明　細　書

発明の名称 ： 燃焼設備、演算方法およびプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、燃焼設備、演算方法およびプログラムに関する。

本願は、２０１９年１１月２９日に日本に出願された特願２０１９－２１７２９７号について優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 特許文献１には、燃焼ストーカ上の層厚さ及び燃え切り点と後燃焼ストーカ上のおき燃焼完結点により、燃焼ストーカ及び後燃焼ストーカの下方へ供給する燃焼空気の酸素含有率を制御することにより、安定した廃棄物の焼却処理を行なえる技術が開示されている。

[0003] 特許文献２には、後燃焼帯の一部又は全部で発生する特定成分の排ガス濃度を検出して、検出された排ガス濃度からゴミの燃焼速度を導出し、導出された燃焼速度とそのときに供給された燃焼用空気量から未燃ゴミ量を求める技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第３６１８６６８号公報

特許文献2：特開平６－２８８５２９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 燃焼設備に投入する廃棄物やバイオマスなどの固体燃料は、その種類、成分、発熱量、成分、固定炭素割合などが変動した時に未燃分が変動する。燃焼設備を効率よく運転するために、固体燃料が燃焼設備の後燃焼段の最後で燃え切るよう制御することが望まれている。しかし、固体燃料の未燃分を直接リアルタイムに計測することは難しい。

本開示は、上記課題を解決するためになされたものであって、燃焼設備、

演算方法およびプログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示に係る燃焼設備は、搬送方向に配列された乾燥段、燃焼段、及び後燃焼段を有し、搬送方向に被焼却物を搬送することで、乾燥、燃焼、及び後燃焼をそれぞれ行う処理空間を画成する炉本体と、を備える燃焼設備において、燃焼による火炎の搬送方向段側の端である燃え切り点の近傍における被焼却物の温度を測定する温度測定部と、予め設定された基準温度の値から測定した温度の値を減算して得られた温度差に基づいて、後燃焼の後における被焼却物の未燃分の割合を演算する演算部と、を備える。

[0007] 本開示に係る演算方法は、搬送方向に配列された乾燥段、燃焼段、及び後燃焼段を有し、搬送方向に被焼却物を搬送することで、乾燥、燃焼、及び後燃焼をそれぞれ行う処理空間を画成する炉本体と、を備える燃焼設備において、燃焼による火炎の搬送方向段側の端である燃え切り点の近傍における被焼却物の温度を測定するステップと、予め設定された基準温度の値から測定した温度の値を減算して得られた温度差に基づいて、後燃焼の後における被焼却物の未燃分の割合を演算するステップと、を有する。

[0008] 本開示に係るプログラムは、搬送方向に配列された乾燥段、燃焼段、及び後燃焼段を有し、搬送方向に被焼却物を搬送することで、乾燥、燃焼、及び後燃焼をそれぞれ行う処理空間を画成する炉本体と、を備える燃焼設備の、コンピュータに、燃焼による火炎の搬送方向段側の端である燃え切り点の近傍における被焼却物の温度を測定するステップと、予め設定された基準温度の値から測定した温度の値を減算して得られた温度差に基づいて、後燃焼の後における被焼却物の未燃分の割合を演算するステップと、を実行させる。

発明の効果

[0009] 本開示の燃焼設備、演算方法およびプログラムによれば、燃焼設備で焼却する被焼却物の未燃分の割合を適切に維持させて安定的な燃焼を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本開示の実施形態に係る燃焼設備の構成を示す図である。

[図2]本開示の実施形態に係る制御装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図3]本開示の実施形態に係る燃焼設備の動作を示すフローチャートである。

[図4]本開示の実施形態に係る燃焼設備の動作を示すフローチャートである。

[図5]本開示の実施形態に係る制御装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図6]少なくとも１つの実施形態に係るコンピュータの構成を示す概略ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0011] 〈第１の実施形態〉

《燃焼装置の構成》

以下、第１の実施形態に係る燃焼設備１００の構成について説明する。第１の実施形態に係る燃焼設備１００は、被焼却物４００としての廃棄物を焼却処理するための設備である。燃焼設備１００の例としては、ごみ焼却ストーカ炉と、バイオマス流動床ボイラと、が挙げられる。第１の実施形態に係る燃焼設備１００は、ごみ焼却ストーカ炉である。

[0012] 図１は、第１の実施形態に係る燃焼設備１００の構成を示す図である。燃焼設備１００は、ストーカ炉１と、排熱回収ボイラ８と、減温塔９と、集塵装置１１と、煙突１２と、制御装置３００と、を備える。

[0013] ストーカ炉１は、被焼却物４００を搬送しながら燃焼させる炉である。上記被焼却物４００の例としては、廃棄物と、バイオマスと、が挙げられる。図１における被焼却物４００は廃棄物である。ストーカ炉１による被焼却物４００の燃焼に伴って、当該ストーカ炉１からは排ガスが発生する。この排ガスは、ストーカ炉１の上部に設けられた排熱回収ボイラ８に送られる。

[0014] 排熱回収ボイラ８は、排ガスと水との間で熱交換を行うことで水を加熱して蒸気を発生させる。この蒸気は、図示しない外部の機器で利用される。排熱回収ボイラ８を通過した排ガスは、減温塔９で冷却された後、集塵装置１１に送られる。集塵装置１１でススや塵埃が除去された後、排ガスは煙突１２を通じて大気中に放散される。

[0015] 次いで、ストーカ炉１の構成について説明する。図１に示すように、ストーカ炉１は、炉本体１０と、炉本体１０から上方に延びる火炉７と、被焼却物４００を一時的に貯留するホッパ３と、ホッパ３から炉本体１０内に被焼却物４００を供給するフィーダ３１と、炉本体１０の底部に設けられたストーカ６と、を有する。また、ストーカ炉１は、焼却された被焼却物４００を外部に排出する排出シュート１３と、ストーカ６の下方に設けられた風箱２と、被焼却物４００を排出シュート１３に移動させるクリンカローラ２１０と、炉本体１０の収納空間Ｖの画像を撮影するカメラ２２０と、を有する。また、ストーカ炉１は、一次空気ラインＬ１及び二次空気ラインＬ２に空気を送り込む送風機Ｂ１と、風箱２に空気を供給する一次空気ラインＬ１と、火炉７に空気を供給する二次空気ラインＬ２と、を有する。

