(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
2018年5月11日(11.05.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/083785 A1

(51) 国際特許分類:
C10J 3/72 (2006.01) *C10J 3/78* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2016/082878

(22) 国際出願日： 2016年11月4日(04.11.2016)

(25) 国際出願の言語： 日本語

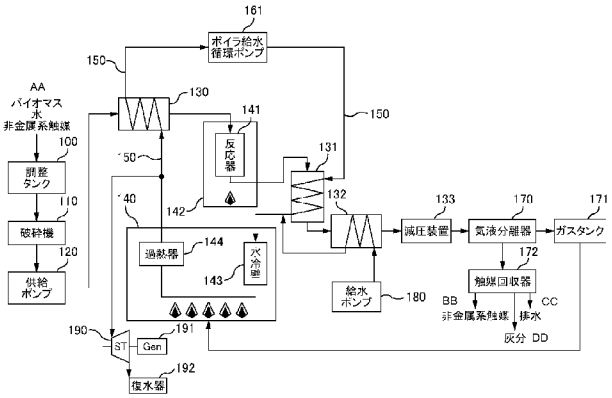
(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 中国電力株式会社 (**THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.**) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 Hiroshima (JP). 国立大学法人広島大学(**HIROSHIMA UNIVERSITY**) [JP/JP]; 〒7398511 広島県東広島市鏡山１丁目３番２号 Hiroshima (JP). 中電プラント株式会社 (**CHUDEN PLANT CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒7340001 広島県広島市南区出汐２丁目３番１８号 Hiroshima (JP). 株式会社東洋高圧 (**TOYO KOATSU CO.,LTD.**) [JP/JP]; 〒7330002 広島県広島市西区楠木町２丁目１番２２号 Hiroshima (JP).

(72) 発明者: 和田 泰孝 (**WADA, Yasutaka**); 〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 松村 幸彦 (**MATSUMURA, Yukihiko**); 〒7398511 広島県東広島市鏡山１丁目３番２号 国立大学法人広島大学内 Hiroshima (JP). 川井 良文 (**KAWAI, Yoshifumi**); 〒7340001 広島県広島市南区出汐２丁目３番１８号 中電プラント株式会社内 Hiroshima (JP). 野口 琢

(54) **Title:** SUPERCRITICAL WATER GASIFICATION SYSTEM

(54) 発明の名称： 超臨界水ガス化システム



100 Adjustment tank
110 Crusher
120 Supply pump
133 Decompression device
141 Reactor
143 Water-cooled wall
144 Superheater
161 Boiler water supply circulation pump
170 Gas - liquid separator
171 Gas tank
172 Catalyst reclaimer
180 Water supply pump
192 Condenser
AA Biomass/water/non-metallic catalyst
BB Non-metallic catalyst
CC Wastewater
DD Ash

(57) **Abstract:** The present invention comprises: a gasification reactor 141 that subjects a slurry generated by adjusting biomass to a gasification process using supercritical water; a heat exchanger 130 that preheats the slurry before the slurry is subjected to the gasification process using supercritical water by the gasification reactor 141; a supercritical pressure boiler 140 that discharges steam at a pressure that is greater than or equal to the pressure in a supercritical water gasification system; a circulation flow path 150 that links the supercritical pressure boiler 140 and the heat exchanger 130 so as to allow

WO 2018/083785 A1

［続葉有］

史 (NOGUCHI, Takashi); 〒7330002 広島県広島市西区楠木町２丁目１番２２号 株式会社東洋高圧内 Hiroshima (JP).

(74) 代理人: 一色国際特許業務法人 (ISSHIKI & CO.); 〒1080073 東京都港区三田三丁目１１番３６号 三田日東ダイビル 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

circulation therebetween; and a circulation pump 161 for circulating the steam, said circulation pump being installed in the circulation flow path 150. The heat exchanger 130 preheats a slurry that includes water-containing biomass by circulating high-pressure steam of a pressure that is greater than or equal to the pressure in a supercritical water gasification system. Consequently, fuel consumption is kept to a minimum, the heat exchanger 130 can be made more compact, the generation of tar and char is suppressed so that clogging of tubes of the heat exchanger 130 can be avoided, and a fuel gas such as methane or hydrogen can be efficiently generated from the water-containing biomass.

(57) 要約：本発明では、バイオマスを調整して生成されたスラリー体を超臨界水でガス化処理するガス化反応器１４１と、ガス化反応器１４１で超臨界水によりガス化処理される前にスラリー体を予熱する熱交換器１３０と、超臨界水ガス化系統圧力以上の圧力の蒸気を排出する超臨界圧ボイラ１４０と、これら超臨界圧ボイラ１４０と熱交換器１３０との間を循環するように連結する循環流路１５０と、この循環流路１５０に配設され、蒸気を循環させるための循環ポンプ１６１とを備え、熱交換器１３０は、含水性バイオマスを含むスラリー体を、超臨界水ガス化系統圧力以上の高圧の蒸気を循環利用して予熱することで、燃料消費を最低限に抑えつつ、熱交換器１３０をコンパクト化し、タールやチャーの生成を抑制して、熱交換器１３０の配管が閉塞されることを回避でき、含水性バイオマスからメタンや水素などの燃料ガスをより効率的に生成することができる。

明　細　書

発明の名称 ： 超臨界水ガス化システム

技術分野

[0001] 本発明は、バイオマスに水および触媒を添加して調整されたスラリー体を、超臨界状態で分解処理して燃料ガスを生成する超臨界水ガス化システムに関する。

背景技術

[0002] 近年、含水性バイオマス（焼酎残渣、採卵鶏糞，下水汚泥等）を超臨界水でガス化する技術において、バイオマスを超臨界水でガス化することによって得られた生成物の熱を利用して、超臨界水でガス化される含水性バイオマス又は該バイオマスのスラリー体を加熱する二重管式熱交換器を備えた超臨界水ガス化システムが開発されている（例えば、特許文献１および２参照）。

[0003] ここで、一般的なバイオマスによるガス化システムは、熱交換器・加熱器およびガス化反応器等を含んで構成され、加水分解によって有機物を水素・メタン・エタン・一酸化炭素・二酸化炭素等にガス化する。例えば、熱交換器は、スラリー状のスラリー体を加熱する装置である。このスラリー体は、焼酎残渣・採卵鶏糞・汚泥等のバイオマスに、水および活性炭（触媒）を加えて混合することで調整される。加熱器は、熱交換器で加熱されたスラリー体をガス化反応温度である６００℃まで昇温する装置である。ガス化反応器は、このスラリー体を水熱処理して有機物をガス化し、超臨界状態の高温流体にする装置である。超臨界状態となった流体は、その後気液分離され、気体分が燃料ガスとして利用される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００７－２７１１４６号公報

特許文献2：特開２００９－２４２６９７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上述のような超臨界水ガス化システムにおいては、ガス化の際に触媒として使用される非金属触媒（例えば、活性炭）の微細粉末やガス化の際に生成されるタール・チャーなどによって二重管式熱交換器の二重管における外管と内管との間に閉塞が生じる場合がある。

