

明 細 書

発明の名称： 燃焼装置、ボイラ、燃焼方法

技術分野

[0001] 本発明は燃料を燃焼させる燃焼装置およびボイラに関する。

背景技術

[0002] 燃料の燃焼によって発生した熱で水から蒸気を発生させるボイラとして、燃焼室内で流動する珪砂等の流動材によって形成される流動層または流動床を媒介として燃料を燃焼させる気泡型流動床（B F B : Bubbling Fluidized Bed）ボイラや循環流動層（C F B : Circulating Fluidized Bed）ボイラが知られている。特許文献 1 には C F B ボイラが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開 2 0 1 2 - 2 5 5 6 1 2 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] B F B ボイラや C F B ボイラは、燃焼室内で流動する高温の流動材を媒介とすることで高い燃焼効率を実現できるため、バイオマス（バイオ燃料）、スラッジ（汚泥）、廃材（廃紙、廃プラスチック、廃タイヤ等）等の不安定な品質の燃料や難燃性の燃料の燃焼に好適である。しかし、これらの燃料はいずれも炭素を主成分とするため、燃焼時に二酸化炭素等の温室効果ガスを発生させてしまい、地球温暖化を更に悪化させる恐れがある。近年の脱炭素の動きの中で、長期的に見てカーボンニュートラルと言えるバイオマス燃料の需要は高まっており、品質の安定したバイオマス燃料を安価に、安定的に調達することが難しくなっている。これまで石炭や廃棄物燃料等の難燃性の炭素含有燃料の燃焼を主目的とした B F B ボイラおよび C F B ボイラにおいて、バイオマス燃料の活用に加えて、二酸化炭素等の温室効果ガスを排出しない燃焼方式への対応が課題となっている。

[0005] 本発明はこうした状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、温室効果ガスの発生を低減できる燃焼装置およびボイラを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本発明のある態様の燃焼装置は、流動材が流動する燃焼室内に燃料を供給して燃焼させる燃焼装置であって、炭素を含有しない炭素非含有燃料を燃焼室内に供給する炭素非含有燃料供給部を備える。

[0007] 本発明の別の態様は、ボイラである。このボイラは、流動材が流動する燃焼室内に燃料を供給して燃焼させる燃焼部と、炭素を含有しない炭素非含有燃料を燃焼室内に供給する炭素非含有燃料供給部と、燃焼部で発生した熱によって水から蒸気を発生させる蒸気発生部とを備える。

[0008] なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本発明の表現を方法、装置、システム、記録媒体、コンピュータプログラムなどの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、炭素非含有燃料を供給することで温室効果ガスの発生を低減できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1] C F B ボイラ（循環流動層ボイラ）の全体的な構成を示す。

[図2] ハイブリッド燃料供給部としての起動バーナの構成例を模式的に示す。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態について詳細に説明する。説明および図面において同一または同等の構成要素、部材、処理には同一の符号を付し、重複する説明は適宜省略する。図示される各部の縮尺や形状は、説明を容易にするために便宜的に設定されており、特に言及がない限り限定的に解釈されるものではない。実施形態は例示であり、本発明の範囲を何ら限定するものではない。実施形態に記述されるすべての特徴や

その組み合わせは、必ずしも発明の本質的なものであるとは限らない。

[0012] 本発明の燃焼装置は、流動材が流動する燃焼室内に燃料を供給して燃焼させる任意の装置である。例えば燃焼装置をボイラとして構成する場合、燃焼室内で流動する珪砂等の流動材によって形成される流動層または流動床を媒介として燃料を燃焼させるＢＦＢボイラやＣＦＢボイラとして燃焼装置を構成できる。本実施形態では燃焼装置をＣＦＢボイラとして構成した例を主に説明する。

[0013] 図１は、燃焼装置としてのＣＦＢボイラ（循環流動層ボイラ）の全体的な構成を示す。ＣＦＢボイラは、珪砂等の流動材が流動する火炉１１内に燃料を供給して燃焼させる燃焼部１と、燃焼部１で発生した熱によって水から蒸気を発生させる蒸気発生部２と、火炉１１外に出た流動材を捕集して火炉１１内に戻す流動材循環部３と、燃焼部１に供給される空気、蒸気発生部２に供給される水、蒸気発生部２で発生する蒸気を燃焼部１の高温の排気によって加熱する伝熱部４と、伝熱部４からの排気中の煤や粉塵を分離して捕集する集塵装置５と、集塵装置５によって清浄化された排気を大気に放出する煙突６を備える。