[0016] ストーカ６は複数の火格子６１により構成させる。火格子６１には、固定火格子６１Ａと、可動火格子６１Ｂとがある。固定火格子６１Ａは、固定されている火格子６１である。可動火格子６１Ｂは、一定の速度で搬送方向Ｄａと－Ｄａ方向への作動により、当該火格子６１の上にある被焼却物４００を攪拌させる火格子６１である。上記の－Ｄａ方向とは搬送方向Ｄａの逆向きの方向である。

[0017] 炉本体１０の内部には、被焼却物４００を燃焼させるための処理空間Ｖが形成されている。この処理空間Ｖ内では、ストーカ６によって被焼却物４００がフィーダ３１から排出シュート１３へ向かう搬送方向Ｄａに搬送される。燃焼した被焼却物４００は、排出シュート１３を通じて外部に排出される。本実施形態ではストーカ６は水平に設けられている。一方で、他の実施形態に係るストーカ６は、水平面に対して傾斜して設けられてもよい。

[0018] 炉本体１０は、搬送方向Ｄａの上流側から順に、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３に分けて設計される。乾燥段２１は、ホッパ３から供給された被焼却物４００を、燃焼に先立って乾燥させるための区画である。燃焼段２２及び後燃焼段２３では、乾燥した状態の被焼却物４００を燃焼させるための区画である。燃焼段２２においては、被焼却物４００から発生する熱

分解ガスにより火炎Ｆが生じる。後燃焼段２３においては、被焼却物４００の固定炭素の燃焼がなされるため、火炎Ｆが生じない。つまり、燃焼に伴う火炎Ｆは、主として燃焼段２２の上方に形成される。

[0019] 火炉７は、炉本体１０の上部から上方に向かって延びている。火炉７を通じて、処理空間Ｖ内の排ガスが排熱回収ボイラ８に送られる。一次空気ラインＬ１は、送風機Ｂ１と風箱２とを接続している。送風機Ｂ１を駆動することで、一次空気ラインＬ１を通じて空気が風箱２に供給される。風箱２は、処理空間Ｖ内に空気を供給する。二次空気ラインＬ２は、送風機Ｂ１と火炉７内とを接続している。二次空気ラインＬ２を通じて、燃焼用の空気が火炉７内に供給される。風箱２は、処理空間Ｖの底面を形成している。風箱２は、搬送方向Ｄａに複数配列されている。

[0020] クリンカローラ２１０は、回転することにより被焼却物４００を後燃焼段２３から排出シュート１３に移動させる。クリンカローラ２１０は、制御装置３００により設定された時間ごとに回転する。カメラ２２０は、後燃焼段２３の前半付近での被焼却物４００と、当該被焼却物４００の周辺を撮影する。後燃焼段２３の前半の例としては、後燃焼段２３のうち前の半分の域である。すなわち、後燃焼段２３に係る２つの風箱２のうち、前の１つの風箱２に係る域が後燃焼段２３の前半の一例である。

[0021] なお、上述した通り、燃焼に伴う火炎Ｆは、燃焼段２２の上方に形成され、後燃焼段２３において生じないため、後燃焼段２３の前半は、火炎Ｆの搬送方向段側の端の近傍であるといえる。以下、火炎Ｆの搬送方向段側の端を燃え切り点Ｚともいう。燃え切り点Ｚは、被焼却物４００の加熱による熱分解ガスの発生が完了した点であるともいえる。燃焼設備１００が置かれた環境や被焼却物４００の燃焼状況により燃え切り点Ｚは変わり得る。そのため、燃え切り点Ｚは、燃焼段２２と後燃焼段２３との境界点を含む所定の範囲又は火炎Ｆの搬送方向段側の端を含む所定の範囲に設定される。カメラ２２０が被焼却物４００の周辺を撮影することで、カメラ２２０が生成する画像データには、処理空間Ｖを画成する炉本体１０の壁面と、被焼却物４００か

ら発生する輝炎と、が写る。カメラ２２０の例としては、可視カメラと赤外カメラを備えるカメラ、が挙げられる。カメラ２２０は、赤外カメラの変わりにハイパースペクトルカメラを備えても良い。

[0022] 制御装置３００は、ストーカ６、送風機Ｂ１、およびクリンカローラ２１０を制御する。図２は、制御装置３００の構成を示す概略ブロック図である。制御装置３００は、取得部３０５と、温度測定部３１０と、長さ測定部３２０と、高さ測定部３３０と、演算部３４０と、制御部３５０と、を備える。制御装置３００は、有線または無線で燃焼設備１００と接続される。

[0023] 取得部３０５は、カメラ２２０から画像データを取得する。

温度測定部３１０は、取得部３０５が取得した画像データに基づいて後燃焼段２３の前段付近での被焼却物４００の温度を測定する。上記の前段付近の例としては、燃焼設備１００を用いて被焼却物４００を焼却した場合、被焼却物４００の燃え切り点Ｚとなる場所の付近が挙げられる。すなわち、上記の前段付近での被焼却物４００の温度の例としては、燃焼段２２と後燃焼段２３との境界点を含む所定の範囲又は火炎Ｆの搬送方向段側の端を含む所定の範囲における被焼却物４００の温度が挙げられる。また、上記の前段付近での被焼却物４００の温度の例として、後燃焼段２３の前段における被焼却物４００の平均温度、も挙げられる。具体的には、温度測定部３１０は、以下の動作を行って温度を測定する。

