

明 細 書

発明の名称：制御装置

技術分野

[0001] 本開示は、制御装置に関する。

本願は、2021年10月15日に出願された特願2021-169507号に対して優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、現在の燃焼状態を示す情報をリアルタイムに取得し、これを基に燃焼熱量およびボイラ蒸発量を推算することによって、時間遅れのない廃棄物の燃焼制御を行うことを可能とする燃焼制御方法が開示されている。この燃焼制御方法は、リアルタイムに取得する燃焼直後の排ガス組成から、燃料となる廃棄物の発熱量に直接関与する廃棄物中の炭素、水素および水分を求め、これを基に、酸素消費量、燃焼熱量、潜熱量、廃棄物量（処理量）を算出するものである。

[0003] 特許文献2には、視点が異なる複数の撮像装置を用いて、一次燃焼ゾーンから二次燃焼ゾーンへ到達した火炎の映像をそれぞれ取得し、取得された異なる視点からの複数の映像に画像合成処理を行うことで、二次燃焼ゾーンの火炎を含む3次元映像を作成することを含む蒸発量制御方法が開示されている。この蒸発量制御方法は、上記3次元映像を解析することで、一次燃焼または二次燃焼で発生した燃焼ガスの流路に沿う方向の火炎流速の時間変化を算出し、燃焼室で現在発生している熱量の指標を得るものである。

[0004] 特許文献3には、複数の赤外線カメラを用いて、火炎が放射しない波長の光を選択的に透過させるフィルタを介して、少なくとも乾燥部及び燃焼部に堆積した廃棄物を観測して、視点が異なる複数の熱画像を取得し、当該複数の熱画像に基づいて3次元熱画像を作成することを含む燃焼制御方法が開示されている。この燃焼制御方法は、上記3次元熱画像に基づいて、廃棄物の厚みが時系列でどのように変化したかを示す厚み経過情報を算出し、廃棄物

の過去から現時点までの体積流量の変化に基づいて燃焼補正係数を決定し、当該廃棄物から発生する熱量の指標を算出するものである。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2017-096517号公報

特許文献2：特開2019-219108号公報

特許文献3：特開2021-067381号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、主蒸気流量は、被焼却物の状態などに応じて大きく変動する場合がある。このため、特許文献1から3に記載の技術では、主蒸気流量の高精度の予測値に基づき燃焼制御を行うことが難しい場合がある。

[0007] 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、主蒸気流量の高精度の予測値に基づき燃焼制御を行うことができる制御装置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

[0008] 上記課題を解決するために、本開示に係る制御装置は、情報取得部と、蒸気流量予測部と、制御部とを備える。情報取得部は、焼却設備内の処理空間へ供給される前の被焼却物に関する情報を取得する。蒸気流量予測部は、情報取得部により取得された情報を含む予測用情報に基づき、焼却設備のボイラで生成される主蒸気流量を予測する。制御部は、蒸気流量予測部により予測された主蒸気流量に基づき燃焼制御を行う。

発明の効果

[0009] 本開示の制御装置によれば、主蒸気流量の高精度の予測値に基づき燃焼制御を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本開示の実施形態に係る焼却設備の全体を示す概略構成図である。

[図2]本開示の実施形態に係る燃焼設備の機能構成を示すブロック図である。

[図3]本開示の実施形態に係るデータ変換部の機能構成を示すブロック図である。

[図4]本開示の実施形態に係る水分計測器の検出結果に基づくごみ発熱量の推定値と、実機で確認されたごみ発熱量との相関関係を示す図である。

[図5]本開示の実施形態に係る第1特徴量抽出部による処理の一例を示す図である。

[図6]本開示の実施形態に係る画像変換部による処理の一例を示す図である。

[図7]本開示の実施形態に係るごみ層高さ検出部による処理の一例を示す図である。

[図8]本開示の実施形態に係る各入力情報と主蒸気流量との間の相関関係の一例を示す図である。

[図9]本開示の実施形態に係る各入力情報に対する時間遅れ設定値の一例を示す図である。

[図10]本開示の実施形態に係る予測モデル判定部による評価処理の一例を示す図である。

[図11]本開示の実施形態に係る制御部による制御内容の一例を示す図である。

[図12]本開示の実施形態に係る予測モデルの作成処理の流れを示すフローチャートである。

[図13]本開示の実施形態に係る燃焼設備の運転段階の処理の流れを示すフローチャートである。

[図14]本開示の実施形態に係る主蒸気流量の予測値と実測値の比較結果の一例を示す図である。

[図15]本開示の実施形態に係るコンピュータの構成を示すハードウェア構成図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本開示の実施形態の制御装置を、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。本開示で「XXに基づく」とは、「少なくともXXに基づく」ことを意味し、XXに加えて別の要素に基づく場合も含み得る。また「XXに基づく」とは、XXを直接に用いる場合に限定されず、XXに対して演算や加工が行われたものに基づく場合も含み得る。本開示で「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。

[0012] （実施形態）

＜1. 焼却設備の全体構成＞

図1は、実施形態に係る焼却設備SFの全体構成を示す概略構成図である。焼却設備SFは、例えば、都市ごみ、産業廃棄物、またはバイオマスなどを被焼却物Gとするストーカ炉である。以下では説明の便宜上、「被焼却物G」を「ごみG」と称する。なお、焼却設備SFは、ストーカ炉に限定されるものではなく、別タイプの焼却設備でもよい。本実施形態では、焼却設備SFは、例えば、クレーン1、焼却炉2、排熱回収ボイラ3、減温塔4、集塵装置5、煙道6、煙突7、および制御装置100を備える。

[0013] クレーン1は、ごみピットに貯留されたごみGを、後述する焼却炉2のホッパ11まで運んでホッパ11に投入する。クレーン1は、ごみGを把持する把持部1aと、把持部1aに設けられた重量センサ1bとを含む。重量センサ1bは、例えば、ロードセルである。重量センサ1bは、ごみGが把持部1aに把持されて持ち上げられた状態で、把持部1aに把持されたごみGの重量を検出する。重量センサ1bの検出結果は、制御装置100に送信される。重量センサ1bの検出結果は、「処理空間Vへ供給される前のごみGに関する情報」の一例であり、「ごみGの性状に関する情報」の一例である。

[0014] なお本開示で「ごみGの性状に関する情報」とは、ごみGの性質または状

態に関する情報を意味する。また本開示で「ごみGの性状に関する情報」とは、ごみGの性状を直接に示す情報に限定されず、ごみGの性状を特定するために用いられる情報（例えば、他の情報を組み合わせられることでごみGの性状を特定可能な情報）などでもよい。例えば、ごみGの重量は、後述するごみGの体積と組み合わせられることで、ごみGの密度を特定可能な情報である。ごみGの密度は、ごみGの性状の一例である。

[0015] 焼却炉2は、後述するホッパ11に投入されたごみGを搬送しながら燃焼させる炉である。焼却炉2内でのごみGの燃焼に伴って焼却炉2では排ガスが発生する。発生した排ガスは、焼却炉2の上部に設けられた排熱回収ボイラ3に送られる。排熱回収ボイラ3は、焼却炉2で発生した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が発生させる。

[0016] 排熱回収ボイラ3を通過した排ガスは、減温塔4で冷却された後、集塵装置5に送られる。排ガスは、集塵装置5でススや塵埃が除去された後、煙道6および煙突7を通じて大気中に排出される。煙道6には、ガス濃度センサ6aが設けられている。ガス濃度センサ6aは、煙道6を流れる排ガスに含まれる各種気体の濃度（例えば酸素濃度）を検出する。なお、ガス濃度センサ6aの検出結果は、酸素濃度に代えて／加えて、CO濃度、NO_x濃度、およびSO_x濃度のうち1つ以上を含み得る。ガス濃度センサ6aの検出結果は、制御装置100に送信される。

[0017] <2. 焼却炉>

次に、焼却炉2について詳しく説明する。焼却炉2は、例えば、供給機構10、炉本体20、ストーカ30、風箱41、排出シュート42、火炉43、および送風機構50を有する。

[0018] <2. 1 供給機構>

供給機構10は、クレーン1によって運ばれたごみGを、一時的に貯留するとともに、後述する炉本体20の処理空間Vに向けて順次供給する機構である。供給機構10は、例えば、ホッパ11、フィーダ12、押出装置13（図2参照）、物体計測器14、および水分計測器15を有する。

