

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年4月22日(22.04.2021)



(10) 国際公開番号

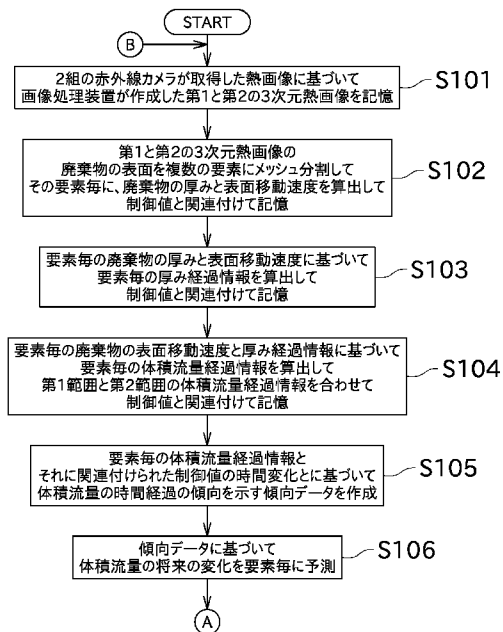
WO 2021/075490 A1

(51) 国際特許分類:
F23G 5/50 (2006.01) F23M 11/04 (2006.01)
(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/038880
(22) 国際出願日: 2020年10月15日(15.10.2020)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願 2019-190902 2019年10月18日(18.10.2019) JP
(71) 出願人: 川崎重工業株式会社 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 Hyogo (JP).

(72) 発明者: 下川 達之(SHIMOKAWA, Tatsuyuki).
(74) 代理人: 桂川 直己(KATSURAGAWA, Naoki); 〒5300012 大阪府大阪市北区芝田2-2-1 7 和光ビル 桂川国際特許事務所 Osaka (JP).
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: COMBUSTION STATE EVALUATION METHOD AND COMBUSTION CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 燃烧状況評価方法及び燃烧制御方法



S101 Store first and second three-dimensional thermal images formed by image processing device on basis of thermal images acquired by two sets of infrared cameras
S102 Mesh-divide surface of waste in first and second three-dimensional thermal images into plurality of elements, calculate thickness and surface moving speed of waste for each element, and store results in association with control value
S103 Calculate thickness progress information for each element on basis of thickness and surface moving speed of waste for each element, and store results in association with control value
S104 Calculate volume flowrate progress information for each element on basis of surface moving speed and thickness progress information of waste for each element, combine volume flowrate progress information in first and second ranges, and store results in association with control value
S105 Generate tendency data indicating tendency of time progress of volume flowrate on basis of volume flowrate progress information for each element and temporal change of associated control value
S106 Predict future change of volume flowrate for each element on basis of tendency data

(57) Abstract: This combustion state evaluation method includes: a formation step; a division step; a first calculation step; a second calculation step; a third calculation step; an identification step; a determination step; and a first evaluation step. In the formation step, a three-dimensional thermal image is formed by observing a waste deposited on at least a combustion unit. In the division step, the waste in the three-dimensional thermal image is mesh-divided into a plurality of elements. In the first calculation step, the thickness of the waste and the surface moving speed of the waste are calculated for each of the elements. In the second calculation step, thickness progress information is calculated for each of the elements. In the third calculation step, volume flowrate progress information is calculated for each of the elements. In the identification step, a combustion-in-progress element is identified. In the determination step, the degree of progress of combustion is

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

identified, and a combustion correction coefficient based on the degree of progress is determined. In the first evaluation step, a heat amount index is calculated.

(57) 要約: この燃焼状況評価方法は、作成工程と、分割工程と、第1算出工程と、第2算出工程と、第3算出工程と、特定工程と、決定工程と、第1評価工程と、を含む。作成工程では、少なくとも燃焼部に堆積した廃棄物を観測して、3次元熱画像を作成する。分割工程では、3次元熱画像の廃棄物を複数の要素にメッシュ分割する。第1算出工程では、廃棄物の厚み、及び、廃棄物の表面移動速度を要素毎に算出する。第2算出工程では、厚み経過情報を要素毎に算出する。第3算出工程では、体積流量経過情報を要素毎に算出する。特定工程では、燃焼途中要素を特定する。決定工程では、燃焼の進行度を特定して当該進行度に応じた燃焼補正係数を決定する。第1評価工程では、熱量指標を算出する。

明 細 書

発明の名称： 燃焼状況評価方法及び燃焼制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、主として、火格子により廃棄物を搬送しながら焼却する火格子式の焼却炉において、安定な燃焼を適切に維持するために燃焼状況を評価する方法に関する。

背景技術

[0002] 焼却炉には、多種多様な廃棄物が投入されるため、投入された廃棄物の性状が変化した場合であっても、安定な燃焼を適切に維持できることが重要となる。また、火格子式の廃棄物焼却炉では、廃棄物を乾燥させる乾燥部と、廃棄物を火炎燃焼させる燃焼部と、廃棄物を後燃焼（オキ燃焼）させる後燃焼部と、に区分されている。安定な燃焼を適切に維持する燃焼制御を行うためには、例えば、火格子に堆積されている廃棄物に関する十分な情報を取得することが重要となる。特許文献1から9には、廃棄物に関する情報を取得して制御する方法が開示されている。

