

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4997546号  
(P4997546)

(45) 発行日 平成24年8月8日(2012.8.8)

(24) 登録日 平成24年5月25日(2012.5.25)

(51) Int.Cl.	F I
C 1 0 J 3/00 (2006.01)	C 1 0 J 3/00 Z A B A
B 0 9 B 3/00 (2006.01)	C 1 0 J 3/00 J
C 0 2 F 11/08 (2006.01)	C 1 0 J 3/00 F
B 0 1 J 3/00 (2006.01)	C 1 0 J 3/00 K
	B 0 9 B 3/00 3 0 4 Z
請求項の数 18 (全 14 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2006-96468 (P2006-96468)	(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18年3月31日(2006.3.31)	(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2007-269945 (P2007-269945A)	(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19年10月18日(2007.10.18)	(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21年3月19日(2009.3.19)	(74) 代理人	110000176 一色国際特許業務法人
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 超臨界水バイオマスガス化装置及びそれを含むシステム

(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前処理装置と、

前記前処理装置において熱水処理することにより得られた、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、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流動層反応器と、

を備え、

前記流動層反応器は、

前記流動層反応器内に前記スラリー体を下方から導入する導入口と、

前記流動層反応器において水熱処理することにより生成された生成ガス及び灰分、並びに、前記非金属系触媒及び水を上方から前記流動層反応器外に排出する排出口と、

前記スラリー体の導入により前記流動層反応器内に流動層を形成する流動媒体と、

前記導入口から導入した前記スラリー体を、前記流動層の下方で分散させる分散部と、

を備え、

前記流動媒体は、前記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おり、

前記分散部を、アルミナボールを積み重ねることにより形成することを特徴とする超臨界水によるバイオマスガス化システム。

【請求項2】

前記流動層反応器から排出された、前記生成ガス、前記灰分、前記非金属系触媒、及び

前記水を、前記生成ガスと、前記灰分、前記非金属系触媒、及び水を含む混合液とに分離する気液分離装置をさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記混合液中の前記非金属系触媒を回収する手段をさらに備えることを特徴とする請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記生成ガスの一部を利用して前記流動層反応器を加熱する加熱装置をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 5】

前記前処理装置で熱水処理する前記バイオマスをあらかじめ破碎する破碎機をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のシステム。

10

【請求項 6】

前記流動層反応器において水熱処理される前記スラリー体を前記流動層反応器に供給する手段と、

前記排出口から排出された、前記生成ガス、前記灰分、前記非金属系触媒、及び水を含む排出物の熱を利用して、前記流動層反応器に供給される前記スラリー体を予熱する熱交換器と、

をさらに含むことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 7】

前記前処理装置において熱水処理される前記バイオマスを前記前処理装置に供給する手段と、

20

前記スラリー体の熱を利用して、前記前処理装置に供給される前記バイオマスを予熱する熱交換器と、

をさらに含むことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 8】

前記前処理装置において熱水処理される前記バイオマスを前記前処理装置に供給する手段と、

前記排出口から排出された、前記生成ガス、前記灰分、前記非金属系触媒、及び水を含む排出物の熱を利用して、前記前処理装置に供給される前記バイオマスを予熱する熱交換器と、

30

をさらに含むことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 9】

前記前処理装置での熱水処理を、所定の圧力及び当該圧力における水の飽和温度の条件下で行うことを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 10】

前記流動媒体が、アルミナボールであることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 11】

前記非金属系触媒が、活性炭であることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれかに記載のシステム。

40

【請求項 12】

前記活性炭が、平均粒径  $200 \mu\text{m}$  以下の粉末であることを特徴とする請求項 11 に記載のシステム。

【請求項 13】

前記流動層反応器での水熱処理を、 $600$  の温度、及び  $2.5 \text{ MPa}$  の圧力の条件下で行うことを特徴とする請求項 1 ~ 12 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 14】

超臨界水によりバイオマスをガス化する超臨界水バイオマスガス化装置であって、前記装置内に非金属系触媒を含む前記バイオマスのスラリー体を下方から導入する導入口と、

50

前記装置内で前記スラリー体を、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り生成された生成ガス及び灰分、並びに、前記非金属系触媒及び水を上方から前記装置外に排出する排出口と、

