

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5463524号  
(P5463524)

(45) 発行日 平成26年4月9日(2014.4.9)

(24) 登録日 平成26年1月31日(2014.1.31)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>C 1 0 J</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	C 1 0 J 3/00 Z A B K
<b>C 1 0 J</b>	<b>3/78</b>	<b>(2006.01)</b>	C 1 0 J 3/78
<b>B 0 9 B</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B 0 9 B 3/00 3 0 4 Z
<b>C 0 2 F</b>	<b>11/08</b>	<b>(2006.01)</b>	C 0 2 F 11/08

請求項の数 7 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2007-329258 (P2007-329258)	(73) 特許権者	504136568 国立大学法人広島大学 広島県東広島市鏡山1丁目3番2号
(22) 出願日	平成19年12月20日(2007.12.20)	(73) 特許権者	000211307 中国電力株式会社 広島県広島市中区小町4番33号
(65) 公開番号	特開2009-149773 (P2009-149773A)	(73) 特許権者	301021533 独立行政法人産業技術総合研究所 東京都千代田区霞が関1-3-1
(43) 公開日	平成21年7月9日(2009.7.9)	(73) 特許権者	592148878 株式会社東洋高压 広島県広島市西区楠木町2丁目1番22号
審査請求日	平成22年11月15日(2010.11.15)	(74) 代理人	110000176 一色国際特許業務法人
(出願人による申告)平成17年度、経済産業省、新エネルギー・産業技術総合開発機構委託研究「バイオマスエネルギー高効率転換技術開発/バイオマスエネルギー転換要素技術開発/触媒懸濁スラリーによる家畜排泄物の高効率高温高压ガス化技術の研究開発」、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 バイオマスガス化方法、及びバイオマスガス化システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

非金属系触媒の存在下において、バイオマスを100～250 の範囲内の温度、及び0.1～4MPaの範囲内の圧力の条件下で熱水処理することによって、前記非金属系触媒を含む前記バイオマスのスラリー体を製造する前処理工程と、

前記非金属系触媒を含むスラリー体を、スラリー供給装置を用いて反応器へと供給する供給工程と、

前記反応器へと供給されたスラリー体を、374 以上の温度、及び22.1MPa以上の圧力の条件下で水熱処理することによってガスを生成する反応工程と、

を含むバイオマスガス化方法において、

前記供給工程は、前記反応器の内部もしくは出口の圧力を測定する圧力測定工程をさらに含み、

前記供給工程は、前記圧力測定工程において測定された圧力が臨界点を超過して安定した場合に、前記スラリー供給装置の運転周波数を上昇させることにより、前記スラリー供給装置の運転周波数を制御して供給量を増加させて、前記スラリー体を前記反応器へ供給することを特徴とする、ガス化方法。

【請求項2】

前記供給工程は、前記反応器の内部もしくは出口の温度を測定する温度測定工程をさらに含み、

前記温度測定工程において測定された温度が所定の値を超えた場合に、前記運転周波

数を低下させることにより、前記スラリー供給装置の運転周波数を制御して供給量を減少させることを特徴とする、請求項 1 に記載のガス化方法。

【請求項 3】

前記ガスを燃料とすることによって、前記反応器へと供給されたスラリー体を加熱する加熱工程をさらに含むことを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載のガス化方法。

【請求項 4】

前記ガスを燃料とすることによって電気と排熱とを発生する発電工程をさらに含むことを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のガス化方法。

【請求項 5】

前記排熱を利用することによって前記バイオマスを予熱する第一の予熱工程をさらに含むことを特徴とする、請求項 4 に記載のガス化方法。

10

【請求項 6】

前記排熱を利用することによって、前記反応器へと供給するスラリー体を予熱する第二の予熱工程をさらに含むことを特徴とする、請求項 4 または 5 に記載のガス化方法。

【請求項 7】

非金属系触媒の存在下において、バイオマスを 100 ~ 250 の範囲内の温度、及び 0.1 ~ 4 MPa の範囲内の圧力の条件下で熱水処理することによって、前記非金属系触媒を含む前記バイオマスのスラリー体を製造する前処理装置と、

前記非金属系触媒を含むスラリー体を、374 以上の温度、及び 22.1 MPa 以上の圧力の条件下で水熱処理することによってガスを生成する反応器と、

20

前記非金属系触媒を含むスラリー体を、前記前処理装置から前記反応器へと供給するスラリー供給装置と、

を備えるバイオマスガス化システムにおいて、

前記反応器の内部もしくは出口の圧力を測定する圧力計をさらに含み、

前記圧力計によって測定された圧力が臨界点を超えて安定した場合に、

前記供給装置の運転周波数を上昇させることによって制御して前記スラリーの供給量を増加させる運転周波数制御装置をさらに備えることを特徴とする、ガス化システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、超臨界水によりバイオマスをガス化する方法、及び、超臨界水によりバイオマスをガス化するシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、植物又はその廃材、家畜糞尿、生ゴミ、食品廃棄物、下水汚泥などのバイオマスを原料としたエネルギー変換技術の開発がなされている。バイオマスを原料としたエネルギー変換技術としては、例えば、微生物によりバイオマスを発酵させて燃料ガスを生成する方法、バイオマスに含まれる水を利用して加圧熱水処理を行い、燃料ガスを生成する方法などが知られており、後者の改良方法としては、触媒を用いてウエット・バイオマスを超臨界水でガス化し、燃料ガスを生成する方法が知られている（例えば、特許文献 1 ~ 4 参照）。

40

【0003】

しかしながら、これまでに知られている超臨界水ガス化技術は、バイオマスとバイオマスに含まれる水とが臨界点付近で急激に体積膨張するために、反応系が破裂してしまい、生成した燃料ガスに引火して爆発を引き起こす可能性があるなどの、安全性に問題があった。

【特許文献 1】特表平 11 - 502891 号公報

【特許文献 2】特開 2002 - 105466 号公報

【特許文献 3】特開 2002 - 105467 号公報

【特許文献 4】特開 2006 - 274013 号公報

50

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

本発明は、バイオマスとバイオマスに含まれる水との供給量を調節することによって、安全かつ効率的にバイオマスを超臨界水でガス化する方法、及びバイオマス及びバイオマスに含まれる水の供給量を調節することが可能なバイオマスガス化システムを、提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

上記課題を解決するために、本発明に係るバイオマスガス化方法は、非金属系触媒の存在下において、バイオマスを100～250の範囲内の温度、及び0.1～4MPaの範囲内の圧力の条件下で熱水処理することによって、前記非金属系触媒を含む前記バイオマスのスラリー体を製造する前処理工程と、前記非金属系触媒を含むスラリー体を、スラリー供給装置を用いて反応器へと供給する供給工程と、前記反応器へと供給されたスラリー体を、374以上の温度、及び22.1MPa以上の圧力の条件下で水熱処理することによってガスを生成する反応工程と、を含むバイオマスガス化方法において、前記供給工程において、前記スラリー供給装置の運転周波数を制御することによって供給量を調節しながら、スラリー体を前記反応器へ供給することを特徴とする。なお、ここでいう水熱処理とは、高温高圧の水で処理することの内、特に、亜臨界水や超臨界水で処理することをいう。

## 【0006】

前記供給工程は、前記反応器の内部もしくは外部の温度を測定する温度測定工程、または、前記反応器の内部もしくは外部の圧力を測定する圧力測定工程のいずれか1以上をさらに含み、前記圧力測定工程において測定された圧力、または、前記測定された温度のいずれか1以上が所定の値を超えた場合に、前記運転周波数を低下させることにより、前記スラリー供給装置の運転周波数を制御することが好ましい。

## 【0007】

本発明に係るバイオマスガス化方法は、前記ガスを燃料とすることによって、前記反応器へと供給されたスラリー体を加熱する加熱工程をさらに含んでも良い。

## 【0008】

また、本発明に係るバイオマスガス化方法は、前記ガスを燃料とすることによって電気と排熱とを発生する発電工程をさらに含んでも良い。この場合において、前記排熱を利用することによって前記バイオマスを余熱する第一の余熱工程をさらに含んでも良く、前記排熱を利用することによって、前記反応器へと供給するスラリー体を余熱する第二の余熱工程をさらに含んでも良い。

