

(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
2013 年 11 月 21 日(21.11.2013)



(10) 国際公開番号

WO 2013/172301 A1

- (51) 国際特許分類:
C10J 3/12 (2006.01) C10J 3/00 (2006.01)
B09B 3/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/063288
- (22) 国際出願日: 2013 年 5 月 13 日(13.05.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-114116 2012 年 5 月 18 日(18.05.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社ジャパンプルーエナジー(JAPAN BLUE ENERGY CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1020094 東京都千代田区紀尾井町 3 番 2 0 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 堂脇 直城(DOWAKI Naoki); 〒1020094 東京都千代田区紀尾井町 3 番 2 0 号 株式会社ジャパンプルーエナジー内 Tokyo (JP). 堂脇 清志(DOWAKI Kiyoshi); 〒2788510 千葉県野田市山崎 2 6 4 1 番地 学校法人東京理科大学内 Chiba (JP). 武田 康家(TAKEDA Yasuie); 〒1020094 東京都千代田区紀尾井町 3 番 2 0 号 株式会社

ジャパンプルーエナジー内 Tokyo (JP). 池田 浩(IKEDA Hiroshi); 〒1020094 東京都千代田区紀尾井町 3 番 2 0 号 株式会社ジャパンプルーエナジー内 Tokyo (JP). 須田 康輔(SUDA Kousuke); 〒1020094 東京都千代田区紀尾井町 3 番 2 0 号 株式会社ジャパンプルーエナジー内 Tokyo (JP). 加賀屋 文枝(KAGAYA Fumie); 〒1020094 東京都千代田区紀尾井町 3 番 2 0 号 株式会社ジャパンプルーエナジー内 Tokyo (JP). 上内 恒(KA-MIUCHI Hisashi); 〒1020094 東京都千代田区紀尾井町 3 番 2 0 号 株式会社ジャパンプルーエナジー内 Tokyo (JP). 亀山 光男(KAMEYAMA Mitsuo); 〒1020094 東京都千代田区紀尾井町 3 番 2 0 号 株式会社ジャパンプルーエナジー内 Tokyo (JP).

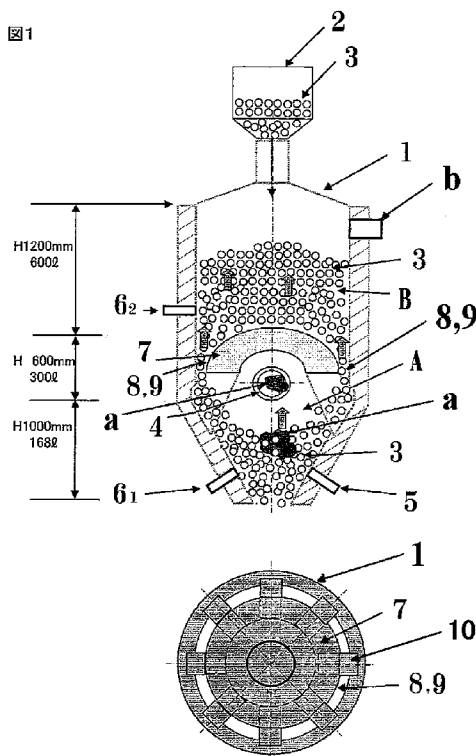
(74) 代理人: 平山 精孝(HIRAYAMA Kiyotaka); 〒1010021 東京都千代田区外神田 5-6-1 4 秋葉原KDビル 4 階 リュウドルフィア特許事務所 Tokyo (JP).

(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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,

[続葉有]

(54) Title: BIOMASS GASIFIER DEVICE

(54) 発明の名称: バイオマスガス化装置



(57) Abstract: The present invention provides a device which makes it possible not only to significantly decrease the hassle caused by tar and the like generated by pyrolyzing biomass and to maximize the rate of gasification of the tar generated, but also to produce hydrogen-containing gas from biomass at high thermal efficiency and low cost. A gasifier device, provided with: a biomass pyrolysis zone for heating biomass in a non-oxidizing gas atmosphere; and a gas reforming zone for heating, in the presence of steam, pyrolyzed gas thus generated; a plurality of heated granules and/or lumps being moved from the gas reforming zone to the biomass pyrolysis zone to reform pyrolyzed biomass gas and to pyrolyze biomass using the heat possessed by the plurality of granules and/or lumps. The gasifier device is characterized in that the biomass pyrolysis zone and the gas reforming zone are provided in a single vessel, and at least one partitioning plate is provided between the biomass pyrolysis zone and the gas reforming zone.

(57) 要約: 本発明は、バイオマスの熱分解により発生するタール等によるトラブルを著しく軽減し得ると共に、発生したタールのガス化率を最大化し得るばかりではなく、高熱効率及び低コストで、バイオマスから水素含有ガスを製造し得る装置を提供する。バイオマスを、非酸化性ガス雰囲気下において加熱するバイオマス熱分解ゾーンと、発生した熱分解ガスをスチームの存在下に加熱するガス改質ゾーンとを備え、かつ、加熱された複数の粒状物及び又は塊状物を、ガス改質ゾーンからバイオマス熱分解ゾーンへと移動させて、複数の粒状物及び又は塊状物の持つ熱により、バイオマス熱分解ガスの改質及びバイオマス熱分解を実行するガス化装置において、バイオマス熱分解ゾーンとガス改質ゾーンとが一の容器中に備えられており、かつ、バイオマス熱分解ゾーンとガス改質ゾーンとの間に、少なくとも 1 枚の仕切板を備えていることを特徴とするガス化装置。



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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： バイオマスのガス化装置

技術分野

[0001] 本発明は、バイオマスのガス化装置に関し、更に詳しくは、バイオマスを熱分解するバイオマス熱分解ゾーンと、上記バイオマス熱分解ゾーンにおいて発生したガスをスチームと混合して改質するガス改質ゾーンとを備えるガス化装置に関する。

背景技術

[0002] 2011年3月11日に発生した東日本大震災に端を発し、その後、安全性等の観点から多数の原子力発電設備の操業が停止している。それに伴って、電力供給不足が懸念されており、原子力発電の代替として、太陽光発電、風力発電、地熱発電、水力発電、潮力発電、バイオマス発電等の再生可能エネルギーによる発電設備が注目されつつある。これらのうち、太陽光発電、風力発電及び潮力発電は、一時的な電力供給源として期待されてはいるものの、発電量が安定しないことから、安定した電力供給設備としては期待できない。また、水力発電及び潮力発電は、小規模設備であればある程度の需要が見込まれるが、大規模設備を建設するためには設置場所が限定されるという問題がある。

[0003] 一方、東日本大震災の影響による家屋の倒壊、森林崩壊等により、建設系木質廃材、森林の倒木、不要林地残材、間伐材等の木質系バイオマスが大量に発生している。これらの木質系バイオマスを有効利用するために、木質系バイオマス発電設備への期待が高まっている。加えて、該発電設備において木質系バイオマス以外のバイオマスに対する利用拡大が期待されている。

[0004] 木質系バイオマス発電設備には、直接燃焼発電方式とガス化発電方式とがある。直接燃焼発電方式は、バイオマスを燃焼し、その燃焼熱を利用してスチームを発生させてスチームタービンで発電する方式である。この方式では、バイオマスを大量に処理することは可能であるが、発電効率が低いという問

題がある。ガス化発電方式は、バイオマスを熱分解し、必要に応じて、更に、熱改質又はスチーム改質を実施して高熱量ガスを製造する方式である。該方式によれば、効率が高く、直接燃焼発電方式に比べてバイオマス量を低く抑えることができる。しかし、該方式においては、バイオマスを均一に熱分解することが必要であり、かつ、熱分解時に発生するタールによる装置トラブルが生ずるという問題があった。

[0005] 上記のガス化発電方式における問題を解決するために、例えば、豎型のガス化炉の上部からバイオマスを供給してバイオマスの充填移動層を該ガス化炉内に形成し、該ガス化炉の下部からガス化剤を供給し、充填移動層を降下するバイオマスを、上昇するガス化剤と向流接触させ熱分解させて生成ガスを得るガス化炉を備えるバイオマスガス化装置において、バイオマスを分級して所定粒径以下のバイオマスの細粒物の重量比率が所定値以下である粒度分布調整バイオマスを得る振動篩と、振動篩からの粒度分布調整バイオマスをガス化炉に供給するバイオマス供給装置を有するバイオマスのガス化装置が提案されている（特許文献1）。該ガス化装置によれば、充填移動層内の均一な高温ガスの上昇流を形成でき、かつ充填移動層での圧力損失を低くすることができ、安定したガス化を維持することができる。しかし、供給されたバイオマスが均一に熱分解されるという証拠はない。また、上記のような粒度分布調整バイオマスを得る必要があり、そのための装置を設けなければならず、コスト高に繋がる。

[0006] 熱分解ガスからタールを除去する装置として、例えば、バイオマスから生成される燃料ガスの流通経路に、該燃料ガスを流通させる多孔状に形成され、且つ加熱されて1100℃以上の熱を蓄積する蓄熱体を設けたバイオマスガス化システムの燃料ガス改質装置が提案されている（特許文献2）。該装置は、燃料ガスが上記の蓄熱体を通過する際に、タールを燃焼させて除去するものである。しかし、該設備は複雑であるばかりではなく、運転操作も煩雑となる。また、タールを燃焼させる際に、燃料ガスの一部も燃焼して損失してしまうことが懸念される。熱分解ガスからタールを除去する他の装置とし

て、例えば、バイオマス原料を熱分解処理して得た熱分解ガスからタールを除去する装置であって、上記熱分解ガスの流れ方向上流から下流に順次、該熱分解ガスを圧縮処理する圧縮装置と、圧縮処理後の該熱分解ガスを冷却処理する冷却装置を設けた、バイオマス熱分解ガス中のタール除去装置が提案されている（特許文献3）。該装置によれば、タールの主成分である、例えば、フルフラール、オルト-メトキシフェノール、フェノール等を効果的に除去することができる。しかし、圧縮及び冷却を必要とすることから、それに要する設備コスト、運転コストが必要であるという欠点がある。また、その他の装置として、例えば、下水汚泥や木質バイオマスなどのバイオマスの熱分解ガス化システムであって、熱分解ガス化炉と、該熱分解ガス化炉の下流側に設けられる燃焼炉と、前記熱分解ガス化炉と前記燃焼炉との間に設けられる配管とを備え、前記配管に接続され、不活性ガス及び酸素の混合ガスとされる酸化剤を前記配管に供給するための酸化剤供給口と、前記酸化剤の酸素濃度を5体積%以上13体積%以下に調整するための酸化剤調整部と、前記配管の内壁を加熱するための加熱部と、前記配管の内側を通過するガスの温度を計測するガス温度検出部と、前記ガス温度を制御するためのガス温度制御部とを備える熱分解ガス化システムが提案されている（特許文献4）。該熱分解ガス化システムにおいては、熱分解ガス化炉と燃焼炉との間に設けられる配管の内壁に付着した熱分解付着物、例えば、タールを燃焼させて除去するものである。該システムは、バイオマス由来の熱分解付着物を短時間で安全に除去することを目的とするが、燃焼処理する故、バイオマスの熱分解により発生するタールの有効利用を図ることはできない。

[0007] バイオマスの熱分解により発生するタールの有効利用を図る装置としては、例えば、木質バイオマスガスの改質システムであって、熱分解炉と改質反応器とエンジンとを有しており、該熱分解炉は、投入された木質バイオマスを熱分解し、該改質反応器は、上部から、該熱分解炉の熱分解で得られた炭化物粒が供給されると共に、下部から、該熱分解炉の熱分解で得られた生成ガスが供給され、もって、該生成ガス中に含有されたタール蒸気が、水素、メ

タン、一酸化炭素等に改質され、該エンジンは、該生成ガスの改質ガスを燃料として使用する、木質バイオマスガスの改質システムが提案されている（特許文献５）。該システムによれば、熱分解残渣である炭化物粒（チャー）を有効利用しつつ、タールを水蒸気改質して、水素、メタン、一酸化炭素等を製造することから、ガス化効率の更なる向上を期待できる。しかし、該システムでは、熱分解炉に加えて改質反応器が必要である。また、改質反応器への炭化物粒（チャー）の供給設備、熱分解ガスの循環設備、酸素又は空気及び水の供給装置が必要となる。タールの有効利用を図る他の装置として、例えば、木質系バイオマス、都市ゴミ等の廃棄物系バイオマス及びこれらの混合バイオマス等のバイオマス燃料を熱分解して炭化しさらにガス化するバイオマス炭化・ガス化システムにおいて、前記バイオマス燃料を加熱して炭化物を生成する炭化装置と、この炭化物をガス化する高温ガス化部及び炭化物生成時に揮発したタールを含む可燃性熱分解ガスの改質を行うガス改質部からなる２段式のガス化炉と、前記炭化物を前記ガス化炉の高温ガス化部に供給する炭化物供給手段と、前記炭化装置で生成された可燃性熱分解ガスを前記ガス化炉のガス改質部に送り込むための熱分解ガス流路と、通常時は前記高温ガス化部にガス化剤を供給すると共に前記ガス化炉の出口温度が一定温度以下になる場合又はそのおそれがある場合には前記ガス改質部に酸素を含んだガス化剤を供給するガス化剤供給手段を備える、バイオマス炭化・ガスシステムが提案されている（特許文献６）。該システムによれば、タール発生量が低減し、また、シフト反応による改質により高熱量ガスが得られる可能性がある。また、熱分解及び熱分解ガスの改質、並びに、タールの分解を連続的に実施することが可能であり、効率的なシステムであると考えられる。しかし、バイオマスを事前に炭化する必要があるため、また、酸化剤として空気を吹き込む必要があることから、ガス化効率が低下するという問題があった。

[0008] 木質系バイオマス等の有機物質のガス化方法として、熱担持媒体（ヒートキャリア）を使用する方法が開示されている。例えば、有機物質および物質混

合物から高い発熱量を有する生成物ガスを製造する方法であり、循環する熱担持媒体が、加熱帯域、反応帯域、熱分解帯域および分離工程を通過し、引き続き加熱帯域に戻り、その際、有機物質または物質混合物を熱分解帯域中で加熱した熱担持媒体と接触することにより固体の炭素含有残留物および揮発性相として熱分解ガスに分離し、熱分解帯域を通過後、固体の炭素含有残留物を分離工程で熱担持媒体から分離し、熱分解ガスを反応媒体としての水蒸気と混合し、反応帯域中で加熱した熱担持媒体に含まれる熱の一部を交換することにより高い発熱量を有する生成物ガスが生じるように更に加熱する、有機物質および物質混合物から高い発熱量を有する生成物ガスを製造する方法において、水蒸気を熱分解帯域で熱分解ガスと混合し、全部の固体の炭素含有残留物を別の燃焼装置に供給し、ここで燃焼し、この燃焼装置の熱い排ガスを、加熱帯域に存在する熱担持媒体の堆積を通過させ、その際、大部分の顕熱を熱担持媒体に与える、有機物質および物質混合物から高い発熱量を有する生成物ガスを製造する方法が提案されている（特許文献7）。該方法においては、熱分解反応器を出た直後に熱分解コークス及び熱担持媒体からなる混合物を分離し、得た熱分解コークスを燃焼装置で燃焼して、これにより発生した顕熱を利用して、加熱帯域内で熱担持媒体を加熱するものであり、これにより、低いコストで発熱量の高い生成物ガスを得ようとするものである。また、熱分解帯域を備える熱分解器と、反応帯域を備えるガス改質器とを別個独立して備えることを基本としており、それにより、直列接続型と並列接続型のいずれも構成し得ることを特徴としているものである。また、加熱帯域の予熱器における熱担持媒体（ヒートキャリア）の加熱効率を維持して、生成ガスの品質の安定化を図ることを目的として、上記方法における予熱器を工夫したシステムが提案されている（特許文献8）。しかし、これらの熱担持媒体（ヒートキャリア）を使用した方法及びシステムにおいても、熱分解時に発生するタールによるトラブルを十分には回避することができなかった。

先行技術文献

特許文献

- [0009] 特許文献1：特開 2 0 1 1－2 3 1 1 9 3 号公報
特許文献2：特開 2 0 0 5－6 0 5 3 3 号公報
特許文献3：特開 2 0 0 8－3 7 9 0 2 号公報
特許文献4：特開 2 0 1 1－6 8 8 5 9 号公報
特許文献5：特開 2 0 1 0－1 2 6 5 9 5 号公報
特許文献6：特開 2 0 1 1－6 8 8 9 3 号公報
特許文献7：特許 4 2 6 4 5 2 5 号公報
特許文献8：特開 2 0 1 1－1 4 4 3 2 9 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0010] 本発明は、バイオマスの熱分解により発生するタール及び煤塵等によるトラブルを著しく軽減し得ると共に、発生したタールのガス化率を最大化し得るばかりではなく、高熱効率及び低コストで、バイオマスから水素含有ガスを製造し得る装置を提供するものである。

課題を解決するための手段

- [0011] 熱担持媒体（ヒートキャリア）の持つ熱を利用して、バイオマスを熱分解し、かつ、発生したガスを改質する、従来の方法においては、バイオマスがヒートキャリア層に包み込まれて加熱されることから、バイオマスを比較的均一に熱分解することはできるが、熱分解時に発生したタール及び煤塵等による作業上のトラブルを回避することができなかった。従来の方法では、ヒートキャリアが予め所定温度に加熱されて熱分解ガス改質器に導入され、ここで、該ヒートキャリアが、バイオマス熱分解器から導入された熱分解ガス、及びスチームと接触されて、熱分解ガスはスチーム改質されて製品として取り出される。一方、ヒートキャリアは、配管内を通過して下降し、バイオマス熱分解器に導入されてバイオマスの熱分解を生じさせる。バイオマスの熱分解により発生したガスは、配管内を上昇して熱分解ガス改質器に導入される

が、該熱分解ガスはタール及び煤塵等を含有していることから、これらタール及び煤塵等が熱分解ガス改質器への導入配管の内壁及びバルブ等に付着し、時には、該熱分解ガスと向流接触するヒートキャリアをも固着させて配管内に詰まらせてしまうと言う問題を引き起こした。該問題を解決するために、導入配管の直径を大きくすることが考えられる。しかし、該手段では、単に閉塞に至るまでの時間を延長することはできても、本質的な解決手段にはなり得なかった。また、ヒートキャリアの配管内での閉塞問題を解決するために、熱分解ガスが上昇する配管とヒートキャリアが下降する配管とを別々にする手段が考えられるが、この手段によっても、熱分解ガスが上昇する配管内壁及びバルブ等へのタール及び煤塵等の付着による閉塞トラブル等を回避できなかった。加えて、このように別々の配管を設置する方法では、装置及び操作が著しく複雑になってしまう。

[0012] 本発明者らは、タール及び煤塵等が熱分解ガス改質器への導入配管の内壁及びバルブ等に付着し、時には、該熱分解ガスと向流接触するヒートキャリアをも固着させて詰まらせてしまうと言う問題を解決するために、これら導入配管及びバルブ等を取り除いて、一つの容器中にバイオマス熱分解ゾーンと熱分解ガス改質ゾーンとを設けることができないかと考えた。しかし、一つの容器の下部にバイオマス熱分解ゾーンを設け、上部に熱分解ガス改質ゾーンを設けて、かつ、下部を熱分解温度である、例えば、550℃に設定し、一方、上部をガス改質温度である、例えば、950℃に設定しようとする、該容器内部で熱風が自然対流を起こして、容器内部の温度が均一化してしまうと言う問題が生じた。従って、一つの容器中にバイオマス熱分解ゾーンと熱分解ガス改質ゾーンとを設けることは困難であった。これを解決するために、本発明者らは、容器内部にヒートキャリアを充填することに思い至った。即ち、容器内部をヒートキャリアで充填すれば、容器内部での熱風の自然対流を抑制することができる。しかし、このようにヒートキャリアを充填したのでは、バイオマスを、容器下部のバイオマス熱分解ゾーンに導入することが容易ではない。一方、容器上部に導入したのでは、バイオマスが熱分

解されるのみで発生したガスが改質されず、該装置の本来の目的を達成し得ない。

[0013] そこで、本発明者らは、これらの問題を解決すべく、更に検討を加えた。その結果、容器内部のヒートキャリアの流路に仕切板を設置すれば、ヒートキャリアを容器の上部と下部に適切に分配及び充填することができて、そして、それによって、容器内部での熱風の自然対流を抑制し得ると共に、ヒートキャリアの持つ熱量と放熱量とのバランスを取ることができて、一つの容器中にバイオマス熱分解ゾーンと熱分解ガス改質ゾーンとを設けることができるばかりではなく、仕切板の存在によりバイオマス熱分解ゾーンの上部に空間を設けることができて、この空間から、バイオマスを効果的にバイオマス熱分解ゾーンに導入することができることに成功し、本発明を完成するに至った。

[0014] 即ち、本発明は、

(1) バイオマスを、非酸化性ガス雰囲気下又は非酸化性ガスとスチームとの混合ガス雰囲気下において加熱するバイオマス熱分解ゾーンと、上記バイオマス熱分解ゾーンにおいて発生したガスを、スチームの存在下に加熱するガス改質ゾーンとを備え、かつ、予め加熱された複数の粒状物及び／又は塊状物を、上記ガス改質ゾーンから上記バイオマス熱分解ゾーンへと順次移動せしめて、上記複数の粒状物及び／又は塊状物の持つ熱により、バイオマスの熱分解により発生したガスの改質及びバイオマスの熱分解を実行するガス化装置において、上記バイオマス熱分解ゾーンと上記ガス改質ゾーンとが、上記ガス改質ゾーンが上記バイオマス熱分解ゾーンの上方になるように一の容器中に備えられており、かつ、上記バイオマス熱分解ゾーンと上記ガス改質ゾーンとの間に、少なくとも1枚の仕切板を備えていることを特徴とするガス化装置である。

[0015] 好ましい態様として、

(2) 上記バイオマス熱分解ゾーンと上記ガス改質ゾーンとの間に、1又は2枚の仕切板を備える、上記(1)記載のガス化装置、

(3) 上記バイオマス熱分解ゾーンに、少なくとも1枚の仕切板を備える、上記(1)又は(2)記載のガス化装置、

(4) 上記バイオマス熱分解ゾーンに、1～5枚の仕切板を備える、上記(1)又は(2)記載のガス化装置、

(5) 上記バイオマス熱分解ゾーンに、1又は2枚の仕切板を備える、上記(1)又は(2)記載のガス化装置、

(6) 上記仕切板が、仕切板内に開口部を備えており、及び／又は、仕切板と容器内壁との間に間隙を備えており、上記複数の粒状物及び／又は塊状物が、その開口部及び／又は間隙を通過して、上記ガス改質ゾーンから上記バイオマス熱分解ゾーンへと順次移動する、上記(1)～(5)のいずれか一つに記載のガス化装置、

(7) 上記仕切板が、仕切板内に開口部を備えており、上記複数の粒状物及び／又は塊状物が、その開口部を通過して、上記ガス改質ゾーンから上記バイオマス熱分解ゾーンへと順次移動する、上記(1)～(5)のいずれか一つに記載のガス化装置、

(8) バイオマス供給口を、上記バイオマス熱分解ゾーンの上方に少なくとも1個備える、上記(1)～(7)のいずれか一つに記載のガス化装置、

(9) バイオマス供給口を、上記バイオマス熱分解ゾーンの上方に1～5個備える、上記(1)～(7)のいずれか一つに記載のガス化装置、

(10) バイオマス供給口を、上記バイオマス熱分解ゾーンの上方に1～3個備える、上記(1)～(7)のいずれか一つに記載のガス化装置、

(11) バイオマス供給口を、上記バイオマス熱分解ゾーンの上方に1～2個備える、上記(1)～(7)のいずれか一つに記載のガス化装置、

(12) 上記複数の粒状物及び／又は塊状物の移動方向を制御するフローガイドを、上記バイオマス熱分解ゾーン中に、上記仕切板の、上記複数の粒状物及び／又は塊状物の出口近傍から、上記複数の粒状物及び／又は塊状物の移動方向に沿って千鳥状に複数段備え、かつ、上記バイオマスを、上記フローガイド近傍を移動する上記複数の粒状物及び／又は塊状物に供給して熱分