[0006] 具体的に、例えば、ガス化反応後の処理後流体は、全長約１００ｍの二重管式熱交換器において、スラリー体と熱交換することにより、約６００℃から約１２０℃へ水温が下がる。その後、さらに冷却して気液分離することでガスと排水に分離される。そして、ガスは燃料として使用し、余剰ガスはタンクへ蓄圧して別途使用する。

[0007] このとき、かかる二重管式熱交換器では、処理後流体の熱を原料の加熱に利用している。ところが、二重管式熱交換器の中間部分では、水物性の関係から温度差が小さくなるため熱交換が非効率になる。これは、原料圧力が処理後流体圧力より高圧となるため、原料擬臨界点温度が処理後流体擬臨界点温度より高くなるが、水は擬臨界点において定圧比熱が最大となるため、熱交換器内の大きな範囲において処理後流体と原料の温度差が小さくなり、単位面積当たりの交換熱量が減少することが原因である。また、擬臨界点温度近傍で密度が大きく変化することも、この原因となっている。

[0008] また、熱交換器は、高温高圧に耐え得るために、高価な材料の厚肉配管を用いて、法的規制をクリアした技士が溶接を行うことから高価である。従って、極力小型の熱交換器を用いて、効率よく温度上昇させたい要望がある。例えば、全長の長い熱交換器の場合、温度上昇に時間が掛かる。そして、中温部・高温部でタールやチャーが生成されるため、ここでの反応時間が長くなるとタールの生成量が増大し、ひいては熱交換器出口で配管が閉塞するリスクを上昇させる原因となってしまう問題があった。

[0009] そこで、本発明者等は、上述したスラリー体が熱交換器において目詰まりを起こすことに起因した流路の閉塞を防止すること、およびガス化効率の向

上の観点から、このスラリー体を、超臨界水ガス化系統圧力以上の高圧の蒸気を利用して予熱することに着目した。

[0010] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、熱交換器にて含水性バイオマスを含むスラリー体を、超臨界水ガス化系統圧力以上の高圧の蒸気を利用して予熱し、更にこの高圧の蒸気を循環利用することで、燃料消費を最低限に抑えつつ、熱交換器をコンパクト化し、タールやチャーの生成を抑制して、熱交換器の配管が閉塞されることを回避でき、含水性バイオマスからメタンや水素などの燃料ガスをより効率的に生成することができる超臨界水ガス化システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 上記課題を解決するために、本発明に係る超臨界水ガス化システムは、

バイオマスを調製して生成されたスラリー体を超臨界水でガス化処理するガス化反応器と、前記ガス化反応器で超臨界水によりガス化処理される前に前記スラリー体を予熱する熱交換器と、を備え、前記スラリー体を、超臨界状態で分解処理して燃料ガスを生成するガス化システムであって、

超臨界水ガス化系統圧力以上の圧力の蒸気を排出する加熱部と、

前記加熱部と前記熱交換器との間を循環するように連結する循環流路と、

前記循環流路に配設され、前記蒸気を循環させるための循環ポンプと、を設け、

前記加熱部から排出され、前記熱交換器にて前記スラリー体を予熱する前記蒸気が、前記循環流路を介して前記加熱部と前記熱交換器との間を循環する

ことを特徴とする。

[0012] また、本発明に係る超臨界水ガス化システムは、

前記熱交換器が複数設けられ、当該複数の熱交換器のうちの少なくとも一つの熱交換器では、前記スラリー体を予熱して温度が低下した前記蒸気を利用して、前記ガス化反応器によって生成される生成物を冷却することとしても良い。

[0013] 前記加熱部は、

前記蒸気を排出する超臨界圧ボイラと、

前記ガス化反応器を加熱する反応器用バーナと、

を備えていることとしても良い。

[0014] 前記超臨界圧ボイラは、

前記ガス化処理によって生成された生成物から抽出される生成ガスを燃料として使用することとしても良い。

[0015] なお、熱交換器での予熱処理は、反応器での水熱処理を考慮して、６００℃の温度、および２５ＭＰａの圧力の条件下で行うことが好ましい。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、熱交換器にて含水性バイオマスを含むスラリー体を、超臨界水ガス化系統圧力以上の高圧の蒸気を循環利用して予熱することで、燃料消費を最低限に抑えつつ、熱交換器をコンパクト化し、タールやチャーの生成を抑制して、熱交換器の配管が閉塞されることを回避でき、含水性バイオマスからメタンや水素などの燃料ガスをより効率的に生成することができる超臨界水ガス化システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の一実施形態として説明する超臨界水ガス化システムの概略構成を示す図である。

[図2]本発明の他の実施形態として説明する超臨界水ガス化システムの概略構成を示す図である。

[図3]本発明の他の実施形態として説明する超臨界水ガス化システムの概略構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の好ましい実施形態を、図面を参照して詳細に説明する。なお、本発明の目的、特徴、利点、及びそのアイデアは、本明細書の記載により、当業者には明らかであり、本明細書の記載から、当業者であれば、容易に本発明を再現できる。以下に記載された発明の実施の形態及び図面等は、

本発明の好ましい実施態様を示すものであり、例示又は説明のために示されているのであって、本発明をそれらに限定するものではない。本明細書で開示されている本発明の意図ならびに範囲内で、本明細書の記載に基づき、様々に修飾ができることは、当業者にとって明らかである。

[0019] ＝＝本発明に係る超臨界水ガス化システムの全体構成＝＝

図１は、本発明の一実施形態として説明する超臨界水ガス化システムの概略構成を示す図である。図１に示すように、本発明に係る超臨界水ガス化システム（以下、適宜、単に「システム」と称する場合がある。）は、調整タンク１００、破砕機１１０、供給ポンプ１２０、第一熱交換器１３０、第二熱交換器１３１、第三熱交換器１３２、減圧装置１３３、超臨界圧ボイラ１４０、ガス化反応器１４１、反応器用バーナ１４２、ボイラ水冷壁１４３、過熱器１４４、気液分離器１７０、ガスタンク１７１、触媒回収器１７２、給水ポンプ１８０などを備えており、供給ポンプ１２０と第一熱交換器１３０の間、第一熱交換器１３０とガス化反応器１４１の間、ガス化反応器１４１と第二熱交換器１３１の間、および、第二熱交換器１３１と第三熱交換器１３２の間は、それぞれ配管によって接続されている。

[0020] また、本実施形態の場合、本システムは、超臨界圧ボイラ１４０、第一熱交換器１３０および第二熱交換器１３１が、循環流路１５０によって連結されている。かかる循環流路１５０は、ボイラ給水循環ポンプ１６１等を備えている。そして、超臨界圧ボイラ１４０、第一熱交換器１３０および第二熱交換器１３１の間で、超臨界圧ボイラ１４０から送出される超臨界水ガス化系統圧力以上の高圧の蒸気（詳細は、後述する）を、ボイラ給水循環ポンプ１６１によって循環させるようになっている。なお、前述した循環流路１５０の構成は、一例であってこれに限ることはない。