## 【0009】

一方、本発明に係るバイオマスガス化システムは、非金属系触媒の存在下において、バイオマスを100～250の範囲内の温度、及び0.1～4MPaの範囲内の圧力の条件下で熱水処理することによって、前記非金属系触媒を含む前記バイオマスのスラリー体を製造する前処理装置と、前記非金属系触媒を含むスラリー体を、374以上の温度、及び22.1MPa以上の圧力の条件下で水熱処理することによってガスを生成する反応器と、前記非金属系触媒を含むスラリーを、前記前処理装置から前記反応器へと供給するスラリー供給装置と、を備えるバイオマスガス化システムにおいて、前記供給装置は、運転周波数を制御することによって前記スラリーの供給量を調節する運転周波数制御装置を備えることを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0010】

本発明によれば、バイオマスとバイオマスに含まれる水の供給量を調節することによって、安全かつ効率的にバイオマスを超臨界水でガス化する方法、及びバイオマス及びバイオマスに含まれる水の供給量を調節することが可能なバイオマスガス化システムを、提

10

20

30

40

50

供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、好ましい実施の形態につき、添付図面を用いて詳細に説明する。

【0012】

== 本発明に係るバイオマスガス化システムの構成 ==

図1は、本発明の一実施形態として説明するバイオマスガス化システムの全体構成を示す図である。図1に示すように、本発明に係るバイオマスガス化システム（以下、単に「システム」と称する。）200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、前処理装置140、スラリー供給装置150、運転周波数制御装置151、反応器160、加熱器161、予熱器162、加熱器163、予熱器164、クーラー170、減圧器171、気液分離器180、ガスタンク181、触媒回収器182、発電装置190などを備える。

10

【0013】

前処理装置140は、バイオマスのスラリー体を形成させる装置である。バイオマスのスラリー体の形成は、非金属系触媒の存在下において、バイオマスを100～250の範囲内の温度、及び0.1～4MPaの範囲内の圧力の条件下で熱水処理することにより行われる。

【0014】

調整タンク100は、バイオマスの種類、量、含水率などに応じて水や非金属系触媒の混合量を調整しながら、バイオマス、水、非金属系触媒などを混合するタンクである。

20

【0015】

破砕機110は、調整タンク100で混合した混合物を破砕して、混合物中の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500μm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。

【0016】

供給ポンプ120は、破砕機110で破砕した混合物を前処理装置140に移送する装置である。

【0017】

反応器160は、超臨界水によりバイオマスをガス化する装置である。超臨界水によるバイオマスのガス化は、前処理装置140において熱水処理された、非金属系触媒を含むバイオマスのスラリー体を、前記非金属系触媒を利用して、374以上の温度、及び2.1MPa以上の圧力の条件下で水熱処理することにより行われる。なお、ここでいう水熱処理とは、高温高圧の水で処理することの内でも、特に、亜臨界水や超臨界水で処理することをいう。このようにスラリー体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。

30

【0018】

反応器160は、反応器の内部温度、外部温度または加温温度を測定する温度測定装置と、反応器の内部温度、加熱温度または加圧圧力を測定するための圧力測定装置とを備える（図示せず）。

40

【0019】

上述の反応器160としては、非金属系触媒の存在下で、上述の条件下でバイオマスの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く、例えば、長い配管で構成された反応器、流動層反応器などを用いることができる。なお、本実施の形態においては、反応器160が連続運転が可能な流動層反応器である場合について説明する。

【0020】

図2に、本発明の一実施形態において、連続運転が可能な流動層反応器160の概略構成を示す。図2に示すような反応器160は、反応器160内に非金属系触媒を含むバイオマスのスラリー体を下方から導入する導入口210と、反応器160内で前記スラリー

50

体を、374 以上の温度、及び22.1 MPa以上の圧力の条件下で水熱処理することにより生成された燃料ガスを含む生成ガス及び灰分、並びに、非金属系触媒及び水（超臨界水）を上方から反応器160外に排出する排出口220と、スラリー体の導入により反応器160内に流動層を形成する流動媒体230と、導入口210から導入したスラリー体を流動層の下方で分散させる分散部240と、を備えている。

#### 【0021】

前記流動媒体230は、スラリー体の導入速度では排出されない形状で構成されている。すなわち、導入口210からスラリー体を導入する速度では流動層を形成するが、排出口220から排出できない重さで構成されている。なお、排出口220にメッシュ状のプレートが設置されている場合には、流動媒体230は当該プレートの網目より大きいサイズで構成されていてもよい。前記流動媒体230としては、超臨界状態でも粒径に変化を及ぼさない、すなわち、流動媒体が壊れにくいものであれば特に制限されるものではないが、例えば、アルミナボール、ジルコニアボール、シリカボールなどの媒体を挙げることができる。

10

#### 【0022】

分散部240は、例えば、流動層反応器などで用いられる既知の分散板（例えば、メッシュ状のプレートなど）であってもよいが、スラリー体の目詰まりによって圧力が増加するのを防ぐために、スラリー体を導入する速度では流動しない形状（例えば、スラリー体を導入する速度では流動できない重さ）で構成された球状媒体（例えば、アルミナボールなどの球状媒体）を積み重ねて形成した層であることが好ましい。

20

#### 【0023】

以上のような反応器160を用いることにより、導入口210から導入したスラリー体に対して非金属系触媒の存在下で超臨界水によるガス化反応を行うことができ、これにより生成された生成ガス（燃料ガスを含む）及び灰分、並びに、非金属系触媒及び水（超臨界水）などの流動媒体230より軽く、径が小さな物質を排出口220から排出することができるようになる。また、このような反応器160は、上述のような構成により、反応器内160に灰分や非金属系触媒などが堆積するのを抑制することができるので、非金属系触媒を含むバイオマスのスラリー体を連続的に導入し、超臨界水によるガス化反応を継続して行うことが可能となる。

#### 【0024】

スラリー供給装置150は、前処理装置140において熱水処理を行うことにより得られた、非金属系触媒を含むバイオマスのスラリー体を反応器160に供給する装置である。

30

#### 【0025】

スラリー供給装置150は、スラリー供給装置150の運転周波数を制御する運転周波数制御装置151を備える。この制御装置151を用いて、供給装置150の運転周波数を制御することにより、反応器160へと供給するスラリーの量を調節することができる。例えば、反応器160の内部温度が臨界点付近になった時に、制御装置151を用いて供給装置150の運動周波数を減少させることによって、反応器160へと供給するスラリー量を減少すれば、臨界点付近におけるバイオマスのスラリー体の急激な体積膨張を軽減し、この結果反応器160の内部圧力の急激な上昇を防ぐことが可能となる。また、臨界点を超えて反応器160の内部圧力がほぼ一定となった後に、制御装置151を用いて供給装置150の運動周波数を増加させることによって、反応器160へと供給するスラリー量を増加すれば、反応器160の内部圧力を急激に変化させることなく、多量のスラリーを反応することが可能となる。従って、運転周波数制御装置151を用いスラリー供給装置150の運転周波数を適宜制御することによって、安全かつ効率的に、バイオマスガス化を行うことができる。

40

#### 【0026】

なお、スラリー供給装置150は、運転周波数制御装置151と組み合わせて用いることができ、かつ、非金属系触媒を含むバイオマスのスラリー体を供給できる装置であれば

50

特に制限されるものではなく、例えば、高圧ポンプやモノポンプなどを用いることができるが、図3に示すような固体成分と液体成分とに分離しやすい上述のスラリー体を一定濃度で反応器160に連続供給することができる装置を用いることが好ましい。

【0027】

図3は本発明の一実施形態として説明するスラリー供給装置150の概略構成を示す図である。図3に示すようなスラリー供給装置150は、前処理装置140において熱水処理を行うことにより得られた、非金属系触媒を含むバイオマスのスラリー体を前処理装置140から受け入れ、反応器160に供給する装置である。このスラリー供給装置150は、2つのシリンダー310、320、軸330、2つのピストン331、332、2つの攪拌機340、350、水注入装置360、バルブ361、362、363、364、373、374、375、376、三方弁371、372などを備える。

10

【0028】

水注入装置360は、水を注入するシリンダー310、320を交互に切り替えて各シリンダー310、320に水を注入する装置である。水注入装置360は、例えば、ポンプ、高圧ポンプ、背圧ポンプなどである。

【0029】

シリンダー310、320には、水注入装置360から水を注入し、注入した水を排出する注入/排出口が設けられている。また、シリンダー310、320には、前処理装置140からスラリー体を受け入れ、受け入れたスラリー体を反応器160に供給する受入/供給口が設けられている。

20

【0030】

シリンダー310、320内には、水注入装置360から注入された水と、前処理装置140から受け入れたスラリー体とを仕切るようにピストン331、332が配置されている。