- [0019] ホッパ11は、炉本体20の内部へごみGを供給するために設けられた貯留部である。ホッパ11には、クレーン1によって運ばれたごみGが投入される。ホッパ11は、入口部11aと、出口部11bとを有する。入口部11aは、ごみGが外部から投入されるための入口部分である。入口部11aは、例えば鉛直方向に延びている。入口部11aに投入されたごみGは、重力によって下方に移動する。出口部11bは、入口部11aの下方に設けられている。出口部11bは、入口部11aから供給されるごみGを、後述する炉本体20内の処理空間Vに向けて導く出口部分である。出口部11bは、例えば水平方向に延びている。
- [0020] フィーダ12は、ホッパ11の出口部11bに設けられている。フィーダ12は、ホッパ11の出口部11bの底部に沿う板状であり、ホッパ11の出口部11bの底部に沿って配置されている。フィーダ12は、ホッパ11の出口部11bから炉本体20の処理空間Vに向かう方向に沿って往復移動可能である。フィーダ12は、押出装置13によって駆動され、ホッパ11の内部（例えばホッパ11の出口部11b）に堆積したごみGを炉本体20の処理空間Vに向けて押し出す。
- [0021] 物体計測器14は、クレーン1によってホッパ11に投入されるごみGの高さを検出する計測器である。物体計測器14は、例えば、L i D A R (Light Detection and Ranging) である。物体計測器14は、例えばホッパ11の入口部11aに設けられ、ホッパ11の入口部11aを通過するごみGMの高さを検出する。なお、物体計測器14は、ごみGの高さに代えて、3次元測定によりごみGの体積を直接に検出してもよい。物体計測器14の検出結果は、制御装置100に送信される。物体計測器14の検出結果は、「処理空間Vへ供給される前のごみGに関する情報」の一例であり、「ごみGの性状に関する情報」の一例である。
- [0022] 水分計測器15は、ホッパ11に投入されるごみGに含まれる水分に関する値（例えば水分率または水分量）を検出する計測器である。本実施形態では、水分計測器15は、ホッパ11に設けられた照射部および検出部と、解

析部とを有する。照射部は、ホッパ 11 内に堆積するごみ G に所定の周波数帯域の電磁波を照射する。検出部は、照射部から照射されて、ごみ G を透過したまたはごみ G で反射した電磁波を受信する。解析部は、例えば、電磁波の特性変化（例えば振幅の変化または位相の変化）と水分率との関係を示す相関関係情報を予め記憶している。解析部は、照射部と検出部との間での電磁波の特性変化と、上記相関関係情報とに基づき、ごみ G に含まれる水分率を検出する。

[0023] 本実施形態では、水分計測器 15 の照射部および検出部は、フィーダ 12 の少し上側に設けられ、フィーダ 12 の上面に堆積するごみ G の水分率を検出する。水分計測器 15 の検出結果は、制御装置 100 に送信される。水分計測器 15 の検出結果は、「処理空間 V へ供給される前のごみ G に関する情報」の一例であり、「ごみ G の性状に関する情報」の一例であり、「ホッパ 11 内での水分計測結果」の一例である。

[0024] <2. 2 炉本体>

炉本体 20 は、ホッパ 11 に隣接して設けられ、ごみ G を搬送しながら燃焼させる設備である。以下では、燃焼設備 F におけるごみ G の搬送方向を「搬送方向 D」と称する。炉本体 20 は、搬送方向 D における上流側から下流側に向けて、乾燥段 20a、燃焼段 20b、および後燃焼段 20c をこの順に有する。乾燥段 20a は、燃焼段 20b および後燃焼段 20c よりも上流側に位置し、ホッパ 11 から供給されたごみ G を、ストーカ 30 上での燃焼に先立って乾燥させる領域である。燃焼段 20b および後燃焼段 20c は、乾燥段 20a を通過して乾燥した状態のごみ G をストーカ 30 上で燃焼させる領域である。燃焼段 20b では、ごみ G から発生する熱分解ガスによる拡散燃焼が起き、輝炎 F が生じる。後燃焼段 20c では、ごみ G の拡散燃焼後の固定炭素燃焼が起きるため、輝炎 F は生じない。燃焼段 20b および後燃焼段 20c は、ごみ G を燃焼させる処理空間 V の一例である。乾燥段 20a は、搬送方向 D において処理空間 V よりも上流側の領域の一例である。

[0025] 本実施形態では、炉本体 20 は、可視光カメラ 21 と、赤外カメラ 22 と

を有する。可視光カメラ２１および赤外カメラ２２は、搬送方向Ｄにおいて処理空間Ｖよりも下流側に配置され、当該下流側から搬送方向Ｄの上流側を撮像する。本実施形態では、可視光カメラ２１および赤外カメラ２２は、搬送方向Ｄにおける炉本体２０の下流側の端部（以下「炉尻」と称する）に設けられている。例えば、可視光カメラ２１および赤外カメラ２２は、炉本体２０の炉尻に設けられた窓部を通じて、当該下流側から搬送方向Ｄの上流側を撮像する。例えば、可視光カメラ２１および赤外カメラ２２は、互いに上下または左右で隣り合う位置に配置されている。

[0026] 可視光カメラ２１は、炉本体２０の炉尻から、輝炎Ｆを撮像する。可視光カメラ２１の撮像結果は、制御装置１００に送信される。

[0027] 赤外カメラ２２は、炉本体２０の炉尻から、輝炎Ｆを透過して炉本体２０の乾燥段２０ａ（すなわち、処理空間Ｖよりも上流側）に堆積したごみＧを撮像する。また本実施形態では、赤外カメラ２２は、炉本体２０の炉尻から、輝炎Ｆを透過してホッパ１１の出口部１１ｂを撮像する。例えば、赤外カメラ２２は、ホッパ１１の出口部１１ｂにおいて、フィーダ１２上に堆積したごみＧを含む画像（ごみＧの堆積状態を示す画像）を撮像する。赤外カメラ２２の撮像結果は、制御装置１００に送信される。赤外カメラ２２の撮像結果は、「処理空間Ｖへ供給される前のごみＧに関する情報」の一例であり、「ホッパ１１内でのごみＧの堆積状態を示す堆積状態情報」の一例である。

[0028] なお本実施形態では、１つの赤外カメラ２２によって、炉本体２０の乾燥段２０ａおよびホッパ１１の出口部１１ｂ（例えばフィーダ１２上に堆積したごみＧ）の両方を含む画像が撮像される。これに代えて、炉本体２０は、炉本体２０の乾燥段２０ａを撮像する第１赤外カメラと、ホッパ１１の出口部１１ｂ（例えばフィーダ１２上に堆積したごみＧ）を撮像する第２赤外カメラとを別々に備えてもよい。また、赤外カメラ２２は、炉本体２０の炉尻に代えて、別の位置に設けられてもよい。

[0029] <２．３ ストーカ>

ストーカ 30 は、複数の火格子 31 と、火格子駆動装置 32（図 2 参照）を含む。複数の火格子 31 は、炉本体 20 の底面（例えば処理空間 V の底面）となるストーカ面 30 a を形成している。ストーカ面 30 a には、供給機構 10 によってごみ G が層状に供給される。ストーカ面 30 a は、上述した乾燥段 20 a、燃焼段 20 b、および後燃焼段 20 c に亘り設けられている。複数の火格子 31 は、固定火格子と、可動火格子とを含む。固定火格子は、後述する風箱 41 の上面に固定されている。可動火格子は、一定の速度で搬送方向 D に沿って往復移動することで、可動火格子と固定火格子の上（ストーカ面 30 a 上）にあるごみ G を攪拌混合しながら下流側へ搬送する。

[0030] <2. 4 風箱、排出シュート、火炉>

風箱 41 は、ストーカ 30 の下方に設けられ、ストーカ 30 を通じて炉本体 20 の内部に燃焼用の空気を供給する。風箱 41 は、搬送方向 D に複数配列されている。風箱 41 は、風箱圧力センサ 41 a を有する。風箱圧力センサ 41 a は、風箱 41 の内部の圧力を検出する。風箱 41 の内部の圧力は、後述する一次空気ライン 52 を通じて炉本体 20 の内部に供給される燃焼空気の圧力に相当する。風箱圧力センサ 41 a の検出結果は、制御装置 100 に送信される。

[0031] 排出シュート 42 は、燃焼を終えて灰となったごみ G を炉本体 20 よりも下方に位置する灰押出装置へ落下させる装置である。排出シュート 42 は、炉本体 20 の炉尻に設けられている。

[0032] 火炉 43 は、炉本体 20 の上部から上方に向けて延びている。処理空間 V 内でごみ G が燃焼することで生じた排ガスは、火炉 43 を通じて排熱回収ボイラ 3 に送られる。

