

明 細 書

発明の名称：原料の処理装置および処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、可燃性廃棄物などの原料を処理するための技術に関し、特に二酸化炭素を大気中に放出しない燃焼および熱分解・ガス化処理技術に関する。

背景技術

[0002] 二酸化炭素（ CO_2 ）は、地球温暖化の原因となりうるため、二酸化炭素の排出量を減らすことが求められている。しかしながら、廃棄物処理システムなどの各種燃焼装置では、可燃物の燃焼に伴い二酸化炭素が必然的に生成されるため、二酸化炭素の大気中への放出量を削減することは重要な課題となっている。

[0003] 一方、燃焼装置から排出された二酸化炭素を回収し、地中などに貯留する試みもなされている。しかしながら、高濃度の二酸化炭素を回収するためには、燃焼装置から排出された二酸化炭素を含む燃焼排ガスを、さらに酸素で完全燃焼させるか、あるいは二酸化炭素を燃焼排ガスから分離する必要がある。このような処理サイクルは、付加的な設備を必要とし、費用も増大する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2018-165388号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] そこで、本発明は、大気中に放出される二酸化炭素の量を理論的に0とすることができ、地球温暖化防止に寄与することができる処理装置および処理方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 一態様では、原料の処理装置であって、仕切壁で仕切られた熱分解室および燃焼室を内部に有する流動床炉と、水を電気分解して水素と酸素を生成する電気分解装置と、前記燃焼室から排出された二酸化炭素と、前記水素からメタンを生成するメタネーション反応器と、第1流動化ガスを前記熱分解室内に供給する第1流動化ガス供給ラインと、前記二酸化炭素の一部と、前記酸素を第2流動化ガスとして前記燃焼室に導く第2流動化ガス供給ラインを備えている、処理装置が提供される。

[0007] 一態様では、前記電気分解装置は、CO₂フリー発電機に電氣的に接続されている。

一態様では、前記第1流動化ガス供給ラインは、前記第1流動化ガスとして酸素フリーガスを前記熱分解室内に供給する酸素フリーガス供給ラインである。

一態様では、前記処理装置は、前記電気分解装置によって生成された水素を格納する水素ホルダをさらに備えており、前記水素ホルダは、前記電気分解装置と前記メタネーション反応器との間に配置されている。

一態様では、前記処理装置は、前記電気分解装置によって生成された酸素を格納する酸素ホルダをさらに備えており、前記酸素ホルダは、前記電気分解装置と前記燃焼室との間に配置されている。

[0008] 一態様では、仕切壁で仕切られた熱分解室および燃焼室を内部に有する流動床炉を用いて原料を処理する方法であって、水を電気分解して水素と酸素を生成し、前記燃焼室内の流動媒体を前記熱分解室に移動させながら、第1流動化ガスを前記熱分解室に供給し、前記原料を前記熱分解室内で熱分解し、前記原料の残渣を前記燃焼室内で燃焼させ、前記燃焼室から排出された二酸化炭素と、前記水素からメタンを生成し、前記二酸化炭素の一部と前記酸素を第2流動化ガスとして前記燃焼室に供給する、方法が提供される。

[0009] 一態様では、前記水の電気分解は、CO₂フリー電力を用いて行われる。

一態様では、前記第1流動化ガスは、酸素フリーガスである。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、燃焼室から排出された二酸化炭素と、電気分解装置によって生成された水素が反応し、メタンが生成される。したがって、本発明に係る処理装置および処理方法は、大気中に放出される二酸化炭素の量を理論的に0とすることができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]処理装置の一実施形態を示す模式図である。

[図2]処理装置の他の実施形態を示す模式図である。

[図3]処理装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

図1は、可燃性廃棄物などの原料を処理するための処理装置の一実施形態を示す模式図である。図1に示す処理装置は、原料の焼却炉である流動床炉1と、水を電気分解して水素と酸素を生成する電気分解装置2と、流動床炉1から排出された二酸化炭素、および電気分解装置2によって生成された水素からメタンを生成するメタネーション反応器3を備えている。