[0021] さらに、本実施形態の場合、第一熱交換器１３０（すなわち、ガス化反応器１４１で超臨界水によりガス化処理される前にスラリー体を予熱する熱交換器）、第二熱交換器１３１（すなわち、スラリー体を予熱し温度が低下した蒸気を利用して、ガス化反応器１４１によって生成される生成物を冷却す

る熱交換器）、第三熱交換器１３２（すなわち、ガス化反応器１４１から第二熱交換器１３１を介して送出される生成物をほぼ常温まで冷却する熱交換器）は、それぞれ二重管式熱交換器で構成されている場合について述べるが、本発明はこれに限ることはない。

[0022] 調整タンク１００は、含水性バイオマス（バイオマスのスラリー体であっても良い。以下、同じ。）、非金属系触媒、水などを混合するタンクである。本システムにおいて処理されるスラリー体は、調整タンク１００に投入された含水性バイオマスおよび非金属系触媒、並びに必要に応じて投入された水を混合して、含水性バイオマスに非金属系触媒を懸濁することにより調製される。なお、水の投入は、バイオマスの含水率に応じて適宜行われる。上記含水性バイオマスは、例えば、焼酎残渣、採卵鶏糞、下水汚泥などである。また、上記非金属系触媒としては、例えば、活性炭、ゼオライト、これらの混合物などを用いることができるが、平均粒径２００μｍ以下の粉末を用いることが好ましく、平均粒径２００μｍ以下の多孔質の粒子を用いることがより好ましい。

[0023] 破砕機１１０は、調整タンク１００で調製したスラリー体中のバイオマスを破砕して、バイオマスをあらかじめ均一な大きさ（好ましくは平均粒径が８００μｍ以下、より好ましくは平均粒径が３００μｍ以下）にするための装置である。

[0024] 加熱部としての超臨界圧ボイラ１４０は、水冷壁１４３および過熱器１４４を含んで構成され、循環流路１５０を介してボイラ給水循環ポンプ１６１により循環供給される蒸気を過熱する。そして、かかる過熱により発生する超臨界水ガス化系統圧力以上の高圧の蒸気を、第一熱交換器１３０へと供給する。

[0025] ガス化反応器１４１は、調整タンク１００にて含水性バイオマスに水や非金属系触媒を加えて混合し調製したスラリー体、または破砕機１１０でバイオマスを破砕したスラリー体に懸濁させた非金属系触媒を触媒として、スラリー体中のバイオマスを超臨界水でガス化処理する装置である。バイオマス

の超臨界水によるガス化は、前述の非金属系触媒を利用して、３７４℃以上の温度、及び２２．１ＭＰａ以上の圧力の条件下で行うことができるが、タールやチャーの発生を抑制するとともに炭素ガス化率を高めることができる温度及び圧力下（６００℃以上、２５～３５ＭＰａの範囲内）で行うことが好ましい。このようにバイオマスを超臨界水で処理することにより、バイオマスを分解し、水素ガス、メタン、エタン、エチレン等の燃料ガスを生成することができる。

[0026] また、ガス化反応器１４１は、その内部流体温度、外部燃焼ガス温度を測定する温度測定装置と、ガス化反応器１４１の内部流体圧力、入口出口差圧を測定するための圧力測定装置と（共に図示せず）、を備えることが好ましい。

[0027] 本実施形態の場合、ガス化反応器１４１は反応器用バーナ１４２を備えており、コイル状の配管を反応器用バーナ１４２で加温するようになっている。かかる管状反応器を用いた場合、配管の径や長さを調整することで、反応時間を一定時間確保できる利点がある。なお、ガス化反応器としては、これに限定されるものではなく、前述の条件下でバイオマスを含むスラリー体を水熱処理することができる装置であれば特に制限されるものではない。ガス化反応器としては、この他、触媒層反応器・流動層反応器・噴流床反応器等がある。

[0028] 二重管式熱交換器として構成される第一熱交換器１３０は、超臨界圧ボイラ１４０から供給される超臨界水ガス化系統圧力以上の高圧の蒸気（この場合、６００℃の温度、および２５ＭＰａの圧力の条件下からなる蒸気）の熱を利用して、ガス化反応器１４１で超臨界水によりガス化処理される含水性バイオマスに非金属系触媒を懸濁したスラリー体を所定の温度（この場合、６００℃）まで予め加熱（予熱）する装置である。

[0029] ここで、従来の二重管式熱交換器では、その中間部分において、水物性の関係から温度差が小さくなる（すなわち、原料圧力が処理後流体の圧力より高圧となるため、原料の擬臨界点温度が処理後流体の擬臨界点温度より高く

なるが、水は擬臨界点において定圧比熱が最大となるため、熱交換器内の大きな範囲において処理後流体と原料の温度差が小さくなる）ため、単位伝熱面積当たりの交換熱量が減少し、熱交換が非効率になる場合があった。

[0030] また、従来の二重管式熱交換器では、熱交換効率を上げるべく全長が長く形成されていたことから温度上昇に時間が掛かり、中温部・高温部でタールやチャーが生成され、更にはここでの反応時間が長くなることに起因してタールの生成量が増大し、ひいては熱交換器内やその出口で配管が閉塞する場合があった。

[0031] そこで、本システムでは、第一熱交換器１３０において、超臨界圧ボイラ１４０から供給される超臨界水ガス化系統圧力以上の高圧の蒸気（この場合、６００℃の温度、および２５ＭＰａの圧力の条件下からなる蒸気）を利用して、上記スラリー体を予熱するようにした。すなわち、第一熱交換器１３０は、ガス化反応器１４１に供給されるスラリー体を、当該ガス化反応器１４１で超臨界水によりガス化処理される前に、より６００℃に近づくよう予熱できる。

[0032] 具体的には、図示省略するが、第一熱交換器１３０における二重管は既存の二重管式熱交換器と同様に、外管と内管とから構成されており、前記スラリー体が内管内の流路を流れ、前記蒸気が外管と内管との間の流路を流れる。すなわち、内管内の流路に上記スラリー体が流れてガス化反応器１４１に供給され、外管と内管との間の流路に対して、スラリー体が流れる方向とは逆方向に、上記蒸気が流れて第二熱交換器１３１に供給されるように、第一熱交換器１３０が本システムに設けられている。

[0033] このように、第一熱交換器１３０において、超臨界圧ボイラ１４０から供給される超臨界水ガス化系統圧力以上の高圧の蒸気を利用して、上記スラリー体を予熱することにより、第一熱交換器１３０を従来に比して大幅にコンパクト化することができる。また、タールやチャーの生成を抑制して、第一熱交換器１３０の配管が閉塞されることを回避でき、含水性バイオマスからメタンや水素などの燃料ガスをより効率的に生成することができるようにな

っている。しかも、かかる蒸気は循環流路１５０を介してボイラ給水循環ポンプ１６１によって循環されるため、水から蒸気を生成する場合に比較して容易に生成できるため、燃料消費を最低限に抑えることができる。