[0014] 燃焼部１は燃焼室としての火炉１１を備える。火炉１１は鉛直方向に長尺の筒状であり、固形燃料や流動材の密度を高めて効率的な燃焼を可能とするため底部が先細り形状となっている。なお、火炉１１の底部は先細り形状でなくてもよく、頂部から底部まで略一定の断面形状の筒状に火炉１１を形成してもよい。火炉１１の底部のＡで示される領域は、高密度の流動材によって形成される流動層（流動床や砂層とも呼ばれる）を示す。流動層Ａでは、珪砂等の粉末状または粒子状の流動材が、火炉１１の底部から供給される流動流体としての空気によって流動している。流動層Ａに投入された燃料は、その中で攪拌されるように高温の流動材および空気と繰り返し接触することで効率的に燃焼される。

[0015] なお、燃焼に伴って生じる上昇気流によって流動材は火炉１１内を上昇するため、流動層Ａより上方の空間であるフリーボードＢにも流動材は存在す

る。フリーボードBにおける流動材の密度は、流動層Aにおける流動材の密度よりも小さく、火炉11の上方に行くほど小さくなる。フリーボードBでは、流動層Aで完全燃焼されなかった燃料が浮遊する流動材と接触しながら燃焼される。なお、流動材としては珪砂を例示したが、高温の火炉11内でも燃焼されずに固体状態を維持して流動しながら燃料に熱を伝える媒介として機能するものであればよく、例えば、その他の砂、石灰石等の石、灰でもよい。

[0016] 火炉11の底部には、空気を含む流体を透過させる多孔質材料で構成された流体透過部としての多孔板（分散板とも呼ばれる）121が設けられる。多孔板121の直下の空間である風箱122は、送風機としての第1ブロワ71から第1流量制御バルブ71Aを介して供給される加圧空気を、多孔板121を介して火炉11内に供給する流動流体供給部（空気供給部）を構成する。風箱122によって火炉11の底部に供給された加圧空気は、流動材を流動させて流動層Aを形成すると共に、流動層AまたはフリーボードBにおける燃料の燃焼に使われる。なお、フリーボードBにおける燃料の燃焼を促進し、不完全燃焼によるダイオキシンや一酸化炭素等の有害物質の発生を抑制するために、送風機としての第2ブロワ72が第2流量制御バルブ72Aを介して加圧空気をフリーボードB内に供給する。なお、本実施形態では多孔板121を例に挙げて流体透過部を説明したが、流体透過部は流動層Aにおいて流動材を流動させることができれば本実施形態に限定されるものではなく、例えば火炉11内に流動流体を供給するスリットが形成された多数の板から形成されてもよい。

[0017] 流動層Aにおける流動材を循環させるために、火炉11外の循環経路を有する外部循環機構13が設けられる。外部循環機構13は、火炉11の底部に連通して流動層Aにおける流動材の一部を抜き出し可能な拔出管131と、拔出管131を開閉制御して流動材の流量すなわち拔出管131による流動材の抜き出し量を調節可能な開閉弁132と、拔出管131で抜き出された流動材を上方に搬送するバケットコンベア等の流動材コンベア133と、

流動層 A の上部に対応する火炉 1 1 の外周に設けられ流動材コンベア 1 3 3 によって搬送された流動材を受け入れる流動材サイロ 1 3 4 と、流動材サイロ 1 3 4 に貯蔵された流動材を火炉 1 1 内に再投入する流動材再投入部 1 3 5 を備える。

[0018] 拔出管 1 3 1、開閉弁 1 3 2、流動材コンベア 1 3 3、流動材サイロ 1 3 4、流動材再投入部 1 3 5 は、火炉 1 1 の底面と側面の間を火炉 1 1 外で連結する流動材の循環経路を構成する。すなわち、火炉 1 1 の底面から拔出管 1 3 1 によって抜き出された流動材は、開閉弁 1 3 2、流動材コンベア 1 3 3、流動材サイロ 1 3 4 を経由して、流動材再投入部 1 3 5 によって火炉 1 1 の側面から流動層 A 内に再投入される。

