明　細　書

発明の名称 ：

燃焼設備の制御装置、燃焼設備の制御方法およびプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、燃焼設備の制御装置、燃焼設備の制御方法およびプログラムに関する。

本願は、２０１９年１２月４日に日本に出願された特願２０１９－２１９２５０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、ごみ燃焼炉の撮影データから得られた温度分布に基づいて、着火点および燃え切り点を判定して排ガスの酸素濃度を検出し、酸素濃度が所定範囲内となる総供給空気量を求めて当該総供給空気量から乾燥域とおき燃焼域の必要空気量を減算して燃焼空気量を求めて風箱に供給する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第３９１６４５０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 燃焼設備で燃焼させる廃棄物やバイオマスなどの被焼却物は、燃焼性状の変動が大きく、燃焼状態が変動して被焼却物の未燃分が変動する問題がある。

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、燃焼設備の制御装置、燃焼設備の制御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

[0005] 本開示に係る燃焼設備の制御装置は、処理空間を画成する炉本体と、処理空間において搬送方向に被焼却物を搬送する火格子と、処理空間に空気を供給する風箱と、を備える燃焼設備の制御装置であって、処理空間が搬送方向に区画された区画が写る処理画像を取得する画像取得部と、処理画像に基づいて、被焼却物の燃焼による火炎の搬送方向後側の端である燃え切り点を特定する点特定部と、燃え切り点に基づいて、区画の火格子の速度の補正値である第１速度補正値を演算する第１速度演算部と、第１速度補正値に基づいて区画の火格子の速度を制御する速度制御部と、を備える。

[0006] 本開示に係る燃焼設備の制御方法は、処理空間を画成する炉本体と、処理空間において搬送方向に被焼却物を搬送する火格子と、処理空間に空気を供給する風箱と、を備える燃焼設備の制御装置において、処理空間が前記搬送方向に区画された区画が写る処理画像を取得するステップと、処理画像に基づいて、被焼却物の燃焼による火炎の搬送方向後側の端である燃え切り点を特定するステップと、燃え切り点に基づいて、区画の火格子の速度の補正値である第１速度補正値を演算するステップと、第１速度補正値に基づいて区画の前記火格子の速度を制御するステップと、を有する。

[0007] 本開示に係るプログラムは、処理空間を画成する炉本体と、処理空間において搬送方向に被焼却物を搬送する火格子と、処理空間に空気を供給する風箱と、を備える燃焼設備の制御装置の、コンピュータを、処理空間が前記搬送方向に区画された区画が写る処理画像を取得するステップと、処理画像に基づいて、被焼却物の燃焼による火炎の搬送方向後側の端である燃え切り点を特定するステップと、燃え切り点に基づいて、区画の火格子の速度の補正値である第１速度補正値を演算するステップと、第１速度補正値に基づいて区画の前記火格子の速度を制御するステップと、を実行させる。

発明の効果

[0008] 本開示の燃焼設備の制御装置、燃焼設備の制御方法およびプログラムによれば、燃焼設備において被焼却物を安定的に焼却させることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [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ストーカを示す図である。

[図3]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4]本開示の実施形態に係る火格子の速度の制御に係る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火格子の速度の制御を示す参考図である。

[図6]本開示の実施形態に係る空気量の制御に係る動作を示すフローチャートである。

[図7]本開示の実施形態に係る風箱の制御を示す参考図である。

[図8]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9]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10]本開示の実施形態に係る二次空気制御部の制御に係る動作を示すフローチャートである。

[図11]本開示の実施形態に係る制御装置の構成を示すブロック図である。

[図12]本開示の実施形態に係る制御装置の構成を示すブロック図である。

[図13]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

[0010] 〈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。

[0011] 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。

[0012] 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。

[0013] 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。

[0014] 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。

[0015] 図２は、第１の実施形態に係る燃焼設備１００におけるストーカ６を示す図である。図２に示すように、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と搬送逆方向－Ｄａ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。搬送方向＋Ｄａは、ホッパ３から排出シュート１３へ向かう方向である。搬送逆

方向－Ｄａは、搬送方向Ｄａの逆向きの方向である。図２に示す固定火格子６１Ａと可動火格子６１Ｂの組み合わせの構成は一例であり、異なる組み合わせの構成であっても良い。

[0016] 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良い。

[0017] 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、燃焼段２２、後燃焼段２３は、処理空間Ｖを搬送方向Ｄａに区画する。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。

[0018] 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、火格子６１の下方から空気を供給する。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、燃焼用の空気が火格子６１の上方から火炉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。

[0019] 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。

[0020] カメラ２２０は、処理空間Ｖの乾燥段２１と、燃焼段２２と、後燃焼段２３とが写る処理画像を撮影する。カメラ２２０が処理空間Ｖを撮影することで、カメラ２２０が生成する処理画像には、被焼却物４００から発生する輝炎が写る。カメラ２２０の例としては、可視カメラ及び遠赤外線カメラを有するカメラが挙げられる。

[0021] 測定部２３０は、処理空間Ｖの蒸気流量と酸素濃度を測定する装置である。被焼却物４００は、乾燥段２１で乾燥し、水分が蒸発するため蒸気が発生する。測定部２３０は、被焼却物４００の乾燥による蒸気流量を測定する。乾燥段２１で被焼却物４００の乾燥が強く行われるほど、蒸気流量は多くなる。他方、燃焼段２２では、被焼却物４００が処理空間Ｖの酸素を用いて燃焼する。すなわち、燃焼段２２被焼却物４００の燃焼が強く行われるほど、酸素濃度は低くなる。

[0022] 制御装置３００は、火格子６１の速度補正値及び風箱２が供給する空気量補正値を演算して火格子６１及び風箱２を制御する。図３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３１０と、点特定部３２０と、第１速度演算部３３０と、第１空気量演算部３４０と、流量濃度演算部３５０と、速度制御部３６０と、空気量制御部３７０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３１０は、画像測定部の一例であり、カメラ２２０から処理画像を取得し、測定部２３０から蒸気流量及び酸素濃度を取得する。

[0024] 点特定部３２０は、取得部３１０が取得した処理画像に基づいて、被焼却物４００の燃焼による火炎Ｆの搬送方向Ｄａ後側の端である燃え切り点Ｚを特定する。具体的には、点特定部３２０は、以下の動作で燃え切り点Ｚを特定する。

[0025] 点特定部３２０は、取得部３１０が取得した処理画像を受け入れる。その後、点特定部３２０は、処理画像の輝度に基づいて予め設定された閾値で二

値化する。点特定部３２０は、二値化された処理画像の値が変化する点の平均値をもって、燃え切り点Ｚを特定する。被焼却物４００の燃焼によって火炎Ｆが発生している場所に係る画像の輝度は高く、火炎Ｆが発生していない場所に係る画像の輝度は低い。そのため、点特定部３２０は、上記のような二値化により燃え切り点Ｚを特定することができる。

[0026] 第１速度演算部３３０は、点特定部３２０が特定した燃え切り点Ｚに基づいて、乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３のそれぞれの火格子６１の速度の補正値である第１速度補正値を演算する。具体的には、第１速度演算部３３０は、以下のような動作で第１速度補正値を演算する。

[0027] 第１速度演算部３３０は、点特定部３２０が特定した燃え切り点Ｚを取得する。その後、第１速度演算部３３０は、乾燥段２１に関連付けられた基準燃え切り点と、燃え切り点Ｚとの差分を算出して、当該差分をＰＩＤ（Ｐｒｏｐｏｒｔｉｏｎａｌ－Ｉｎｔｅｇｒａｌ－Ｄｉｆｆｅｒｅｎｔａｉｌ）演算して、乾燥段２１に関連付けられた第１速度補正値を算出する。第１速度演算部３３０は、燃焼段２２と、後燃焼段２３についても上記のような動作で、燃焼段２２に関連付けられた第１速度補正値と、後燃焼段２３に関連付けられた第１速度補正値と、を算出する。