[0024] 温度測定部３１０は、取得部３０５がカメラ２２０の赤外カメラ若しくはハイパースペクトルカメラから取得した画像データを受け入れる。温度測定部３１０は、受け入れた画像データにおいて、燃え切り点Ｚ付近の領域である後燃焼段２３の前半付近の領域のうち、予め設定された部分を区域ごとに分割して当該区域ごとの輝度を正規化する。その後、温度測定部３１０は、区域ごとの輝度と、輝度と温度とが関連付けられた温度情報とを照らし合わせて、区域ごとの温度を特定する。温度測定部３１０は、区域ごとの温度のうちの最高温度若しくは区域ごとの温度の平均温度で、被焼却物４００の温度と特定し、当該被焼却物４００の温度を測定する。

[0025] 長さ測定部３２０は、取得部３０５が取得した画像データに基づいて燃え切り長さを測定する。燃え切り長さとは、フィーダ３１と乾燥段２１との境界から燃え切り点Ｚまでの長さである。燃え切り点Ｚを境に被焼却物４００は気体燃焼から固体燃焼に変わる。具体的には、長さ測定部３２０は、以下の動作で燃え切り長さを測定する。

[0026] 長さ測定部３２０は、取得部３０５がカメラ２２０から取得した画像データを受け入れる。その後、長さ測定部３２０は、受け入れた画像データの輝度を予め設定された閾値で二値化する。長さ測定部３２０は、二値化された画像データの値を、搬送方向Ｄａの順に値を並べた場合、値が変化する点を火炎Ｆの輝炎の境界に係る点と特定する。長さ測定部３２０は、火炎Ｆの輝炎の境界に係る点の平均値を演算して、燃え切り点Ｚと特定する。長さ測定部３２０は、フィーダ３１及び乾燥段２１が接する点から燃え切り点Ｚまでの長さを演算して、燃え切り長さを測定する。

[0027] 高さ測定部３３０は、カメラ２２０から画像データを取得して後燃焼段２３の前半付近での被焼却物４００の表面の高さを測定する。上記高さとは、処理空間Ｖを画成する炉本体１０の壁面を基準とした被焼却物４００の表面の相対的な高さである。具体的には、高さ測定部３３０は、以下の動作で被焼却物４００の表面の高さを測定する。

[0028] 高さ測定部３３０は、取得部３０５がカメラ２２０の赤外カメラ又はハイパースペクトルカメラから取得した画像データを受け入れる。高さ測定部３３０は、受け入れた画像データのうち、予め設定された閾値により特定した被焼却物４００の表面と、処理空間Ｖの壁面の基準を照らし合わせることで、当該表面の高さを測定する。

[0029] 演算部３４０は、後燃焼の後における被焼却物４００の未燃分の割合を演算する。上記未燃分の割合とは、後燃焼の後における被焼却物４００が含むチャー（固定炭素）の重量を、後燃焼の後における被焼却物４００が含むチャーの重量と被焼却物４００が含む炭分の重量を加算した値で除算した値をいう。具体的には、演算部３４０は、以下に示す式（１）に、温度測定部３

１０と、長さ測定部３２０と、高さ測定部３３０から取得したデータを代入して、未燃分の割合を演算する。

[0030] 未燃分の割合＝Ｃ＋αＸ$_1$－βＸ$_2$＋γＸ$_3$　・・・　（１）

[0031] 上記の数式１において、基準値Ｃは、予め設定された基準の値である。係数αと、係数βと、係数γとは、予め設定された係数の値である。基準値Ｃと、係数αと、係数βと、係数γとは、燃焼設備を使用する前に、被焼却物４００の未燃分の割合の実測などを行い、予め設定される。また、基準値Ｃと、係数αと、係数βと、係数γとは、燃焼設備１００の周囲の環境や、被焼却物４００の成分などにより変わり得る。

[0032] Ｘ$_1$は、予め設定された基準燃え切り長さから長さ測定部３２０が測定した燃え切り長さを減算して得られた値である。Ｘ$_2$は、予め設定された基準高さから高さ測定部３３０が測定した高さを減算して得られた値である。Ｘ$_3$は予め設定された基準温度の値から温度測定部３１０が測定した温度を減算して得られた値である。

[0033] 制御部３５０は、演算部３４０が演算した未燃分の割合が、予め設定された範囲内となるように燃焼設備１００を制御する。予め設定された範囲内の例としては、燃焼設備１００を安定的に運用するために最適であると特定された未燃分の割合である目標未燃分割合に、燃焼設備１００の運用上の変動を考慮して燃焼設備１００のユーザが特定した変動値を加算して上限値とし、燃焼設備１００を安定的に運用するために最適であると燃焼設備１００のユーザが特定した未燃分の割合である目標未燃分割合から、燃焼設備１００の運用上の変動を考慮して燃焼設備１００のユーザが特定した変動値を減算して下限値とする範囲である。上記目標未燃分割合の例としては、被焼却物４００が後燃焼段２３の最後端に到達するときに被焼却物４００の中の固定炭素を燃え切らせるための割合などが挙げられる。

[0034] 具体的には、制御部３５０は、クリンカローラ２１０の作動間隔と、乾燥段２１、燃焼段２２および後燃焼段２３に投入される空気のうち後燃焼段２３に投入される空気の割合と、火格子６１の作動速度と、風箱２に投入され

る空気量と、が変化するように、クリンカローラ２１０と、送付機Ｂ１と、火格子６１と、風箱２と、を制御する。

[0035] クリンカローラ２１０の作動間隔を増加させると、被焼却物４００の炉本体１０における滞留時間が増加する。これにより、被焼却物４００の燃焼時間が長くなるため、被焼却物４００の未燃分の割合は下がる。クリンカローラ２１０の作動間隔を減少させると、被焼却物４００の炉本体における滞留時間が減少する。これにより、被焼却物４００の燃焼時間が短くなるため、被焼却物４００の未燃分の割合は上がる。

