

明 細 書

発明の名称 : 焼却炉設備の制御装置

技術分野

[0001] 本開示は、焼却炉設備の制御装置に関する。本開示は、2021年9月10日に、日本に出願された特願2021-147752号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 一般にゴミ焼却設備にはホッパが付設され、クレーンでホッパ内に投入されたゴミは、ホッパ下部に配される給じん装置により、順次、焼却炉へと供給されるようになっている。特許文献1には、ゴミ焼却設備のホッパに投入されるゴミの体積と重量から、ゴミの比重を計算し、ゴミの供給容積にゴミの比重を乗じることにより、焼却炉内へ供給されるゴミの供給重量を計算し、さらに、ゴミの供給重量から入熱量を計算して、単位時間あたりの入熱量が一定となるように、ゴミを焼却炉内に供給する制御する制御装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特許第6779779号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1では、ホッパに投入されてから焼却炉に供給されるまでに要する時間の範囲（例えば、1～2時間）を設定し、焼却炉内へのゴミの供給重量を、その時点から設定した時間の範囲だけ過去にホッパに投入されたゴミの比重の平均値にゴミの供給容積を乗じることにより計算している。炉内の燃焼状態を安定化させるためには、より正確にゴミの供給量やそれに代わる制御量を推定し、推定した供給量などに応じた制御を先行的に実行することが好ましい。

[0005] 本開示は、上述の課題を解決することのできる焼却炉設備の制御装置を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様によれば、制御装置は、被焼却物を燃焼させながら搬送する炉と、前記炉に燃焼用空気を供給する燃焼用空気供給部とを有する焼却炉設備の制御装置であって、前記炉に供給する被焼却物の供給量または発熱量に基づいて、前記被焼却物が前記炉内に投入される前に前記燃焼用空気の制御を行う燃焼用空気制御部と、3次元計測によりホッパ内の前記被焼却物の高さ変化を検出し、前記被焼却物の高さの変化に基づいて、前記ホッパへ投入された前記被焼却物の体積を計算し、前記ホッパへ投入された前記被焼却物の重量と前記体積から密度を計算し、過去の一定期間に前記炉に供給された前記被焼却物の密度より推定した前記発熱量と実際に計測された前記発熱量の相関比較を行い、前記被焼却物が前記ホッパへ投入されてから前記炉に供給されるまでの滞留時間を推定し、前記被焼却物の圧密と、前記ホッパ内の前記被焼却物の分布と、前記炉内に供給される被焼却物の比率に基づき、前記滞留時間後に前記炉内へ供給される前記被焼却物の供給量または発熱量を算出する算出部と、を備え、前記燃焼用空気制御部は、前記被焼却物が前記ホッパへ投入されてから前記算出部によって推定された前記滞留時間が経過するよりも所定時間前に当該被焼却物の供給量または発熱量に基づく前記燃焼用空気の制御を行う。

発明の効果

[0007] 上記した焼却炉設備の制御装置によれば、ゴミ焼却設備の炉内の燃焼状態を安定化することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]各実施形態に係るゴミ焼却設備の一例を示す図である。

[図2]第一実施形態に係る制御装置の動作の一例を示すフローチャートである。

[図3]第二実施形態に係る制御装置の動作の一例を示すフローチャートである。

。

[図4]第三実施形態に係る制御装置の動作の一例を示すフローチャートである

。

[図5]第四実施形態に係るゴミの発熱量等の推定処理を説明する第1の図である。

[図6]第四実施形態に係るゴミの発熱量等の推定処理を説明する第2の図である。

[図7]第四実施形態に係るゴミの発熱量等の推定処理を説明する第3の図である。

[図8]各実施形態に係る制御装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、実施形態のゴミ焼却設備を、図面を参照して説明する。以下の説明では、同一または類似の機能を有する構成に同一の符号を付す。そして、それら構成の重複する説明は省略する場合がある。「XXまたはYY」とは、XXとYYのうちいずれか一方の場合に限定されず、XXとYYの両方の場合も含み得る。これは選択的要素が3つ以上の場合も同様である。「XX」および「YY」は、任意の要素（例えば任意の情報）である。

[0010] (システム構成)

図1は、各実施形態に係るゴミ焼却設備の一例を示す図である。

ゴミ焼却設備100は、ゴミが投入されるホッパ1と、ホッパ1に投入されたゴミを下部へ導くシュート2と、シュート2を通じて供給されたゴミを燃焼室6内に供給するフィーダ10と、フィーダ10によって供給されたゴミを受けて、ゴミを移送しながら乾燥と燃焼を行う火格子3と、ゴミを燃焼する燃焼室6と、灰を排出する灰出口7と、空気を供給する送風機4と、送風機4によって供給された空気を火格子3の各部へ導く複数の風箱5A～5Eと、送風機4によって供給された空気を燃焼室6（二次燃焼室6B）へ直接的に供給する管路14と、ボイラ9と、ゴミを搬送するクレーン17と、ホッパ1の上方からゴミの表面を検出するセンサ15と、燃焼室6内の様子

を撮影する画像センサ１６と、を備える。

[0011] クレーン１７は、ゴミピット（図示せず）からゴミを掴んで搬送し、ホッパ１へ投入する。クレーン１７には、重量計１７ａが設けられている。重量計１７ａは、クレーン１７が搬送したゴミの重量を計測する。重量計１７ａは制御装置２０と接続されていて、重量計１７ａが計測した重量、つまり、ホッパ１に投入されるゴミの重量は、制御装置２０へ送信される。ホッパ１の上方には、ホッパ１に投入されて蓄積したゴミの表面全体を検出できるようにセンサ１５が設置されている。センサ１５は、ホッパ１に投入されるゴミの体積、ホッパ１およびシュート２に蓄積されているゴミの高さを検出するために設けられている。センサ１５は、例えば、ＬｉＤＡＲ（Light Detection and Ranging）装置である。ＬｉＤＡＲとは、レーザ光等を対象物へ走査しながら照射し、反射光の輝度に基づいて、対象物までの距離や方向などを計測する技術である。ＬｉＤＡＲによって、蓄積したゴミの表面全体にレーザ光を走査しながら照射することで、ゴミの表面全体についてセンサ１５からの距離を計測することができる。これにより、ホッパ１およびシュート２に堆積されたゴミの高さを検出することができる。クレーン１７からホッパ１内へゴミを投下する前後のゴミの高さの差分から、ホッパ１へ投下されたゴミの体積を計算することができる。センサ１５は制御装置２０と接続されていて、センサ１５が計測した計測値は、制御装置２０へ送信される。

[0012] フィーダ１０は、シュート２を通じて供給されたゴミを押し出すことにより、ゴミを火格子３へ供給する給じん装置である。フィーダ１０は、ゴミを燃焼室６側へ押し出す動作と、元の位置に引き戻す動作を繰り返す。制御装置２０は、フィーダ１０の押し出す動作と引き戻す動作を制御することにより、燃焼室６へのゴミの供給量を調整する。火格子３は、シュート２及び燃焼室６の底部に設けられゴミを搬送する。火格子３は、フィーダ１０によって供給されたゴミの水分を蒸発させて乾燥させる乾燥域３Ａと、乾燥域３Ａの後流に位置し、乾燥したゴミを燃焼させる燃焼域３Ｂと、燃焼域３Ｂの後流に位置し、燃焼されずに通過してきた固定炭素分等の未燃分を灰になるま

で燃焼させる後燃焼域 3 C とを備えている。制御装置 20 の制御により、火格子 3 の動作速度が制御される。

[0013] 送風機 4 は、火格子 3 の下方に設けられ、風箱 5 A ～ 5 E を介して、空気を火格子 3 の各部に供給する。送風機 4 が送る空気を風箱 5 A ～ 5 E へ導く管路 8 には、管路 8 と風箱 5 A ～ 5 E のそれぞれを接続する枝管が接続され、枝管には各々ダンパ 8 A ～ 8 E が設けられ、ダンパ 8 A ～ 8 E の開度を調節することにより、風箱 5 A ～ 5 E へ供給される燃焼空気の流量を調節することができる。制御装置 20 は、送風機 4 の送風量（回転数）、ダンパ 8 A ～ 8 E の開度を制御する。ダンパ 8 A ～ 8 E を総称して 1 次燃焼空気ダンパと記載する場合がある。

[0014] 燃焼室 6 は、火格子 3 の上方に、一次燃焼室 6 A と二次燃焼室 6 B とからなり、ボイラ 9 は、燃焼室 6 の後流に配設されている。一次燃焼室 6 A は、火格子 3 の上方に設けられ、一次燃焼室 6 A のさらに上方に二次燃焼室 6 B が設けられている。一次燃焼室 6 A では、ゴミを燃焼させ、一次燃焼室 6 A で生じた熱分解ガスが、二次燃焼空気と混合されて二次燃焼室 6 B に送られ、この二次燃焼室で熱分解ガス中の未燃成分を燃焼させる。燃焼室 6 の二次燃焼室 6 B には、送風機 4 と二次燃焼室 6 B を接続する管路 14 が接続されていて、管路 14 に設けられたダンパ 14 A の開閉により、二次燃焼室 6 B に空気を供給することができる。制御装置 20 は、ダンパ 14 A の開度を制御する。ダンパ 14 A を二次燃焼用空気ダンパと記載する場合がある。燃焼室 6 に供給されるゴミを撮影できる位置に、画像センサ 16 が設置されている。画像センサ 16 は、制御装置 20 と接続されており、画像センサ 16 が撮影した画像は、制御装置 20 へ送信される。画像センサ 16 は、例えば、赤外線カメラである。図 1 の例では、画像センサ 16 は、ゴミの供給を水平方向の正面から撮影する位置に設けられているが、例えば、ゴミが燃焼室 6 に供給される様子を上方から撮影する位置に設けられていてもよい。燃焼室 6 には、燃焼室 6 内の温度を計測する温度センサ 18 が設けられている。温度センサ 18 は制御装置 20 と接続されていて、温度センサ 18 が計測した