[0033] <2. 5 送風機構>

送風機構 50 は、炉本体 20 の内部に空気（例えば燃焼空気）を供給する。送風機構 50 は、例えば、送風機 51、一次空気ライン 52、空気予熱器 53、二次空気ライン 54、ダンパ 55、および空気流量センサ 56 を有する。

- [0034] 送風機 5 1 は、炉本体 2 0 の内部に空気（例えば燃焼空気）を圧送する押込送風機である。送風機 5 1 は、例えば、第 1 送風機 5 1 A と、第 2 送風機 5 1 B とを含む。第 1 送風機 5 1 A は、一次空気ライン 5 2 および風箱 4 1 を通じて炉本体 2 0 の内部（例えば処理空間 V）に燃焼空気を圧送する。第 2 送風機 5 1 B は、二次空気ライン 5 4 を通じて、火炉 4 3 の内部に燃焼空気を圧送する。
- [0035] 一次空気ライン 5 2 は、第 1 送風機 5 1 A と風箱 4 1 とを接続している。一次空気ライン 5 2 の途中には、1 つ以上（例えば複数）の一次空気ダンパ 5 5 A が設けられている。一次空気ダンパ 5 5 A は、一次空気ダンパ 5 5 A の開度によって一次空気ライン 5 2 を流れる燃焼空気の流量を変更する。
- [0036] 空気予熱器 5 3 は、第 1 送風機 5 1 A から圧送される空気を予熱する熱交換器である。例えば、空気予熱器 5 3 は、一次空気ライン 5 2 の途中に設けられている。
- [0037] 二次空気ライン 5 4 は、第 2 送風機 5 1 B と火炉 4 3 とを接続している。火炉 4 3 内に供給された二次空気は、ストーカ 3 0 の上方からごみ G に向かう。二次空気ライン 5 4 の途中には、1 つ以上（例えば複数）の二次空気ダンパ 5 5 B が設けられている。二次空気ダンパ 5 5 B は、二次空気ダンパ 5 5 B の開度によって二次空気ライン 5 4 を流れる燃焼空気の流量を変更する。以下では説明の便宜上、一次空気ダンパ 5 5 A と二次空気ダンパ 5 5 B とを合わせて「ダンパ 5 5」と称する。
- [0038] 空気流量センサ 5 6 は、炉本体 2 0 の内部に供給される空気（例えば燃焼空気）の流量を検出する。空気流量センサ 5 6 は、例えば、第 1 空気流量センサ 5 6 A と、第 2 空気流量センサ 5 6 B とを含む。第 1 空気流量センサ 5 6 A は、一次空気ライン 5 2 の途中に設けられ、一次空気ライン 5 2 を通じて供給される空気の流量を検出する。第 2 空気流量センサ 5 6 B は、二次空気ライン 5 4 の途中に設けられ、二次空気ライン 5 4 を通じて供給される空気の流量を検出する。以下の説明で「空気流量センサ 5 6 の検出結果」とは、例えば、第 1 空気流量センサ 5 6 A の検出結果と、第 2 空気流量センサ 5

6 B の検出結果とを含む。

[0039] <3. 排熱回収ボイラ>

次に、排熱回収ボイラ 3 について説明する。排熱回収ボイラ 3 は、例えば、ボイラ本体 6 1、管路 6 2、放射温度センサ（赤外線温度センサ）6 3、炉内圧力センサ 6 4、給水流量センサ 6 5、および過熱器減温器流量センサ（蒸気流量センサ）6 6 を含む。

[0040] ボイラ本体 6 1 は、焼却炉 2 の火炉 4 3 に接続されている。ボイラ本体 6 1 の内部には、焼却炉 2 で発生した排ガスが流入する。放射温度センサ 6 3 および炉内圧力センサ 6 4 は、ボイラ本体 6 1 に設けられている。放射温度センサ 6 3 は、ボイラ本体 6 1 の内部の温度を検出する。炉内圧力センサ 6 4 は、ボイラ本体 6 1 の内部の圧力を検出する。放射温度センサ 6 3 および炉内圧力センサ 6 4 の検出結果は、制御装置 1 0 0 に送信される。

[0041] 管路 6 2 は、ボイラ本体 6 1 の内部を延びている。管路 6 2 には、複数の過熱器および複数の減温器が設けられている。管路 6 2 の入口部には、給水部から水が供給される。管路 6 2 を流れる水の少なくとも一部は、ボイラ本体 6 1 の内部で熱交換により加熱され、主蒸気となって外部機器（例えばタービン）に向けて流れる。後述する「主蒸気流量」とは、管路 6 2 から外部機器（例えばタービン）に向けて流れる蒸気の流量を意味する。

[0042] 給水流量センサ 6 5 は、管路 6 2 の入口部に設けられており、管路 6 2 に給水される水の流量を検出する。過熱器減温器流量センサ 6 6 は、管路 6 2 の途中に設けられており、管路 6 2 を流れる流体（例えば蒸気）の流量を検出する。例えば、過熱器減温器流量センサ 6 6 は、一次減温器を通過する流体の流量（一次過熱器減温器流量）を検出する第 1 過熱器減温器流量センサ 6 6 A と、二次減温器を通過する流体の流量（二次過熱器減温器流量）を検出する第 2 過熱器減温器流量センサ 6 6 B とを含む。以下の説明で「過熱器減温器流量センサ 6 6 の検出結果」とは、例えば、第 1 過熱器減温器流量センサ 6 6 A の検出結果と、第 2 過熱器減温器流量センサ 6 6 B の検出結果とを含む。給水流量センサ 6 5 および過熱器減温器流量センサ 6 6 の検出結果

は、制御装置１００に送信される。

[0043] <４．制御装置>

次に、制御装置１００について説明する。

図２は、実施形態に係る焼却設備ＳＦの機能構成を示すブロック図である。制御装置１００は、焼却設備ＳＦを統括的に制御する。例えば、制御装置１００は、炉本体２０の処理空間ＶでのごみＧの燃焼制御を行う。本実施形態では、制御装置１００は、例えば、情報取得部１１０、データ変換部１２０、予測モデル作成部１３０、予測モデル判定部１４０、蒸気流量予測部１５０、および制御部１６０を有する。制御装置１００による制御対象の装置（以下「制御対象装置Ｓ」と称する）は、上述した押出装置１３、送風機５１、ダンパ５５、および火格子駆動装置３２などを含む。

[0044] <４．１ 情報取得部>

情報取得部１１０は、焼却設備ＳＦに含まれる上述した各種センサにより検出された検出結果などを取得する。例えば、情報取得部１１０は、重量センサ１ｂの検出結果（ごみ重量）、物体計測器１４の検出結果（ごみ高さ）、水分計測器１５の検出結果（ごみ水分検出結果）、可視光カメラ２１の撮像結果（燃焼火炎画像）、赤外カメラ２２の撮像結果（ごみ層画像）、風箱圧力センサ４１ａの検出結果（風箱圧力）、空気流量センサ５６の検出結果（押込空気流量）、放射温度センサ６３の検出結果（炉内温度）、炉内圧力センサ６４の検出結果（炉内圧力）、給水流量センサ６５の検出結果（給水流量）、過熱器減温器流量センサ６６の検出結果（過熱器減温器流量）、およびガス濃度センサ６ａの検出結果（酸素濃度など）を取得する。

[0045] ここで、上述した風箱圧力センサ４１ａの検出結果、空気流量センサ５６の検出結果、放射温度センサ６３の検出結果、炉内圧力センサ６４の検出結果、給水流量センサ６５の検出結果、過熱器減温器流量センサ６６の検出結果、およびガス濃度センサ６ａの検出結果のうち１つ以上は、後述するプロセスデータに含まれる。これら検出結果の各々は、上述した重量センサ１ｂの検出結果、物体計測器１４の検出結果、水分計測器１５の検出結果、可視

光カメラ 21 の撮像結果、赤外カメラ 22 の撮像結果とともに、「予測用情報」の一例に該当する。なお本開示で「取得する」とは、送信要求を出力することで能動的に取得する場合に限定されず、各種装置から送信される情報を受動的に受信することで取得する場合も含む。この定義は、以下の説明においても同様である。