解を実行する、上記（１）～（１１）のいずれか一つに記載のガス化装置、
（１３）上記複数の粒状物及び／又は塊状物の移動方向を制御するフローガイドを、上記バイオマス熱分解ゾーン中に、上記仕切板の、上記複数の粒状物及び／又は塊状物の出口近傍から、上記複数の粒状物及び／又は塊状物の移動方向に沿って千鳥状に２～５段備え、かつ、上記バイオマスを、上記フローガイド近傍を移動する上記複数の粒状物及び／又は塊状物に供給して熱分解を実行する、上記（１）～（１１）のいずれか一つに記載のガス化装置、

（１４）上記複数の粒状物及び／又は塊状物の移動方向を制御するフローガイドを、上記バイオマス熱分解ゾーン中に、上記仕切板の、上記複数の粒状物及び／又は塊状物の出口近傍から、上記複数の粒状物及び／又は塊状物の移動方向に沿って千鳥状に２～３段備え、かつ、上記バイオマスを、上記フローガイド近傍を移動する上記複数の粒状物及び／又は塊状物に供給して熱分解を実行する、上記（１）～（１１）のいずれか一つに記載のガス化装置、

（１５）上記バイオマスを、上記フローガイドの最上段近傍を移動する上記複数の粒状物及び／又は塊状物に供給して熱分解を実行する、上記（１２）～（１４）のいずれか一つに記載のガス化装置、

（１６）スチーム吹込み口を、上記バイオマス熱分解ゾーン、上記ガス改質ゾーン、及び、上記ガス改質ゾーンと上記バイオマス熱分解ゾーンとの間より成る群から選ばれる一つ以上の位置に備える、上記（１）～（１５）のいずれか一つに記載のガス化装置、

（１７）スチーム吹込み口を、上記バイオマス熱分解ゾーン及び／又は上記ガス改質ゾーンに備える、上記（１）～（１５）のいずれか一つに記載のガス化装置、

（１８）スチーム吹込み口を、上記バイオマス熱分解ゾーンに備える、上記（１）～（１５）のいずれか一つに記載のガス化装置、

（１９）スチーム吹込み口を２～４個備える、上記（１６）～（１８）のい

ずれか一つに記載のガス化装置、

(20) 複数の粒状物及び／又は塊状物を予め加熱するための予熱器を、ガス改質ゾーンとバイオマス熱分解ゾーンとを備える上記容器の上記ガス改質ゾーンの上部に更に備える、上記(1)～(19)のいずれか一つに記載のガス化装置、

(21) 上記の複数の粒状物及び／又は塊状物の排出口を、ガス改質ゾーンとバイオマス熱分解ゾーンとを備える上記容器の上記バイオマス熱分解ゾーンの下方に備える、上記(1)～(20)のいずれか一つに記載のガス化装置、

(22) 上記の粒状物及び／又は塊状物が、金属ボール及びセラミックボールより成る群から選ばれる、上記(1)～(21)のいずれか一つに記載のガス化装置、

(23) 金属ボールが、ステンレス鋼製である、上記(22)に記載のガス化装置、

(24) セラミックボールが、アルミナ、シリカ、シリコンカーバイド、タングステンカーバイド、ジルコニア及び窒化ケイ素のより成る群から選ばれる一以上の材質から成る、上記(22)に記載のガス化装置、

(25) 上記バイオマス熱分解ゾーンにおける気相温度が400～700℃である、上記(1)～(24)のいずれか一つに記載のガス化装置、

(26) 上記バイオマス熱分解ゾーンにおける気相温度が500～700℃である、上記(1)～(24)のいずれか一つに記載のガス化装置、

(27) 上記バイオマス熱分解ゾーンにおける気相温度が550～650℃である、上記(1)～(24)のいずれか一つに記載のガス化装置、

(28) 上記ガス改質ゾーンにおける気相温度が700～1,000℃である、上記(1)～(27)のいずれか一つに記載のガス化装置、

(29) 上記ガス改質ゾーンにおける気相温度が850～950℃である、上記(1)～(27)のいずれか一つに記載のガス化装置、

(30) 上記ガス改質ゾーンにおける気相温度が880～930℃である、

上記（１）～（２７）のいずれか一つに記載のガス化装置、

（３１）上記バイオマスが、植物系バイオマス、生物系バイオマス、生活雑排出物及び食品廃棄物より成る群から選ばれるバイオマス資源である、上記

（１）～（３０）のいずれか一つに記載のガス化装置

を挙げることができる。

発明の効果

[0016] 本発明の装置においては、熱分解ゾーンで発生した熱分解ガスが、ガス改質ゾーンへと移動する際に、配管内部を通過しない。従って、熱分解ガスが同伴するタール及び煤塵等が、配管内壁及びバルブ等に付着して生ずる閉塞トラブルを発生することがなく、また、配管内部にヒートキャリアが固着して生ずる閉塞トラブルを発生することもない。従って、長期的に安定した連続操業が可能となる。加えて、熱分解ガスが、ヒートキャリア層の内部を通過して上昇することから、熱分解ガスに同伴されるタール及び煤塵等がヒートキャリアの表面に効果的に付着して、ヒートキャリアの熱で分解され得る。故に、ガス化効率が上昇する。また、分解されずに残ったタール及び煤塵等は、ヒートキャリアと共に容器下部から排出される故、全体的なトラブル低減に寄与し得る。加えて、熱分解ゾーンとガス改質ゾーンとの間においてヒートキャリアが配管内部を通過することがないので、ヒートキャリアの熱損失が著しく低減されて熱効率が改善される。更には、装置全体をコンパクト化することができるばかりではなく、装置材料の使用量を削減することができ、コスト低下を達成し得る。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]図１は、バイオマス熱分解ゾーンとガス改質ゾーンとを一の容器中に備える本発明の装置の一実施態様を示した概略図である。

[図2]図２は、バイオマス熱分解ゾーンとガス改質ゾーンとを一の容器中に備える本発明の装置の一実施態様を示した概略図である。

[図3]図３は、バイオマス熱分解ゾーンとガス改質ゾーンとを一の容器中に備える本発明の装置の一実施態様を示した概略図である。

[図4]図4は、バイオマス熱分解ゾーンとガス改質ゾーンとを一の容器中に備える本発明の装置の一実施態様を示した概略図である。

[図5]図5は、バイオマス熱分解ゾーンとガス改質ゾーンとを一の容器中に備える本発明の装置の一実施態様を示した概略図である。

[図6]図6は、図5に示した装置の円柱形の仕切板の側面下部に設けられたヒートキャリア通路、及び、その出口近傍から、複数の粒状物及び／又は塊状物の移動方向に沿って千鳥状に複数段備えられたフローガイド、並びに、該フローガイド近傍における複数の粒状物及び／又は塊状物並びにバイオマスの移動方向を模式的に示した説明図である。

発明を実施するための形態

[0018] 本発明のガス化装置は、バイオマスを、非酸化性ガス雰囲気下又は非酸化性ガスとスチームとの混合ガス雰囲気下において加熱するバイオマス熱分解ゾーンと、上記バイオマス熱分解ゾーンにおいて発生したガスを、スチームの存在下に加熱するガス改質ゾーンとを備え、かつ、予め加熱された複数の粒状物及び／又は塊状物を、上記ガス改質ゾーンから上記バイオマス熱分解ゾーンへと順次移動せしめて、上記複数の粒状物及び／又は塊状物の持つ熱により、バイオマスの熱分解により発生したガスの改質及びバイオマスの熱分解を実行するものである。ここで、本発明のガス化装置においては、上記バイオマス熱分解ゾーンと上記ガス改質ゾーンとを、上記ガス改質ゾーンが上記バイオマス熱分解ゾーンの上方になるように、即ち、上記複数の粒状物及び／又は塊状物が、重力で上記ガス改質ゾーンから上記バイオマス熱分解ゾーンに移動するように、かつ、上記バイオマス熱分解ゾーンにおいて発生した熱分解ガスが、そのままガス改質ゾーンに流れ込むように一の容器中に備えられており、かつ、上記バイオマス熱分解ゾーンと上記ガス改質ゾーンとの間に、少なくとも1枚、好ましくは1又は2枚の仕切板を備えていることを特徴とする。ここで、該仕切板は、上記バイオマス熱分解ゾーンと上記ガス改質ゾーンとを分割するために設けられている。

[0019] 上記のように、バイオマス熱分解ゾーンとガス改質ゾーンとの間に仕切板を

設けることにより、予め加熱された複数の粒状物及び／又は塊状物が、ガス改質ゾーンからバイオマス熱分解ゾーンへと落下して移動し得る空隙（ヒートキャリア通路）を制限し、それにより、予め加熱された複数の粒状物及び／又は塊状物が、ガス改質ゾーンからバイオマス熱分解ゾーンへと落下して移動する速度を制御することができる。これにより、該複数の粒状物及び／又は塊状物を、ガス改質ゾーン及びバイオマス熱分解ゾーンの夫々において層の状態にて存在せしめることができ、かつ、ガス改質ゾーンにおけるガス改質温度、及び、バイオマス熱分解ゾーンにおける熱分解温度を適正に維持することができる。複数の粒状物及び／又は塊状物が層の状態を形成することにより、バイオマスの熱分解により発生したガスが、その層の内部を通過して、発生したガスの更なる熱分解及びスチームとの反応を促進し、ガスの発生量を増大させることができる。また、ガスが、その層内部を通過する際に、タール及び煤塵等が複数の粒状物及び／又は塊状物の表面に付着すると共に、付着したタール等が熱分解して、更なるガス発生量の増大に寄与することができる。また、仕切板を備えることにより、バイオマス熱分解ゾーンとガス改質ゾーンとの間、即ち、バイオマス熱分解ゾーンの上部であって、かつ、ガス改質ゾーンの下部、即ち、仕切板の下部（図3の装置においては、仕切板の左側であり、図5の装置においては、仕切板の下部及び周囲である。）に所望の空間を形成することができる。これにより、該空間から、原料としてのバイオマスをバイオマス熱分解ゾーンに導入することができ、所定の温度でバイオマスを熱分解することができる。また、該空間において、バイオマスの熱分解により発生したガスとスチームとの良好な混合を達成することが期待される。加えて、バイオマスの熱分解により発生したタール及び煤塵等が、仕切板、とりわけ、仕切板の下面に付着し、かつ、付着したタールの一部がスチームと反応してガス化されることが期待され、良好なタール除去効果が得られるばかりではなく、改質ガスの収率を増加させる効果も期待される。

[0020] 以下、本発明のガス化装置を添付図面に基づいて説明する。図1は、バイオ

マス熱分解ゾーン（Ａ）とガス改質ゾーン（Ｂ）とを一の容器（１）中に備える本発明の装置の一実施態様の概略図である。図１の上図は、容器内部を側面から見たときの概略図であり、下図は、容器内部の仕切板を上から見たときの概略図である。複数の粒状物及び／又は塊状物（３）、即ち、熱担持媒体（ヒートキャリア）は、容器（１）中のガス改質ゾーン（Ｂ）に導入される前に、予熱器（２）において予め加熱される。ヒートキャリア（３）は、好ましくは１，０００～１，１００℃、より好ましくは１，０５０～１，１００℃に加熱される。上記下限未満では、バイオマスの熱分解により発生したガスを、ガス改質ゾーン（Ｂ）において十分に改質することができないことがある。一方、上記上限を超えては、余分な熱を与えるばかりで著しい効果の増大は期待できず、却ってコスト高を招くばかりである。また、設備の熱効率低下の原因にもなる。

[0021] 予熱器（２）において上記の所定温度に加熱されたヒートキャリア（３）は、次いで、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）とガス改質ゾーン（Ｂ）とを備える容器（１）の上方に位置するガス改質ゾーン（Ｂ）に導入される。ガス改質ゾーン（Ｂ）においては、容器（１）の下方に位置するバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）において、バイオマスを熱分解することにより生成され、容器（１）中を上昇してガス改質ゾーン（Ｂ）に導入された熱分解ガスが、スチームの存在下にヒートキャリア（３）と接触されて加熱される。これにより、熱分解ガスとスチームとが反応して、熱分解ガスを水素に富むガスへと改質することができる。ここで、ガス改質に使用されるスチームは、ガス改質ゾーン（Ｂ）、若しくはガス改質ゾーン（Ｂ）とバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）との間〔ヒートキャリア通路（９）近傍〕、及び／又は、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）において、スチーム吹込み口（６_１、６_２）から導入される。ガス改質ゾーン（Ｂ）における気相温度は、上限が、好ましくは１，０００℃、より好ましくは９５０℃、更に好ましくは９３０℃であり、下限が、好ましくは７００℃、より好ましくは８５０℃、更に好ましくは８８０℃である。上記下限未満では、改質反応が進まないことがある。一方、上記上限

を超えても、著しい効果の増大は期待できず、ヒートキャリアの加熱に要する熱量が増大して、コスト高を招く。ガス改質ゾーン（B）における気相温度が、上記のより好ましい下限値である850℃以上において、スチームによる一酸化炭素の改質が顕著となり、更に好ましい下限値である880℃以上において、スチームによるメタンの改質が顕著になる。従って、一酸化炭素及びメタンの両方を効率的に改質するためには、ガス改質ゾーン（B）における気相温度が880℃以上であることが更に好ましい。ガス改質ゾーン（B）における気相温度のより好ましい上限は950℃であり、該温度以下で十分に熱分解ガスを改質し得るが、燃料使用量の削減を図るためには930℃以下であることが更に好ましい。

[0022] 容器（1）中の上方に位置するガス改質ゾーン（B）を通過したヒートキャリア（3）は、続いて、仕切板（7）のヒートキャリア通路（9）、ここでは、仕切板（7）と容器内壁との間の間隙を通過して、容器（1）中の下方に位置するバイオマス熱分解ゾーン（A）に移動する。バイオマス熱分解ゾーン（A）においては、ヒートキャリア（3）は、別途、バイオマス供給口（4）からバイオマス熱分解ゾーン（A）に供給されたバイオマス（a）と接触される。また、バイオマス熱分解ゾーン（A）には、非酸化性ガス、例えば、窒素、及び、任意的にスチームが、夫々、非酸化性ガス供給口（5）及びスチーム吹込み口（6₁）から供給されて、非酸化性ガス雰囲気又は非酸化性ガスとスチームとの混合ガス雰囲気に保たれている。そして、ヒートキャリア（3）とバイオマス（a）との接触により、バイオマス（a）が加熱されて熱分解し、熱分解ガスが生成する。バイオマス熱分解ゾーン（A）を非酸化性ガス雰囲気にすることにより、バイオマス（a）の燃焼を阻止して、バイオマス（a）を効率よく熱分解させることができる。生成した熱分解ガスは、容器（1）中を上昇して、仕切板（7）の熱分解ガス通路（8）〔上記ヒートキャリア通路（9）と同じ〕を通過して、上記のガス改質ゾーン（B）に導入される。バイオマス熱分解ゾーン（A）における気相温度は、上限が、好ましくは700℃、より好ましくは650℃あり、下限が、好ま

しくは400℃、より好ましくは500℃、更に好ましくは550℃である。上記下限未満では、バイオマスの熱分解が進まないことがある。上記上限を超えては、重質なタールを発生させる。このような重質タールは、スチームにより十分に改質することができないことから、タールによる装置トラブルの原因となることがある。

[0023] 上記のバイオマス熱分解ゾーン（A）におけるバイオマス（a）の熱分解及びガス改質ゾーン（B）における熱分解ガスの改質に必要な熱の殆どは、上記の温度に予め加熱された複数の粒状物及び／又は塊状物、即ち、熱担持媒体（ヒートキャリア）の持つ熱により供給される。ヒートキャリア（3）の容器（1）への導入及びヒートキャリア（3）の容器（1）からの抜き出しは、例えば、配管の上下に1個ずつ合計2個のバルブを備えた、いわゆる2段式バルブ（図示せず）を使用して行われる。該2段式バルブの操作を簡単に説明すると、上下2個のバルブを閉じておき、まず、上のバルブを開いてヒートキャリア（3）を配管内部に落下させ、下のバルブと上のバルブとの間にヒートキャリア（3）を充填する。次いで、上のバルブを閉じ、下のバルブを開くことによって、2個のバルブの間に充填されたヒートキャリア（3）を容器（1）へ導入し又は容器（1）から抜き出す。このようなバルブ操作を繰り返すことによって、ヒートキャリア（3）は容器（1）にほぼ連続的に導入され、かつ、容器（1）からほぼ連続的に抜き出される。該導入及び抜き出し方式は、一例であり、この方式に限定されるものではない。ヒートキャリア（3）の容器（1）への導入及びヒートキャリア（3）の容器（1）からの抜き出し速度を制御することにより、バイオマス熱分解ゾーン（A）及びガス改質ゾーン（B）においてヒートキャリア層を形成せしめると共に、その層の厚さ（滞留量）を適切な値に制御し、かつ、バイオマス熱分解ゾーン（A）及びガス改質ゾーン（B）の気相温度を上記所定温度に制御することができる。ここで、ヒートキャリア（3）の容器（1）からの抜き出し速度が速すぎると、バイオマス熱分解ゾーン（A）及びガス改質ゾーン（B）の気相温度が高くなり、一方、抜き出し速度が遅すぎると、ヒートキャリアが放

熱して、バイオマス熱分解ゾーン（A）の気相温度が低くなる。ヒートキャリア（3）の容器（1）への供給速度及び抜き出し速度は、原料であるバイオマス（a）の供給量及びその種類、並びに、バイオマス（a）の水分及び灰分量等に依存するが、通常、バイオマス（a）の供給量に対して決定される。通常、乾燥原料、即ち、乾燥バイオマス（a）の容器（1）への供給速度の5～60質量倍に設定される。好ましくは、乾燥バイオマス（a）の容器（1）への供給速度の5～30質量倍に設定され、より好ましくは10～20質量倍に設定される。上記下限未満では、バイオマス（a）を熱分解するために必要な熱量を供給できない。一方、上記上限を超えては、ヒートキャリア（3）の供給量が過剰になるばかりであり、そのため容器（1）を必要以上に大きくしなければならず、また、ヒートキャリア（3）の加熱に余分な熱量を必要とする。

[0024] 容器（1）中の圧力の上限は、好ましくは104.33kPa、より好ましくは102.33kPaであり、下限は、好ましくは100.33kPa、より好ましくは101.23kPaである。上記上限を超えては、生成した熱分解ガスが、バイオマス供給口（4）から逆流して容器（1）の外部へと漏れることがある。一方、上記下限未満では、生成した熱分解ガスが、ガス改質ゾーン（B）におけるヒートキャリア（3）の層内部を均一分散して通過せず、熱分解ガス及び同伴するタール等が十分に改質されないことがある。

[0025] 上記のようにスチーム吹込み口（6₁、6₂）は、好ましくは、ガス改質ゾーン（B）、若しくはガス改質ゾーン（B）とバイオマス熱分解ゾーン（A）との間、及び／又は、バイオマス熱分解ゾーン（A）に設置される。バイオマス熱分解ゾーン（A）に設置するに際しては、とりわけ、バイオマス熱分解ゾーン（A）の下部に設置することが好ましい。これにより、容器（1）中に導入したスチームを、ヒートキャリア（3）との接触により効果的に加熱することができ、かつ、バイオマスの熱分解により発生したガスとの接触時間を長くとることができるばかりではなく、ヒートキャリア（3）との接触

時間をも長くとることができて、結果として、熱分解ガス、及びヒートキャリアに付着したタール等の改質を効率的に実施することができる。図1においては、スチーム吹込み口は、ガス改質ゾーン（B）の下部（6₂）、及び、バイオマス熱分解ゾーン（A）の下部（6₁）に、夫々、1個、合計2個設置されているが、これに限定されることはない。スチーム吹込み口は、夫々の箇所に、好ましくは複数個設置することができ、より好ましくは2～4個、更に好ましくは4個設置することができる。供給するスチームの温度は、特に限定されないが、好ましくは130～200℃、より好ましくは約160℃である。また、好ましくは500～600℃の過熱蒸気を使用することもできる。例えば、より好ましい約160℃のスチームを供給するに際して、スチームの供給量は、原料であるバイオマスの供給量とほぼ等量が供給されることが好ましい。

[0026] 上記のバイオマス供給口（4）は、バイオマス熱分解ゾーン（A）に、効果的にバイオマス（a）を供給し得る位置に設置されていればよい。好ましくは、バイオマス熱分解ゾーン（A）の上方、即ち、仕切板（7）の下方であって、バイオマス熱分解ゾーン（A）中に滞留するヒートキャリア（3）の層の上方の空間に設置される。これにより、バイオマス（a）とヒートキャリア（3）との接触時間を適切にすることができて、バイオマス（a）を十分に熱分解することができる。図1においては、バイオマス供給口（4）は、1個記載されているが、これに限定されることはない。バイオマス供給口（4）は、好ましくは1個以上、より好ましくは1～5個、更に好ましくは1～3個、更により好ましくは1又は2個設置することができる。バイオマス供給口（4）を複数設置することにより、性状の異なるバイオマスを、夫々の供給口から、同時に供給することもできる。

[0027] バイオマス熱分解ゾーン（A）におけるバイオマス（a）の滞留時間は、好ましくは10～60分間、より好ましくは20～40分間、更に好ましくは25～35分間である。上記下限未満では、バイオマスに均一に熱が伝わらず、均一な熱分解が行なわれないことから熱分解ガスの発生量が低減する。

一方、上記上限を超えても、著しい効果の増大は認められず、却って、設備コストの増加を招く。ここで、バイオマス熱分解ゾーン（A）におけるバイオマス（a）の滞留時間は、ヒートキャリア（3）の移動速度とバイオマス供給量とから適切に調節され得る。また、ガス改質ゾーン（B）におけるガスの滞留時間は、好ましくは1～10秒、より好ましくは2～5秒である。ガス改質ゾーン（B）におけるガスの滞留時間は、ヒートキャリア（3）の移動速度及び充填量、スチーム供給量並びに予定される熱分解ガス量とから設定し得る。

[0028] 上記のようにして、ガス改質ゾーン（B）、次いで、バイオマス熱分解ゾーン（A）を通過したヒートキャリア（3）は、バイオマスの熱分解残渣（チャー）、ヒートキャリアに付着した熱分解されないで残った微量のタール及び煤塵等と一緒に、容器（1）の底部から排出される。排出されたヒートキャリア（3）を含む排出物の処理は、従来公知の方法によって実施される。例えば、上記の特許文献7及び8に記載されている方法及び装置を採用することができる。ヒートキャリア（3）は、再度、予熱器（2）に戻されて容器（1）に供給される。

[0029] 複数の粒状物及び／又は塊状物（3）、即ち、熱担持媒体（ヒートキャリア）は、好ましくは、金属及びセラミックより成る群から選ばれる一以上の材質から成る。金属としては、好ましくは、鉄、ステンレス鋼、ニッケル合金鋼、及び、チタン合金鋼より成る群から選ばれ、より好ましくは、ステンレス鋼が選ばれる。また、セラミックとしては、アルミナ、シリカ、シリコンカーバイド、タングステンカーバイド、ジルコニア及び窒化ケイ素のより成る群から選ばれ、より好ましくは、アルミナが選ばれる。複数の粒状物及び／又は塊状物（3）の形状は、好ましくは球状（ボール）であるが、必ずしも真球である必要はなく、断面形状が楕円形又は長円形である球状物であってもよい。球状物の直径（最大径）は、好ましくは3～25mm、より好ましくは8～15mmである。上記上限を超えては、容器（1）内部での流動性、即ち、自由落下性を損なうことがあり、これにより、球状物が容器（1

