廃棄処理（石膏処理）量が低減するので、硫酸回収分離設備も小型のものとなり。設備のコンパクト化を図ることとなる。

[0083] また、硫酸での分解は、1 4 0 °C 以下の低温であるので、従来のような高温（1 8 0 °C）用の耐酸設備とする必要がなく、設備コストの低廉を図ることとできる。

[0084] 本発明によれば、水熱分解装置 4 1 A（4 1 B）において、カウンターフローを採用することにより、固体側のバイオマス固形分 1 7 では、セルロースがとどまることとなり、酵素糖化の第 1 の酵素分解装置 1 9 - 1 により第 1 の糖液（6 炭糖）2 0 - 1 を得ると共に、液体側の加圧熱水 1 5 では、その加圧熱水 1 5 に可溶したヘミセルロース成分を熱水排出液 1 6 として分離し、別途酵素糖化の第 2 の酵素分解装置 1 9 - 2 又は硫酸分解装置 7 3 により第 2 の糖液（5 炭糖）2 0 - 2 を得るので、両者を効率よく分離して各々糖化することが可能となる。そして、6 炭糖、5 炭糖に応じた発酵（最終製品に応じた発酵：例：エタノール発酵）プロセスを構築することができる。

[0085] このように、水熱分解装置 4 1 A（4 1 B）におけるカウンターフローを採用することによって 6 炭糖を得る酵素糖化反応において阻害物質となる副反応成分や加圧熱水に可溶なりグニン成分を加圧熱水 1 5 側に移行させるため、セルロース主体のバイオマス固形分 1 7 となり、その後の糖化反応における 6 炭糖の糖化反応収率が向上する。

[0086] 一方、分離された熱水排出液 1 6 に含まれるヘミセルロース成分は、その後第 2 の酵素分解装置 1 9 - 2 において糖化され、5 炭糖を含む糖液を得ることができる。

そして、6 炭糖、5 炭糖の各々に適した酵母等を用いることでエタノール

23を効率的に個別に発酵により求めることができるものとなる。

[0087] さらに、この水熱分解反応の際、反応装置内部において、装置本体42の他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Aと、有効反応領域Aが終了した直後に、熱水溶解成分が過分解しない温度（例えば140℃）まで温度を急降下（例えば200℃から140℃まで急降下）させる温度降下領域（溶解ヘミセルロース過分解抑制領域）Bとを有することにより、ヘミセルロースの過分解が抑制され、この結果、これによりC5糖の収率の低下を抑制することができる。

[0088] このように、本発明によれば、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加圧熱水に移行させて両者を分離すると共に、ヘミセルロースの過分解を抑制し、各々に適した効率的な糖液（6炭糖液、5炭糖液）の製造を行うと共に、該糖液を基点として、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バイオマス原料を用いた有機原料の製造システムを提供することが可能となる。

産業上の利用可能性

[0089] 以上のように、本発明によれば、水熱分解装置により、バイオマス原料からセルロース主体の成分を分離し、効率的な糖液の製造を行うと共に、該糖液を基点として、各種有機（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。

符号の説明

[0090] 11 バイオマス原料
12 前処理装置
13 バイオマス粉碎物
15 加圧熱水
16 熱水排出液
17 バイオマス固形分

18 酵素

19-1 第1の酵素分解装置

19-2 第2の酵素分解装置

20-1 第1の糖液（6炭糖）

20-2 第2の糖液（5炭糖）

23 エタノール

41A、41B 水熱分解装置

42 装置本体

43 搬送スクリー

45a～45f 多段ジャケット

100 制御装置

110 熱水

111 冷水

請求の範囲

- [請求項1] 装置本体の一方側から固体のバイオマス原料を供給すると共に、他方側から加圧熱水を供給させ、装置本体内部にて両者を対向接触させつつバイオマスを水熱分解させ、熱水溶解成分を熱水中に溶解させ、装置本体の一方側から加圧熱水を外部に排出すると共に、他方側からバイオマス原料を外部に排出させるバイオマスの水熱分解装置であって、
- 水熱分解を一定時間行った後に、温度を急降下させる内部温度冷却手段と、
- 内部温度を計測する温度測定部と、
- 温度測定部の温度計測結果を基に、前記内部温度冷却手段により内部温度を所定の冷却温度となるように制御する制御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装置。
- [請求項2] 請求項1において、
- 前記内部温度冷却手段が、水熱分解が終了した直後に、熱水溶解成分が過分解しない温度まで温度を急降下させる温度降下領域に温度調整することを特徴とするバイオマスの水熱分解装置。
- [請求項3] 請求項1又は2において、
- 装置本体の他方側から一方側に向かって形成され、加圧熱水の供給温度を一定時間保持する内部温度維持手段を有することを特徴とするバイオマスの水熱分解装置。
- [請求項4] 請求項1又は2において、
- 前記内部温度冷却手段が、外部よりの冷水、又は装置本体から抜き出した熱水を第1の熱交換器で熱交換させた冷水を供給するものであることを特徴とするバイオマスの水熱分解装置。
- [請求項5] 請求項3において、
- 前記内部温度維持手段が、外部よりの熱水、又は装置本体から抜き出した熱水を第2の熱交換器で熱交換させた熱水を供給するものであ

ることを特徴とするバイオマスの水熱分解装置。

[請求項6]

請求項2において、

前記加圧熱水の供給温度が180℃乃至240℃のいずれか一の所定温度であり、

前記熱水溶解成分が過分解しない温度が140℃以下であり、

前記温度降下領域は、加圧熱水が供給された温度から、140℃以下まで降下する温度範囲であることを特徴とするバイオマスの水熱分解装置。

[請求項7]

請求項1乃至6のいずれか一つにおいて、

前記水熱分解装置が、傾斜型又は垂直型の装置であることを特徴とするバイオマスの水熱分解装置。

[請求項8]

バイオマス原料を前処理する前処理装置と、

請求項1乃至7のいずれか一つのバイオマス水熱分解装置と、

前記バイオマス水熱分解装置から排出されるバイオマス固形分中のセルロースを酵素処理して6炭糖を含む糖液に酵素分解する第1の酵素分解装置と、

該第1の酵素分解装置で得られた糖液を用いて、発酵処理によりアルコール類、石油代替品類又はアミノ酸類のいずれか一つを製造する発酵装置とを具備することを特徴とするバイオマス原料を用いた有機原料の製造システム。

[請求項9]

請求項8において、

熱水排出液中のヘミセルロース成分を酵素処理して5炭糖を含む糖液に酵素分解する第2の酵素分解装置と、

該第2の酵素分解装置で得られた糖液を用いて、発酵処理によりアルコール類、石油代替品類又はアミノ酸類のいずれか一つを製造する発酵装置とを具備することを特徴とするバイオマス原料を用いた有機原料の製造システム。