また、基準燃え切り点とは、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれにおいて、被焼却物４００が安定的に乾燥、燃焼および後燃焼するため、それぞれにおいて予め設定された点である。基準燃え切り点の例としては、被焼却物４００の未燃分の割合が特定の値となるように設定された燃え切り点が挙げられる。

[0028] 第１空気量演算部３４０は、点特定部３２０が特定した燃え切り点Ｚに基づいて、風箱２が乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３のそれぞれに供給する空気量の補正値である第１空気量補正値を演算する。具体的には、第１空気量演算部３４０は、以下のような動作で第１空気量補正値を演算する。

[0029] 第１空気量演算部３４０は、点特定部３２０が特定した燃え切り点Ｚを取

得する。その後、乾燥段２１に関連付けられた基準燃え切り点と、燃え切り点Ｚとの差分を算出して、当該差分をＰＩＤ演算して、乾燥段２１に関連付けられた第１空気量補正値を算出する。第１空気量演算部３４０は、燃焼段２２と、後燃焼段２３についても上記のような動作で、燃焼段２２に関連付けられた第１空気量補正値と、後燃焼段２３に関連付けられた第１空気量補正値と、を算出する。基準燃え切り点と燃え切り点Ｚとの差分は、燃え切り点Ｚが基準燃え切り点より上流側に位置するときに正値となる。基準燃え切り点の位置は、乾燥段２１、燃焼段２２、および後燃焼段２３のそれぞれで異なる。乾燥段２１の基準燃え切り点の位置が最も搬送方向＋Ｄａの上流側に位置し、後燃焼段２３の基準燃え切り点の位置が最も搬送方向＋Ｄａの下流側に位置する。

[0030] 流量濃度演算部３５０は、測定部２３０が取得した蒸気流量及び酸素濃度に基づいて、基本補正値を演算する。具体的には、流量濃度演算部３５０は、以下のような動作で基本補正値を演算する。

[0031] 流量濃度演算部３５０は、測定部２３０が取得した蒸気流量及び酸素濃度を受け入れる。流量濃度演算部３５０は、基準蒸気流量から、取得した蒸気流量を除算して差分を算出する。流量濃度演算部３５０は、上記差分に、蒸気流量に関連付けられた重みを乗算して蒸気流量補正値を算出する。また、流量濃度演算部３５０は、基準酸素濃度から、取得した酸素濃度を除算して差分を算出する。流量濃度演算部３５０は、上記差分に、酸素濃度に関連付けられた重みを乗算して酸素濃度補正値を算出する。流量濃度演算部３５０は、蒸気流量補正値と、酸素濃度補正値とを加算して、基本補正値を算出する。

[0032] 速度制御部３６０は、第１速度演算部３３０が演算した第１速度補正値に基づいて乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３のそれぞれの火格子６１の速度を制御する。具体的には、速度制御部３６０は、以下のような動作で火格子６１の速度を制御する。

[0033] 速度制御部３６０は、第１速度演算部３３０が演算した第１速度補正値の

うち、乾燥段２１に関連付けられた第１速度補正値を取得する。速度制御部３６０は、乾燥段２１に関連付けられた第１速度補正値が、予め設定された下限値以下である場合は当該下限値を、第１速度補正値として用いる。また、速度制御部３６０は、乾燥段２１に関連付けられた第１速度補正値が、予め設定された上限値以上である場合は当該上限値を、第１速度補正値として用いる。ここで、第１速度補正値の上限値および下限値は、いずれも正値である。そのため、燃え切り点Ｚが基準燃え切り点より下流側に位置する場合、第１速度補正値は下限値に等しくなる。これは、燃え切り点Ｚが基準燃え切り点より下流側に位置する場合に基準燃え切り点と燃え切り点Ｚとの差分は負値となるためである。つまり、第１速度補正値は、燃え切り点Ｚが基準位置を超えて上流側に存在する場合に、燃え切り点Ｚの下流側への移動を促進するための値である。

[0034] その後、速度制御部３６０は、乾燥段２１に関連付けられた基本火格子速度に、第１速度補正値を加算して、乾燥段２１に関連付けられた補正後速度を算出する。速度制御部３６０は、乾燥段２１の可動火格子６１Ｂのアクチュエータに、可動火格子６１Ｂが補正後速度で可動するように電気信号を送る。上記電気信号を受けた可動火格子６１Ｂは、補正後速度で可動する。

速度制御部３６０は、燃焼段２２の火格子６１及び後燃焼段２３の火格子６１についても、上記と同様な動作を行う。

[0035] 空気量制御部３７０は、第１空気量演算部３４０が演算した第１空気量補正値及び流量濃度演算部３５０が演算した基本補正値に基づいて、風箱２が乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３のそれぞれに供給する空気量を制御する。具体的には、空気量制御部３７０は、以下のような動作で風箱２を制御する。

[0036] 空気量制御部３７０は、第１空気量演算部３４０が演算した第１空気量補正値のうち、乾燥段２１に関連付けられた第１空気量補正値を取得する。空気量制御部３７０は、乾燥段２１に関連付けられた第１空気量補正値が、予め設定された下限値以下である場合は当該下限値を、第１空気量補正値とし

て用いる。また、空気量制御部３７０は、乾燥段２１に関連付けられた第１空気量補正値が、予め設定された上限値以上である場合は当該上限値を、第１空気量補正値として用いる。

ここで、第１空気量補正値の上限値および下限値は、いずれも正値である。そのため、燃え切り点Ｚが基準燃え切り点より下流側に位置する場合、第１空気量補正値は下限値に等しくなる。これは、燃え切り点Ｚが基準燃え切り点より下流側に位置する場合に基準燃え切り点と燃え切り点Ｚとの差分は負値となるためである。つまり、第１空気量補正値は、燃え切り点Ｚが基準位置を超えて上流側に存在する場合に、燃え切り点Ｚの下流側への移動を促進するための値である。

[0037] その後、空気量制御部３７０は、流量濃度演算部３５０が演算した基本補正値を取得する。空気量制御部３７０は、乾燥段２１に関連付けられた第１空気量補正値と、基本補正値とを加算して算出される補正後空気量を算出する。空気量制御部３７０は、乾燥段２１の風箱２に、風箱２が乾燥段２１に供給する空気量が補正後空気量となるように電気信号を送る。電気信号を受けた風箱２は、風箱２が備えるダンパの開度を変更して、風箱２が乾燥段２１に供給する空気量が補正後空気量となるようにする。

空気量制御部３７０は、燃焼段２２の風箱２及び後燃焼段２３の風箱２についても、上記と同様な動作を行う。

[0038] 《火格子速度の制御に係る動作》

以下、燃焼設備１００の火格子６１の速度の制御に係る動作について説明する。図４は、火格子６１の速度の制御に係る動作を示すフローチャートである。

[0039] 第１速度演算部３３０は、点特定部３２０が特定した燃え切り点Ｚを取得する（ステップＳ１）。

第１速度演算部３３０は、ステップＳ１で取得した燃え切り点Ｚと、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた基準燃え切り点と、燃え切り点Ｚとの差分を算出して、当該差分をＰＩＤ演算して、

乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた第１速度補正値を算出する（ステップＳ２）。

[0040] 速度制御部３６０は、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた第１速度補正値を取得する（ステップＳ３）。

速度制御部３６０は、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた第１速度補正値が、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた上限値以上である場合（ステップＳ４：ＹＥＳ）は当該上限値を、第１速度補正値として用いる（ステップＳ６）。