[0046] また、情報取得部 110 は、制御対象装置 S に含まれる各装置の状態を示すプロセス値を、後述するプロセスデータの一部として取得する。例えば、制御対象装置 S は、押出装置 13 の状態を示すプロセス値（例えばフィーダ 12 のストローク長および／またはフィーダ 12 の移動速度、送風機 51 の状態を示すプロセス値（例えば送風機 51 の回転数）、ダンパ 55 の状態を示すプロセス値（例えばダンパ 55 の開度）、および火格子駆動装置 32 の状態を示すプロセス値（例えば火格子 31 の移動速度）を、プロセスデータの一部として取得する。これらプロセスデータ（プロセス値）の各々は、「予測用情報」の一例である。押出装置 13 の状態を示すプロセス値（例えばフィーダ 12 のストローク長および／またはフィーダ 12 の移動速度）は、「フィーダ 12 の動作を示す情報」の一例であり、「ホッパ 11 から処理空間 V へのごみ G の供給状態を示す供給状態情報」の一例である。情報取得部 110 は、取得した各種情報およびプロセスデータを、データ変換部 120 に出力する。

[0047] <4. 2 データ変換部>

データ変換部 120 は、情報取得部 110 から受け取る情報に対して所定のデータ変換を行う。例えば、データ変換部 120 は、所定のデータ変換として、特徴量の抽出、時間遅れの調整、平均化処理などを行う。

[0048] 図 3 は、実施形態に係るデータ変換部 120 の機能構成を示すブロック図である。データ変換部 120 は、例えば、第 1 発熱量推定部 121、第 2 発熱量推定部 122、第 1 特徴量抽出部 123、酸素濃度推定部 124、燃え難さ係数算出部 125、画像変換部（画像処理部）126、ごみ層高さ検出部 127、第 2 特徴量抽出部 128、フィーダ供給量推定部 129、および

調整処理部 P U を含む。

[0049] (第 1 発熱量推定部)

第 1 発熱量推定部 1 2 1 には、重量センサ 1 b の検出結果（ごみ重量）と、物体計測器 1 4 の検出結果（ごみ高さ）とが入力される。第 1 発熱量推定部 1 2 1 は、ごみ G の高さに基づき（例えばごみ G の高さとクレーン 1 の把持部 1 a の大きさに基づき）、ごみ G の体積を算出する。そして、第 1 発熱量推定部 1 2 1 は、ごみ G の重量をごみ G の体積で除算することで、ごみ G の密度を算出する。また、第 1 発熱量推定部 1 2 1 は、ごみ G の密度とごみ G の発熱量（例えば低位発熱量 L H V : Lower Heating Value）（以下「ごみ発熱量」と称する）との相関関係を示す相関関係情報を有する。上記相関関係情報は、例えば、ごみ G の密度からごみ発熱量の推定値を算出する発熱量推定式である。第 1 発熱量推定部 1 2 1 は、算出されたごみ G の密度と、上記相関関係情報とに基づき、ごみ発熱量の推定値を算出する。第 1 発熱量推定部 1 2 1 は、算出されたごみ発熱量の推定値を、調整処理部 P U に出力する。

[0050] ここで、本実施形態でいう密度とは、例えば、かさ密度を意味する。かさ密度は、対象物固有の密度（真密度）ではなく、「空隙を含む単位体積当たりの重量」から算出した密度である。ただし、第 1 発熱量推定部 1 2 1 は、かさ密度に代えて／加えて、真密度を推定して用いてもよい。なお、第 1 発熱量推定部 1 2 1 により算出されるごみ G の密度は、ホッパ 1 1 内の外部で計測された重量などに基づくものであるが、ホッパ 1 1 内でのごみ G の密度に相当するものである。このため、第 1 発熱量推定部 1 2 1 により算出されるごみ G の密度は、「ホッパ 1 1 内でのごみ G の密度」の一例に該当する。

[0051] (第 2 発熱量推定部)

第 2 発熱量推定部 1 2 2 には、水分計測器 1 5 の検出結果（ごみ水分検出結果）が入力される。なお、第 2 発熱量推定部 1 2 2 には、第 1 発熱量推定部 1 2 1 で算出されたごみ G の体積がさらに入力されてもよい。ごみ G の体積が入力される場合、第 2 発熱量推定部 1 2 2 は、ごみ G の水分率とごみ G

の体積とを乗算することで、ごみGの水分量を算出することができる。第2発熱量推定部122は、ごみGの水分に関する値（水分率または水分量）とごみ発熱量（例えば低位発熱量）との相関関係を示す相関関係情報を有する。上記相関関係情報は、例えば、ごみGの水分に関する値からごみ発熱量の推定値を算出する発熱量推定式である。第2発熱量推定部122は、ごみGの水分に関する値と、上記相関関係情報とに基づき、ごみ発熱量の推定値を算出する。第2発熱量推定部122は、算出されたごみ発熱量の推定値を、調整処理部PUに出力する。

[0052] ここで図4は、水分計測器15の検出結果に基づくごみ発熱量の推定値と、実機で確認されたごみ発熱量との相関関係を示す図である。図4に示すように、水分計測器15の検出結果に基づくごみ発熱量の推定値と、実機で確認されたごみ発熱量との間には、十分に高い相関関係があることが本発明者らにより確認されている。また、水分計測器15の検出結果に基づくごみ発熱量の推定値は、実機で確認されたごみGの発熱量に対して先行した情報となるため、時間遅れを考慮することで、水分計測器15の検出結果に基づくごみ発熱量の推定値と、実機で確認されたごみ発熱量との間の相関関係を高めることができることが本発明者らにより確認されている。

[0053] （第1特徴量抽出部）

第1特徴量抽出部123には、可視光カメラ21の撮影結果（燃焼火炎画像）が入力される。第1特徴量抽出部123は、入力された燃焼火炎画像に対してクラスタリング処理を行うことで、色情報に応じて複数の色領域に区分された色画像データIM（図5参照）に変換する。そして、第1特徴量抽出部123は、色画像データIMに基づいて火炎状態に関する特徴量を抽出する。

[0054] 「画像をクラスタリング処理により色情報に応じて複数の色領域に区分する」の一例について説明する。色情報はRGBの各色成分であり、複数の色領域のそれぞれは、RGBの各色成分が互いに重複しないようにクラスタリング処理によって設定されている。第1特徴量抽出部123は、燃焼火炎画

像を画素ごとにRGBの各色成分に分解し、各画素が含まれる色領域を決定する。なお、色情報は、RGBの各色成分に限定されず、輝度や彩度であってもよい。

[0055] クラスタリング処理のアルゴリズムは、特に限定されず、公知の種々のクラスタリングアルゴリズムを用いることが可能である。例えば、k-means等のクラスタ数を指定できるアルゴリズムを用いてクラスタリング処理を行ってもよいし、flowsom等の自動的にクラスタ数を決定するようなアルゴリズムを用いてクラスタリング処理を行ってもよい。

[0056] 図5は、色画像データIMの一例を示す図である。図5に例示する色画像データIMでは、クラスタリング処理によって7つの色領域Aに区分されており、輝度が高い順に第1色領域A1、第2色領域A2、第3色領域A3、第4色領域A4、第5色領域A5、第6色領域A6、および第7色領域A7を含む。第1色領域A1～第7色領域A7のそれぞれは、白黒（グレースケール）の濃淡の値に変換されており、第1色領域A1から第7色領域A7に進むにつれて濃くなる。

[0057] 次に「色画像データIMから特徴量を抽出する」の一例について説明する。第1特徴量抽出部123は、第1色領域A1に区分された画素数の合計（すなわち面積）を算出し、この合計画素数を特徴量として抽出する。例えば、第1特徴量抽出部123は、所定の時間ごと（例えば毎秒）に第1色領域A1の合計画素数を抽出する。第1特徴量抽出部123は、第2色領域A2から第7色領域A7のそれぞれに対しても所定の時間ごとの合計画素数を算出し、それぞれの合計画素数を特徴量として抽出する。なお、本実施形態では、特徴量は、複数の色領域のうち全ての色領域（第1色領域A1から第7色領域A7）の合計画素数を含むが、本開示はこの形態に限定されない。特徴量は、複数の色領域のうちの少なくとも1つの色領域の合計画素数を含めばよい。

[0058] 第1特徴量抽出部123は、抽出した火災状態に関する特徴量を、酸素濃度推定部124に出力するとともに、調整処理部PUに出力する。なお、第

1 特徴量抽出部 1 2 3 によって特徴量を抽出する手法は、クラスタリングに限らず、別の手法でもよい。

[0059] (酸素濃度推定部)