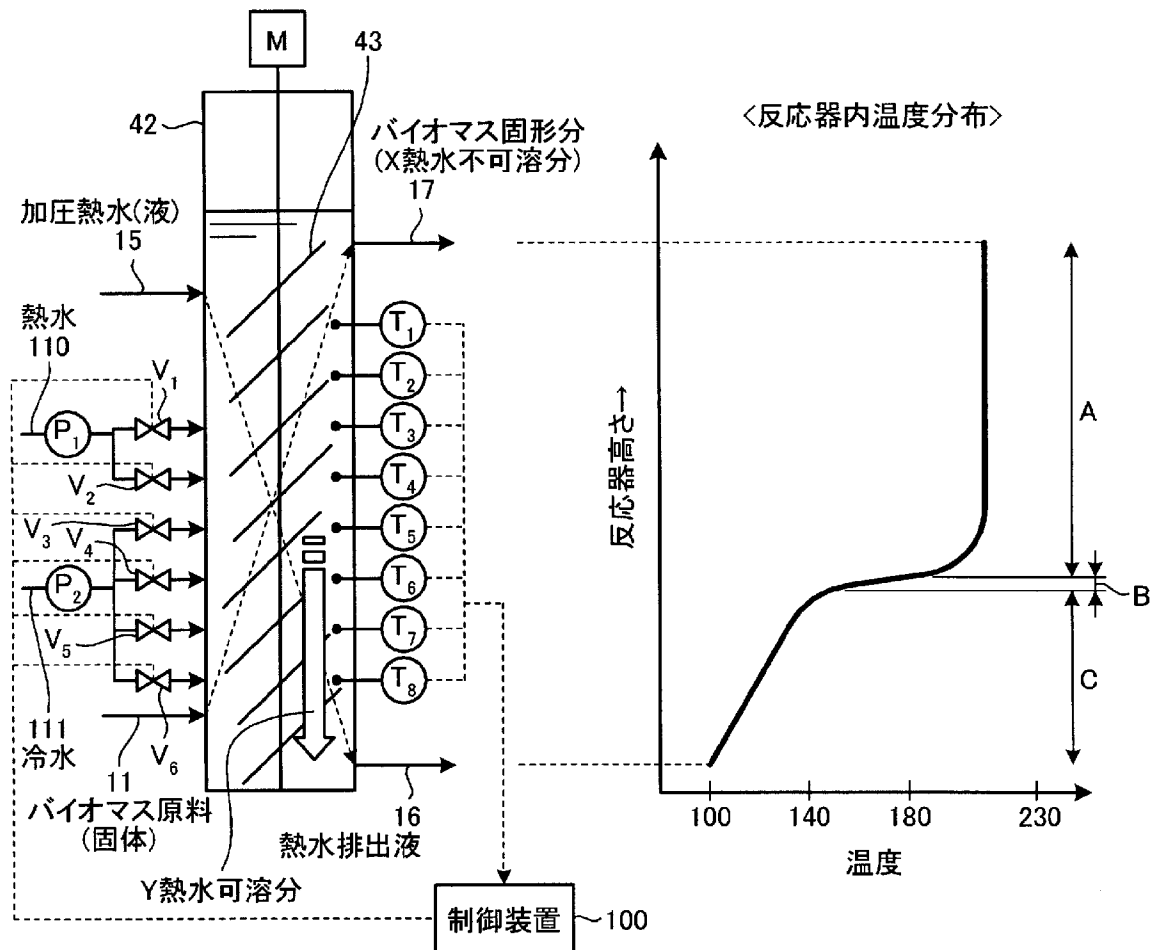
[請求項10]

請求項8において、

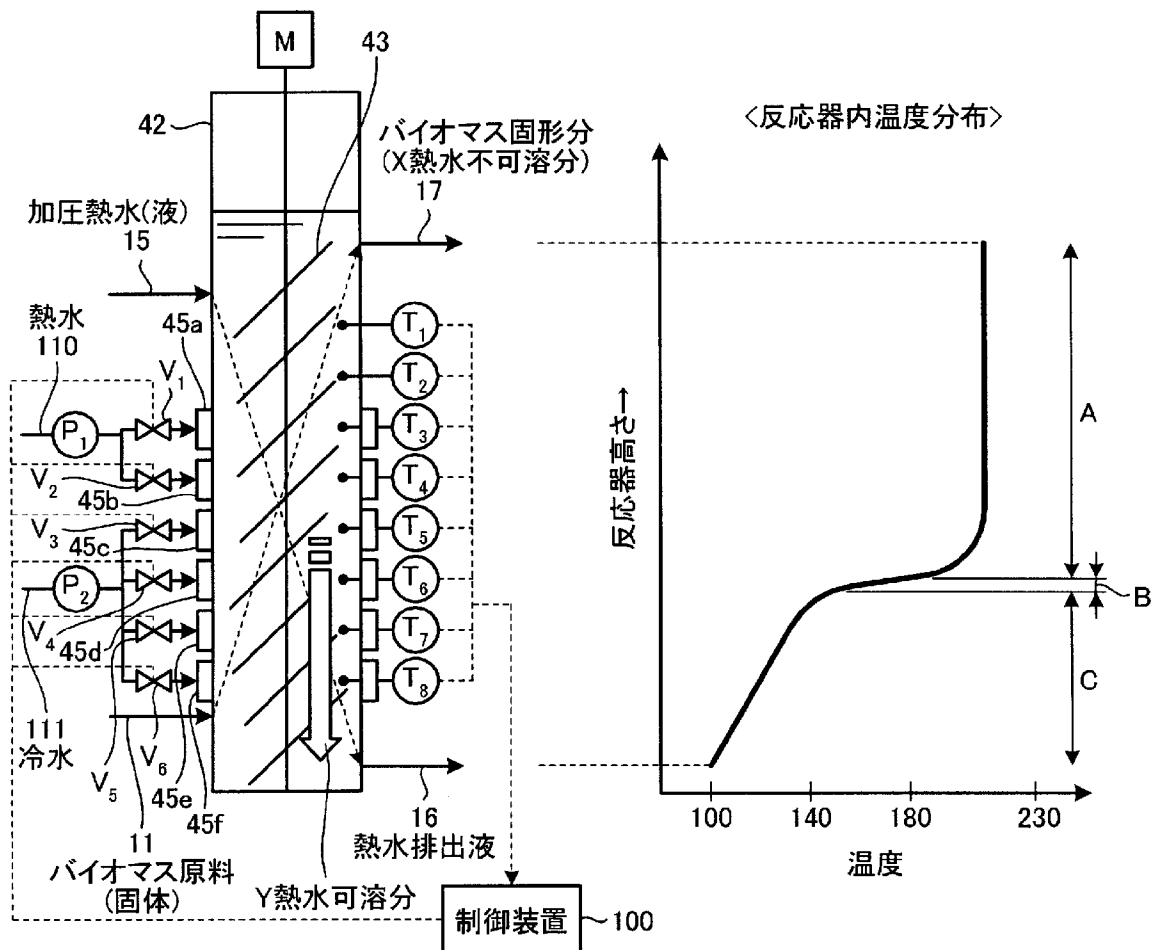
前記水熱分解装置から排出される熱水排出液中のヘミセルロース成分を硫酸分解して5炭糖を含む第2の糖液に分解する硫酸分解装置と、

硫酸分解装置で得られた第2の糖液を用いて、発酵処理によりアルコール類、石油代替品類又はアミノ酸類のいずれか一つを製造する第2の発酵装置とを具備することを特徴とするバイオマス原料を用いた有機原料の製造システム。