炉内の温度は、制御装置 20 へ送信される。燃焼室 6 には、燃焼室 6 内の酸素濃度を計測する酸素濃度センサ 19 が設けられている。酸素濃度センサ 19 は制御装置 20 と接続されていて、酸素濃度センサ 19 が計測した炉内の酸素濃度は、制御装置 20 へ送信される。

[0015] ボイラ 9 は、燃焼室 6 から送られた排ガスとボイラ 9 内を循環する水と熱交換して蒸気を発生させる。蒸気は管路 13 を通じて図示しない発電用のタービンへ供給される。管路 13 には、蒸気の流量を検出する蒸気流量センサ 11 が設けられている。蒸気流量センサ 11 は制御装置 20 と接続されていて、蒸気流量センサ 11 が計測した主蒸気流量は、制御装置 20 へ送信される。制御装置 20 は、例えば、蒸気流量センサ 11 が計測する主蒸気流量が所定の目標値となるように、フィーダ 10 の動作、一次燃焼用空気ダンパおよび二次燃焼用空気ダンパの開度を制御する。ボイラ 9 の排ガス出口には、煙道 12 が接続されていて、ボイラ 9 で熱回収された排ガスは煙道 12 を通過して不図示の排ガス処理設備を通過後、外部に排出される。

[0016] 制御装置 20 は、データ取得部 21 と、ゴミ高さ計算部 22 と、画像推定部 23 と、供給量推定部 24 と、判断部 25 と、制御部 26 と、記憶部 27 と、を備える。

データ取得部 21 は、各センサ 11、14a、15、16、17a、18、19 が計測した計測値、ユーザの指示値など各種データを取得する。例えば、データ取得部 21 は、蒸気流量センサ 11 が計測した主蒸気流量の計測値を取得する。

[0017] ゴミ高さ計算部 22 は、センサ 15 が検出したゴミ表面までの距離に基づいて、ホッパ 1 およびシュート 2 に蓄積されたゴミの表面の各位置におけるゴミの高さを計算する。ゴミの高さは、シュート 2 の所定位置を基準としたときの高さである。

[0018] 画像推定部 23 は、画像センサ 16 が撮影した画像を解析して、フィーダ 10 により炉内へ供給されたゴミの供給量（体積、重量）と発熱量（LHV: Lower Heating Value）を推定する。例えば、画像推定部 23 は、フィーダ

10がゴミを押し出す動作を行う前後に撮影された画像を比較して、押し出されたゴミが写った画像領域を抽出し、抽出した画像領域の形状や面積と、フィーダ10の押出量に基づいて、炉内へ供給されたゴミの体積を推定する。あるいは、画像推定部23は、押し出されたゴミが写った画像領域とゴミの供給量との関係を学習して構築された推定モデルと、抽出した画像領域とに基づいて、ゴミの体積を推定する。画像推定部23は、推定した体積に後述する計算方法で計算した密度を乗じて、炉内へ供給されたゴミの重量を計算する。さらに画像推定部23は、所定の換算式に基づいて、炉内へ供給されたゴミの重量から発熱量（LHV）を推定する。通常、ゴミ焼却設備では、ゴミの密度と発熱量がサンプリングされ、両者の関係を解析し、その焼却設備で処理されるゴミの種類などに応じた、ゴミの密度から発熱量を算出する換算式が導出されている。画像推定部23は、この換算式を用いて、画像解析で得られるゴミの重量から発熱量を推定する。画像推定部23を用いた制御については第三実施形態で述べる。

[0019] 供給量推定部24は、ゴミ高さ計算部22が計算したゴミの高さの変化に基づいて、ホッパ1内のゴミの体積変化を計算する。供給量推定部24は、ホッパ1内のゴミの体積変化に基づいて、単位時間あたりの炉内へのゴミの供給量を推定する。供給量推定部24は、ホッパ1およびシュート2内におけるゴミの分布やホッパ1内のゴミの滞留時間 ΔT に基づいて、炉内へ供給されるゴミの密度やゴミ水分率を推定し、例えば、滞留時間だけ未来に炉内へ供給されるゴミの発熱量を推定する。供給量推定部24は、実際にゴミが炉内に供給される前に、今回または次回以降にフィーダ10が動作したときに供給されるゴミの供給量および／または発熱量を推定する。これにより、ゴミが燃焼室6に供給される前に、燃焼室6内に供給される1次燃焼空気の制御などを先行して実行することができる。供給量推定部24によるゴミの供給量、発熱量の推定処理の詳細については、第四実施形態で述べる。

[0020] 判断部25は、供給量推定部24が推定したゴミの供給量および／または発熱量に基づいて、炉内の燃焼状態を安定化させるための先行制御を行うか

否かの判断を行う。判断部25は、先行制御の結果、炉内の燃焼状態が安定した状態となったかどうかの判断を行う。

[0021] 制御部26は、フィーダ10の動作、一次燃焼用空気ダンパ（ダンパ8A～8E）および二次燃焼用空気ダンパ（ダンパ14A）の開度などを制御する。制御部26は、判断部25の判断に基づいて、一次燃焼用空気ダンパやフィーダ10の先行制御を行う。先行制御のうち、特に一次燃焼用空気については、過度に先行しすぎない程度に前もって適切な供給量に制御した方が、燃焼の安定化を実現することができる。

[0022] 記憶部27は、データ取得部21が取得した計測値や、制御に必要な情報、例えば、ゴミの密度から発熱量を算出する換算式などを記憶する。

[0023] <第一実施形態>

図2を参照して、第一実施形態に係る処理（一次燃焼用空気の供給制御）について説明する。

（動作）

図2は、第一実施形態に係る制御装置の動作の一例を示すフローチャートである。

制御装置20は、所定の時間間隔で、以下の処理（先行制御）を実行する。

[0024] データ取得部21が、センサ15の計測値を取得し、ゴミ高さ計算部22へ出力する。ゴミ高さ計算部22は、センサ15の計測値、つまり、センサ15からホッパ1のゴミ表面までの距離の情報に基づいて、その時点におけるホッパ1に蓄積されたゴミの高さを計算する。ゴミ高さ計算部22は、所定時間ごとのゴミの高さを供給量推定部24へ出力する。供給量推定部24は、ゴミの供給量および／または発熱量を推定する（ステップS1）。例えば、供給量推定部24は、単位時間あたりのゴミの高さの変化（高さの減少分）から、単位時間あたりに燃焼室6へ供給されるゴミの供給量を計算する。供給量推定部24は、ホッパ1にゴミが投入されたときに計測されたゴミの体積と重量からゴミの密度を計算し、所定の方法で計算した滞留時間 ΔT

後にこのゴミが供給されるとしたときの発熱量を計算する。このとき、供給量推定部24は、滞留時間 ΔT 後に供給されるゴミの密度を、ホッパ1およびシュート2内における異なるタイミングでホッパ1へ投入されたゴミの分布状況、異なるタイミングで投入されたゴミが同時に炉内へ供給されるとき、あるタイミングで投入されたゴミがシュート2の下部へ移動して、後から投入されたゴミの重さによって圧縮されること（圧密）などを考慮して炉内へ供給されるゴミの密度を推定する（詳細は第四実施形態で述べる）。供給量推定部24は、推定したゴミの供給量、発熱量を判断部25へ出力する。

[0025] 次に判断部25は、単位時間あたりのゴミの供給量および/または滞留時間 ΔT 後に供給されるゴミの発熱量が一定以上増加するかどうかを判定する（ステップS2）。例えば、判断部25は、前回推定された供給量と今回推定された供給量を比較して、供給量が一定以上増加するかどうかを判定し、前回推定された発熱量と今回推定された発熱量を比較して、供給量が一定以上増加するかどうかを判定する。例えば、制御部26は、ゴミの供給量および発熱量が一定以上増加する場合、あるいは供給量、発熱量の少なくとも一方が一定以上増加する場合（ステップS2；Yes）、現状のままの制御を継続するならば、過度な燃焼状態となると判断し、燃焼状態を抑制するための先行制御の実行を制御部26へ指令する。制御部26は、先行的に一次燃焼用空気の供給量を減少する制御を行う（ステップS3）。例えば、制御部26は、ダンパ8A～8Eの開度を低下させ、燃焼室6へ供給する空気量を低下させる。このとき、制御部26は、乾燥域3Aへ供給する空気量を減少させるためにダンパ8Aの開度だけを小さくしてもよいし、乾燥域3Aおよび燃焼域3Bへ供給する空気量を減少させるためにダンパ8A～8Cの開度を低下させてもよい。制御部26は、ダンパ8A等の開度を低下させることに加えて／代えて送風機4の回転数を低下させてもよい。