酸素濃度推定部 1 2 4 には、第 1 特徴量抽出部 1 2 3 により抽出された特徴量と、情報取得部 1 1 0 により取得されたプロセスデータの一部または全部が入力される。酸素濃度推定部 1 2 4 に入力されるプロセスデータは、例えば、風箱圧力センサ 4 1 a の検出結果、空気流量センサ 5 6 の検出結果、放射温度センサ 6 3 の検出結果、炉内圧力センサ 6 4 の検出結果、給水流量センサ 6 5 の検出結果、過熱器減温器流量センサ 6 6 の検出結果、およびガス濃度センサ 6 a の検出結果などのうち 1 つ以上である。酸素濃度推定部 1 2 4 は、入力された特徴量およびプロセスデータに基づき機械学習による回帰分析を行うことで、処理空間 V の酸素濃度を推定するための推定式を導出する。そして、酸素濃度推定部 1 2 4 は、入力された特徴量およびプロセスデータと上記推定式に基づいて、処理空間 V の酸素濃度の推定値をリアルタイムで算出する。酸素濃度推定部 1 2 4 は、算出した酸素濃度の推定値を燃え難さ係数算出部 1 2 5 に出力する。なお、酸素濃度推定部 1 2 4 によって上記推定式を導出する手法は、回帰分析に限らず、別の手法でもよい。また、機械学習のアルゴリズムは、特に限定されず、公知の種々のアルゴリズムを用いることが可能である。

[0060] (燃え難さ係数算出部)

燃え難さ係数算出部 1 2 5 には、酸素濃度推定部 1 2 4 により算出された酸素濃度の推定値と、情報取得部 1 1 0 により取得されたプロセスデータの一部または全部が入力される。酸素濃度推定部 1 2 4 に入力されるプロセスデータは、例えば、放射温度センサ 6 3 の検出結果、およびフィード 1 2 の移動速度などのうち 1 つ以上である。本実施形態では、燃え難さ係数算出部 1 2 5 は、酸素濃度の推定値、放射温度センサ 6 3 の検出結果、およびフィード 1 2 の移動速度の変化量などに基づき、処理空間 V の燃焼状態を数値化した燃え難さ係数を算出する。燃え難さ係数算出部 1 2 5 は、算出した燃え

難さ係数を、調整処理部PUに出力する。本開示で「燃え難さ」とは、「燃焼状況」を意味する。

[0061] (画像変換部)

画像変換部126には、赤外カメラ22の撮像結果(ごみ層画像)が入力される。画像変換部126は、入力されたごみ層画像に対して所定の画像処理を行い、ごみ層画像を単純化する。例えば、画像変換部126は、入力されたごみ層画像を二値化する。二値化の手法は、例えば大津法であるが、これに限定されない。

[0062] 図6は、画像変換部126による処理の一例を示す図である。図6に示すように、赤外カメラ22により撮像されたカラー画像(またはモノクロ画像)であるごみ層画像は、画像変換部126によって白黒画像に変換される。画像変換部126により得られた画像(例えば白黒画像)は、ごみ層高さ検出部127に出力される。

[0063] (ごみ層高さ検出部)

ごみ層高さ検出部127には、画像変換部126により得られた画像が入力される。ごみ層高さ検出部127は、入力された画像に基づき、炉本体20の乾燥段20aにおけるごみGの高さ(ごみ層高さ)を検出する。

[0064] 図7は、ごみ層高さ検出部127による処理の一例を示す図である。ごみ層高さ検出部127は、画像変換部126により得られた画像に対して、当該画像の一部である所定の注目領域R(図6参照)を1箇所以上(図6に示す例では2箇所)設定する。そして、ごみ層高さ検出部127は、設定した注目領域Rの画像に対して、上下方向および左右方向に分割された複数の分割領域Ra(例えば、注目領域Rを上下方向で20分割、左右方向で5分割された分割領域Ra)を設定する(図7中の(a)参照)。なお図7では、2箇所の注目領域Rのデータが横に並べられて図示されている。

[0065] ごみ層高さ検出部127は、各分割領域Raについて、黒が50%より大きい場合に当該分割領域Raに「1」を付与し、黒が50%以下である場合に当該分割領域Raに「0」を付与する(図7中の(b)参照)。そして、

ごみ層高さ検出部 127 は、最も上部にある「1」の分割領域 R a の位置をごみ層高さとして算出する。例えば、図 7 に示す例では、線 H の高さ位置をごみ層高さとして算出する。ごみ層高さ検出部 127 は、算出したごみ層高さを、フィーダ供給量推定部 129 に出力する。

[0066] (第 2 特徴量抽出部)

第 2 特徴量抽出部 128 には、赤外カメラ 22 の撮像結果（ごみ層画像）が入力される。第 2 特徴量抽出部 128 は、入力されたごみ層画像に対してクラスタリング処理を行うことで、色情報に応じて複数の色領域に区分された色画像データに変換する。そして、第 2 特徴量抽出部 128 は、上記色画像データに基づいてごみの供給状態に関する特徴量を抽出する。なお、「画像をクラスタリング処理により色情報に応じて複数の色領域に区分する」ことの処理方法、および、クラスタリング処理のアルゴリズムは、例えば、第 1 特徴量抽出部 123 の処理方法およびアルゴリズムと同じであるが、異なってもよい。

[0067] 本実施形態では、第 2 特徴量抽出部 128 は、入力されたごみ層画像をクラスタリング処理によって複数の色領域に区分する。そして、第 2 特徴量抽出部 128 は、区分された各色領域の画素数の合計（すなわち面積）を算出し、この合計画素数を、ごみ G の供給状態に関する特徴量として抽出する。第 2 特徴量抽出部 128 は、所定の時間ごと（例えば毎秒）に、各色領域の合計画素数を抽出する。なお、本実施形態では、特徴量は、複数の色領域のうち全ての色領域の合計画素数を含むが、本開示はこの形態に限定されない。特徴量は、複数の色領域のうちの少なくとも 1 つの色領域の合計画素数を含めばよい。第 2 特徴量抽出部 128 は、抽出したごみ G の供給状態に関する特徴量を、フィーダ供給量推定部 129 に出力する。なお、第 2 特徴量抽出部 128 によって特徴量を抽出する手法は、クラスタリングに限らず、別の手法でもよい。

[0068] (フィーダ供給量推定部)

フィーダ供給量推定部 129 には、ごみ層高さ検出部 127 により算出さ

れたごみ層高さを示す情報と、第2特徴量抽出部128により抽出されたごみGの供給状態の特徴量を示す情報とが入力される。また、フィーダ供給量推定部129は、ごみ層高さおよびごみGの供給状態の特徴量と、フィーダ12からのごみGの供給量との相関関係を示す相関関係情報を有する。上記相関関係情報は、例えば、ごみ層高さおよびごみGの供給状態の特徴量から、フィーダ12からのごみGの供給量を算出する供給量推定式である。フィーダ供給量推定部129は、入力されたごみ層高さを示す情報およびごみGの供給状態の特徴量と、上記相関関係情報とに基づき、フィーダ12からのごみGの供給量の推定値を算出する。フィーダ供給量推定部129は、算出したごみGの供給量の推定値を、調整処理部PUに出力する。ごみGの供給量の推定値は、「ホッパ11から処理空間VへのごみGの供給状態を示す供給状態情報」の別の一例である。

[0069] (調整処理部)

調整処理部PUには、第1発熱量推定部121、第2発熱量推定部122、第1特徴量抽出部123、燃え難さ係数算出部125、およびフィーダ供給量推定部129により算出された情報、並びに情報取得部110により取得されたプロセスデータが入力される。以下、これらを纏めて「入力情報」と称する。本実施形態では、調整処理部PUに入力されるプロセスデータは、例えば、フィーダ12のプロセス値（例えばフィーダ12のストローク長および／またはフィーダ12の移動速度）、風箱圧力センサ41aの検出結果、空気流量センサ56の検出結果、炉内圧力センサ64の検出結果、放射温度センサ63の検出結果、給水流量センサ65の検出結果、過熱器減温器流量センサ66の検出結果、およびガス濃度センサ6aの検出結果（例えば酸素濃度）を含む。なお、上記プロセスデータの一部または全部（例えばフィーダ12のプロセス値）は省略されてもよい。

[0070] 調整処理部PUは、入力情報に対して所定の処理を行うことで、入力情報を後述する主蒸気流量予測モデルMに入力されるデータに変換する。調整処理部PUは、例えば、前処理部PUaと、時間遅れ調整部PUbとを含む。