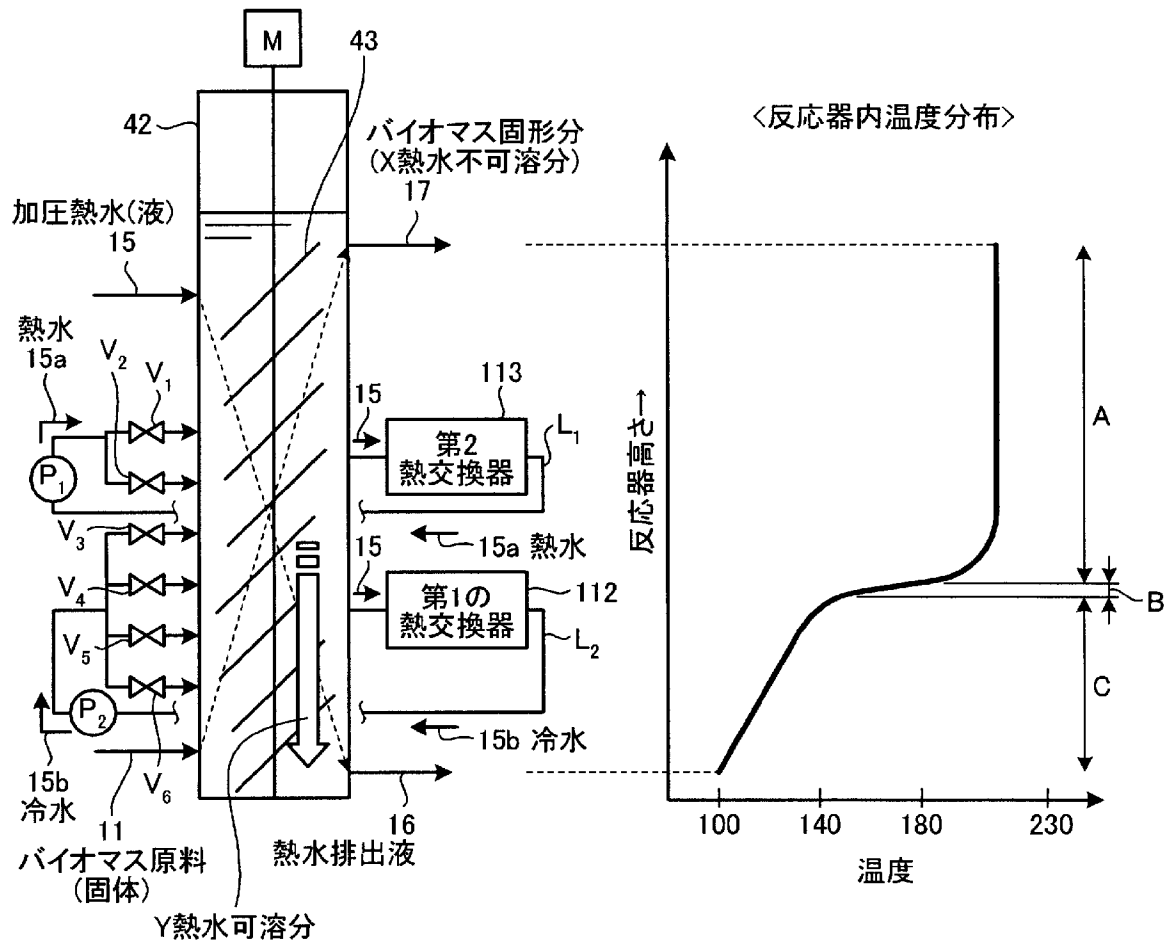
[図1-1]



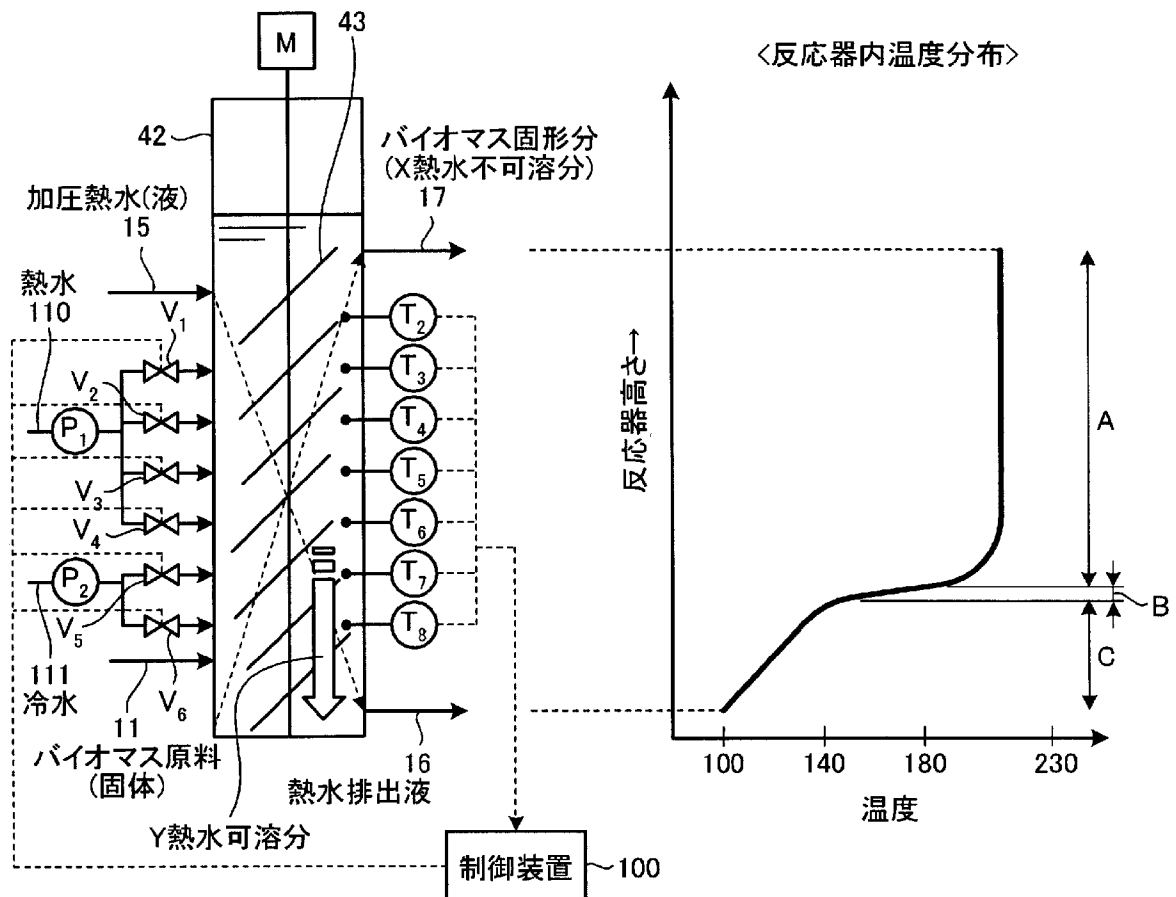
[図1-2]