[0013] 流動床炉1は、原料を熱分解し、炭化水素などの熱分解生成物を生成する熱分解室6と、熱分解された原料の残渣を燃焼する燃焼室7を備えている。熱分解室6および燃焼室7は、1つの流動床炉1内に形成されている。すなわち、流動床炉1の内部は、仕切壁10によって熱分解室6と燃焼室7に仕切られている。流動床炉1の全体の形状は特に限定されないが、例えば円筒形または矩形を有している。

[0014] 熱分解室6および燃焼室7内には、流動媒体（例えば珪砂）が収容されている。流動媒体を流動させるために、熱分解室6および燃焼室7は、第1流動化ガス供給ライン11および第2流動化ガス供給ライン12にそれぞれ接続されている。

[0015] 第1流動化ガス供給ライン11は、熱分解室6の下方に位置する第1風箱15に接続されており、第1風箱15を通じて熱分解室6に連通している。第1風箱15の上壁は多孔板15aから構成されている。多孔板15aは、

熱分解室 6 の炉床を構成する。第 1 流動化ガス供給ライン 1 1 は、第 1 流動化ガスを第 1 風箱 1 5 を通じて熱分解室 6 内に供給し、熱分解室 6 内の流動媒体を流動させる。流動する流動媒体は、第 1 流動床 1 8 を熱分解室 6 内に形成する。

[0016] 第 2 流動化ガス供給ライン 1 2 は、燃焼室 7 の下方に位置する第 2 風箱 1 6 に接続されており、第 2 風箱 1 6 を通じて燃焼室 7 に連通している。第 2 風箱 1 6 の上壁は多孔板 1 6 a から構成されている。多孔板 1 6 a は、燃焼室 7 の炉床を構成する。第 2 流動化ガス供給ライン 1 2 は、燃焼室 7 から排出された二酸化炭素の一部と、電気分解装置 2 によって生成された酸素を、第 2 流動化ガスとして第 2 風箱 1 6 を通じて燃焼室 7 内に供給し、燃焼室 7 内の流動媒体を流動させる。流動する流動媒体は、第 2 流動床 1 9 を燃焼室 7 内に形成する。

[0017] 処理装置は、燃焼室 7 の上方に設けられた排ガス出口 2 2 からメタネーション反応器 3 に延びる燃焼排ガス移送ライン 2 4 を備えている。さらに、処理装置は、燃焼排ガス移送ライン 2 4 および流動床炉 1 に接続された二酸化炭素戻りライン 2 5 を備えている。二酸化炭素戻りライン 2 5 の一端は、燃焼排ガス移送ライン 2 4 に接続されており、二酸化炭素戻りライン 2 5 の他端は、第 2 風箱 1 6 に接続されている。燃焼室 7 で発生した二酸化炭素の一部は、二酸化炭素戻りライン 2 5 を通って燃焼室 7 に戻され、残りの二酸化炭素は、燃焼排ガス移送ライン 2 4 を通ってメタネーション反応器 3 に送られる。

[0018] 電気分解装置 2 によって生成された酸素は、酸素移送ライン 3 0 および二酸化炭素戻りライン 2 5 を通って燃焼室 7 に送られる。酸素移送ライン 3 0 の一端は電気分解装置 2 に接続され、酸素移送ライン 3 0 の他端は二酸化炭素戻りライン 2 5 に接続されている。酸素は、二酸化炭素戻りライン 2 5 を流れる二酸化炭素に混合される。二酸化炭素戻りライン 2 5 を流れる二酸化炭素および酸素の混合体は、第 2 流動化ガスとして、燃焼室 7 内に導かれ、燃焼室 7 内の流動媒体を流動させる。本実施形態では、第 2 流動化ガス供給

ライン 12 は、燃焼排ガス移送ライン 24 の一部と、二酸化炭素戻りライン 25 と、酸素移送ライン 30 から少なくとも構成されている。

[0019] 仕切壁 10 は、流動床炉 1 の上壁 1a から下方に延びている。仕切壁 10 の下端は炉床に接していなく、仕切壁 10 の下に開口 26 がある。この開口 26 は、熱分解室 6 および燃焼室 7 の底部に位置しており、熱分解室 6 と燃焼室 7 は開口 26 を通じて互いに連通している。開口 26 は、燃焼室 7 内で加熱された流動媒体が熱分解室 6 内に移動することを許容する。開口 26 は、熱分解室 6 および燃焼室 7 内の第 1 流動床 18 および第 2 流動床 19 の界面（上面）よりも下方に位置している。