[0034] 冷却器として機能する第二熱交換器１３１は、第一熱交換器１３０を介してガス化反応器１４１から供給される排出物を冷却するための装置である。この第二熱交換器１３１では、第一熱交換器１３０から排出されたスラリー体を予熱した後の蒸気と上記排出物（すなわち、ガス化反応器１４１によって生成される生成物）を熱交換することで、当該排出物を６００℃の温度の条件下から、１５０℃～２００℃の温度の条件下にまで冷却する。

[0035] また、同様に冷却器として機能する第三熱交換器１３２は、第二熱交換器１３１から供給される排出物を冷却するための装置である。この第三熱交換器１３２では、供給ポンプ１８０から供給される水と上記排出物を熱交換することで、当該排出物を１５０℃～２００℃の温度の条件下から、ほぼ常温の条件下にまで冷却する。

[0036] 減圧装置１３３は、第三熱交換器１３２と気液分離器１７０との間に配設され、ガス化反応器１４１から第二熱交換器１３１および第三熱交換器１３２を介して排出される排出物を、この場合、２５ＭＰａの圧力の条件下から、ほぼ大気圧の条件下にまで減圧する。本システムでは、ガス化反応器１４１から排出される排出物には、可燃性の高い燃料ガス（例えば、水素、メタン、エタン、エチレンなど）や水蒸気等が含まれているので、冷却し減圧することで、危険性を低減させたり、水蒸気を水に変換させて気液分離し易くさせたりする役目を果たすようになっている。

[0037] なお、本実施形態においては、ガス化反応器１４１から排出された排出物を冷却する装置として第二熱交換器１３１や第三熱交換器１３２を例に挙げて説明したが、かかる冷却器としては、第二熱交換器１３１や第三熱交換器１３２に限ることはなく、ガス化反応器１４１から排出された排出物を冷却することができる装置であれば、どのような装置を用いても良い。また、減圧器としても同様に、減圧装置１３３に限ることはない。

[0038] また、前述の熱交換器も向流式に限ることは無く、例えば、並流式でも良い。さらに、二重管式熱交換器に限ることは無く、例えば、スパイラル式やプレート式の熱交換器でも良い。

[0039] さらに、循環流路１５０におけるボイラ給水循環ポンプ１６１の入口側と出口側に圧力計（図示省略）を設けるか、循環流路１５０に差圧計（図示省略）または流量計を設けることで、閉ループである循環流路１５０内で蒸気が巡回し始めたことを確認するようにしても良い。

[0040] 以上のように、本システムに第一～第三熱交換器１３０～１３２を備えることにより、エネルギーを有効に利用できるので、低エネルギー・低コストで含水性バイオマスから燃料ガスを生成できるようになる。また、第一熱交換器１３０を備えることにより、ガス化反応器１４１での加熱時間が大幅に短縮されるので、含水性バイオマスから燃料ガスの生成を効率的に行うことができる。従って、少なくとも第一熱交換器１３０を備えた本システムは（第二熱交換器１３１および第三熱交換器１３２を含んだ場合は更に）、経済性に優れているといえる。

[0041] 気液分離器１７０は、ガス化反応器１４１，第二熱交換器１３１および第三熱交換器１３２を順次介して供給された排出物を、燃料ガス等の生成ガスを含む気体成分と、水または灰分および非金属系触媒が水に懸濁された液体成分とに分離する装置である。この気液分離器１７０としては、セパレーター等の既存の気液分離器を用いることができる。

[0042] ガスタンク１７１は、気液分離器１７０によって分離された気体成分（生成ガス）を貯える容器（好ましくは耐圧容器）である。

[0043] 超臨界圧ボイラ１４０内に配置された過熱器１４４は、給水ポンプ１５０から送られ水冷壁１４３で加熱された蒸気や第２熱交換器で加熱された蒸気の温度を、ガスタンク１７１に貯えられた生成ガス（燃料ガス）の一部あるいは燃料ガス（ＬＮＧ・ＬＰＧ等）の、酸素を含むガス中での燃焼熱を使って、更に上昇させるための熱交換用の配管群である。また、超臨界圧ボイラ１４０は、ガスタンク１７１に貯えられた生成ガス（燃料ガス）の一部ある

いは燃料ガス（ＬＮＧ・ＬＰＧ等）の、酸素を含むガス中での燃焼熱を使って加熱された前述の蒸気によって第一熱交換器１３０を加熱することで、含水性バイオマスに非金属系触媒を懸濁したスラリー体を所定の温度（この場合、６００℃）まで予め加熱する装置である。なお、超臨界圧ボイラ１４０の燃料は、ガス燃料に限ることは無く、石炭や木質バイオマスなどの固体燃料や重油や軽油などの液体燃料でも良い。

[0044] 供給ポンプ１２０は、調整タンク１００で調製したスラリー体または破砕機１１０でバイオマスを破砕したスラリー体を第一熱交換器１３０に供給する装置である。スラリー体は、第一熱交換器１３０（二重管の内管内の流路）を介してガス化反応器１４１に供給される。供給ポンプ１２０は、例えば、プランジャーポンプやピストンポンプやダイアフラムポンプなどを用いることができる。

[0045] 蒸気タービン１９０は、例えば、不図示の火力発電所におけるボイラ内に配設され、本システム（具体的には、超臨界圧ボイラ１４０内の過熱器１４４）と伝熱管を介して接続されている。そして、超臨界圧ボイラ１４０から排出される前記蒸気の熱を利用して伝熱管内に蒸気を発生させることで、蒸気タービン１９０を回転させ、この蒸気タービン１９０と同軸に接続される発電機１９１が稼動することで発電する。蒸気タービン１９０を回転させた後の蒸気は、復水器１９２により復水にされる。なお、図示省略するが、復水器１９２により復水にされた後、例えば第三熱交換器１３２を通り、再び復水器１９２内へ導かれるようにしても良い。

[0046] なお、本実施形態では図示省略しているが、本システムに、ガスタンク１７１に貯えられた生成ガス（燃料ガス）を燃料として利用することで発電する発電装置を備えるようにしてもよい。この場合、発電装置は、例えば、ガスエンジン（レシプロエンジン、ロータリーエンジン）、ガスタービン、スターリングエンジン、燃料電池などの既存の装置を広く適用できる。

[0047] また、本システムに予め含水性バイオマスを水熱処理する前処理装置を備えることにより、バイオマス高分子の集合体を個別に分解することができる

ので、流動性が高まると共に、ガス化反応器１４１において処理されるバイオマスと水や非金属系触媒との接触効率を高め、チャーやタールの発生の更なる抑制が可能となると共に、バイオマスから燃料ガスを効率よく生成することが可能になる。

[0048] さらに、本システムに、第二，第三熱交換器１３１，１３２、気液分離器１７０などを備えることにより、ガス化反応器１４１から排出される排出物から燃料ガスを含む生成ガスを安全に回収することができるようになる。

[0049] また、本システムに、バイオマスを破砕する破砕機１１０を備えることにより、バイオマスを予め破砕することができるので、バイオマスのスラリー化やガス化の効率を高めることができるようになる。