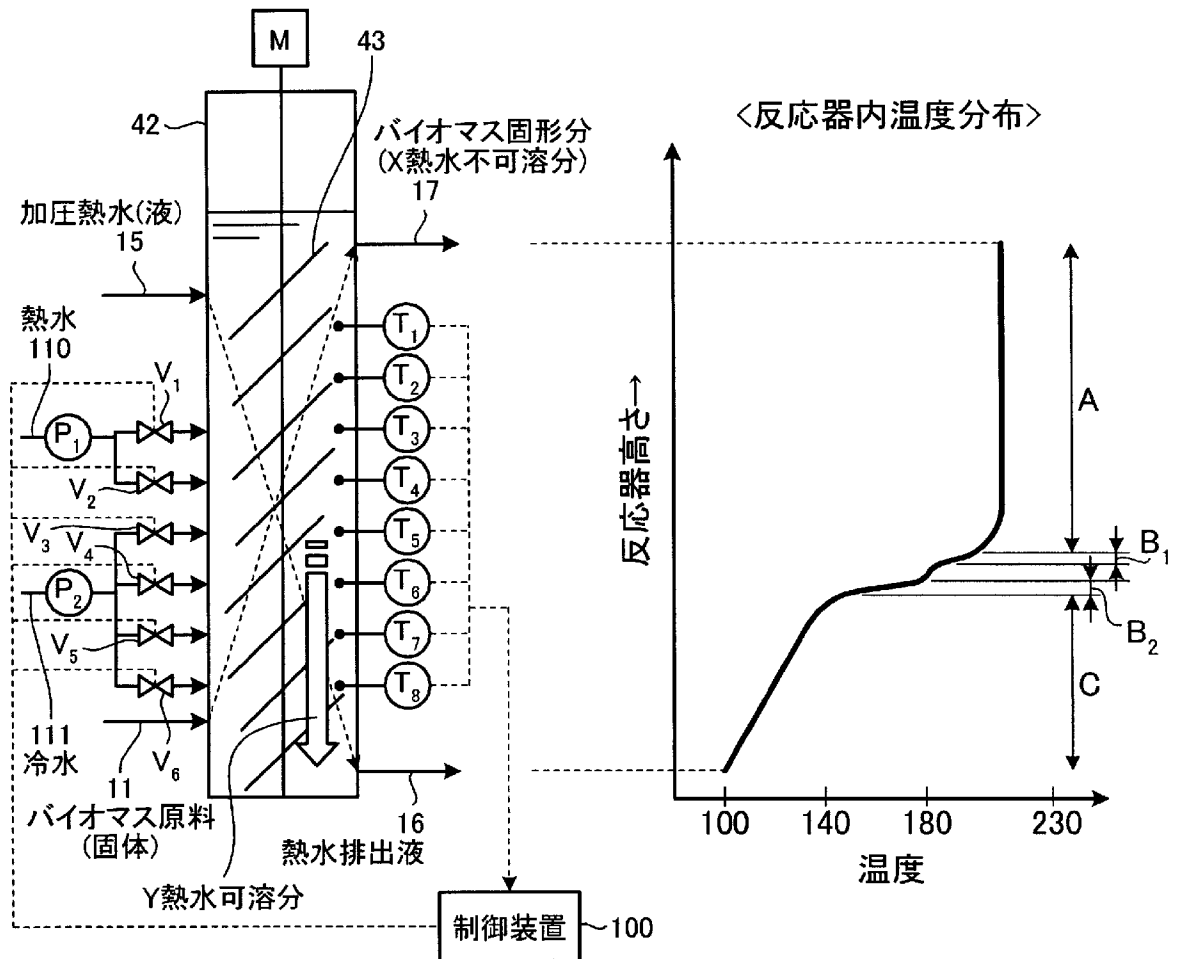
[図2]



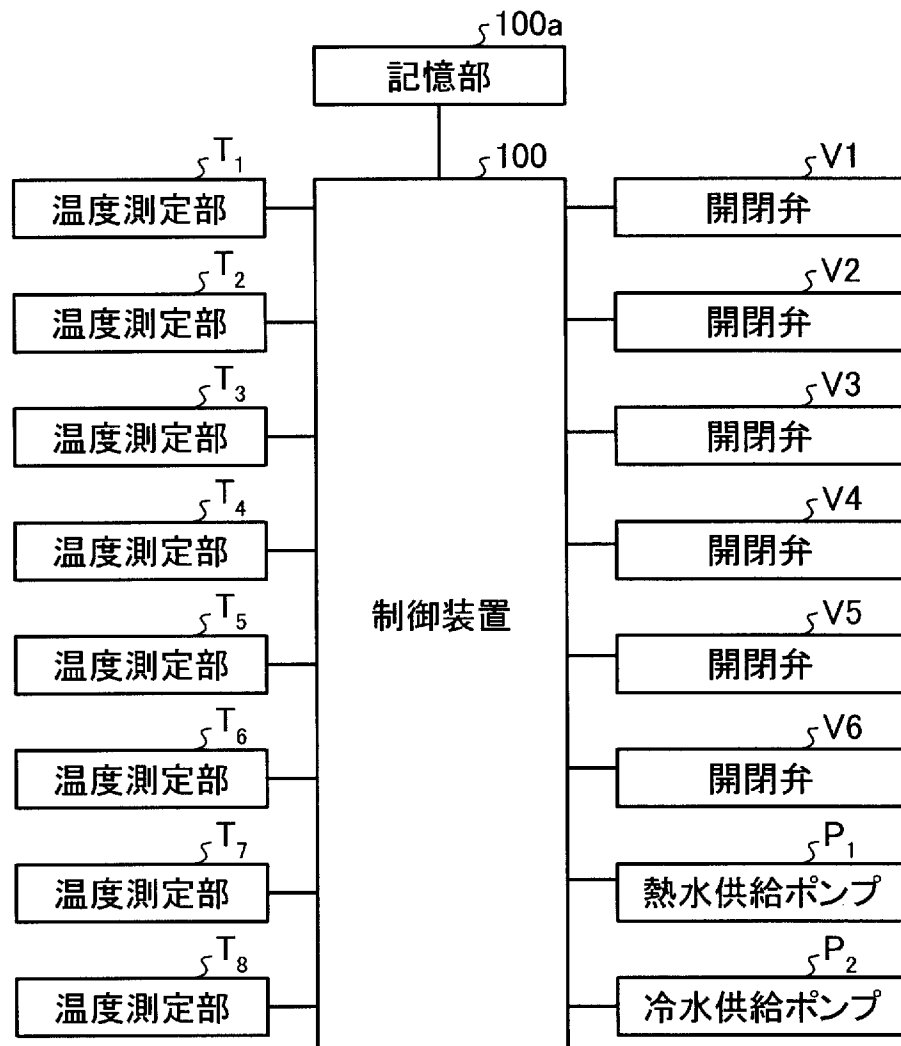
[図3]



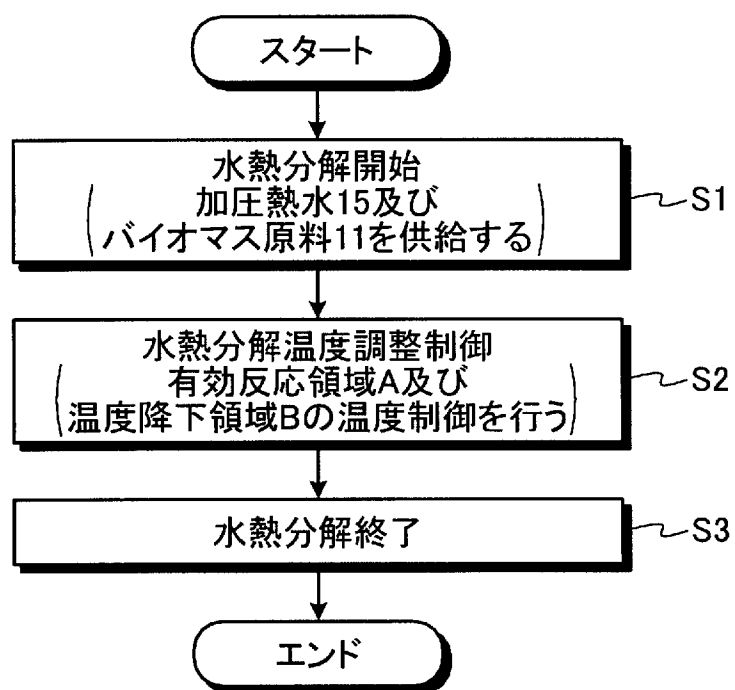
[図4]