[0019] 火炉 1 1 の側壁である炉壁には、流動層 A を形成するための流動材を C F B ボイラの起動時に火炉 1 1 内に供給する流動材供給部 1 4 と、主に流動層 A 内で燃焼させるための固形燃料を火炉 1 1 内に供給する固形燃料供給部 1 5 が設けられる。流動材供給部 1 4 は、流動材を貯留する漏斗状の流動材ホッパ 1 4 1 と、流動材ホッパ 1 4 1 の底部から排出される流動材を火炉 1 1 内に供給する流動材フィーダ 1 4 2 を備える。流動材フィーダ 1 4 2 の回転数を制御することで、所望の量の流動材が火炉 1 1 内に投入される。固形燃料供給部 1 5 は、固形燃料を貯留する漏斗状の固形燃料ホッパ 1 5 1 と、固形燃料ホッパ 1 5 1 の底部から排出される固形燃料を火炉 1 1 内に供給する固形燃料フィーダ 1 5 2 を備える。固形燃料フィーダ 1 5 2 の回転数を制御することで、所望の量の固形燃料が火炉 1 1 内に投入される。

[0020] 固形燃料供給部 1 5 が火炉 1 1 内に供給する固形燃料は特に限定されるものではないが、例えば、無煙炭、瀝青炭、褐炭等の各種の石炭、バイオマス、スラッジ、廃材が挙げられる。C F B ボイラでは、火炉 1 1 内で流動する高温の流動材を媒介とすることで高い燃焼効率を実現できるため、品質の低い燃料や難燃性の燃料も効率的に燃焼できる。なお、上で挙げた固形燃料は炭素を含有する炭素含有燃料であり、固形燃料供給部 1 5 は炭素含有燃料を火炉 1 1 内に供給する炭素含有燃料供給部を構成する。また、現時点では具

体例に乏しいが、炭素を含有しない固形燃料が利用可能になった場合、このような炭素非含有燃料を火炉 11 内に供給する固形燃料供給部 15 は炭素非含有燃料供給部を構成する。

[0021] 固形燃料供給部 15 に加えてまたは代えて、非固形または流体（液体または気体）の炭素非含有燃料を火炉 11 内に供給する炭素非含有燃料供給部 16 が燃焼部 1 の各部に設けられる。以下では炭素非含有燃料供給部 16 の四通りの設置例を示すが、炭素非含有燃料供給部 16 の設置箇所や設置態様はこれらに限定されない。炭素非含有燃料供給部 16 の数も四つに限られず、少なくとも一つあれば後述する温室効果ガス抑制等の本実施形態の効果を奏する。炭素非含有燃料供給部 16 を五箇所以上に設けてもよい。また、以下の説明では非固形の炭素非含有燃料の例としてアンモニアを用いるが水素等の他の燃料を用いてもよい。

[0022] 第 1 の設置態様に係る炭素非含有燃料供給部 16 A は、風箱 122 に炭素非含有燃料としてのアンモニアを供給する。風箱 122 に供給されたアンモニアは、第 1 ブロワ 71 から風箱 122 内に供給される加圧空気と混合された状態で、多孔板 121 を透過して下方から流動層 A 内に供給される。流動層 A における流動材および固形燃料を攪拌する加圧空気と共に非固形燃料としてのアンモニアを供給することで、流動材、固形燃料、加圧空気、アンモニアが混ざり合うため、難燃性として知られるアンモニアを効率的に燃焼できる。炭素非含有燃料供給部 16 A は、アンモニアを気体または液体の非固形の状態で貯留する貯留部 161 A と、貯留部 161 A に貯留されたアンモニアを気体または液体の非固形の状態で風箱 122 内に噴射する噴射装置 162 A を備える。

[0023] 第 2 の設置態様に係る炭素非含有燃料供給部 16 B は、多孔板 121 上の流動層 A（火炉 11 の底部の流動材）の側方から流動層 A 内に炭素非含有燃料としてのアンモニアを供給する。流動層 A 内に直接的に供給されたアンモニアは、流動層 A 内の流動材、固形燃料、加圧空気と混ざり合って効率的に燃焼される。炭素非含有燃料供給部 16 B は、アンモニアを気体または液体

の非固形の状態で貯留する貯留部 1 6 1 B と、貯留部 1 6 1 B に貯留されたアンモニアを気体または液体の非固形の状態で流動層 A 内に噴射する噴射装置 1 6 2 B を備える。ここで、噴射装置 1 6 2 B の先端部が流動層 A 内に側方から挿入されるように設けることで、流動層 A 内に効率的にアンモニアを噴射できる。なお、噴射装置 1 6 2 B は、アンモニアを空気と混合して燃焼させるバーナとして構成してもよく、この場合の噴射装置 1 6 2 B の先端はバーナの火口としてアンモニアの燃焼による炎を流動層 A 内に噴出する。このような炭素非含有燃料供給部 1 6 B としてのバーナは、例えばランスバーナやバーナランスとして構成でき、火炉 1 1 の底部の流動材（すなわち流動層 A）の側方においてアンモニア等の炭素非含有燃料を燃焼させる。