[0050] さらに、本システムにより得られた燃料ガスを用いて、ガスエンジンによる発電を行うことにより、電力と排熱を得ることができるので、石炭、石油等の化石燃料の省資源化を図ることが可能になる。

[0051] さらに、本システムにおける第一熱交換器１３０とガス化反応器１４１との間に加熱器（不図示）を設け、第一熱交換器１３０からガス化反応器１４１へと移送されるスラリー体を加熱（予熱）することで、当該スラリー体の温度低下や昇温不足などにより６００℃に満たない状態を未然に回避し、ガス化反応器１４１に対してスラリー体を確実に６００℃の状態で移送するようにしても良い。

[0052] 以上、説明したように、本システムは、含水性バイオマスを含むスラリー体を懸濁させたスラリー体を超臨界水でガス化処理するガス化反応器１４１と、ガス化反応器１４１で超臨界水によりガス化処理される前に前記スラリー体を予熱する第一熱交換器１３０と、を備えており、超臨界水ガス化系統圧力以上の圧力の蒸気を排出する加熱部としての超臨界圧ボイラ１４０と、これら超臨界圧ボイラ１４０と第一熱交換器１３０との間を循環するように連結する循環流路１５０と、この循環流路１５０に配設され、蒸気を循環させるための循環ポンプ１６１とを設け、第一熱交換器１３０は、超臨界圧ボイラ１４０から送出される超臨界水ガス化系統圧力以上の高圧の蒸気を循環

利用して予熱することで、燃料消費を最低限に抑えつつ、第一熱交換器１３０を従来に比してコンパクト化することができると共に、タールやチャーの生成を抑制して、第一熱交換器１３０の配管が閉塞されることを回避でき、含水性バイオマスからメタンや水素などの燃料ガスをより効率的に生成することができる。

[0053] なお、加熱部としての超臨界圧ボイラ１４０は、上述した実施形態に限ることはなく、例えば、図１との対応部分に同一符号を付した図２に示すように、ガス化反応器１４１を含んで構成され、当該超臨界圧ボイラ１４０の燃焼を利用してガス化反応器１４１を加熱することとしても良い。この場合、ガス化反応器１４１を加熱する加熱手段（例えば、反応器用バーナ１４２）を別体で設ける必要がなく、システム全体として構成の簡略化を図ることができる。

[0054] また、加熱部としての超臨界圧ボイラ１４０は、当該超臨界圧ボイラ１４０から排出される前述の蒸気の熱を利用して、ガス化反応器１４１を加熱することとしても良い。このとき、ガス化反応器１４１には、超臨界圧ボイラ１４０から蒸気を供給されるコイル状の加熱用配管などが、当該ガス化反応器１４１の外部（外周面）または内部（内周面）に配設されることが好ましい。この場合、超臨界圧ボイラ１４０から排出される超臨界水ガス化系統圧力以上の圧力の蒸気を熱源として有効利用できるので、ガス化反応器１４１を効率よく加熱することが可能となる。

[0055] しかも、超臨界圧ボイラ１４０は、前述のガス化処理によって生成された生成物から抽出される生成ガスを燃料として使用することとしても良い。この場合、ガス化処理によって生成された生成ガスを有効利用できるため、省エネルギー化を図ることができる。

[0056] また、図１との対応部分に同一符号を付した図２または図３に示すように、循環流路１５０には、入口クーラー１６０、圧力調整ポンプ１６２、アキュームレータ１６３、圧力調整弁１６４が設けられていてもよい。

[0057] 循環流路１５０に配設された入口クーラー１６０は、当該循環流路１５０

内を流通する蒸気の温度が高過ぎる場合に発生するキャビテーションを回避すべく、冷却水を利用して冷却するための装置である。ボイラ給水循環ポンプ１６１は、循環流路１５０内において、超臨界圧ボイラ１４０から排出される前述した蒸気を循環させるための装置である。圧力調整ポンプ１６２は、システムの起動時、循環流路１５０内の圧力を調整する装置であり、第二熱交換器１３１を介して超臨界圧ボイラ１４０へと流体を送出する配管系統の圧力を、純水を注入することで規定圧力以上に維持する。アキュームレータ１６３は、圧力の脈動を抑え、前述の蒸気を一定の流れで循環させるためのものである。圧力調整弁１６４は、循環流路１５０内の圧力を調整するもので、昇温時の比体積増大に対応する。なお、この循環流路１５０内を流通する蒸気の温度が十分低い場合は、入口クーラー１６０を設置しなくても良い。

[0058] また、蒸気タービン１９０において当該蒸気タービン１９０を回転させる駆動源としては、超臨界圧ボイラ１４０から排出される前記蒸気の熱に限ることはない。例えば、図１または図２との対応部分に同一符号を付した図３に示すように、超臨界圧ボイラ１４０から排出される前記蒸気の熱に加えて、第一熱交換器１３０および第二熱交換器１３１を順次介して過熱器１４４から供給される前記蒸気の熱などを利用し、伝熱管内に蒸気を発生させることで、蒸気タービン１９０を回転させるようにしても良い。

[0059] さらに、本システムは、第一熱交換器１３０にてスラリー体を予熱し温度が低下した前述の蒸気を第二熱交換器１３１に供給して利用することで、ガス化処理によって生成された生成物を冷却することとしても良い。

[0060] なお、第一熱交換器１３０での予熱処理は、ガス化反応器１４１での水熱処理を考慮して、６００℃の温度、および２５ＭＰａ～３５ＭＰａの範囲の圧力の条件下で行うことが好ましい。

[0061] また、調整タンク１００でバイオマスと非金属系触媒と水を混合した混合物を調製する際の非金属系触媒とバイオマス（乾燥状態のバイオマス）との質量比としては、１：１～２０の範囲内であることが好ましく、バイオマス

のガス化効率が高い１：１～５の範囲内であることが特に好ましい。また、混合する水の量は、バイオマスの含水率が７０～９９ｗｔ％となるように調整することが好ましい。これにより、バイオマスの超臨界水によるガス化効率を高めることができる。

[0062] さらに、第一熱交換器１３０とガス化反応器１４１との間に加熱器（不図示）を設け、第一熱交換器１３０から移送されるスラリー体をより確実に６００℃まで加熱（予熱）するようにしても良い。

[0063] ガス化反応器１４１に供給されたバイオマスのスラリー体が水熱処理される条件としては、３７４℃以上の温度で、かつ、２２．１ＭＰａ以上の圧力下であれば特に制限されるものではないが、タールやチャーの発生を抑制するとともに反応効率を高めることができる温度（６００℃）および圧力（２５～３５ＭＰａの範囲内）下で行うことが好ましく、機器の負担や劣化防止、さらには省エネルギーの観点から、６００℃，２５ＭＰａで行うことが特に好ましい。なお、バイオマスから変換された燃料ガス中の成分の比を制御したい場合には、これらの温度および圧力の条件を調節するとともに、流体密度や反応時間（ガス化反応器１４１内でのバイオマスの滞留時間）を制御することにより可能となる。