また、速度制御部３６０は、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた第１速度補正値が、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた下限値以下である場合（ステップＳ５：ＹＥＳ）は当該下限値を、第１速度補正値として用いる（ステップＳ７）。

[0041] 速度制御部３６０は、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた基本火格子速度に、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた第１速度補正値を加算して、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた補正後速度を算出する（ステップＳ８）。

[0042] 速度制御部３６０は、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれの可動火格子６１Ｂのアクチュエータに、可動火格子６１Ｂが補正後速度で可動するように電気信号を送る（ステップＳ９）。

ステップＳ９により電気信号を受けた可動火格子６１Ｂは、補正後速度で可動する（ステップＳ１０）。

[0043] 図５は、火格子６１の速度の制御を示す参考図である。

第１速度演算部３３０は、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた基準燃え切り点と、点特定部３２０が取得した燃え切り点ＺをＰＩＤ演算して第１速度補正値を算出する。その後、速度制御部３６０は、上下限制限に基づいて、第１速度補正値を確定させて、当該第１

速度補正値と、基準火格子速度とに基づいて、可動火格子６１Ｂに信号を送信して、可動火格子６１Ｂを補正後速度に可動させる。

[0044] 上記の動作により、燃焼設備１００のユーザは、特定された燃え切り点Ｚに基づいて、火格子６１の速度を制御することができるため、燃焼設備１００において被焼却物４００を安定的に乾燥、燃焼、後燃焼させることができる。燃え切り点Ｚの位置が乾燥段２１に近接する場合は、被焼却物４００の未燃分の割合が低下するため、燃焼設備１００を用いた被焼却物４００の単位時間当たりの処理量が少なくなり、燃焼設備１００の効率が低下する。また、燃え切り点Ｚの位置がクリンカローラ２１０に近接する場合は、被焼却物４００の未燃分の割合が上昇するため、後燃焼後の被焼却物４００の埋め立てが困難になる。

[0045] そこで、本実施形態に係る制御装置３００は、燃え切り点Ｚの位置が乾燥段２１に近接する場合は、火格子６１の速度を低下させて被焼却物４００の攪拌を活発にして未燃分の割合を上昇させ、燃え切り点Ｚがクリンカローラ２１０に近接する場合には、火格子６１の速度を上昇させて被焼却物４００の攪拌を上昇させて、未燃分の割合を低下させる。

[0046] 《空気量の制御に係る動作》

以下、燃焼設備１００の空気量の制御に係る動作について説明する。図６は、空気量の制御に係る動作を示すフローチャートである。

[0047] 第１空気量演算部３４０は、点特定部３２０が特定した燃え切り点Ｚを取得する（ステップＳ２１）。

第１空気量演算部３４０は、ステップＳ２１で取得した燃え切り点Ｚと、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた基準燃え切り点と、燃え切り点Ｚとの差分を算出して、当該差分をＰＩＤ演算して、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた第１空気量補正値を算出する（ステップＳ２２）。

[0048] 空気量制御部３７０は、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた第１空気量補正値を取得する（ステップＳ２３）。

空気量制御部３７０は、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた第１空気量補正値が、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた上限値以上である場合（ステップＳ２４：ＹＥＳ）は当該上限値を、第１空気量補正値として用いる（ステップＳ２６）。

また、空気量制御部３７０は、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた第１空気量補正値が、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた下限値以下である場合（ステップＳ２５：ＹＥＳ）は当該下限値を、第１空気量補正値として用いる（ステップＳ２７）。

[0049] 空気量制御部３７０は、流量濃度演算部３５０が演算した基本補正値に、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた第１空気量補正値を加算して、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた補正後空気量を算出する（ステップＳ２８）。

[0050] 空気量制御部３７０は、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれの風箱２に、風箱２が補正後空気量を、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに供給するように電気信号を送る（ステップＳ２９）。

ステップＳ２９により電気信号を受けた風箱２は、風箱２のダンパの開度を変更して、補正後空気量に係る空気を供給する（ステップＳ３０）。

[0051] 図７は、風箱２の制御を示す参考図である。

第１空気量演算部３４０は、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３のそれぞれに関連付けられた基準燃え切り点と、点特定部３２０が取得した燃え切り点ＺをＰＩＤ演算して第１空気量補正値を算出する。その後、空気量制御部３７０は、上下限制限に基づいて、第１空気量補正値を確定させて、当該第１空気量補正値と、基準補正値とに基づいて、風箱２に信号を送信して、補正後空気量を供給する。

[0052] 上記の動作により、燃焼設備１００のユーザは、特定された燃え切り点Ｚ

に基づいて、風箱２を制御することができるため、燃焼設備１００において被焼却物４００を安定的に乾燥、燃焼、後燃焼させることができる。

燃え切り点Ｚの位置が乾燥段２１に近接する場合は、被焼却物４００の未燃分の割合が低下するため、燃焼設備１００を用いた被焼却物４００の単位時間当たりの処理量が少なくなり、燃焼設備１００の効率が低下する。また、燃え切り点Ｚの位置がクリンカローラ２１０に近接する場合は、被焼却物４００の未燃分の割合が上昇するため、後燃焼後の被焼却物４００の埋め立てが困難になる。

[0053] そこで、本実施形態に係る制御装置３００は、燃え切り点Ｚの位置が乾燥段２１に近接する場合は、風箱２のダンパの開度を低めて被焼却物４００の未燃分の割合を上昇させ、燃え切り点Ｚがクリンカローラ２１０に近接する場合には、風箱２のダンパの開度を高くして未燃分の割合を低下させる。

[0054] 上記において説明する実施形態では、燃焼設備１００の制御装置３００は、速度制御部３６０による火格子６１の制御の後に、空気量制御部３７０による風箱２の制御が行われる。その他、空気量制御部３７０による風箱２の制御の後に、速度制御部３６０による火格子６１の制御が行われても良い。

[0055] 《作用・効果》

本開示に係る燃焼設備１００の制御装置３００は、処理空間Ｖを画成する炉本体１０と、処理空間Ｖにおいて搬送方向Ｄａに被焼却物４００を搬送する火格子６１と、処理空間Ｖに空気を供給する風箱２と、を備える燃焼設備１００の制御装置３００であって、処理空間Ｖが搬送方向Ｄａに区画された区画が写る処理画像を取得する画像取得部と、処理画像に基づいて、被焼却物４００の燃焼による火炎Ｆの搬送方向後側の端である燃え切り点Ｚを特定する点特定部３２０と、燃え切り点Ｚに基づいて、区画の火格子６１の速度の補正値である第１速度補正値を演算する第１速度演算部３３０と、第１速度補正値に基づいて区画の火格子６１の速度を制御する速度制御部３６０と、を備える。

[0056] 燃焼設備１００のユーザは、特定された燃え切り点Ｚに基づいて、火格子

６１の速度を制御することができるため、燃焼設備１００において被焼却物４００を安定的に燃焼させることができる。

[0057] また、燃焼設備１００の制御装置３００の、処理空間Ｖが区画されたそれぞれの区画は、搬送方向Ｄａの上流側から乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３であって、画像取得部は、乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３が写る処理画像を取得し、第１速度演算部３３０は、乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３のそれぞれの第１速度補正値を演算し、速度制御部３６０は、第１速度補正値のそれぞれに基づいて、乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３の火格子６１の速度を制御する。

[0058] 燃焼設備１００のユーザは、特定された燃え切り点Ｚに基づいて、火格子６１の速度を制御することができるため、燃焼設備１００において被焼却物４００を安定的に乾燥、燃焼、後燃焼させることができる。

[0059] また、燃焼設備１００の制御装置３００は、燃え切り点Ｚに基づいて、それぞれの区画に供給する空気量の補正値である第１空気量補正値を演算する第１空気量演算部３４０と、第１空気量補正値に基づいて、風箱２がそれぞれの区画に供給する空気量を制御する空気量制御部３７０と、を備える。