[0026] ダンパ8A～8Eの開度の低下量や送風機4の回転数を低下量は、例えば、それらの制御量と供給量および/または発熱量の関係を規定する関数等に

基づいて、ステップS 1で推定したゴミの供給量や発熱量に応じて決定されてもよい。制御部26は、所定の一定時間のみダンパ8A等の開度や送風機4の回転数を低下させる制御を実行してもよいし、単位時間あたりのゴミの供給量および／または発熱量が一定になるまで、ダンパ8A等の制御を継続して実行してもよい。

- [0027] ダンパ8A等の開度減少や送風機4の回転数低下を開始するタイミングについては、(1)例えば、ステップS 1で推定したのが、時々刻々のLiDARにより計測したゴミ高さ変化から計算された体積変化に基づくゴミの供給量(体積や重量)の場合、ステップS 2の判定の直後に先行制御を開始してもよい(最新の体積の減少は、直前に炉内に投入された供給量とみなせるから、このタイミングで先行制御を開始することは、実際に炉内に投入されたゴミの供給量に応じて即座に制御を開始することになる。従来のフィードバック制御に比べて先行的な制御となる。)。 (2)ステップS 1で推定したのが発熱量の場合、後に第四実施形態で述べるようにホッパ1へ投入されてから滞留時間 ΔT 後に炉内へ供給されるゴミの供給量に応じた発熱量を推定することができる。言い方を変えれば、ホッパ1へ投入された時点でそのゴミが炉内へ供給されるタイミング(滞留時間 ΔT 後)が分かることになる。これにより、そのゴミが炉内へ供給されそうになる少し前の時点で、少し未来に炉内へ供給されるゴミの発熱量が分かることになるので、例えば、その供給タイミングよりも所定時間前にステップS 2の判定を行って、その判定結果に応じて先行制御を開始してもよい。ここでいう少し未来に炉内へ供給されるゴミとは、後述する図6、図7のパターン1に存在するゴミのことである。供給タイミングよりも所定時間前にステップS 3の先行制御を開始すれば、実際の炉内へのゴミ投入より前に先行制御を開始することになる。又は、滞留時間 ΔT に基づいて推定されるゴミの供給タイミングに合わせて(例えば、供給と同時～直後)ステップS 2の判定を行い、その直後に先行制御を開始してもよい。この場合には(1)で説明したゴミの供給量の場合と同様、ゴミを炉内へ投入する直前～直後あたりに先行制御を開始すること

になる。(ゴミの供給量についても、(1)で説明したゴミ高さ変化に基づくゴミの供給量の実績値に基づいてステップS2の判定を行う実施形態に限定されず、事前の推定値に基づいて、ステップS2の判定を行い、その後、先行制御を開始するようにすることができる。つまり、発熱量の場合と同様、次にプッシャ10が押し出されると炉内へ供給されることになる位置に存在するゴミの体積や重量(即ち、少し未来に炉内へ供給されるゴミの供給量)を推定し、実際にゴミが炉内へ供給される前に先行制御を開始することができる。例えば、ホッパ1に投入されたゴミが滞留時間 ΔT 後に、図6、図7に例示するパターン1の位置に至ると推定する。そして、パターン1に占めるゴミの体積や重量を計算し、そのゴミが炉内へ供給されそうになる少し前に、計算した供給量のゴミが少し未来に炉内へ供給されると推定して、その供給タイミングよりも所定時間前にステップS2の判定を行ってもよい。)

さらに言えば、ホッパ1へゴミが投入されてから滞留時間 ΔT 後に炉内へ投入されることが推定できれば、必ずしもゴミの炉内投入直前まで待つて先行制御を行わなければならないわけではなく、もっと前に先行制御を開始することができる。どのタイミングで先行制御を開始するかについては設備やゴミの種類などによって任意に調整すればよい。一般には、例えば、蒸気流量センサ11が計測した主蒸気流量が一定になるように一次燃焼用空気の供給量がフィードバック制御されることが多いが、このような従来制御に比べ、早期にゴミの供給量や発熱量に応じた一次燃焼用空気に制御することができるので、燃焼室6内の空気の状態(雰囲気)を先行的にゴミの供給量や発熱量に見合ったものに予め整えておくことができ、その結果、燃焼状態を安定化することができる。このことは、後述するステップS7(一次燃焼用空気の供給量を増加させる場合)についても同様である。

[0028] 制御部26は、フィーダ10を制御して、ゴミを炉内へ供給する(ステップS4)。例えば、制御部26は、蒸気流量センサ11が計測した主蒸気流量が所定の目標値となるようなフィーダ10の押出量を計算し、計算した押出量だけフィーダ10を移動させて、炉内へゴミを供給する。図2に示す

テップS 3、S 4の順番は便宜的なもので、制御部26は、一次燃焼用空気の供給量を減少させる制御とゴミを炉内へ供給する制御とを並行して行う。次に判断部25が、温度センサ18が計測した燃焼室6内のガス温度を、データ取得部21を通じて取得する。判断部25は、炉内ガス温度が一定時間以上継続して、所定範囲内となるか否かを判定する（ステップS 5）。炉内ガス温度が一定時間以上、所定範囲内となる場合（ステップS 5；Y e s）、制御部26は、第一実施形態に係る先行制御（一次燃焼用空気の先行供給）を終了する。炉内ガス温度が一定時間以上継続して、所定範囲内とはならない場合（ステップS 5；N o）、制御部26は、ステップS 3からの処理を繰り返す。

[0029] ステップS 2の判定において、単位時間あたりのゴミの供給量等が一定以上増加しない場合（ステップS 2；N o）、判断部25は、単位時間あたりのゴミの供給量および/または滞留時間 ΔT 後に供給されるゴミの発熱量が一定以上低下するかどうかを判定する（ステップS 6）。制御部26は、ゴミの供給量および発熱量が一定以上低下する場合、あるいは供給量、発熱量の一方が一定以上低下する場合（ステップS 6；Y e s）、現状のままの制御を継続するならば、燃焼状態が悪化・低下すると判断し、炉内の燃焼を促進するために先行制御の実行を制御部26へ指令する。制御部26は、一次燃焼用空気の供給量を増加する制御を行う（ステップS 7）。例えば、制御部26は、ダンパ8 A～8 Eの開度を増加させ、燃焼室6へ供給する空気量を増加させる。このとき、制御部26は、乾燥域3 Aへ供給する空気量を増加させるためにダンパ8 Aの開度だけを増大させてもよいし、乾燥域3 Aおよび燃焼域3 Bへ供給する空気量を増加させるためにダンパ8 A～8 Cの開度を増大させてもよい。制御部26は、ダンパ8 A等の開度を増加させることに加えて／代えて送風機4の回転数を増大させてもよい。

[0030] ダンパ8 A等の開度の増加量や送風機4の回転数を増加量は、これらの制御量と供給量および/または発熱量の関係を規定する関数等に基づいて、ステップS 1で推定したゴミの供給量や発熱量に応じて決定されてもよい。制

制御部 26 は、所定の一定時間のみダンパ 8 A 等の開度や送風機 4 の回転数を増加させる制御を実行してもよいし、単位時間あたりのゴミの供給量および／または発熱量が一定になるまで、ダンパ 8 A 等の制御を継続して実行してもよい。ダンパ 8 A 等の開度増加や送風機 4 の回転数増加を開始は、ステップ S 3 で説明したとおり、実際のゴミの供給に先行して、あるいはゴミ供給の直前～直後のタイミングで開始する。制御部 26 は、フィーダ 10 を制御して、ゴミを炉内へ供給する（ステップ S 8）。例えば、制御部 26 は、蒸気流量センサ 11 が計測した主蒸気流量に基づいて、フィーダ 10 を制御する。図 2 に示すステップ S 7、S 8 の順番は便宜的なもので、制御部 26 は、一次燃焼用空気の供給量を増加させる制御とゴミを炉内へ供給する制御とを並行して行う。次に判断部 25 が、温度センサ 18 が計測した燃焼室 6 内のガス温度を、データ取得部 21 を通じて取得する。判断部 25 は、炉内ガス温度が一定時間以上、所定範囲内か否かを判定する（ステップ S 9）。炉内ガス温度が一定時間以上、所定範囲内となる場合（ステップ S 9 ; Yes）、制御部 26 は、第一実施形態に係る先行制御（1 次燃焼用空気の先行供給）を終了する。炉内ガス温度が一定時間以上、所定範囲内とはならない場合（ステップ S 9 ; No）、制御部 26 は、ステップ S 7 からの処理を繰り返す。

[0031] ステップ S 6 にて、単位時間あたりのゴミの供給量および／または滞留時間 ΔT 後に供給されるゴミの発熱量が一定以上減少しない場合（ステップ S 6 ; No）、つまり、単位時間あたりのゴミの供給量等の変化が一定範囲内の場合、ステップ S 1 へ戻る。ステップ S 6 が No の判定の場合、制御部 26 は、例えば、蒸気流量センサ 11 が計測した主蒸気流量が目標値となるように、ダンパ 8 A 等の開度、フィーダ 10 の制御を行う。フィーダ 10 の制御については、ステップ S 4、8 の制御と同様である。