【0031】

軸330の両端にはピストン331、332が備えられている。ピストン331、332は、水注入装置360からシリンダー310、320内に水が注入されることによりシリンダー310、320内を移動し、シリンダー310、320内のスラリー体を押圧して反応器160にスラリー体を供給する。また、一方のピストン331、332の移動に伴い、他方のピストン332、331が一方のピストン331、332と同軸方向に移動し、前処理装置140からスラリー体を受け入れるとともに、シリンダー320、310内の水を排出する。

30

【0032】

なお、シリンダー310、320内の水とスラリー体が混ざらないようにするために、ピストン331、332にピストンリングを設け、ピストン331、332とシリンダー310、320との気密性を高めてもよい。

【0033】

本実施の形態においては、軸330の中央部にストッパー333が設けられている。ストッパー333は、ピストン331、332と攪拌機340、350との接触を防止する装置である。このストッパー333がシリンダー310、320に接触すると、ピストン331、332が攪拌機340、350の方へ移動できなくなるような仕組みとなっている。

40

【0034】

バルブ361、362、363、364は、水を水注入装置360からシリンダー310、320に流れるように切り替えたり、シリンダー310、320内の水を排出するように切り替えたりする装置である。バルブ361、362、363、364は、例えば、電磁バルブなどである。

【0035】

本実施の形態においては、バルブ361、362、363、364は、水注入装置360の注水により、水がシリンダー310、320に流れるように切り替える。また、バル

50

ブ361, 362, 363, 364は、シリンダー310, 320からの排水により、水が排出されるように切り替える。このような切り替えは、例えば、水注入装置360からの注水やシリンダー310, 320からの排水に伴い、電気的に行うことができる。具体的には、軸330に設けられたストッパー333が一方のシリンダー310, 320に接触したのを検知すると、水注入装置360は水の注入先を当該シリンダー310, 320から他方のシリンダー320, 310に切り替え、バルブ363, 361は水が水注入装置360からシリンダー320, 310に流れるように開放し、バルブ364, 362は水注入装置360からシリンダー320, 310に注入される水が排出されないように閉鎖し、バルブ362, 364はシリンダー310, 320から水が排出されるように開放し、バルブ361, 363はシリンダー310, 320から排出される水が水注入装置360に流れないように閉鎖する制御をそれぞれ行えばよい。

10

**【0036】**

なお、本実施の形態においては、スラリー供給装置150にバルブ361, 362, 363, 364を設けているが、これらのバルブ361, 362, 363, 364の代わりに2つの三方弁を設けて、水注入装置360の注水により水がシリンダー310, 320に流れるように切り替えたり、シリンダー320, 310からの排水により水が排出されるように切り替えたりしてもよい。このような切り替えは、例えば、逆流を防止する弁などによって機械的に行うこともできるが、水注入装置360からの注水やシリンダー310, 320からの排水に伴い、電気的に行うこともできる。具体的には、軸330に設けられたストッパー333が一方のシリンダー310, 320に接触したのを検知すると、水注入装置360は水の注入先を当該シリンダー310, 320から他方のシリンダー320, 310に切り替え、一方の三方弁は水が水注入装置360からシリンダー320, 310に流れるように切り替え、他方の三方弁はシリンダー310, 320から水が排出されるように切り替える制御をそれぞれ行えばよい。

20

**【0037】**

三方弁371, 372は、ピストン331, 332の往復運動により、スラリー体を前処理装置140からシリンダー310, 320に流れるように切り替えたり、シリンダー310, 320内に受け入れたスラリー体をシリンダー310, 320から反応器160に流れるように切り替えたりする装置である。

**【0038】**

本実施の形態においては、三方弁371, 372は、前処理装置140からスラリー体を受け入れる際に、スラリー体が前処理装置140からシリンダー310, 320に流れるように切り替える。また、三方弁371, 372は、シリンダー310, 320からのスラリー体供給により、スラリー体がシリンダー310, 320から反応器160に流れるように切り替える。このような切り替えは、例えば、逆流を防止する弁などによって機械的に行うこともできるが、シリンダー310, 320からのスラリー体供給や前処理装置140からのスラリー体供給に伴い、電気的に行うこともできる。具体的には、軸330に設けられたストッパー333が一方のシリンダー310, 320に接触したのを検知すると、三方弁371, 372は、スラリー体が前処理装置140から当該シリンダー310, 320に流れるように切り替え、他方の三方弁372, 371は、スラリー体が他方のシリンダー320, 310から反応器160に流れるように切り替える制御をそれぞれ行えばよい。

30

40

**【0039】**

なお、上述のストッパー333とシリンダー310, 320との接触の検知は、例えば、ストッパー333とシリンダー310, 320とが接触する領域の一部にスイッチを設け、当該スイッチが押圧されたことにより行ってもよい。

**【0040】**

バルブ373, 374は、スラリー体を反応器160に供給するシリンダーを、一方のシリンダー310, 320から他方のシリンダー320, 310に切り替える際、すなわち、水注入装置360が水を注入するシリンダー310, 320を、一方のシリンダー3

50

10, 320から他方のシリンダー320, 310に切り替える際に、シリンダー310, 320から反応器160にスラリー体が流れる(供給される)のを一時的に遮断する装置である。バルブ375, 376は、水注入装置360が水を注入するシリンダー310, 320を、一方のシリンダー310, 320から他方のシリンダー320, 310に切り替える際に、前処理装置140からシリンダー310, 320にスラリー体が流れる(うけいれられる)のを一時的に遮断する装置である。バルブ373, 374, 375, 376は、例えば、電磁バルブなどである。

#### 【0041】

上述のバルブ373, 374, 375, 376による遮断は、例えば、水注入装置360からの注水やシリンダー310, 320からの排水に伴い、電氣的に行ってもよい。具体的には、軸330に設けられたストッパー333が一方のシリンダー310, 320に接触したのを検知すると、バルブ373, 374はシリンダー310, 320から反応器160へのスラリー体の流れ(供給)を遮断するように閉鎖し、バルブ376, 375は前処理装置140からシリンダー320, 310へのスラリー体の流れ(受入)を遮断するように閉鎖し、水注入装置360が水の注入先を当該シリンダー310, 320から他方のシリンダー320, 310に切り替えた後に、バルブ373, 374のうち1のバルブ374, 373が三方弁372, 371を介してスラリー体をシリンダー320, 310から反応器160に流れるように開放し、バルブ375, 376のうち1のバルブ375, 376がスラリー体を前処理装置140からシリンダー310, 320に流れるように開放する制御をそれぞれ行えばよい。

#### 【0042】

攪拌機340, 350は、バルブ375, 376及び三方弁371, 372を介して前処理装置140からシリンダー310, 320内に受け入れるスラリー体を攪拌する装置である。このように、シリンダー310, 320内に攪拌機340, 350を備えてスラリー体を攪拌することにより、スラリー体に含まれる非金属系触媒やバイオマスの粒子などの固形物の沈殿を防止することができ、一定濃度のスラリー体を反応器160に供給することができるようになる。

#### 【0043】

本実施の形態においては、スラリー供給装置150と反応器160との間に、スラリー供給装置150から供給されるスラリー体を蓄圧する蓄圧器380と、前処理装置140とスラリー供給装置150との間に、スラリー供給装置150に受け入れられるスラリー体を蓄圧する蓄圧器381と、を備える。これらを備えることにより、スラリー供給装置150と反応器160とを接続する配管内の圧力や、前処理装置140とスラリー供給装置150とを接続する配管内の圧力を一定に保つことができ、脈動やウォーターハンマー(水撃)などの発生を防止することが可能となる。

#### 【0044】

なお、上述の水注入装置360が行う水の注入先の切り替えは、軸330に設けたストッパー333がシリンダー310, 320に接触したタイミングで電氣的に行ってもよいし、各シリンダー310, 320内の圧力が上昇したのを検知して行ってもよい。また、水注入装置360がシリンダー310, 320に注入する水は、シリンダー310, 320に受け入れられるスラリー体の温度と同じ温度の水であることが好ましい。これにより、シリンダー310, 320に注入された水によってシリンダー310, 320が冷やされ、シリンダー310, 320に受け入れられたスラリー体の温度が低下するのを抑制することができるようになる。なお、水注入装置360によるシリンダー310, 320への注水は、反応器160にスラリー体が一定流量で供給されるように、一定流量で行うことが好ましい。

#### 【0045】

また、上述においては、スラリー供給装置150の軸330にストッパー333を設けてピストン331, 332と攪拌機340, 350との接触を防止しているが、シリンダー310, 320の長手方向の長さ(軸330の長さ)とを調節して、ピストン331, 3