[0003] 特許文献1の方法では、焼却炉の壁部に設けた2つの撮像手段により、火炎の可視画像と、火格子上の廃棄物の赤外線画像（熱画像）を取得し、この可視画像と熱画像とを燃焼制御のために用いる。特許文献2の方法では、2台のテレビカメラを用いて焼却炉内を撮影して可視画像を取得し、これらの画像に基づいて立体画像を作成し、この立体画像を燃焼制御のために用いる。特許文献3から5の方法では、1又は複数の熱画像撮像部により、火格子上の廃棄物の熱画像を撮像し、1又は複数の熱画像を燃焼制御のために用いる。特に、特許文献3及び4では、火炎の影響を除外するために、特定の波長の赤外線を検出する熱画像撮像部を用いることが記載されている。特許文献6の方法では、レーダ装置を用いて火格子上の燃料の3次元分布を取得するとともに、赤外線カメラを用いて火格子上の燃料の温度分布を取得し、これらの情報を燃焼制御のために用いる。特許文献7の方法では、火炎の波長

を除去する光学フィルタを有しているステレオカメラを用いて火格子上の廃棄物の高さを取得して燃え切り位置を推定し、燃え切り位置を燃焼制御のために用いる。特許文献8の方法では、炉内を移動するごみの熱画像を炎越しに連続的に撮像し、熱画像データからごみの炉本体の両側の内壁面との境界線を検出することで、撮影領域におけるごみの推定体積を算出し、ごみの推定体積を燃焼制御に用いる。

先行技術文献

特許文献

- [0004] 特許文献1：特開平10-54532号公報
特許文献2：特開平5-118524号公報
特許文献3：特関2017-187228号公報
特許文献4：特開2018-21686号公報
特許文献5：特開2017-116252号公報
特許文献6：特開平8-35630号公報
特許文献7：特開2018-155411号公報
特許文献8：特許6472035号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] 特許文献1及び2のように可視画像を用いる場合、燃焼部で発生している火炎が邪魔となり、火格子上の廃棄物の形状及び動きを十分に取得できない。そもそも、特許文献2は、異常燃焼の位置を検出するために画像を取得し立体画像を作成しており、火格子上の廃棄物を検出対象としていない。特許文献3から5は、1又は複数の廃棄物の熱画像をそのまま用いるため、廃棄物の詳細な形状及びその動きを十分に取得できない。また、特許文献6のように火格子上の燃料をレーダで検出する場合、高温環境かつ火炎が存在する状況において、廃棄物で反射された電磁波を検出するため、レーダ自体のコストが高くなる。また、特許文献6では、赤外線カメラは、燃料

の形状ではなく温度分布を取得するために用いられている。特許文献7では、廃棄物高さ情報を用いて燃え切り位置を推定しているが、廃棄物の性状に応じて廃棄物の高さだけでなく廃棄物の送り速度も変化するため、廃棄物高さのみからでは、燃焼状態制御を行うために適切な燃え切り位置を算出できないことがある。特許文献8では、ごみの推定体積の算出に使用する情報として、ごみの炉本体の両側の内壁面との境界線のみを使用するため、炉幅方向のごみ高さの違いが考慮されない。その結果、ごみの推定体積の精度が低くなるため、燃焼制御の指標とするためには、誤差が大き過ぎる可能性がある。

[0006] 本発明は以上の事情に鑑みてされたものであり、その主要な目的は、燃焼制御の指標とするために適切な情報を算出する方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の解決しようとする課題は以上の如くであり、次にこの課題を解決するための手段とその効果を説明する。

[0008] 本発明の観点によれば、以下の燃焼状況評価方法が提供される。即ち、この燃焼状況評価方法は、乾燥部と燃焼部と後燃焼部とに区分されており、廃棄物が堆積した状態で間欠的に動作することで当該廃棄物を搬送する火格子を備える焼却炉に対して行われる。この燃焼状況評価方法は、作成工程と、分割工程と、第1算出工程と、第2算出工程と、第3算出工程と、特定工程と、決定工程と、第1評価工程と、を含む。前記作成工程では、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、少なくとも前記乾燥部及び前記燃焼部に堆積した前記廃棄物を観測して、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。前記分割工程では、前記3次元熱画像の前記廃棄物を複数の要素にメッシュ分割する。前記第1算出工程では、前記3次元熱画像に基づいて、前記廃棄物の厚み、及び、前記廃棄物の表面移動速度を前記要素毎に算出する。前記第2算出工程では、前記第1算出工程の算出結果に基づいて、前記要素に位置する前記廃棄物が当該要素に位置するまで