[0020] 燃焼室 7 内には、二酸化炭素および酸素からなる第 2 流動化ガスによって流動媒体の旋回流が形成される。第 2 流動床 19 は、このような流動媒体の旋回流から形成される。燃焼室 7 内で旋回流を形成する流動媒体の一部は、開口 26 を通って熱分解室 6 に流入し、第 1 流動床 18 を形成する流動媒体に混合される。熱分解室 6 内では、第 1 流動化ガスによって流動媒体の旋回流が形成される。第 1 流動床 18 は、このような流動媒体の旋回流から形成される。

[0021] 熱分解室 6 と燃焼室 7 は、連通路 35 を通じて互いに連通している。図 1 では連通路 35 を示す矢印は流動床炉 1 の外に描かれているが、連通路 35 も流動床炉 1 内に位置している。加えて、図 1 では、熱分解室 6 および燃焼室 7 は、平面的に描かれているが、実際には熱分解室 6 および燃焼室 7 は立体的な形状であり、熱分解室 6 は燃焼室 7 の隣に配置することも可能である。したがって、連通路 35 は単なる開口部から構成されていることもある。

[0022] 流動床炉 1 は、廃棄物、バイオマスなどの原料を熱分解室 6 内に供給する原料供給口 37 を有している。原料供給口 37 を通じて熱分解室 6 内に投入された原料は、第 1 流動床 18 を形成する流動媒体の旋回流によって攪拌されながら、流動媒体から熱を受け、熱分解する。熱分解の結果、原料に含まれる成分の一部は、熱分解生成物（例えば炭化水素 C_nH_m 、 n および m は整数）としての生成ガスを形成する。生成ガスは、熱分解室 6 を形成する流動床炉

1の上壁1aに設けられた生成ガス出口41を通して熱分解室6から排出される。生成ガス出口41は熱分解室6に連通している。

[0023] 生成ガス出口41には、生成ガス移送ライン45が接続されている。処理装置は、生成ガス移送ライン45に接続されたサイクロン47およびスクラバ48を備えている。サイクロン47およびスクラバ48は、生成ガス移送ライン45に沿って直列に並んでいる。熱分解室6から排出された生成ガスは、生成ガス移送ライン45を通してサイクロン47に送られ、サイクロン47によって粉塵が生成ガスから除去される。さらに、生成ガスはスクラバ48に送られ、スクラバ48にて生成ガスが水（苛性ソーダ等のアルカリ薬剤を含んだ水でもよい）で洗浄される。スクラバ48は、水の代わりに油で生成ガスを洗浄する、あるいは水および油で生成ガスを洗浄する構成としてもよい。このようにして精製された生成ガスは、燃料ガス、化学原料などに使用することができる。サイクロン47およびスクラバ48のいずれか一方または両方が設けられない場合もある。

[0024] 本実施形態では、熱分解室6に供給される第1流動化ガスとして、酸素を含まない気体である酸素フリーガスが用いられている。したがって、本実施形態の第1流動化ガス供給ライン11は、酸素フリーガス供給ラインである。酸素フリーガスの例としては、熱分解室6から排出された生成ガス、水蒸気、不活性ガス（例えば窒素ガス）、またはメタネーション反応器3で生成されたメタンが挙げられる。酸素フリーガスは、生成ガス、水蒸気、不活性ガス、およびメタンのうちの少なくとも2つの混合物であってもよい。本実施形態では、水蒸気が第1流動化ガスとして使用されている。好ましくは、第1流動化ガスは、熱分解室6から排出された生成ガスと、メタネーション反応器3で生成されたメタンとの組み合わせが使用される。生成ガスとメタンとの組み合わせを含む第1流動化ガスは、原料の熱分解により発生した生成ガスに、化学組成が近いガスであるので、生成ガスの純度が高められる。また、生成ガス中に酸素原子を含む化学物質を含有させたいときは、熱分解室6の空塔部に含酸素ガスを供給することにより、熱分解室6内でガス化反