[0036] また、乾燥段２１、燃焼段２２および後燃焼段２３に投入される空気のうち後燃焼段２３に投入される空気の割合を上げると、被焼却物４００の固定炭素を無くすための後燃焼が、多くの空気量に基づいてより強く行われるため、被焼却物４００の未燃分の割合は下がる。乾燥段２１、燃焼段２２および後燃焼段２３に投入される空気のうち後燃焼段２３に投入される空気の割合を下げると、被焼却物４００の固定炭素を無くすための後燃焼が、少ない空気量に基づいてより弱く行われるため、被焼却物４００の未燃分の割合は上がる。

[0037] また、火格子６１のうち可動火格子６１Ｂの作動速度を上げると、被焼却物４００の攪拌がより強く行われるため、被焼却物４００の未燃分の割合は下がる。火格子６１のうち可動火格子６１Ｂの作動速度を下げると、被焼却物４００の攪拌がより弱く行われるため、被焼却物４００の未燃分の割合は上がる。

[0038] また、乾燥段２１と燃焼段２２と後燃焼段２３とに係る風箱２に投入される空気量を上げると、より多くの空気量に基づいて被焼却物４００の焼却がより強く行われるため、被焼却物４００の未燃分の割合は下がる。乾燥段２１と燃焼段２２と後燃焼段２３とに係る風箱２に投入される空気量を下げると、より少ない空気量に基づいて被焼却物４００の焼却がより弱く行われるため、被焼却物４００の未燃分の割合は上がる。

[0039] 《燃焼設備の未燃分の割合の演算の動作》

以下、燃焼設備１００の未燃分の割合の演算の動作について説明する。図３は、第１の実施形態に係る燃焼設備１００の未燃分の割合の演算の動作を示すフローチャートである。

[0040] カメラ２２０が処理空間Ｖを撮影することにより、被焼却物４００と、当該被焼却物４００の周辺との画像データを取得する（ステップＳ１）。具体的には、カメラ２２０の可視カメラ及び赤外カメラは、被焼却物４００及び処理空間Ｖを画成する壁面を撮影する。

取得部３０５は、ステップＳ１でカメラ２２０が撮影した画像データを取得する。

[0041] 温度測定部３１０は、ステップＳ２で取得部３０５が取得した画像データに基づいて、被焼却物４００の温度を測定する（ステップＳ３）。例えば、温度測定部３１０は、取得部３０５がステップＳ２で取得した画像データを受け入れる。温度測定部３１０は、受け入れた画像データにおいて、燃え切り点Ｚ付近の領域である後燃焼段２３の前半付近の領域のうち、予め設定された部分を区域ごとに分割して当該区域ごとの輝度を正規化する。その後、温度測定部３１０は、区域ごとの輝度と、輝度と温度とが関連付けられた温度情報とを照らし合わせて、区域ごとの温度を特定する。温度測定部３１０は、区域ごとの温度のうちの最高温度若しくは区域ごとの温度の平均温度で、被焼却物４００の温度と特定し、当該被焼却物４００の温度を測定する。

[0042] 長さ測定部３２０は、ステップＳ２で取得部３０５が取得した画像データに基づいて燃え切り長さを測定する（ステップＳ４）。例えば、長さ測定部３２０は、取得部３０５がステップＳ２で取得した画像データを受け入れる。その後、長さ測定部３２０は、受け入れた画像データの輝度を予め設定された閾値で二値化する。長さ測定部３２０は、二値化された画像データの値を、搬送方向Ｄａの順に値を並べた場合、値が変化する点を火炎Ｆの輝炎の境界に係る点と特定する。長さ測定部３２０は、火炎Ｆの輝炎の境界に係る点の平均値を演算して、燃え切り点Ｚと特定する。長さ測定部３２０は、フィーダ３１及び乾燥段２１が接する点から燃え切り点Ｚまでの長さを演算し

て、燃え切り長さを測定する。

[0043] 高さ測定部３３０は、ステップＳ２で取得部３０５が取得した画像データに基づいて被焼却物４００の表面の高さを測定する（ステップＳ５）。例えば、高さ測定部３３０は、取得部３０５がカメラ２２０の赤外カメラ又はハイパースペクトルカメラから取得した画像データを受け入れる。高さ測定部３３０は、受け入れた画像データのうち、予め設定された閾値により特定した被焼却物４００の表面と、処理空間Ｖの壁面の基準を照らし合わせることで、当該表面の高さを測定する。

[0044] 演算部３４０は、ステップＳ２で測定された温度と、ステップＳ３で測定された燃え切り長さと、ステップＳ４で測定された高さと、に基づいて、未燃分の割合を演算する（ステップＳ６）。

[0045] 上記の動作により、燃焼設備１００は被焼却物４００の後燃焼の後における未燃分の割合を演算することができる。これにより、燃焼設備１００のユーザは、燃焼設備１００で焼却する被焼却物４００の未燃分の割合をリアルタイムで把握することができる。

[0046] 《燃焼設備の制御の動作》

以下、燃焼設備１００の制御の動作について説明する。図４は、第１の実施形態に係る燃焼設備１００の制御の動作を示すフローチャートである。

[0047] 燃焼設備１００は、上記で説明したステップＳ１からステップＳ５までの動作により未燃分の割合を演算する。演算された未燃分の割合が予め設定された範囲内である場合（ステップＳ１１：ＹＥＳ）は、燃焼設備１００の制御に係る動作は終了する。他方、演算された未燃分の割合が予め設定された範囲内でない場合（ステップＳ１１：ＮＯ）は、制御部３５０は、クリンカローラ２１０の作動間隔が変化するように制御する（ステップＳ１２）。すなわち、制御部３５０は、クリンカローラ２１０に信号を送り、クリンカローラ２１０の作動間隔を変化させる。例えば、未燃分の割合が予め設定された範囲の上限値以上である場合、制御部３５０は、クリンカローラ２１０の作動間隔を増加させるように制御する。未燃分の割合が予め設定された範囲