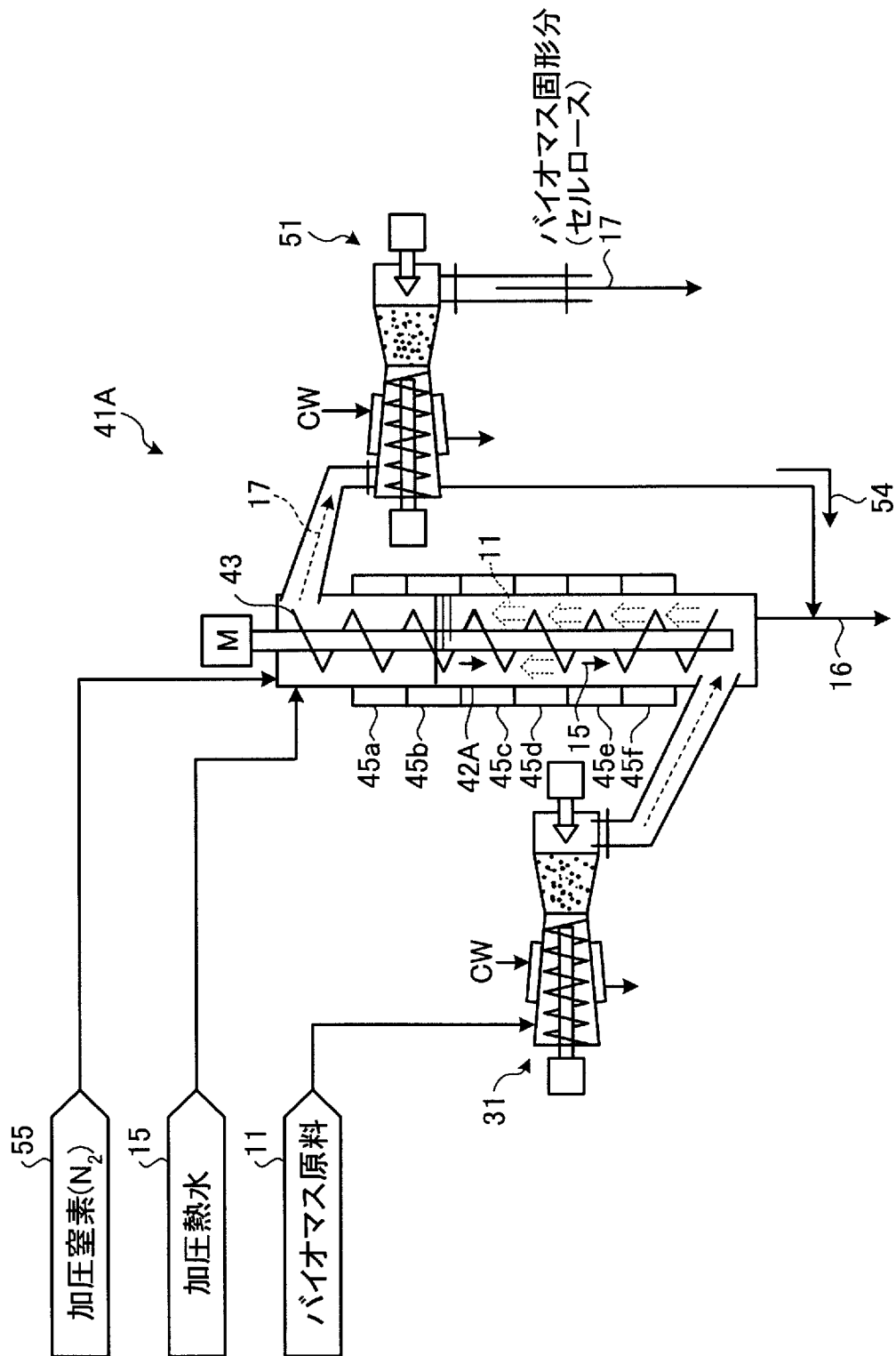
[図5]

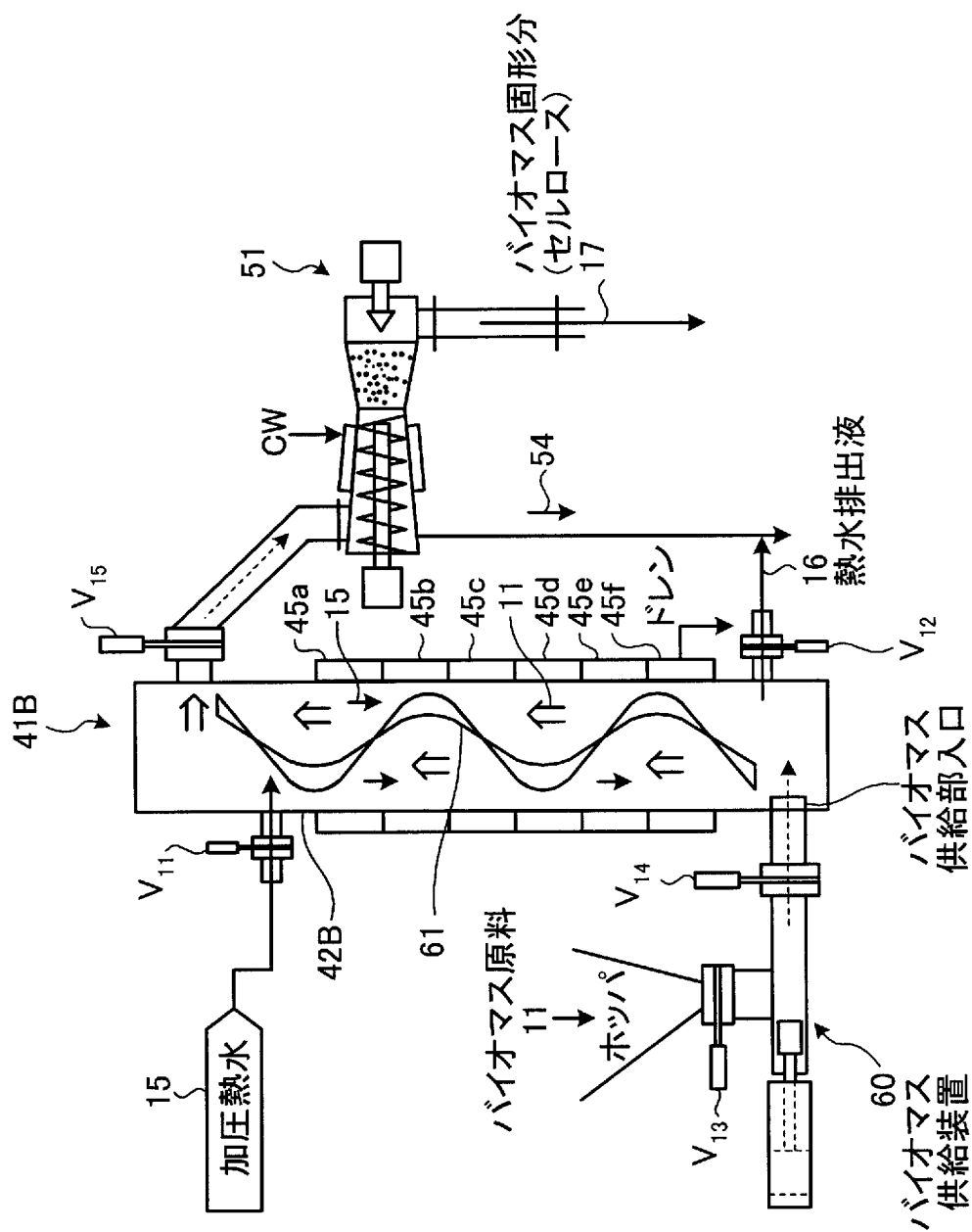


[図6]