前記スラリー体の導入により前記装置内に流動層を形成する流動媒体と、

前記導入口から導入した前記スラリー体を、前記流動層の下方で分散させる分散部と、を備え、

前記流動媒体は、前記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おり、前記分散部を、アルミナボールを積み重ねることにより形成することを特徴とする超臨界水バイオマスガス化装置。

【請求項15】

前記流動媒体が、アルミナボールであることを特徴とする請求項14に記載の装置。

【請求項16】

前記非金属系触媒が、活性炭であることを特徴とする請求項14又は15に記載の装置

【請求項17】

前記活性炭が、平均粒径200 μm以下の粉末であることを特徴とする請求項16に記載のシステム。

【請求項18】

前記水熱処理を、600 の温度、及び25 MPaの圧力の条件下で行うことを特徴とする請求項14～17のいずれかに記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超臨界水によりバイオマスをガス化する流動層反応器、及びそれを含むシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、植物又はその廃材、家畜排泄物、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、触媒を用いてウェット・バイオマス（含水性バイオマス）を超臨界水でガス化し、水素やメタン等の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1～3参照）。

【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

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【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、燃料ガスの生成効率の面で必ずしも満足できるものではなく、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できる技術の開発が求められている。

【0004】

そこで、本発明は、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可能な超臨界水ガス化技術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、超臨界水によ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

10

20

30

40

50

び0.1~4MPaの範囲内の圧力の条件下で熱水処理する前処理装置と、前記前処理装置において熱水処理することにより得られた、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、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流動層反応器と、を備え、前記流動層反応器は、前記流動層反応器内に前記スラリー体を下方から導入する導入口と、前記流動層反応器において水熱処理することにより生成された生成ガス及び灰分、並びに、前記非金属系触媒及び水を上方から前記流動層反応器外に排出する排出口と、前記スラリー体の導入により前記流動層反応器内に流動層を形成する流動媒体と、前記導入口から導入した前記スラリー体を、前記流動層の下方で分散させる分散部と、を備え、前記流動媒体は、前記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。

10

## 【0006】

上述のシステムは、前記流動層反応器から排出された、前記生成ガス、前記灰分、前記非金属系触媒、及び前記水を、前記生成ガスと、前記灰分、前記非金属系触媒、及び水を含む混合液とに分離する気液分離装置をさらに備えていてもよい。さらに、上述のシステムは、前記混合液中の前記非金属系触媒を回収する手段をさらに備えていてもよい。

## 【0007】

また、上述のシステムは、前記生成ガスの一部を利用して前記流動層反応器を加熱する加熱装置、前記前処理装置で熱水処理する前記バイオマスをあらかじめ破碎する破碎機などをさらに備えていてもよい。

## 【0008】

20

さらに、上述のシステムは、前記流動層反応器において水熱処理される前記スラリー体を前記流動層反応器に供給する手段と、前記排出口から排出された、前記生成ガス、前記灰分、前記非金属系触媒、及び水を含む排出物の熱を利用して、前記流動層反応器に供給される前記スラリー体を予熱する熱交換器と、をさらに含むこととしてもよい。また、上述のシステムは、前記前処理装置において熱水処理される前記バイオマスを前記前処理装置に供給する手段と、前記スラリー体の熱を利用して、前記前処理装置に供給される前記バイオマスを予熱する熱交換器と、をさらに含むこととしてもよい。さらに、上述のシステムは、前記前処理装置において熱水処理される前記バイオマスを前記前処理装置に供給する手段と、前記排出口から排出された、前記生成ガス、前記灰分、前記非金属系触媒、及び水を含む排出物の熱を利用して、前記前処理装置に供給される前記バイオマスを予熱する熱交換器と、をさらに含むこととしてもよい。

30

## 【0009】

なお、前記前処理装置での熱水処理は、所定の圧力及び当該圧力における水の飽和温度の条件下で行うことが好ましく、前記流動層反応器での水熱処理は、600の温度、及び25MPaの圧力の条件下で行うことが好ましい。