）内部で静止して閉塞の原因となることがある。一方、上記下限未満では、球状物に付着したタール及び煤塵等により球状物自体が固着することがあり、閉塞の原因となることがある。例えば、球状物の直径が3 mm未満では、球状物に付着したタール及び煤塵等の影響により球状物が容器（1）の内壁に付着し、とりわけ、熱分解ガス通路（8）及びヒートキャリア通路（9）を狭め、該通路の閉塞を促進することが懸念される。また、タールが付着した球状物が、容器（1）底部のバルブから抜き出される際、3 mm未満の球状物は軽く、そのうえタールが付着しているために自然落下せずにバルブ内部に固着して閉塞を助長する。

[0030] 本発明のバイオマスとは、いわゆるバイオマス資源を言う。ここで、バイオマス資源とは、植物系バイオマス、例えば、林業から廃棄される間伐材、製材廃材、剪定枝、林地残材、未利用樹等、農業から廃棄される野菜残渣及び果樹残渣等の農作物、稲藁、麦藁及び籾殻等、その他海洋植物、建設系廃木材等；生物系バイオマス、例えば、家畜排せつ物及び下水汚泥に代表される生物系排せつ物；並びに塵芥等の生活雑排出物及び食品廃棄物等を言う。本発明の装置は、好ましくは植物系バイオマス及び生物系バイオマスのガス化に適している。

[0031] 図2は、バイオマス熱分解ゾーン（A）とガス改質ゾーン（B）とを一の容器（11）中に備える本発明の装置の他の一実施態様の概略図である。図2の上図は、容器内部を側面から見たときの概略図であり、下図は、容器内部の仕切板を上から見たときの概略図である。複数の粒状物及び／又は塊状物（31）、即ち、熱担持媒体（ヒートキャリア）は、容器（11）中のガス改質ゾーン（B）に導入される前に、予熱器（21）において上記と同様に所定温度に予め加熱される。予熱器（21）において所定温度に加熱されたヒートキャリア（31）は、次いで、バイオマス熱分解ゾーン（A）とガス改質ゾーン（B）とを備える容器（11）の上方に位置するガス改質ゾーン（B）に導入される。ガス改質ゾーン（B）においては、容器（11）の下方に位置するバイオマス熱分解ゾーン（A）において、バイオマス（a）を

熱分解することにより生成され、容器（１１）に設けられている仕切板（７１）の熱分解ガス通路（８１）及びヒートキャリア通路（９１）を上昇して、ガス改質ゾーン（Ｂ）に導入された熱分解ガスが、スチームの存在下にヒートキャリア（３１）と接触されて加熱される。これにより、熱分解ガスとスチームとが反応して、熱分解ガスを水素に富むガスへと改質することができる。ここで、ガス改質に使用されるスチームは、ガス改質ゾーン（Ｂ）、若しくはガス改質ゾーン（Ｂ）とバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）との間〔ヒートキャリア通路（９１）近傍〕、及び／又は、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）において、スチーム吹込み口（６１_１、６１_２）から導入される。ガス改質ゾーン（Ｂ）における気相温度は、上記と同じである。容器（１１）中の上方に位置するガス改質ゾーン（Ｂ）を通過したヒートキャリア（３１）は、続いて、容器（１１）中の下方に位置するバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）に、容器（１１）に設けられている仕切板（７１）のヒートキャリア通路（９１）、ここでは、仕切板（７１）と容器内壁との間の間隙を通して移動する。バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）においては、ヒートキャリア（３１）は、別途、バイオマス供給口（４１）からバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）に供給されたバイオマス（ａ）と接触される。また、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）には、非酸化性ガス、例えば、窒素、及び、任意的にスチームが、夫々、非酸化性ガス供給口（５１）及びスチーム供給口（６１_１）から供給されて、非酸化性ガス雰囲気又は非酸化性ガスとスチームとの混合ガス雰囲気に保たれている。そして、ヒートキャリア（３１）とバイオマス（ａ）との接触により、バイオマス（ａ）が加熱されて熱分解し、熱分解ガスが生成する。バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）を非酸化性ガス雰囲気にすることにより、バイオマス（ａ）の燃焼を阻止して、バイオマス（ａ）を効率よく熱分解させることができる。生成した熱分解ガスは、容器（１１）中を上昇して、上記のガス改質ゾーン（Ｂ）に導入される。バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）における気相温度は、上記と同じである。また、上記のバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）におけるバイオマス（ａ）の熱分解及びガス改質ゾーン（Ｂ）におけ

る熱分解ガスの改質に必要な熱の殆どは、上記の温度に予め加熱された複数の粒状物及び／又は塊状物、即ち、熱担持媒体（ヒートキャリア）の持つ熱により供給され、かつ、ヒートキャリア（３１）の容器（１１）への導入及びヒートキャリア（３１）の容器（１１）からの拔出しは、上記の図１の装置と同様にして実施される。

[0032] 図３は、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）とガス改質ゾーン（Ｂ）とを一の容器（１２）中に備える本発明の装置の他の一実施態様の概略図である。図１及び図２に示した装置とは異なり、ガス改質ゾーン（Ｂ）をバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）の直上に配置せず、仕切板（７２）を介してバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）の右側上方にガス改質ゾーン（Ｂ）を横置きに配置したものである。複数の粒状物及び／又は塊状物（３２）は、ガス改質ゾーン（Ｂ）とバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）との間に設置された仕切板（７２）を挟んで、各ゾーンにおいて層を形成している。複数の粒状物及び／又は塊状物（３２）、即ち、熱担持媒体（ヒートキャリア）は、容器（１２）中のガス改質ゾーン（Ｂ）に導入される前に、予熱器（２２）において上記と同様に所定温度に予め加熱される。予熱器（２２）において所定温度に加熱されたヒートキャリア（３２）は、次いで、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）とガス改質ゾーン（Ｂ）とを備える容器（１２）の上方に位置するガス改質ゾーン（Ｂ）に導入される。ガス改質ゾーン（Ｂ）においては、容器（１２）の左側下方に位置するバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）において、バイオマス（ａ）を熱分解することにより生成された熱分解ガスが、容器（１２）に設けられている仕切板（７２）の下部に存在する熱分解ガス通路（８２）、ここでは、仕切板（７２）と容器内壁との間の間隙を通過して、ヒートキャリアと接触しながら上昇してガス改質ゾーン（Ｂ）に導入され、ガス改質ゾーン（Ｂ）に導入された熱分解ガスが、スチームの存在下にヒートキャリア（３２）と接触されて加熱される。これにより、熱分解ガスとスチームとが反応して、熱分解ガスを水素に富むガスへと改質することができる。ここで、ガス改質に使用されるスチームは、ガス改質ゾーン（Ｂ）、若しくはガス改質ゾー

ン（Ｂ）とバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）との間〔ヒートキャリア通路（９２）近傍〕、及び／又は、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）において、スチーム吹込み口（６２_１、６２_２）から導入される。ガス改質ゾーン（Ｂ）における気相温度は上記と同じである。容器（１２）中の右側上方に位置するガス改質ゾーン（Ｂ）を通過したヒートキャリア（３２）は、続いて、容器（１２）中の左側下方に位置するバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）に、容器（１２）に設けられている仕切板（７２）の下部に存在するヒートキャリア通路（９２）〔上記熱分解ガス通路（８２）と同じである。〕を通過して移動する。バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）においては、ヒートキャリア（３２）は、別途、バイオマス供給機（４２）からバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）に供給されたバイオマス（ａ）と接触される。また、非酸化性ガス、例えば、窒素が、非酸化性ガス供給口（図示せず）からバイオマス供給機（４２）に導入され、バイオマス（ａ）と一緒にバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）に供給される。別途、任意的にスチームが、スチーム供給口（６２_１）から供給されて、非酸化性ガス雰囲気又は非酸化性ガスとスチームとの混合ガス雰囲気に保たれている。そして、ヒートキャリア（３２）とバイオマス（ａ）との接触により、バイオマス（ａ）が加熱されて熱分解し、熱分解ガスが生成する。バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）を非酸化性ガス雰囲気にすることにより、バイオマス（ａ）の燃焼を阻止して、バイオマス（ａ）を効率よく熱分解させることができる。生成した熱分解ガスは、容器（１２）中を上昇して、上記のガス改質ゾーン（Ｂ）に導入される。バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）における気相温度は、上記と同じである。この装置では、バイオマス原料供給機（４２）を２基設置しており、異なる２種類のバイオマス（ａ）を同時に投入することができる。また、上記のバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）におけるバイオマス（ａ）の熱分解、及び、ガス改質ゾーン（Ｂ）における熱分解ガスの改質に必要な熱の殆どは、上記の温度に予め加熱された複数の粒状物及び／又は塊状物（３２）、即ち、熱担持媒体（ヒートキャリア）の持つ熱により供給され、かつ、ヒートキャリア（３２）の容器（１２）への導入及びヒ-

トキャリア（３２）の容器（１２）からの抽出は、上記の図１の装置と同様にして実施される。

[0033] 図４は、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）とガス改質ゾーン（Ｂ）とを一の容器（１３）中に備える本発明の装置の一実施態様の概略図である。該装置は、図１及び図２に示した装置とは異なり、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）とガス改質ゾーン（Ｂ）との間、及び、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）に各１枚、合計２枚の仕切板（７３_１、７３_２）を備えている。ここで、２枚の仕切板（７３_１、７３_２）のうち、容器（１３）の上方に設置されている仕切板（７３_１）は、容器（１３）中にバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）とガス改質ゾーン（Ｂ）とを分割するためのものであり、一方、容器（１３）の下方に設置されている仕切板（７３_２）は、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）を更に二つの部分（Ａ_１、Ａ_２）に分けるためのものである。そして、この装置では、原料であるバイオマスの供給口を４基（４３_１、４３_２、４３_３、４３_４）備えて、異なる複数種類のバイオマスを同時に投入することを可能にしている。また、バイオマス投入口が２個ずつ仕切板（７３_２）で仕切られており、その結果、バイオマスのバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）における滞留時間（熱分解時間）を２種類に設定することが可能となり、熱分解反応速度の異なるバイオマスを同時に供給することが可能である。複数の粒状物及び／又は塊状物（３３）は、仕切板（７３_１）によってガス改質ゾーン（Ｂ）とバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）とに分けられて、夫々において層を形成し、更に、仕切板（７３_２）によってバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）が２つに仕切られて、一つの容器（１３）中に、一つのガス改質ゾーン（Ｂ）と２つのバイオマス熱分解ゾーン（Ａ_１、Ａ_２）を形成している。ここで、ガス改質ゾーン（Ｂ）及びバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）に設置する仕切板の数はこれに限定されることはなく、更に多数の仕切板を設けて、ガス改質ゾーン（Ｂ）及びバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）を更に細かく分割することも可能である。複数の粒状物及び／又は塊状物（３３）、即ち、熱担持媒体（ヒートキャリア）は、容器（１３）中のガス改質ゾーン（Ｂ）に導入される前に、予熱器（２３）にお

いて上記と同様に所定温度に予め加熱される。予熱器（23）において所定温度に加熱されたヒートキャリア（33）は、次いで、バイオマス熱分解ゾーン（A）とガス改質ゾーン（B）とを備える容器（13）の上方に位置するガス改質ゾーン（B）に導入される。ガス改質ゾーン（B）においては、容器（13）の下部に位置するバイオマス熱分解ゾーン（A₁、A₂）において、バイオマス（a）を熱分解することにより生成された熱分解ガスが、容器（13）に設けられている仕切板（73₁）によって形成された熱分解ガス通路（83）を通過して、ヒートキャリアと接触しながらガス改質ゾーン（B）に導入され、その熱分解ガスとスチームがヒートキャリア（33）と接触されて加熱される。これにより、熱分解ガスとスチームとが反応して、熱分解ガスを水素に富むガスへと改質することができる。ここで、ガス改質に使用されるスチームは、バイオマス熱分解ゾーン（A₁、A₂）において、スチーム吹込み口（63₁、63₂）から導入される。図4においては、上記のようにスチーム吹込み口（63₁、63₂）はいずれもバイオマス熱分解ゾーンに備えられているが、ガス改質ゾーン（B）、若しくはガス改質ゾーン（B）とバイオマス熱分解ゾーン（A₁）との間〔ヒートキャリア通路（93）近傍〕に設置することもできる。ガス改質ゾーン（B）における気相温度は、上記と同じである。容器（13）中の上方に位置するガス改質ゾーン（B）を通過したヒートキャリア（33）は、続いて、容器（13）中の下部に位置するバイオマス熱分解ゾーン（A₁）に、容器（13）に設けられている仕切板（73₁）と容器内壁との隙間であるヒートキャリア通路（93）〔上記熱分解ガス通路（83）と同じである。〕通って移動する。バイオマス熱分解ゾーン（A₁、A₂）においては、ヒートキャリア（33）は、別途、バイオマス供給口（43₁、43₂、43₃、43₄）からバイオマス熱分解ゾーン（A₁、A₂）に供給されたバイオマスと接触される。また、バイオマス熱分解ゾーン（A₁、A₂）には、非酸化性ガス、例えば、窒素、及び、任意的にスチームが、夫々、非酸化性ガス供給口（53）及びスチーム供給口（63₁、63₂）から供給されて、非酸化性ガス雰囲気又は非酸化性ガスとスチ

ームとの混合ガス雰囲気中に保たれている。そして、ヒートキャリア（33）とバイオマス（a）との接触により、バイオマス（a）が加熱されて熱分解し、熱分解ガスが生成する。バイオマス熱分解ゾーン（A₁、A₂）を非酸化性ガス雰囲気にすることにより、バイオマス（a）の燃焼を阻止して、バイオマス（a）を効率よく熱分解させることができる。生成した熱分解ガスは、容器（13）中を上昇して、上記のガス改質ゾーン（B）に導入される。バイオマス熱分解ゾーン（A₁、A₂）における気相温度は、上記と同じである。ここで、バイオマス熱分解ゾーン（A₁、A₂）の気相温度は同一であるか、あるいは、バイオマス熱分解ゾーン（A₂）の気相温度が、バイオマス熱分解ゾーン（A₁）の気相温度より高く設定される。また、上記のバイオマス熱分解ゾーン（A₁、A₂）におけるバイオマス（a）の熱分解及びガス改質ゾーン（B）における熱分解ガスの改質に必要な熱の殆どは、上記の温度に予め加熱された複数の粒状物及び／又は塊状物（33）、即ち、熱担持媒体（ヒートキャリア）の持つ熱により供給され、かつ、ヒートキャリア（33）の容器（13）への導入及びヒートキャリア（33）の容器（13）からの抽出は、上記の図1の装置と同様にして実施される。

[0034] 図5は、バイオマス熱分解ゾーン（A）とガス改質ゾーン（B）とを一の容器（14）中に備える本発明の装置の一実施態様の概略図である。図5の上図は、容器内部を側面から見たときの概略図であり、下図は、X-X'線で切断したとき、容器内部の仕切板を上から見たときの概略図である。該装置は、図1及び図2に示した装置とは異なり、バイオマス熱分解ゾーン（A）とガス改質ゾーン（B）とは、円柱形の仕切板（74）で仕切られており、かつ、円柱形の仕切板（74）を介してガス改質ゾーン（B）をバイオマス熱分解ゾーン（A）が取り囲んでいる形態を有している。円柱形の仕切板（74）の下部に、円周方向に4箇所開口部、即ち、ヒートキャリア通路（94）が設けられている。ここで、ヒートキャリア通路（94）の数及び大きさは、特に限定されるものではなく、装置自体の寸法、バイオマス処理量、複数の粒状物及び／又は塊状物の寸法等に依存して、適宜決定することがで

きる。複数の粒状物及び／又は塊状物（３４）、即ち、熱担持媒体（ヒートキャリア）は、容器（１４）中のガス改質ゾーン（Ｂ）に導入される前に、予熱器（２４）において上記と同様に所定温度に予め加熱される。予熱器（２４）において所定温度に加熱されたヒートキャリア（３４）は、次いで、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）とガス改質ゾーン（Ｂ）とを備える容器（１４）の上方に位置するガス改質ゾーン（Ｂ）に導入される。ガス改質ゾーン（Ｂ）においては、容器（１４）の下方に位置するバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）において、バイオマス（ａ）を熱分解することにより生成され、容器（１４）に設けられている円柱形の仕切板（７４）の熱分解ガス通路（８４）及びヒートキャリア通路（９４）、主として、円柱形の仕切板（７４）の底面に設けられた熱分解ガス通路（８４）を上昇して、ガス改質ゾーン（Ｂ）に導入された熱分解ガスが、スチームの存在下にヒートキャリア（３４）と接触されて加熱される。これにより、熱分解ガスとスチームとが反応して、熱分解ガスを水素に富むガスへと改質することができる。ここで、ガス改質に使用されるスチームは、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）においてスチーム吹込み口（６４）から導入される。また、スチームは、ガス改質ゾーン（Ｂ）に直接導入することもできる。ガス改質ゾーン（Ｂ）における気相温度は、上記と同じである。

[0035] 容器（１４）中の上方に位置するガス改質ゾーン（Ｂ）を通過したヒートキャリア（３４）は、続いて、容器（１４）中の下方に位置するバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）に、容器（１４）に設けられている円柱形の仕切板（７４）の側面下部に、円周方向に設けられている開口部、即ち、ヒートキャリア通路（９４）を通過して移動する。図６は、図５に示した装置の円柱形の仕切板（７４）の側面下部に設けられたヒートキャリア通路（９４）、及び、その出口近傍から、上記複数の粒状物及び／又は塊状物（３４）の移動方向に沿って千鳥状に複数段備えられたフローガイド（ｃ）、並びに、該フローガイド（ｃ）近傍における複数の粒状物及び／又は塊状物（３４）並びにバイオマス（ａ）の移動方向を模式的に示した説明図である。この実施態様にお

いては、ヒートキャリア通路（９４）は略台形の形状をしており、一定間隔を置いて円柱形の仕切板（７４）の側面下部に円周方向に設けられている。ヒートキャリア通路（９４）の形状に特に制限はなく、台形のほか、半円形、三角形等であることもできる。ヒートキャリア通路（９４）の寸法は、とりわけ、複数の粒状物及び／又は塊状物（３４）の寸法に依存し、その幅及び高さは、複数の粒状物及び／又は塊状物（３４）の１個の寸法の１０倍以上あることが好ましい。バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）中のヒートキャリア通路（９４）の下方には、フローガイド（ｃ）が、ヒートキャリア通路（９４）の出口近傍から、上記複数の粒状物及び／又は塊状物（３４）の移動方向に沿って、即ち、下方に向かって千鳥状に複数段、好ましくは２～５段備えられている。図５及び図６では、フローガイド（ｃ）は、千鳥状に２段図示されている。この態様においては、フローガイド（ｃ）の断面は、その長さ方向に垂直な平面で切断したとき、図６に示す通り略三角形である。但し、フローガイドの断面は、これに限定されることはなく、複数の粒状物及び／又は塊状物（３４）及びバイオマス（ａ）に同様の移動状態を実現し得るものであればよく、例えば、上側に突出した円弧状の形状等であることもできる。ヒートキャリア通路（９４）から、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）中に移動した粒状物及び／又は塊状物（３４）は、フローガイド（ｃ）により、図６に示されているように、その移動方向が制御され、それにより、粒状物及び／又は塊状物（３４）が積み上がった場所と窪んだ場所が交互に作られる。

[0036] 一方、原料となるバイオマス（ａ）は、別途、バイオマス供給口（４４）から、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）中の上記の粒状物及び／又は塊状物（３４）が窪んだ場所に主に供給される。そして、供給されたバイオマス（ａ）は、粒状物及び／又は塊状物（３４）によって巻き込まれるようにして接触されつつ、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）中を下方に移動する。また、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）には、非酸化性ガス、例えば、窒素、及び、スチームが、夫々、非酸化性ガス供給口（５４）及びスチーム供給口（６４）か

ら供給されて、非酸化性ガスとスチームとの混合ガス雰囲気中に保たれている。ここで、スチームは、必ずしも、バイオマス熱分解ゾーン（A）に供給する必要はなく、その場合には、バイオマス熱分解ゾーン（A）は、非酸化性ガス雰囲気中に保たれ、スチームは、ガス改質ゾーン（B）に直接供給される。そして、粒状物及び／又は塊状物（34）とバイオマス（a）との接触により、バイオマス（a）が加熱されて熱分解し、熱分解ガスが生成する。バイオマス熱分解ゾーン（A）を非酸化性ガス雰囲気中にすることにより、バイオマス（a）の燃焼を阻止して、バイオマス（a）を効率よく熱分解させることができる。生成した熱分解ガスは、容器（14）中を上昇して、上記のガス改質ゾーン（B）に導入される。バイオマス熱分解ゾーン（A）における気相温度は、上記と同じである。また、上記のバイオマス熱分解ゾーン（A）におけるバイオマス（a）の熱分解及びガス改質ゾーン（B）における熱分解ガスの改質に必要な熱の殆どは、上記の温度に予め加熱された複数の粒状物及び／又は塊状物（34）、即ち、熱担持媒体（ヒートキャリア）の持つ熱により供給され、かつ、ヒートキャリア（34）の容器（14）への導入及びヒートキャリア（34）の容器（14）からの拔出は、上記の図1の装置と同様にして実施される。

[0037] 図5に記載した本発明の装置の一実施態様のガス化装置においては、ガス改質ゾーン（B）はバイオマス熱分解ゾーン（A）の内側に取り囲まれるように配置されているため、ガス改質ゾーン（B）からの熱がバイオマス熱分解ゾーン（A）におけるバイオマスの熱分解に利用されるため、ガス化装置の熱効率を上昇させることができる。また、バイオマス熱分解ゾーン（A）中にフローガイド（c）を設けて、複数の粒状物及び／又は塊状物（34）の積み上がった場所と窪んだ場所を作り、そして、原料となるバイオマス（a）を複数の粒状物及び／又は塊状物（34）の窪んだ場所に主に供給することにより、バイオマス（a）と複数の粒状物及び／又は塊状物（34）との比重が異なる場合、例えば、バイオマス（a）が木質チップであるとき、その比重は0.2～0.3トン／m³であり、一方、複数の粒状物及び／又は塊

状物（３４）がアルミナであるとき、その比重は３．６～３．９トン／ m^3 である場合であっても、両者の効率的な混合を達成して、効果的にバイオマス（ａ）の熱分解を実行することができる。

[0038] 以下、本発明を実施例により更に詳細に説明するが、本発明はこれら実施例により限定されるものではない。

実施例

[0039] （実施例１）

実施例１において使用したバイオマス原料、及び、該バイオマス原料の熱分解及びガス改質に使用した反応器は、下記の通りである。

[0040] バイオマス原料としては、建設系廃木材を使用した。該廃木材を粗粉碎して使用した。粗粉碎後の廃木材の大きさは、割り箸程度の寸法の棒状物、トランプの１／４程度の寸法の薄板状物、及び、鋸屑状物等の混合物であり、最大寸法が２００～３００mm程度のものであった。該廃木材の性状を表１に示す。

[0041] [表１]

表 １

項目	分析値
水分(質量%)	14.3
灰分(質量%)	0.4
揮発分(質量%)	85.9
固定炭素(質量%)	13.7

[0042] 表１の各値は、ＪＩＳ－Ｍ８８１２に準拠して測定したものである。ここで、灰分、揮発分及び固定炭素は、乾燥基準で算出したものである。また、水分は、バイオマス原料の受け入れ時のものである。