応をさせてもよい。

- [0025] 熱分解室 6 内の原料の残渣は、流動媒体とともに、連通路 3 5 を通って燃焼室 7 に移動する。原料の残渣は、第 2 流動床 1 9 を形成する流動媒体とともに巡回しながら、第 2 流動化ガスに含まれる酸素の存在下で燃焼する。原料の残渣は、燃焼とともに二酸化炭素を発生しながら、熱エネルギーを放出し、第 2 流動床 1 9 を形成する流動媒体を加熱する。二酸化炭素と、余剰の酸素は、燃焼排ガスとして、排ガス出口 2 2 を通って燃焼室 7 から排出される。排ガス出口 2 2 は、燃焼室 7 を形成する流動床炉 1 の上壁 1 a に設けられている。排ガス出口 2 2 は、燃焼室 7 に連通している。
- [0026] 加熱された流動媒体の一部は、開口 2 6 を通って熱分解室 6 内に流入する。加熱された流動媒体は、原料の熱分解に必要な熱量を提供し、これにより原料の熱分解が熱分解室 6 内で進行する。さらに、流動媒体は、原料の残渣とともに連通路 3 5 を通って燃焼室 7 に移動する。このように、流動媒体は、熱分解室 6 と燃焼室 7 との間を循環する。
- [0027] 熱分解室 6 に投入される原料は、廃プラスチック、木材、バイオマスなどの炭素 (C) を含む可燃性材料である。原料は、熱分解室 6 内では燃焼せず、熱分解される。原料は、炭素を含むため、熱分解室 6 内で炭化物 (チャー) が生成されやすい。炭化物 (チャー) は、生成ガスとして熱分解室 6 から取り出すことができない反面、高い熱量を保有している。原料の一部は、生成ガスとして熱分解室 6 から排出され、原料の残渣は炭化物 (チャー) として燃焼室 7 内に送られる。この炭化物 (チャー) は高い熱量を有している。したがって、炭化物 (チャー) は燃焼室 7 内で燃焼したときに高い熱エネルギーを発生し、流動媒体を高温に加熱することができる。加熱された流動媒体の一部は、燃焼室 7 から熱分解室 6 に移動し、原料を熱分解する。
- [0028] 第 1 風箱 1 5 と第 2 風箱 1 6 との間には、不燃物排出口 5 0 が設けられている。原料中に含まれる比較的大きな不燃物は不燃物排出口 5 0 から排出される。
- [0029] 原料の残渣は、燃焼室 7 内で燃焼し、二酸化炭素を発生する。二酸化炭素

は、排ガス出口 2 2 を通じて燃焼室 7 から排出され、燃焼排ガス移送ライン 2 4 を通ってメタネーション反応器 3 に移送される。メタネーション反応器 3 は、その内部にメタネーション触媒（図示せず）を有しており、二酸化炭素と水素とを反応させてメタンと水（ H_2O ）を生成する。このように、メタネーション反応器 3 に流入した二酸化炭素と水素は、メタンと水に変換されるので、二酸化炭素は大気中に放出されない。生成されたメタンは、メタン移送ライン 5 3 を通って移送され、生成された水は、ドレイン 5 4 を通ってメタネーション反応器 3 から排出される。

[0030] 処理装置は、燃焼排ガス移送ライン 2 4 に接続されたボイラ 5 5、減温塔 5 6、集塵装置 5 7、およびスクラバ 5 8 を備えている。ボイラ 5 5、減温塔 5 6、集塵装置 5 7、およびスクラバ 5 8 は、燃焼排ガス移送ライン 2 4 に沿って直列に並んでいる。二酸化炭素戻りライン 2 5 と燃焼排ガス移送ライン 2 4 との接続点は、集塵装置 5 7 の下流側に位置している。

[0031] 燃焼室 7 から排出された燃焼排ガスは、燃焼排ガス移送ライン 2 4 を通ってボイラ 5 5 に送られ、ボイラ 5 5 にて廃熱が回収される。燃焼排ガスは、燃焼排ガス移送ライン 2 4 を通って減温塔 5 6 に送られ、減温塔 5 6 にて燃焼排ガスが冷却される。減温塔 5 6 は、燃焼排ガスを冷却するための冷却器の一例である。