[0060] 燃焼設備１００のユーザは、特定された燃え切り点Ｚに基づいて、風箱２を制御することができるため、燃焼設備１００において被焼却物４００を安定的に乾燥、燃焼、後燃焼させることができる。

[0061] 〈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は、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３における負荷値に基づいて、火格子６１の速度を制御し、風箱２を制御する。

[0062] 図８は、第２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。第２の実施形態に係る制御装置３００の構成は、第１の実施形態に係る制御装置３００の構成に加えて、判定部３７９と、負荷値特定部３８０と、第２速度演算部３８１と、第２空気量演算部３８２と、第２速度制御

部３８３と、第２空気量制御部３８４と、を備える。

[0063] 判定部３７９は、点特定部３２０から燃え切り点Ｚを取得して、当該燃え切り点Ｚが予め設定された範囲内であるか否かの判定を行う。燃え切り点の設定範囲は、例えば、後燃焼段の基準燃え切り点より下流に設定される。つまり、判定部３７９は、燃焼状態が燃え切り不良状態であるか否かを判定する。

[0064] 負荷値特定部３８０は、処理画像の輝度、被焼却物４００の水分量、被焼却物４００の低位発熱量のうち、少なくとも１つに基づいて、乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３のそれぞれの負荷状態を示す値である負荷値を特定する。具体的には、負荷値特定部３８０は、以下のような動作で負荷値を特定する。負荷値は、燃焼に係る負荷が大きいほど大きい値となる。負荷は、被焼却物の発熱量が高いほど高くなり、被焼却物の水分量が多いほど低くなる。

[0065] 負荷値特定部３８０は、取得部３１０が取得した処理画像を、乾燥段２１、燃焼段２２、後燃焼段２３の区域に分けて、当該区域に係る画像の輝度の平均値を算出して、乾燥段２１、燃焼段２２、後燃焼段２３の負荷値を特定する。これは、燃焼に係る負荷が大きいほど、火炎が強くなることから、処理画像における輝度が高いほど負荷が大きいことが推定されるためである。また、負荷値特定部３８０は、燃焼設備１００に投入する被焼却物４００から取得したサンプルの被焼却物４００の単位質量当たりの水分量に基づいて、乾燥段２１、燃焼段２２、後燃焼段２３の負荷値を特定する。また、負荷値特定部３８０は、燃焼設備１００に投入する被焼却物４００から取得したサンプルの被焼却物４００の単位質量当たりの低位発熱量に基づいて、乾燥段２１、燃焼段２２、後燃焼段２３の負荷値を特定する。

[0066] 第２速度演算部３８１は、予め設定された値と負荷値との差に基づいて、乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３のそれぞれの火格子６１の速度の補正値である第２速度補正値を演算する。具体的には、第２速度演算部３８１は以下の動作により第２速度補正値を演算する。

[0067] 第２速度演算部３８１は、負荷値特定部３８０が特定した乾燥段２１に関連付けられた負荷値を取得する。第２速度演算部３８１は、予め設定された値と負荷値との差分を算出して、当該差分をＰＩＤ演算して第２速度補正値を算出する。第２速度演算部３８１は、燃焼段２２、後燃焼段２３についても、上記と同様の動作を行って、第２速度補正値を算出する。

[0068] 第２空気量演算部３８２は、基準負荷値と負荷値との差に基づいて、乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３のそれぞれの風箱２が供給する空気量の補正値である第２空気量補正値を演算する。具体的には、第２空気量演算部３８２は以下の動作により第２空気量補正値を演算する。

[0069] 第２空気量演算部３８２は、負荷値特定部３８０が特定した乾燥段２１に関連付けられた負荷値を取得する。第２空気量演算部３８２は、基準負荷値と負荷値との差分を算出して、当該差分をＰＩＤ演算して第２空気量補正値を算出する。第２空気量演算部３８２は、燃焼段２２、後燃焼段２３についても、上記と同様の動作を行って、第２空気量補正値を算出する。

[0070] 第２速度制御部３８３は、判定部３７９が燃え切り点Ｚが予め設定された範囲内であると判断した場合、第２速度補正値に基づいて、乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３のそれぞれの火格子６１の速度を制御する。具体的には、第２速度制御部３８３は、以下のような動作で火格子６１の速度を制御する。判定部３７９が燃え切り点Ｚが予め設定された範囲内でないと判断した場合、第２速度制御部３８３は動作せず、速度制御部３６０又は空気量制御部３７０が動作して、燃え切り点Ｚを一定範囲内とする。

[0071] 第２速度制御部３８３は、第２速度演算部３８１が演算した第２速度補正値のうち、乾燥段２１に関連付けられた第２速度補正値を取得する。第２速度制御部３８３は、乾燥段２１に関連付けられた第２速度補正値が、予め設定された下限値以下である場合は当該下限値を、第２速度補正値として用いる。また、第２速度制御部３８３は、乾燥段２１に関連付けられた第２速度補正値が、予め設定された上限値以上である場合は当該上限値を、第２速度補正値として用いる。ここで、第２速度補正値の上限値は正値であり、下限

値は負値である。したがって、第２速度制御部は、負荷が基準より低い場合、すなわち燃焼状態が低負荷状態である場合に、負荷が増大するように被焼却物の移動を促進し、負荷が基準より高い場合、すなわち燃焼状態が過負荷状態である場合に、負荷が減少するように被焼却物の移動を促進する。

[0072] その後、第２速度制御部３８３は、乾燥段２１に関連付けられた基本火格子速度に、第２速度補正値を加算して、乾燥段２１に関連付けられた第２補正後速度を算出する。第２速度制御部３８３は、乾燥段２１の可動火格子６１Ｂのアクチュエータに、可動火格子６１Ｂが第２補正後速度で可動するように電気信号を送る。上記電気信号を受けた可動火格子６１Ｂは、第２補正後速度で可動する。

第２速度制御部３８３は、燃焼段２２の火格子６１及び後燃焼段２３の火格子６１についても、上記と同様な動作を行う。

[0073] 第２空気量制御部３８４は、判定部３７９が燃え切り点Ｚが予め設定された範囲内であると判断した場合、第２空気量演算部３８２が演算した第２空気量補正値及び流量濃度演算部３５０が演算した基本補正値に基づいて、風箱２が乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３のそれぞれに供給する空気量を制御する。具体的には、第２空気量制御部３８４は、以下のような動作で風箱２を制御する。

[0074] 第２空気量制御部３８４は、第２空気量演算部３８２が演算した第２空気量補正値のうち、乾燥段２１に関連付けられた第２空気量補正値を取得する。第２空気量制御部３８４は、乾燥段２１に関連付けられた第２空気量補正値が、予め設定された下限値以下である場合は当該下限値を、第２空気量補正値として用いる。また、第２空気量制御部３８４は、乾燥段２１に関連付けられた第２空気量補正値が、予め設定された上限値以上である場合は当該上限値を、第２空気量補正値として用いる。ここで、第２速度補正値の上限値は正値であり、下限値は負値である。したがって、第２速度制御部は、負荷が基準より低い場合、すなわち燃焼状態が低負荷状態である場合に、負荷が増大するように被焼却物の移動を促進し、負荷が基準より高い場合、すな

わち燃焼状態が過負荷状態である場合に、負荷が減少するように被焼却物の移動を促進する。

[0075] その後、第２空気量制御部３８４は、流量濃度演算部３５０が演算した基本補正値を取得する。第２空気量制御部３８４は、乾燥段２１に関連付けられた第２空気量補正値と、基本補正値とを加算して算出される第２補正後空気量を算出する。第２空気量制御部３８４は、乾燥段２１の風箱２に、風箱２が乾燥段２１に供給する空気量が第２補正後空気量となるように電気信号を送る。電気信号を受けた風箱２は、風箱２が備えるダンパの開度を変更して、風箱２が乾燥段２１に供給する空気量が第２補正後空気量となるようにする。