## 【0010】

また、本発明に係る超臨界水バイオマスガス化装置は、超臨界水によりバイオマスをガス化する装置であって、前記装置内に非金属系触媒を含む前記バイオマスのスラリー体を下方から導入する導入口と、前記装置内で前記スラリー体を、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り生成された生成ガス及び灰分、並びに、前記非金属系触媒及び水を上方から前記装置外に排出する排出口と、前記スラリー体の導入により前記装置内に流動層を形成する流動媒体と、前記導入口から導入した前記スラリー体を、前記流動層の下方で分散させる分散部と、を備え、前記流動媒体は、前記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。

40

## 【0011】

なお、前記水熱処理は、600の温度、及び25MPaの圧力の条件下で行うことが好ましい。

## 【0012】

前記流動媒体は、例えば、アルミナボールなどである。前記分散部は、例えば、アルミナボールを積み重ねることによって形成した層であってもよい。前記非金属系触媒として

50

は、例えば、活性炭などを用いることができる。前記活性炭は、粉末状であって、その平均粒径が200 μm以下であるものを用いることが好ましい。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、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可能な超臨界水ガス化技術を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、本発明の好ましい実施の形態を、図面を用いて詳細に説明する。

【0015】

== 本発明の超臨界水によるバイオマス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によるバイオマス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によ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。)100は、破碎ポンプ10、水タンク11、モノポンプ20、第一熱交換器30、第二熱交換器31、前処理装置40、スラリー供給装置50、流動層反応器60、クーラー70、減圧器71、気液分離器80、ガスタンク81、固液分離器82、バーナー90などを備える。

【0016】

前処理装置40は、バイオマスのスラリー体を形成させる装置である。この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。

【0017】

モノポンプ20は、所定の含水率に調製された、非金属系触媒、バイオマス、及び水を含む混合液を前処理装置40に移送する装置である。

【0018】

破碎ポンプ10は、前処理装置40で熱水処理される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500 μm以下、より好ましくは平均粒径が300 μm以下)に破碎しながら、モノポンプ20へ移送する装置である。破碎ポンプ10によって破碎されたバイオマスは、非金属系触媒とともにモノポンプ20に移送される。

【0019】

水タンク11は、破碎ポンプ10によって破碎されたバイオマスと非金属系触媒との混合物に混合させる水を貯水する容器である。この水タンク11から水が供給されて、破碎ポンプ10によって破碎されたバイオマスと非金属系触媒との混合物と混合することにより、所定の含水率に調製された混合液が作製される。

【0020】

流動層反応器60は、超臨界水によりバイオマスをガス化する装置である。この超臨界水によるバイオマスのガス化は、前処理装置40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22.1MPa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。このようにスラリー体を超臨界水により処理することにより、バイオマスが分解して水素ガス、メタン、エタン、エチレン等の燃料ガスが生成される。

【0021】

図2に本発明の一実施形態として説明する流動層反応器60の概略構成図を示す。図2に示すように、流動層反応器60は、装置60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、装置60内で前記スラリー体を、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)を上方から装置60外に排出する排出口220と、スラリー体の導入により装置60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

10

20

30

40

50

せる分散部 240 と、を備えている。

【0022】

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、例えば、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や、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、当該プレートの網目より大きさなどで構成されている。前記流動媒体 230 としては、超臨界状態でも粒径が壊れにくい媒体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。

【0023】

分散部 240 としては、例えば、流動層反応器などで用いられる既知の分散板であってもよいが、スラリー体の目詰まりにより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）を積み重ねることにより形成した層であることが好ましい。

10

【0024】

以上のような流動層反応器 60 により、導入口 210 から導入したスラリー体を、それに含まれる非金属系触媒を利用して超臨界水によるガス化を行い、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。本発明に係る流動層反応器 60 は、このような構成により、流動層反応器内 60 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ようになり、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超臨界水によりガス化する処理を行うことが可能となる。

20

【0025】

スラリー供給装置 50 は、前処理装置 40 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流動層反応器 60 に供給する装置である。スラリー供給装置 50 は、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。