[0032] 燃焼排ガスは、燃焼排ガス移送ライン 2 4 を通ってさらに集塵装置 5 7 に送られ、集塵装置 5 7 によって飛灰などの粉塵が燃焼排ガスから除去される。集塵装置 5 7 としては、例えば、バグフィルタを用いることができる。さらに、燃焼排ガスは、燃焼排ガス移送ライン 2 4 を通ってスクラバ 5 8 に送られ、スクラバ 5 8 にて燃焼排ガスが水（苛性ソーダ等のアルカリ薬剤を含んだ水でもよい）で洗浄される。このようにして精製された燃焼排ガスは、メタネーション反応器 3 に送られる。ボイラ 5 5、減温塔 5 6、集塵装置 5 7、およびスクラバ 5 8 のうちの少なくとも 1 つは、設けられないこともある。例えば、熱回収をしない場合には、ボイラ 5 5 は設けられない。

[0033] 電気分解装置 2 は、水を水素と酸素に電気分解する装置である。電気分解

装置 2 は、水供給ライン 60 に接続されており、水 (H_2O) は水供給ライン 60 を通じて電気分解装置 2 に供給される。電気分解装置 2 は、さらに CO_2 フリー発電機 62 に電氣的に接続されている。 CO_2 フリー発電機 62 は、再生可能エネルギーによって駆動される発電機であり、発電のために二酸化炭素を発生しない。再生可能エネルギーの例としては、太陽光、風力、水力、地熱、太陽熱、バイオマス（動植物に由来する有機物）などが挙げられる。本実施形態では、このような CO_2 フリー発電機 62 によって生成された CO_2 フリー電力が電気分解装置 2 に供給される。 CO_2 フリー発電機 62 の発電量変動を吸収するために、 CO_2 フリー発電機 62 によって生成された CO_2 フリー電力を一旦蓄電池（図示せず）に溜め、蓄電池から電気分解装置 2 に CO_2 フリー電力を供給してもよい。

[0034] 電気分解装置 2 は、 CO_2 フリー電力により水を電気分解し、水素と酸素を生成する。水素は、水素移送ライン 61 を通じてメタネーション反応器 3 に移送され、酸素は、酸素移送ライン 30 および二酸化炭素戻りライン 25 を通じて燃焼室 7 に供給される。水素移送ライン 61 は、電気分解装置 2 からメタネーション反応器 3 まで延びており、酸素移送ライン 30 は電気分解装置 2 から二酸化炭素戻りライン 25 まで延びている。一実施形態では、酸素移送ライン 30 は電気分解装置 2 から第 2 風箱 16 まで延びてもよい。

[0035] 処理装置は、水素移送ライン 61 に接続された水素ホルダ 65 と、水素移送ライン 61 に取り付けられた水素流量制御弁 66 と、酸素移送ライン 30 に接続された酸素ホルダ 70 と、酸素移送ライン 30 に取り付けられた酸素流量制御弁 71 を備えている。水素ホルダ 65 は、電気分解装置 2 とメタネーション反応器 3 との間に位置しており、酸素ホルダ 70 は、電気分解装置 2 と燃焼室 7 との間に位置している。

[0036] 電気分解装置 2 によって生成された水素は、水素移送ライン 61 を通って水素ホルダ 65 に一旦格納される。水素流量制御弁 66 は、水素ホルダ 65 とメタネーション反応器 3 との間に位置している。水素流量制御弁 66 を開くと、水素ホルダ 65 内の水素は水素移送ライン 61 および水素流量制御弁