第２空気量制御部３８４は、燃焼段２２の風箱２及び後燃焼段２３の風箱２についても、上記と同様な動作を行う。

[0076] 《作用・効果》

本開示に係る燃焼設備１００の制御装置３００は、処理画像の輝度、被焼却物４００の水分量、被焼却物４００の低位発熱量のうち、少なくとも１つに基づいて、それぞれの区画の負荷状態を示す値である負荷値を特定する負荷値特定部３８０と、予め設定された値と負荷値との差に基づいて、それぞれの区画の火格子６１の速度の補正値である第２速度補正値を演算する第２速度演算部３８１と、第２速度補正値に基づいて、それぞれの区画の火格子６１の速度を制御する第２速度制御部３８３と、を備える。

[0077] 燃焼設備１００のユーザは、特定された負荷値に基づいて、火格子６１の速度を制御することができるため、燃焼設備１００において被焼却物４００を安定的に燃焼させることができる。

[0078] 本開示に係る燃焼設備１００の制御装置３００は、予め設定された値と負荷値との差に基づいて、風箱２がそれぞれの区画に供給する空気量の補正値である第２空気量補正値を演算する第２空気量演算部３８２と、第２空気量補正値に基づいて、風箱２がそれぞれの区画に供給する空気量を制御する第２空気量制御部３８４と、を備える。

[0079] 燃焼設備１００のユーザは、特定された負荷値に基づいて、風箱２を制御することができるため、燃焼設備１００において被焼却物４００を安定的に燃焼させることができる。

[0080] 〈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は、乾燥段２１に投入された被焼却物４００の量を特定して二次空気ラインＬ２が供給する空気量を制御する。

[0081] 図９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。第３の実施形態に係る制御装置３００の構成は、第１の実施形態に係る制御装置３００の構成に、判定部３７９と、量特定部３８５と、量判定部３８６と、二次空気制御部３８７と、を加えた構成である。

[0082] 第３の実施形態に係る測定部２３０は、処理空間Ｖの蒸気流量、酸素濃度及びガス温度を測定する装置である。取得部３１０は、測定部２３０から蒸気流量、酸素濃度及びガス濃度を取得する。

判定部３７９は、点特定部３２０から燃え切り点Ｚを取得して、当該燃え切り点Ｚが予め設定された範囲内であるか否かの判定を行う。

[0083] 量特定部３８５は、取得部３１０が取得した処理画像に基づいて、乾燥段２１に流入した被焼却物４００の量を特定する。具体的には、量特定部３８５は、取得部３１０がカメラ２２０から取得した処理空間Ｖの火炎透視画像のうち、予め設定された乾燥段２１がフィーダ３１と接続している区域における画像において、当該区域に該当する画像における被焼却物４００が占める面積の割合を計算することで、被焼却物４００の量を特定する。

[0084] 量判定部３８６は、量特定部３８５により特定された被焼却物４００の量が、予め設定された値以上であるか否かの判定を行う。当該閾値は、ホッパにおいて被焼却物４００の詰まりが解消され、被焼却物４００が大量に炉本体１０に投入された状態を検出可能な値に設定される。

[0085] 二次空気制御部３８７は、判定部３７９が燃え切り点Ｚが予め設定された範囲内であると判断した場合、量判定部３８６の判定の内容及び取得部３１

０が取得した酸素濃度及びガス温度に基づいて、二次空気ラインＬ２が供給する空気量を制御する。具体的には、二次空気制御部３８７は、以下のような動作で空気量を制御する。

[0086] 判定部３７９が燃え切り点Ｚが予め設定された範囲内であると判断し、かつ量特定部３８５により特定された被焼却物４００の量が、予め設定された値以上であると判定された場合、二次空気制御部３８７は、取得部３１０からガス温度及び酸素濃度を受け入れ、量特定部３８５から被焼却物４００の量を受け入れる。二次空気制御部３８７は、受け入れた被焼却物４００の量、ガス温度、酸素濃度を、予め設定された被焼却物４００の量と、ガス温度と、酸素濃度と、空気量とが関連付けられた情報に照らし合わせて、二次空気ラインＬ２が供給する空気量を特定する。二次空気制御部３８７は、当該空気量を示す信号を二次空気ラインＬ２に送信し、二次空気ラインＬ２が供給する空気量を、上記で特定した供給量に制御する。

[0087] 他方、判定部３７９が燃え切り点Ｚが予め設定された範囲内であると判断し、かつ量特定部３８５により特定された被焼却物４００の量が、予め設定された値以上でないと判定された場合、二次空気制御部３８７は、取得部３１０からガス温度及び酸素濃度を受け入れる。二次空気制御部３８７は、受け入れたガス温度、酸素濃度を、予め設定されたガス温度と、酸素濃度と、空気量とが関連付けられた情報に照らし合わせて、二次空気ラインＬ２が供給する空気量を特定する。二次空気制御部３８７は、当該空気量を示す信号を二次空気ラインＬ２に送信し、二次空気ラインＬ２が供給する空気量を、上記で特定した供給量に制御する。

[0088] 《二次空気制御部の制御に係る動作》

以下、二次空気制御部３８７の制御に係る動作を説明する。図１０は、判定部３７９が燃え切り点Ｚが予め設定された範囲内であると判断した場合、二次空気制御部３８７の制御に係る動作を示すフローチャートである。また、第３の実施形態における火格子６１の速度の制御又は風箱２のダンパの開度の制御は、第１の実施形態に係る動作と同様である。

[0089] 量特定部３８５は、取得部３１０が取得した処理画像に基づいて、乾燥段２１に流入した被焼却物４００の量を特定する（ステップＳ４１）。

量判定部３８６は、量特定部３８５により特定された被焼却物４００の量が、予め設定された値以上であるか否かの判定を行う（ステップＳ４２）。

[0090] 量特定部３８５により特定された被焼却物４００の量が、予め設定された値以上でないと判定された場合（ステップＳ４３：ＮＯ）、二次空気制御部３８７は、取得部３１０からガス温度及び酸素濃度を受け入れる。二次空気制御部３８７は、受け入れたガス温度、酸素濃度を、予め設定されたガス温度と、酸素濃度と、空気量とが関連付けられた情報に照らし合わせて、二次空気ラインＬ２が供給する空気量を特定する。二次空気制御部３８７は、当該空気量を示す信号を二次空気ラインＬ２に送信し、二次空気ラインＬ２が供給する空気量を、上記で特定した供給量に制御する（ステップＳ４４）。

[0091] 他方、量特定部３８５により特定された被焼却物４００の量が、予め設定された値以上であると判定された場合（ステップＳ４３：ＹＥＳ）、二次空気制御部３８７は、量特定部３８５から被焼却物４００の量を受け入れ、取得部３１０からガス温度及び酸素濃度を受け入れる。二次空気制御部３８７は、受け入れた被焼却物４００の量、ガス温度、酸素濃度を、予め設定された被焼却物４００の量、ガス温度と、酸素濃度と、空気量とが関連付けられた情報に照らし合わせて、二次空気ラインＬ２が供給する空気量を特定する。二次空気制御部３８７は、当該空気量を示す信号を二次空気ラインＬ２に送信し、二次空気ラインＬ２が供給する空気量を、上記で特定した供給量に制御する（ステップＳ４５）。