に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、前記要素毎に算出する。前記第3算出工程では、前記第1算出工程及び前記第2算出工程の算出結果に基づいて、前記要素に位置する前記廃棄物が当該要素に位置するまでに体積流量が時系列でどのように変化したかを示す体積流量経過情報を、前記要素毎に算出する。前記特定工程では、前記体積流量経過情報を解析して、燃焼開始可能状態となった後であって、燃え切り状態となる前の前記要素である燃焼途中要素を特定する。前記決定工程では、前記燃焼途中要素に位置する前記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、燃焼の進行度を特定して当該進行度に応じた燃焼補正係数を決定する。前記第1評価工程では、前記燃焼途中要素に対して、前記廃棄物の現時点の体積流量と前記燃焼補正係数を掛ける処理を行い、前記燃焼途中要素毎の算出結果を前記要素の面積比率を考慮して合算することで、当該廃棄物から発生する熱量の指標となる熱量指標を算出する。

[0009] これにより、燃焼途中の廃棄物からは熱分解ガスが発生しているため、燃焼途中の廃棄物を特定することで、熱分解ガスの時間あたりの発生量（発生する熱量）の指標である熱量指標を算出できる。また、熱分解ガスの時間あたりの発生量は常に変化するが、燃焼途中の廃棄物の体積流量と燃焼補正係数を用いて熱量指標を算出することで、現時点の熱量指標を高い精度で算出できる。焼却炉では、発生する熱量を安定させることが望まれるので、このような信頼性の高い熱量指標は、燃焼制御の指標として有用である。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、燃焼制御の指標とするために適切な情報を算出することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の方法を行う対象の焼却炉を含む廃棄物焼却設備の概略構成図。

[図2]焼却炉の機能ブロック図。

[図3]赤外線カメラの取付位置を示す焼却炉の立体模式図。

[図4]燃焼を安定させるために制御装置が行う制御の一部を示すフローチャー

ト。

[図5] 燃焼を安定させるために制御装置が行う制御の残りを示すフローチャート。

[図6] 廃棄物の厚み、表面移動速度、及びメッシュ分割を示す斜視図。

[図7] 厚み経過情報について説明する図。

[図8] 体積流量経過情報及びその予測について説明する図。

[図9] 現時点及び将来の燃焼途中要素の特定結果について説明する平面模式図。

[図10] 第2実施形態の乾燥途中状態及び燃焼途中状態の特定結果について説明する平面模式図。

[図11] 第2実施形態の燃焼を安定させるために制御装置が行う制御の一部を示すフローチャート。

[図12] 第2実施形態の燃焼を安定させるために制御装置が行う制御の残りを示すフローチャート。

[図13] 可視光カメラの取付位置及び仮想平面等を示す焼却炉の立体模式図。

[図14] 第3実施形態の燃焼を安定させるために制御装置が行う制御の一部を示すフローチャート。

[図15] 第3実施形態の燃焼を安定させるために制御装置が行う制御の残りを示すフローチャート。

発明を実施するための形態

[0012] <廃棄物焼却設備の全体構成>初めに、図1を参照して、第1実施形態の焼却炉（廃棄物焼却炉）10を含む廃棄物焼却設備（廃棄物焼却施設）100について説明する。図1は、本発明の方法を行う対象の焼却炉10を含む廃棄物焼却設備100の概略構成図である。なお、以下の説明では、単に上流、下流と記載したときは、廃棄物、燃焼ガス、排ガス、一次空気、二次空気、循環排ガス等が流れる方向の上流及び下流を意味するものとする。

[0013] 図1に示すように、廃棄物焼却設備100は、焼却炉10と、ボイラ30と、蒸気タービン発電設備35と、を備える。焼却炉10は、供給された廃

棄物を焼却する。なお、焼却炉 10 の詳細な構成は後述する。

[0014] ボイラ 30 は、廃棄物の燃焼によって発生した熱を利用して蒸気を生成する。ボイラ 30 は、流路壁に設けられた多数の水管 31 及び過熱器管 32 で、炉内で発生した高温の燃焼ガスと水との熱交換を行うことにより蒸気（過熱蒸気）を生成する。水管 31 及び過熱器管 32 で生成された蒸気は、蒸気タービン発電設備 35 へ供給される。

[0015] 蒸気タービン発電設備 35 は、図略のタービン及び発電装置を含んで構成されている。タービンは、水管 31 及び過熱器管 32 から供給された蒸気によって回転駆動される。発電装置は、タービンの回転駆動力を用いて発電を行う。

[0016] ここで、安定した発電を行うには、ボイラ 30 での蒸気（過熱蒸気）の生成量を安定化させることが必要である。ボイラ 30 での蒸気（過熱蒸気）の生成量を安定化させるためには、ボイラ 30 への入熱を安定させる必要がある。つまり、発電量を一定に保つには、焼却炉 10 からボイラ 30 へ供給される燃焼ガスの保有熱量を安定させて、ボイラ 30 への入熱を安定に保つ必要がある。

[0017] <焼却炉 10 の構成> 焼却炉 10 は、廃棄物を炉内に供給するための給じん装置 40 を備える。給じん装置 40 は、廃棄物投入ホッパ 41 と、給じん装置本体 42 と、を備える。廃棄物投入ホッパ 41 は、炉外から廃棄物が投入される部分である。給じん装置本体 42 は、廃棄物投入ホッパ 41 の底部分に位置し、水平方向に移動可能に構成されている。給じん装置本体 42 は、廃棄物投入ホッパ 41 に投入された廃棄物を下流側に供給する。この給じん装置本体 42 の移動速度、単位時間あたりの移動回数、移動量（ストローク）、及びストローク端の位置（移動範囲）は、制御装置 90 によって制御されている。なお、給じん装置は水平方向に対し多少の角度をもって移動する型式でもよい。