66 を通ってメタネーション反応器3に移送される。二酸化炭素および水素は、メタネーション反応器3内で反応し、メタンと水 (H_2O) に変換される。

[0037] メタネーション反応器3に移送すべき水素の量は、メタネーション反応器3内の二酸化炭素の全量と水素の全量が反応してメタンが生成される量である。そこで、水素を適正な流量でメタネーション反応器3に移送するために、処理装置は、メタネーション反応器3に流入する二酸化炭素の流量を測定する二酸化炭素測定器75と、二酸化炭素の流量の測定値に基づいて水素流量制御弁66の開度を調節する制御部80を備えている。二酸化炭素測定器75は、メタネーション反応器3のすぐ上流の位置で、燃烧排ガス移送ライン24に取り付けられている。二酸化炭素測定器75は、流量計と濃度計を兼ね備えた構成を有している。すなわち、二酸化炭素測定器75は、燃烧排ガス移送ライン24を流れる燃烧排ガスの流量を測定し、さらに燃烧排ガス中の二酸化炭素の濃度を測定し、燃烧排ガスの流量と二酸化炭素の濃度から、二酸化炭素の流量を算定するように構成されている。二酸化炭素測定器75は制御部80に電氣的に接続されており、二酸化炭素の流量の測定値は制御部80に送られるようになっている。

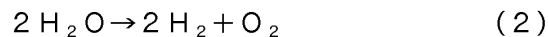
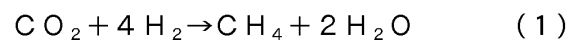
[0038] 制御部80は、メタネーション反応器3に流入する二酸化炭素の流量（すなわち二酸化炭素測定器75から送られた二酸化炭素の流量の測定値）に基づいて水素流量制御弁66の開度を調節し、メタネーション反応器3に移送される水素の流量を制御するように構成されている。より具体的には、二酸化炭素の流量が増加しているときは、制御部80は、水素流量制御弁66を操作して水素の流量を増加させ、二酸化炭素の流量が減少しているときは、制御部80は、水素流量制御弁66を操作して水素の流量を減少させる。このような制御により、燃烧排ガス中に含まれる二酸化炭素のすべてを水素と反応させ、メタンを生成することができる。結果として、処理装置外に放出される二酸化炭素が理論的に0となる。メタンは、都市ガスなどの燃料ガスとして使用することができる。

- [0039] 制御部 80 は、少なくとも 1 台のコンピュータから構成される。制御部 80 は、プログラムが格納された記憶装置 80 a と、プログラムに含まれる命令に従って演算を実行する演算装置 80 b を備えている。記憶装置 80 a は、RAM などの主記憶装置と、ハードディスクドライブ (HDD)、ソリッドステートドライブ (SSD) などの補助記憶装置を備えている。演算装置 80 b の例としては、CPU (中央処理装置)、GPU (グラフィックプロセッシングユニット) が挙げられる。ただし、制御部 80 の具体的構成は本実施形態に限定されない。
- [0040] 電気分解装置 2 によって生成された酸素は、酸素移送ライン 30 を通って酸素ホルダ 70 に一旦格納される。酸素流量制御弁 71 は、酸素ホルダ 70 と二酸化炭素戻りライン 25 との間に位置している。酸素流量制御弁 71 を開くと、酸素ホルダ 70 内の酸素は、酸素移送ライン 30、酸素流量制御弁 71、および二酸化炭素戻りライン 25 を通って燃焼室 7 に移送される。酸素は、燃焼室 7 内で原料の残渣の燃焼に消費される。
- [0041] 処理装置は、燃焼室 7 内に配置された温度計 86 を備えている。本実施形態では、1 つの温度計 86 が配置されているが、縦方向に配列された複数の温度計 86 が設けられてもよい。温度計 86 は、制御部 80 に電氣的に接続されており、燃焼室 7 内の温度の測定値は制御部 80 に送られるようになっている。
- [0042] 制御部 80 は、燃焼室 7 内の温度 (すなわち温度計 86 から送られた燃焼室 7 内の温度の測定値) に基づいて酸素流量制御弁 71 の開度を調節するように構成されている。より具体的には、制御部 80 は、燃焼室 7 内の温度が所定の範囲内に維持されるように、酸素流量制御弁 71 の開度 (すなわち、燃焼室 7 に供給される酸素の流量) を調節するように構成される。一実施形態では、制御部 80 は、燃焼室 7 の排ガス出口 22 での酸素濃度 (すなわち酸素濃度計測器 87 から送られた排ガス出口 22 での酸素濃度の測定値) に基づいて酸素流量制御弁 71 の開度を調節するように構成されていてもよい。より具体的には、制御部 80 は、燃焼室 7 の排ガス出口 22 での酸素濃度