10

20

30

40

50

32が攪拌機340, 350と接触するのを防止してもよいし、ピストン331, 332と攪拌機340, 350とが接触しない量の水を、水注入装置360が各シリンダー310, 320に交互に注入するようにして、ピストン331, 332が攪拌機340, 350と接触するのを防止してもよい。また、ピストン331, 332と攪拌機340, 350とが接触しないように、シリンダー310, 320内にピストン331, 332の移動を制御するストッパー(例えば、凹凸など)を設けてもよい。

【0046】

さらに、上述においては、水注入装置360から水を注入し、注入した水を排出する口(注入/排出口)をシリンダー310, 320に1つ設けているが、水注入装置360から水を注入する注入口と、注入した水を排出する排出口との2つの口をシリンダー310, 320に設けてもよい。

10

【0047】

また、上述においては、前処理装置140からスラリー体を受け入れ、受け入れたスラリー体を反応器160に供給する口(受入/供給口)をシリンダー310, 320に1つ設けているが、前処理装置140からスラリー体を受け入れる受入口と、受け入れたスラリー体を反応器160に供給する供給口との2つの口をシリンダー310, 320に設けてもよい。

【0048】

予熱器162は、スラリー供給装置150から反応器160に供給される、非金属系触媒を含むバイオマスのスラリー体を予め加熱する装置である。システム200に予熱器162を備えることにより、反応器160に所定の温度のスラリー体を供給することが可能となる。

20

【0049】

クーラー170は、反応器160から排出される排出物を冷却する装置である。反応器160から排出される排出物には、爆発性の高い燃料ガス(例えば、水素、メタン、エタン、エチレンなど)や水蒸気(超臨界水)等の生成ガスが含まれているので、危険性を低減させたり、水蒸気を水に変換させたりする目的でクーラー170を本発明のシステム200に設けている。なお、本実施の形態においては、反応器160から排出された排出物を冷却する装置としてクーラー170を例に挙げて説明したが、反応器160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よい。

30

【0050】

減圧器171は、反応器160から排出される排出物の圧力を減圧する装置である。これにより、高圧状態の燃料ガスによる危険性を未然に防止することができるようになる。

【0051】

気液分離器180は、反応器160から排出された排出物を気体成分(例えば、燃料ガス等の生成ガス)と液体成分(水、あるいは、水、灰分、非金属系触媒などを含む混合液)とに分離する装置である。気液分離器180は、例えば、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。

【0052】

ガスタンク181は、気液分離器180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。

40

【0053】

加熱器161は、ガスタンク181に貯えられた生成ガス(燃料ガス)の一部を燃料として、例えば、酸素を含むガス(例えば、酸素ガス、空気など)とともに燃焼して反応器160を加熱し、スラリー体を所定の温度に加熱する装置である。また、加熱器163は、ガスタンク181に貯えられた生成ガス(燃料ガス)の一部を燃料として、例えば、酸素を含むガス(例えば、酸素ガス、空気など)とともに燃焼して予熱器162を加熱し、スラリー体を所定の温度に加熱する装置である。加熱器161, 163は、例えば、バーナーなどの、燃料ガスを燃焼して加熱する既存の装置である。

【0054】

50

触媒回収器 182 は、気液分離器 180 によって分離された液体成分に、水以外の非金属系触媒や灰分などが含まれている場合に、液体成分から非金属系触媒を回収するため、非金属系触媒を液体成分から分離する装置である。図 4 に、本発明の一実施形態として説明する、液体成分中の灰分、非金属系触媒、及び水をそれぞれ分離する触媒回収器 182 の概略構成図を示す。なお、本実施の形態においては、非金属系触媒が、灰より沈降速度（終端速度）が遅い活性炭である場合について説明する。

【0055】

図 4 に示すように、触媒回収器 182 は、混合液注入部 410、水槽 420、循環ポンプ 430、供給管 440、灰受入部 450、バルブ 460、461、470などを備える。

10

【0056】

混合液注入部 410 は、気液分離器 180 によって分離された液体成分（灰分、活性炭、水等を含む混合液）を注入する管である。水槽 420 は、混合液注入部 410 から注入した混合液中の灰分や活性炭をゆっくりと沈降させるための水を入れておく円柱形状の容器である。水槽 420 は、混合液注入部 410 から注入した混合液中の灰分を沈降させて水槽 420 から排出させる排出口 421、混合液中の活性炭を受け入れる活性炭受部 422、423、水槽 420 において浮遊した灰や活性炭などの浮遊物を水とともに排出する排水口 424などを備える。

【0057】

灰受入部 450 は、排出口 421 から沈降した灰分を受け入れる容器である。循環ポンプ 430 は、水槽 420 中の水を循環させるポンプである。供給管 440 は、循環ポンプ 430 によって循環される水を排出口 421 を介して水槽 420 に導入する配管である。なお、循環ポンプ 430 によって循環される水は、活性炭の沈降速度より速く、灰の沈降速度より遅い流速で排出口 421 から水槽 420 に供給される。これにより、混合液注入部 410 から注入された混合液中の灰分は、排出口 421 を通って灰受入部 450 に沈降するが、混合液注入部 410 から注入された混合液中の活性炭は、排出口 421 を通過することなく活性炭受部 422、423 に移動する。

20

【0058】

なお、本実施の形態においては、活性炭受部 422、423 には、当該受部 422、423 に溜まった活性炭を回収できるように、活性炭の粒子より細かいメッシュで構成された籠 425、426 が設けられており、灰受入部 450 には、当該受入部 450 に溜まった灰を回収できるように、灰の粒子より細かいメッシュで構成された籠 451 が設けられている。

30

【0059】

バルブ 460、461 は、水槽 420 の水を排出する弁である。気液分離器 180 から注入された混合液中の灰分と活性炭とを分離した後に、当該バルブ 460、461 によって水槽 420 の水を排水することにより、籠 425、426 に溜まった活性炭を回収することができる。また、バルブ 470 は、灰受入部 450 の水を排水する弁である。気液分離器 180 から注入された混合液中の灰分と活性炭とを分離した後に、当該バルブ 470 によって灰受入部 450 の水を排水することにより、籠 451 に溜まった灰を回収することができる。

40

【0060】

以上のような触媒回収器 182 を本発明のシステム 200 に備えることにより、混合液を非金属系触媒と灰分と水に分離することができ、非金属系触媒を回収することが可能となる。これにより、回収した非金属系触媒を再利用することが可能となる。

【0061】

なお、前記触媒回収器 182 は、気液分離器 180 によって分離された、灰分、非金属系触媒、及び水を含む混合液を固体成分と液体成分とに分離する既存の固液分離器と、分離した固体成分中の灰分と非金属系触媒とを篩いによって分離する既存の篩器との組み合わせであってもよい。

50

## 【 0 0 6 2 】

第一熱交換器 1 3 0 は、前処理装置 1 4 0 において熱水処理することにより得られ、反応器 1 6 0 で水熱処理される非金属系触媒を含むバイオマスのスラリー体の熱を利用して、前処理装置 1 4 0 で熱水処理されるバイオマス等を予熱する装置である。

## 【 0 0 6 3 】

第二熱交換器 1 3 1 は、反応器 1 6 0 において水熱処理することにより生成された生成ガスなどを含む、反応器 1 6 0 から排出される排出物の熱を利用して、反応器 1 6 0 で水熱処理される非金属系触媒を含むバイオマスのスラリー体を予熱する装置である。

## 【 0 0 6 4 】

以上のように、本発明のシステム 2 0 0 に熱交換器 1 3 0 , 1 3 1 を備えることにより、エネルギーを有効に利用することができるので、低エネルギー・低コストでバイオマスから燃料ガスを生成することができるようになる。また、各装置 1 4 0 , 1 6 0 での加熱時間が短縮されるので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ようになる。従って、熱交換器 1 3 0 , 1 3 1 を備えたシステム 2 0 0 は、経済性に優れているといえる。

10

## 【 0 0 6 5 】

発電装置 1 9 0 は、ガスタンク 1 8 1 に貯えられた生成ガス（燃料ガス）を燃料として利用し、発電する装置である。発電装置 1 9 0 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である。