[0024] 炭素非含有燃料供給部 1 6 B の噴射装置 1 6 2 B の先端としての噴射口の位置は流動層 A に面していればどこでもよい。例えば、火炉 1 1 の高さが約 30m の場合の流動層 A の典型的な高さは約 1.5m であるため、噴射装置 1 6 2 B の噴射口の高さは火炉 1 1 の底面から約 1.5m 未満にするのが好ましく、具体的には 0.5m 等にする。また、火炉 1 1 の高さに対する百分率で表すと流動層 A の典型的な高さ 1.5m は 30m の 5.0% に相当し、これに対して噴射装置 1 6 2 B の噴射口の高さは、好ましくは 1.0%-4.0% の範囲内とし、より好ましくは 1.5%-2.5% の範囲内とする（上記の 0.5m は 30m の 1.7% に相当する）。

[0025] また、バーナ等によって構成される炭素非含有燃料供給部 1 6 B の噴射装置 1 6 2 B の先端としての噴射口の位置を火炉 1 1 の底面から 1.5m 未満の高さに設けることで、アンモニアの燃焼による亜酸化窒素（ N_2O ：酸化二窒素や一酸化二窒素とも呼ばれる）の発生および排出を低減できる効果が確認された。炭素非含有燃料供給部 1 6 B の噴射口の位置付近で発生した亜酸化窒素が、その上部の主燃焼領域を通過する間に還元されて窒素へ変換されるためと考えられる。このような亜酸化窒素の還元による削減効果を高めるためには、炭素非含有燃料供給部 1 6 B の噴射口の位置を更に低くすればよく、例えば、火炉 1 1 の底面から 1.0m 未満の高さとするのが好ましく、火炉 1 1 の底面から 0.5m 未満の高さとするのが更に好ましい。

[0026] 同様に、バーナ等によって構成される炭素非含有燃料供給部 16B の噴射装置 162B の先端としての噴射口の位置を火炉 11 の底面から 1.5m 以上（かつ、好ましくは流動層 A の上面以下）の高さに設けることで、アンモニアの燃焼による窒素酸化物（NO_x）の発生および排出を低減できる効果が確認された。火炉 11 の底部で発生した窒素酸化物が、バーナ等によって供給されたアンモニアと反応して窒素に還元されるためと考えられる。供給されたアンモニアの完全燃焼を維持しながら窒素酸化物の還元効果を得るため、典型的に火炉 11 の底面から 3.0m～4.0m 程度の高さに設けられる第 2 ブロワ 72 からの加圧空気の供給口（図 1 では流動層 A の上方に加圧空気が供給されているが、実際には流動層 A の側方から加圧空気が供給されてもよい）より下方に炭素非含有燃料供給部 16B の噴射口を設置するのが好ましい。このようなアンモニアの完全燃焼と窒素酸化物の低減効果を同時に得るためには、炭素非含有燃料供給部 16B の噴射口を加圧空気の供給口より下方に設ければよく、例えば、上記の典型的な加圧空気供給口（3.0m～4.0m 程度の高さ）に対して、炭素非含有燃料供給部 16B の噴射口は、例えば、火炉 11 の底面から 2.0m 以上の高さとしてもよく、火炉 11 の底面から 3.0m 以上の高さとしてもよい。

[0027] N₂O および NO_x の排出を効果的に低減する上では、1.5m 未満（または、1.0m 未満、0.5m 未満）の高さの炭素非含有燃料供給部 16B のバーナと、1.5m 以上（または、2.0m 以上、3.0m 以上）の高さの炭素非含有燃料供給部 16B のバーナを併設するのが好ましい。このような各バーナにおけるアンモニア等の炭素非含有燃料の供給量や燃焼量を個別に調整することで、火炉 11 における N₂O および NO_x の排出量を最小化または最適化できる。

[0028] 第 3 の設置態様に係る炭素非含有燃料供給部 16C は、後述する起動バーナと一体的に構成され、流動層 A の上方から流動層 A の表面（上面）に向けて下方に炭素非含有燃料としてのアンモニアを供給する。炭素非含有燃料供給部 16C から供給されたアンモニアは、流動層 A の表面で流動する流動材、固形燃料、加圧空気と混ざり合って効率的に燃焼される。ここで、流動層