[0032] 図 2 のフローチャートでは、ステップ S 2、S 6 にて、ゴミの供給量や発熱量が一定以上または一定以下の場合のみ一次燃焼空気の供給量を制御することとしたが、このような判定を行わずに、ゴミの供給量および／または発

熱量と一次燃焼用空気の供給量との関係を所定の関数で表し、この関数と、ステップS 1で推定した供給量および／または発熱量とに基づいて、常時、ダンパ8 A等や送風機4を制御してもよい。

[0033] 第一実施形態によれば、燃焼室6へゴミが供給される前に、事前に推定したゴミの供給量や発熱量に応じて一次燃焼用空気の供給量を調整する。これにより、燃焼室6の燃焼状態を安定化させる雰囲気とすることができ、COやNO_xの発生を抑制することができる。

[0034] <第二実施形態>

次に図3を参照して、第二実施形態に係る処理（1次燃焼空気およびゴミ供給量の制御）について説明する。第二実施形態では、一次燃焼用空気に加え、燃焼室6内へ供給するゴミの供給量を、ゴミ供給量や発熱量の推定値に基づいて、先行的に制御する。

（動作）

図3は、第二実施形態に係る制御装置の動作の一例を示す第1のフローチャートである。第一実施形態と同様の処理については、同じ符号を付し、簡単に説明を行う。

制御装置20は、所定の時間間隔で、以下の処理（先行制御）を実行する。

[0035] まず、供給量推定部24が、LiDARによって計測されたゴミ高さなどに基づいて、ゴミの供給量および／または発熱量を推定する（ステップS 1）。供給量推定部24は、推定したゴミの供給量、発熱量を判断部25へ出力する。

[0036] 次に判断部25は、単位時間あたりのゴミの供給量および／または滞留時間ΔT後に供給されるゴミの発熱量が一定以上増加するかどうかを判定する（ステップS 2）。ゴミの供給量および／または発熱量が一定以上増加する場合（ステップS 2；Yes）、制御部26は、先行的に一次燃焼用空気の供給量を減少する制御を行う（ステップS 3）。制御部26は、ダンパ8 A～8 Eの開度を減少させたり、送風機4の回転数を低下させたりして一次燃焼用

空気の供給量を減少させる。

- [0037] これと並行して、制御部26は、フィーダ10を制御してゴミを炉内へ供給するが、過度な燃焼を抑制するために、炉内へのゴミの供給量を減少させる（ステップS41）。例えば、制御部26は、フィーダ10の押出量（ストローク）を低下させ、燃焼室6へ供給するゴミの供給量を減少させる。あるいは、制御部26は、フィーダ10の移動速度を低下させ、燃焼室6へ供給するゴミの供給量を減少させることによって、または、押出量と移動速度の両方を低下させることによってゴミ供給量を減少させてもよい。制御部26は、フィーダ10を停止することによってゴミの供給量を減少（一時的に停止）させてもよい。例えば、制御部26は、フィーダ10を通常の半分だけ押し出して、約半分のゴミを供給し、その位置で所定時間だけフィーダ10を停止させておいてもよい。例えば、制御部26は、フィーダ10の押出量や移動速度とゴミの供給量および／または発熱量の関係を規定する関数等と、ステップS1で推定したゴミの供給量や発熱量とに基づいて、フィーダ10を制御してもよい。
- [0038] 制御部26は、所定の一定時間のみフィーダ10のストロークの低下、移動速度の低下など実行してもよいし、単位時間あたりの供給量および／または発熱量が一定になるまで、フィーダ10に対する制御を継続して実行してもよい。
- [0039] ゴミの供給量を減少させるタイミングについては、ステップS3の制御を開始するタイミングよりも、対象とするゴミ（ステップS2の判定がYesとなるゴミ）の供給に近いタイミングあるいは当該ゴミの供給時（滞留時間 ΔT 後）に実行する。例えば、ステップS1で、時々刻々のLiDARが計測したゴミ高さ変化から計算された体積変化に基づいてゴミの供給量（体積や重量）を推定し、この推定値が今回炉内に供給されたゴミの供給量であると考えられる場合、ステップS2の判定の直後に先行制御を開始してもよい。
- [0040] ステップS1で推定したのが発熱量の場合、第四実施形態で述べるようにホッパ1への投入から滞留時間 ΔT 後に炉内へ供給されるゴミの供給量に応

じた発熱量が推定できることにより、そのゴミが炉内へ供給されそうになる少し前に、少し未来に炉内へ供給されることになるゴミの発熱量が分かる。従って、事前に少し未来に炉内へ供給されることになるゴミの発熱量に基づいてステップS 2の判定を行い、判定結果に応じてステップS 3の先行制御を行い、ステップS 3の制御の開始タイミングより後であって、且つ、炉内へゴミの供給タイミングよりも所定時間前に（あるいは、供給タイミングと同時に）ゴミの供給量を減少させる制御を開始してもよい。一般に、蒸気流量センサ11が計測した主蒸気流量が一定になるように一次燃焼用空気の供給量やゴミの供給量がフィードバック制御されることが多いが、このような制御に比べ、早期に一次燃焼用空気およびゴミの供給量を制御することができるので、燃焼室6内の燃焼状態を安定化することができる。このことは、後述するステップS 7、S 81についても同様である。

[0041] 次に判断部25が、温度センサ18が計測した燃焼室6内のガス温度を、データ取得部21を通じて取得する。判断部25は、炉内ガス温度が一定時間以上継続して、所定範囲内となるか否かを判定する（ステップS 5）。炉内ガス温度が一定時間以上、所定範囲内となる場合（ステップS 5；Yes）、制御部26は、第二実施形態に係る一次燃焼用空気およびゴミ供給量の先行制御を終了する。炉内ガス温度が一定時間以上、所定範囲内とはならない場合（ステップS 5；No）、制御部26は、ステップS 3からの処理を繰り返す。

[0042] 判断部25は、単位時間あたりのゴミの供給量等が一定以上増加しない場合（ステップS 2；No）、単位時間あたりのゴミの供給量および/または滞留時間 ΔT 後に供給されるゴミの発熱量が一定以上低下するかどうかを判定する（ステップS 6）。ゴミの供給量および/または発熱量が一定以上低下する場合（ステップS 6；Yes）、制御部26は、先行的に一次燃焼用空気の供給量を増加する制御を行う（ステップS 7）。制御部26は、ダンパ8A～8Eの開度を増加させたり、送風機4の回転数を増加させたりして一次燃焼用空気の供給量を増加させる。

- [0043] ステップS 7と並行して、制御部2 6は、フィーダ1 0を制御してゴミを炉内へ供給するが、燃焼を促進するために、炉内へのゴミの供給量を増加させる（ステップS 8 1）。例えば、制御部2 6は、フィーダ1 0の押出量（ストローク）を増大させたり、フィーダ1 0の移動速度を増大させたり、あるいは、押出量と移動速度の両方を増大させてゴミ供給量を増加させる。例えば、制御部2 6は、フィーダ1 0の押出量や移動速度とゴミの供給量および／または発熱量の関係を規定する関数等と、ステップS 1で推定したゴミの供給量や発熱量とに基づいて、フィーダ1 0を制御してもよい。制御部2 6は、所定の一定時間のみフィーダ1 0の上記制御を実行してもよいし、単位時間あたりの供給量および／または発熱量が一定になるまでフィーダ1 0の上記制御を実行してもよい。
- [0044] ゴミの供給量を増加させるタイミングについては、ステップS 4 1で説明したとおり、先行的にステップS 7、S 8 1の制御を開始してもよい。
- [0045] 次に判断部2 5が、温度センサ1 8が計測した燃焼室6内のガス温度を、データ取得部2 1を通じて取得する。判断部2 5は、炉内ガス温度が一定時間以上継続して、所定範囲内か否かを判定する（ステップS 9）。炉内ガス温度が一定時間以上、所定範囲内となる場合（ステップS 9；Y e s）、制御部2 6は、第二実施形態に係る先行制御（1次燃焼用空気の先行供給）を終了する。炉内ガス温度が一定時間以上、所定範囲内とはならない場合（ステップS 9；N o）、制御部2 6は、ステップS 7からの処理を繰り返す。
- [0046] ステップS 6にて、単位時間あたりのゴミの供給量および／または滞留時間 ΔT 後に供給されるゴミの発熱量が一定以上減少しない場合（ステップS 6；N o）、つまり、単位時間あたりのゴミの供給量等の変化が一定範囲内の場合、ステップS 1へ戻る。ステップS 6がN oの判定の場合、制御部2 6は、蒸気流量センサ1 1が計測した蒸気流量に基づいて、ダンパ8 A等の開度、フィーダ1 0の制御を行う。
- [0047] 図2のフローチャートでは、ステップS 2、S 6にて、ゴミの供給量や発熱量が一定以上または一定以下の場合のみ一次燃焼用空気の供給量を制御す