[0018] 給じん装置 40 によって炉内に供給された廃棄物は、搬送部 20 によって、乾燥部 11、燃焼部 12、及び後燃焼部 13 の順に供給されていく。搬送

部 2 0 は、乾燥部 1 1 に設けられた乾燥火格子 2 1 と、燃焼部 1 2 に設けられた燃焼火格子 2 2 と、後燃焼部 1 3 に設けられた後燃焼火格子 2 3 と、で構成されている。従って、搬送部 2 0 は複数段の火格子から構成されている。それぞれの火格子は、各部の底面に設けられており、廃棄物が載置される。

[0019] 火格子は、廃棄物搬送方向に並べて配置された可動火格子と固定火格子とから構成されており、可動火格子が前進、停止、後進、停止等の順で動作することで、廃棄物を下流側へ搬送するとともに、廃棄物を攪拌することができる。可動火格子の動作速度を増速（減速）させることで、廃棄物の搬送速度を増速（減速）させることができる。また、可動火格子の停止時間を短く（長く）することで、廃棄物の搬送速度を増速（減速）させることができる。また、火格子は、気体が通過可能な大きさの隙間を空けて並べて配置されている。

[0020] 乾燥部 1 1 は、焼却炉 1 0 に供給された廃棄物を乾燥させる部分である。乾燥部 1 1 の廃棄物は、乾燥火格子 2 1 の下から供給される一次空気及び隣接する燃焼部 1 2 における燃焼の輻射熱によって乾燥する。その際、熱分解によって乾燥部 1 1 の廃棄物から熱分解ガスが発生する。また、乾燥部 1 1 の廃棄物は、乾燥火格子 2 1 によって燃焼部 1 2 に向かって搬送される。

[0021] 燃焼部 1 2 は、乾燥部 1 1 で乾燥した廃棄物を主に燃焼させる部分である。燃焼部 1 2 では、廃棄物が主に火炎燃焼を起こし火炎が発生する。燃焼部 1 2 における廃棄物及び燃焼により発生した灰及び燃焼しきれなかった未燃物は、燃焼火格子 2 2 によって後燃焼部 1 3 に向かって搬送される。また、燃焼部 1 2 で発生した燃焼ガス及び火炎は、絞り部 1 7 を通過して後燃焼部 1 3 に向かって流れる。なお、燃焼火格子 2 2 は、乾燥火格子 2 1 と同じ高さに設けられているが、乾燥火格子 2 1 よりも低い位置に設けられていてもよい。

[0022] 後燃焼部 1 3 は、燃焼部 1 2 で燃焼しきれなかった廃棄物（未燃物）を燃焼させる部分である。後燃焼部 1 3 では、燃焼ガスの輻射熱と一次空気によ

って、燃焼部 1 2 で燃焼しきれなかった未燃物の燃焼が促進される。その結果、未燃物の殆どが灰となって、未燃物は減少する。なお、後燃焼部 1 3 で発生した灰は、後燃焼部 1 3 の底面に設けられた後燃焼火格子 2 3 によってシュート 2 4 に向かって搬送される。シュート 2 4 に搬送された灰は、廃棄物焼却設備 1 0 0 の外部に排出される。なお、本実施形態の後燃焼火格子 2 3 は、燃焼火格子 2 2 よりも低い位置に設けられているが、燃焼火格子 2 2 と同じ高さに設けられていてもよい。

[0023] 上述したように、乾燥部 1 1、燃焼部 1 2、及び後燃焼部 1 3 では、生じる反応が異なるため、それぞれの壁面等は、生じる反応に応じた構成となっている。例えば、燃焼部 1 2 では火炎燃焼が生じるため、乾燥部 1 1 よりも耐火レベルが高い構造が採用されている。

[0024] 再燃焼部 1 4 は、燃焼ガスに含まれる未燃焼ガスを燃焼させる部分である。再燃焼部 1 4 は、乾燥部 1 1、燃焼部 1 2、及び後燃焼部 1 3 から上方に向かって延び、その途中に二次空気が供給される。これにより、燃焼ガスは二次空気と混合及び攪拌され、燃焼ガスに含まれる未燃焼ガスが再燃焼部 1 4 で燃焼される。なお、燃焼部 1 2 及び後燃焼部 1 3 で生じる燃焼を一次燃焼と称し、再燃焼部 1 4 で生じる燃焼（つまり、一次燃焼で残存した未燃焼ガスの燃焼）を二次燃焼と称する。また、一次燃焼が生じる領域を一次燃焼ゾーン 1 と称し、二次燃焼が生じる領域を二次燃焼ゾーン 2 と称する。

[0025] 気体供給装置 5 0 は、炉内に気体を供給する装置である。本実施形態の気体供給装置 5 0 は、一次空気供給部 5 1 と、二次空気供給部 5 2 と、排ガス供給部 5 3 と、を有している。それぞれの供給部は、気体を誘引又は送出するための送風機によって構成されている。