- [0071] 前処理部 P U a は、1 つ以上の入力情報に対して平均化処理などの前処理を行う。例えば、前処理部 P U a は、1 つ以上の入力情報について、複数の検出時点で得られた値を平均化する。なお、前処理部 P U a による前処理は、平均化処理に代えて／加えて、微分処理などでもよい。前処理部 P U a は、前処理を行った入力情報を時間遅れ調整部 P U b に出力する。
- [0072] 時間遅れ調整部 P U b は、各入力情報と、各入力情報に対して個別に設定された時間遅れ設定値とに基づき、1 つのデータセット（入力情報の集合）として主蒸気流量予測モデル M に同時に入力される入力情報の時間軸上の関連付けを行う。すなわち、各入力情報の変化と主蒸気流量の変化との間には時間遅れが存在する。言い換えると、各入力情報は、主蒸気流量の変化に対して先行する先行信号となる。例えば、ホッパ 1 1 またはホッパ 1 1 に近い位置に関連する入力情報は、処理空間 V に近い位置に関連する入力情報と比べて、より大きく先行する先行信号となる。
- [0073] 図 8 は、各入力情報と主蒸気流量との間の相関関係の一例を示す図である。本実施形態では、各入力情報に対して時間遅れ設定値の長さが複数回変更され、当該入力情報と主蒸気流量との相関関係が最も高くなる時間遅れ設定値が選定される。
- [0074] 例えば、フィーダ 1 2 からの供給量を示す入力情報と主蒸気流量との相関関係（図 8 中の（a）参照）は、時間遅れ設定値として T 2 [分] が設定された場合に最も高くなる。言い換えると、フィーダ 1 2 からの供給量を示す入力情報は、主蒸気流量に対して T 2 [分] だけ先行する先行信号となる。同様に、燃え難さ係数を示す入力情報と主蒸気流量との相関関係（図 8 中の（b）参照）は、時間遅れ設定値として T 3 [分] が設定された場合に最も高くなる。言い換えると、燃え難さ係数を示す入力情報は、主蒸気流量に対して T 3 [分] だけ先行する先行信号となる。例えば、T 3 [分] は、T 2 [分] よりも短い時間である。
- [0075] 図 9 は、各入力情報に対する時間遅れ設定値の一例を示す図である。図 9 において、 $T 1 [分] > T 2 [分] > T 3 [分]$ である。ただし、これら関

係は限定されるものではない。各入力情報に対する時間遅れ設定値は、適宜設定可能である。

[0076] 時間遅れ調整部 P U b は、上述したような各入力情報に対する時間遅れ設定値に基づき、主蒸気流量予測モデル M に同時に入力される入力情報に関連付けることで、将来のある時点での主蒸気流量を予測するためのデータセット（すなわち、時間調整が行われた入力情報の集合体）を生成する。調整処理部 P U は、時間遅れ調整部 P U b により生成されたデータセットを出力する。

[0077] < 4. 3 予測モデル作成部 >

予測モデル作成部 1 3 0 には、予測モデル作成処理（学習処理）において、調整処理部 P U により生成されたデータセットと、当該データセットに対応する主蒸気流量の予測値の正解データとの組み合わせが学習データとして入力される。予測モデル作成部 1 3 0 は、入力された学習データに基づき機械学習を行うことで、将来時点の主蒸気流量を予測するための主蒸気流量予測モデル M を生成する。主蒸気流量予測モデル M は、調整処理部 P U により生成されたデータセットが入力された場合に、将来時点の主蒸気流量の予測値を出力する学習済みモデルである。主蒸気流量予測モデル M は、例えば、L S T M (Long Short Term Memory) または X G B o o s t (eXtreme Gradient Boosting) などであるが、これらに限定されない。機械学習のアルゴリズムは、特に限定されず、公知の種々の機械学習のアルゴリズムを用いることが可能である。

[0078] 本実施形態では、予測モデル作成部 1 3 0 は、互いに異なる複数の将来時点の主蒸気流量を予測する複数の主蒸気流量予測モデル M を生成する。例えば、予測モデル作成部 1 3 0 は、6 0 秒先、1 2 0 秒先、および 1 8 0 秒先の主蒸気流量の予測値をそれぞれ出力する複数の主蒸気流量予測モデル M を生成する。なお、予測モデル作成部 1 3 0 は、上記複数の主蒸気流量予測モデル M を生成することに代えて、複数の将来時点にそれぞれ対応する複数の予測値を出力する 1 つの主蒸気流量予測モデル M を生成してもよい。

[0079] また、予測モデル作成部130は、学習期間（学習データの蓄積期間）を変え、長さが異なる複数の学習期間の学習データに基づく複数の主蒸気流量予測モデルMを生成する。例えば、予測モデル作成部130は、1日分の学習データ、2日分の学習データ、…、7日分の学習データにそれぞれ対応する主蒸気流量予測モデルMを生成する。

[0080] <4.4 予測モデル判定部>

予測モデル判定部140は、予測モデル作成部130により生成された複数の学習期間に対応する複数の主蒸気流量予測モデルMについて評価を行い、蒸気流量予測部150で用いる主蒸気流量予測モデルMを選定する。

[0081] 図10は、予測モデル判定部140による評価処理の一例を示す図である。本実施形態では、予測モデル判定部140は、二乗平均平方根誤差（RMSE : Root Mean Square Error）と、平均絶対スケール誤差（MASE : Mean Absolute scale Error）などの精度指標に基づき、複数の学習期間に対応する複数の主蒸気流量予測モデルMについて評価を行う。本実施形態では、各学習期間に対応する主蒸気流量予測モデルMとして、60秒先、120秒先、および180秒先の主蒸気流量をそれぞれ予測する複数の主蒸気流量予測モデルMの組が評価される。そして、複数の学習期間に対応する複数の主蒸気流量予測モデルMのなかで、複数の将来時点（60秒先、120秒先、および180秒先）の予測精度が総合的に最も高くなる学習期間に対応する主蒸気流量予測モデルMの組が選定される。図10に示される例では、5日分の学習期間に対応する主蒸気流量予測モデルMの組が選択される。予測モデル判定部140により選択された主蒸気流量予測モデルMは、蒸気流量予測部150に出力される。なお図10中におけるS1～S7の値は、RMSEまたはMASEの計算式に基づき具体的に算出された値であり、 $S1 < S2 < S3 < S4 < S5 < S6 < S7$ である例を示す。

[0082] <4.5 主蒸気流量予測部>

蒸気流量予測部150は、焼却設備SFの運転段階において、調整処理部PUにより生成されたデータセットと、予測モデル判定部140により選択

された主蒸気流量予測モデルMとを用いて、将来時点における主蒸気流量の予測値を導出する。本実施形態では、60秒先、120秒先、および180秒先の主蒸気流量をそれぞれ予測する複数の主蒸気流量予測モデルMが用いられ、60秒先、120秒先、および180秒先の主蒸気流量の予測値が導出される。蒸気流量予測部150は、所定の周期（例えば毎秒や10秒毎）に主蒸気流量の予測値を導出する。蒸気流量予測部150は、導出された主蒸気流量の予測値を、制御部160に出力する。

[0083] <4.6 制御部>

制御部160は、蒸気流量予測部150により導出された主蒸気流量の予測値（例えば、60秒先、120秒先、および180秒先の予測値）に基づき、処理空間Vの燃焼制御を行う。具体的には、制御部160は、処理空間Vの燃焼状態の変動量が小さくなるように、制御対象装置Sを制御する。

[0084] 図11は、制御部160による制御内容の一例を示す図である。制御部160は、主蒸気流量の将来的な予測値（例えば、60秒先、120秒先、および180秒先の予測値のいずれか）が予め設定された下限閾値TH1を下回る場合に、将来的に燃焼不足が生じると判定し、燃焼を促進させる制御を行う。また、制御部160は、主蒸気流量の将来的な予測値（例えば、60秒先、120秒先、および180秒先の予測値のいずれか）が予め設定された上限閾値TH2を上回る場合、将来的に燃焼過多が生じると判定し、燃焼を抑制する制御を行う。

[0085] 本実施形態では、設定値（基準値）に対する予測値の偏差に基づいて制御指示が出力されるため、主蒸気流量の変動を抑制することができる。すなわち本実施形態では、主蒸気流量の実測値が下限閾値TH1または上限閾値TH2に到達した時点（図11中のA点）ではなく、主蒸気流量の将来時点の予測値が下限閾値TH1または上限閾値TH2に到達した時点（図11中のB点）で燃焼制御を変更する制御指示が出力される。予測値に基づいて制御が行われる場合の主蒸気流量の変動（図11中の2点鎖線を参照）は、実測値に基づいて制御が行われる場合の主蒸気流量の変動（図11中に実線を参