の下限値以下である場合、制御部３５０は、クリンカローラ２１０の作動間隔を減少させるように制御する。

[0048] ステップＳ１２の後、燃焼設備１００は、再度ステップＳ１からステップＳ５までの動作を繰り返して未燃分の割合を演算する。その後、演算された未燃分の割合が予め設定された範囲内である場合（ステップＳ１３：ＹＥＳ）は、燃焼設備１００の制御に係る動作は終了する。他方、演算された未燃分の割合が予め設定された範囲内でない場合（ステップＳ１３：ＮＯ）は、制御部３５０は、後燃焼段２３に投入される空気の割合を制御する（ステップＳ１４）。すなわち、制御部３５０は、送風機Ｂ１に信号を送ることにより、一次空気ラインＬ１により後燃焼段２３に投入される空気の割合を制御する。例えば、未燃分の割合が予め設定された範囲の上限値以上である場合、制御部３５０は、後燃焼段２３に投入される空気の割合が上がるように制御する。他方、未燃分の割合が予め設定された範囲の下限値以下である場合、制御部３５０は、後燃焼段２３に投入される空気の割合が下がるように制御する。

[0049] ステップＳ１４の後、燃焼設備１００は、再度ステップＳ１からステップＳ５までの動作を繰り返して未燃分の割合を演算する。その後、演算された未燃分の割合が予め設定された範囲内である場合（ステップＳ１５：ＹＥＳ）は、燃焼設備１００の制御に係る動作は終了する。他方、演算された未燃分の割合が予め設定された範囲内でない場合（ステップＳ１５：ＮＯ）は、制御部３５０は、火格子６１の作動速度を制御する（ステップＳ１６）。すなわち、制御部３５０は、可動火格子６１Ｂを作動させるアクチュエータに信号を送り、可動火格子６１Ｂの作動速度を制御する。例えば、未燃分の割合が予め設定された範囲の上限値以上である場合、制御部３５０は、可動火格子６１Ｂの作動速度が上がるように制御する。他方、未燃分の割合が予め設定された範囲の下限値以下である場合、制御部３５０は、可動火格子６１Ｂの作動速度が下がるように制御する。

[0050] ステップＳ１６の後、燃焼設備１００は、再度ステップＳ１からステップ

Ｓ５までの動作を繰り返して未燃分の割合を演算する。その後、演算された未燃分の割合が予め設定された範囲内である場合（ステップＳ１７：ＹＥＳ）は、燃焼設備１００の制御に係る動作は終了する。他方、演算された未燃分の割合が予め設定された範囲内でない場合（ステップＳ１７：ＮＯ）は、制御部３５０は、風箱２に投入する空気量を制御する（ステップＳ１８）。すなわち、制御部３５０は、送風機Ｂ１に信号を送り、風箱２に投入する空気量を制御する。例えば、未燃分の割合が予め設定された範囲の上限値以上である場合、制御部３５０は、風箱２に投入する空気量が上がるように制御する。他方、未燃分の割合が予め設定された範囲の下限値以下である場合、制御部３５０は、風箱２に投入する空気量が下がるように制御する。

[0051] ステップＳ１８の後、燃焼設備１００は、再度ステップＳ１からステップＳ５までの動作を繰り返して未燃分の割合を演算する。その後、演算された未燃分の割合が予め設定された範囲内である場合（ステップＳ１９：ＹＥＳ）は、燃焼設備１００の制御に係る動作は終了する。他方、演算された未燃分の割合が予め設定された範囲内でない場合（ステップＳ１９：ＮＯ）は、再度ステップＳ１２に戻り、制御部３５０は、クリンカローラ２１０の作動間隔が変化するように制御する（ステップＳ１２）。

[0052] 上記の動作により、燃焼設備１００が、演算された未燃分の割合に基づいて、燃焼設備１００を制御して未燃分の割合が予め設定された範囲内となるようにするため、燃焼設備１００のユーザは、被焼却物４００の未燃分の割合を適切に維持させて安定的な燃焼ができる。

[0053] なお、燃焼設備１００の制御の動作は上記の動作に限るものではない。例えば、クリンカローラ２１０の制御と、空気の割合の制御と、火格子６１の作動速度の制御と、空気量の制御との順番は、上記の動作における順番に限るものでなく、異なる順番に係る動作であっても良い。また、クリンカローラ２１０の制御と、空気の割合の制御と、火格子６１の作動速度の制御と、空気量の制御のうち、複数の制御が同時に行われるようにしても良い。また、クリンカローラ２１０の制御と、空気の割合の制御と、火格子６１の作動

速度の制御と、空気量の制御のうち、１つの制御に係る動作だけを複数回行われるようにしても良い。また、クリンカローラ２１０の制御と、空気の割合の制御と、火格子６１の作動速度の制御と、空気量の制御のうち、１つの制御だけが行われるようにしても良い。

[0054] 《作用・効果》

本開示に係る燃焼設備１００は、搬送方向に配列された乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３を有し、搬送方向Ｄａに被焼却物４００を搬送することで、乾燥、燃焼、及び後燃焼をそれぞれ行う処理空間Ｖを画成する炉本体１０と、を備える燃焼設備１００において、燃焼による火炎の搬送方向Ｄａ段側の端である燃え切り点Ｚの近傍における被焼却物４００の温度を測定する温度測定部３１０と、予め設定された基準温度の値から測定した温度の値を減算して得られた温度差に基づいて、後燃焼の後における被焼却物４００の未燃分の割合を演算する演算部３４０と、を備える。

[0055] これにより、燃焼設備１００が被焼却物４００の後燃焼の後における未燃分の割合を演算することができ、燃焼設備１００のユーザは、燃焼設備１００で焼却する被焼却物４００の未燃分の割合をリアルタイムで把握することができる。

[0056] また、燃焼設備１００は、未燃分の割合が、予め設定された範囲内となるように燃焼設備１００を制御する制御部３５０と、を備える。

[0057] これにより、燃焼設備１００が、演算された未燃分の割合に基づいて、燃焼設備１００を制御して未燃分の割合が予め設定された範囲内となるようにするため、燃焼設備１００のユーザは、被焼却物４００の未燃分の割合を適切に維持させて安定的な燃焼ができる。