[0026] 本明細書では、一次燃焼のために供給する気体を一次燃焼用気体と称する。一次燃焼用気体としては、一次空気、循環排ガス、それらの混合ガスが含まれる。一次空気とは、外部から取り込んだ空気であって、燃焼等に用いられていない（即ち、循環排ガスを除く）気体である。従って、一次空気には、外部から取り込んだ空気を加熱等した気体も含まれる。同様に、本明細書

では、二次燃焼のために供給する気体を二次燃焼用気体と称する。二次燃焼用気体としては、二次空気、循環排ガス、それらの混合ガスが含まれる。二次空気の定義は一次空気と同様である。

[0027] 一次空気供給部 5 1 は、一次空気供給経路 7 1 を介して炉内に一次空気を供給する。一次空気供給経路 7 1 は、第 1 供給経路 7 1 a と、第 2 供給経路 7 1 b と、第 3 供給経路 7 1 c と、に分岐されている。なお、一次空気供給経路 7 1 にヒータを設け、各部に供給する一次空気の温度を調整できるようにしてもよい。

[0028] 第 1 供給経路 7 1 a は、乾燥火格子 2 1 の下方に設けられた乾燥段風箱 2 5 に一次空気を供給するための経路である。第 1 供給経路 7 1 a には第 1 ダンパ 8 1 が設けられており、乾燥段風箱 2 5 に供給する一次空気の供給量を調整することができる。また、第 1 ダンパ 8 1 は制御装置 9 0 によって制御されている。

[0029] 第 2 供給経路 7 1 b は、燃焼火格子 2 2 の下方に設けられた燃焼段風箱 2 6 に一次空気を供給するための経路である。第 2 供給経路 7 1 b には第 2 ダンパ 8 2 が設けられており、燃焼段風箱 2 6 に供給する一次空気の供給量を調整することができる。また、第 2 ダンパ 8 2 は制御装置 9 0 によって制御されている。

[0030] 第 3 供給経路 7 1 c は、後燃焼火格子 2 3 の下方に設けられた後燃焼段風箱 2 7 に一次空気を供給するための経路である。第 3 供給経路 7 1 c には第 3 ダンパ 8 3 が設けられており、後燃焼段風箱 2 7 に供給する一次空気の供給量を調整することができる。また、第 3 ダンパ 8 3 は制御装置 9 0 によって制御されている。

[0031] 二次空気供給部 5 2 は、二次空気供給経路 7 2 を介して、焼却炉 1 0 の空気ガス保有空間 1 6 にその上部（天井部）から二次空気を供給するとともに、絞り部 1 7 によって燃焼ガスが方向を転換する部分（絞り部 1 7 の近傍）に二次空気を供給する。また、二次空気供給経路 7 2 には、制御装置 9 0 によって制御される第 4 ダンパ 8 4 が設けられており、各部への二次空気の供

給量を調整することができる。

[0032] 排ガス供給部 53 は、循環排ガス供給経路 73 を介して、廃棄物焼却設備 100 から排出された排ガスを炉内に供給する（再循環させる）。廃棄物焼却設備 100 から排出された排ガスはろ過式の集じん器 60 で浄化され、その一部が排ガス供給部 53 によって燃焼部 12 の両側面（紙面手前側及び紙面奥側の面）から焼却炉 10 へ供給される。なお、排ガスが供給される位置は、特に限定されない。例えば、排ガスは焼却炉 10 の上方（天井部）から供給されてもよく、一方の側面のみから供給されていてもよい。排ガスを焼却炉 10 に供給することで、焼却炉 10 内の酸素濃度が低下し、燃焼温度の局所的な過上昇を抑えることができる。その結果、NO_x の発生を抑えることができる。循環排ガス供給経路 73 には、制御装置 90 によって制御される第 5 ダンパ 85 が設けられており、循環排ガスの供給量を調整することができる。

[0033] 焼却炉 10 には、図 1 及び図 2 に示すように、燃焼状態等を把握するための複数のセンサが設けられている。具体的には、焼却炉内ガス温度センサ 91 と、焼却炉出口ガス温度センサ 92 と、CO ガス濃度センサ 93 と、NO_x ガス濃度センサ 94 と、二次燃焼温度センサ 98 と、ボイラ蒸気量センサ 99 と、赤外線カメラ 95 と、が設けられている。

[0034] 焼却炉内ガス温度センサ 91 は、焼却炉 10 内（例えば空気ガス保有空間 16 よりも下流かつ後燃焼部 13 よりも上流）に配置されており、焼却炉内ガス温度を検出して制御装置 90 へ出力する。焼却炉出口ガス温度センサ 92 は、焼却炉 10 の出口近傍（例えば再燃焼部 14 よりも下流かつボイラ 30 よりも上流）に配置されており、焼却炉出口ガス温度を検出して制御装置 90 へ出力する。CO ガス濃度センサ 93 は、集じん器 60 の下流に配置されており、排ガスに含まれる CO ガス濃度（焼却炉排出 CO ガス濃度）を検出して制御装置 90 へ出力する。NO_x ガス濃度センサ 94 は、集じん器 60 の下流に配置されており、排ガスに含まれる NO_x ガス濃度（焼却炉排出 NO_x ガス濃度）を検出して制御装置 90 へ出力する。二次燃焼温度センサ