ることとしたが、このような判定を行わずに、ゴミの供給量および／または発熱量と一次燃焼用空気の供給量との関係を所定の関数で表し、この関数と、ステップS 1で推定した供給量および／または発熱量とに基づいて、常時、ダンパ8 A等や送風機4を制御してもよい。同様に、ゴミの供給量および／または発熱量とフィーダ10のストロークや移動速度との関係を所定の関数で表し、この関数と、ステップS 1で推定した供給量および／または発熱量とに基づいて、フィーダ10の動作を制御してもよい。

[0048] 第二実施形態によれば、ゴミの供給量を推定した直後に、または、発熱量が推定されてから実際にゴミが供給されるまでの一定時間の遅れをもって、推定した供給量や発熱量に応じて一次燃焼用空気と連動してゴミ供給量を先行的に調整することにより、燃焼室6の燃焼状態を安定化させる雰囲気とすることができ、COやNOxの発生を抑制することができる。

[0049] <第三実施形態>

次に図4を参照して、第三実施形態に係る処理について説明する。第三実施形態では、実際に炉内に供給されたゴミの供給量に応じて、一次燃焼用空気などの先行制御を調整する。第三実施形態は、第一実施形態と第二実施形態の何れとも組み合わせることが可能であるが、図4に、第一実施形態と組み合わせた場合の動作例を示す。

[0050] (動作)

図4は、第二実施形態に係る制御装置の動作の一例を示すフローチャートである。第一実施形態と同様の処理については、同じ符号を付し、簡単に説明を行う。

制御装置20は、所定の時間間隔で、以下の処理（先行制御）を実行する。

[0051] まず、供給量推定部24が、LiDARによって計測されたゴミ高さなどに基づいて、ゴミの供給量および／または発熱量を推定する（ステップS 1）。供給量推定部24は、推定したゴミの供給量、発熱量を判断部25へ出力する。

- [0052] 次に判断部25は、単位時間あたりのゴミの供給量および/または滞留時間 ΔT 後に供給されるゴミの発熱量が一定以上増加するかどうかを判定する（ステップS2）。ゴミの供給量および/または発熱量が一定以上増加する場合（ステップS2；Yes）、制御部26は、先行的に一次燃焼用空気の供給量を減少する制御を行う（ステップS3）。制御部26は、ダンパ8A～8Eの開度を減少させたり、送風機4の回転数を低下させたりして一次燃焼用空気の供給量を減少する。
- [0053] これと並行して、制御部26は、フィーダ10を制御してゴミを炉内へ供給する（ステップS4）。次に画像推定部23が、画像センサ16の撮影した画像を解析して、燃焼室6に供給されたゴミの供給量を推定する（ステップS42）。画像推定部23は、ゴミの供給量の推定値を制御部26へ出力する。制御部26は、ゴミの供給量の推定値に基づいて、一次燃焼用空気および/または二次燃焼用空気の供給量を調整する（ステップS43）。例えば、ゴミ供給量の推定値がステップS1で推定した供給量よりも多い場合、さらに一次燃焼用空気の供給量が減少するようにダンパ8A等の開度を減少させたり、送風機4の回転数を低下させたりする。また、制御部26は、ダンパ14Aの開度を減少させることにより、一次燃焼用空気に加えて、二次燃焼用空気の供給量を減らし、二次燃焼室6Bにおける酸素濃度を低下させる制御を行う。反対に、ゴミ供給量の推定値がステップS1で推定した供給量よりも少ない場合、ダンパ8A等の開度や送風機4の回転数の低下度を緩和するように調整してもよい。次に判断部25は、炉内ガス温度および/または酸素濃度が一定時間以上継続して、所定範囲内か否かを判定する（ステップS51）。判断部25は、温度センサ18が計測した燃焼室6内の温度と酸素濃度センサ19が計測した燃焼室6内の酸素濃度を、データ取得部21を通じて取得し、燃焼室6内のガス温度および/または燃焼室6内の酸素濃度が所定範囲内となるか否かを判定する。炉内ガス温度および/または酸素濃度が一定時間以上、所定範囲内となる場合（ステップS51；Yes）、制御部26は、第三実施形態に係る一次燃焼用空気の先行制御を終了する

。炉内ガス温度および／または酸素濃度が一定時間以上継続して、所定範囲内とはならない場合（ステップS 5 1 ; N o）、制御部2 6は、ステップS 3からの処理を繰り返す。

[0054] 判断部2 5は、単位時間あたりのゴミの供給量等が一定以上増加しない場合（ステップS 2 ; N o）、単位時間あたりのゴミの供給量および／または滞留時間 ΔT 後に供給されるゴミの発熱量が一定以上低下するかどうかを判定する（ステップS 6）。ゴミの供給量および／または発熱量が一定以上低下する場合（ステップS 6 ; Y e s）、制御部2 6は、先行的に一次燃焼用空気の供給量を増加する制御を行う（ステップS 7）。制御部2 6は、ダンパ8 A～8 Eの開度を増加させたり、送風機4の回転数を増加させたりして一次燃焼用空気の供給量を増加させる。

[0055] これと並行して、制御部2 6は、フィーダ1 0を制御してゴミを炉内へ供給する（ステップS 8）。次に画像推定部2 3が、画像センサ1 6の撮影した画像を解析して、燃焼室6に供給されたゴミの供給量を推定する（ステップS 8 2）。画像推定部2 3は、ゴミの供給量の推定値を制御部2 6へ出力する。制御部2 6は、ゴミの供給量の推定値に基づいて、一次燃焼用空気および／または二次燃焼用空気の供給量を調整する（ステップS 8 3）。例えば、ゴミ供給量の推定値がステップS 1で推定した供給量よりも少ない場合、さらに一次燃焼用空気の供給量が増加するようにダンパ8 A等の開度を増加させたり、送風機4の回転数を上昇させたりする。制御部2 6は、ダンパ1 4 Aの開度を増加させることにより、一次燃焼用空気に加えて、二次燃焼用空気の供給量を増やし、二次燃焼室6 Bにおける酸素濃度を上昇させる制御を行う。例えば、制御部2 6は、ゴミ供給量の推定値とダンパ1 4 Aの開度との関係を規定した関数等に基づいて、画像から推定されたゴミの供給量に応じたダンパ1 4 Aの開度に制御する。反対に、ゴミ供給量の推定値がステップS 1で推定した供給量よりも多い場合、ダンパ8 A等の開度や送風機4の回転数の上昇度を緩和するように調整してもよい。次に判断部2 5は、炉内ガス温度および／または酸素濃度が一定時間以上継続して、所定範囲内

となるか否かを判定する（ステップS 9 1）。判断部2 5は、温度センサ1 8が計測した燃焼室6内の温度と酸素濃度センサ1 9が計測した燃焼室6内の酸素濃度を、データ取得部2 1を通じて取得し、燃焼室6内のガス温度および／または燃焼室6内の酸素濃度が一定時間以上、所定範囲内となるか否かを判定する。炉内ガス温度および／または酸素濃度が一定時間以上、所定範囲内となる場合（ステップS 9 1；Y e s）、制御部2 6は、第三実施形態に係る一次燃焼用空気の先行制御を終了する。炉内ガス温度および／または酸素濃度が一定時間以上継続して、所定範囲内とはならない場合（ステップS 9 1；N o）、制御部2 6は、ステップS 7からの処理を繰り返す。

[0056] 第三実施形態によれば、炉内へのゴミ投入後の画像情報からごみの供給量、発熱量を推定して、二次空気も制御することにより、燃焼の安定化をより一層図ることができる。ステップS 1におけるゴミの供給量、発熱量の推定は、ホッパ1のゴミ表面までの距離の計測値から推定しているが、実際に炉内に供給されるゴミの供給量、発熱量とずれる可能性がある。これに対し、本実施形態のステップS 4 2、4 3、8 2、8 3の処理によれば、実際に供給されたゴミの画像に基づいて、一次燃焼用空気や二次燃焼用空気の供給量を制御することにより、ステップS 1における推定値のずれを補償することができる。

[0057] 本実施形態によれば、ホッパ1のゴミ表面の高さから体積変化を検出したり、フィーダ1 0の動作からゴミの炉内への供給量を検出したりする手法と異なり、実際に炉内に投入されるゴミ量を画像から推定するため、瞬時のゴミ供給量の推定が可能となり、時間のずれが少ない高精度なゴミ供給量検知が可能となる。

[0058] 図4には、第一実施形態と組み合わせた場合の動作を示したが、第二実施形態と組み合わせた場合には、ステップS 4、S 8の処理がそれぞれ図3におけるステップS 4 1、S 8 1の処理に置き換えられる。ステップS 4 3では、一次燃焼用空気、二次燃焼用空気の調整に加え、フィーダ1 0のストローク、移動速度を調整する。例えば、ゴミ供給量の推定値がステップS 1で