[0058] また、燃焼設備１００の炉本体１０は、被焼却物４００を後燃焼段２３から移動させるクリンカローラ２１０と、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに空気を投入する風箱２と、被焼却物４００を搬送方向Ｄａに搬送させる火格子６１と、を有し、制御部３５０は、クリンカローラ２１０の作動間隔と、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３に投入される

空気のうち後燃焼段２３に投入される空気の割合と、火格子６１の作動速度と、風箱２に投入される空気量と、のうち、少なくとも１つを制御する。

[0059] これにより、燃焼設備１００は、クリンカローラ２１０や風箱２に投入される空気量や空気の配分、火格子６１の作動速度を制御することにより、燃焼設備１００が焼却する被焼却物４００の未燃分の割合を一定の範囲内にすることができる。そのため、燃焼設備１００のユーザは、被焼却物４００の未燃分の割合を適切に維持させて安定的な燃焼ができる。

[0060] また、燃焼設備１００は、乾燥段２１に被焼却物４００を供給するフィーダ３１と、フィーダ３１と乾燥段２１とが接する点から被焼却物４００の燃え切り点Ｚまでの長さである燃え切り長さを測定する長さ測定部３２０と、を備え、演算部３４０は、基準温度の値から測定した温度の値を減算して得られた温度差と、基準燃え切り長さから燃え切り長さを減算して得られた値とに基づいて、未燃分の割合を演算する。

[0061] これにより、燃焼設備１００が燃え切り長さを測定することで、被焼却物４００の後燃焼の後における未燃分の割合を演算することができ、燃焼設備１００のユーザは、燃焼設備１００で焼却する被焼却物４００の未燃分の割合をリアルタイムで把握することができる。

[0062] また、燃焼設備１００は、後燃焼段２３の前半付近での被焼却物４００の表面の高さを測定する高さ測定部３３０と、を備え、演算部３４０は、基準温度の値から測定した温度の値を減算して得られた温度差と、基準燃え切り長さから燃え切り長さを減算して得られた値と、基準高さから高さを減算して得られた値とに基づいて、未燃分の割合を演算する。

[0063] これにより、燃焼設備１００が被焼却物４００の表面の高さを測定することで、被焼却物４００の後燃焼の後における未燃分の割合を演算することができ、燃焼設備１００のユーザは、燃焼設備１００で焼却する被焼却物４００の未燃分の割合をリアルタイムで把握することができる。

[0064] 〈第２の実施形態〉

以下、第２の実施形態に係る燃焼設備１００について説明する。第２の実

施形態に係る燃焼設備１００の構成は、第１の実施形態に係る燃焼設備１００と同様である。第２の実施形態に係る演算部３４０は、第１の実施形態に係る演算部３４０と異なり、数式を用いて未燃分の割合を演算することなく、事前に計算された未燃分の割合に基づいて、未燃分の割合を演算する。

[0065] 例えば、演算部３４０は、燃え切り長さと、高さと、温度と、未燃分の割合とが関連付けられたテーブルに、長さ測定部３２０が測定した燃え切り長さと、高さ測定部３３０が測定した高さと、温度測定部３１０が測定した温度と、を照らし合わせて、未燃分の割合を演算する。

[0066] これにより、演算部３４０が、予め計算された未燃分の割合を用いて、被焼却物４００の未燃分の割合を演算するため、燃焼設備１００が焼却する被焼却物４００の未燃分の割合を演算することができ、燃焼設備１００のユーザは、リアルタイムで未燃分の割合を把握することができる。

[0067] 〈第３の実施形態〉

以下、第３の実施形態に係る燃焼設備１００について説明する。第３の実施形態に係る燃焼設備１００の制御装置３００の構成は、第１の実施形態に係る燃焼設備１００の制御装置３００の構成のうち、長さ測定部３２０と、高さ測定部３３０と、演算部３４０を備えない構成である。第３の実施形態に係る燃焼設備１００の制御装置３００は、被焼却物４００の未燃分の割合を演算することなく、温度測定部３１０などが測定した値を用いて、燃焼設備１００を制御する。

[0068] 図５は、第３の実施形態に係る制御装置３００の構成を示す概略ブロック図である。制御装置３００は、温度測定部３１０と、制御部３５０と、を備える。

第３の実施形態に係る燃焼設備１００が備えるカメラ２２０は可視カメラを備えても良い。

[0069] 制御部３５０は、温度測定部３１０が測定した温度の値が、予め設定された範囲内となるように燃焼設備１００を制御する。例えば、温度測定部３１０が測定した温度の値が、予め設定された範囲の上限値より高い場合は、制

御部３５０は、クリンカローラ２１０の作動間隔の増加、または後燃焼段２３に投入される空気の割合の増加、または火格子６１の作動速度の増加、または風箱２に投入される空気量の増加が行われるように制御する。

[0070] また、温度測定部３１０が測定した温度の値が、予め設定された範囲の下限値より低い場合は、制御部３５０は、クリンカローラ２１０の作動間隔の減少、または後燃焼段２３に投入される空気の割合の減少、または火格子６１の作動速度の減少、または風箱２に投入される空気量の減少が行われるように制御する。すなわち、第１の実施形態に係る制御装置は、未燃分の割合を求め、当該未燃分の割合に基づいて制御部３５０が燃焼設備１００を制御するが、第３の実施形態に係る燃焼設備１００は、未燃分の割合の計算を省略し、温度測定部３１０が測定した温度に基づいて制御する。

[0071] 《作用・効果》

本開示に係る燃焼設備１００は、搬送方向Ｄａに配列された乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３を有し、搬送方向Ｄａに被焼却物４００を搬送することで、乾燥、燃焼、及び後燃焼をそれぞれ行う処理空間Ｖを画成する炉本体１０と、を備える燃焼設備１００において、燃焼による火炎の搬送方向Ｄａ段側の端である燃え切り点Ｚの近傍における被焼却物４００の温度を測定する温度測定部３１０と、温度の値が予め設定された範囲内となるように燃焼設備１００を制御する制御部３５０と、を備える。