[0043] バイオマス原料の熱分解及びガス改質に使用した反応器（１）としては、図

1 に示したものを使用した。バイオマス熱分解ゾーン（A）とガス改質ゾーン（B）とを一つの容器中に備え、かつ、これらのゾーン間に仕切板（7）を1枚設置した反応器（1）である。該反応器（1）の内径は約800mm、高さは約3000mmであり、内容積は約1m³である。また、図1に示したように、該反応器（1）の側壁上部から仕切板頂部までの長さは1,200mm（対応部分の容積：600リットル）であり、仕切板頂部から反応器コーン部開始部分までの長さは600mm（対応部分の容積：300リットル）であり、かつ、コーン部の長さは1,000mm（対応部分の容積：168リットル）である。また、仕切板（7）と容器（1）の内壁間に設けられた円周状の熱分解ガス通路（8）兼ヒートキャリア通路（9）は、半径方向の幅が100mmであり、図1のように、熱分解ガス通路（8）兼ヒートキャリア通路（9）の円周方向の幅が100mmの留金（10）8個により8等分されている。ヒートキャリアとしては、直径（最大径）10～12mmの略球形のアルミナ製ボールを使用した。次いで、ヒートキャリアを、1,050℃の温度において450キログラム／時間の量でガス改質ゾーン（B）に導入し、かつ、バイオマス熱分解ゾーン（A）から容器（1）の外部へ適量を抽出しつつ、ガス改質ゾーン（B）の気相温度が950℃であり、かつ、バイオマス熱分解ゾーン（A）の気相温度が550℃になるようにガス改質ゾーン（B）及びバイオマス熱分解ゾーン（A）におけるヒートキャリアの堆積量を調節した。このときの、バイオマス熱分解ゾーン（A）からのヒートキャリアの抽出量は、即ち、容器（1）の外部への排出量は、ガス改質ゾーン（B）への供給量と同一の450キログラム／時間であり、その温度は600℃であった。ここで、ヒートキャリアは、ガス改質ゾーン（B）の約60体積％に層として堆積しており、かつ、バイオマス熱分解ゾーン（A）の約60体積％に層として堆積していた。

[0044] バイオマス原料としての建設系廃木材を、定量フィーダーを使用して25キログラム／時間の供給量でバイオマス供給口（4）から反応容器（1）中のバイオマス熱分解ゾーン（A）に連続的に導入した。ここで、バイオマス熱

分解ゾーン（Ａ）の気相温度は５５０℃に保持され、かつ、容器（１）内の圧力は１０１．３ｋＰａに保持された。また、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）には、下部に設けられた非酸化性ガス供給口（５）から、１，２００リットル／時間の量で窒素ガスが導入された。バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）におけるバイオマス原料の滞留時間は、約１時間であった。

[0045] バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）において熱分解により生じたガスが２３キログラム／時間で得られた。該ガスは、続いて、気相温度９５０℃及び圧力１０１．３ｋＰａに保持されたガス改質ゾーン（Ｂ）に導入された。反応器（１）には、ガス改質ゾーン（Ｂ）の下部に設けられたスチーム吹込み口（６_２）から、１６キログラム／時間で過熱蒸気（１６０℃、０．６ＭＰａ）が導入されてガス改質が行われた。温度９５０℃の改質ガスが３９キログラム／時間の量で改質ガス出口（ｂ）から得られた。得られた改質ガスをゴム製バッグに捕集し、ガスクロマトグラフィー〔島津製作所製ＧＣ－１４Ａ（商標）〕によりガス組成を測定した。表２に得られた改質ガスの組成を示した。また、該操業を３日間連続して実施することができた。該操業期間中、トラブル、とりわけ、タールに起因するトラブルのない良好な連続運転を維持することができた。

[0046] [表２]

表 ２

ガス組成(体積% 乾燥基準)	実施例１
水素	41.0
一酸化炭素	14.5
メタン	9.7
二酸化炭素	34.8

[0047] (実施例２)

実施例２において使用したバイオマス原料は、実施例１と同一のものである。バイオマス原料の熱分解及びガス改質に使用した反応器としては、図５に示したものを使用した。該反応器（１４）は、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ

）とガス改質ゾーン（Ｂ）とを一つの容器中に備え、かつ、これらのゾーン間に円柱形の仕切板（７４）を１枚設置したものである。該反応器（１４）において、ガス改質ゾーン（Ｂ）の内径は約８００ｍｍであり、高さは約１，２００ｍｍであり、内容積は約０．６ｍ^３である。バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）のガス改質ゾーン（Ｂ）を取り囲む部分の幅は約１５０ｍｍであり、高さは約１，２００ｍｍであり、内容積は約０．７６ｍ^３である。また、コーン部の高さは約１，０００ｍｍであり、対応部分の内容積は約０．８５ｍ^３である。バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）の内容積は、合計約１．６１ｍ^３である。また、円柱形の仕切板（７４）の側面下部に円周方向に設けられたヒートキャリア通路（９４）の形状は略台形であり、上底は約１００ｍｍであり、下底は約３６０ｍｍであり、高さは約１８０ｍｍであって、円周方向に等間隔で合計４個設けられている。フローガイド（ｃ）は、ヒートキャリア通路（９４）の直下から、ヒートキャリア（３４）の移動方向に沿って、即ち、下方に向かって千鳥状に２段備えられている。フローガイド（ｃ）の断面は、その長さ方向に垂直な平面で切断したとき略三角形である。該三角形は略二等辺三角形であり、その高さは約１９５ｍｍであり、底辺は約５００ｍｍであり、底辺から垂直に延びた部分の長さは約５０ｍｍである。１段目のフローガイド（ｃ）は、ヒートキャリア通路（９４）の数に対応して、ヒートキャリア通路（９４）の直下に１対１で設けられており、２段目のフローガイド（ｃ）は、１段目の隣接する２つのフローガイド（ｃ）の距離の半分の位置に、２段目のフローガイド（ｃ）の中心、即ち、三角形の頂点があるように設置されている。また、１段目の複数のフローガイド（ｃ）の底辺を結ぶ直線と、２段目の複数のフローガイド（ｃ）の頂点を結ぶ直線との間隔は約６０ｍｍである。ヒートキャリアとしては、直径（最大径）１０～１２ｍｍの略球形のアルミナ製ボールを使用した。また、ヒートキャリアは、１，０５０℃の温度において４５０キログラム／時間の量でガス改質ゾーン（Ｂ）に導入され、かつ、同量がバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）から６００℃の温度で容器（１４）の外部に排出された。ここで、ヒートキャリアは、ガス

改質ゾーン（Ｂ）の約６０体積％に層として堆積しており、かつ、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）の約４２体積％に層として堆積していた。

[0048] バイオマス原料としての建設系廃木材を、定量フィーダーを使用して含水率１４．３％（ウェットベース）で２９キログラム／時間（乾燥重量２５キログラム）の供給量でバイオマス供給口（４４）から反応容器（１４）中のバイオマス熱分解ゾーン（Ａ）に連続的に導入した。ここで、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）の気相温度は７００℃に保持され、かつ、容器（１４）内の圧力は１０１．３ｋＰａに保持された。また、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）には、下部に設けられた非酸化性ガス供給口（５４）から、１，２００リットル／時間の量で窒素ガスが導入された。バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）におけるバイオマス原料の滞留時間は、約１時間であった。

[0049] バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）において熱分解により生じたガスが２１キログラム／時間で得られた。該ガスは、続いて、気相温度１，０００℃及び圧力１０１．３ｋＰａに保持されたガス改質ゾーン（Ｂ）に導入された。反応器（１４）には、バイオマス熱分解ゾーン（Ａ）の下部に設けられたスチーム吹込み口（６４）から、１６キログラム／時間で過熱蒸気（２３０℃、０．６ＭＰａ）が導入されてガス改質が行われた。温度１，０００℃の改質ガスが３７キログラム／時間の量で改質ガス出口（ｂ）から得られた。得られた改質ガスをゴム製バッグに捕集し、ガスクロマトグラフィー〔島津製作所製ＧＣ－１４Ａ（商標）〕によりガス組成を測定した。表３に得られた改質ガスの組成を示した。また、該操業を３日間連続して実施することができた。該操業期間中、トラブル、とりわけ、タールに起因するトラブルのない良好な連続運転を維持することができた。

[0050]

[表3]

表 3

ガス組成(体積% 乾燥基準)	実施例2
水素	51.8
一酸化炭素	17.8
メタン	6.2
二酸化炭素	24.2

[0051] (比較例1)

従来の反応器として、特許文献7の図1に記載のものを使用した。即ち、バイオマス熱分解ゾーンを有する熱分解反応器とガス改質ゾーンを有するガス改質器とを別々に備え、熱分解反応器の上部にガス改質器を、ゲートバルブを備える配管により直列に接続したものである。熱分解反応器及びガス改質器の内容積を、夫々、約170リットル及び約600リットルとした。ヒートキャリアは、ガス改質器から熱分解反応器へとゲートバルブを備える配管を通して移動させた。実施例1で使用したと同じ建設系廃木材を使用して、定量フィーダーを使用して、実施例1と同一の25キログラム/時間の供給量で熱分解反応器に連続的に導入した。ガス改質ゾーンへのヒートキャリアの供給速度及びヒートキャリアの温度、並びに、その他の操業条件は、実施例1と同一とした。温度950℃の改質ガスが15キログラム/時間の量で得られた。得られた改質ガスをゴム製バッグに捕集し、ガスクロマトグラフィー〔島津製作所製GC-14A(商標)〕によりガス組成を測定した。表4に得られた改質ガスの組成を示した。また、該操業を、実施例1と同じく3日間連続して実施することができた。しかし、該操業期間後に、熱分解反応器とガス改質器とを接続するゲートバルブを備える配管内部を検査したところ、とりわけ、ゲートバルブ及びその近傍に多量のタール及び煤塵の付着が観察された。従って、これ以上の期間、連続運転をすることは困難であり、更に連続運転を継続するためには、ゲートバルブ及びその近傍の洗浄又はゲートバルブ自体の交換、あるいは、熱分解反応器とガス改質器とを接続す

るゲートバルブを備えた配管以外に熱分解ガスをガス改質器へと導入するバイパス配管が必要であるとの結論に至った。

[0052] [表4]

表4

ガス組成(体積% 乾燥基準)	比較例1
水素	35.9
一酸化炭素	31.5
メタン	10.3
二酸化炭素	22.3

[0053] 実施例1及び実施例2、並びに比較例1の結果から、実施例1（39キログラム／時間）及び実施例2（37キログラム／時間）の反応器では比較例1（15キログラム／時間）の反応器に比べて、2倍以上の改質ガスが得られることが分かった。また、夫々の改質ガスの組成を示した表2～4の結果から、実施例1及び実施例2の反応器では比較例1の反応器に比べて、水素含有量の著しく多い改質ガスを製造し得ることが分かった。また、実施例2の反応器では、実施例1の反応器に比べて、水素及び一酸化炭素含有量が著しく多く、その一方、二酸化炭素含有量が著しく少なくなっていることが分かった。

産業上の利用可能性

[0054] 本発明のガス化装置によれば、長期的に安定した操業が可能となるばかりではなく、ガス化効率の上昇、熱効率の改善、及び、コスト低下を達成し得る。従って、本発明のガス化装置は、今後、バイオマスのガス化に大いに利用されることが期待される。加えて、水素製造事業及び発電事業への利用も期待される。

符号の説明

[0055] A、A₁、A₂ バイオマス熱分解ゾーン
 B ガス改質ゾーン
 a バイオマス原料

b 改質ガス出口

c フローガイド

1, 1₁, 1₂, 1₃, 1₄ 容器

2, 2₁, 2₂, 2₃, 2₄ 予熱器

3, 3₁, 3₂, 3₃, 3₄ 複数の粒状物及び／又は塊状物〔熱担持媒体
(ヒートキャリア)〕

4, 4₁, 4₂, 4_{3₁}, 4_{3₂}, 4_{3₃}, 4_{3₄}, 4₄ バイオマス供給口

5, 5₁, 5₂, 5₃, 5₄ 非酸化性ガス供給口

6₁, 6₂, 6_{1₁}, 6_{1₂}, 6_{2₁}, 6_{2₂}, 6_{3₁}, 6_{3₂}, 6₄ スチーム吹
込み口

7, 7₁, 7₂, 7_{3₁}, 7_{3₂}, 7₄ 仕切板

8, 8₁, 8₂, 8₃, 8₄ 熱分解ガス通路

9, 9₁, 9₂, 9₃, 9₄ ヒートキャリア通路

10 留金

請求の範囲

- [請求項1] バイオマスを、非酸化性ガス雰囲気下又は非酸化性ガスとスチームとの混合ガス雰囲気下において加熱するバイオマス熱分解ゾーンと、上記バイオマス熱分解ゾーンにおいて発生したガスを、スチームの存在下に加熱するガス改質ゾーンとを備え、かつ、予め加熱された複数の粒状物及び／又は塊状物を、上記ガス改質ゾーンから上記バイオマス熱分解ゾーンへと順次移動せしめて、上記複数の粒状物及び／又は塊状物の持つ熱により、バイオマスの熱分解により発生したガスの改質及びバイオマスの熱分解を実行するガス化装置において、上記バイオマス熱分解ゾーンと上記ガス改質ゾーンとが、上記ガス改質ゾーンが上記バイオマス熱分解ゾーンの上方になるように一の容器中に備えられており、かつ、上記バイオマス熱分解ゾーンと上記ガス改質ゾーンとの間に、少なくとも1枚の仕切板を備えていることを特徴とするガス化装置。
- [請求項2] 上記バイオマス熱分解ゾーンと上記ガス改質ゾーンとの間に、1又は2枚の仕切板を備える、請求項1記載のガス化装置。
- [請求項3] 上記仕切板が、仕切板内に開口部を備えており、及び／又は、仕切板と容器内壁との間に間隙を備えており、上記複数の粒状物及び／又は塊状物が、その開口部及び／又は間隙を通過して、上記ガス改質ゾーンから上記バイオマス熱分解ゾーンへと順次移動する、請求項1又は2記載のガス化装置。
- [請求項4] バイオマス供給口を、上記バイオマス熱分解ゾーンの上方に少なくとも1個備える、請求項1～3のいずれか一つに記載のガス化装置。
- [請求項5] 上記複数の粒状物及び／又は塊状物の移動方向を制御するフローガイドを、上記バイオマス熱分解ゾーン中に、上記仕切板の、上記複数の粒状物及び／又は塊状物の出口近傍から、該複数の粒状物及び／又は塊状物の移動方向に沿って千鳥状に複数段備え、かつ、上記バイオマスを、上記フローガイド近傍を移動する上記複数の粒状物及び／又は

塊状物に供給して熱分解を実行する、請求項 1 ～ 4 のいずれか一つに記載のガス化装置。

[請求項6] 上記複数の粒状物及び／又は塊状物の移動方向を制御するフローガイドを、上記バイオマス熱分解ゾーン中に、上記仕切板の、上記複数の粒状物及び／又は塊状物の出口近傍から、該複数の粒状物及び／又は塊状物の移動方向に沿って千鳥状に 2 ～ 5 段備え、かつ、上記バイオマスを、上記フローガイド近傍を移動する上記複数の粒状物及び／又は塊状物に供給して熱分解を実行する、請求項 1 ～ 4 のいずれか一つに記載のガス化装置。

[請求項7] 上記複数の粒状物及び／又は塊状物の移動方向を制御するフローガイドを、上記バイオマス熱分解ゾーン中に、上記仕切板の、上記複数の粒状物及び／又は塊状物の出口近傍から、上記複数の粒状物及び／又は塊状物の移動方向に沿って千鳥状に 2 ～ 5 段備え、かつ、上記バイオマスを、上記フローガイドの最上段近傍を移動する上記複数の粒状物及び／又は塊状物に供給して熱分解を実行する、請求項 1 ～ 4 のいずれか一つに記載のガス化装置。

[請求項8] スチーム吹込み口を、上記バイオマス熱分解ゾーン及び／又は上記ガス改質ゾーンに備える、請求項 1 ～ 7 のいずれか一つに記載のガス化装置。

[請求項9] 複数の粒状物及び／又は塊状物を予め加熱するための予熱器を、ガス改質ゾーンとバイオマス熱分解ゾーンとを備える上記容器の上記ガス改質ゾーンの上部に更に備える、請求項 1 ～ 8 のいずれか一つに記載のガス化装置。

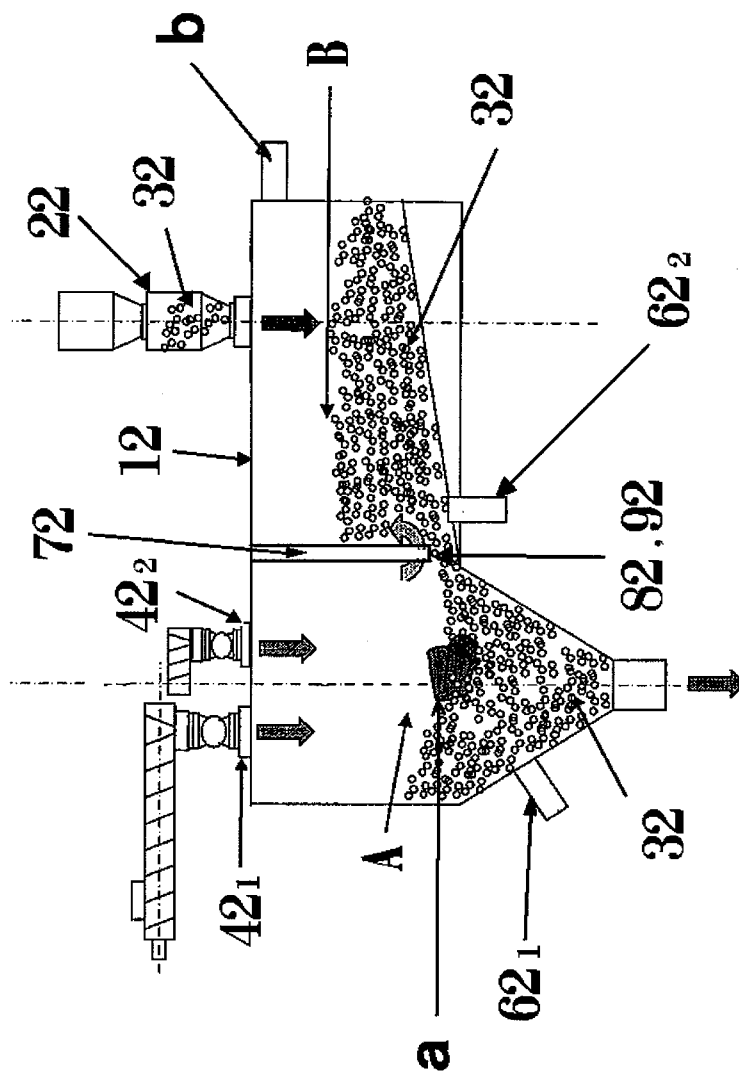
[請求項10] 上記の粒状物及び／又は塊状物が、金属ボール及びセラミックボールより成る群から選ばれる、請求項 1 ～ 8 のいずれか一つに記載のガス化装置。

[請求項11] 上記バイオマスが、植物系バイオマス、生物系バイオマス、生活雑排出物及び食品廃棄物より成る群から選ばれるバイオマス資源である、

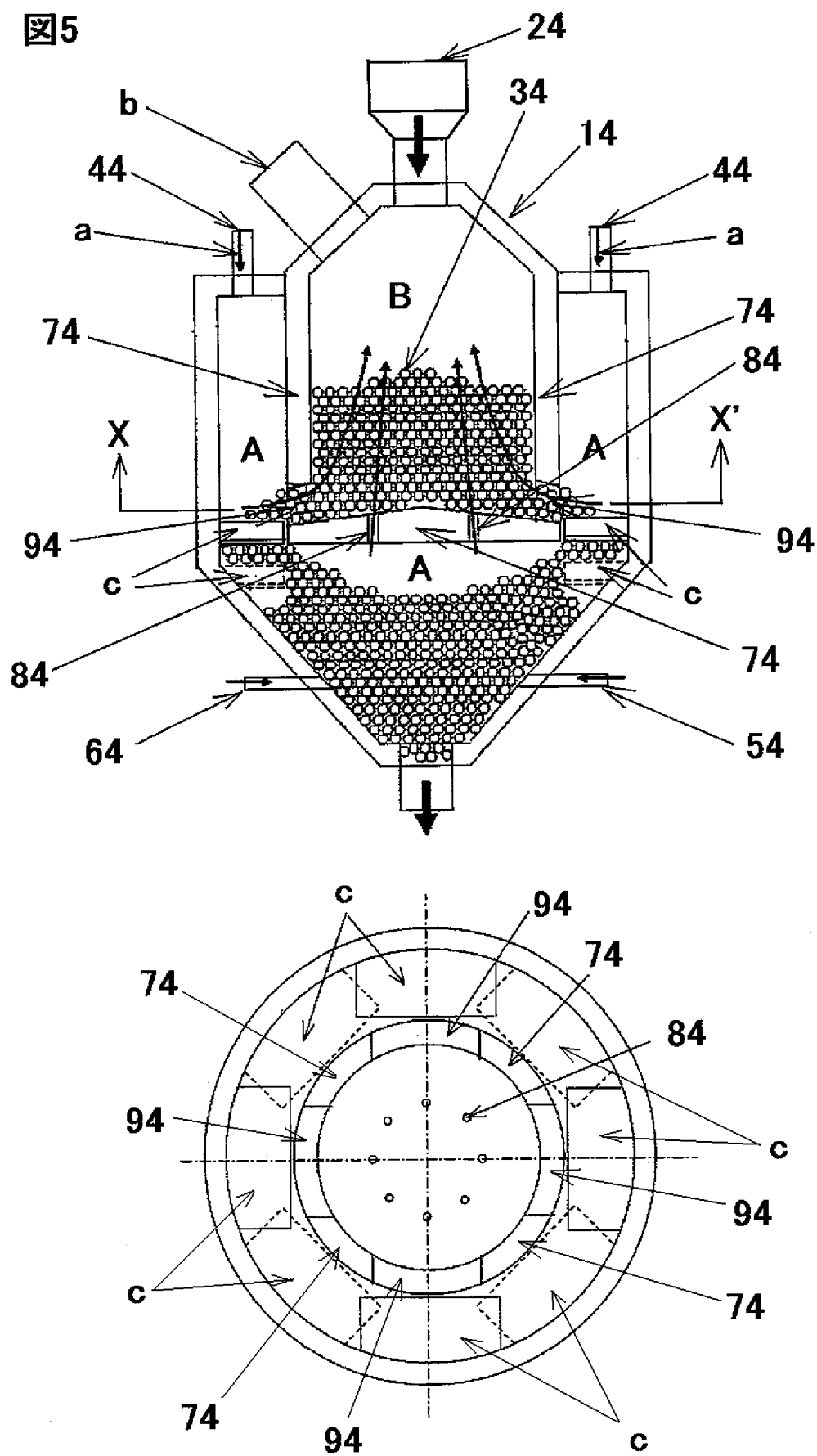
請求項 1 ～ 1 0 のいずれか一つに記載のガス化装置。

[図3]

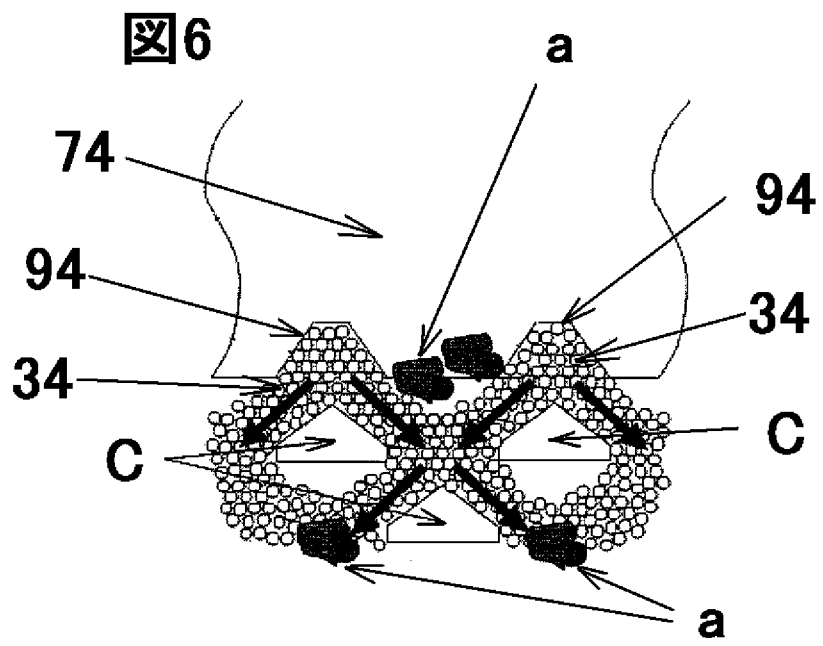
図3



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/063288

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C10J3/12(2006.01)i, B09B3/00(2006.01)i, C10J3/00(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)