推定した供給量よりも多い場合、制御部26は、さらにフィーダ10のストロークを短くしたり、移動速度を遅くしたりする。同様に、ステップS83では、一次燃焼用空気、二次燃焼用空気の調整に加え、フィーダ10のストローク、移動速度を調整する。例えば、ゴミ供給量の推定値がステップS1で推定した供給量よりも少ない場合、制御部26は、さらにフィーダ10のストロークを長くしたり、移動速度を速くしたりする。これらのフィーダ10の制御を行う場合、制御部26は、ゴミ供給量の推定値とフィーダ10のストロークや移動速度の関係を規定した関数等に基づいて、画像から推定されたゴミの供給量に浮応じたフィーダ10の制御を行う。

[0059] <第四実施形態>

次に図5～図7を参照して、第四実施形態に係る処理について説明する。第四実施形態では、第一実施形態～第三実施形態のステップS1の処理について説明する。

(推定方法1)

図5は、第四実施形態に係るゴミの発熱量等の推定処理を説明する第一の図である。

図5の左図50にホッパ1及びシュート2の断面図を示す。図示する11～15の各層のそれぞれは、ホッパ1内への1回のゴミの投入によって形成されるゴミの層である。例えば、今から5回前にホッパ1内へ投入されたゴミによって層15が形成され、4回前に投入されたゴミによって層14が形成され、3回前に投入されたゴミによって層13が形成され、2回前に投入されたゴミによって層12が形成され、直前に投入されたゴミによって層11が形成されている。推定方法1では、供給量推定部24が次に説明する手順で、新しく投入された層11のゴミが炉内へ供給されるまでの平均滞留時間 ΔT を推定し、平均滞留時間 ΔT 後に投入されるゴミによる発熱量(LHV)を推定する。

[0060] (手順1) ゴミ高さ計算部22は、時々刻々と、LiDARによりホッパ1におけるゴミ表面全体の各位置におけるセンサ15からゴミ表面まで距離を

検出する。層 15 のゴミが投入された際、供給量推定部 24 は、ゴミ投入の前後におけるゴミ高さの増加分に基づいて、投入されたゴミの体積を計算する。供給量推定部 24 は、層 15 のゴミの搬送時に重量計 17 a が計測したゴミの重量を取得し、その重量を計算したゴミの体積で除算することにより、層 15 のゴミの密度を計算する。同様に、供給量推定部 24 は、層 14 ～ 11 のゴミが投入される際に各層のゴミの密度を計算する。供給量推定部 24 は、各層 11 ～ 14 のゴミの密度を記憶部 27 に記録する。計算されたゴミの密度と層の関係を図 51 に示す。図 51 の縦軸は密度、横軸はホッパ 1 およびシュート 2 内の位置（層）を示す。折れ線グラフ 51 a は、左から順に層 15 の密度、層 14 の密度、層 13 の密度、層 12 の密度、層 11 の密度である。

[0061]（手順 2）供給量推定部 24 は、各層の密度と予め導出されたゴミ密度から発熱量を算出する換算式とを用いて発熱量を計算する。一般にゴミ密度と発熱量は負の相関があることが知られている。各層のゴミ密度に応じた発熱量を図 52 に示す。図 52 の縦軸は発熱量（LHV）、横軸は時間を示す。図 52 は、例えば、図 50 の状態から単位時間あたり所定の供給量でゴミを炉内へ供給したときの各時刻における炉内へ供給されるゴミの密度に応じた発熱量の推移を表している。折れ線グラフ 52 a は、左から順に層 15 の発熱量、層 14 の発熱量、層 13 の発熱量、層 12 の発熱量、層 11 の発熱量である。

[0062]（手順 3）次に、図 50 に示す各層のゴミが実際に焼却炉内に投入されたときの発熱量を計算する。例えば、層 15 のゴミが層 11 の位置にあった状態から開始して（図 50 の層 14 ～ 11 のゴミは未投入。）、その後、14 ～ 11 の順にゴミを投入しつつ、各層 11 ～ 15（図 50 の層 11 ～ 15）のゴミが燃焼している間の主蒸気流量を蒸気流量センサ 11 によって計測し、計測した主蒸気流量をクレーン 17 によってホッパ 1 へ投入したゴミ重量の 1 時間の積算値で割った値を用いて、各時刻の発熱量（LHV）を計算する。この発熱量の計算方法は公知であり、任意の公知の方法で、各層 11 ～ 1

5 のゴミを燃焼させたときの発熱量を計算することができる。各層 11 ～ 15 の燃焼時の発熱量を図 5 3 に示す。図 5 3 の縦軸は発熱量 (LHV)、横軸は時間を示す。グラフ 5 3 a は、主蒸気流量の実績値に基づいて計算された発熱量 (LHV プロセス値) の推移を示す。ユーザは、計測値に基づいて計算した発熱量の推移を示すデータを記憶部 27 に登録する。あるいは、供給量推定部 24 が図 5 3 に例示する発熱量を計算し、記憶部 27 に登録する。

[0063] (手順 4) 次に、供給量推定部 24 が、手順 2 で算出したグラフ 5 2 a を時間軸方向に移動させながら、各層の密度に基づく発熱量のグラフ 5 2 a と主蒸気流量に基づいて算出した発熱量のグラフ 5 3 a との相関度を計算する。供給量推定部 24 は、相関度が一番大きくなる場合のグラフ 5 2 a の移動量 ΔT を探索する。相関度が一番大きくなる場合の ΔT を、平均滞留時間 ΔT とする。滞留時間は、ゴミ処理量によって変化するため、ゴミ質の変化や運転計画などを考慮する必要がある。例えば、ゴミ質や運転計画が変化する度に平均滞留時間 ΔT を算出する。

[0064] (手順 5) 平均滞留時間 ΔT を算出した後は、供給量推定部 24 は、ホッパ 1 にゴミが投入されるたびに密度を計算し、換算式により発熱量を計算する。そして、供給量推定部 24 は、その計算結果 (推定値) を時刻と共に記憶部 27 へ記録しておく。これにより、現在がフィード制御を行ってゴミを供給する時点だとすると、現在に対し、平均滞留時間 ΔT だけ過去に推定した発熱量が、今回供給されるゴミの発熱量の推定値である。供給量推定部 24 は、記憶部 27 に記録された平均滞留時間 ΔT だけ過去の発熱量の推定値を読み出して、発熱量を推定する (図 2 ～ 図 4 のステップ S1)。今回のゴミの供給によるゴミ高さ変化に基づくゴミの体積変化を計算して (例えば、単位高さ $\times$ ホッパ 1 またはシュート 2 の断面積を高さ方向にゴミ高さ変化分だけ積算する。ホッパ 1 やシュート 2 の断面積は既知である。)、炉内へのゴミの供給量の推定値を算出する (図 2 ～ 図 4 のステップ S1)。これが、今回供給されたゴミの供給量の推定値である。

[0065] または、供給量推定部 24 は、単位時間あたりのホッパ 1 内の高さ変化に基づく体積変化の計算結果を時刻と共に記憶部 27 へ記録しておき、現在に対し、平均滞留時間 ΔT だけ過去の体積変化が、今回供給されるゴミの供給量の推定値であるとしてもよい。

[0066] (推定方法 2)

推定方法 1 では、炉内に投入されるゴミが全て同じタイミングでホッパ 1 へ投入されたゴミであると考え、ゴミの密度を一定と考えた。しかし、実際には、シュート 2 内のゴミの分布に基づいて、異なるタイミングで投入されたゴミが混ざって炉内へ供給される。推定方法 2 では、ゴミの分布や圧密（後から投入されたゴミによって圧縮された結果の密度）を考慮して、炉内へ投入されるゴミの密度を計算し、計算したゴミの密度と換算式からゴミの発熱量を推定する。

[0067] 図 6 にゴミの分布と圧密を考慮した密度の計算方法を示す。まず、左図 60 に示すように、事前の解析により、ホッパ 1 およびシュート 2 内では、異なるタイミングで投入したゴミが層 11～15 のように分布して蓄積されることをモデル化する。各層のゴミは、それぞれ、ある 1 回の投入時にクレーン 17 からホッパ 1 内へ投入されたゴミである。16、17 はすでに炉内へ供給されたゴミであることを示している。別の解析により、層 11～15 のように分布して蓄積された状態から、フィーダ 10 に所定の動作を行わせることよりゴミを炉内へ供給すると、まず、パターン 1 で囲まれた範囲に蓄積されたゴミが次回炉内へ供給され、パターン 2 で囲まれた範囲に蓄積されたゴミがその次の回に炉内へ供給され、パターン 3 はさらにその次、パターン 4 の範囲のゴミは 4 回目のフィーダ制御によって炉内へ供給されることを解析する。パターン 1～4 は、フィーダ 10 のある 1 回の押出量を想定した場合の供給パターンの一例である。このように解析した場合、次回の供給予定範囲であるパターン 1 では、層 13～15 のゴミが供給対象となる。別の解析により、予めパターン 1 のゴミが供給されるときに層 13～15 のゴミの割合に関する荷重移動平均係数（ゴミの投入比率）を算出する（図 62）。