98は、二次燃焼ゾーン2に配置されており、二次燃焼ゾーン2の温度である二次燃焼温度を検出して制御装置90へ出力する。ボイラ蒸気量センサ99は、ボイラ30から蒸気タービン発電設備35へ向かう経路に配置されており、この経路を通過する蒸気量、即ちボイラ30が発生させた蒸気量（ボイラ蒸気量）を検出して制御装置90へ出力する。

[0035] 赤外線カメラ95は、2つ1組で設けられている。それぞれの赤外線カメラ95は同じ構造である。また、赤外線カメラ95は、3つ以上が1組として設けられていてもよい。赤外線カメラ95は、3次元熱画像（温度分布を3次的に示す画像）を作成することを目的としているため、複数で1組となっている。そのため、同じ組の複数の赤外線カメラ95の相対位置は予め記憶されている。なお、赤外線カメラ95は、静止画を適切なインターバルで連続して撮像することを主目的とする機器であってもよいし、動画を撮像することを主目的とする機器であってもよい。動画は連続する複数の静止画であるため、何れの機器であっても、熱画像を取得するという機能は同じである。

[0036] 赤外線カメラ95は、炉内の物体から放射される赤外線を検出することで、炉内の熱画像を取得する。個々の赤外線カメラ95が取得する熱画像は、赤外線カメラ95の視点から見た炉内の温度分布を示す画像である。視点とは、計測器である赤外線カメラ95が配置されている位置を示す。また、本実施形態の赤外線カメラ95は、選択透過フィルタ（フィルタ）95aを介して、炉内の熱画像を取得する。選択透過フィルタ95aは、火炎が放射しない波長（例えば3.9 μ m帯）の光を選択的に透過させるフィルタである。なお、ここでの「火炎が放射しない」という文言は、火炎が放射する他の波長の光と比較して大幅に光強度が低い（殆ど照射しない）という意味であり、火炎が全く放射しないことを示すものではない。選択透過フィルタ95aを介して炉内の熱画像を取得することで、火炎以外の物体についての熱画像を取得できる。言い換えれば、火炎を透過して、その奥にある物体の熱画像を取得できる。なお、本実施形態において、選択透過フィルタ95aは、

赤外線カメラ 95 と一体的に構成されているが、別体であってもよい。つまり、炉内の光が通る経路上に選択透過フィルタ 95 a を配置し、この選択透過フィルタ 95 a を透過した透過光を通常の赤外線カメラで処理してもよい。

[0037] 赤外線カメラ 95 は、主に乾燥火格子 21 及び燃焼火格子 22 を搬送される廃棄物の熱画像を取得することを目的としている。具体的には、本実施形態では 2 組の赤外線カメラ 95 が設けられており、1 組目の赤外線カメラ 95 が主に乾燥火格子 21 を搬送される廃棄物（更に言えば燃焼開始位置を含む範囲の廃棄物）を取得することを目的としており、2 組目の赤外線カメラ 95 が主に燃焼火格子 22 を搬送される廃棄物（更に言えば燃え切り位置を含む範囲の廃棄物）を取得することを目的としている。

[0038] また、火炎燃焼開始位置及び燃え切り位置は、供給される廃棄物の性状及び焼却炉 10 の制御によって位置が変化する。そのため、1 組目の赤外線カメラ 95 の撮像範囲に燃焼火格子 22 を搬送される廃棄物が含まれてもよいし、2 組目の赤外線カメラ 95 の撮像範囲に後燃焼火格子 23 を搬送される廃棄物が含まれてもよい。また、廃棄物を漏れなく観察するために、1 組目と 2 組目の赤外線カメラ 95 の撮像範囲は、一部が重複することが好ましい。

[0039] また、赤外線カメラ 95 は、画像の撮像範囲を変更可能な構成であってもよい。この場合、この赤外線カメラ 95 は、焼却炉 10 を停止させること無しに、撮像範囲を変更可能であってもよい。赤外線カメラ 95 は、廃棄物の堆積量が多くなった場合でも適切に画像を取得する等の目的で、火格子及び廃棄物よりも高い位置に配置されている。従って、赤外線カメラ 95 は、下側に向けて傾斜して配置されている。なお、赤外線カメラ 95 を傾斜させずに配置してもよい。

[0040] 図 3 に示すように、廃棄物の搬送方向と上下方向（鉛直方向）に垂直な方向を炉幅方向と称する。1 組目の赤外線カメラ 95 は、乾燥部 11 の炉幅方向の端部に形成されている壁部である側壁 11 a に設けられている。2 つの

赤外線カメラ95は、側壁11aに形成された窓部11bを介して、廃棄物の表面の熱画像（赤外線）を取得する。本実施形態では、左右の側壁11aのうち一方の側壁11aのみに2つの赤外線カメラ95が配置されているが、両方の側壁11aにそれぞれ1又は複数の赤外線カメラ95が配置されていてもよい。