[0092] 上記の動作により、燃焼設備１００のユーザは、被焼却物４００の量に基づいても、二次空気ラインＬ２から供給する空気の量を制御することができ、当該空気を用いて燃焼される被焼却物４００の燃焼状態を安定的に維持することができる。

被焼却物４００が大量に炉本体１０に投入された場合、燃焼設備１００における被焼却物４００の未燃分の割合が上昇するなど、燃焼状態が不安定と

なる。そのため、被焼却物４００が大量に炉本体１０に投入された状態を検出して、当該状態の場合は燃焼に用いられる二次空気ラインＬ２からの空気をより多く供給することによって、安定的に被焼却物４００の燃焼を行うことができる。

[0093] 《作用・効果》

本開示の実施形態に係る燃焼設備１００は火格子６１の上方から空気を供給する二次空気ラインＬ２をさらに備え、処理画像に基づいて、区画に流入した被焼却物４００の量を特定する量特定部３８５と、特定された量が、予め設定された値以上であるか否かの判定を行う量判定部３８６と、判定の内容に基づいて、二次空気ラインＬ２が供給する空気量を制御する二次空気制御部３８７と、を備える。

[0094] 燃焼設備１００のユーザは、被焼却物４００の量に基づいても、二次空気ラインＬ２から供給する空気の量を制御することができ、当該空気を用いて燃焼される被焼却物４００の燃焼状態を安定的に維持することができる。

[0095] 〈第４の実施形態〉

以下、第４の実施形態に係る燃焼設備１００について説明する。第４の実施形態に係る燃焼設備１００は、燃え切り点Ｚと、火格子６１の速度などにより生成される学習済みモデルを用いて、第１速度補正値を演算する。

[0096] 図１１は、第４の実施形態に係る制御装置３００の構成を示すブロック図である。第４の実施形態に係る制御装置３００の構成は、第１の実施形態に係る制御装置３００の構成に加え、モデル生成部３９０と、モデル記憶部３９１と、候補生成部３９２と、流量算出部３９３と、加える構成である。

[0097] モデル生成部３９０は、入力された入力サンプル及び出力サンプルからなるデータセットに基づいて、学習済みモデルを生成してモデル記憶部３９１に記録する。学習済みモデルは、燃焼設備の状態を示す状態量と、燃焼設備の制御量の組み合わせを入力することで、燃焼設備の蒸気流量を出力するように学習された機械学習モデルである。モデル生成部３９０の動作の一例を以下に説明する。

[0098] モデル生成部３９０は、入力サンプルとして、燃焼段２２における着火点と、燃え切り点Ｚと、乾燥段２１の乾燥状態と、燃焼段２２の燃焼状態と、後燃焼段２３の後燃焼状態と、酸素濃度と、被焼却物４００の低位発熱量と、収納空間Ｖの圧力値と、ガス温度と、蒸気流量と、風箱２のダンパの開度と、集塵装置１１のストロークと、乾燥段２１の火格子６１の速度と、燃焼段２２の火格子６１の速度と、後燃焼段２３の火格子６１の速度と、を用いる。すなわち、燃焼段２２における着火点と、燃え切り点Ｚと、乾燥段２１の乾燥状態と、燃焼段２２の燃焼状態と、後燃焼段２３の後燃焼状態と、酸素濃度と、被焼却物４００の低位発熱量と、収納空間Ｖの圧力値と、ガス温度は、燃焼設備の状態を示す状態量である。また、風箱２のダンパの開度と、集塵装置１１のストロークと、乾燥段２１の火格子６１の速度と、燃焼段２２の火格子６１の速度と、後燃焼段２３の火格子６１の速度は、燃焼設備の制御量である。上記乾燥段２１の乾燥状態と、燃焼段２２の燃焼状態と、後燃焼段２３の後燃焼状態は、例えば、点特定部３２０が特定した燃え切り点Ｚの位置や負荷値によって特定することができる。

[0099] また、モデル生成部３９０は出力サンプルとして蒸気流量を用いる。モデル生成部３９０は、上記の入力サンプルと上記の出力サンプルとからなるデータセットを用いて、機械学習モデルの学習処理を行う。モデル生成部３９０が用いる機械学習モデルの例としては、ＬＳＴＭ（Ｌｏｎｇ Ｓｈｏｒｔ－Ｔｅｒｍ Ｍｅｍｏｒｙ）又はＧＲＵ（Ｇａｔｅｄ Ｒｅｃｕｒｒｅｎｔ Ｕｎｉｔ）が挙げられる。機械学習モデルは、内部に重み係数を有する関数である。モデル生成部３９０は、学習手法を用いて入力サンプルから出力サンプルが得られるように機械学習モデルの重み係数を更新することで、学習済みモデルを生成する。モデル生成部３９０は、学習済みモデルをモデル記憶部３９１に記録する。学習済みモデルは、機械学習モデルと、学習処理によって更新された重み係数の組み合わせである。

[0100] モデル記憶部３９１は、モデル生成部３９０が生成した学習済みモデルを記憶する。

候補生成部３９２は、乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３のそれぞれの火格子６１の速度の候補を生成する。例えば、候補生成部３９２は、乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３のそれぞれの火格子６１の速度および風箱２のダンパの開度率を関連付けた候補を生成する。

[0101] 流量算出部３９３は、点特定部３２０が特定した燃え切り点Ｚ、燃焼段２２における着火点、乾燥段２１の乾燥状態、燃焼段２２の燃焼状態、後燃焼段２３の後燃焼状態、酸素濃度、被焼却物４００の低位発熱量、収納空間Ｖの圧力値、ガス温度、および蒸気流量と、候補生成部３９２が生成した乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３のそれぞれの火格子６１の速度の候補とを、モデル記憶部３９１が記憶する学習済みモデルに入力して蒸気流量を算出する。

[0102] 第４の実施形態に係る第１速度演算部３３０は、候補生成部３９２が生成した速度の候補のうち、蒸気流量の計測値と、流量算出部３９３が算出する蒸気流量の値との差が小さくなるような、候補に基づいて第１速度補正値を演算する。

[0103] 例えば、第４の実施形態に係る候補生成部３９２は、燃焼設備１００の燃焼状態に基づいて、乾燥段２１、燃焼段２２、および後燃焼段２３それぞれの基準火格子速度および基準ダンパ開度を算出する。候補生成部３９２は、基準火格子速度に所定の変動幅に基づく補正値を加算することで、複数の火格子速度の候補を生成する。候補生成部３９２は、基準ダンパ開度に所定の変動幅に基づく補正値を加算することで、複数のダンパ開度の候補を生成する。

[0104] 流量算出部３９３は、現在の燃焼設備１００の状態を示す状態量として、点特定部３２０が特定した燃え切り点Ｚ、燃焼段２２における着火点、乾燥段２１の乾燥状態、燃焼段２２の燃焼状態、後燃焼段２３の後燃焼状態、酸素濃度、被焼却物４００の低位発熱量、収納空間Ｖの圧力値、ガス温度、および蒸気流量を特定する。流量算出部３９３は、特定した状態量と候補生成部３９２が生成した各制御量の候補とを用いて、制御量の候補ごとに、蒸気

流量を算出する。第１速度演算部３３０は、制御量の候補ごとに算出された蒸気流量と、蒸気流量の計測値との差が最も小さい制御量の候補に係る火格子速度を、第１速度補正値に決定する。

[0105] 他の実施形態においては、候補の生成および第１速度補正値の決定は、例えば遺伝的アルゴリズムに基づいてなされてもよいし、候補が乱数に基づいて生成されてもよい。また、他の実施形態においては、候補生成部３９２は１つの候補を生成し、第１速度演算部３３０は当該候補の値を蒸気流量の差が小さくなるように更新することで第１速度補正値を求めても良い。