照)と比べて小さくなる。

- [0086] 具体的には、制御部160は、フィーダ制御部161、空気供給制御部162、および火格子制御部163を含む。各制御部は、例えばPI制御(比例積分制御)を行う。ただし、制御アルゴリズムは、PI制御に限定されず、公知の種々の制御アルゴリズムを用いることが可能である。
- [0087] フィーダ制御部161は、フィーダ12の動きを示すプロセス値を押出装置13から取得し、例えばPI制御に基づいてフィーダ12に関する制御指示値を生成する。フィーダ制御部161は、生成した制御指示値を押出装置13に出力することで、フィーダ12の動きを制御し、処理空間Vに対するごみGの供給量を制御する。例えば、フィーダ制御部161は、燃焼を促進する場合にごみGの供給量を増加させる。一方で、フィーダ制御部161は、燃焼を抑制する場合にごみGの供給量を減少させる。
- [0088] 空気供給制御部162は、送風機51の回転数および／またはダンパ55の開度に関するプロセス値を送風機51またはダンパ55から取得し、例えばPI制御に基づいて送風機51および／またはダンパ55に関する制御指示値を生成する。空気供給制御部162は、生成した制御指示値を送風機51および／またはダンパ55に出力することで、送風機51および／またはダンパ55を制御し、処理空間Vに対する空気(例えば燃焼空気)の供給量を制御する。例えば、空気供給制御部162は、燃焼を促進する場合に空気の供給量を増加させる。一方で、空気供給制御部162は、燃焼を抑制する場合に空気の供給量を減少させる。
- [0089] 火格子制御部163は、火格子31の移動速度に関するプロセスデータを火格子駆動装置32から取得し、例えばPI制御に基づいて火格子31に関する制御指示値を生成する。火格子制御部163は、生成した制御指示値を火格子駆動装置32に出力することで、火格子31を制御し、ごみGの攪拌状態を制御する。例えば、火格子制御部163は、燃焼を促進する場合に火格子31の移動速度を増加させる。一方で、火格子制御部163は、燃焼を抑制する場合に火格子31の移動速度を減少させる。

[0090] <5 処理の流れ>

次に、上述した制御装置100における処理の流れの一例について説明する。ただし、以下に説明する処理の順番は、以下の例に限定されず、適宜入れ替えられてもよい。

[0091] <5. 1 予測モデルの作成>

まず、主蒸気流量予測モデルMの作成処理（学習処理）について説明する。以下に説明する主蒸気流量予測モデルMの作成処理は、後述する焼却設備SFの運転段階においても並行して実行される。

[0092] 図12は、予測モデルの作成処理の流れを示すフローチャートである。まず、情報取得部110は、各種センサの検出結果およびプロセスデータを取得する（S101）。次に、データ変換部120は、情報取得部110により取得された各種センサの検出結果およびプロセスデータに基づき、主蒸気流量予測モデルMに入力するデータセットを生成する（S102）。すなわち、データ変換部120は、各種推定式を用いた計算やクラスタリングを行い、それらで得られた入力情報に対して時間遅れに関する調整処理などを行うことで、データセットを生成する。

[0093] 次に、予測モデル作成部130は、データ変換部120によって生成されたデータセットを、複数日に亘り蓄積する（S103）。そして、予測モデル作成部130は、学習期間（学習データの蓄積期間）を可変させて、長さが異なる複数の学習期間の学習データに基づく複数の主蒸気流量予測モデルMを生成する（S104）。

[0094] 次に、予測モデル判定部140は、予測モデル作成部130により生成された学習期間が異なる複数の主蒸気流量予測モデルMについて評価を行い、蒸気流量予測部150で用いる主蒸気流量予測モデルMを選定する（S105）。本実施形態では、予測モデル判定部140は、予測モデル作成部130により新しく生成された複数の主蒸気流量予測モデルMのなかに、蒸気流量予測部150で現在使用中の主蒸気流量予測モデルMよりも予測精度が高くなる主蒸気流量予測モデルMがあるか否かを判定する。

[0095] そして、新しく生成された複数の主蒸気流量予測モデルMのなかに現在使用中の主蒸気流量予測モデルMよりも予測精度が高くなる主蒸気流量予測モデルMがない場合（S105：NO）、S103の処理の前に戻り、S103およびS104の処理が再び行われる。一方で、新しく生成された複数の主蒸気流量予測モデルMのなかに現在使用中の主蒸気流量予測モデルMよりも予測精度が高くなる主蒸気流量予測モデルMがある場合（S106：YES）、予測モデル判定部140は、予測精度が高くなる主蒸気流量予測モデルMを蒸気流量予測部150に出力し、使用する主蒸気流量予測モデルMを更新させる（S107）。以上説明したS101からS107の処理は、焼却設備SFの運転段階において繰り返し実行される。

[0096] ＜5. 2 燃焼設備の運転段階の処理＞

次に、焼却設備SFの運転段階の処理について説明する。

図13は、燃焼設備の運転段階の処理の流れを示すフローチャートである。まず、情報取得部110は、各種センサの検出結果およびプロセスデータを取得する（S201）。次に、データ変換部120は、情報取得部110により取得された各種センサの検出結果およびプロセスデータに基づき、主蒸気流量予測モデルMに入力するためのデータセットを生成する（S202）。データ変換部120は、生成したデータセットを蒸気流量予測部150に出力する。

[0097] 次に、蒸気流量予測部150は、データ変換部120から受け取るデータセットと、主蒸気流量予測モデルMとに基づいて、将来時点の主蒸気流量の予測値を導出する（S203）。蒸気流量予測部150は、導出した将来時点の主蒸気流量の予測値を制御部160に出力する。次に、制御部160は、主蒸気流量の予測値に基づき、制御対象装置Sの制御量を導出する（S204）。そして、制御部160は、導出した制御量に基づく制御指示値を制御対象装置Sに出力する（S205）。以上説明したS201からS205の処理は、焼却設備SFの運転段階において繰り返し実行される。

[0098] ＜6. 作用効果＞

主蒸気流量は、ごみGの供給状態やごみGの性状によって大きく変動する可能性がある。このため、燃焼工程以降の情報から予測を行う場合、主蒸気流量の予測精度を高めることが難しい場合がある。

[0099] 一方で、本実施形態では、制御装置100は、焼却設備SF内の処理空間Vへ供給される前のごみGに関する情報を取得する情報取得部110と、情報取得部110により取得された上記情報を含む予測用情報に基づき、焼却設備SFの排熱回収ボイラ3で生成される主蒸気流量を予測する蒸気流量予測部150と、蒸気流量予測部150により予測された主蒸気流量に基づき燃焼制御を行う制御部160と、備える。

[0100] このような構成によれば、処理空間Vに供給される前のごみGに関する情報に基づいて主蒸気流量が予測されるため、主蒸気流量を高い精度で予測することが可能になる。これにより、制御装置100は、主蒸気流量の高精度の予測値に基づき燃焼制御を行うことが可能になる。その結果、主蒸気流量の変動幅を抑制することができる。

[0101] 図14は、本実施形態に係る予測値と実測値の比較結果の一例を示す図である。図14に示すように、制御装置100による主蒸気流量の予測値は、主蒸気流量の実測値の変動に対して高い精度で追随していることが確認できる。また本実施形態の制御装置100による主蒸気流量の予測値によれば、燃焼工程以降の情報のみから予測を行う場合と比べて、予測精度が改善することが本発明者らにより確認されている。

[0102] <7. 変形例>

上述した実施形態では、各入力情報に対して個別に設定された時間遅れ設定値は、各入力情報と主蒸気流量との相関関係が最も高くなる時間遅れ設定値が選定されて設定された後、設定された時間遅れ設定値が固定値として用いられる。しかしながら、時間遅れ調整部PUBは、所定の周期で、各入力情報と主蒸気流量との相関関係を計算し直し、各入力情報と主蒸気流量との相関関係がより高くなるように時間遅れ設定値を変更してもよい。このような構成によれば、ごみGの性状が季節やその他の要因によって変わる場合で

も、主蒸気流量の予測精度をさらに高めることができる場合がある。

[0103] (その他の実施形態)

以上、本開示の実施形態について図面を参照して詳述したが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本開示の要旨を逸脱しない範囲の設計変更なども含まれる。

[0104] 図14は、本実施形態に係るコンピュータ1100の構成を示すハードウェア構成図である。コンピュータ1100は、例えば、プロセッサ1110、メインメモリ1120、ストレージ1130、インターフェース1140を備える。

[0105] 上述の制御装置100の各機能部は、コンピュータ1100に実装される。そして、上述した各機能部の動作は、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、上述した各機能部が使用する記憶領域をメインメモリ1120に確保する。