C10J3/12, B09B3/00, C10J3/00

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Hiroshi IKEDA, OHM, 12 May 2012 (12.05.2012), the May issue, pages 39 to 42	1-11
A	JP 2002-508433 A (MUEHLEN, Heinz-Juergen), 19 March 2002 (19.03.2002), entire text & WO 1999/031197 A1	1-11
A	JP 2003-510403 A (Dr. Muehlen GmbH & Co. KG), 18 March 2003 (18.03.2003), entire text & US 7077878 B1 & WO 2001/021730 A1	1-11
A	JP 2007-169534 A (Ube Machinery Corp., Ltd.), 05 July 2007 (05.07.2007), entire text (Family: none)	1-11

☒ 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
11 July, 2013 (11.07.13)

Date of mailing of the international search report
23 July, 2013 (23.07.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/063288

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 2008-128519 A (UBE Techno Eng. Co., Ltd.), 05 June 2008 (05.06.2008), entire text (Family: none)	1-11
A	JP 56-500256 A (Lindstroem Olle), 05 March 1981 (05.03.1981), entire text & WO 1979/000687 A1	1-11
A	JP 2005-146056 A (Aimura Kensetsu Kabushiki Kaisha), 09 June 2005 (09.06.2005), entire text (Family: none)	1-11
A	Biomass kara no Kitai Nenryo Seizo to sono Energy Riyo, Kabushiki Kaisha NTS, 2007, pages 77 to 79	1-11
A	WO 2008/029689 A1 (IHI Corp.), 13 March 2008 (13.03.2008), entire text & JP 5114412 B & US 2009/0265987 A1	1-11
A	JP 2011-68893 A (Central Research Institute of Electric Power Industry), 07 April 2011 (07.04.2011), entire text (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. C10J3/12(2006.01)i, B09B3/00(2006.01)i, C10J3/00(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. C10J3/12, B09B3/00, C10J3/00

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 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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)

JSTPlus/JST7580(JDreamIII)

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	池田浩, OHM, 2012.05.12, 5月号, 第39-42頁	1-11
A	JP 2002-508433 A (ミューレン、ハインツ・ユルゲン) 2002.03.19, 全文 & WO 1999/031197 A1	1-11
A	JP 2003-510403 A (ドクトーア ミューレン ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング ウント コンパニー コマンディトゲゼルシャフト) 2003.03.18, 全文 & US 7077878 B1 & WO 2001/021730 A1	1-11

☒ 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

1 1 . 0 7 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 3 . 0 7 . 2 0 1 3

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 1 0 0 - 8 9 1 5
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)

藤代 亮

4 V

3 8 5 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 8 3

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 2007-169534 A (宇部興産機械株式会社) 2007.07.05, 全文 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2008-128519 A (宇部テクノエンジニア株式会社) 2008.06.05, 全文 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 56-500256 A (リンドストローム・オレ) 1981.03.05, 全文 & WO 1979/000687 A1	1-11
A	JP 2005-146056 A (相村建設株式会社) 2005.06.09, 全文 (ファミリーなし)	1-11
A	バイオマスからの気体燃料製造とそのエネルギー利用, 株式会社 エヌ・ディー・エス, 2007, 第77-79頁	1-11
A	WO 2008/029689 A1 (株式会社 I H I) 2008.03.13, 全文 & JP 5114412 B & US 2009/0265987 A1	1-11
A	JP 2011-68893 A (財団法人電力中央研究所) 2011.04.07, 全文 (ファミリーなし)	1-11



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104284966 A

(43) 申请公布日 2015. 01. 14

(21) 申请号 201380025922. 1

(22) 申请日 2013. 05. 13

(30) 优先权数据

2012-114116 2012. 05. 18 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 11. 18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2013/063288 2013. 05. 13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/172301 JA 2013. 11. 21

(71) 申请人 日本蓝色能源株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 堂胁直城 堂胁清志 武田康家

池田浩 须田康辅 加贺屋文枝

上内恒 龟山光男

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 蔡晓菡 刘力

(51) Int. Cl.

C10J 3/12(2006. 01)

B09B 3/00(2006. 01)

C10J 3/00(2006. 01)

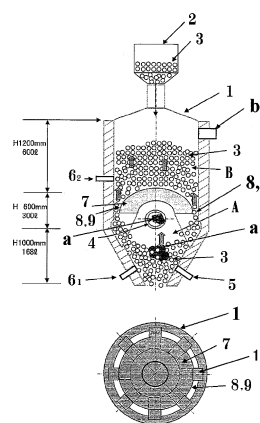
权利要求书1页 说明书18页 附图6页

(54) 发明名称

生物质的气化装置

(57) 摘要

本发明提供一种装置,其能够显著减轻由生物质的热裂解产生的焦油等所导致的故障,同时不仅能够使所产生的焦油的气化率达到最大化,还能够以高热效率和低成本由生物质来制造含氢气体。一种气化装置,其特征在于,其具备:将生物质在非氧化性气体气氛下加热的生物质热裂解区;以及,将所产生的热裂解气体在蒸汽的存在下加热的气体重整区,并且,使加热了的多个粒状物和/或块状物从气体重整区向生物质热裂解区移动,利用多个粒状物和/或块状物所带有的热,实行生物质热裂解气体的重整和生物质热裂解,在该气化装置中,生物质热裂解区与气体重整区存在于一个容器中,且在生物质热裂解区与气体重整区之间具备至少1片隔板。



1. 气化装置,其特征在于,其具备:将生物质在非氧化性气体气氛下或非氧化性气体与蒸汽的混合气体气氛下加热的生物质热裂解区;以及,将在所述生物质热裂解区中产生的气体在蒸汽的存在下加热的气体重整区,并且,使预先加热了的多个粒状物和/或块状物从所述气体重整区向所述生物质热裂解区依次移动,利用所述多个粒状物和/或块状物所带有的热来实行由生物质的热裂解而产生的气体的重整和生物质的热裂解,在该气化装置中,所述生物质热裂解区与所述气体重整区以所述气体重整区位于所述生物质热裂解区的上方的方式存在于一个容器中,且在所述生物质热裂解区与所述气体重整区之间具备至少1片隔板。

2. 权利要求1所述的气化装置,其中,所述生物质热裂解区与所述气体重整区之间具备1片或2片隔板。

3. 权利要求1或2所述的气化装置,其中,所述隔板在隔板内具备开口部,和/或,隔板与容器内壁之间具备间隙,所述多个粒状物和/或块状物穿过该开口部和/或间隙从所述气体重整区向所述生物质热裂解区依次移动。

4. 权利要求1~3中任一项所述的气化装置,其中,在所述生物质热裂解区的上方具备至少1个生物质供给口。

5. 权利要求1~4中任一项所述的气化装置,其中,在所述生物质热裂解区中,从所述隔板的所述多个粒状物和/或块状物的出口附近沿着该多个粒状物和/或块状物的移动方向以交错状具备多个用于控制所述多个粒状物和/或块状物的移动方向的导流件,且将所述生物质供给至在所述导流件附近移动的所述多个粒状物和/或块状物来实行热裂解。

6. 权利要求1~4中任一项所述的气化装置,其中,在所述生物质热裂解区中,从所述隔板的所述多个粒状物和/或块状物的出口附近沿着该多个粒状物和/或块状物的移动方向以交错状具备2~5个用于控制所述多个粒状物和/或块状物的移动方向的导流件,且将所述生物质供给至在所述导流件附近移动的所述多个粒状物和/或块状物来实行热裂解。

7. 权利要求1~4中任一项所述的气化装置,其中,在所述生物质热裂解区中,从所述隔板的所述多个粒状物和/或块状物的出口附近沿着所述多个粒状物和/或块状物的移动方向以交错状具备2~5个用于控制所述多个粒状物和/或块状物的移动方向的导流件,且将所述生物质供给至在所述导流件的最上段附近移动的所述多个粒状物和/或块状物来实行热裂解。

8. 权利要求1~7中任一项所述的气化装置,其中,在所述生物质热裂解区和/或所述气体重整区具备蒸汽吹入口。

9. 权利要求1~8中任一项所述的气化装置,其中,在具备气体重整区和生物质热裂解区的所述容器的所述气体重整区的上部还具备用于预先加热多个粒状物和/或块状物的预热器。

10. 权利要求1~8中任一项所述的气化装置,其中,所述粒状物和/或块状物选自金属球和陶瓷球。

11. 权利要求1~10中任一项所述的气化装置,其中,所述生物质为选自植物系生物质、生物系生物质、生活垃圾以及食品废弃物中的生物质资源。

生物质的气化装置

技术领域

[0001] 本发明涉及生物质的气化装置,更详细而言,涉及具备将生物质进行热裂解的生物质热裂解区和将上述生物质热裂解区中产生的气体与蒸汽混合来进行重整的气体重整区的气化装置。

背景技术

[0002] 以 2011 年 3 月 11 日发生的东日本大地震为起源,其后,从安全性等的观点出发,终止了多个核能发电设备的运转。与此相伴,担心电力供给不足,作为核能发电的替代,太阳能发电、风力发电、地热发电、水力发电、潮汐发电、生物质发电等基于可再生能源的发电设备逐渐受到关注。这些之中,太阳能发电、风力发电和潮汐发电作为暂时的电力供给源而备受期待,但其发电量不稳定,因此无法期待其作为稳定的电力供给设备。另外,关于水力发电和潮汐发电,如果是小规模设备则可预计某种程度的需求,但存在用于建设大规模设备的设置场所受限的问题。

[0003] 另一方面,由于东日本大地震的影响所导致的房屋倒塌、森林毁坏等,大量产生了建筑系木质废料、森林倒树、废林地残留材料、疏伐材等木质系生物质。为了有效利用这些木质系生物质,对木质系生物质发电设备的期待正在提高。除此之外,还期待在该发电设备中扩大对木质系生物质以外的生物质的利用。

[0004] 木质系生物质发电设备有直接燃烧发电方式和气化发电方式。直接燃烧发电方式是将生物质燃烧并利用其燃烧热来产生蒸汽,从而利用蒸汽涡轮进行发电的方式。该方式中,能够大量处理生物质,但存在发电效率低这一问题。气化发电方式是将生物质进行热裂解,根据需要进一步实施热重整或蒸汽重整来制造高热量气体的方式。根据该方式,其效率高、与直接燃烧发电方式相比能够将生物质量抑制为低。但是,该方式中,需要将生物质均匀地热裂解,且存在由热裂解时产生的焦油导致装置故障的产生这一问题。

[0005] 为了解决上述气化发电方式中的问题,例如提出了如下的生物质气化装置,其中,在具备气化炉的生物质气化装置中,具有将生物质分级而得到特定粒径以下的生物质的细粒物的重量比率在特定值以下的粒度分布调节生物质的振动筛、以及将源自振动筛的粒度分布调节生物质供给至气化炉的生物质供给装置,所述气化炉从立式的气化炉的上部供给生物质而在该气化炉内形成生物质的填充移动层,从该气化炉的下部供给气化剂,使填充移动层下降的生物质与上升的气化剂对向接触并进行热裂解,从而得到生成气体(专利文献 1)。根据该气化装置,能够形成填充移动层内的均匀高温气体的上升流、且能够降低填充移动层的压力损失、能够维持稳定的气化。但是,无法证明所供给的生物质被均匀地热裂解。另外,需要获得上述那样的粒度分布调节生物质,必须设置用于该目的的装置,导致成本增加。

[0006] 作为从热裂解气体中去除焦油的装置,例如提出了在由生物质生成的燃料气体的流通路径中设置蓄热体的生物质气化系统的燃料气体重整装置,所述蓄热体形成为使该燃料气体流通的多孔状,且经加热而蓄积 1100℃ 以上的热(专利文献 2)。该装置在燃料气体

通过上述蓄热体时,使焦油燃烧而去除。但是,该设备不仅繁杂,而且运转操作也变得繁杂。另外,使焦油燃烧时,担心燃料气体的一部分也会燃烧而损失。作为从热裂解气体中去除焦油的其它装置,例如提出了如下的生物质热裂解气体中的焦油去除装置,其为从对生物质原料进行热裂解处理而得到的热裂解气体中去除焦油的装置,从上述热裂解气体的流动方向上游向下游依次设置有:对该热裂解气体进行压缩处理的压缩装置;以及对压缩处理后的该热裂解气体进行冷却处理的冷却装置(专利文献3)。根据该装置,能够有效地去除焦油的主成分、即例如糠醛、邻甲氧基苯酚、苯酚等。但是,由于需要压缩和冷却,因此存在压缩和冷却所需的设备成本、运转成本这一缺点。另外,作为其它装置,例如提出了如下的热裂解气化系统,其为下水污泥、木质生物质等生物质的热裂解气化系统,具备热裂解气化炉、在该热裂解气化炉的下游侧设置的燃烧炉、以及在前述热裂解气化炉与前述燃烧炉之间设置的配管、连接于前述配管而用于将被制成非活性气体与氧气的混合气体的氧化剂供给至前述配管的氧化剂供给口、用于将前述氧化剂的氧气浓度调整至5体积%以上且13体积%以下的氧化剂调整部、用于加热前述配管的内壁的加热部、用于计测要通过前述配管的内侧的气体温度的气体温度检测部、以及用于控制前述气温度的气体温度控制部(专利文献4)。在该热裂解气化系统中,使设置在热裂解气化炉与燃烧炉之间的配管的内壁上附着的热裂解附着物、例如焦油燃烧并去除。该系统的目的在于短时间内安全地去除源自生物质的热裂解附着物,但要进行燃烧处理,因此无法实现由生物质的热裂解产生的焦油的有效利用。

[0007] 作为实现有效地利用由生物质的热裂解产生的焦油的装置,例如提出了如下的木质生物质气体重整系统,其为木质生物质气体的重整系统,具有热裂解炉、重整反应器以及发动机,该热裂解炉将所投入的木质生物质进行热裂解,该重整反应器从上部供给通过该热裂解炉的热裂解而得到的碳化物颗粒,同时从下部供给通过该热裂解炉的热裂解而得到的生成气体,由此,该生成气体中含有的焦油蒸汽被重整为氢气、甲烷、一氧化碳等,该发动机将该生成气体的重整气体用作燃料(专利文献5)。根据该系统,有效地利用热裂解残渣即碳化物颗粒(碳),并将焦油进行水蒸汽重整来制造氢气、甲烷、一氧化碳等,因此可期待气化效率的进一步提高。但是,该系统中,除了热裂解炉之外还需要重整反应器。另外,需要向重整反应器供给碳化物颗粒(碳)的设备、热裂解气体的循环设备、氧气或空气和水的供给装置。作为实现焦油的有效利用的其它装置,例如提出了如下的生物质碳化·气体系统,其为将木质系生物质、都市垃圾等废弃物系生物质以及它们的混合生物质等生物质燃料进行热裂解、碳化、进而气化的生物质碳化·气化系统,具备将前述生物质燃料加热而生成碳化物的碳化装置、由将该碳化物气化的高温气化部以及对包含碳化物生成时挥发出的焦油的可燃性热裂解气体进行重整的气体重整部构成的2段式气化炉、将前述碳化物供给至前述气化炉的高温气化部的碳化物供给手段、用于将前述碳化装置中生成的可燃性热裂解气体送入前述气化炉的气体重整部的热裂解气体流路、以及在通常时刻向前述高温气化部供给气化剂并且在前述气化炉的出口温度达到一定温度以下的情况下或存在该可能的情况下向前述气体重整部供给含氧气的气化剂的气化剂供给单元(专利文献6)。根据该系统,存在焦油产生量降低、另外通过基于变换反应的重整而能够获得高热量气体的可能。另外,能够连续地实施热裂解和热裂解气体的重整、以及焦油的裂解,可以认为其是有效的系统。但是,需要事先将生物质进行碳化,另外,作为氧化剂需要吹入空气,因此存在气化效率

降低这一问题。

[0008] 作为木质系生物质等有机物质的气化方法,公开了使用热负载介质(热载体)的方法。例如提出了如下方法:其为由有机物质和物质混合物制造具有高放热量的产物气体的方法,其中,循环的热负载介质通过加热带区域、反应带区域、热裂解带区域以及分离工序,接着返回至加热带区域,此时,使有机物质或物质混合物与在热裂解带区域中加热了的热负载介质接触,从而分离成固体的含碳残留物和作为挥发性相的热裂解气体,在通过热裂解带区域后,将固体的含碳残留物在分离工序中从热负载介质中分离,将热裂解气体与作为反应介质的水蒸汽混合,进一步加热,以使通过交换在反应带区域中加热了的热负载介质所包含的一部分热来生成具有高放热量的产物气体,在该由有机物质和物质混合物制造具有高放热量的产物气体的方法中,将水蒸汽在热裂解带区域中与热裂解气体混合,将全部的固体的含碳残留物供给至其它燃烧装置,在此处进行燃烧,使该燃烧装置中的热排气穿过在加热带区域中存在的热负载介质的堆积,此时,大部分的显热被赋予至热负载介质(专利文献 7)。在该方法中,在刚刚从热裂解反应器中放出后,分离出包含热裂解焦炭和热负载介质的混合物,将所得热裂解焦炭用燃烧装置进行燃烧,利用由此产生的显热,在加热带区域内加热热负载介质,由此,以低成本来获得放热量高的产物气体。另外,其特征在于,以具备热裂解带区域的热裂解器和具备反应带区域的气体重整器各自独立地存在作为基本,由此,能够构成串联连接型和并联连接型中的任一种。另外,为了维持加热带区域的预热器中的热负载介质(热载体)的加热效率、实现生成气体的品质稳定化,提出了对上述方法的预热器进行改进的系统(专利文献 8)。但是,即使在使用了这些热负载介质(热载体)的方法和系统中,也无法充分地规避由热裂解时产生的焦油所导致的故障。

[0009] 现有技术文献

专利文献

专利文献 1:日本专利特开 2011-231193 号公报

专利文献 2:日本专利特开 2005-60533 号公报

专利文献 3:日本专利特开 2008-37902 号公报

专利文献 4:日本专利特开 2011-68859 号公报

专利文献 5:日本专利特开 2010-126595 号公报

专利文献 6:日本专利特开 2011-68893 号公报

专利文献 7:日本专利特许 4264525 号公报

专利文献 8:日本专利特开 2011-144329 号公报。

发明内容

[0010] 发明要解决的课题

本发明提供一种装置,其能够显著减轻由生物质的热裂解产生的焦油和煤渣等所导致的故障,同时不仅能够使所产生的焦油的气化率达到最大化,还能够以高热效率和低成本由生物质来制造含氢气体。

[0011] 用于解决问题的手段

在利用热负载介质(热载体)所带有的热将生物质进行热裂解且对所产生的气体进行重整的现有方法中,生物质被热载体层包埋并被加热,因此能够使生物质较均匀地热裂解,

但无法规避由热裂解时产生的焦油和煤渣等所导致的操作上的故障。在现有方法中,热载体被预先加热至特定温度并被导入至热裂解气体重整器中,此处,该热载体与从生物质热裂解器中导入的热裂解气体以及蒸汽接触,热裂解气体被蒸汽重整从而作为制品而被取出。另一方面,热载体通入配管内而下降,被导入至生物质热裂解器中而发生生物质的热裂解。由生物质的热裂解而产生的气体在配管内上升而被导入至热裂解气体重整器中,但该热裂解气体含有焦油和煤渣等,因此这些焦油和煤渣等附着于通往热裂解气体重整器的导入配管的内壁和阀等,有时还会固结与该热裂解气体对流接触的热载体而引起堵塞配管这一问题。为了解决该问题,可以考虑增大导入配管的直径。但是,该手段中,即使能够单纯地延长截止至堵塞为止的时间,但无法成为本质上的解决手段。另外,为了解决热载体在配管内堵塞的问题,可以考虑将热裂解气体上升的配管和热载体下降的配管分开的手段,但即使利用该手段,也无法规避由焦油和煤渣附着于热裂解气体会上升的配管内壁和阀等所导致的堵塞故障等。加之,这样设置各自的配管的方法中,装置和操作变得繁杂。

[0012] 本发明人等为了解决焦油和煤渣等附着于通往热裂解气体重整器的导入配管内壁和阀等、有时还固结与该热裂解气体对流接触的热载体从而导致堵塞这一问题,考虑了是否能够去除这些导入配管和阀等,并在一个容器中设置生物质热裂解区和热裂解气体重整区。但是,若要在一个容器的下部设置生物质热裂解区并在上部设置热裂解气体重整区,并且将下部设定为热裂解温度即例如 550℃,另外将上部设定为气体重整温度即例如 950℃时,产生了热风在该容器内部发生自然对流、容器内部的温度均匀化这一问题。因此,难以在一个容器中设置生物质热裂解区和热裂解气体重整区。为了解决该问题,本发明人等想到了在容器内部填充热载体。即,如果用热载体来填充容器内部,则能够抑制热风在容器内部的自然对流。但是,这样地填充热载体时,不容易将生物质导入至容器下部的生物质热裂解区。另一方面,导入至容器上部时,生物质仅会被热裂解,所产生的气体不会被重整,从而无法达成该装置原本的目的。

[0013] 因而,本发明人等为了解决这些问题而进一步进行了研究。其结果,若在容器内部的热载体的流路中设置隔板,则能够成功地将热载体适当地分配和填充至容器的上部和下部,而且,由此能够抑制热风在容器内部的自然对流,并且不仅能够获取热载体所带有的热量与放热量的平衡,能够在一个容器中设置生物质热裂解区和热裂解气体重整区,而且能够利用隔板的存在而在生物质热裂解区的上部设置空间,能够有效地将生物质从该空间导入至生物质热裂解区,从而完成了本发明。

[0014] 即,本发明为气化装置,其特征在于,其具备:

(1) 将生物质在非氧化性气体气氛下或非氧化性气体与蒸汽的混合气体气氛下加热的生物质热裂解区;以及,将在上述生物质热裂解区中产生的气体在蒸汽的存在下加热的气体重整区,并且,使预先加热了的多个粒状物和/或块状物从上述气体重整区向上述生物质热裂解区依次移动,利用上述多个粒状物和/或块状物所带有的热来实行由生物质的热裂解而产生的气体的重整和生物质的热裂解,在该气化装置中,上述生物质热裂解区与上述气体重整区以上述气体重整区位于上述生物质热裂解区的上方的方式存在于一个容器中,且在上述生物质热裂解区与上述气体重整区之间具备至少 1 片隔板。

[0015] 作为优选的方式,可列举出:

(2) 上述(1)所述的气化装置,其中,在上述生物质热裂解区与上述气体重整区之间具

备 1 片或 2 片隔板；

(3) 上述(1)或(2)所述的气化装置,其中,上述生物质热裂解区具备至少 1 片隔板；

(4) 上述(1)或(2)所述的气化装置,其中,上述生物质热裂解区具备 1~5 片隔板；

(5) 上述(1)或(2)所述的气化装置,其中,上述生物质热裂解区具备 1 片或 2 片隔板；

(6) 上述(1)~(5)中任一项所述的气化装置,其中,上述隔板在隔板内具备开口部,和/或,在隔板与容器内壁之间具备间隙,上述多个粒状物和/或块状物穿过该开口部和/或间隙从上述气体重整区向上述生物质热裂解区依次移动；

(7) 上述(1)~(5)中任一项所述的气化装置,其中,上述隔板在隔板内具备开口部,上述多个粒状物和/或块状物穿过该开口部从上述气体重整区向上述生物质热裂解区依次移动；