20

## 【 0 0 6 6 】

なお、本実施の形態においては、図 1 に示すように、発電装置 1 9 0 が生成ガスを燃料として発電することにより発電装置 1 9 0 から排出された排ガスの熱（排熱）を利用して、バイオマスを加熱する熱交換器を前処理装置 1 4 0 に備えたり、加熱器 1 6 1 , 1 6 3 で使用する燃料、例えば、酸素を含むガスを予熱する熱交換器を有する予熱器 1 6 4 をシステム 2 0 0 に備えたりしている。このように、本発明のシステム 2 0 0 に熱交換器を有する前処理装置 1 4 0 及び / 又は予熱器 1 6 4 を備えることによりエネルギーを効率よく利用することができるので、低エネルギー・低コストでバイオマスからメタンや水素などの燃料ガスを生成することができるばかりではなく、低エネルギー・低コストで発電して電力を供給することも可能となる。従って、加熱燃料の使用量の削減、排ガス発生量の低減などを図ることができるようになる。

30

## 【 0 0 6 7 】

上述のように、発電装置 1 9 0 の排熱の温度に関係なく、前処理装置 1 4 0 と予熱器 1 6 4 で発電装置 1 9 0 の排熱を利用してもよいが、発電装置 1 9 0 の排ガス温度に応じて排熱の利用の仕方を適宜変更してもよい。具体的には、発電装置 1 9 0 の排ガス温度が反応器 1 6 0 での反応温度より高い場合には、図 5 に示すように予熱器 1 6 4 のみで排熱を利用してもよいし、前処理装置 1 4 0 のみで排熱を利用してもよい。また、発電装置 1 9 0 の排ガス温度が反応器 1 6 0 での反応温度より低く、前処理装置 1 4 0 での処理温度より高い場合には、図 6 に示すように前処理装置 1 4 0 のみで排熱を利用してもよい。このように、発電装置 1 9 0 の排ガス温度に応じて排熱の利用の仕方を適宜変更することにより、発電装置 1 9 0 の排熱をより有効に利用することが可能となる。

40

## 【 0 0 6 8 】

さらに、本実施の形態においては、図 1、図 5、及び図 6 に示すように、加熱器 1 6 3 により生成ガスを燃料、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の熱を利用して、非金属系触媒を含むバイオマスのスラリー体を加熱する熱交換器を反応器 1 6 0 に備えている。また、反応器 1 6 0 で前記スラリー体を加熱するのに利用した排ガスの熱、及び / 又は、加熱器 1 6 1 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の熱を利用して、バイオマスを加熱する熱交換器を前処理装置 1 4 0 に備えたり、加熱器 1 6 1、1 6 3 で使用する燃料、例えば、酸素を含むガスを予熱する熱交換器を有する予熱器 1 6 4 をシステム 2 0 0 に備えたり

50

している。これらのように、反応器 160、前処理装置 140、予熱器 164 などに熱交換器を備え、加熱器 163 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の熱、反応器 160 で前記スラリー体を加熱するのに利用した排ガスの熱、加熱器 161 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の熱などを利用することにより、エネルギーをより有効に利用することが可能となる。

【0069】

なお、上述においては、加熱器 163 により得られた排ガスの熱は、反応器 160 で利用してから前処理装置 140 あるいは予熱器 164 で利用しているが、前処理装置 140 あるいは予熱器 164 で直接利用してもよい。また、本実施の形態においては、図 1 に示すように、前処理装置 140 や予熱器 164 に導入する導入物（具体的には、バイオマスや酸素を含むガスなど）を、発電装置 190 の排熱を利用する熱交換器で加熱した後、反応器 160 で前記スラリー体を加熱するのに利用した排ガスの熱、及び/又は、加熱器 161 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の熱を利用する熱交換器で加熱しているが、これらの位置はそれぞれの排ガスの温度に応じて適宜変えてもよい。

10

【0070】

さらに、上述では、反応器 160 から排出される排出物の熱を利用して上記スラリー体を予熱する第二熱交換器 131 を本発明のシステム 200 に備えているが、反応器 160 において水熱処理することにより生成された生成ガスなどを含む、反応器 160 から排出される排出物の熱を利用して、前処理装置 140 で熱水処理されるバイオマス等を予熱する熱交換器を本発明のシステム 200 に備えてもよい。

20

【0071】

また、本発明に係るシステム 200 にあらかじめバイオマスを熱水処理する前処理装置 140 を備えることにより、バイオマスを高分子から低分子に分解することができるので、反応器 160 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を防止するととも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。

【0072】

さらに、前処理装置 140 においてバイオマスを熱水処理することにより流動性に優れたバイオマスのスラリー体を形成させることができるので、このスラリー体をスラリー供給装置 150 によって反応器 160 にスムーズに供給することができるようになり、反応器 160 への供給においてバイオマスによる機器や配管等の目詰まりを防止することが可能になる。

30

【0073】

また、本発明に係るシステム 200 により、前処理装置 140 での熱水処理において用いた非金属系触媒を、反応器 160 での水熱反応においても利用することができるので、触媒の消費量を削減することが可能になる。

【0074】

さらに、本発明に係るシステム 200 に図 2 に示すような反応器 160 を備えることにより、超臨界水でバイオマスをガス化することにより得られる灰分（残渣）が反応器 160 内に溜まることなく、バイオマスの超臨界水によるガス化処理を連続的に行うことができ、バイオマスから燃料ガスをより効率的に生成することが可能となる。

40

【0075】

また、本発明に係るシステム 200 に図 3 に示すようなスラリー供給装置 150 を備えることにより、固体成分と液体成分とに分離しやすい上述のスラリー体を一定濃度で反応器 160 に連続供給することができるので、超臨界水のガス化効率が最も高い濃度条件で非金属系触媒やバイオマスなどを含むスラリー体を反応器 160 に連続供給でき、バイオマスから燃料ガスをより効率的に生成することが可能となる。

【0076】

50

さらに、本発明に係るシステム200に、クーラー170、減圧器171、気液分離器180などを備えることにより、反応器160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。

【0077】

また、本発明に係るシステム200にバイオマスを破碎する破碎機110を備えることによりバイオマスをあらかじめ破碎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。

【0078】

なお、本実施の形態においては、調整タンク100で非金属系触媒とバイオマスと水を混合した混合物を破碎機110によって処理し、供給ポンプ120により前処理装置140に供給しているが、非金属系触媒は前処理装置140に直接供給してもよいし、バイオマスと水との混合物を破碎機110で処理した後に非金属系触媒を混合し、前処理装置140に供給してもよい。

【0079】

= = 本発明に係るバイオマスガス化方法 = =

次に、本実施の一形態として、バイオマスとバイオマスに含まれる水との供給量を調節しながら、バイオマスを超臨界水でガス化する方法について説明する。

【0080】

まず、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。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、1:5~20:1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1:2~20:1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70~95wt%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。

【0081】

上述のように、バイオマスに混合させる非金属系触媒と水の量を調整して、これらを混合した混合物は、破碎機110で破碎され、供給ポンプ120により第一熱交換器130を介して前処理装置140に移送される。前処理装置140に供給されたバイオマスは、バイオマスとともに供給された非金属系触媒の存在下で、所定の圧力及び所定の温度の条件下で熱水処理される。

【0082】

なお、熱水処理の条件としては、100~250の範囲内の温度であって、0.1~4MPaの範囲内の圧力下であれば特に制限されるものではないが、バイオマスを高分子から低分子へと分解する処理の観点から、これらの範囲内の圧力下における水の飽和温度であることが好ましく、さらに省エネルギーの観点から、179.8の温度及び1.0MPaの圧力下であることが特に好ましい。ここで、熱水処理を100~250の範囲内の温度で行うのは、100未満ではバイオマスの分解反応率が低く、250を超えるとタールやチャーの発生が懸念されるからである。また、熱水処理を0.1~4MPaの範囲内の圧力で行うのは、0.1MPa未満ではバイオマスの分解反応率が低く、4MPaより高い圧力をかけても分解反応率に与える影響はそれ程ないのではないかと考えたためである。

【0083】

このようにバイオマスを非金属系触媒の存在下で熱水処理することにより、バイオマスを高分子から低分子に効率よく分解することができるようになる。

【0084】

上述のようにして得られた、非金属系触媒を含むバイオマスのスラリー体は、第一熱交換器130で供給ポンプ120から前処理装置140に供給される混合物に熱を提供し、スラリー供給装置150により第二熱交換器131及び予熱器162を介して反応器160に移送される。供給装置150の運動周波数を、運動周波数制御装置151を用いて調節することによって、スラリー供給装置150から反応器160に移送されるスラリー量