一例として、層 1 ～ 7 のゴミの体積が同じであった場合（全て荷重移動平均係数の最大値が 0.1）の各時刻における層 1 ～ 7 の荷重移動平均係数を示すグラフを図 6 2 に示す。図 6 2 の縦軸は荷重移動平均係数、横軸は時間（フィーダ 10 によってゴミを炉内へ供給する時間）である。図 6 2 のグラフにおいて、各山は各層のゴミに対応し、図 6 2 の例では最も左の山から順にそれぞれの山がそれぞれ層 7 ～ 1 に対応する。各山の高さは投入されるゴミの体積の大きさと正の相関があり、ホッパ 1 へ投入されるゴミの体積が毎回異なる場合、山のピーク値は毎回異なることになる。各山の重なりは、その時刻における炉内へ投入されるゴミの投入比率に関係し、例えば、ある時刻を基準として、図 6 0 に示すパターン 1 の投入時間が分かれば、図 6 2 の横軸の対応する時刻における縦軸の値から層 3 ～ 5 のゴミの投入比率（荷重移動平均係数）を把握することができる。図 6 2 からパターン 1 で囲った範囲のゴミが供給される時刻における 3 ～ 5 の荷重移動平均係数を調べると、表 6 1 の 1 行目の値が得られる。同様にパターン 2 ～ 4 における各層 1 ～ 7 の荷重移動平均係数を表 6 1 の 2 ～ 4 行目に示す。

[0068] さらに別の解析により、層 1 ～ 7 の圧密を考慮したゴミの密度 $g_1 \sim g_7$ が算出される。例えば、密度 g_1 が圧密を考慮した層 1 のゴミの密度、密度 g_2 が圧密を考慮した層 2 のゴミの密度、・・・、密度 g_7 が圧密を考慮した層 7 のゴミの密度である。炉内に供給されるゴミの分布パターン（例えば、パターン 1）と、そのパターンにおける各層の荷重移動平均係数が与えられるとすると（表 6 1）、このパターンのゴミ密度は、各層のゴミ密度 g_X ($X = 1 \sim 7$) に荷重移動平均係数を乗じた値の合計を、当該パターンの荷重移動平均係数の合計で除算して得られる。例えば、パターン 1 の場合、次式 (1) によって、パターン 1 の範囲のゴミが炉内へ供給されるときゴミ密度 G を計算することができる。

$$G = (g_1 \times 0 + g_2 \times 0 + g_3 \times 0.01 + g_4 \times 0.1 + g_5 \times 0.04 + g_6 \times 0 + g_7 \times 0) \div (0.01 + 0.1 + 0.04) \dots$$

(1)

[0069] 次に図7を参照する。左図70にホッパ1およびシュート2内のゴミ層11～15を示す。図71の縦軸は密度、横軸は時間を示す。折れ線グラフ71aは、左から順に層15の密度、層14の密度、層13の密度、層12の密度、層11の密度である。これらを密度Aと呼ぶ。密度Aはその時々最上層のゴミの密度である。例えば、ある時刻に層15が投入されると、ゴミの炉内への供給に応じて時々刻々と高さが低下し、ある高さとなると、層14に対応するゴミがホッパ1へ投入されるといったサイクルにおける最上層のゴミの密度を示している。

[0070] 図72の縦軸は滞留時間、横軸は時間である。グラフ72aは、図71の各位置（高さ）のゴミが炉内へ供給されるまでの滞留時間である。滞留時間は、図71の対応する時間におけるゴミの位置（高さ）から炉の入口までに存在するゴミの体積を1日の平均体積変化率で除算することによって計算することができる。

[0071] 次に各層の各位置について計算した滞留時間の後の密度Bを計算する。図73に密度Bの推移を示す。図73の縦軸は密度、横軸は時間である。密度Bとは、炉内へ供給される直前のゴミの密度である。例えば、炉内へ供給されるゴミがパターン1の範囲であれば、上式(1)によって計算できる密度である。図72における層14の「X1」minの位置がパターン1に含まれるとすると、パターン1は、「X1」分後に炉内へ投入されることが分かる。すると「X1」分後の密度Bは、図6に例示した表61のパターン1の荷重移動平均係数を用いて、上述の式(1)にて計算することができる。同様に、他のパターン2などにおける密度Bを計算することができる。このようにして、ある層のゴミが投入されると（パターン1であれば関係する層15～13までが投入された時点で）、前もってある滞留時間後の密度Bを計算することができる。供給量推定部24は、ホッパ1内に投入されたゴミについて、ある時刻を基準とする炉内へ供給されるまでの滞留時間と炉内へ供給されるときゴミの密度Bを計算し、図73のグラフ73aを得る。

次に供給量推定部24は、計算した各時刻の密度Bと、換算式に基づいて発熱量を計算する。計算した発熱量を図74のグラフ74aに示す。このようにして、推定方法2によれば、前もって、ゴミの滞留時間と、ゴミの分布や圧密を考慮した密度Bと、密度Bに対応した発熱量とを推定することができる。

[0072] 次に推定方法2の手順について説明する。供給量推定部24は、以下の手順でゴミの発熱量を推定する。図60等にて例示するホッパ1およびシュート2内のゴミの分布(11~15)、炉内に供給されるゴミの範囲を示すパターンの情報(パターン1~4)は事前に解析され、記憶部27に記録されている。

[0073] (手順1) ゴミ高さ計算部22は、時々刻々と、LiDARによりホッパ1におけるゴミ表面全体の各位置におけるセンサ15からゴミ表面まで距離を検出し、ゴミの高さを計算する。供給量推定部24は、ゴミの体積と密度を計算する。

[0074] (手順2) 供給量推定部24は、ホッパ内残留ごみの総体積を1日の平均体積変化率(m^3 /単位時間)で除すことにより、滞留時間の推定値を算出する。

[0075] (手順3) 算出した滞留時間と図62より、供給量推定部24は、滞留時間後に炉内へ投入するゴミの密度を、ホッパ1内のゴミの圧密、荷重移動平均密度を用いて算出する。例えば、供給量推定部24は、ゴミの供給パターン1~4を選定する。選定されたパターンに対応する滞留時間を図62の横軸に適用することにより、荷重移動平均係数が決定し、パターン応じたゴミ密度が推定される。例えば、パターン1であれば、供給量推定部24は、パターン1のゴミ密度を式(1)により推定する。供給量推定部24は、この算出に必要な各分布位置におけるゴミの圧密 $g_1 \sim g_7$ 、投入時間と投入比率の関係(図62)を解析してもよいし、別途解析されたこれらの情報を利用して手順3の算出を行ってもよい。

[0076] (手順4) 供給量推定部24は、炉に供給するゴミのパターンを選定する。

例えば、供給量推定部24は、次に炉に供給されるゴミのパターンとしてパターン1を選定する。供給量推定部24は、手順3で推定したパターン1のゴミ密度を選定する。

[0077] (手順5) 供給量推定部24は、選定したパターンのゴミ密度と換算式により発熱量を推定する。供給量推定部24は、炉内へ供給した燃料(ゴミ)の流量である投入燃料流量(kJ/h)を推定してもよい。

[0078] 滞留時間の算出について、推定方法2では、ゴミ残量(体積)を1日の平均体積変化率で除算することによって計算することとしたが、時々刻々の体積変化によってゴミの移動を推定し、注目する位置のゴミ(例えば、層14の最下端のゴミ)が投入直前の位置(例えば、パターン1の範囲に含まれる位置)まで移動することを検出し、注目するゴミが投入直前の位置に至ったタイミングで、次回投入されるゴミの発熱量や供給量を推定してもよい。この方法であれば、先行制御を開始するタイミングは燃焼室6への供給の直前となるが、推定精度を向上することができる。

[0079] 本実施形態によれば、LiDARの計測値によるゴミの体積変化と、過去の体積変化の実績データを用いて、ごみの分布やホッパ内滞留時間を考慮して算出した炉内供給ゴミ密度(ごみ水分率でもよい)からゴミの発熱量を推定することで、より精度の高い推定が可能となる。

[0080] 図8は、各実施形態に係る制御装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

コンピュータ900は、CPU901、主記憶装置902、補助記憶装置903、入出力インタフェース904、通信インタフェース905を備える。

上述の制御装置20は、コンピュータ900に実装される。そして、上述した各機能は、プログラムの形式で補助記憶装置903に記憶されている。CPU901は、プログラムを補助記憶装置903から読み出して主記憶装置902に展開し、当該プログラムに従って上記処理を実行する。CPU901は、プログラムに従って、記憶領域を主記憶装置902に確保する。C

P U 9 0 1 は、プログラムに従って、処理中のデータを記憶する記憶領域を補助記憶装置 9 0 3 に確保する。

[0081] 制御装置 2 0 の全部または一部の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより各機能部による処理を行ってもよい。ここでいう「コンピュータシステム」とは、OS や周辺機器等のハードウェアを含むものとする。「コンピュータシステム」は、WWWシステムを利用している場合であれば、ホームページ提供環境（あるいは表示環境）も含むものとする。「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、CD、DVD、USB等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。また、このプログラムが通信回線によってコンピュータ 9 0 0 に配信される場合、配信を受けたコンピュータ 9 0 0 が当該プログラムを主記憶装置 9 0 2 に展開し、上記処理を実行しても良い。上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良く、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであってもよい。

[0082] 以上のとおり、本開示に係るいくつかの実施形態を説明したが、これら全ての実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することを意図していない。これらの実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これらの実施形態及びその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