[0041] 2組目の赤外線カメラ95は、後燃焼部13よりも搬送方向の下流側にある壁である奥壁13aに設けられている。2つの赤外線カメラ95は、奥壁13aに形成された窓部13bを介して、廃棄物の表面の熱画像（赤外線）を取得する。

[0042] また、1組目及び2組目の赤外線カメラ95を設ける位置は一例であり、例えば、上記とは異なる壁又は天井に赤外線カメラ95を設けてもよい。

[0043] <制御装置が行う処理>制御装置90は、CPU、RAM、ROM等によって構成されており、種々の演算を行うとともに、廃棄物焼却設備100全体を制御する。画像処理装置96も同様に、CPU、RAM、ROM等によって構成されており、各組の2つの赤外線カメラ95が取得した熱画像に基づいて3次元熱画像を作成する処理（画像合成処理）を行うことができる。本実施形態では、制御装置90と画像処理装置96は、個別のハードウェアであるが、1つのハードウェアが制御装置90と画像処理装置96の両方の機能を有していてもよい。以下、制御装置90が行う燃焼制御であって、特に3次元熱画像を解析して行う制御について、図4及び図5のフローチャートに沿って説明する。図4及び図5は、燃焼を安定させるために制御装置90が行う制御を示すフローチャートである。

[0044] <S101>初めに、制御装置90は、赤外線カメラ95が取得した熱画像に基づいて画像処理装置96が作成した3次元熱画像を記憶する（S101）。本実施形態では、1組目の赤外線カメラ95が取得した熱画像に基づいて、第1の3次元熱画像が作成され、2組目の赤外線カメラ95が取得した熱画像に基づいて、第2の3次元熱画像が作成される。第1の3次元熱画像が作成される位置範囲（廃棄物の範囲、撮像範囲）を第1範囲と称し、第

2の3次元熱画像が作成される位置範囲（廃棄物の範囲、撮像範囲）を第2範囲と称する。

[0045] 複数の熱画像から3次元熱画像を作成する処理は公知の技術なので簡単に説明する。ここでは、各組の2つの赤外線カメラ95を区別するために α 、 β を付けて説明することがある。本実施形態の赤外線カメラ95が取得する熱画像には、火炎は含まれないため、赤外線カメラ α が取得する熱画像には、赤外線カメラ α の位置から見た廃棄物の表面の温度分布が表れている。赤外線カメラ β についても同様である。そして、廃棄物の表面の特定箇所Aが、2つの熱画像のそれぞれ何処に表示されるかを特定する。上述したように赤外線カメラ α と赤外線カメラ β の位置関係は既知なので、三角法等に基づいて、赤外線カメラ α 及び赤外線カメラ β から、廃棄物の特定箇所Aまでの距離を計算できる。この処理を廃棄物の表面の他の部分についても行うことで、廃棄物の表面の位置（3次元座標）を特定できる。

[0046] <S102>次に、制御装置90は、3次元熱画像の廃棄物の表面を複数の要素（分割単位）にメッシュ分割して、その要素毎に（1）廃棄物の厚みと（2）表面移動速度を算出して制御値と関連付けて記憶する（S102）。この処理は、第1の3次元熱画像（第1範囲）と第2の3次元熱画像（第2範囲）のそれぞれに対して個別に行われる。メッシュ分割とは、所定の条件で3次元熱画像の廃棄物を複数の領域に分割することである。本実施形態では、図6に示すように、搬送方向の平行線と炉幅方向の平行線をそれぞれ複数引くことで、廃棄物を格子状に分割している。本実施形態では、メッシュ分割された要素は四角形であるが、別の形状であってもよい。なお、複数の要素の形状や面積はそれぞれ同じであってもよいし、異なってもよい。例えば、重要と考えられる部分だけを細かくメッシュ分割してもよい。また、廃棄物の厚みと表面移動速度は、後述のように燃焼制御の制御値を補正するために用いられるため、これらの値を補正データと称する。

[0047] 上記の（1）に関し、廃棄物の厚みとは、図6に示すように、火格子から廃棄物の表面までの上下方向に沿う長さである。火格子の表面（上面）の位

置は、予め制御装置 90 等に記憶されている。また、3次元熱画像に基づいて、廃棄物の表面の位置を特定できる。従って、この2つの位置（座標）を比較することで、廃棄物の厚みを要素毎に算出できる。以上のようにして、1枚の3次元熱画像に基づいて、ある一時刻における、要素毎の廃棄物の厚みの分布を算出できる。なお、3次元熱画像は順次作成されるので、新たに作成された3次元熱画像に対しても同様に廃棄物の厚みが算出される。このようにして、制御装置 90 は、要素毎の廃棄物の厚みを算出し、所定の記憶部に時系列で記憶する。