Aの下方からアンモニアを供給する炭素非含有燃料供給部16A、流動層Aの側方からアンモニアを供給する炭素非含有燃料供給部16B、流動層Aの上方からアンモニアを供給する炭素非含有燃料供給部16Cの少なくとも二つの組合せによって、流動層Aの各部で流動する流動材、固形燃料、加圧空気に対して異なる方向からアンモニアを噴射して効率的に混合できるため、難燃性として知られるアンモニアを流動層Aの各部で効率的に燃焼できる。

[0029] 炭素非含有燃料供給部16Cは、アンモニアを気体または液体の非固形の状態で貯留する貯留部161Cと、貯留部161Cに貯留されたアンモニアを気体または液体の非固形の状態で火炉11内に噴射する噴射装置162Cを備える。ここで、噴射装置162Cは後述する起動バーナとしても機能し、その先端から噴出する炎で流動層Aの表面を直接加熱できるように下方に傾斜して設けられる。具体的な構成は後述するが、CFBボイラには起動のための起動バーナが設けられることが一般的であり、本実施形態では既存の起動バーナをアンモニア供給用の炭素非含有燃料供給部16Cとしても活用できる。

[0030] 炭素非含有燃料供給部16Cの噴射装置162Cの先端としての噴射口の位置は既存の起動バーナの位置によって決まる。例えば、火炉11の高さが約30mの場合の起動バーナの典型的な高さは約2.0mであり、高さ約1.5mの流動層Aより上方に位置する。なお、炭素非含有燃料供給部16Cは起動バーナと別体として設けてもよく、その場合の噴射装置162Cの噴射口の高さは自由に設定できる。例えば、火炉11の高さ(30m)の5.0%(1.5m)の高さの流動層Aの表面に対してアンモニアを効果的に噴射できるように、火炉11の高さの6.0%以上(1.8m以上)の高さに噴射装置162Cの噴射口を設けるのが好ましい。なお、噴射装置162Cの下方への傾斜角度を大きくすれば設置高さが大きくても流動層Aの表面に対してアンモニアを噴射できる。

[0031] 第4の設置態様に係る炭素非含有燃料供給部16Dは、火炉11の上部のフリーボードB内に炭素非含有燃料としてのアンモニアを供給する。フリーボードB内に供給されたアンモニアは、流動層Aで完全燃焼されなかった固

形燃料等に由来する未燃物を燃焼させて、不完全燃焼によるダイオキシンや一酸化炭素等の有害物質の発生を抑制する。特にフリーボードBでダイオキシンを発生させないためには温度を約800℃以上に維持することが重要であり、炭素非含有燃料供給部16Dからのアンモニアを燃焼させることで主な燃焼が起こる流動層Aから離れたフリーボードBでも約800℃以上の高温を維持できる。

[0032] また、アンモニアは還元剤としても機能し、火炉11内の燃焼で発生する大気汚染物質としての窒素酸化物(NO_x)を無害な窒素と水に還元する。火炉11の下部で燃焼後の排気が火炉11外に出る前のフリーボードBに炭素非含有燃料供給部16Dからアンモニアを供給することによって排気中の窒素酸化物を効果的に除去できる。

[0033] 炭素非含有燃料供給部16Dは、アンモニアを気体または液体の非固形の状態で貯留する貯留部161Dと、貯留部161Dに貯留されたアンモニアを気体または液体の非固形の状態でフリーボードB内に噴射する噴射装置162Dを備える。なお、噴射装置162Dは、アンモニアを空気と混合して燃焼させるバーナとして構成してもよく、この場合の噴射装置162Dの先端はバーナの火口としてアンモニアの燃焼による炎をフリーボードB内に噴出する。

[0034] 炭素非含有燃料供給部16Dの噴射装置162Dの先端としての噴射口の位置はフリーボードBに面していればどこでもよい。例えば、火炉11の高さが約30mの場合は約1.5mの流動層Aより上方はフリーボードBを構成する。しかし、流動層Aの表面に近い部分では粉末状または粒子状の流動材や固形燃料が激しく運動しながら燃焼しているため、ダイオキシンや窒素酸化物の除去という上記の効果を奏するためには噴射装置162Dの噴射口を流動層Aの表面から十分に離すのが好ましい。一方、噴射装置162Dの噴射口の位置が高すぎると、アンモニアによってダイオキシンや窒素酸化物が十分に除去される前の排気が火炉11外に出てしまうため好ましくない。これらの点を考慮して、噴射装置162Dの噴射口の高さは、例えば火炉11の高さ