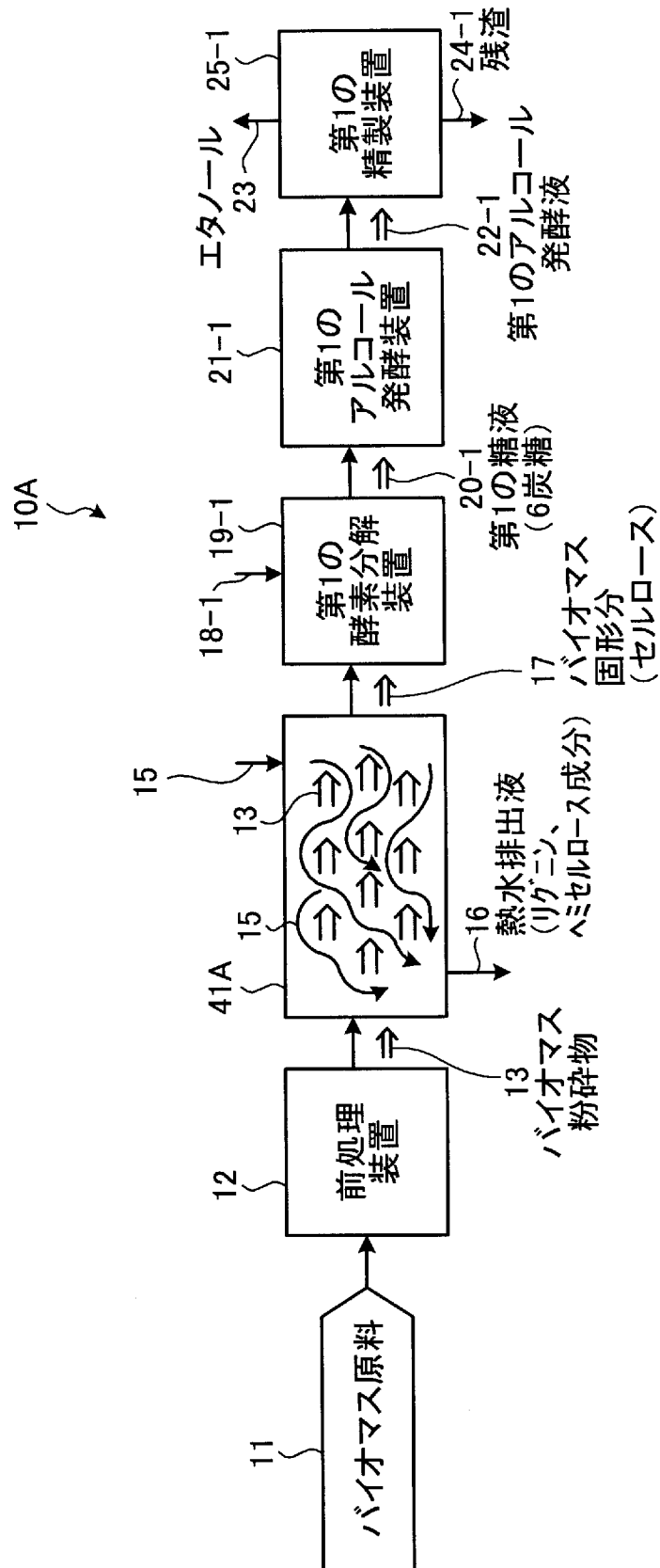


[図7]