【0026】

クーラー 70 は、流動層反応器 60 から排出される排出物を冷却する装置である。流動層反応器 60 から排出される排出物には、爆発性の燃料ガス（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 70 を本発明のシステム 100 に設けることとしている。なお、本実施の形態においては、流動層反応器 60 から排出された排出物を冷却する装置としてクーラー 70 を例に挙げて説明したが、流動層反応器 60 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ることとしてもよい。

30

【0027】

減圧器 71 は、流動層反応器 60 から排出される排出物中の生成ガスなどの圧力を減圧する装置である。これにより、生成ガスの高圧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。

40

【0028】

気液分離器 80 は、流動層反応器 60 の排出口 220 から排出された排出物を気体成分（生成ガス）と液体成分（灰分、非金属系触媒、及び水を含む混合液）とに分離する装置である。気液分離器 80 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。

【0029】

ガスタンク 81 は、気液分離器 80 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。バーナー 90 は、ガスタンク 81 に貯えられた生成ガス（燃料ガス）の一部を利用して流動層反応器 60 を加熱する装置である。なお、本実

50

施の形態においては、流動層反応器 60 を加熱する装置としてバーナー 90 を例に挙げて説明したが、流動層反応器 60 を加熱することができる装置であればどのような装置を用いることとしてもよい。

【0030】

固液分離器 82 は、気液分離器 80 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装置であってもよいし、混合液中の灰分、非金属系触媒、及び水をそれぞれ分離する装置であってもよい。図 3 に、本発明の一実施形態として説明する、混合液中の灰分、非金属系触媒、及び水をそれぞれ分離する固液分離器 82 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。

10

【0031】

図 3 に示すように、固液分離器 82 は、混合液注入部 310、水槽 320、循環ポンプ 330、供給管 340、灰受入部 350、バルブ 360、361、370 などを備える。

【0032】

混合液注入部 310 は、気液分離器 80 から灰分、活性炭、及び水を含む混合液を注入する管である。水槽 320 は、混合液注入部 310 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容器である。水槽 320 は、混合液注入部 310 から注入した混合液中の灰分を沈降させて水槽 320 から排出させる排出口 321、混合液中の活性炭を受け入れる活性炭受部 322、323、水槽 320 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 324 などを備える。

20

【0033】

灰受入部 350 は、排出口 321 から沈降した灰分を受け入れ容器である。循環ポンプ 330 は、水槽 320 中の水を循環させるポンプである。供給管 340 は、循環ポンプ 330 によって循環される水を排出口 321 を介して水槽 320 に導入する配管である。なお、循環ポンプ 330 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 321 から水槽 320 に供給される。これにより、混合液注入部 310 から注入された混合液中の灰分は、排出口 321 を通って灰受入部 350 に沈降するが、混合液注入部 310 から注入された混合液中の活性炭は、排出口 321 を通過することなく活性炭受部 322、323 に移動する。

【0034】

30

なお、本実施の形態においては、活性炭受部 322、323 には、当該受部 322、323 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 325、326 が設けられており、灰受入部 350 には、当該受入部 350 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 351 が設けられている。

【0035】

バルブ 360、361 は、水槽 320 の水を排出する弁である。気液分離器 80 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 360、361 によって水槽 320 の水を排水することにより、籠 325、326 に溜まった活性炭を回収することができる。また、バルブ 370 は、灰受入部 350 の水を排水する弁である。気液分離器 80 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 370 によって灰受入部 350 の水を排水することにより、籠 351 に溜まった灰を回収することができる。

40

【0036】

以上のような固液分離器 82 を本発明のシステム 100 に備えることにより、混合液を固体成分と液体成分とに分離するだけでなく、固体成分である灰分と非金属系触媒とを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できる。

【0037】

なお、本発明に係るシステム 100 に、気液分離器 80 によって分離された、灰分、非

50

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固液分離器 8 2 を備える場合には、分離した固体成分中の灰分と非金属系触媒とを分離する装置（例えば、篩分け装置など）を本発明に係るシステム 1 0 0 にさらに備えることとしてもよい。これにより、各反応に利用した非金属系触媒を回収して再利用することが可能となる。