(30m) の50% (15m) から70% (21m) の範囲内とするのが好ましい。

[0035] 以上のように火炉11の高さ方向である鉛直方向の異なる複数の位置に炭素非含有燃料供給部16A～16Dを設けることによって、難燃性として知られるアンモニアの燃焼場所を分散させて全体として高い燃焼効率を実現できる。また、このように火炉11の各部で少しずつアンモニアを燃焼させる構成とすることによって、高い燃焼効率を維持しながら全体としてアンモニアの供給量を増やすことができる。換言すれば、炭素を主成分とする石炭等の従来の炭素含有燃料の多くを、アンモニアや水素等の炭素非含有燃料によって置換できる。炭素非含有燃料は燃焼時に二酸化炭素等の炭素を含む温室効果ガスを発生させないため、温暖化が進む地球環境への悪影響を低減できる。

[0036] 続いて、炭素非含有燃料供給部16Cと一体的に構成される起動バーナ（起動バーナ16Cと表記する）を説明する。起動バーナ16Cには、炭素非含有燃料としてのアンモニアを貯留する炭素非含有燃料貯留部161Cと並列に、炭素含有燃料としての重油を貯留する炭素含有燃料貯留部163Cが設けられる。炭素非含有燃料貯留部161Cと噴射装置162Cの間には、炭素非含有燃料貯留部161Cから噴射装置162Cへのアンモニアの供給量を制御する炭素非含有燃料制御バルブ164Cが設けられ、炭素含有燃料貯留部163Cと噴射装置162Cの間には、炭素含有燃料貯留部163Cから噴射装置162Cへの重油の供給量を制御する炭素含有燃料制御バルブ165Cが設けられる。

[0037] モード切替部166Cは、炭素非含有燃料制御バルブ164Cおよび炭素含有燃料制御バルブ165Cを制御し、それらの開閉状態を相補的に切り替える。炭素非含有燃料制御バルブ164Cが開状態かつ炭素含有燃料制御バルブ165Cが閉状態の第1モードでは、噴射装置162Cは炭素非含有燃料貯留部161Cからのアンモニアを火炉11内に供給する。炭素非含有燃料制御バルブ164Cが閉状態かつ炭素含有燃料制御バルブ165Cが開状態の第2モードでは、噴射装置162Cは炭素含有燃料貯留部163Cから

の重油を火炉 11 内に供給する。具体的には、バーナとして構成される噴射装置 162C 内で空気と混合された重油が燃焼され、噴射装置 162C の先端はバーナの火口として重油の燃焼による炎を火炉 11 内に噴出する。

[0038] モード切替部 166C は、CFB ボイラの起動時は第 2 モードに切り替え、CFB ボイラの起動後は第 1 モードに切り替える。CFB ボイラの起動時には、流動層 A を形成するための珪砂等の流動材が流動材供給部 14 から火炉 11 内に供給される。この際、固形燃料供給部 15 から石炭等の固形燃料を火炉 11 内に併せて供給してもよいし、炭素非含有燃料供給部 16C 以外の炭素非含有燃料供給部 16A、16B、16D からアンモニアや水素等の炭素非含有燃料を火炉 11 内に併せて供給してもよい。CFB ボイラの起動時に第 2 モードで動作する噴射装置 162C は、重油の燃焼による炎で流動材供給部 14 から供給された流動材を加熱する。ここで、噴射装置 162C は下方に傾斜して設けられるため、流動材によって形成される流動層 A の表面が直接加熱され、流動層 A および火炉 11 内が効率的に昇温する。このように起動バーナ 16C は砂状の流動層 A を上方から加熱するため砂上バーナとも呼ばれる。

[0039] 流動層 A および火炉 11 内が十分に昇温した CFB ボイラの起動後、すなわち流動層 A において固形燃料の燃焼が可能となった後は、モード切替部 166C は第 1 モードに切り替える。第 1 モードで動作する噴射装置 162C は、その先端からアンモニアや水素等の炭素非含有燃料を流動層 A の表面に対して噴射する。以上のように、起動バーナ 16C は、起動時の第 2 モードでは炭素含有燃料としての重油を供給する炭素含有燃料供給部として機能し、起動後の第 1 モードでは炭素非含有燃料としてのアンモニアや水素等を供給する炭素非含有燃料供給部として機能するハイブリッド燃料供給部である。従来の起動バーナは重油等によって起動時の昇温を行った後は停止するが、本実施形態によれば起動後も起動バーナを炭素非含有燃料供給部として有効に活用できる。