10

20

30

40

50

を、容易に増減することができる。例えば、反応器 160 の内部圧力の急激な増加を避けるために、反応器 160 の内部温度が臨界点付近になった時には、制御装置 151 を用いて供給装置 150 の運動周波数を減少させることによって、反応器 160 へと供給するスラリー量を減少することが安全性の面から好ましい。また、臨界点を超過して反応器 160 の内部圧力がほぼ一定となった後には、制御装置 151 を用いて供給装置 150 の運動周波数を増加させることによって、反応器 160 へと供給するスラリー量を増加し、反応器 160 の内部圧力を急激に変化させることなく、多量のスラリーを反応することが、効率の面から好ましい。

なお、予熱器 162 を通過したスラリー体は、所定の温度まで加熱される。

#### 【0085】

反応器 160 に供給されたバイオマスのスラリー体は、反応器 160 に導入され、バイオマスとともに供給された非金属系触媒の存在下で、所定の圧力及び所定の温度の条件下で水熱処理される。水熱処理の条件としては、374 以上の温度で、かつ、22.1 MPa 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 )及び圧力(25~35 MPa 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 , 25 MPa 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、これらの温度及び圧力の条件を調節するとともに、流体密度や反応時間(反応器 160 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。

#### 【0086】

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。

#### 【0087】

反応器 160 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、反応器 160 から排出される。この排出物は、第二熱交換器 131 において、スラリー供給装置 150 から反応器 160 に供給される、非金属系触媒を含むバイオマスのスラリー体に熱を提供した後、クーラー 170 及び減圧器 171 によって冷却・減圧され、気液分離器 180 へと移送される。気液分離器 180 に供給された上記排出物は、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 181 に貯えられる。なお、気液分離器 180 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 182 によって灰分、非金属系触媒、及び水にそれぞれ分離し、非金属系触媒を回収してもよい。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。

#### 【0088】

ガスタンク 181 に貯えられた生成ガス(燃料ガス)は、発電装置 190、加熱器 161, 163 に供給される。発電装置 190 は、供給された生成ガスを利用して発電を行い、電力を提供する。また、加熱器 161, 163 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反応器 160 や予熱器 162 を加熱し、スラリー体を所定の温度に加熱する。

#### 【0089】

発電装置 190 が生成ガスを燃料として発電することにより発電装置 190 から排出された排ガスは、前処理装置 140 や予熱器 164 に供給され、供給ポンプ 120 から前処理装置 140 に供給される混合物に熱を提供したり、予熱器 164 において加熱器 161, 163 で使用する燃料、例えば、酸素を含むガスに熱を提供したりする。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 0 】

また、加熱器 1 6 3 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、反応器 1 6 0 に供給されてスラリー体に熱を提供する。反応器 1 6 0 で熱を提供した排ガス、及び、加熱器 1 6 1 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、前処理装置 1 4 0 や予熱器 1 6 4 に供給され、供給ポンプ 1 2 0 から前処理装置 1 4 0 に供給される混合物に熱を提供したり、予熱器 1 6 4 において加熱器 1 6 1 , 1 6 3 で使用する燃料、例えば、酸素を含むガスに熱を提供したりする。

## 【 0 0 9 1 】

なお、本実施の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。このように、アルカリ金属系触媒ではなく、非金属系触媒を用いることにより、アルカリ金属系触媒が引き起こす機器や配管等の腐食による劣化を防止することができ、システム 2 0 0 の長期使用が実現可能となる。また、アルカリ金属系触媒を中和する処理工程も不要となり、作業性の効率を高めることができるようになる。上記非金属系触媒としては、平均粒径 2 0 0  $\mu\text{m}$  以下の粉末を用いることが好ましく、多孔質であることがより好ましい。このような非金属系触媒を用いることにより、表面積を増やして反応効率を高めるとともに、非金属系触媒によるシステム 2 0 0 内の機器、配管等の目詰まりを防止することができる。

10

## 【 0 0 9 2 】

また、本実施の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、前処理装置 1 4 0 においてバイオマスを熱水処理する前後に、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よい。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。

20

## 【 実施例 】

## 【 0 0 9 3 】

以下に本発明を実施例によって具体的に説明する。なお、これらの実施例は本発明を説明するためのものであって、本発明の範囲を限定するものではない。

## 【 0 0 9 4 】

## 【 実施例 1 】

水 9 7 . 6 質量部、鶏糞 2 質量部、及び粒径 2 0  $\mu\text{m}$  の活性炭 0 . 4 質量部を攪拌混合し、1 8 0 , 1 . 1 M P a の条件下で熱水処理したバイオマスのスラリー体を、高圧ポンプにより管型反応器に圧入し、6 0 0 , 2 5 M P a の条件下で、超臨界水による反応を行った。また、対照実験として、活性炭を添加しないで同様に超臨界水によるガス化反応を行った。その結果、活性炭を添加しない場合には、炭素ガス化率が 7 3 % であるのに対し、活性炭を 0 . 4 質量部添加した場合には、炭素ガス化率が 8 8 % と上昇することが明らかになった。

30

## 【 0 0 9 5 】

## 【 実施例 2 】

次に、水 8 0 質量部、セルロース粉末 2 0 質量部、及び平均粒径 1 0 0  $\mu\text{m}$  の活性炭 2 0 質量部を攪拌混合してスラリーを調製した。その後、攪拌機を備えた 1 6 7 m l のオートクレーブにスラリー 4 0 m l を注入し、圧力 2 5 M P a で攪拌しながら 4 0 0 まで温度上昇させて 1 時間保持して超臨界水によるガス化反応を行った。反応後、室温まで冷却し、生成ガスを回収して炭素ガス化率を求めた。また、対照実験として、活性炭を添加せずに同様の処理を行った。その結果、活性炭を添加しない場合には炭素ガス化率が 1 0 % であるのに対し、活性炭を添加した場合には炭素ガス化率が 3 0 % と上昇することが明らかになった。

40

以上のことから、非金属系触媒の添加によりガス化効率を高めることができることが明らかになった。

## 【 0 0 9 6 】

50

## 【実施例 3】

図 2 に示すように、導入口 210 及び排出口 220 を設けた流動層反応器 160 ( 12.3mm×2400mm ) の下方に分散板 ( 網 ) を備え、平均粒径が 1mm のアルミナボールを流動媒体として設置した。この流動層反応器 160 に、バイオマス ( 灰 ) や非金属系触媒の代わりにアルミナ粒子 ( 平均粒径が 180 ~ 250 μm、あるいは、平均粒径が 250 ~ 300 μm ) を水に混合した混合物を、アルミナ粒子が飛び出し、流動媒体であるアルミナボールが飛び出さない流量 ( 0.19m/s ~ 0.60m/s ) で導入口 210 から導入し、排出口 220 から排出されたアルミナ粒子を回収した。

## 【0097】

その結果、平均粒径が 180 ~ 250 μm のアルミナ粒子を流動層反応器 160 に導入した場合には 97.5% のアルミナ粒子を回収することができ、平均粒径が 250 ~ 300 μm のアルミナ粒子を流動層反応器 60 に導入した場合には 98.9% のアルミナ粒子を回収することができることがわかった。このことから、上述のような流動層反応器 160 に、非金属系触媒を含むバイオマスのスラリー体 ( 平均粒径が 300 μm 以下 ) を所定の流量 ( 例えば、流動媒体が排出口から飛び出さない最大流量 ) で導入口 210 から導入しながら、所定の温度及び所定の圧力下で水熱反応を行うことにより、生成された生成ガスや灰分、並びに、非金属系触媒や水 ( 超臨界水 ) を排出口 220 から排出できることが示された。

## 【0098】

## 【実施例 4】

バイオマスガス化システムを起動し、背圧ポンプの運転周波数を 44.4 Hz ( スラリー供給量で約 0.8 mL / 分 ) に設定した。引き続き、水 85 質量%、鶏糞 10 質量%、及び粒径 20 ~ 30 μm の活性炭 5 質量% を、調整タンクに加えた。この時を装置起動開始時刻とした。

## 【0099】

装置起動後の、運転周波数、反応器出口圧力、クーラー出口圧力、予熱器 162 の予熱器出口温度及び反応器出口温度を、経時的に測定した。結果を図 7 に示す。

## 【0100】

装置起動から 33 分後に、予熱器が備える加熱器 161 及び反応器が備える加熱器 163 を点火した。その後、装置起動から 41 分後の時点で反応器の出口温度が 175 となり、反応器内温度が臨界点に近づいてきたので、反応器内の圧力が急激に上昇するのを避けるため、背圧ポンプの運動周波数を 1 Hz / 分ずつ 20.4 Hz まで徐々に下げ、反応器へのスラリー供給量を段階的に減少させた。