【 0 0 3 8 】

第一熱交換器 3 0 は、前処理装置 4 0 によって熱水処理する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の熱を利用して、モノポンプ 2 0 から前処理装置 4 0 に供給されるバイオマス等を予熱する装置である。

【 0 0 3 9 】

第二熱交換器 3 1 は、流動層反応器 6 0 から排出される排出物の熱を利用して、スラリー供給装置 5 0 から流動層反応器 6 0 に導入する、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 4 0 】

これらのように、本発明のシステム 1 0 0 に熱交換器 3 0 , 3 1 を設けることにより、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 4 0 , 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 3 0 , 3 1 を備えたシステム 1 0 0 は、経済性に優れているといえる。

【 0 0 4 1 】

なお、本実施の形態においては、流動層反応器 6 0 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 3 1 を本発明のシステム 1 0 0 に備えることとしているが、流動層反応器 6 0 から排出される排出物の熱を利用して、モノポンプ 2 0 から前処理装置 4 0 に供給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 1 0 0 に備えることとしてもよい。

【 0 0 4 2 】

以上のように、本発明に係るシステム 1 0 0 に上述のような流動層反応器 6 0 を備えることにより、バイオマスを超臨界水によりガス化することにより得られる灰分（残渣）が流動層反応器 6 0 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可能となり、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できるようになる。

【 0 0 4 3 】

また、あらかじめバイオマスを熱水処理する前処理装置 4 0 を本発明に係るシステム 1 0 0 に備えることにより、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、流動層反応器 6 0 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できるようになる。

【 0 0 4 4 】

さらに、前処理装置 4 0 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、既存の高圧ポンプやモノポンプ等のスラリー供給装置 5 0 を用いることにより上記スラリー体を流動層反応器 6 0 に供給することができるようになり、流動層反応器 6 0 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となる。

【 0 0 4 5 】

また、本発明に係るシステム 1 0 0 により、前処理装置 4 0 での熱水処理において用いた非金属系触媒を、流動層反応器 6 0 での水熱反応においても利用することができるので、触媒の消費を削減することができるようになる。

【 0 0 4 6 】

さらに、本発明に係るシステム 1 0 0 に、クーラー 7 0 、減圧器 7 1 、気液分離器 8 0 などを備えることにより、流動層反応器 6 0 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。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 4 7 】

また、本発明に係るシステム 1 0 0 にバイオマスを破碎する装置（破碎ポンプ 1 0 ）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。

## 【 0 0 4 8 】

さらに、本発明に係るシステム 1 0 0 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で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。

## 【 0 0 4 9 】

なお、本実施の形態においては、非金属系触媒とバイオマスとを最初から混合した混合物を破碎ポンプ 1 0 によって処理し、モノポンプ 2 0 により前処理装置 4 0 に供給することとしているが、非金属系触媒はバイオマスとは別に前処理装置 4 0 に供給することとしてもよいが、破碎ポンプ 1 0 で処理した後から前処理装置 4 0 で処理する前の間において、バイオマスと混合して前処理装置 4 0 に供給することとしてもよい。

10

## 【 0 0 5 0 】

また、本実施の形態においては、前処理装置 4 0 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、スラリー供給装置 5 0 を用いて流動層反応器 6 0 に直接供給することとしているが、流動層反応器 6 0 に供給する前に前記スラリー体を加熱装置（例えば、ヒーター等）によって予熱することとしてもよい。

## 【 0 0 5 1 】

= = 超臨界水によるバイオマスガス化方法 = =

次に、本実施の一形態として、バイオマスから燃料ガスを生成する方法について説明する。

20

## 【 0 0 5 2 】

まず、バイオマスと非金属系触媒とを混合した混合物中のバイオマスは、破碎ポンプ 1 0 により破碎されながら、非金属系触媒とともにモノポンプ 2 0 に移送される。破碎ポンプ 1 0 により破碎されたバイオマスと非金属系触媒との混合物は、モノポンプ 2 0 に移送される際に、水タンク 1 1 から供給される水と混合し、バイオマスの超臨界水によるガス化の効率を高めることができる所定の含水率（好ましくは 7 0 ~ 9 5 w t % ）に調製される。