[0106] また、他の実施形態においては、学習済みモデルに入力される燃焼設備１００の状態量は、少なくとも燃え切り点Ｚの位置を含むものであればよく、他の状態量は適宜変更されても良い。また、学習済みモデルに入力される制御量は、少なくともそれぞれの区画の火格子６１の速度を含むものであればよく、他の制御量は適宜変更されてもよい。

[0107] 《作用・効果》

本開示に係る燃焼設備１００の制御装置３００は、燃え切り点Ｚと、それぞれの区画の火格子６１の速度とを含む入力サンプルと、被焼却物４００での乾燥による蒸気流量を含む出力サンプルからなるデータセットを用いた教師あり学習によって学習された学習済みモデルを記憶するモデル記憶部３９１と、それぞれの区画の火格子６１の速度の候補を生成する候補生成部３９２と、燃え切り点Ｚと、それぞれの区画の火格子６１の速度の候補とを学習済みモデルに入力して蒸気流量を算出する流量算出部３９３と、を備え、第１速度演算部３３０は、候補生成部３９２が生成した速度の候補のうち、蒸気流量の計測値と、流量算出部３９３が算出する蒸気流量の値との差が小さくなるような、候補に基づいて第１速度補正値を演算する。

[0108] 燃焼設備１００のユーザは、燃え切り点Ｚと、それぞれの区画の火格子６１の速度とを含む入力サンプルで生成された学習済みモデルを用いて火格子６１の速度を制御することができ、安定的に燃焼設備１００において燃焼を行うことができる。

[0109] 〈第５の実施形態〉

以下、第５の実施形態に係る燃焼設備１００について説明する。第５の実施形態に係る燃焼設備１００は、第１の実施形態に係る制御に加え、火炎Ｆの位置を特定して二次空気ラインＬ２を制御して乾燥段２１の温度を変化させる。

[0110] 図１２は、第５の実施形態に係る制御装置３００の構成を示すフローチャートである。第５の実施形態の制御装置３００の構成は、第１の実施形態の制御装置３００の構成に加えて、火炎特定部３９４と、温度特定部３９５と、二次空気演算部３９６と、第２二次空気制御部３９７と、を備える。

[0111] 火炎特定部３９４は、取得部３１０が取得した処理画像に基づいて、火炎Ｆの位置を特定する。例えば、火炎特定部３９４は、処理画像の輝度により燃焼領域を特定した上で、当該領域のうち、乾燥段２１への距離を最小とする点を着火点として特定し、当該着火点を火炎Ｆの位置として特定する。

[0112] 温度特定部３９５は、取得部３１０が取得した処理画像に基づいて、乾燥段２１における被焼却物４００の温度を特定する。例えば、温度特定部３９５は、処置画像のうち、乾燥段２１に該当する区域の輝度の平均値を、輝度と温度とが関連付けられた情報に照らし合わせて、乾燥段２１における被焼却物４００の温度を特定する。

[0113] 二次空気演算部３９６は、火炎特定部３９４が特定した火炎Ｆの位置に基づいて、温度特定部３９５が特定した温度と予め設定された値との差を最小とする二次空気の量及び二次空気の供給角度を演算する。二次空気演算部３９６は、以下のような動作で演算する。

二次空気演算部３９６は、火炎特定部３９４が特定した火炎Ｆの位置である着火点の位置と、温度特定部３９５が特定した温度を受け入れる。二次空気演算部３９６は、予め設定された値から受け入れた温度を減算して温度差を算出する。

[0114] 二次空気演算部３９６は、温度特定部３９５が特定した乾燥段２１の温度が、乾燥段２１の目標温度より所定の温度差以上低いか否かを判定する。ま

た二次空気演算部３９６は、火炎特定部３９４が特定した火炎Ｆの位置が乾燥段２１より後段に位置するか否かを判定する。二次空気演算部３９６は、乾燥段２１の温度が目標温度より所定の温度差以上低く、かつ火炎Ｆの位置が乾燥段２１より後段に位置する場合に、火炎位置が乾燥段２１へ近づくように二次空気の量および角度を演算する。例えば、二次空気演算部３９６は、予め火炎Ｆの位置に関連付けて、火炎を乾燥段２１へ近づけるための二次空気の量および角度を記憶しておき、火炎特定部３９４が特定した火炎の位置に関連付けられた二次空気の量および角度を読み出すことで、二次空気の量および角度を演算することができる。

[0115] 第２二次空気制御部３９７は、二次空気演算部３９６により演算された二次空気の量及び供給角度に基づいて、二次空気ラインＬ２を制御する。すなわち、第２二次空気制御部３９７は、二次空気ラインＬ２が供給する二次空気の量と、供給角度が、二次空気演算部３９６により演算された二次空気の量及び供給角度になるように、ダンパの開度の開口の角度を制御する。

[0116] 《作用・効果》

本開示に係る燃焼設備１００の制御装置３００は、火格子６１の上方から空気を供給する二次空気ラインＬ２を備え、処理画像に基づいて、火炎Ｆの位置を特定する火炎特定部３９４と、処理画像に基づいて、区画における被焼却物４００の温度を特定する温度特定部３９５と、火炎Ｆの位置に基づいて、温度と予め設定された値との差を最小とする二次空気の量及び二次空気の供給角度を演算する二次空気演算部３９６と、演算された量及び供給角度に基づいて、二次空気ラインＬ２を制御する第２二次空気制御部３９７と、を備える。

[0117] 燃焼設備１００のユーザは、火炎Ｆの位置により二次空気の量と供給角度を制御できるため、火炎Ｆの態様を変化させて乾燥段２１に近づけることができ、区画における被焼却物４００の処理を安定的に行うことができる。

[0118] 〈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。

[0119] 燃焼設備１００の制御装置３００は、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３を別々に制御しても良い。例えば、乾燥段２１のみ制御しても、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３をまとめて制御しても良い。また、乾燥段２１、燃焼段２２及び後燃焼段２３における複数の風箱２に優先度を付けて制御しても良い。

[0120] 図１３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。

[0121] 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。

[0122] 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。

[0123] 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。

[0124] 〈付記〉

各実施形態に記載の燃焼設備１００の制御装置３００は、例えば以下のように把握される。

[0125] （１）本開示に係る燃焼設備１００の制御装置３００は、処理空間Ｖを画成する炉本体１０と、処理空間Ｖにおいて搬送方向Ｄａに被焼却物４００を搬送する火格子６１と、処理空間Ｖに空気を供給する風箱２と、を備える燃焼設備１００の制御装置３００であって、処理空間Ｖが搬送方向Ｄａに区画された区画が写る処理画像を取得する画像取得部と、処理画像に基づいて、被焼却物４００の燃焼による火炎Ｆの搬送方向後側の端である燃え切り点Ｚを特定する点特定部３２０と、燃え切り点Ｚに基づいて、区画の火格子６１の速度の補正値である第１速度補正値を演算する第１速度演算部３３０と、第１速度補正値に基づいて区画の火格子６１の速度を制御する速度制御部３

６０と、を備える。

[0126] 燃焼設備１００のユーザは、特定された燃え切り点Ｚに基づいて、火格子６１の速度を制御することができるため、燃焼設備１００において被焼却物４００を安定的に燃焼させることができる。

[0127] （２）また、燃焼設備１００の制御装置３００の、処理空間Ｖが区画されたそれぞれの区画は、搬送方向Ｄａの上流側から乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３であって、画像取得部は、乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３が写る処理画像を取得し、第１速度演算部３３０は、乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３のそれぞれの第１速度補正値を演算し、速度制御部３６０は、第１速度補正値のそれぞれに基づいて、乾燥段２１、燃焼段２２、及び後燃焼段２３の火格子６１の速度を制御する。