[0083] <付記>

各実施形態に記載の制御装置 2 0 は、例えば以下のように把握される。

[0084] (1) 第 1 の態様に係る焼却炉設備（ゴミ焼却設備）の制御装置 2 0 は、被焼却物（ゴミ）を燃焼させながら搬送する炉（燃焼室 6、火格子 3）と、前

記炉に燃焼用空気を供給する燃焼用空気供給部（ダンパ 8 A～8 F、送風機 4、ダンパ 1 4 A）とを有する焼却炉設備 1 の制御装置 2 0 であって、前記炉に供給する被焼却物の供給量または発熱量に基づいて、前記被焼却物が前記炉内に投入される前に前記燃焼用空気の制御を行う燃焼用空気制御部（制御部 2 6）、を備える。

これにより、ゴミの供給前にそのゴミの供給量や発熱量に応じた炉内（燃焼室 6 内）雰囲気とすることができ、炉内の燃焼を安定化することができる。

- [0085] （２）第２の態様に係る制御装置 2 0 は、（１）の制御装置 2 0 であって、前記炉に前記被焼却物を供給するフィーダと、前記供給量または前記発熱量に基づいて、前記フィーダの動作を制御するフィーダ制御部（制御部 2 6）と、をさらに備える。

これにより、ゴミの供給時にそのゴミの供給量や発熱量に応じてゴミの供給量を調節することができ、炉内の燃焼を安定化することができる。

- [0086] （３）第３の態様に係る制御装置 2 0 は、（１）～（２）の制御装置 2 0 であって、前記被焼却物が前記炉に投入された状態を撮像する撮像手段（画像センサ 1 6）と、前記撮像手段により得られた画像情報から前記炉に投入された前記被焼却物の供給量または発熱量を推定する推定部（画像推定部 2 3）と、をさらに備え、前記燃焼用空気制御部は、前記推定部で推定された投入後の前記被焼却物の供給量または発熱量に基づいて前記燃焼用空気（一次燃焼用空気、二次燃焼用空気）を制御する。

実際に炉内へ供給されたゴミの供給量などに応じて、燃焼用空気を制御することにより、精度よく炉内の燃焼を安定化することができる。

- [0087] （４）第４の態様に係る制御装置 2 0 は、（１）～（３）の制御装置 2 0 であって、３次元計測によりホッパ内（ホッパ 1 およびシュート 2 内）の前記被焼却物の高さ変化を検出し、前記被焼却物の圧密（g 1～g 7）と、前記ホッパ内の前記被焼却物の分布（l 1～l 7）と、前記炉内に供給される被焼却物の比率（投入比率）に基づき、前記炉内へ供給される直前の前記供給

量または前記発熱量を算出する算出部（供給量推定部）、をさらに備える請求項 1 から 3 いずれか一項に記載の焼却設備の制御装置。

これにより、ゴミの供給前にこれら供給されるゴミの供給量や発熱量を推定することができる。

[0088] (5) 第 5 の態様に係る制御装置 20 は、(4) の制御装置 20 であって、前記算出部は、L i D A R (Light Detection and Ranging) により前記被焼却物の表面全体の距離を検出し、前記距離の変化に基づいて、前記ホッパへ投入された前記被焼却物の体積を計算し、前記ホッパへ投入された前記被焼却物の重量と前記体積から密度を計算し、過去の一定期間に前記炉に供給された前記被焼却物の密度より推定した前記発熱量と実際に計測された前記発熱量の相関比較を行い、前記被焼却物が前記ホッパへ投入されてから前記炉に供給されるまでの滞留時間を推定するとともに、前記滞留時間後の前記発熱量を推定する。

これにより、滞留時間後に炉へ供給されるゴミの発熱量を推定することができ、ゴミが炉に供給される前に一次燃焼用空気の制御を開始することができる。

産業上の利用可能性

[0089] 本開示は、上述の課題を解決することのできる焼却炉設備の制御装置を提供する。

符号の説明

[0090] 100・・・ゴミ焼却設備、1・・・ホッパ、2・・・シュート、3・・・火格子、3A・・・乾燥域、3B・・・燃焼域、3C・・・後燃焼域、4・・・送風機、5A～5E・・・風箱、6・・・燃焼室、7・・・灰出口、8A～8E、14A・・・ダンパ、9・・・ボイラ、10・・・フィーダ、11・・・蒸気流量センサ、12・・・煙道、13、14・・・管路、15・・・センサ (L i D A R)、16・・・画像センサ、17・・・クレーン、17a・・・重量計、18・・・温度センサ、19・・・酸素濃度センサ、20・・・制御装置、21・・・データ取得部、22・・・ゴミ高さ計算部

、 2 3 . . . 画像推定部、 2 4 . . . 供給量推定部、 2 5 . . . 判断部、 2
6 . . . 制御部、 2 7 . . . 記憶部、 9 0 0 . . . コンピュータ、 9 0 1 .
. . . CPU、 9 0 2 . . . 主記憶装置、 9 0 3 . . . 補助記憶装置、 9 0 4
. . . 入出力インタフェース、 9 0 5 . . . 通信インタフェース

請求の範囲

- [請求項1] 被焼却物を燃焼させながら搬送する炉と、前記炉に燃焼用空気を供給する燃焼用空気供給部とを有する焼却炉設備の制御装置であって、
- 前記炉に供給する被焼却物の供給量または発熱量に基づいて、前記被焼却物が前記炉内に投入される前に前記燃焼用空気の制御を行う燃焼用空気制御部と、
- 3次元計測によりホッパ内の前記被焼却物の高さ変化を検出し、前記被焼却物の高さの変化に基づいて、前記ホッパへ投入された前記被焼却物の体積を計算し、前記ホッパへ投入された前記被焼却物の重量と前記体積から密度を計算し、過去の一定期間に前記炉に供給された前記被焼却物の密度より推定した前記発熱量と実際に計測された前記発熱量の相関比較を行い、前記被焼却物が前記ホッパへ投入されてから前記炉に供給されるまでの滞留時間を推定し、前記被焼却物の圧密と、前記ホッパ内の前記被焼却物の分布と、前記炉内に供給される被焼却物の比率に基づき、前記滞留時間後に前記炉内へ供給される前記被焼却物の供給量または発熱量を算出する算出部と、
- を備え、
- 前記燃焼用空気制御部は、前記被焼却物が前記ホッパへ投入されてから前記算出部によって推定された前記滞留時間が経過するよりも所定時間前に当該被焼却物の供給量または発熱量に基づく前記燃焼用空気の制御を行う、
- 焼却炉設備の制御装置。
- [請求項2] 前記炉に前記被焼却物を供給するフィーダと
- 前記供給量または前記発熱量に基づいて、前記フィーダの動作を制御するフィーダ制御部、をさらに備え、
- 前記フィーダ制御部は、前記被焼却物が前記ホッパへ投入されてから前記算出部によって推定された前記滞留時間が経過するよりも所定時間前に当該被焼却物の供給量または発熱量に基づく前記フィーダの

制御を行う、請求項 1 に記載の焼却炉設備の制御装置。

[請求項3]

前記被焼却物が前記炉に投入された状態を撮像する撮像手段と、
前記撮像手段により得られた画像情報から前記炉に投入された前記被焼却物の供給量または発熱量を推定する画像推定部と、をさらに備え、

前記燃焼用空気制御部は、前記画像推定部で推定された投入後の前記被焼却物の供給量または発熱量に基づいて前記燃焼用空気を制御する、

請求項 1 または 2 に記載の焼却炉設備の制御装置。

[請求項4]

前記燃焼用空気制御部は、前記滞留時間後に前記炉内へ供給される前記被焼却物の供給量および／又は発熱量が一定以上増加する場合、前記燃焼用空気を低下させる制御を行い、

前記滞留時間後に前記炉内へ供給される前記被焼却物の供給量および／又は発熱量が一定以上低下する場合、前記燃焼用空気を増加させる制御を行う、

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の焼却炉設備の制御装置。

[請求項5]

前記フィーダ制御部は、前記滞留時間後に前記炉内へ供給される前記被焼却物の供給量および／又は発熱量が一定以上増加する場合、前記フィーダの押出量および／又は移動速度を低下させる制御を行い、

前記滞留時間後に前記炉内へ供給される前記被焼却物の供給量および／又は発熱量が一定以上低下する場合、前記フィーダの押出量および／又は移動速度を増大させる制御を行う、

請求項 2 または請求項 2 を引用する請求項 3 に記載の焼却炉設備の制御装置。

[請求項6]

前記フィーダ制御部は、前記滞留時間後に前記炉内へ供給される前記被焼却物の供給量および／又は発熱量が一定以上増加する場合、前記燃焼用空気の制御の後であって、且つ、推定された前記滞留時間が

経過するよりも所定時間前に、前記フィーダの押出量および／又は移動速度を低下させる制御を行い、

前記滞留時間後に前記炉内へ供給される前記被焼却物の供給量および／又は発熱量が一定以上低下する場合、前記燃烧用空気の制御の後であって、且つ、推定された前記滞留時間が経過するよりも所定時間前に、前記フィーダの押出量および／又は移動速度を増大させる制御を行う、

請求項 2 または請求項 2 を引用する請求項 3 に記載の焼却炉設備の制御装置。