(8) 上述(1)~(7)中任一项所述的气化装置,其中,在上述生物质热裂解区的上方具备至少 1 个生物质供给口；

(9) 上述(1)~(7)中任一项所述的气化装置,其中,在上述生物质热裂解区的上方具备 1~5 个生物质供给口；

(10) 上述(1)~(7)中任一项所述的气化装置,其中,在上述生物质热裂解区的上方具备 1~3 个生物质供给口；

(11) 上述(1)~(7)中任一项所述的气化装置,其中,在上述生物质热裂解区的上方具备 1~2 个生物质供给口；

(12) 上述(1)~(11)中任一项所述的气化装置,其中,在上述生物质热裂解区中,从上述隔板的上述多个粒状物和/或块状物的出口附近沿着上述多个粒状物和/或块状物的移动方向以交错状具备多个用于控制上述多个粒状物和/或块状物的移动方向的导流件,且将上述生物质供给至在上述导流件附近移动的上述多个粒状物和/或块状物来实行热裂解；

(13) 上述(1)~(11)中任一项所述的气化装置,其中,在上述生物质热裂解区中,从上述隔板的上述多个粒状物和/或块状物的出口附近沿着上述多个粒状物和/或块状物的移动方向以交错状具备 2~5 个用于控制上述多个粒状物和/或块状物的移动方向的导流件,且将上述生物质供给至在上述导流件附近移动的上述多个粒状物和/或块状物来实行热裂解；

(14) 上述(1)~(11)中任一项所述的气化装置,其中,在上述生物质热裂解区中,从上述隔板的上述多个粒状物和/或块状物的出口附近沿着上述多个粒状物和/或块状物的移动方向以交错状具备 2~3 个用于控制上述多个粒状物和/或块状物的移动方向的导流件,且将上述生物质供给至在上述导流件附近移动的上述多个粒状物和/或块状物来实行热裂解；

(15) 上述(12)~(14)中任一项所述的气化装置,其中,将上述生物质供给至在上述导流件的最上段附近移动的上述多个粒状物和/或块状物来实行热裂解；

(16) 上述(1)~(15)中任一项所述的气化装置,其中,在选自上述生物质热裂解区、上述气体重整区、以及上述气体重整区与上述生物质热裂解区之间中的一个以上位置具备蒸汽吹入口；

(17) 上述(1)~(15)中任一项所述的气化装置,其中,在上述生物质热裂解区和/或

上述气体重整区具备蒸汽吹入口；

(18) 上述(1)~(15)中任一项所述的气化装置,其中,在上述生物质热裂解区具备蒸汽吹入口；

(19) 上述(16)~(18)中任一项所述的气化装置,其中,具备 2~4 个蒸汽吹入口；

(20) 上述(1)~(19)中任一项所述的气化装置,其中,在具备气体重整区和生物质热裂解区的上述容器的上述气体重整区的上部还具备用于预先加热多个粒状物和 / 或块状物的预热器；

(21) 上述(1)~(20)中任一项所述的气化装置,其中,在具备气体重整区和生物质热裂解区的上述容器的上述生物质热裂解区的下方具备上述多个粒状物和 / 或块状物的排出口；

(22) 上述(1)~(21)中任一项所述的气化装置,其中,上述粒状物和 / 或块状物选自金属球和陶瓷球；

(23) 上述(22)所述的气化装置,其中,金属球为不锈钢制；

(24) 上述(22)所述的气化装置,其中,陶瓷球由选自氧化铝、二氧化硅、碳化硅、碳化钨、氧化锆以及氮化硅中的一种以上材质构成；

(25) 上述(1)~(24)中任一项所述的气化装置,其中,上述生物质热裂解区中的气相温度为 400~700℃；

(26) 上述(1)~(24)中任一项所述的气化装置,其中,上述生物质热裂解区中的气相温度为 500~700℃；

(27) 上述(1)~(24)中任一项所述的气化装置,其中,上述生物质热裂解区中的气相温度为 550~650℃；

(28) 上述(1)~(27)中任一项所述的气化装置,其中,上述气体重整区中的气相温度为 700~1,000℃；

(29) 上述(1)~(27)中任一项所述的气化装置,其中,上述气体重整区中的气相温度为 850~950℃；

(30) 上述(1)~(27)中任一项所述的气化装置,其中,上述气体重整区中的气相温度为 880~930℃；

(31) 上述(1)~(30)中任一项所述的气化装置,其中,上述生物质为选自植物系生物质、生物系生物质、生活垃圾以及食品废弃物中的生物质资源。

[0016] 发明的效果

本发明的装置中,热裂解区中产生的热裂解气体向气体重整区移动时,不会通过配管内部。因此,不会发生与热裂解气体相伴的焦油和煤渣等附着于配管内壁和阀等而产生的闭塞故障,另外,也不会发生热载体固结于配管内部而产生的闭塞故障。因此,能够长期稳定地连续作业。加之,热裂解气体会通过热载体层的内部而上升,因此与热裂解气体相伴的焦油和煤渣等能够有效地附着于热载体的表面,并因热载体的热而裂解。因此,气化效率会上升。另外,未裂解而残留的焦油和煤渣等会与热载体一起从容器下部被排出,因此能够有助于降低整体的故障。加之,在热裂解区与气体重整区之间热载体不会通过配管内部,因此热载体的热损失会显著降低、热效率得以改善。进而,不仅能够使装置整体变得紧凑化,而且能够削减装置材料的用量,能够实现成本的降低。

附图说明

[0017] 图 1 是示出在一个容器中具备生物质热裂解区和气体重整区的本发明的装置的一个实施方式的示意图。

[0018] 图 2 是示出在一个容器中具备生物质热裂解区和气体重整区的本发明的装置的一个实施方式的示意图。

[0019] 图 3 是示出在一个容器中具备生物质热裂解区和气体重整区的本发明的装置的一个实施方式的示意图。

[0020] 图 4 是示出在一个容器中具备生物质热裂解区和气体重整区的本发明的装置的一个实施方式的示意图。

[0021] 图 5 是示出在一个容器中具备生物质热裂解区和气体重整区的本发明的装置的一个实施方式的示意图。

[0022] 图 6 是模式性地示出在图 5 所示的装置的圆柱形隔板的侧面下部设置的热载体通路、以及从其出口附近沿着多个粒状物和 / 或块状物的移动方向以交错状具备的多个导流件、以及该导流件附近的多个粒状物和 / 或块状物和生物质的移动方向的说明图。

具体实施方式

[0023] 本发明的气化装置的特征在于,其具备:将生物质在非氧化性气体气氛下或非氧化性气体与蒸汽的混合气体气氛下加热的生物质热裂解区;以及,将在上述生物质热裂解区中产生的气体在蒸汽的存在下加热的气体重整区,并且,使预先加热了的多个粒状物和 / 或块状物从上述气体重整区向上述生物质热裂解区依次移动,利用上述多个粒状物和 / 或块状物所带有的热来实行由生物质的热裂解而产生的气体的重整和生物质的热裂解。此处,在本发明的气化装置中,上述生物质热裂解区与上述气体重整区以上述气体重整区位于上述生物质热裂解区的上方的方式、即以上述多个粒状物和 / 或块状物利用重力从上述气体重整区移动至上述生物质热裂解区的方式、且以上述生物质热裂解区中产生的热裂解气体直接流入气体重整区的方式存在于一个容器中,且上述生物质热裂解区与上述气体重整区之间具备至少 1 片、优选 1 片或 2 片隔板。此处,该隔板是为了分割上述生物质热裂解区和上述气体重整区而设置的。

[0024] 如上所述,通过在生物质热裂解区与气体重整区之间设置隔板,能够限制预先加热了的多个粒状物和 / 或块状物从气体重整区向生物质热裂解区下落并能够移动的空隙(热载体通路),由此,能够控制预先加热了的多个粒状物和 / 或块状物从气体重整区向生物质热裂解区下落并移动的速度。由此,能够使该多个粒状物和 / 或块状物在气体重整区和生物质热裂解区中分别以层的状态存在,且能够适当地维持气体重整区中的气体重整温度和生物质热裂解区中的热裂解温度。通过使多个粒状物和 / 或块状物形成层的状态,因生物质的热裂解而产生的气体穿过该层的内部,从而能够促进所产生的气体的进一步热裂解和其与蒸汽的反应,增加气体的产生量。另外,气体穿过该层内部时,焦油和煤渣等附着于多个粒状物和 / 或块状物的表面,并且所附着的焦油等会热裂解而能够有助于气体产生量的进一步增加。另外,通过具备隔板,能够在生物质热裂解区与气体重整区之间、即生物质热裂解区的上部且气体重整区的下部、即隔板的下部(在图 3 的装置中是隔板的左侧,在图

5 的装置中是隔板的下部和周围。) 形成期望的空间。由此, 能够从该空间向生物质热裂解区导入作为原料的生物质, 能够以特定的温度将生物质进行热裂解。另外, 可期待在该空间中实现因生物质的热裂解而产生的气体与蒸汽的良好混合。加之, 可期待因生物质的热裂解而产生的焦油和煤渣等附着于隔板、尤其是隔板的下表面, 且所附着的焦油的一部分与蒸汽反应而被气化, 不仅能够获得良好的焦油去除效果, 而且还可期待使重整气体的收率增加的效果。

[0025] 以下, 基于附图来说明本发明的气化装置。图 1 是在一个容器(1)中具备生物质热裂解区(A)和气体重整区(B)的本发明的装置的一个实施方式的示意图。图 1 的上图是从侧面观察容器内部时的示意图, 下图是从上方观察容器内部的隔板时的示意图。多个粒状物和 / 或块状物(3)、即热负载介质(热载体)被导入容器(1)中的气体重整区(B)之前, 预先在预热器(2)中加热。热载体(3)优选加热至 1,000~1,100℃、更优选加热至 1,050~1,100℃。不足上述下限时, 有时无法将由生物质的热裂解而产生的气体在气体重整区(B)中充分地重整。另一方面, 超过上述上限时, 仅赋予超额的热无法期待效果显著增加, 反而会招致成本变高。另外, 还会成为设备的热效率降低的原因。

[0026] 在预热器(2)中加热至上述特定温度的热载体(3)接着被导入位于具备生物质热裂解区(A)和气体重整区(B)的容器(1)上方的气体重整区(B)中。在气体重整区(B)中, 将生物质在位于容器(1)下方的生物质热裂解区(A)中热裂解而生成的、且在容器(1)中上升而被导入至气体重整区(B)的热裂解气体在蒸汽的存在下与热载体(3)接触而被加热。由此, 热裂解气体与蒸汽反应, 能够将热裂解气体重整为富含氢气的气体。此处, 用于气体重整的蒸汽在气体重整区(B)、或者气体重整区(B)与生物质热裂解区(A)之间[热载体通路(9)附近]、和 / 或、生物质热裂解区(A)处从蒸汽吹入口(6₁、6₂)被导入。气体重整区(B)中的气相温度的上限优选为 1,000℃、更优选为 950℃、进一步优选为 930℃, 下限优选为 700℃、更优选为 850℃、进一步优选为 880℃。不足上述下限时, 有时重整反应不会推进。另一方面, 即使超过上述上限, 也无法期待效果的显著增加, 加热热载体所需的热量增加, 招致成本变高。关于气体重整区(B)中的气相温度, 在上述更优选的下限值即 850℃以上时, 利用蒸汽进行的一氧化碳的重整变得显著, 在进一步优选的下限值即 880℃以上时, 利用蒸汽进行的甲烷的重整变得显著。因此, 为了有效地对一氧化碳和甲烷两者进行重整, 气体重整区(B)中的气相温度进一步优选为 880℃以上。气体重整区(B)中的气相温度的更优选上限为 950℃, 在该温度以下能够充分地重整热裂解气体, 为了实现燃料用量的削减, 进一步优选为 930℃以下。

[0027] 穿过了位于容器(1)上方的气体重整区(B)的热载体(3)接着穿过隔板(7)的热载体通路(9), 此处为穿过隔板(7)与容器内壁之间的间隙, 向位于容器(1)下方的生物质热裂解区(A)移动。在生物质热裂解区(A)中, 热载体(3)另行与从生物质供给口(4)向生物质热裂解区(A)供给的生物质(a)接触。另外, 分别从非氧化性气体供给口(5)和蒸汽吹入口(6₁)向生物质热裂解区(A)中供给非氧化性气体, 例如氮气和任意的蒸汽, 从而保持为非氧化性气体气氛或者非氧化性气体与蒸汽的混合气体气氛。并且, 通过热载体(3)与生物质(a)的接触, 生物质(a)被加热而热裂解, 生成热裂解气体。通过将生物质热裂解区(A)制成非氧化性气体气氛, 能够阻止生物质(a)的燃烧, 使生物质(a)高效地热裂解。所生成的热裂解气体在容器(1)中上升, 穿过隔板(7)的热裂解气体通路(8)[与上述热载体通路

(9) 相同], 从而被导入至上述气体重整区(B)。生物质热裂解区(A)中的气相温度的上限优选为 700℃、更优选为 650℃, 下限优选为 400℃、更优选为 500℃、进一步优选为 550℃。不足上述下限时, 有时生物质的热裂解不会推进。超过上述上限时, 会产生重质的焦油。这样的重质焦油无法利用蒸汽而充分地重整, 因此有时会因焦油而成为装置故障的原因。

[0028] 上述生物质热裂解区(A)中的生物质(a)的热裂解和气体重整区(B)中的热裂解气体的重整所需的热大多由预先加热至上述温度的多个粒状物和 / 或块状物、即热负载介质(热载体)所带有的热来供给。热载体(3)的向容器(1)中的导入和热载体(3)的从容器(1)中的去除例如使用在配管上下各具备一个、共计具备两个阀的所谓 2 段式阀(未图示)来进行。若简单地说明该 2 段式阀的操作, 则预先关闭上下两个阀, 首先打开上面的阀而使热载体(3)下落至配管内部, 向下面的阀与上面的阀之间填充热载体(3)。接着, 通过关闭上面的阀并打开下面的阀, 将填充在两个阀之间的热载体(3)导入至容器(1)中或者从容器(1)中取出。通过重复这样的阀操作, 热载体(3)基本上连续地被导入至容器(1), 且基本上连续地从容器(1)中被取出。该导入和取出方式是一个例子, 不限于该方式。通过控制热载体(3)的向容器(1)中的导入速度和热载体(3)的从容器(1)中的取出速度, 能够使生物质热裂解区(A)和气体重整区(B)中形成热载体层, 并且将该层的厚度(滞留量)控制为适当的值, 且将生物质热裂解区(A)和气体重整区(B)的气相温度控制为上述特定温度。此处, 从容器(1)中取出热载体(3)的速度过快时, 生物质热裂解区(A)和气体重整区(B)的气相温度变高, 另一方面, 取出速度过慢时, 热载体(3)会放热, 生物质热裂解区(A)的气相温度变低。热载体(3)的在容器(1)中的供给速度和取出速度依赖于作为原料的生物质(a)的供给量及其种类、以及生物质(a)的水分和灰分量等, 但通常相对于生物质(a)的供给量来确定。通常被设定为干燥原料、即干燥生物质(a)的在容器(1)中的供给速度的 5~60 质量倍。优选设定为干燥生物质(a)的在容器(1)中的供给速度的 5~30 质量倍, 更优选设定为 10~20 质量倍。不足上述下限时, 无法供给用于使生物质(a)热裂解所需的热量。另一方面, 超过上述上限时, 仅会使热载体(3)的供给量变得过剩, 因此, 必须将容器(1)扩大至必要以上, 另外, 热载体(3)的加热需要多于的热量。

[0029] 容器(1)中的压力的上限优选为 104.33kPa、更优选为 102.33kPa, 下限优选为 100.33kPa、更优选为 101.23kPa。超过上述上限时, 有时所生成的热裂解气体从生物质供给口(4)倒流而向容器(1)的外部泄露。另一方面, 不足上述下限时, 有时所生成的热裂解气体不会在气体重整区(B)中的热载体(3)的层内部均匀地分散并穿过, 热裂解气体和与其相伴的焦油等不会被充分地重整。

[0030] 如上所述那样, 蒸汽吹入口(6₁、6₂)优选设置在气体重整区(B)、或者气体重整区(B)与生物质热裂解区(A)之间、和 / 或、生物质热裂解区(A)。设置于生物质热裂解区(A)时, 尤其优选设置在生物质热裂解区(A)的下部。由此, 能够将导入至容器(1)中的蒸汽通过与热载体(3)的接触而有效地加热, 并且, 不仅能够延长其与由生物质的热裂解而产生的气体的接触时间, 还能够延长其与热载体(3)的接触时间, 作为结果, 能够有效地实施热裂解气体和附着于热载体的焦油等的重整。在图 1 中, 蒸汽吹入口在气体重整区(B)的下部(6₂)和生物质热裂解区(A)的下部(6₁)处分别设置一个、共计设置两个, 但不限于此。蒸汽吹入口可以在各个部位优选地设置多个, 更优选设置 2~4 个、进一步优选设置 4 个。要供给的蒸汽的温度没有特别限定, 优选为 130~200℃、更优选为约 160℃。另外, 可优选地使用

500~600℃的过热蒸汽。例如,供给更优选的约 160℃的蒸汽时,优选的是,以蒸汽的供给量与作为原料的生物质的供给量大致相等地进行供给。

[0031] 上述生物质供给口(4)设置在能够有效地向生物质热裂解区(A)中供给生物质(a)的位置即可。优选设置在生物质热裂解区(A)的上方、即隔板(7)的下方且滞留在生物质热裂解区(A)中的热载体(3)的层的上方空间。由此,能够使生物质(a)与热载体(3)的接触时间变得适当,能够使生物质(a)充分地热裂解。图1中,生物质供给口(4)记载为1个,但限于此。生物质供给口(4)可以优选地设置1个以上、更优选设置1~5个、进一步优选设置1~3个、进而更优选设置1或2个。通过设置多个生物质供给口(4),也能够从各自的供给口同时供给性状不同的生物质。

[0032] 生物质热裂解区(A)中的生物质(a)的滞留时间优选为10~60分钟、更优选为20~40分钟、进一步优选为25~35分钟。不足上述下限时,无法向生物质均匀地传导热,无法进行均匀的热裂解,因此热裂解气体的产生量降低。另一方面,即使超过上述上限,也不会发现效果的显著增加,反而会招致设备成本的增加。此处,生物质热裂解区(A)中的生物质(a)的滞留时间可根据热载体(3)的移动速度和生物质供给量来适当地调节。另外,气体重整区(B)中的气体的滞留时间优选为1~10秒、更优选为2~5秒。气体重整区(B)中的气体的滞留时间可以根据热载体(3)的移动速度和填充量、蒸汽供给量以及预定的热裂解气体量来设定。

[0033] 如上那样操作,穿过了气体重整区(B)、接着穿过生物质热裂解区(A)的热载体(3)与生物质的热裂解残渣(焦炭,char)、附着于热载体而未热裂解的残留微量焦油和煤渣等一起从容器(1)的底部被排出。包含所排出的热载体(3)的排出物的处理通过现有公知的方法来实施。例如可以采用上述专利文献7和8中记载的方法和装置。热载体(3)再次被返回至预热器(2)中而供给至容器(1)。

[0034] 多个粒状物和/或块状物(3)、即热负载介质(热载体)优选由选自金属和陶瓷中的一种以上材质构成。作为金属,优选选自铁、不锈钢、镍合金钢、以及钛合金钢,更优选选择不锈钢。另外,作为陶瓷,选自氧化铝、二氧化硅、碳化硅、碳化钨、氧化锆以及氮化硅,更优选选择氧化铝。多个粒状物和/或块状物(3)的形状优选为球状(球),不一定需要是正球,也可以是剖面形状为椭圆形或长圆形的球状物。球状物的直径(最大径)优选为3~25mm、更优选为8~15mm。超过上述上限时,有时在容器(1)内部的流动性、即自由下落性会受损,由此,有时球状物在容器(1)内部静止而成为闭塞的原因。另一方面,不足上述下限时,有时球状物自身会因附着于球状物的焦油和煤渣等而固结,有时成为闭塞的原因。例如,球状物的直径不足3mm时,球状物会因附着于球状物的焦油和煤渣等的影响而附着于容器(1)的内壁,尤其担心其会使热裂解气体通路(8)和热载体通路(9)变窄,从而促进该通路的闭塞。另外,附着有焦油的球状物从容器(1)底部的阀被取出时,不足3mm的球状物轻,在此基础上附着了焦油,因此不会自然下落,固结在阀内部而助长闭塞。

[0035] 本发明的生物质是指所谓的生物质资源。此处,生物质资源是指植物系生物质、例如由林业中废弃的疏伐材、制材废材、修剪枝、林地残材、未利用树等;由农业废弃的蔬菜残渣和果树残渣等农作物、稻秆、麦秆和稻皮等;以及其它海洋植物、建筑系废木材等,生物系生物质、例如家畜排泄物和下水污泥所代表的生物系排泄物,以及尘垢等生活垃圾和食品废弃物等。本发明的装置优选适用于植物系生物质和生物系生物质的气化。

[0036] 图 2 是在一个容器(11)中具备生物质热裂解区(A)和气体重整区(B)的本发明的装置的另一个实施方式的示意图。图 2 的上图是从侧面观察容器内部时的示意图,下图是从上方观察容器内部的隔板时的示意图。多个粒状物和 / 或块状物(31)、即热负载介质(热载体)被导入容器(11)中的气体重整区(B)之前,预先在预热器(21)中与上述同样地加热至特定温度。在预热器(21)中加热至特定温度的热载体(31)接着被导入位于具备生物质热裂解区(A)和气体重整区(B)的容器(11)的上方的气体重整区(B)。在气体重整区(B)中,将生物质(a)在位于容器(11)下方的生物质热裂解区(A)中热裂解而生成的、且在设置于容器(11)的隔板(71)的热裂解气体通路(81)和热载体通路(91)中上升而被导入至气体重整区(B)的热裂解气体在蒸汽的存在下与热载体(31)接触而被加热。由此,热裂解气体与蒸汽反应,能够将热裂解气体重整为富含氢气的气体。此处,用于气体重整的蒸汽在气体重整区(B)、或者气体重整区(B)与生物质热裂解区(A)之间[热载体通路(91)附近]、和 / 或、生物质热裂解区(A)处从蒸汽吹入口(61₁、61₂)被导入。气体重整区(B)中的气相温度与上述相同。穿过了位于容器(11)上方的气体重整区(B)的热载体(31)接着穿过设置于容器(11)的隔板(71)的热载体通路(91)、此处为穿过隔板(71)与容器内壁之间的间隙而移动至位于容器(11)下方的生物质热裂解区(A)。在生物质热裂解区(A)中,热载体(31)另行与从生物质供给口(41)向生物质热裂解区(A)供给的生物质(a)接触。另外,分别从非氧化性气体供给口(51)和蒸汽供给口(61₁)向生物质热裂解区(A)中供给非氧化性气体、例如氮气和任意的蒸汽,从而保持为非氧化性气体气氛或者非氧化性气体与蒸汽的混合气体气氛。并且,通过热载体(31)与生物质(a)的接触,生物质(a)被加热而热裂解,生成热裂解气体。通过将生物质热裂解区(A)制成非氧化性气体气氛,能够阻止生物质(a)的燃烧,使生物质(a)高效地热裂解。所生成的热裂解气体在容器(11)中上升,被导入至上述气体重整区(B)。生物质热裂解区(A)中的气相温度与上述相同。另外,上述生物质热裂解区(A)中的生物质(a)的热裂解和气体重整区(B)中的热裂解气体的重整所需的热大多由预先加热至上述温度的多个粒状物和 / 或块状物、即热负载介质(热载体)所带有的热来供给,且热载体(31)的向容器(11)中的导入和热载体(31)的向容器(11)中的取出与上述图 1 的装置同样操作来实施。