[0128] 燃焼設備１００のユーザは、特定された燃え切り点Ｚに基づいて、火格子６１の速度を制御することができるため、燃焼設備１００において被焼却物４００を安定的に乾燥、燃焼、後燃焼させることができる。

[0129] （３）また、燃焼設備１００の制御装置３００は、燃え切り点Ｚに基づいて、それぞれの区画に供給する空気量の補正値である第１空気量補正値を演算する第１空気量演算部３４０と、第１空気量補正値に基づいて、風箱２がそれぞれの区画に供給する空気量を制御する空気量制御部３７０と、を備える。

[0130] 燃焼設備１００のユーザは、特定された燃え切り点Ｚに基づいて、風箱２を制御することができるため、燃焼設備１００において被焼却物４００を安定的に乾燥、燃焼、後燃焼させることができる。

[0131] （４）本開示に係る燃焼設備１００の制御装置３００は、処理画像の輝度、被焼却物４００の水分量、被焼却物４００の低位発熱量のうち、少なくとも１つに基づいて、それぞれの区画の負荷状態を示す値である負荷値を特定する負荷値特定部３８０と、予め設定された値と負荷値との差に基づいて、それぞれの区画の火格子６１の速度の補正値である第２速度補正値を演算する第２速度演算部３８１と、第２速度補正値に基づいて、それぞれの区画の

火格子６１の速度を制御する第２速度制御部３８３と、を備える。

[0132] 燃焼設備１００のユーザは、特定された負荷値に基づいて、火格子６１の速度を制御することができるため、燃焼設備１００において被焼却物４００を安定的に燃焼させることができる。

[0133] （５）本開示に係る燃焼設備１００の制御装置３００は、予め設定された値と負荷値との差に基づいて、風箱２がそれぞれの区画に供給する空気量の補正値である第２空気量補正値を演算する第２空気量演算部３８２と、第２空気量補正値に基づいて、風箱２がそれぞれの区画に供給する空気量を制御する第２空気量制御部３８４と、を備える。

[0134] 燃焼設備１００のユーザは、特定された負荷値に基づいて、風箱２を制御することができるため、燃焼設備１００において被焼却物４００を安定的に燃焼させることができる。

[0135] （６）本開示の実施形態に係る燃焼設備１００は火格子６１の上方から空気を供給する二次空気ラインＬ２をさらに備え、処理画像に基づいて、区画に流入した被焼却物４００の量を特定する量特定部３８５と、特定された量が、予め設定された値以上であるか否かの判定を行う量判定部３８６と、判定の内容に基づいて、二次空気ラインＬ２が供給する空気量を制御する二次空気制御部３８７と、を備える。

[0136] 燃焼設備１００のユーザは、被焼却物４００の量に基づいても、二次空気ラインＬ２から供給する空気の量を制御することができ、当該空気を用いて燃焼される被焼却物４００の燃焼状態を安定的に維持することができる。

[0137] （７） 本開示に係る燃焼設備１００の制御装置３００は、燃え切り点Ｚと、それぞれの区画の火格子６１の速度とを含む入力サンプルと、被焼却物４００での乾燥による蒸気流量を含む出力サンプルからなるデータセットを用いた教師あり学習によって学習された学習済みモデルを記憶するモデル記憶部３９１と、それぞれの区画の火格子６１の速度の候補を生成する候補生成部３９２と、燃え切り点Ｚと、それぞれの区画の火格子６１の速度の候補とを学習済みモデルに入力して蒸気流量を算出する流量算出部３９３と、を

備え、第１速度演算部３３０は、候補生成部３９２が生成した速度の候補のうち、蒸気流量の計測値と、流量算出部３９３が算出する蒸気流量の値との差が小さくなるような、候補に基づいて第１速度補正値を演算する。

[0138] 燃焼設備１００のユーザは、燃え切り点Ｚと、それぞれの区画の火格子６１の速度とを含む入力サンプルで生成された学習済みモデルを用いて火格子６１の速度を制御することができ、安定的に燃焼設備１００において燃焼を行うことができる。

[0139] （８）本開示に係る燃焼設備１００の制御装置３００は、火格子６１の上方から空気を供給する二次空気ラインＬ２を備え、処理画像に基づいて、火炎Ｆの位置を特定する火炎特定部３９４と、処理画像に基づいて、区画における被焼却物４００の温度を特定する温度特定部３９５と、火炎Ｆの位置に基づいて、温度と予め設定された値との差を最小とする二次空気の量及び二次空気の供給角度を演算する二次空気演算部３９６と、演算された量及び供給角度に基づいて、二次空気ラインＬ２を制御する第２二次空気制御部３９７と、を備える。

[0140] 燃焼設備１００のユーザは、火炎Ｆの位置により二次空気の量と供給角度を制御できるため、火炎Ｆの態様を変化させて乾燥段２１に近づけることができ、区画における被焼却物４００の処理を安定的に行うことができる。

[0141] （９）本開示に係る燃焼設備の制御方法は、処理空間Ｖを画成する炉本体１０と、処理空間Ｖにおいて搬送方向Ｄａに被焼却物４００を搬送する火格子６１と、処理空間Ｖに空気を供給する風箱２と、を備える燃焼設備１００の制御装置３００において、処理空間Ｖが搬送方向Ｄａに区画された区画が写る処理画像を取得するステップと、処理画像に基づいて、被焼却物４００の燃焼による火炎Ｆの搬送方向後側の端である燃え切り点Ｚを特定するステップと、燃え切り点Ｚに基づいて、区画の火格子６１の速度の補正値である第１速度補正値を演算するステップと、第１速度補正値に基づいて区画の火格子６１の速度を制御するステップと、を有する。

[0142] 燃焼設備１００の制御方法のユーザは、特定された燃え切り点Ｚに基づい

て、火格子６１の速度を制御することができるため、燃焼設備１００において被焼却物４００を安定的に燃焼させることができる。

[0143] （１０）本開示に係る燃焼設備１００のプログラムは、処理空間Ｖを画成する炉本体１０と、処理空間Ｖにおいて搬送方向Ｄａに被焼却物４００を搬送する火格子６１と、処理空間Ｖに空気を供給する風箱２と、を備える燃焼設備１００の制御装置３００の、コンピュータを、処理空間Ｖが搬送方向Ｄａに区画された区画が写る処理画像を取得するステップと、処理画像に基づいて、被焼却物４００の燃焼による火炎Ｆの搬送方向後側の端である燃え切り点Ｚを特定するステップと、燃え切り点Ｚに基づいて、区画の火格子６１の速度の補正値である第１速度補正値を演算するステップと、第１速度補正値に基づいて区画の火格子６１の速度を制御するステップと、を実行させる。

[0144] 燃焼設備１００のプログラムのユーザは、特定された燃え切り点Ｚに基づいて、火格子６１の速度を制御することができるため、燃焼設備１００において被焼却物４００を安定的に燃焼させることができる。

産業上の利用可能性

[0145] 本開示の燃焼設備の制御装置、燃焼設備の制御方法およびプログラムによれば、燃焼設備において被焼却物を安定的に焼却させることができる。

符号の説明

[0146] 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

３００　制御装置

３１０　取得部

３２０　点特定部

３３０　第１速度演算部

３４０　第１空気量演算部

３５０　流量濃度演算部

３６０　速度制御部

３７０　空気量制御部

３７９　判定部

３８０　負荷値特定部

３８１　第２速度演算部

３８２　第２空気量演算部

３８３　第２速度制御部

３８４　第２空気量制御部

３８５　量特定部

３８６　量判定部

３８７　二次空気制御部

３９０　モデル生成部

３９１　モデル記憶部

３９２　候補生成部

３９３　流量算出部

３９４　火炎特定部

３９５　温度特定部

３９６　二次空気演算部

３９７　第２二次空気制御部

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