[0040] 図 2 は、ハイブリッド燃料供給部としての起動バーナ 16C の構成例を模

式的に示す。起動バーナ 1 6 C の噴射装置 1 6 2 C は、炭素非含有燃料貯留部 1 6 1 C から炭素非含有燃料としてのアンモニアを受け入れる炭素非含有燃料受入部 1 6 7 C および炭素含有燃料貯留部 1 6 3 C から炭素含有燃料としての重油を受け入れる炭素含有燃料受入部 1 6 8 C を備える。

[0041] 以上、C F B ボイラの燃焼部 1 について詳細に説明した。続いて、C F B ボイラの燃焼部 1 以外の構成を説明する。蒸気発生部 2 は、蒸気を発生させる水を貯留するドラム 2 1 と、ドラム 2 1 に水を供給する給水管 2 2 と、ドラム 2 1 内の水を高温の火炉 1 1 内に導いて加熱する水管 2 3 と、水管 2 3 で加熱された水から発生した蒸気を C F B ボイラの出力としてドラム 2 1 から排出する蒸気管 2 4 を備える。給水管 2 2 は燃焼部 1 の高温の排気を通る伝熱部 4 内を蛇行することで給水を予熱する節炭器を構成し、蒸気管 2 4 は燃焼部 1 の高温の排気を通る伝熱部 4 内を蛇行することで蒸気を過熱する過熱器を構成する。同様に、第 1 ブロワ 7 1 および第 2 ブロワ 7 2 が火炉 1 1 内に供給する加圧空気も伝熱部 4 内の高温の排気によって予熱される。

[0042] 流動材循環部 3 は、火炉 1 1 の上部から排出された排気から流動材を分離して捕集するサイクロン 3 1 と、サイクロン 3 1 で捕集された流動材を火炉 1 1 内に戻すシールポット 3 2 を備える。サイクロン 3 1 は、上部が略円筒状および下部が略円錐状に形成されたサイクロン式粉体分離器であり、内壁に沿って螺旋状に降下する気流を発生させる。火炉 1 1 からの排気に含まれる流動材は、気流に沿って螺旋状に降下する際にサイクロン 3 1 の内壁に接触して落下することで捕集される。なお、排気には流動材だけでなく、炭素非含有燃料供給部 1 6 A ~ 1 6 D から供給されたアンモニアも含まれる。このため、排気中に窒素酸化物が残留していたとしても、サイクロン 3 1 内を激しく運動するアンモニアによって効率的に除去できる。更には、サイクロン 3 1 において排気に残留している未燃分としての炭素非含有燃料アンモニアと流動材との接触を促す、換言すればサイクロン 3 1 がアンモニアミキサーまたは炭素非含有燃料攪拌部として機能することで未燃分としてのアンモニアの完全燃焼が期待できる。なお、サイクロン 3 1 をアンモニアミキサー

として機能させる観点から、炭素非含有燃料供給部 1 6 A ~ 1 6 D は排気の流れにおけるサイクロン 3 1 の上流側に設置することが好ましい。

[0043] サイクロン 3 1 の下方に設けられるシールポット 3 2 は流動材で充填されており、火炉 1 1 からサイクロン 3 1 への未燃ガス等の逆流を防止する。シールポット 3 2 に充填された流動材は、サイクロン 3 1 が新たに捕集する流動材の重みによって押し出される形で、徐々に火炉 1 1 内に戻される。

[0044] 以上、本発明を実施形態に基づいて説明した。実施形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

[0045] 実施形態ではボイラの例として C F B ボイラを説明したが、本発明は B F B ボイラ（気泡型流動床ボイラ）にも適用できる。B F B ボイラの構成は、火炉 1 1 外に出た流動材を捕集して火炉 1 1 内に戻す流動材循環部 3 を備えない点を除いて、C F B ボイラと同様である。

[0046] なお、実施形態で説明した各装置の機能構成はハードウェア資源またはソフトウェア資源により、あるいはハードウェア資源とソフトウェア資源の協働により実現できる。ハードウェア資源としてプロセッサ、ROM、RAM、その他の L S I を利用できる。ソフトウェア資源としてオペレーティングシステム、アプリケーション等のプログラムを利用できる。