30

## 【 0 0 5 3 】

所定の含水率に調製された、非金属系触媒、バイオマス、及び水を含む混合液は、モノポンプ 2 0 により第一熱交換器 3 0 を通って前処理装置 4 0 に移送される。前処理装置 4 0 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。

## 【 0 0 5 4 】

なお、熱水処理の条件としては、1 0 0 ~ 2 5 0 の範囲内の温度であって、0 . 1 ~ 4 M P a 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効率の観点から、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、1 7 9 . 8 の温度及び 1 . 0 M P a の圧力下であることが特に好ましい。ここで、熱水処理を 1 0 0 ~ 2 5 0 の範囲内の温度で行うこととしたのは、1 0 0 未満ではバイオマスの分解反応率が低く、2 5 0 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 ~ 4 M P a の範囲内の圧力で行うこととしたのは、0 . 1 M P a 未満ではバイオマスの分解反応率が低く、4 M P a 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。

40

## 【 0 0 5 5 】

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。

## 【 0 0 5 6 】

50

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30でモノポンプ20から前処理装置40に供給される混合液に熱を提供し、スラリー供給装置50に供給される。スラリー供給装置50に供給された、非金属系触媒を含むバイオマスのスラリー体は、スラリー供給装置50により第二熱交換器31を通して流動層反応器60に移送される。

【0057】

流動層反応器60に移送されたバイオマスのスラリー体は、流動層反応器60の導入口210から導入され、バイオマスとともに移送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、22.1MPa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

10

【0058】

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

20

【0059】

流動層反応器60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及び灰分、並びに、非金属系触媒及び水（超臨界水）は、流動層反応器60の排出口220から排出される。これらの排出物は、第二熱交換器31において、スラリー供給装置50から流動層反応器60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

30

【0060】

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100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200µm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100内の機器、配管等の目詰まりを防止することができる。なお、本実施の形態において用いられる非金属系触媒は、乾燥状態のバイオマスとの質量比（非金属系触媒：バイオマス）で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。

40

【0061】

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40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

50

マスに含まれる砂等の異物を取り除くこととしてもよい。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。

【実施例】

【0062】

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。

【0063】

[実施例1]

含水率90%のジャガイモペースト100質量部に、粒径100 $\mu$ mの活性炭を30質量部、又は60質量部加えて攪拌混合し、高圧ポンプにより流動層反応器に圧入し、500, 25MPaの条件下で1時間、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、二酸化炭素に換算してガス化率が20%以下であるのに対し、活性炭を30質量部添加した場合には、ガス化率が30%と上昇することが明らかになった。また、活性炭を60質量部と増量させた場合には、ガス化率が60%とさらに上昇することが明らかになった。

10

【0064】

[実施例2]

次に、水80質量部、セルロース粉末20質量部、及び平均粒径100 $\mu$ mの活性炭20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167mlのオートクレーブにスラリー40mlを注入し、圧力25MPaで攪拌しながら400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10%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30%と上昇することが明らかになった。

20

【0065】

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とともに、増量添加によってさらに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。また、活性炭を含むバイオマスのスラリー体を流動層反応器に供給しても、スラリー体に含まれる活性炭が触媒として作用し、バイオマスのガス化を効率よく行うことができることが示された。

30

【0066】

[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60(12.3mm $\times$ 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60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 $\mu$ m、あるいは、平均粒径が250~300 $\mu$ m)を水に混合した混合液を、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。

40

【0067】

その結果、平均粒径が180~250 $\mu$ mのアルミナ粒子を流動層反応器60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 $\mu$ m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60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 $\mu$ m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。

50

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1】本発明の一実施形態として説明する超臨界水によるバイオマスガス化システムの概略構成を示す図である。