## 【0101】

この背圧ポンプの運動周波数を 20.4 Hz に保った状態で、22 分間反応を続けた。装置起動から 1 時間 26 分後に、反応器の出口温度が 417 に達し、反応器内の状態が臨界点を十分に超えて圧力の上昇が落ち着いたと考えられたので、背圧ポンプの運動周波数を 2 Hz / 分ずつ上げて 44.4 Hz にまで戻した。背圧ポンプの運動周波数を 44.4 Hz にまで上げた状態で、装置起動から 1 時間 36 分後より約 2 時間運転を続けることができた。

## 【0102】

この一方で、対照実験として背圧ポンプの運動周波数を 44.4 Hz から変動させることなく、同様のバイオマスガス化を試みたところ、反応系が破裂してしまった。

## 【0103】

以上のことから、スラリー供給装置の運動周波数を制御することによって反応器へのスラリー供給量を調節すれば、安全かつ効率的にバイオマスガス化を行えるようになることが示された。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0104】

【図 1】本発明の一実施形態として説明するバイオマスガス化システムの全体構成を示す

10

20

30

40

50

図である。

【図2】本発明の一実施形態において、連続運転が可能な流動層反応器の概略構成を示す図である。

【図3】本発明の一実施形態として説明するスラリー供給装置の概略構成を示す図である。

【図4】本発明の一実施形態として説明する触媒回収器の概略構成を示す図である。

【図5】本発明の一実施形態において、発電装置の排熱温度が反応器での反応温度より高い場合のバイオマスガス化システムの全体構成を示す図である。

【図6】本発明の一実施形態において、発電装置190の排熱の温度が反応器160での反応温度より低く、前処理装置140での処理温度より高い場合のバイオマスガス化システム

10

の全体構成を示す図である。

【符号の説明】

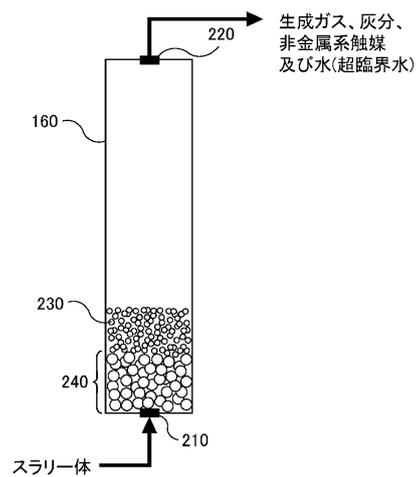
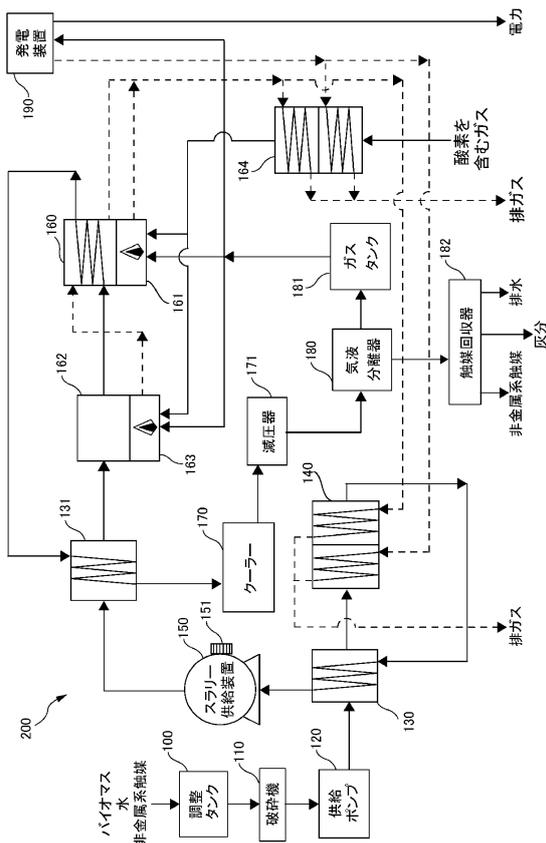
【0105】

- |     |          |     |              |
|-----|----------|-----|--------------|
| 100 | 調整タンク    | 110 | 破碎機          |
| 120 | 供給ポンプ    | 130 | 第一熱交換器       |
| 131 | 第二熱交換器   | 140 | 前処理装置        |
| 150 | スラリー供給装置 | 151 | 運転周波数制御装置    |
| 160 | 反応器      | 161 | 加熱器          |
| 162 | 予熱器      | 163 | 加熱器          |
| 164 | 予熱器      | 170 | クーラー         |
| 171 | 減圧器      | 180 | 気液分離器        |
| 181 | ガスタンク    | 182 | 触媒回収器        |
| 190 | 発電装置     | 200 | バイオマスガス化システム |