産業上の利用可能性

[0047] 本発明は燃料を燃焼させる燃焼装置およびボイラに関する。

符号の説明

[0048] 1 燃焼部、2 蒸気発生部、3 流動材循環部、4 伝熱部、1 1 火炉、1 3 外部循環機構、1 4 流動材供給部、1 5 固形燃料供給部、1 6 炭素非含有燃料供給部、1 6 C 起動バーナ、3 1 サイクロン、3 2 シールポット、1 2 1 多孔板、1 2 2 風箱、1 6 6 C モード切替部、1 6 7 C 炭素非含有燃料受入部、1 6 8 C 炭素含有燃料受入部。

請求の範囲

- [請求項1] 流動材が流動する燃焼室内に燃料を供給して燃焼させる燃焼装置であって、
炭素を含有しない炭素非含有燃料を前記燃焼室内に供給する炭素非含有燃料供給部を備える
燃焼装置。
- [請求項2] 炭素を含有する炭素含有燃料を前記燃焼室内に供給する炭素含有燃料供給部を更に備える請求項1に記載の燃焼装置。
- [請求項3] 前記炭素非含有燃料供給部および前記炭素含有燃料供給部は一体的なハイブリッド燃料供給部として構成され、
当該ハイブリッド燃料供給部は、前記炭素非含有燃料を受け入れる炭素非含有燃料受入部および前記炭素含有燃料を受け入れる炭素含有燃料受入部を備える
請求項2に記載の燃焼装置。
- [請求項4] 前記ハイブリッド燃料供給部は、前記炭素非含有燃料を前記燃焼室内に供給する第1モードおよび前記炭素含有燃料を前記燃焼室内に供給する第2モードを切り替えるモード切替部を更に備える請求項3に記載の燃焼装置。
- [請求項5] 前記モード切替部は、前記燃焼装置の起動時は前記第2モードに切り替え、前記燃焼装置の起動後は前記第1モードに切り替える請求項4に記載の燃焼装置。
- [請求項6] 前記燃焼室の底部に設けられ流体を透過させる流体透過部と、
前記流体透過部を介して前記流動材を流動させる空気を前記燃焼室内に供給する流動流体供給部とを備え、
前記炭素非含有燃料供給部は、前記流体透過部上の前記流動材に対して前記炭素非含有燃料を供給すると共に、流体である前記炭素非含有燃料を前記空気と共に前記流体透過部を介して前記燃焼室内に供給する

請求項 1 から 5 のいずれかに記載の燃焼装置。

[請求項7] 前記炭素非含有燃料供給部は、前記燃焼室の底部の前記流動材に側方から前記炭素非含有燃料を供給する、請求項 1 から 5 のいずれかに記載の燃焼装置。

[請求項8] 前記炭素非含有燃料供給部は、前記燃焼室の底部の前記流動材の側方において前記炭素非含有燃料を燃焼させるバーナである、請求項 7 に記載の燃焼装置。

[請求項9] 前記バーナは、前記燃焼室の底面から1.5m未満の高さに設けられる、請求項 8 に記載の燃焼装置。

[請求項10] 前記バーナは、前記燃焼室の底面から1.5m以上の高さに設けられる、請求項 8 に記載の燃焼装置。

[請求項11] 前記炭素非含有燃料供給部は前記燃焼室内の高さが異なる複数の位置に前記炭素非含有燃料を供給する請求項 1 から 5 のいずれかに記載の燃焼装置。

[請求項12] 前記炭素非含有燃料は非固形燃料である請求項 1 から 5 のいずれかに記載の燃焼装置。

[請求項13] 前記非固形燃料はアンモニアおよび水素の少なくともいずれかである請求項 1 2 に記載の燃焼装置。

[請求項14] 前記燃焼室外に出た前記流動材を捕集して前記燃焼室内に戻す流動材循環部を更に備える請求項 1 から 5 のいずれかに記載の燃焼装置。

[請求項15] 前記燃焼装置は循環流動層ボイラである請求項 1 から 5 のいずれかに記載の燃焼装置。

[請求項16] 流動材が流動する燃焼室内に燃料を供給して燃焼させる燃焼部と、炭素を含有しない炭素非含有燃料を前記燃焼室内に供給する炭素非含有燃料供給部と、
前記燃焼部で発生した熱によって水から蒸気を発生させる蒸気発生部と
を備えるボイラ。

[請求項17] 流動材が流動する燃焼室内に燃料を供給して燃焼させる燃焼方法であって、
 炭素を含有しない炭素非含有燃料を前記燃焼室内に供給する炭素非含有燃料供給ステップを備える
 燃焼方法。