[0064] このようにバイオマスのスラリー体を超臨界水で反応させることにより、バイオマスのスラリー体から燃焼ガスを生成することが可能になる。また、バイオマスを予め高分子から低分子化させることにより、水や非金属系触媒との接触効率を高めることができ、さらには、バイオマスのガス化反応時間を短縮させることができるので、バイオマスのスラリー体から水素ガス、メタン、エタン、エチレン等の燃料ガスをより効率的に生成することができるようになる。

[0065] ガス化反応器１４１内でバイオマスのスラリー体を水熱処理することにより生成された生成ガスなどは、ガス化反応器１４１から排出される。この排出物は、第二熱交換器１３１において、第一熱交換器１３０から供給される前述の蒸気に熱を提供することで冷却され、第三熱交換器１３２において更

に冷却された後、減圧装置１３３で減圧され、気液分離器１７０へと移送される。気液分離器１７０に供給された排出物は、燃料ガスを含む生成ガス（気体成分）と、水、あるいは、水、灰分、非金属系触媒等を含む混合液（液体成分）とに分離され、生成ガスはガスタンク１７１に貯えられる。なお、気液分離器１７０によって分離された混合液に、水以外の灰分や非金属系触媒などが含まれている場合には、混合液を触媒回収器１７２によって灰分、非金属系触媒、および、水にそれぞれ分離し、非金属系触媒を回収しても良い。これにより、非金属系触媒を再利用することができるようになる。

[0066] ガスタンク１７１に貯えられた生成ガス（燃料ガス）は、超臨界圧ボイラ１４０や過熱器１４４、反応器用バーナ１４２に供給される。超臨界圧ボイラ１４０，過熱器１４４，反応器用バーナ１４２は、供給された生成ガスを燃料として、例えば、酸素を含むガス中で燃焼して、循環流路１５０を循環する蒸気や、ガス化反応器１４１を加熱する。このとき、超臨界圧ボイラ１４０にて発生した超臨界水ガス化系統圧力以上の圧力の蒸気は、第一熱交換器１３０に供給されることで、含水性バイオマスのスラリー体を所定温度（６００℃）近辺まで予熱する。

[0067] また、ボイラ内に設置されたバーナにより生成ガスを燃料として、例えば、酸素を含むガス中で燃焼することによって得られた排ガスをガス化反応器１４１に供給して、スラリー体に熱を提供するようにしても良い。ガス化反応器１４１に熱を提供した排ガス、および、ボイラ内に設置されたバーナにより生成ガスを燃料として、例えば、酸素を含むガス中で燃焼することによって得られた排ガスは、超臨界圧ボイラ１４０から排出される。

[0068] 一方、第一熱交換器１３０において前述のスラリー体を予熱した後、第二熱交換器１３１に供給された蒸気は、ガス化反応器１４１にて生成された生成物から熱を吸収することで、当該生成物を冷却させた後、再び超臨界圧ボイラ１４０に移送され、当該超臨界圧ボイラ１４０内に設けられた水冷壁１４３、ボイラ、過熱器１４４を介して過熱された後、第一熱交換器１３０に供給され、前述のスラリー体を予熱する。

[0069] 本実施形態において用いられる非金属系触媒としては、例えば、活性炭、ゼオライト、これらの混合物などを挙げることができる。なお、触媒は金属系触媒やアルカリ触媒を利用することも可能である。

[0070] また、本実施形態において処理されるバイオマスが砂等の異物を含む排水汚泥や糞尿等である場合には、第一熱交換器１３０において予熱処理する前に、公知の分離技術（例えば、ストレイナーを用いた分離法、沈殿層を用いた分離法）によってバイオマスに含まれる砂等の異物を取り除いても良い。これにより、砂等の異物によって生じるトラブルを防止することができるようになる。

[0071] さらに、上述した第一熱交換器１３０では、超臨界圧ボイラ１４０から供給される超臨界水ガス化系統圧力以上の高圧の蒸気を利用して、上記スラリー体を予熱することにより、第一熱交換器１３０を従来に比して大幅にコンパクト化することができる。また、タールやチャーの生成を抑制して、第一熱交換器１３０の配管が閉塞されることを回避でき、含水性バイオマスからメタンや水素などの燃料ガスをより効率的に生成することができる。

符号の説明

[0072]

１００　調整タンク	１１０　破砕機
１２０　供給ポンプ	１３０　第一熱交換器（熱交換器）
１３１　第二熱交換器	１３２　第三熱交換器
１３３　減圧装置	１４０　超臨界圧ボイラ（加熱部）
１４１　ガス化反応器	１４２　反応器用バーナ
１４３　水冷壁	１４４　過熱器
１５０　循環流路	１６０　入口クーラー
１６１　ボイラ給水循環ポンプ	１６２　圧力調整ポンプ
１６３　アキュームレータ	１６４　圧力調整弁
１７０　気液分離器	１７１　ガスタンク
１７２　触媒回収器	１８０　給水ポンプ
１９０　蒸気タービン	１９１　発電機

１９２　復水器

請求の範囲

[請求項1] バイオマスを調製して生成されたスラリー体を超臨界水でガス化処理するガス化反応器と、前記ガス化反応器で超臨界水によりガス化処理される前に前記スラリー体を予熱する熱交換器と、を備え、前記スラリー体を、超臨界状態で分解処理して燃料ガスを生成するガス化システムであって、

前記熱交換器にて前記スラリー体を予熱するために利用する超臨界水ガス化系統圧力以上の圧力の蒸気を排出する加熱部と、

前記加熱部と前記熱交換器との間を循環するように連結する循環流路と、

前記循環流路に配設され、前記蒸気を循環させるための循環ポンプと、を設け、

前記加熱部から排出され、前記熱交換器にて前記スラリー体を予熱する前記蒸気が、前記循環流路を介して前記加熱部と前記熱交換器との間を循環する

ことを特徴とする超臨界水ガス化システム。

[請求項2] 前記熱交換器が複数設けられ、当該複数の熱交換器のうちの少なくとも一つの熱交換器では、前記スラリー体を予熱して温度が低下した前記蒸気を利用して、前記ガス化反応器によって生成される生成物を冷却することを特徴とする請求項１に記載の超臨界水ガス化システム。