[0037] 图 3 是在一个容器(12)中具备生物质热裂解区(A)和气体重整区(B)的本发明的装置的另一个实施方式的示意图。其与图 1 和图 2 所示的装置不同,不在生物质热裂解区(A)的正上方配置气体重整区(B),而是隔着隔板(72)在生物质热裂解区(A)的右侧上方水平地配置气体重整区(B)。多个粒状物和 / 或块状物(32)夹着在气体重整区(B)与生物质热裂解区(A)之间设置的隔板(72)而在各区中形成了层。多个粒状物和 / 或块状物(32)、即热负载介质(热载体)被导入容器(12)中的气体重整区(B)之前,预先在预热器(22)中与上述同样地加热至特定温度。在预热器(22)中加热至特定温度的热载体(32)接着被导入位于具备生物质热裂解区(A)和气体重整区(B)的容器(12)的上方的气体重整区(B)中。在气体重整区(B)中,将生物质(a)在位于容器(12)的左侧下方的生物质热裂解区(A)中热裂解而生成的热裂解气体穿过设置于容器(12)的隔板(72)的下部存在的热裂解气体通路(82),此处为穿过隔板(72)与容器内壁之间的间隙,边与热载体接触边上升而被导入至气体重整区(B),被导入至气体重整区(B)的热裂解气体在蒸汽的存在下与热载体(32)接触而被加热。由此,热裂解气体与蒸汽反应,能够将热裂解气体重整为富含氢气的气体。此

处,用于气体重整的蒸汽在气体重整区(B)、或者气体重整区(B)与生物质热裂解区(A)之间[热载体通路(92)附近]、和/或、生物质热裂解区(A)处从蒸汽吹入口(62₁、62₂)被导入。气体重整区(B)中的气相温度与上述相同。穿过了位于容器(12)右侧上方的气体重整区(B)的热载体(32)接着穿过设置于容器(12)的隔板(72)下部存在的热载体通路(92)[与上述热裂解气体通路(82)相同。]而移动至位于容器(12)左侧下方的生物质热裂解区(A)。在生物质热裂解区(A)中,热载体(32)另行与从生物质供给机(42)向生物质热裂解区(A)供给的生物质(a)接触。另外,非氧化性气体、例如氮气从非氧化性气体供给口(未图示)被导入至生物质供给机(42),与生物质(a)一起被供给至生物质热裂解区(A)。另外,蒸汽任意地从蒸汽供给口(62₁)被供给,从而保持为非氧化性气体气氛或者非氧化性气体与蒸汽的混合气体气氛。并且,通过热载体(32)与生物质(a)的接触,生物质(a)被加热而热裂解,生成热裂解气体。通过将生物质热裂解区(A)制成非氧化性气体气氛,能够阻止生物质(a)的燃烧,使生物质(a)高效地热裂解。所生成的热裂解气体在容器(12)中上升,被导入至上述气体重整区(B)。生物质热裂解区(A)中的气相温度与上述相同。该装置中设置有两台生物质原料供给机(42),能够同时地投入两种不同的生物质(a)。另外,上述生物质热裂解区(A)中的生物质(a)的热裂解和气体重整区(B)中的热裂解气体的重整所需的热大多由预先加热至上述温度的多个粒状物和/或块状物(32)、即热负载介质(热载体)所带有的热来供给,且热载体(32)的向容器(12)中的导入和热载体(32)的向容器(12)中的取出与上述图1的装置同样操作来实施。

[0038] 图4是在一个容器(13)中具备生物质热裂解区(A)和气体重整区(B)的本发明的装置的一个实施方式的示意图。该装置与图1和图2所示的装置不同,在生物质热裂解区(A)与气体重整区(B)之间、以及生物质热裂解区(A)中各具备1片、共计2片隔板(73₁、73₂)。此处,2片隔板(73₁、73₂)之中,设置于容器(13)上方的隔板(73₁)用于在容器(13)中分割生物质热裂解区(A)和气体重整区(B),另一方面,设置于容器(13)下方的隔板(73₂)用于将生物质热裂解区(A)进一步分成两个部分(A₁、A₂)。并且,在该装置中,具备4个(43₁、43₂、43₃、43₄)原料生物质的供给口,能够同时投入不同种类的多种生物质。另外,生物质投入口各用两个隔板(73₂)进行分隔,其结果,能够将生物质的生物质热裂解区(A)中的滞留时间(热裂解时间)设定为两种,能够同时地供给热裂解反应速度不同的生物质。多个粒状物和/或块状物(33)被隔板(73₁)分成气体重整区(B)和生物质热裂解区(A),分别形成层,进而生物质热裂解区(A)被隔板(73₂)分隔成两个,在一个容器(13)中形成了一个气体重整区(B)和两个生物质热裂解区(A₁、A₂)。此处,设置于气体重整区(B)和生物质热裂解区(A)的隔板的数量不限于于此,进而还能够设置多个隔板而进一步细细地分隔气体重整区(B)和生物质热裂解区(A)。多个粒状物和/或块状物(33)、即热负载介质(热载体)被导入容器(13)中的气体重整区(B)之前,预先在预热器(23)中与上述同样地被加热至特定温度。在预热器(23)中加热至特定温度的热载体(33)接着被导入位于具备生物质热裂解区(A)和气体重整区(B)的容器(13)上方的气体重整区(B)。在气体重整区(B)中,将生物质(a)在位于容器(13)下部的生物质热裂解区(A₁、A₂)中热裂解而生成的热裂解气体穿过由设置于容器(13)的隔板(73₁)形成的热裂解气体通路(83),边与热载体接触边导入至气体重整区(B),该热裂解气体和蒸汽与热载体(33)接触而被加热。由此,热裂解气体与蒸汽反应,能够将热裂解气体重整为富含氢气的气体。此处,用于气体重整的蒸汽在生物质热裂解

区(A₁、A₂)处由蒸汽吹入口(63₁、63₂)被导入。在图4中,如上所述那样,蒸汽吹入口(63₁、63₂)均存在于生物质热裂解区,也可以设置于气体重整区(B)、或者气体重整区(B)与生物质热裂解区(A₁)之间[热载体通路(93)附近]。气体重整区(B)中的气相温度与上述相同。穿过了位于容器(13)上方的气体重整区(B)的热载体(33)接着穿过设置于容器(13)的隔板(73₁)与容器内壁的间隙即热载体通路(93)[与上述热裂解气体通路(83)相同。]而移动至位于容器(13)下部的生物质热裂解区(A₁)。在生物质热裂解区(A₁、A₂)中,热载体(33)另行与从生物质供给口(43₁、43₂、43₃、43₄)向生物质热裂解区(A₁、A₂)供给的生物质接触。另外,分别从非氧化性气体供给口(53)和蒸汽供给口(63₁、63₂)向生物质热裂解区(A₁、A₂)供给非氧化性气体、例如氮气和任意的蒸汽,从而保持为非氧化性气体气氛或者非氧化性气体与蒸汽的混合气体气氛。并且,通过热载体(33)与生物质(a)的接触,生物质(a)被加热而热裂解,生成热裂解气体。通过将生物质热裂解区(A₁、A₂)制成非氧化性气体气氛,能够阻止生物质(a)的燃烧,使生物质(a)高效地热裂解。所生成的热裂解气体在容器(13)中上升,被导入至上述气体重整区(B)。生物质热裂解区(A₁、A₂)中的气相温度与上述相同。此处,生物质热裂解区(A₁、A₂)的气相温度是相同的,或者将生物质热裂解区(A₂)的气相温度设定得比生物质热裂解区(A₁)的气相温度高。另外,上述的生物质热裂解区(A₁、A₂)中的生物质(a)的热裂解和气体重整区(B)中的热裂解气体的重整所需的热大多由预先加热至上述温度的多个粒状物和/或块状物(33)、即热负载介质(热载体)所带有的热来供给,且热载体(33)的向容器(13)中的导入和热载体(33)从向容器(13)中的取出与上述图1的装置同样操作来实施。

[0039] 图5是在一个容器(14)中具备生物质热裂解区(A)和气体重整区(B)的本发明的装置的一个实施方式的示意图。图5的上图是从侧面观察容器内部时的示意图,下图是以X-X'线切断时从上方观察容器内部的隔板时的示意图。该装置与图1和图2所示的装置不同,具有如下形态:生物质热裂解区(A)与气体重整区(B)利用圆柱形的隔板(74)而分隔开、且生物质热裂解区(A)隔着圆柱形隔板(74)包围气体重整区(B)。在圆柱形隔板(74)的下部沿着圆周方向设置有4处开口部、即热载体通路(94)。此处,热载体通路(94)的数量和大小没有特别限定,可依赖于装置自身的尺寸、生物质处理量、多个粒状物和/或块状物的尺寸等来适当决定。多个粒状物和/或块状物(34)、即热负载介质(热载体)被导入容器(14)中的气体重整区(B)之前,预先在预热器(24)中与上述同样地加热至特定温度。在预热器(24)中被加热至特定温度的热载体(34)接着被导入位于具备生物质热裂解区(A)和气体重整区(B)的容器(14)上方的气体重整区(B)。在气体重整区(B)中,将生物质(a)在位于容器(14)下方的生物质热裂解区(A)中热裂解而生成的、在设置于容器(14)的圆柱形隔板(74)的热裂解气体通路(84)和热载体通路(94)上升、主要是在设置于圆柱形隔板(74)底面的热裂解气体通路(84)上升而被导入至气体重整区(B)的热裂解气体在蒸汽的存在下接触热载体(34)而被加热。由此,热裂解气体与蒸汽反应,能够将热裂解气体重整为富含氢气的气体。此处,用于气体重整的蒸汽在生物质热裂解区(A)处由蒸汽吹入口(64)被导入。另外,蒸汽也可以直接导入至气体重整区(B)中。气体重整区(B)中的气相温度与上述相同。

[0040] 穿过了位于容器(14)上方的气体重整区(B)的热载体(34)接着穿过设置在圆周方向上的开口部、即热载体通路(94)而移动至位于容器(14)下方的生物质热裂解区(A)、

设置于容器(14)的圆柱形隔板(74)侧面下部。图6是模式性地示出在图5所示装置的圆柱形的隔板(74)侧面下部设置的热载体通路(94)、以及从其出口附近沿着上述多个粒状物和/或块状物(34)的移动方向以交错状具备的多个导流件(c)、以及该导流件(c)附近的多个粒状物和/或块状物(34)和生物质(a)的移动方向的说明图。在该实施方式中,热载体通路(94)呈现大致梯形的形状,设置一定间隔而沿着圆周方向设置在圆柱形隔板(74)的侧面下部。热载体通路(94)的形状没有特别限定,除了梯形之外,也可以为半圆形、三角形等。热载体通路(94)的尺寸尤其依赖于多个粒状物和/或块状物(34)的尺寸,其宽度和高度优选为多个粒状物和/或块状物(34)中的1个的尺寸的10倍以上。在生物质热裂解区(A)中的热载体通路(94)的下方,从热载体通路(94)的出口附近沿着上述多个粒状物和/或块状物(34)的移动方向、即朝向下方以交错状具备多个、优选具备2~5段导流件(c)。在图5和图6中,导流件(c)以交错状图示出2段。在该方式中,导流件(c)的剖面用垂直于其长度方向的平面切断时,如图6所示那样为大致三角形。其中,导流件的剖面不限于于此,只要能够实现与多个粒状物和/或块状物(34)和生物质(a)相同的移动状态即可,例如也可以是向上侧突出的圆弧状的形状等。如图6所示那样,从热载体通路(94)向生物质热裂解区(A)中移动的粒状物和/或块状物(34)利用导流件(c)来控制其移动方向,由此,交互地制作由粒状物和/或块状物(34)堆积而成的部位和凹陷的部位。

[0041] 另一方面,成为原料的生物质(a)另行从生物质供给口(44)主要供给至生物质热裂解区(A)中的上述粒状物和/或块状物(34)凹陷的部位。并且,所供给的生物质(a)以被粒状物和/或块状物(34)卷入的方式进行接触,并且在生物质热裂解区(A)中向下方移动。另外,分别从非氧化性气体供给口(54)和蒸汽供给口(64)向生物质热裂解区(A)供给非氧化性气体、例如氮气和蒸汽,从而保持为非氧化性气体与蒸汽的混合气体气氛。此处,不一定需要向生物质热裂解区(A)中供给蒸汽,这种情况下,生物质热裂解区(A)被保持为非氧化性气体气氛,蒸汽被直接供给至气体重整区(B)。并且,通过粒状物和/或块状物(34)与生物质(a)的接触,生物质(a)被加热而热裂解,生成热裂解气体。通过使生物质热裂解区(A)为非氧化性气体气氛,能够阻止生物质(a)的燃烧,使生物质(a)高效地热裂解。所生成的热裂解气体在容器(14)中上升,被导入至上述气体重整区(B)。生物质热裂解区(A)中的气相温度与上述相同。另外,上述生物质热裂解区(A)中的生物质(a)的热裂解和气体重整区(B)中的热裂解气体的重整所需的热大多由预先加热至上述温度的多个粒状物和/或块状物(34)、即热负载介质(热载体)所带有的热来供给,且热载体(34)的向容器(14)中的导入和热载体(34)的从容器(14)中的取出与上述图1的装置同样操作来实施。

[0042] 在图5所记载的本发明的装置的一个实施方式的气化装置中,以气体重整区(B)被包围在生物质热裂解区(A)内侧的方式进行配置,因此源自气体重整区(B)的热被利用于生物质热裂解区(A)中的生物质的热裂解,因此能够使气化装置的热效率上升。另外,在生物质热裂解区(A)中设置导流件(c),制作由多个粒状物和/或块状物(34)堆积而成的部位和凹陷的部位,并且,通过将成为原料的生物质(a)主要供给至多个粒状物和/或块状物(34)的凹陷部位,在生物质(a)与多个粒状物和/或块状物(34)的比重不同的情况下,例如,即使生物质(a)为木质芯片时其比重为 $0.2 \sim 0.3 \text{ 吨/m}^3$,而多个粒状物和/或块状物(34)为氧化铝时其比重为 $3.6 \sim 3.9 \text{ 吨/m}^3$ 时,也能够实现两者的有效混合,从而有效地实行生物质(a)的热裂解。

[0043] 以下,通过实施例来更详细地说明本发明,本发明不限于这些实施例。

实施例

[0044] (实施例 1)

实施例 1 中使用的生物质原料以及用于该生物质原料的热裂解和气体重整的反应器如下述所示。

[0045] 作为生物质原料,使用了建筑系废木材。将该废木材粗粉碎来使用。关于粗粉碎后的废木材的大小,为方便筷左右的尺寸的棒状物、扑克牌的 1/4 左右的尺寸的薄板状物、以及锯屑状物等的混合物,最大尺寸为 200~300mm 左右。将该废木材的性状示于表 1。

[0046] [表 1]

项目	分析值
水分(质量%)	14.3
灰分(质量%)	0.4
挥发成分(质量%)	85.9
固定碳(质量%)	13.7

[0047] 表 1 的各值是基于 JIS-M8812 而测定的。此处,灰分、挥发成分和固定碳是以干燥为基准算出的。另外,水分是收进生物质原料时的水分。

[0048] 作为用于生物质原料的热裂解和气体重整的反应器(1),使用了图 1 所示的反应器。其为在一个容器中具备生物质热裂解区(A)和气体重整区(B)且在 these 区之间设置一片隔板(7)的反应器(1)。该反应器(1)的内径约为 800mm、高度约为 3000mm、内容积约为 1m³。另外,如图 1 所示那样,从该反应器(1)的侧壁上部至隔板顶部为止的长度为 1,200mm(对应部分的容积:600 升),从隔板顶部至反应器锥体部开始部分为止的长度为 600mm(对应部分的容积:300 升),且锥体部的长度为 1,000mm(对应部分的容积:168 升)。另外,设置在隔板(7)与容器(1)的内壁之间的圆周状热裂解气体通路(8)兼热载体通路(9)的半径方向的宽度为 100mm,如图 1 所示,热裂解气体通路(8)兼热载体通路(9)的圆周方向被 8 个宽度为 100mm 的带扣(10)进行 8 等分。作为热载体,使用了直径(最大径)为 10~12mm 的大致球形的氧化铝制球。接着,将热载体在 1,050℃ 的温度下以 450 千克/小时的量导入至气体重整区(B),且从生物质热裂解区(A)向容器(1)的外部适量取出,同时调节气体重整区(B)和生物质热裂解区(A)中的热载体的堆积量,以使气体重整区(B)的气相温度达到 950℃ 且生物质热裂解区(A)的气相温度达到 550℃。此时的源自生物质热裂解区(A)的热载体的取出量、即向容器(1)的外部排出的量与向气体重整区(B)中供给的量相同,为 450 千克/小时,其温度为 600℃。此处,热载体以层的形式堆积至气体重整区(B)的约 60 体积%,且以层的形式堆积至生物质热裂解区(A)的约 60 体积%。

[0049] 使用定量给料器以 25 千克/小时的供给量从生物质供给口(4)向反应容器(1)中的生物质热裂解区(A)内连续地导入作为生物质原料的建筑系废木材。此处,生物质热裂解区(A)的气相温度被保持在 550℃,且容器(1)内的压力被保持在 101.3kPa。另外,从设

置在下部的非氧化性气体供给口(5)向生物质热裂解区(A)中以 1,200 升 / 小时的量导入氮气。生物质热裂解区(A)中的生物质原料的滞留时间约为 1 小时。

[0050] 生物质热裂解区(A)中由热裂解而产生的气体以 23 千克 / 小时来获得。该气体接着被导入至气相温度保持为 950℃和压力保持为 101.3kPa 的气体重整区(B)。从设置于气体重整区(B)下部的蒸汽吹入口(6₂)向反应器(1)中以 16 千克 / 小时导入过热蒸汽(160℃、0.6MPa)来进行气体重整。温度 950℃的重整气体以 39 千克 / 小时的量由重整气体出口(b)得到。将所得重整气体捕集至橡胶制袋中,利用气相色谱仪[岛津制作所制造的 GC-14A (商标)]来测定气体组成。表 2 示出所得重整气体的组成。另外,能够将该作业连续实施 3 天。在该作业期间中,能够维持良好的连续运转而没有故障、尤其是起因于焦油的故障。

[0051] [表 2]

气体组成 (体积% 干燥基准)	实施例1
氢气	41.0
一氧化碳	14.5
甲烷	9.7
二氧化碳	34.8

[0052] (实施例 2)

实施例 2 中使用的生物质原料与实施例 1 相同。作为用于生物质原料的热裂解和气体重整的反应器,使用了图 5 所示的反应器。该反应器(14)在一个容器中具备生物质热裂解区(A)和气体重整区(B),且在這些区之间设置 1 片圆柱形的隔板(74)。该反应器(14)中,气体重整区(B)的内径约为 800mm,高度约为 1,200mm,内容积约为 0.6m³。生物质热裂解区(A)的包围气体重整区(B)的部分的宽度约为 150mm、高度约为 1,200mm、内容积约为 0.76m³。另外,锥体部的高度约为 1,000mm,对应部分的内容积约为 0.85m³。生物质热裂解区(A)的内容积共计约为 1.61m³。另外,在圆柱形隔板(74)的侧面下部沿着圆周方向设置的热载体通路(94)的形状为大致梯形,上底约为 100mm、下底约为 360mm、高度约为 180mm,沿着圆周方向以等间隔共计设置 4 个。导流件(c)从热载体通路(94)的正下方沿着热载体(34)的移动方向、即朝向下方以交错状具备 2 段。导流件(c)的剖面用垂直于其长度方向的平面切断时大致为三角形。该三角形大致为等腰三角形,其高度约为 195mm、底边约为 500mm,从底边垂直延伸的部分的长度约为 50mm。第 1 段导流件(c)对应于热载体通路(94)的数量在热载体通路(94)的正下方 1 对 1 地设置,第 2 段导流件(c)以第 2 段的导流件(c)的中心、即三角形的顶点处于第 1 段的相邻两个导流件(c)的距离的一半的位置的方式来设置。另外,连结第 1 段的多个导流件(c)的底边而成的直线与连结第 2 段的多个导流件(c)的顶点而成的直线的间隔约为 60mm。作为热载体,使用了直径(最大径)为 10~12mm 的大致球形的氧化铝制球。另外,热载体在 1,050℃的温度下以 450 千克 / 小时的量被导入至气体重整区(B),且从生物质热裂解区(A)以 600℃的温度向容器(14)的外部排出相同的量。此处,热载体以层的形式堆积至气体重整区(B)的约 60 体积%,且以层的形式堆积至生物质热裂解区(A)的约 42 体积%。

[0053] 使用定量给料器以含水率 14.3%(湿基体)、29 千克 / 小时(干燥重量为 25 千克)的供给量从生物质供给口(44)向反应容器(14)中的生物质热裂解区(A)内连续地导入作为

生物质原料的建筑系废木材。此处,生物质热裂解区(A)的气相温度被保持在 700℃,且容器(14)内的压力被保持在 101.3kPa。另外,从设置在下部的非氧化性气体供给口(54)向生物质热裂解区(A)中以 1,200 升/小时的量导入氮气。生物质热裂解区(A)中的生物质原料的滞留时间约为 1 小时。

[0054] 生物质热裂解区(A)中由热裂解而产生的气体以 21 千克/小时来获得。该气体接着被导入至气相温度保持为 1,000℃和压力保持为 101.3kPa 的气体重整区(B)。从设置于生物质热裂解区(A)的下部的蒸汽吹入口(64)向反应器(14)中以 16 千克/小时导入过热蒸汽(230℃、0.6MPa)来进行气体重整。温度 1,000℃的重整气体以 37 千克/小时的量由重整气体出口(b)得到。将所得重整气体捕集到橡胶制袋中,利用气相色谱仪[岛津制作所制造的 GC-14A (商标)]来测定气体组成。表 3 示出所得重整气体的组成。另外,能够将该作业连续地实施 3 天。在该作业期间中,能够维持良好的连续运转而没有故障、尤其是起因于焦油的故障。

[0055] [表 3]

气体组成(体积% 干燥基准)	实施例2
氢气	51.8
一氧化碳	17.8
甲烷	6.2
二氧化碳	24.2

[0056] (比较例 1)

作为以往的反应器,使用了专利文献 7 的图 1 中记载的反应器。即,分别具备具有生物质热裂解区的热裂解反应器和具有气体重整区的气体重整器,且在热裂解反应器的上部利用具备闸阀的配管将气体重整器串联连接而成的反应器。热裂解反应器和气体重整器的内容积分别为约 170 升和约 600 升。使热载体从气体重整器通过具备闸阀的配管向热裂解反应器中移动。使用与实施例 1 所使用的相同建筑系废木材,使用定量给料器,以与实施例 1 相同的 25 千克/小时的供给量连续地导入至热裂解反应器。向气体重整区供给热载体的速度和热载体的温度、以及其它作业条件与实施例 1 相同。温度 950℃的重整气体以 15 千克/小时的量来获得。将所得重整气体捕集至橡胶制袋中,利用气相色谱仪[岛津制作所制造的 GC-14A (商标)]来测定气体组成。表 4 示出所得重整气体的组成。另外,能够将该作业与实施例 1 同样地连续实施 3 天。但是,在该作业期间之后,检查具备用于连接热裂解反应器和气体重整器的闸阀的配管内部时,尤其是在闸阀及其附近观察到大量焦油和煤渣的附着。因此得到如下结论:难以连续地运转比其更长的时间,进而为了继续进行连续运转,需要清洗闸阀及其附近或更换闸阀自身,或者除了具备用于连接热裂解反应器和气体重整器的闸阀的配管之外,还需要将热裂解气体导入至气体重整器的旁路配管。

[0057] [表 4]