が所定の範囲内に維持されるように、酸素流量制御弁 7 1 の開度（すなわち、燃焼室 7 に供給される酸素の流量）を調節するように構成される。

- [0043] 上述したように、燃焼室 7 から排出された二酸化炭素の一部は、電気分解装置 2 によって生成された酸素と混合され、燃焼室 7 に戻される。酸素は、燃焼室 7 内の原料の残渣に含まれる炭素（C）を酸化させる酸化剤として作用する。燃焼室 7 内の酸素（O₂）の量は、燃焼室 7 内の原料の残渣に含まれる炭素（C）の量よりも若干多い量である。このような理論上の最適より多い量の酸素は、燃焼室 7 内の炭素量の変動を吸収することができ、一酸化炭素の生成を防止することができる。原料の残渣中の炭素と、酸素が反応して二酸化炭素が生成される。二酸化炭素は、炭素との反応に消費されなかった残余の酸素とともに燃焼排ガスを形成し、燃焼排ガスは排ガス出口 2 2 を通じて燃焼室 7 から排出される。

- [0044] メタネーション反応は、次の式（1）で表され、水の電気分解反応式は次の式（2）で表される。



上記式（1）から分かるように、1 当量の CO₂ を CH₄ に変換するためには、4 当量の H₂ が必要である。上記式（2）によれば、水の電気分解で 4 当量の H₂ を得たときには 2 当量の O₂ が生成される。

- [0045] 流動床炉 1 の燃焼室 7 において、1 当量の炭素（C）の燃焼には 1 当量の O₂ が必要である。通常、廃棄物の燃焼プロセスでは、炭素に対する酸素の比率は 1.2 ～ 1.3 程度であるため、0.7 ～ 0.8 当量の O₂ が余剰となる。余剰の O₂ は酸素ガスとして販売するか、あるいは併設されたガス化熔融炉設備において、この熔融酸素バーナ用のガスとして利用してもよい。

- [0046] 本実施形態では、燃焼室 7 の流動媒体を流動化させるための第 2 流動化ガスとして、空気は使用されていない。したがって、燃焼排ガス中には窒素は含まれず、高濃度の二酸化炭素を含む燃焼排ガスが得られる。一例では、燃焼室 7 から排出される燃焼排ガス中の二酸化炭素の濃度は 95 % 以上である。

。燃焼排ガス中の残りの成分は実質的に酸素である。このように、本実施形態によれば、 CO_2 リッチな燃焼排ガスが得られる。この CO_2 リッチな燃焼排ガスの一部は、第2流動化ガスとして燃焼室7に戻され、残りはメタネーション反応器3に送られる。

[0047] 上述したように、流動床炉1は、熱分解室6と燃焼室7の2つの処理室を備えている。原料は、熱分解室6内では燃焼はされず、高温の流動媒体により加熱され、熱分解する。その結果、高カロリーの炭化水素などの生成ガスが生成される。生成ガスは、二酸化炭素を含まないので、生成ガスを高収率で得ることができる。熱分解室6から排出された生成ガスは、回収され、化学材料として利用することができる。

[0048] 熱分解しにくい成分は、原料の残渣として燃焼室7に送られる。原料の残渣は、第2流動化ガスに含まれる酸素の存在下で燃焼され、二酸化炭素を発生する。このように、熱分解室6と燃焼室7の2つの処理室を備えた流動床炉1は、生成ガスから二酸化炭素を分離する必要がないので、処理装置は、二酸化炭素を分離するための機器は不要であり、処理装置を全体としてコンパクトにできる。

[0049] 原料に含まれる炭素の多くは、熱分解室6内で生成ガスとして分離される。したがって、燃焼室7から発生する二酸化炭素の量は、原料中の炭素のすべてを燃焼室7内で燃焼させる場合に比べて、少ない。したがって、メタネーション反応器3で水素と反応させるべき二酸化炭素の量は多くなく、結果としてメタネーション反応器3をコンパクトにできる。

[0050] 近年、再生可能電力の発電コストが急激に低下してきており、近い将来発電のための化石燃料消費は不要となることが想定される。しかしながら、社会生活を支えるモノとして、木材やプラスチックのような含炭素材料は将来にわたって必要であり、品質の劣化したモノは廃棄物として処理されなければならない。本実施形態に係る処理装置は、そうしたバイオマスや可燃性廃棄物を処理する過程での CO_2 排出も抑制できる（燃焼室7から得る CO_2 リッチな燃焼排ガスをメタンに変換してケミカルリサイクルできる）。