【図2】本発明の一実施形態として説明する流動層反応器の概略構成を示す図である。

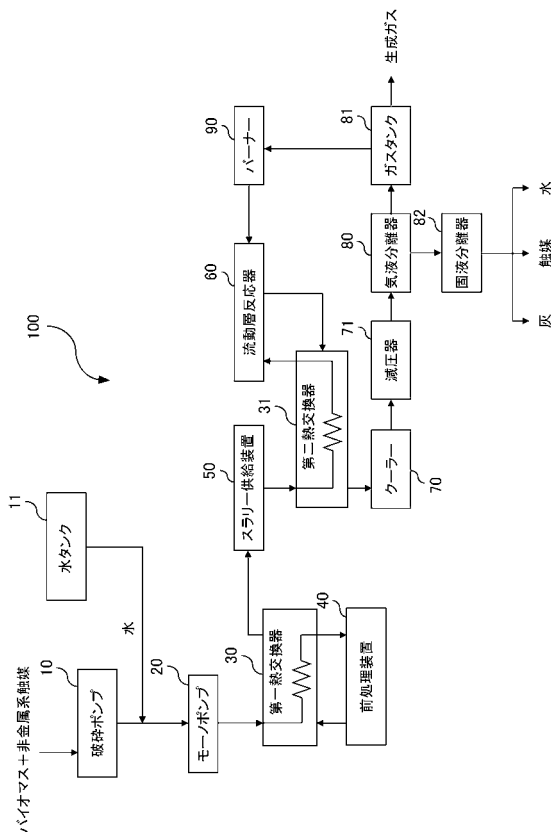
【図3】本発明の一実施形態として説明する固液分離器の概略構成を示す図である。

【符号の説明】

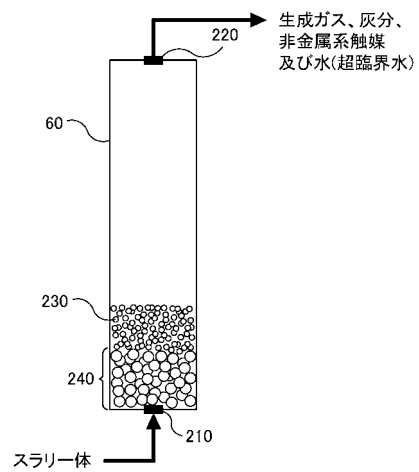
【0069】

- |     |                     |    |        |
|-----|---------------------|----|--------|
| 10  | 破碎ポンプ               | 11 | 水タンク   |
| 20  | モノポンプ               | 30 | 第一熱交換器 |
| 31  | 第二熱交換器              | 40 | 前処理装置  |
| 50  | スラリー供給装置            | 60 | 流動層反応器 |
| 70  | クーラー                | 71 | 減圧器    |
| 80  | 気液分離器               | 81 | ガスタンク  |
| 82  | 固液分離器               | 90 | バーナー   |
| 100 | 超臨界水によるバイオマスガス化システム |    |        |

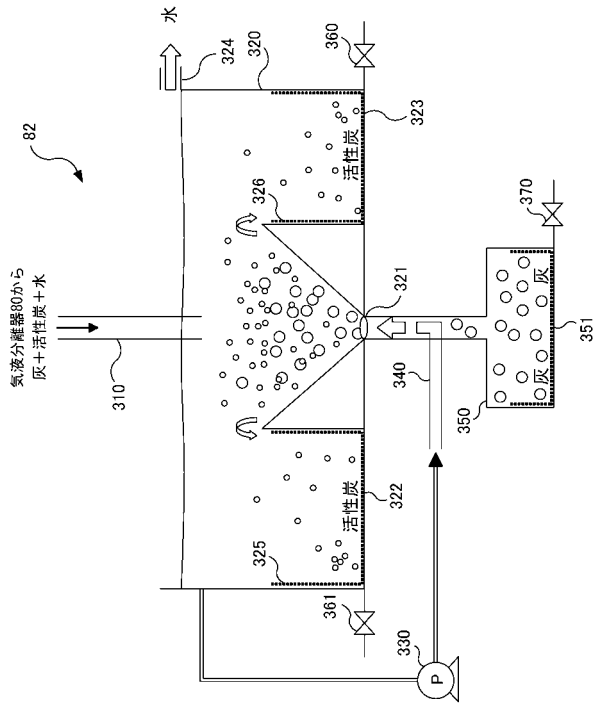
【図1】



【図2】



【 図 3 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
 C 0 2 F 11/08  
 B 0 1 J 3/00 A

- (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 三浦 健  
 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 森 健一

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

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
 C 1 0 J 3 / 0 0