气体组成(体积% 干燥基准)	比较例1
氢气	35.9
一氧化碳	31.5
甲烷	10.3
二氧化碳	22.3

[0058] 由实施例 1 和实施例 2 以及比较例 1 的结果可知,实施例 1 (39 千克 / 小时) 和实施例 2 (37 千克 / 小时) 的反应器与比较例 1 (15 千克 / 小时) 的反应器相比能够获得 2 倍以上的重整气体。另外可知,由显示了各重整气体的组成的表 2~4 的结果可知,实施例 1 和实施例 2 的反应器与比较例 1 的反应器相比能够制造氢含量明显多的重整气体。另外可知,实施例 2 的反应器与实施例 1 的反应器相比,氢气和一氧化碳含量明显多,但二氧化碳含量显著变少。

[0059] 产业利用性

根据本发明的气化装置,不仅能够长期稳定地作业,而且能够实现气化效率的上升、热效率的改善、以及成本的降低。因此,可期待本发明的气化装置在今后大幅利用于生物质的气化。加之,还可期待其在氢气制造事业和发电事业中的利用。

[0060] 附图标记说明

A、A₁、A₂ 生物质热裂解区

B 气体重整区

a 生物质原料

b 重整气体出口

c 导流件

1、11、12、13、14 容器

2、21、22、23、24 预热器

3、31、32、33、34 多个粒状物和 / 或块状物 [热负载介质 (热载体)]

4、41、42、43₁、43₂、43₃、43₄、44 生物质供给口

5、51、52、53、54 非氧化性气体供给口

6₁、6₂、61₁、61₂、62₁、62₂、63₁、63₂、64 蒸汽吹入口

7、71、72、73₁、73₂、74 隔板

8、81、82、83、84 热裂解气体通路

9、91、92、93、94 热载体通路

10 带扣

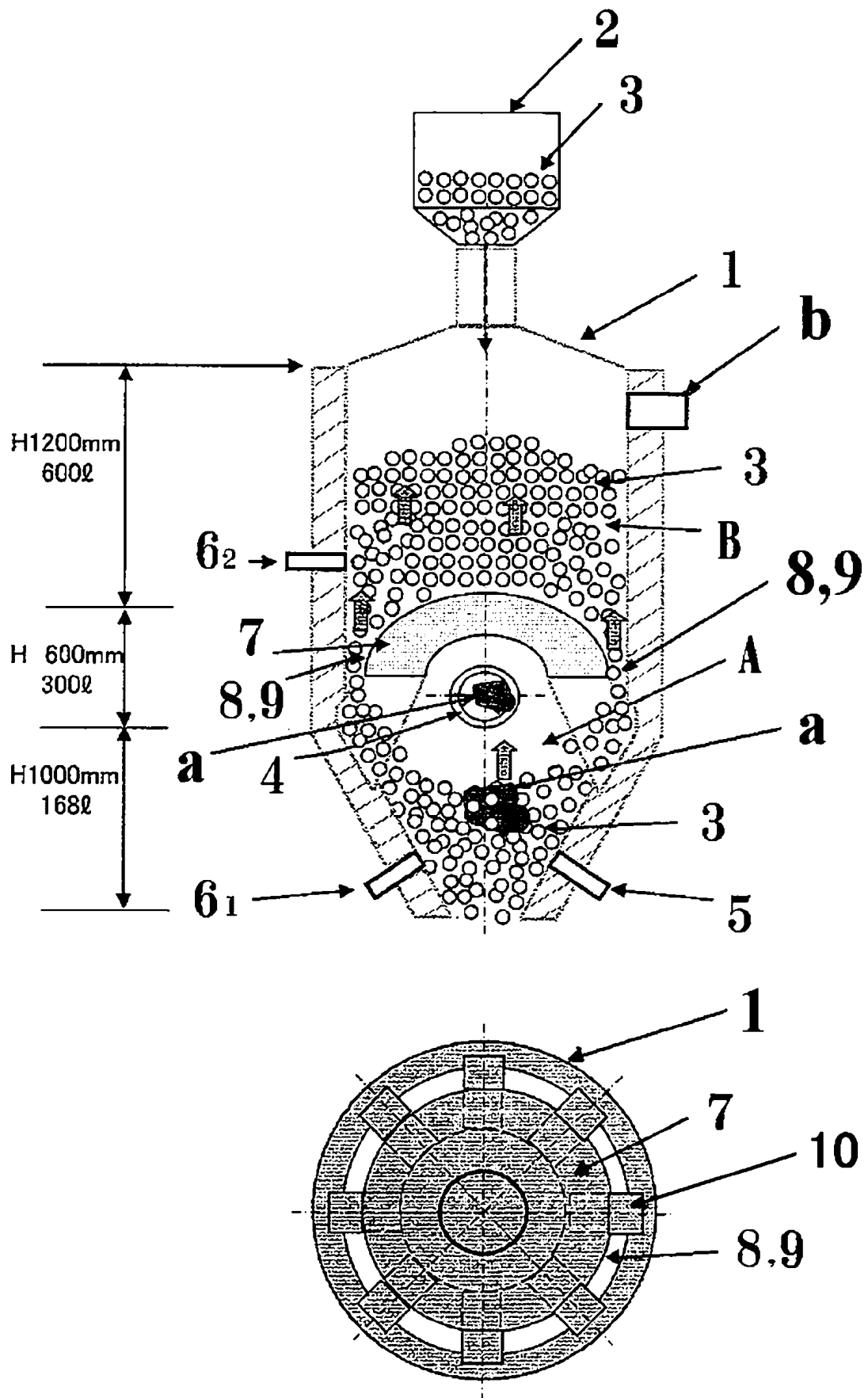


图 1

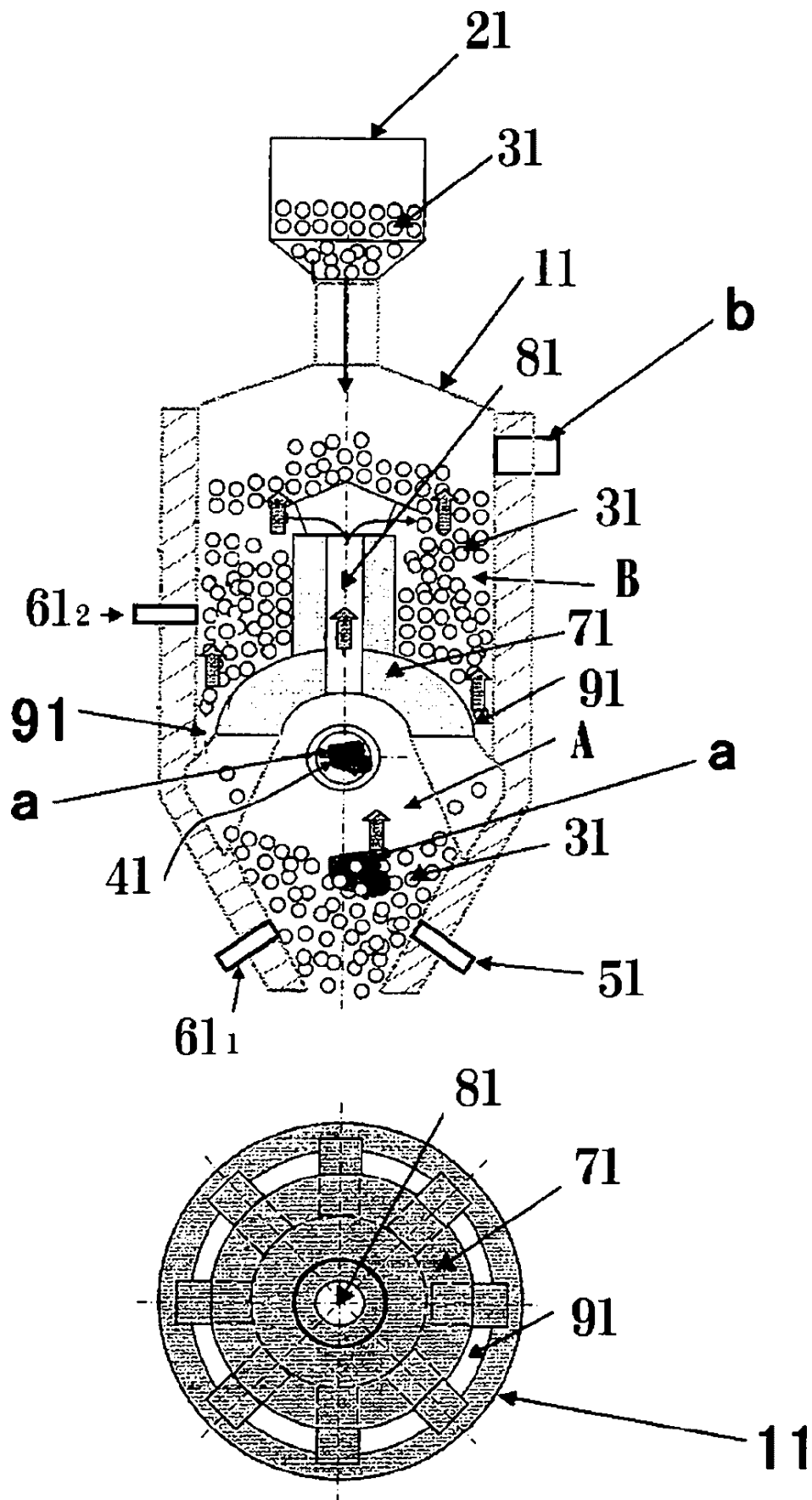


图 2

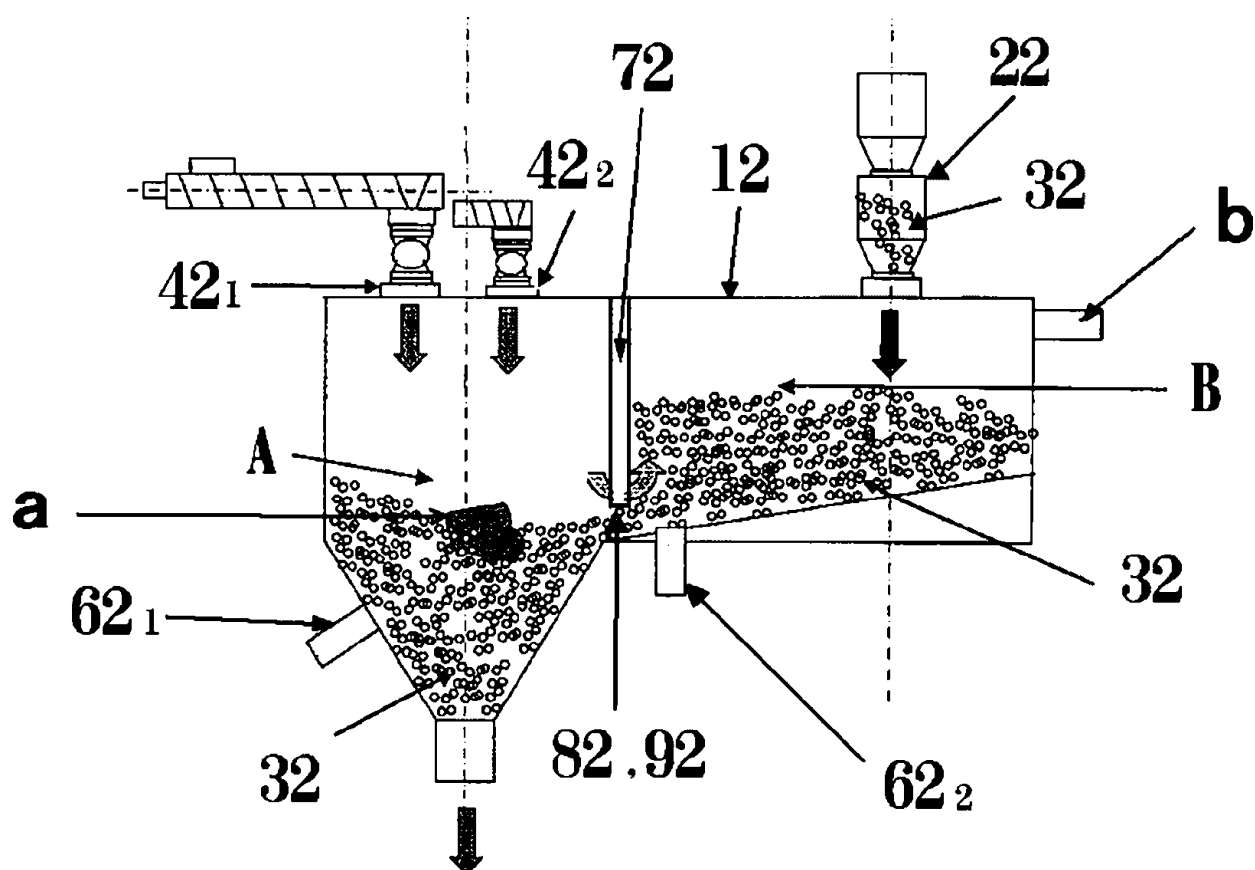


图 3

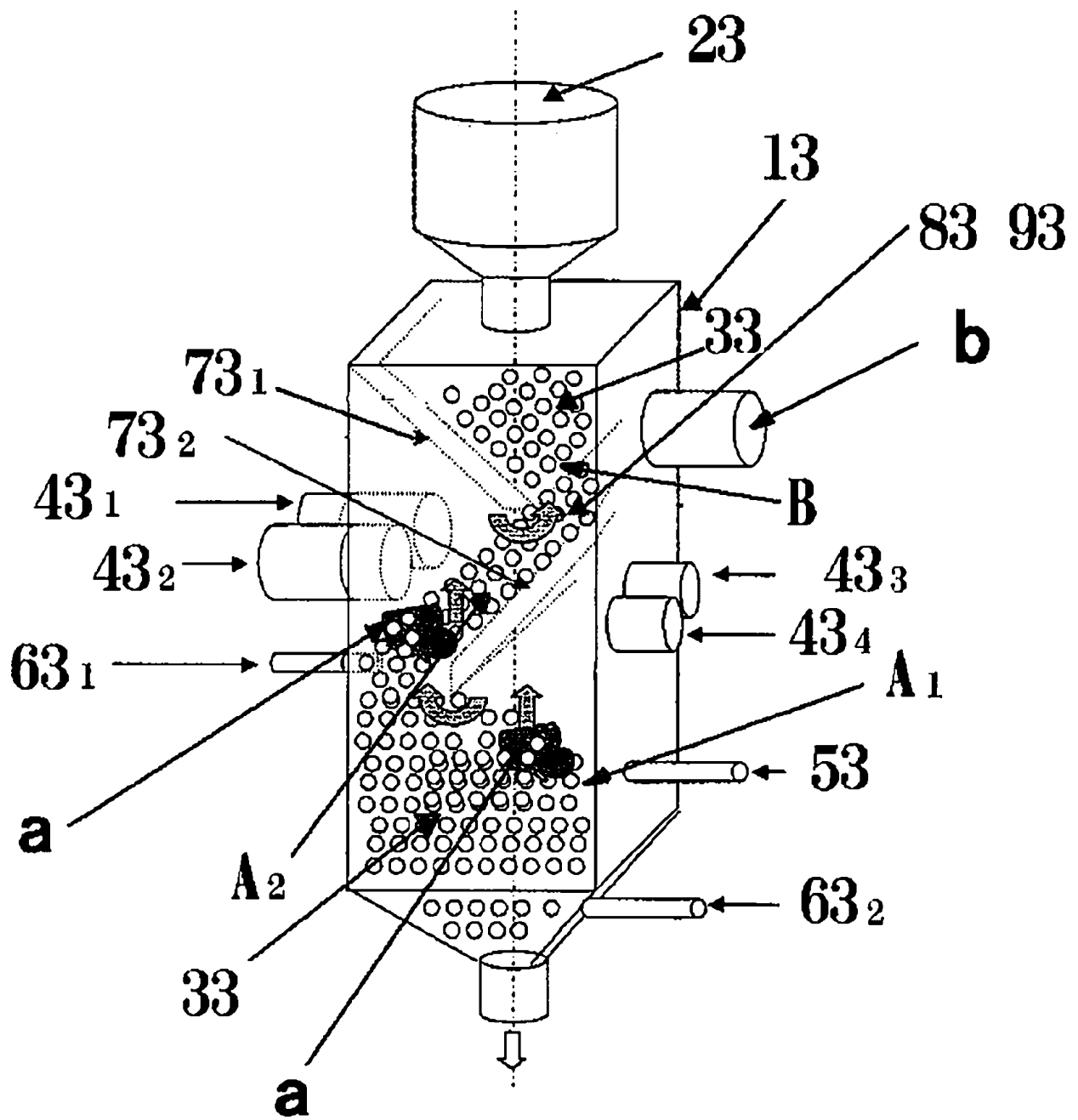


图 4

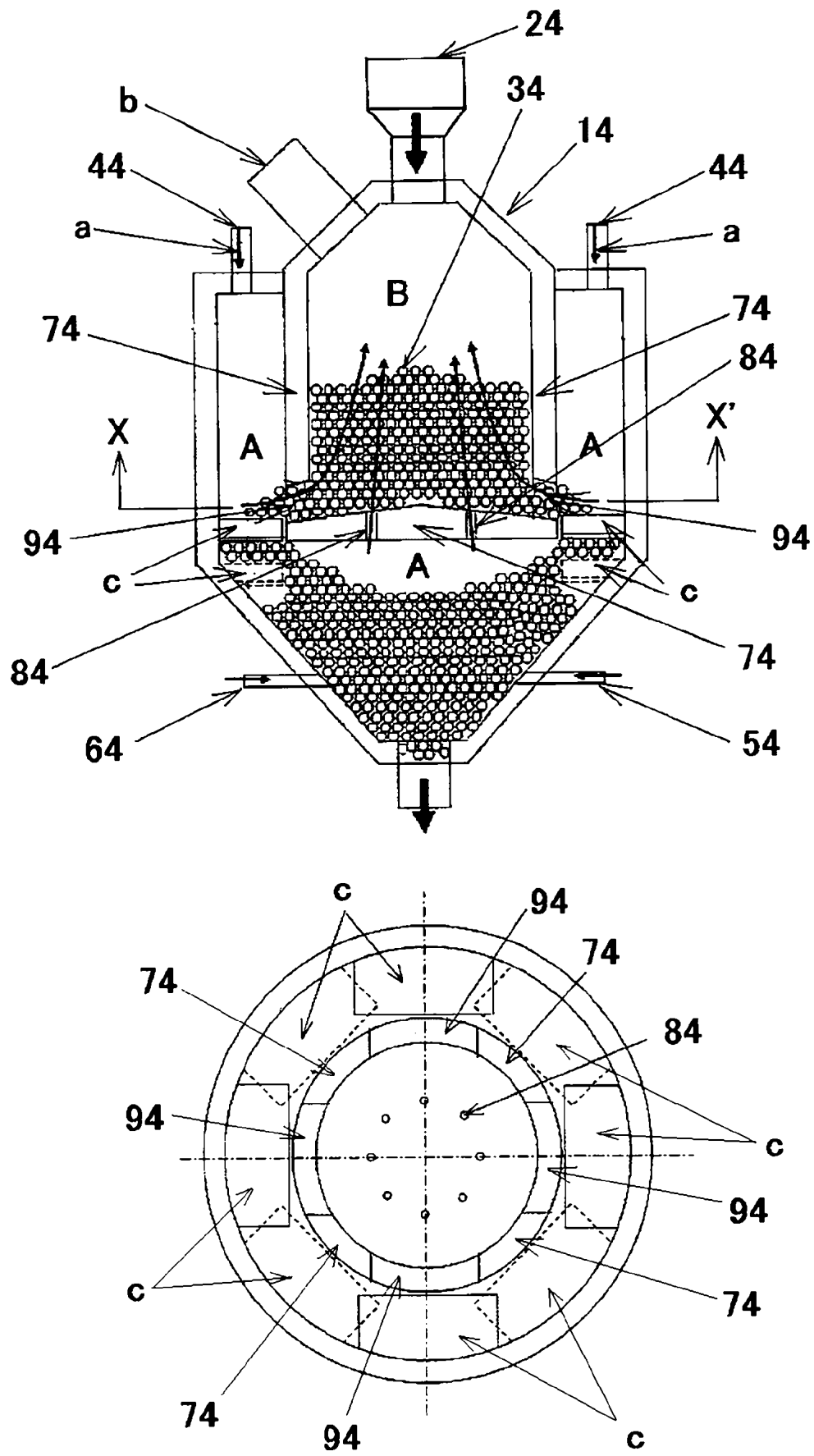


图 5

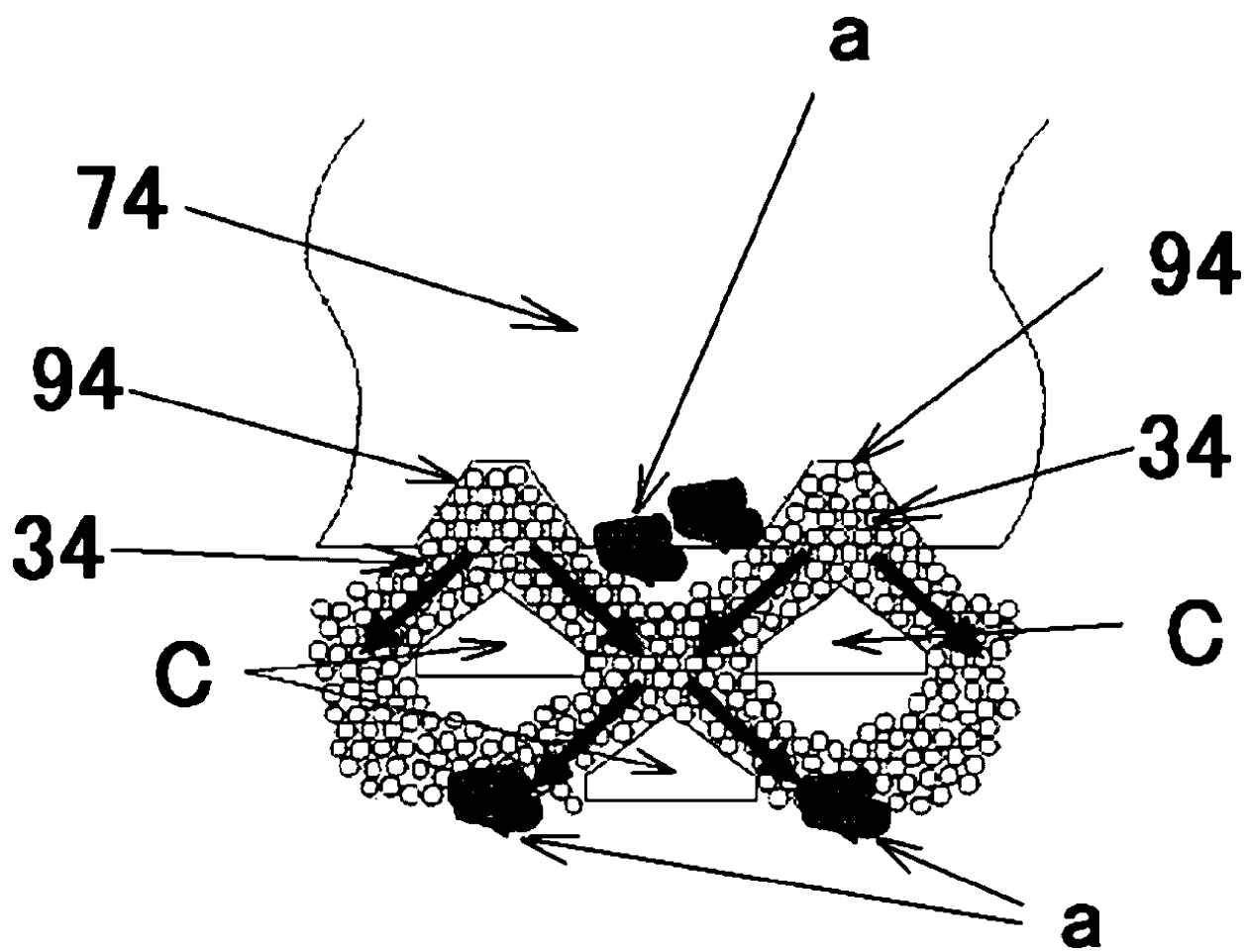


图 6