- [0051] 図2は、処理装置の他の実施形態を示す模式図である。特に説明しない本実施形態の構成および動作は、図1を参照して説明した実施形態と同じであるので、その重複する説明を省略する。図2に示すように、処理装置は、生成ガス移送ライン45から第1流動化ガス供給ライン11に延びる生成ガス戻りライン91を備えている。生成ガス移送ライン45を流れる生成ガスの少なくとも一部は、生成ガス戻りライン91を通して第1流動化ガス供給ライン11に供給される。本実施形態では、熱分解室6から排出された生成ガスは、酸素フリーガスである第1流動化ガスの少なくとも一部として使用される。
- [0052] 図3は、処理装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。特に説明しない本実施形態の構成および動作は、図1を参照して説明した実施形態と同じであるので、その重複する説明を省略する。図3に示すように、処理装置は、メタン移送ライン53から第1流動化ガス供給ライン11に延びるメタン戻りライン92を備えている。メタン移送ライン53を流れるメタンの少なくとも一部は、メタン戻りライン92を通して第1流動化ガス供給ライン11に供給される。本実施形態では、メタネーション反応器3から排出されたメタンは、酸素フリーガスである第1流動化ガスの少なくとも一部として使用される。
- [0053] 上述した本発明の技術は、熱分解室および燃焼室を内部に有する流動床炉のみならず、燃焼室を有するが、熱分解室を内部に持たない焼却タイプの流動床炉にも適用することができる。この焼却タイプに本発明を適用する場合は、燃焼排ガスの流れは、流動床炉、ボイラ、減温塔、集塵器、誘引送風機という順序になる。通常、原料中の可燃分(水素、酸素、窒素、硫黄、塩素など)の全量を空気で燃焼させるため、燃焼排ガス中には N_2 (窒素)、 CO_2 、 H_2O 、硫酸化物、窒素酸化物、塩化水素等が含まれる。この燃焼排ガスから CO_2 のみを回収するために、 CO_2 回収設備(アミン吸収法、 CO_2 分離膜法)が設けられる。
- [0054] 上述した実施形態は、本発明が属する技術分野における通常の知識を有す

る者が本発明を実施できることを目的として記載されたものである。上記実施形態の種々の変形例は、当業者であれば当然になしうることであり、本発明の技術的思想は他の実施形態にも適用しうる。したがって、本発明は、記載された実施形態に限定されることはなく、特許請求の範囲によって定義される技術的思想に従った最も広い範囲に解釈されるものである。

産業上の利用可能性

[0055] 本発明は、可燃性廃棄物などの原料を処理する技術に利用可能であり、特に二酸化炭素を大気中に放出しない燃焼および熱分解・ガス化処理技術に利用可能である。

符号の説明

[0056]	1	流動床炉
	2	電気分解装置
	3	メタネーション反応器
	6	熱分解室
	7	燃焼室
	10	仕切壁
	11	第1流動化ガス供給ライン
	12	第2流動化ガス供給ライン
	15	第1風箱
	16	第2風箱
	18	第1流動床
	19	第2流動床
	22	排ガス出口
	24	燃焼排ガス移送ライン
	25	二酸化炭素戻りライン
	30	酸素移送ライン
	35	連通路
	37	原料供給口

4 1	生成ガス出口
4 5	生成ガス移送ライン
4 7	サイクロン
4 8	スクラバ
5 0	不燃物排出口
5 3	メタン移送ライン
5 4	ドレイン
5 5	ボイラ
5 6	減温塔
5 7	集塵装置
5 8	スクラバ
6 0	水供給ライン
6 1	水素移送ライン
6 2	C O ₂ フリー発電機
6 5	水素ホルダ
6 6	水素流量制御弁
7 0	酸素ホルダ
7 1	酸素流量制御弁
7 5	二酸化炭素測定器
8 0	制御部
8 6	温度計
8 7	酸素濃度計測器
9 1	生成ガス戻りライン
9 2	メタン戻りライン