[0106] 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。また、コンピュータ1100は、上記構成に加えて、又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。

[0107] 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

体メモリなどが挙げられる。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、インターフェース 1140 又は通信回線を介してコンピュータ 1100 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。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。

[0108] <付記>

各実施形態に記載の制御装置 100 は、例えば以下のように把握される。

[0109] (1) 第 1 の態様に係る制御装置 100 は、焼却設備 S F 内の処理空間 V へ供給される前の被焼却物 G に関する情報を取得する情報取得部 110 と、情報取得部 110 により取得された上記情報を含む予測用情報に基づき、焼却設備 S F の排熱回収ボイラ 3 で生成される主蒸気流量を予測する蒸気流量予測部 150 と、蒸気流量予測部 150 により予測された主蒸気流量に基づき燃焼制御を行う制御部 160 と、備える。なお「予測用情報」とは、予測専用の情報という意味ではなく、予測に供することができる情報という広い概念の意味で用いている。すなわち、予測用情報とは、主蒸気流量の予測とは異なる目的を主目的として収集または記憶されている情報でもよい。

[0110] このような構成によれば、処理空間 V に供給される前の被焼却物 G に関する情報に基づいて主蒸気流量が予測されるため、主蒸気流量を高い精度で予測することが可能になる。これにより、制御装置 100 は、主蒸気流量の高精度の予測値に基づき燃焼制御を行うことが可能になる。

[0111] (2) 第 2 の態様に係る制御装置 100 は、上記第 1 の態様の制御装置 100 であって、上記情報は、被焼却物 G の性状に関する情報を含む。「被焼却物 G の性状に関する情報」は、例えば、被焼却物 G の水分に関する値（水分

率または水分量など）、被焼却物 G の重量、被焼却物 G の高さ、被焼却物 G の体積、被焼却物 G の密度（かさ密度または真密度）、および被焼却物 G の発熱量のうち 1 つ以上である。

[0112] このような構成によれば、主蒸気流量に影響を与える被焼却物 G の性状を反映させて主蒸気流量を予測することができる。これにより、主蒸気流量をさらに高い精度で予測することができる。

[0113] （３）第３の態様に係る制御装置 １００は、上記第１又は第２の態様の制御装置 １００であって、上記情報は、前記焼却設備 S F のホッパ １１内での被焼却物 G の堆積状態を示す堆積状態情報を含む。

[0114] このような構成によれば、主蒸気流量に対して影響を与えるホッパ １１内での被焼却物 G の堆積状態を反映させて主蒸気流量を予測することができる。これにより、主蒸気流量をさらに高い精度で予測することができる。

[0115] （４）第４の態様に係る制御装置 １００は、上記第３の態様の制御装置 １００であって、上記堆積状態情報は、焼却設備 S F における被焼却物 G の搬送方向 D の下流側から、処理空間 V の火炎を透過してホッパ １１の出口部 １１ｂが撮像された赤外面像を含む。

[0116] このような構成によれば、赤外面像に基づいてホッパ １１内での被焼却物 G の堆積状態をより高い精度で反映させることができる。これにより、主蒸気流量をさらに高い精度で予測することができる。

[0117] （５）第５の態様に係る制御装置 １００は、上記第１から第４の態様のうちいずれか１つの制御装置 １００であって、上記情報は、焼却設備 S F のホッパ １１から処理空間 V への被焼却物 G の供給状態を示す供給状態情報を含む。

[0118] このような構成によれば、主蒸気流量に対して影響を与えるホッパ １１から処理空間 V への被焼却物 G の供給状態を反映させて主蒸気流量を予測することができる。これにより、主蒸気流量をさらに高い精度で予測することができる。

[0119] （６）第６の態様に係る制御装置 １００は、上記第１から第５の態様のうち

いずれか1つの制御装置100であって、上記情報に含まれるまたは上記情報から得られる、焼却設備SFのホッパ11内での被焼却物Gの密度またはホッパ11内での被焼却物Gの水分計測結果に基づいて被焼却物Gの低位発熱量を推定する発熱量推定部（第1発熱量推定部121または第2発熱量推定部122）をさらに備え、蒸気流量予測部150は、上記発熱量推定部により推定された低位発熱量に基づき主蒸気流量を予測する。

[0120] このような構成によれば、ホッパ11内での被焼却物Gの密度または水分計測結果から推定される被焼却物Gの低位発熱量を反映させて主蒸気流量を予測することができる。これにより、主蒸気流量をさらに高い精度で予測することができる。

[0121] （7）第7の態様に係る制御方法は、焼却設備SF内の処理空間Vへ供給される前のごみGに関する情報を取得し、取得した上記情報を含む予測用情報に基づき、焼却設備SFの排熱回収ボイラ3で生成される主蒸気流量を予測し、予測した主蒸気流量に基づき燃焼制御を行う、ことを含む。このような構成によれば、第1の態様に係る制御装置100と同様に、主蒸気流量の高精度の予測値に基づき燃焼制御を行うことが可能になる。

[0122] （8）第8の態様に係るプログラムは、コンピュータに、焼却設備SF内の処理空間Vへ供給される前のごみGに関する情報を取得させ、取得させた上記情報を含む予測用情報に基づき、焼却設備SFの排熱回収ボイラ3で生成される主蒸気流量を予測させ、予測させた主蒸気流量に基づき燃焼制御を行わせる、ことを含む。このような構成によれば、第1の態様に係る制御装置100と同様に、主蒸気流量の高精度の予測値に基づき燃焼制御を行うことが可能になる。

産業上の利用可能性

[0123] 本開示は、例えば都市ごみ、産業廃棄物、またはバイオマスなどの焼却設備を制御するための制御装置に関する。本開示の制御装置によれば、主蒸気流量の高精度の予測値に基づき燃焼制御を行うことができる。

符号の説明

[0124] S F…焼却設備、G…被焼却物（ごみ）、1…クレーン、2…焼却炉、3…排熱回収ボイラ、4…減温塔、5…集塵装置、6…煙道、7…煙突、10…供給機構、11…ホッパ、11a…入口部、11b…出口部、12…フィーダ、13…押出装置、14…物体計測器、15…水分計測器、20…炉本体、20a…乾燥段、20b…燃焼段、20c…後燃焼段、V…処理空間、21…可視光カメラ、22…赤外カメラ、30…ストーカ、31…火格子、32…火格子駆動装置、41…風箱、41a…風箱圧力センサ、50…送風機構、51…送風機、52…一次空気ライン、53…空気予熱器、54…二次空気ライン、55…ダンパ、56…空気流量センサ、61…ボイラ本体、62…管路、63…放射温度センサ、64…炉内圧力センサ、65…給水流量センサ、66…過熱器減温器流量センサ、100…制御装置、110…情報取得部、120…データ変換部、130…予測モデル作成部、140…予測モデル判定部、150…蒸気流量予測部、160…制御部

請求の範囲

- [請求項1] 焼却設備内の処理空間へ供給される前の被焼却物に関する情報を取得する情報取得部と、
前記情報取得部により取得された前記情報を含む予測用情報に基づき、前記焼却設備のボイラで生成される主蒸気流量を予測する蒸気流量予測部と、
前記蒸気流量予測部により予測された前記主蒸気流量に基づき燃焼制御を行う制御部と
を備える制御装置。
- [請求項2] 前記情報は、前記被焼却物の性状に関する情報を含む、請求項1に記載の制御装置。
- [請求項3] 前記情報は、前記焼却設備のホッパ内での前記被焼却物の堆積状態を示す堆積状態情報を含む、請求項1または請求項2に記載の制御装置。
- [請求項4] 前記堆積状態情報は、前記焼却設備における前記被焼却物の搬送方向の下流側から、前記処理空間の火炎を透過して前記ホッパの出口部が撮像された赤外面像を含む、請求項3に記載の制御装置。
- [請求項5] 前記情報は、前記焼却設備のホッパから前記処理空間への前記被焼却物の供給状態を示す供給状態情報を含む、請求項1から請求項4のうちいずれか一項に記載の制御装置。
- [請求項6] 前記情報に含まれるまたは前記情報から得られる、前記焼却設備のホッパ内での前記被焼却物の密度または前記ホッパ内での前記被焼却物の水分計測結果に基づいて前記被焼却物の低位発熱量を推定する発熱量推定部をさらに備え、
前記蒸気流量予測部は、前記発熱量推定部により推定された前記低位発熱量に基づき前記主蒸気流量を予測する、請求項1から請求項5のうちいずれか一項に記載の制御装置。