[0072] これにより、燃焼設備１００は、測定した被焼却物４００の温度を用いて、燃焼設備１００を制御する。そのため、燃焼設備１００のユーザは、被焼却物４００の未燃分の割合を適切に維持させて安定的な燃焼ができる。

[0073] 〈他の実施形態〉

以上、図面を参照して一実施形態について詳しく説明してきたが、具体的な構成は上述のものに限られることはなく、様々な設計変更等をすることが可能である。

[0074] 燃焼設備１００は、長さ測定部３２０が燃え切り長さを測定する代わりに、被焼却物４００の熱分解ガスの濃度を直接測定しても良い。この場合、演

算部３４０は、測定された濃度を用いて未燃分の割合を演算する。温度も、熱電対を使って直接測定して良い。

[0075] また、制御部３５０は、上記の第１の実施形態で説明した例以外にも、燃焼設備１００が備える装置を制御することにより、被焼却物４００の未燃分の割合が変化するように制御しても良い。

[0076] 予め規定された後燃焼段２３の前半部分の位置における被焼却物４００の温度、高さに基づいて制御したが、これに限られず、燃え切り点を特定した後に、その近傍に存在する被焼却物４００の温度、高さを特定し、これらに基づいて制御しても良い。

[0077] 図６は、少なくとも１つの実施形態に係るコンピュータの構成を示す概略ブロック図である。

コンピュータ１１００は、プロセッサ１１１０、メインメモリ１１２０、ストレージ１１３０、インタフェース１１４０を備える。

上述の制御装置３００は、コンピュータ１１００に実装される。そして、上述した各処理部の動作は、プログラムの形式でストレージ１１３０に記憶されている。プロセッサ１１１０は、プログラムをストレージ１１３０から読み出してメインメモリ１１２０に展開し、当該プログラムに従って上記処理を実行する。また、プロセッサ１１１０は、プログラムに従って、上述した各記憶部に対応する記憶領域をメインメモリ１１２０に確保する。

[0078] プログラムは、コンピュータ１１００に発揮させる機能の一部を実現するためのものであってもよい。例えば、プログラムは、ストレージ１１３０に既に記憶されている他のプログラムとの組み合わせ、または他の装置に実装された他のプログラムとの組み合わせによって機能を発揮させるものであってもよい。なお、他の実施形態においては、コンピュータ１１００は、上記構成に加えて、または上記構成に代えてＰＬＤ（Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ Ｌｏｇｉｃ Ｄｅｖｉｃｅ）などのカスタムＬＳＩ（Ｌａｒｇｅ Ｓｃａｌｅ Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ Ｃｉｒｃｕｉｔ）を備えてもよい。ＰＬＤの例としては、ＰＡＬ（Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ Ａｒｒａｙ Ｌｏｇｉｃ）

、ＧＡＬ(Ｇｅｎｅｒｉｃ　Ａｒｒａｙ　Ｌｏｇｉｃ)、ＣＰＬＤ(Ｃｏｍｐｌｅｘ　Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ　Ｌｏｇｉｃ　Ｄｅｖｉｃｅ)、ＦＰＧＡ(Ｆｉｅｌｄ　Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ　Ｇａｔｅ　Ａｒｒａｙ)が挙げられる。この場合、プロセッサ１１１０によって実現される機能の一部または全部が当該集積回路によって実現されてよい。

[0079] ストレージ１１３０の例としては、磁気ディスク、光磁気ディスク、半導体メモリ等が挙げられる。ストレージ１１３０は、コンピュータ１１００のバスに直接接続された内部メディアであってもよいし、インタフェース１１４０または通信回線を介してコンピュータに接続される外部メディアであってもよい。また、このプログラムが通信回線によってコンピュータ１１００に配信される場合、配信を受けたコンピュータ１１００が当該プログラムをメインメモリ１１２０に展開し、上記処理を実行してもよい。少なくとも１つの実施形態において、ストレージ１１３０は、一時的でない有形の記憶媒体である。

[0080] また、当該プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。さらに、当該プログラムは、前述した機能をストレージ１１３０に既に記憶されている他のプログラムとの組み合わせで実現するもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

[0081] 〈付記〉

（１）第１実施形態に係る燃焼設備１００は、搬送方向に配列された乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３を有し、搬送方向Ｄａに被焼却物４００を搬送することで、乾燥、燃焼、及び後燃焼をそれぞれ行う処理空間Ｖを画成する炉本体１０と、を備える燃焼設備１００において、燃焼による火炎の搬送方向Ｄａ段側の端である燃え切り点Ｚの近傍における被焼却物４００の温度を測定する温度測定部３１０と、予め設定された基準温度の値から測定した温度の値を減算して得られた温度差に基づいて、後燃焼の後における被焼却物４００の未燃分の割合を演算する演算部３４０と、を備える。

[0082] これにより、燃焼設備１００が被焼却物４００の後燃焼の後における未燃

分の割合を演算することができ、燃焼設備１００のユーザは、燃焼設備１００で焼却する被焼却物４００の未燃分の割合をリアルタイムで把握することができる。

[0083] （２）また、燃焼設備１００は、未燃分の割合が、予め設定された範囲内となるように燃焼設備１００を制御する制御部３５０と、を備える。

[0084] これにより、燃焼設備１００が、演算された未燃分の割合に基づいて、燃焼設備１００を制御して未燃分の割合が予め設定された範囲内となるようにするため、燃焼設備１００のユーザは、被焼却物４００の未燃分の割合を適切に維持させて安定的な燃焼ができる。

[0085] （３）また、燃焼設備１００の炉本体１０は、被焼却物４００を後燃焼段２３から移動させるクリンカローラ２１０と、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに空気を投入する風箱２と、被焼却物４００を搬送方向Ｄａに搬送させる火格子６１と、を有し、制御部３５０は、クリンカローラ２１０の作動間隔と、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３に投入される空気のうち後燃焼段２３に投入される空気の割合と、火格子６１の作動速度と、風箱２に投入される空気量と、のうち、少なくとも１つを制御する。