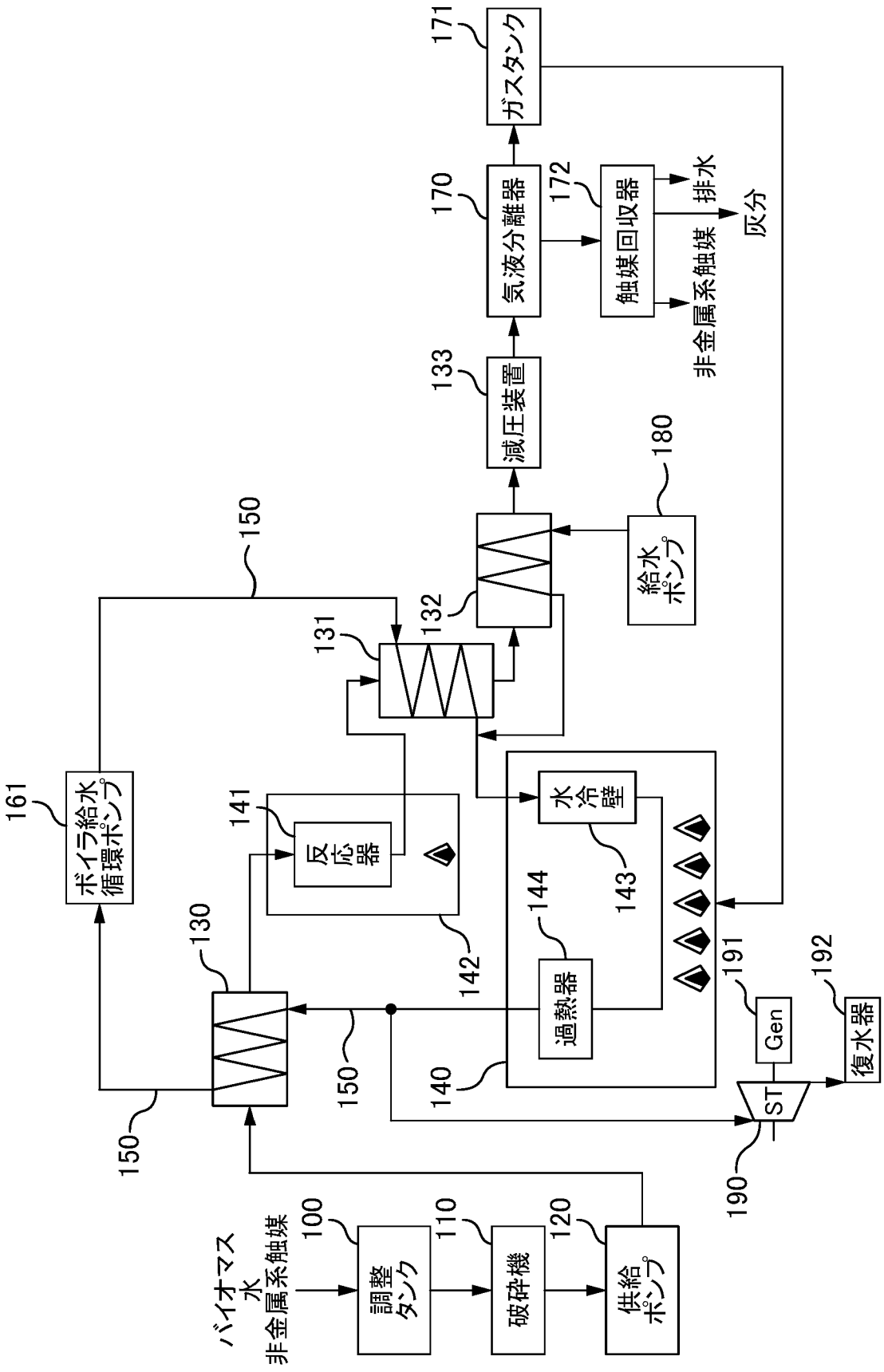
[請求項3] 前記加熱部は、

前記蒸気を排出する超臨界圧ボイラと、

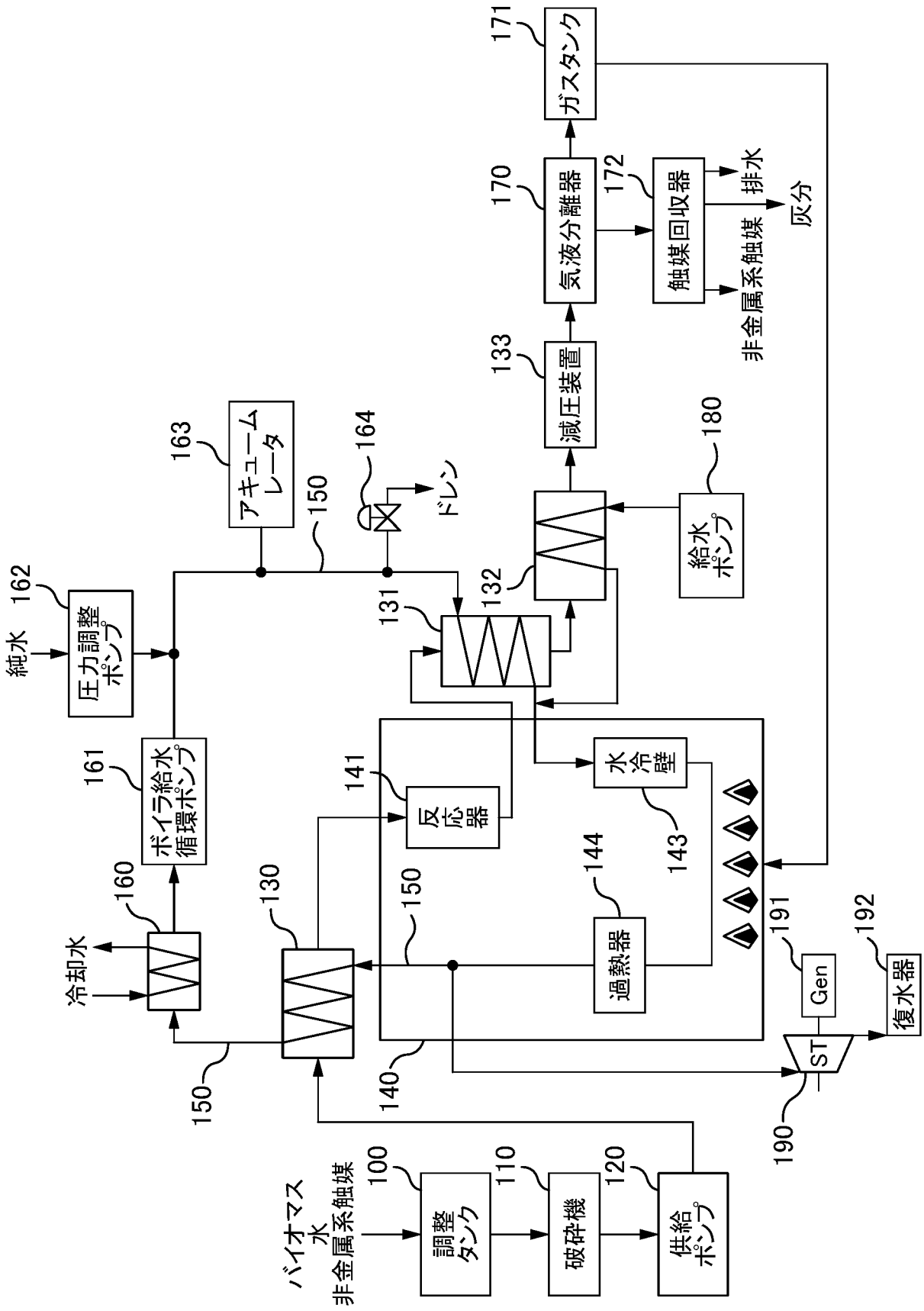
前記ガス化反応器を加熱する反応器用バーナと、を備えていることを特徴とする請求項１または２に記載の超臨界水ガス化システム。