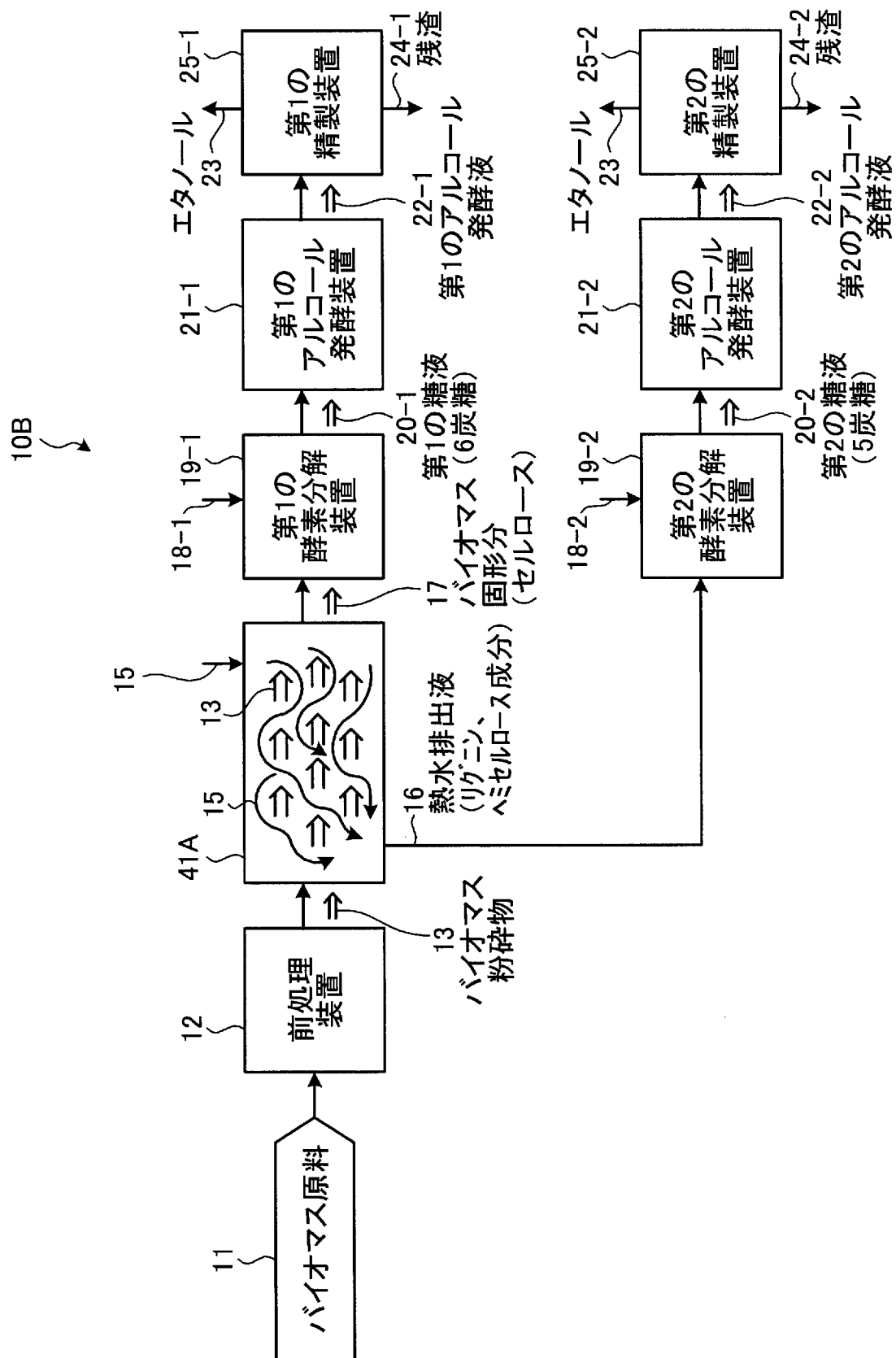




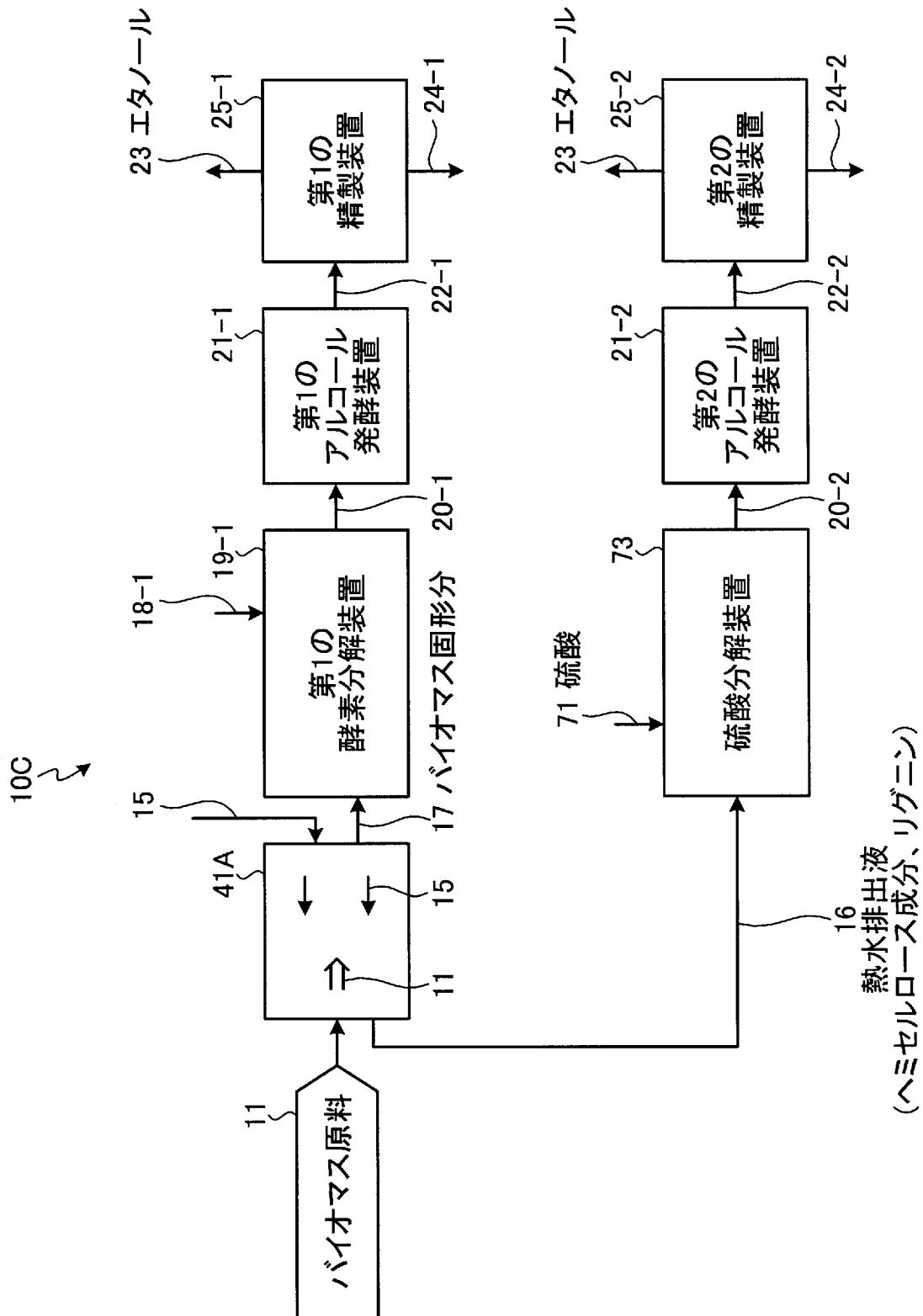
[図9]



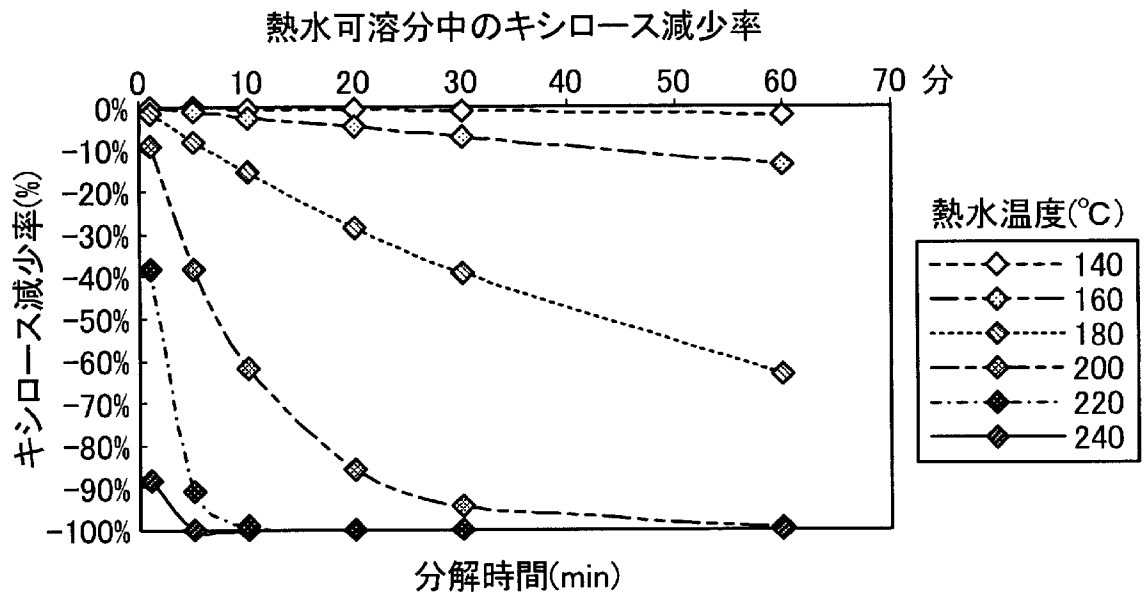
[図10]