[0086] これにより、燃焼設備１００は、クリンカローラ２１０や風箱２に投入される空気量や空気の配分、火格子６１の作動速度を制御することにより、燃焼設備１００が焼却する被焼却物４００の未燃分の割合を一定の範囲内にすることができる。そのため、燃焼設備１００のユーザは、被焼却物４００の未燃分の割合を適切に維持させて安定的な燃焼ができる。

[0087] （４）また、燃焼設備１００は、乾燥段２１に被焼却物４００を供給するフィーダ３１と、フィーダ３１と乾燥段２１とが接する点から被焼却物４００の燃え切り点Ｚまでの長さである燃え切り長さを測定する長さ測定部３２０と、を備え、演算部３４０は、基準温度の値から測定した温度の値を減算して得られた温度差と、基準燃え切り長さから燃え切り長さを減算して得られた値とに基づいて、未燃分の割合を演算する。

[0088] これにより、燃焼設備１００が燃え切り長さを測定することで、被焼却物４００の後燃焼の後における未燃分の割合を演算することができ、燃焼設備１００のユーザは、燃焼設備１００で焼却する被焼却物４００の未燃分の割合をリアルタイムで把握することができる。

[0089] （５）また、燃焼設備１００は、後燃焼段２３の前半付近での被焼却物４００の表面の高さを測定する高さ測定部３３０と、を備え、演算部３４０は、基準温度の値から測定した温度の値を減算して得られた温度差と、基準燃え切り長さから燃え切り長さを減算して得られた値と、基準高さから高さを減算して得られた値とに基づいて、未燃分の割合を演算する。

[0090] これにより、燃焼設備１００が被焼却物４００の表面の高さを測定することで、被焼却物４００の後燃焼の後における未燃分の割合を演算することができ、燃焼設備１００のユーザは、燃焼設備１００で焼却する被焼却物４００の未燃分の割合をリアルタイムで把握することができる。

[0091] （６）第３の実施形態に係る燃焼設備１００は、搬送方向Ｄａに配列された乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３を有し、搬送方向Ｄａに被焼却物４００を搬送することで、乾燥、燃焼、及び後燃焼をそれぞれ行う処理空間Ｖを画成する炉本体１０と、を備える燃焼設備１００において、燃焼による火炎の搬送方向Ｄａ段側の端である燃え切り点Ｚの近傍における被焼却物４００の温度を測定する温度測定部３１０と、温度の値が予め設定された範囲内となるように燃焼設備１００を制御する制御部３５０と、を備える。

[0092] これにより、燃焼設備１００は、測定した被焼却物４００の温度を用いて、燃焼設備１００を制御する。そのため、燃焼設備１００のユーザは、被焼却物４００の未燃分の割合を適切に維持させて安定的な燃焼ができる。

[0093] （７）本開示に係る演算方法は、搬送方向Ｄａに配列された乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３を有し、搬送方向Ｄａに被焼却物４００を搬送することで、乾燥、燃焼、及び後燃焼をそれぞれ行う処理空間Ｖを画成する炉本体１０と、を備える燃焼設備１００において、燃焼による火炎の搬送方向Ｄａ段側の端である燃え切り点Ｚの近傍における被焼却物４００の温度

を測定するステップと、予め設定された基準温度の値から測定した温度の値を減算して得られた温度差に基づいて、後燃焼の後における被焼却物４００の未燃分の割合を演算するステップと、を有する。

[0094] これにより、燃焼設備１００が被焼却物４００の後燃焼の後における未燃分の割合を演算することができ、演算方法のユーザは、燃焼設備１００で焼却する被焼却物４００の未燃分の割合をリアルタイムで把握することができる。

[0095] （８）本開示に係るプログラムは、搬送方向Ｄａに配列された乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３を有し、搬送方向Ｄａに被焼却物４００を搬送することで、乾燥、燃焼、及び後燃焼をそれぞれ行う処理空間Ｖを画成する炉本体１０と、を備える燃焼設備１００の、コンピュータに、燃焼による火炎Ｆの搬送方向段側の端である燃え切り点Ｚの近傍における被焼却物４００の温度を測定するステップと、予め設定された基準温度の値から測定した温度の値を減算して得られた温度差に基づいて、後燃焼の後における被焼却物４００の未燃分の割合を演算するステップと、を実行させる。

[0096] これにより、燃焼設備１００が被焼却物４００の後燃焼の後における未燃分の割合を演算することができ、プログラムのユーザは、燃焼設備１００で焼却する被焼却物４００の未燃分の割合をリアルタイムで把握することができる。

産業上の利用可能性

[0097] 燃焼設備は、基準温度の値から、測定した被焼却物の温度の値を減算して得られた温度差に基づいて、後燃焼の後における被焼却物の未燃分の割合を演算する。これにより、燃焼設備のユーザは、燃焼設備で焼却する被焼却物の未燃分の割合をリアルタイムで把握することができる。

符号の説明

[0098] １ ストーカ炉

２ 風箱

３ ホッパ

４　ガス循環部

６　ストーカ

７　火炉

８　排熱回収ボイラ

９　減温塔

１０　炉本体

１１　集塵装置

１２　煙突

１３　排出シュート

２１　乾燥段

２２　燃焼段

２３　後燃焼段

３１　フィーダ

６１　火格子

６１Ａ　固定火格子

６１Ｂ　可動火格子

１００　燃焼設備

２１０　クリンカローラ

２２０　カメラ

３００　制御装置

３０５　取得部

３１０　温度測定部

３２０　長さ測定部

３３０　高さ測定部

３４０　演算部

３５０　制御部

４００　被焼却物

１１００　コンピュータ

１１１０　プロセッサ

１１２０　メインメモリ

１１３０　ストレージ

１１４０　インタフェース

Ｌ１　一次空気ライン

Ｌ２　二次空気ライン

Ｂ１　送風機

Ｆ　火炎

Ｚ　燃え切り点