[請求項4] 前記超臨界圧ボイラは、前記ガス化処理によって生成された生成物から抽出される生成ガスを燃料として使用することを特徴とする請求項３に記載の超臨界水ガス化システム。

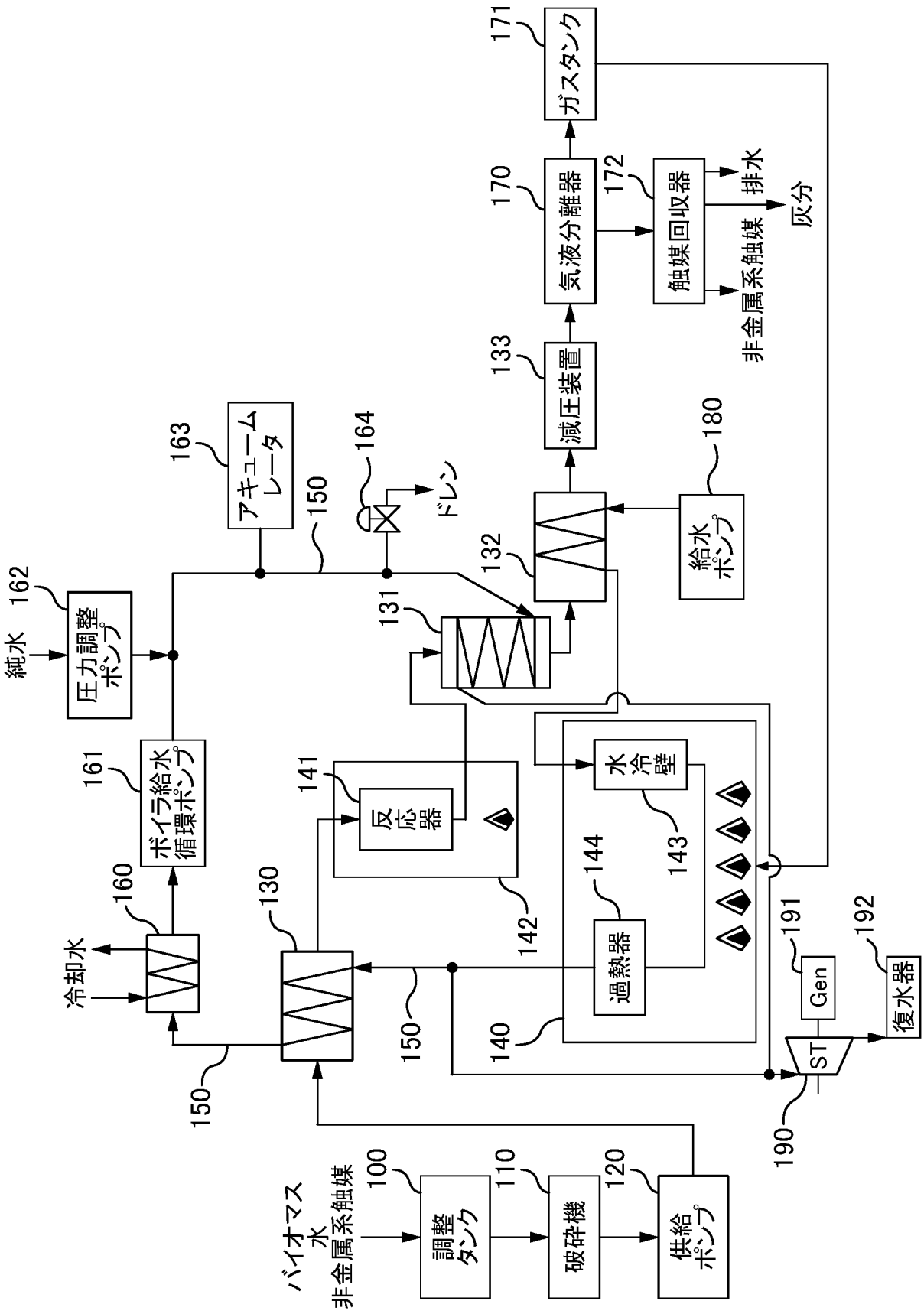
[図1]


バイオマス
水
非金属系触媒
100
調整タンク
110
破砕機
120
供給ポンプ
130
161
ボイラ給水循環ポンプ
141
反応器
142
144
過熱器
143
水冷壁
140
150
131
132
180
給水ポンプ
133
減圧装置
170
気液分離器
172
触媒回収器
排水
灰分
非金属系触媒
171
ガスタンク
191
Gen
192
復水器
ST
190

[図2]


バイオマス
水
非金属系触媒
100
調整タンク
110
破砕機
120
供給ポンプ
130
140
150
190
ST
Gen
191
192
復水器
冷却水
160
ボイラ給水循環ポンプ
161
純水
162
圧力調整ポンプ
163
アキュームレータ
164
ドレン
131
132
反応器
141
過熱器
144
水冷壁
143
給水ポンプ
180
減圧装置
133
気液分離器
170
触媒回収器
172
非金属系触媒
排水
灰分
ガスタンク
171

[図3]


バイオマス
水
非金属系触媒
100
調整タンク
110
破砕機
120
供給ポンプ
130
反応器
141
142
過熱器
144
水冷壁
143
140
150
ボイラ給水循環ポンプ
161
160
冷却水
圧力調整ポンプ
162
純水
アキュームレータ
163
164
ドレン
131
132
減圧装置
133
給水ポンプ
180
気液分離器
170
触媒回収器
172
非金属系触媒
排水
灰分
ガスタンク
171
ST
Gen
191
192
復水器
190

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/082878

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C10J3/72(2006.01)i, *C10J3/78*(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)
C10J3/72, C10J3/78

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
X	WO 2016/135979 A1 (The Chugoku Electric Power Co., Inc.), 01 September 2016 (01.09.2016), entire text (Family: none)	1-4
A	JP 2009-242697 A (Hiroshima University), 22 October 2009 (22.10.2009), (Family: none)	1-4
A	JP 2000-273472 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 03 October 2000 (03.10.2000), (Family: none)	1-4

☐ 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	Date of mailing of the international search report
01 December 2016 (01.12.16)	13 December 2016 (13.12.16)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０８２８７８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C10J3/72(2006.01)i, C10J3/78(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.　C10J3/72, C10J3/78

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６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
X	WO 2016/135979 A1（中国電力株式会社）2016.09.01, 全文 (ファミリーなし)	１－４
A	JP 2009-242697 A（国立大学法人広島大学）2009.10.22 (ファミリーなし)	１－４
A	JP 2000-273472 A（三菱重工業株式会社）2000.10.03 (ファミリーなし)	１－４

☐　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	国際調査報告の発送日
０１．１２．２０１６	１３．１２．２０１６

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）　４Ｖ　９２６３
森　健一
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４８３