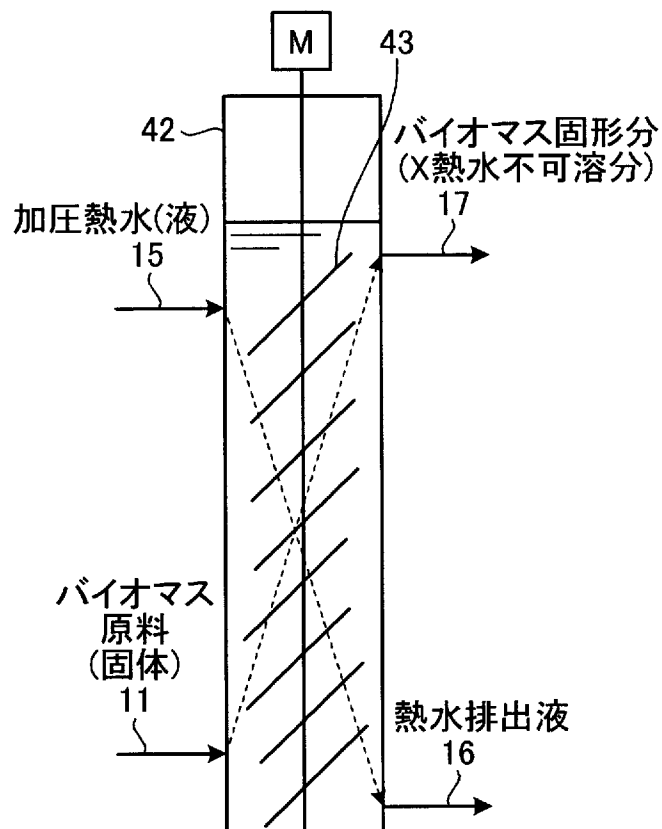
[図11]



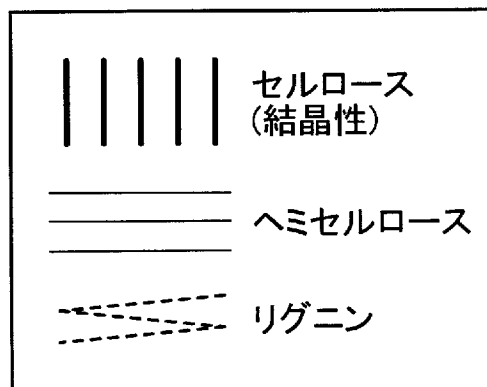
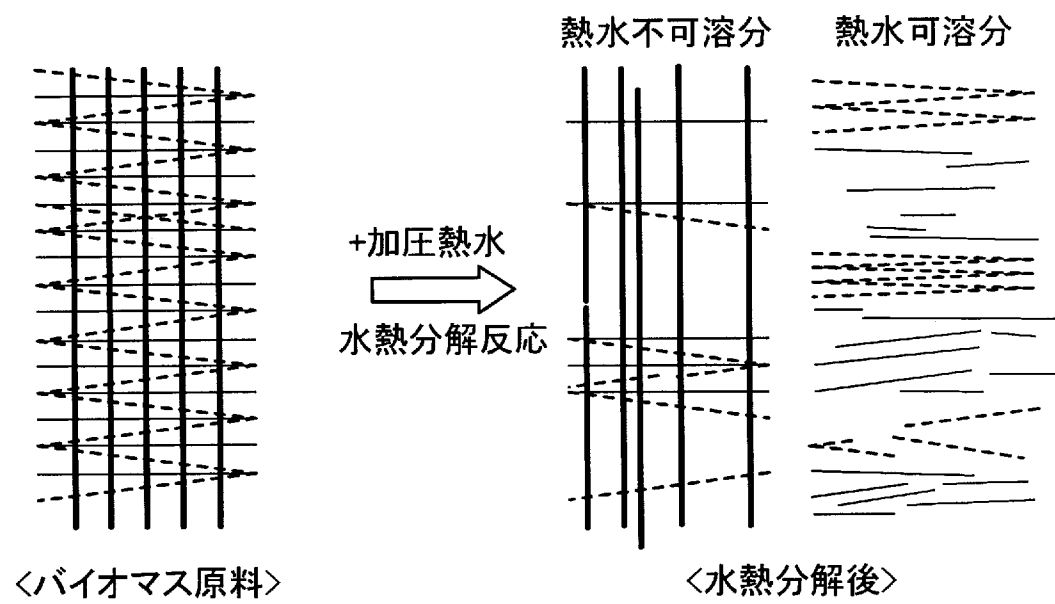
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/054022

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B09B3/00(2006.01)i, C10L1/02(2006.01)i, C10L1/04(2006.01)i, C12M1/00(2006.01)i, C12P7/10(2006.01)i, C12P13/04(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, C10L1/02, C10L1/04, C12M1/00, C12P7/10, C12P13/04

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.
A	JP 2005-205252 A (Kobe Steel, Ltd.), 04 August 2005 (04.08.2005), claims 1, 3, 6, 7; paragraphs [0001], [0002], [0008], [0010], [0013] to [0015], [0019], [0020], [0023], [0024], [0028], [0029], [0032] to [0036], [0053], [0056] to [0058]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-10
A	JP 2001-170601 A (Noritsu Koki Co., Ltd.), 26 June 2001 (26.06.2001), claims 1, 2; paragraphs [0001], [0005] to [0008], [0011], [0015], [0016]; fig. 1 (Family: none)	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ 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
02 June, 2010 (02.06.10)

Date of mailing of the international search report
15 June, 2010 (15.06.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/054022

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-112880 A (National University Corporation Shizuoka University), 10 May 2007 (10.05.2007), claims 1 to 5; paragraphs [0001], [0006] to [0008], [0011] to [0016], [0024], [0025], [0027] to [0030]; fig. 1, 6, 7, 10 (Family: none)	1-10
A	JP 2006-68399 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 16 March 2006 (16.03.2006), claims 1, 3; paragraphs [0010], [0012], [0026]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B09B3/00(2006.01)i, C10L1/02(2006.01)i, C10L1/04(2006.01)i, C12M1/00(2006.01)i, C12P7/10(2006.01)i, C12P13/04(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（I P C））

Int.Cl. B09B3/00, C10L1/02, C10L1/04, C12M1/00, C12P7/10, C12P13/04

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

日本国実用新案公報	1 9 2 2－1 9 9 6年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1－2 0 1 0年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6－2 0 1 0年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4－2 0 1 0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
A	JP 2005-205252 A（株式会社神戸製鋼所）2005.08.04, 【請求項1】、【請求項3】、【請求項6】、【請求項7】、【0001】、【0002】、【0008】、【0010】、【0013】～【0015】、【0019】、【0020】、【0023】、【0024】、【0028】、【0029】、【0032】～【0036】、【0053】、【0056】～【0058】、【図1】、【図2】（ファミリーなし）	1－10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ 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

「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
「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
「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）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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
「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 2 . 0 6 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 5 . 0 6 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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

特許庁審査官（権限のある職員）

増田 健司

電話番号 03-3581-1101 内線 3421

4 D

4 1 5 6

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
A	JP 2001-170601 A (ノーリツ鋼機株式会社) 2001.06.26, 【請求項1】、【請求項2】、【0001】、【0005】～【0008】、【0011】、【0015】、【0016】、【図1】 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2007-112880 A (国立大学法人静岡大学) 2007.05.10, 【請求項1】～【請求項5】、【0001】、【0006】～【0008】、【0011】～【0016】、【0024】、【0025】、【0027】～【0030】、【図1】、【図6】、【図7】、【図10】 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2006-68399 A (三菱重工業株式会社) 2006.03.16, 【請求項1】、【請求項3】、【0010】、【0012】、【0026】、【図1】～【図6】 (ファミリーなし)	1-10