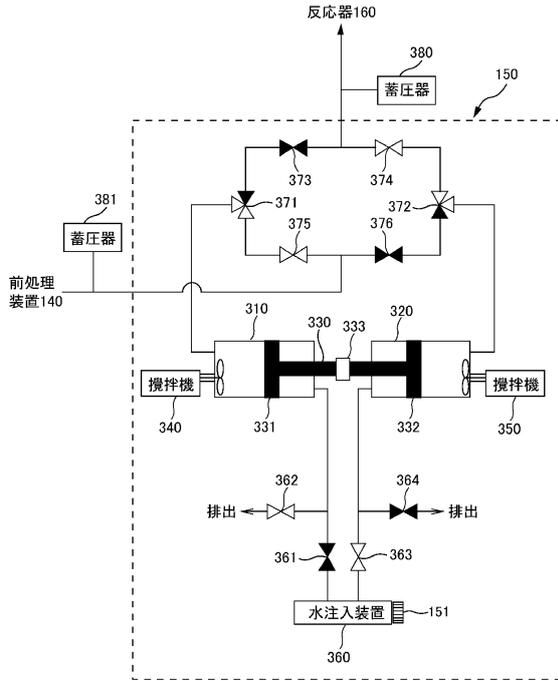
20

【図1】

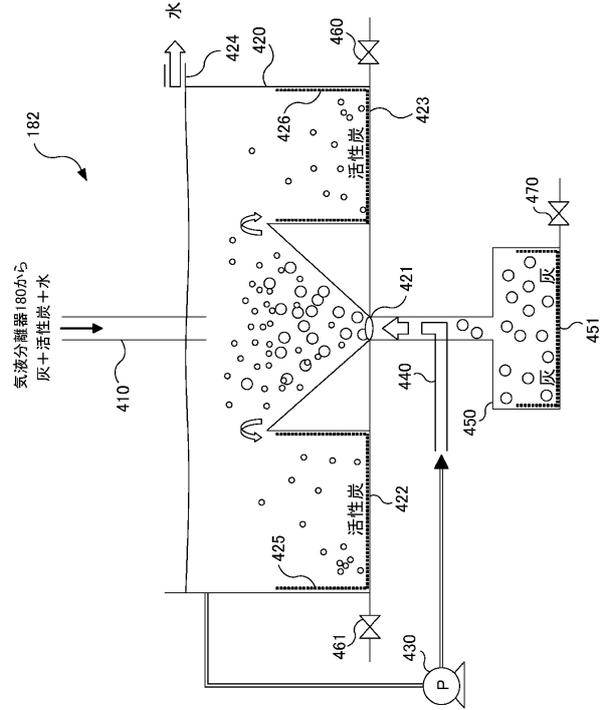
【図2】



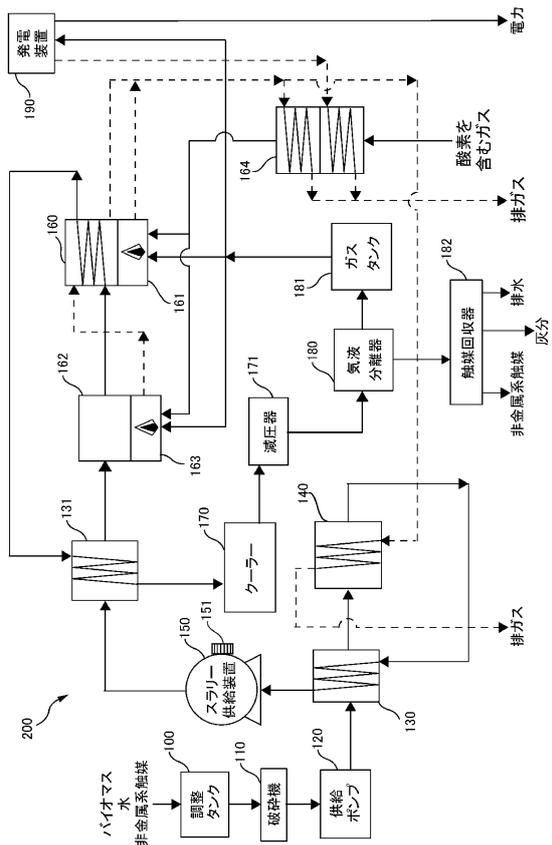
【図3】



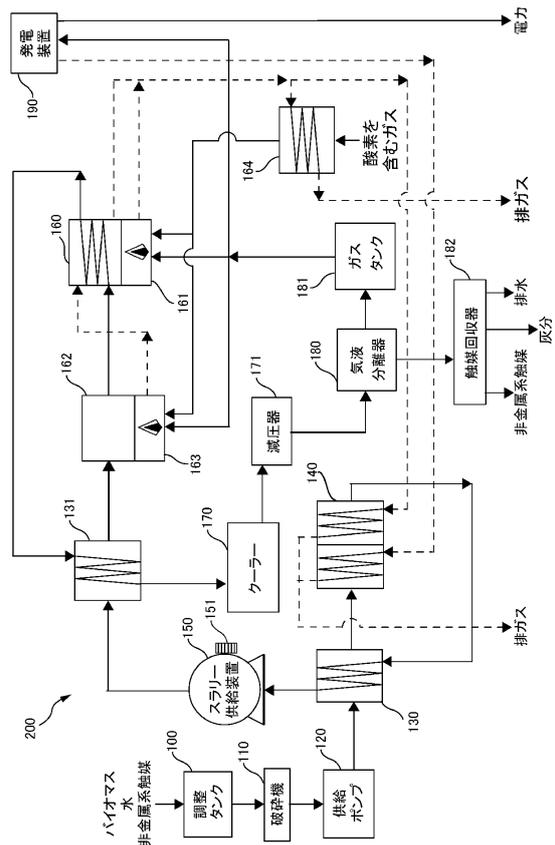
【図4】



【図5】



【図6】



【図 7 - 1】

操作内容	経過時間 (時間:分)	運転 周波数 (Hz)	反応器 出口圧力 (MPa)	クーラー 出口圧力 (MPa)	予熱器 出口温度 (°C)	反応器 出口温度 (°C)
			0.35	0.43	53.2	116.8
			0.35	0.43	53.1	118
起動	0:00	44.4	0.35	0.43	76.8	128.4
	0:02	44.4	0.38	0.44	110.7	168.8
	0:04	44.4	0.59	0.6	115.1	176.2
	0:06	44.4	0.73	0.79	113.5	180.6
	0:08	44.4	0.79	0.87	127.3	182.9
	0:10	44.4	0.76	0.84	147.2	181.3
	0:12	44.4	0.74	0.82	157.2	179.2
	0:14	44.4	0.71	0.8	163.1	179
	0:16	44.4	0.7	0.79	164.9	175.9
	0:18	44.4	0.7	0.79	164.4	173.4
	0:20	44.4	10.58	10.61	161.6	179
	0:22	44.4	12.79	12.72	158.1	178.7
	0:24	44.4	20.17	20.32	154.2	178.5
	0:26	44.4	22.35	22.56	150.5	178.2
	0:28	44.4	22.95	22.97	147.1	177.5
	0:30	44.4	23.46	23.54	146.9	177.3
	0:32	44.4	24.78	25.05	149.2	177.1
点火	0:33	44.4	24.78	24.8	150.5	176.9
	0:34	44.4	24.79	25.05	149.6	176.8
	0:35	44.4	24.79	25.16	150.2	176.7
	0:36	44.4	24.78	24.87	163.8	176.4
	0:37	44.4	24.77	25.02	177.6	176.2
	0:38	44.4	24.81	25	189.4	175.9
	0:39	44.4	24.76	24.99	200.5	175.7
	0:40	44.4	24.78	24.85	211.4	175.8
周波数低減開始	0:41	43.4	24.81	24.99	222.1	175.7
	0:42	42.4	24.83	24.97	234.1	175.8
	0:43	41.4	24.77	25.1	245.1	175.8
	0:44	40.4	24.82	24.89	254.9	175.9
	0:45	39.4	24.78	24.98	263.5	175.8
	0:46	38.4	24.76	24.87	271.6	176
	0:47	37.4	24.79	25.09	279.9	176
	0:48	36.4	24.77	25.05	288.2	176.1
	0:49	35.4	24.75	25.07	296.7	176.1
	0:50	34.4	24.81	24.92	305.3	176.2

【図 7 - 2】

	0:51	33.4	24.82	25.09	313.9	176.2
	0:52	32.4	24.78	24.98	322.2	176.4
	0:53	31.4	24.77	25.04	331.3	176.8
	0:54	30.4	24.82	24.8	339.7	177.1
	0:55	29.4	24.27	24.39	346.3	177.3
	0:56	28.4	24.79	25.01	359.4	178.4
	0:57	27.4	24.81	24.74	366.2	179.1
	0:58	26.4	24.81	24.92	372.5	180.1
	0:59	25.4	24.84	24.95	378.4	181.7
	1:00	24.4	24.9	25.03	383.4	183.5
	1:01	23.4	25.02	25.15	386.9	185.8
周波数低減終了	1:02	22.4	25.06	25.2	389.3	188.7
	1:04	22.4	24.82	25	390.5	195.4
	1:06	22.4	24.84	24.97	392	202.9
	1:08	22.4	24.81	24.99	393.5	211.9
	1:10	22.4	24.81	25.01	394.2	222.3
	1:12	22.4	24.83	24.99	394.5	233.6
	1:14	22.4	24.8	24.95	394.9	247.8
	1:16	22.4	24.83	25.01	395.8	264.5
	1:18	22.4	24.83	24.97	408.6	286.4
	1:20	22.4	24.8	25.07	398.8	388.7
	1:22	22.4	24.77	24.97	394.4	397.9
	1:24	22.4	24.98	25.12	389.9	408.3
周波数増加開始	1:26	24.4	24.76	24.95	453.4	417.3
	1:27	26.4	24.73	24.74	482.8	419.9
	1:28	28.4	24.73	24.92	504.3	422.7
	1:29	30.4	24.74	24.93	518.9	425.8
	1:30	32.4	24.77	24.93	528.6	429
	1:31	34.4	24.76	24.97	533.4	432.3
	1:32	36.4	24.77	24.95	536.2	435.7
	1:33	38.4	24.52	24.67	539.1	436.7
	1:34	40.4	24.8	24.89	551.2	441.8
	1:35	42.4	24.78	24.91	551.9	445.4
周波数増加終了	1:36	44.4	24.78	24.96	554.9	448.9
	1:38	44.4	24.78	24.87	561.6	455.7
	1:40	44.4	24.78	24.93	570.2	462.4
	1:42	44.4	24.78	25.01	580.1	469
	1:44	44.4	24.77	24.94	589.8	475.8
	1:46	44.4	24.79	25.09	603.3	481.5
	1:48	44.4	24.77	24.87	600.9	488.2
	1:50	44.4	24.78	24.97	600.4	494.7

## フロントページの続き

- (72)発明者 松村 幸彦  
広島県東広島市鏡山 1 - 4 - 1 国立大学法人広島大学内
- (72)発明者 清水 嘉久  
広島県広島市中区小町 4 番 3 3 号 中国電力株式会社内
- (72)発明者 山村 幸政  
広島県広島市中区小町 4 番 3 3 号 中国電力株式会社内
- (72)発明者 中村 昭史  
広島県広島市中区小町 4 番 3 3 号 中国電力株式会社内
- (72)発明者 清永 英嗣  
広島県広島市中区小町 4 番 3 3 号 中国電力株式会社内
- (72)発明者 美濃輪 智朗  
広島県呉市広末広 2 丁目 2 番 2 号 独立行政法人産業技術総合研究所中国センター内
- (72)発明者 野田 洋二  
広島県広島市西区楠木町 2 - 1 - 2 2 株式会社東洋高压内

審査官 安積 高靖

- (56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 2 6 9 9 4 5 ( J P , A )  
特開 2 0 0 6 - 3 1 2 1 2 2 ( J P , A )  
特開平 0 9 - 3 2 5 8 2 1 ( J P , A )  
特開 2 0 0 1 - 3 4 8 5 7 8 ( J P , A )

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 1 0 J 3 / 0 0 - 3 / 8 6  
B 0 9 B 1 / 0 0 - 5 / 0 0  
C 0 2 F 1 1 / 0 0 - 1 1 / 2 0