[0048] 廃棄物の厚みを算出する意義は以下のとおりである。即ち、乾燥部 11 に堆積した廃棄物は、乾燥火格子 21 の乾燥操作（送り操作）に伴い、この廃棄物に含まれる水分が蒸発することで乾燥し、質量が低減するとともに体積も減少する。つまり、廃棄物の厚みの時間変化は、廃棄物が乾燥していく経過を示すものであり、乾燥操作の進行の程度の一種の指標となる。また、燃焼部 12 に堆積した廃棄物は、燃焼火格子 22 の燃焼操作（送り操作）に伴い、熱分解が生じて熱分解ガスが排出されることで、質量及び体積が低減する。つまり、廃棄物の厚みの時間変化は、廃棄物が熱分解していく経過を示すものであり、燃焼操作の進行の程度の一種の指標となる。

[0049] 上記の（2）に関し、廃棄物の表面移動速度とは、図 6 に示すように、廃棄物の表面が搬送方向に移動する速度である。図 6 では、分かり易くするために比較的厚みが大きい部分に太線を描き、この部分が移動する様子を示している。3次元熱画像には、廃棄物の表面の形状が表れているため、時系列で作成された3次元熱画像に基づいて、廃棄物の表面がどのように動いているかを得ることができる。従って、廃棄物の表面の特定部分の移動距離と、3次元熱画像が取得された時間間隔等と、に基づいて、メッシュ分割された要素毎の表面移動速度を算出できる。以上のようにして、要素毎の廃棄物の表面移動速度の分布を算出できる。なお、3次元熱画像は順次作成されるので、新たに作成された3次元熱画像及びその過去の3次元熱画像を用いて、廃棄物の新たな表面移動速度が算出される。このようにして、制御装置 90

は、廃棄物の表面移動速度を算出し、所定の記憶部に時系列で記憶する。

[0050] 廃棄物の表面移動速度を算出する意義は以下のとおりである。即ち、乾燥部 11 の廃棄物の移動速度の時間変化は、乾燥部 11 に堆積した廃棄物が乾燥火格子 21 の乾燥操作（送り操作）により、体積を減少させながら、搬送方向に送られていく実速度を示すものであり、乾燥操作によって、廃棄物がどう「動かされてきた」かの指標である。また、燃焼部 12 の廃棄物の表面移動速度は、燃焼部 12 に堆積した廃棄物が燃焼火格子 22 の燃焼操作（送り操作）により、体積を減少させながら、送り方向に送られていく実速度を示すものであり、燃焼操作によって、廃棄物がどう「動かされてきた」かの指標である。なお、廃棄物の表面以外がどのように移動するかは 3 次元熱画像からは算出できないため、本実施形態では、「廃棄物の表面移動速度」が「廃棄物全体の移動速度」を示すとみなして、以降の計算を行う。

[0051] 制御値とは、焼却炉 10 の燃焼状態を制御するために変更される値であり、例えば、各火格子の搬送速度、一次燃焼用気体の供給量、及び二次燃焼用気体の供給量等を定めるための値である。廃棄物の厚み、表面移動速度、及び後述の体積流量は、この制御値の影響を受ける。そのため、制御値の影響を考慮して評価及び制御を行うために、制御装置 90 は、廃棄物の厚み及び表面移動速度を、焼却炉 10 に設定した制御値と関連付けて記憶している。また、メッシュ分割された要素に応じて制御値が異なる場合（例えば乾燥火格子 21 上の要素と、燃焼火格子 22 上の要素と、後燃焼火格子 23 上の要素と、では火格子の搬送速度が異なる）、制御装置 90 は、対応する要素に応じた制御値と関連付けて廃棄物の厚み及び表面移動速度を記憶する。

[0052] <S103>次に、制御装置 90 は、要素毎の廃棄物の厚みと表面移動速度に基づいて、要素毎の厚み経過情報を算出して制御値と関連付けて記憶する（S103）。この処理は、第 1 範囲と第 2 範囲の情報に対して個別に行われる。厚み経過情報とは、図 7 に示すように、前記要素に位置する前記廃棄物が当該要素に位置するまでに、厚みが時系列でどのように変化したかを示す情報である。図 7 には、各要素の厚み経過情報がそれぞれグラフで模式

的に示されている。このグラフに示すように、厚み経過情報は、「厚み」と「時間経過に伴う搬送方向位置」を対応付けた情報である。つまり、厚み経過情報とは、例えば要素Aに着目した場合、現時点で要素Aにある廃棄物が、過去に上流側の位置に存在していた時点でどのような厚みであったかを示す情報である。なお、厚み経過情報は、厚みと時刻を対応付けた情報であってもよい。

[0053] 厚み経過情報は、例えば以下のようにして算出できる。例えば、ある要素Aに着目した場合、現時点で要素Aの位置にある廃棄物の搬送経過（つまり、どの時刻にどの要素に位置していたか）は、要素A及びその上流側の要素の現時点及び過去の表面移動速度に基づいて算出できる。また、要素毎かつ時刻毎の廃棄物の厚みは、ステップS102で算出されて記憶されている。従って、廃棄物の搬送経過が示す時刻及び要素と、廃棄物の厚みと、を対応付けることで、厚み経過情報を算出できる。このようにして、制御装置90は、廃棄物の厚み及び表面移動速度に基づいて、厚み経過情報を算出する。なお、3次元熱画像は順次作成されるので、新たに作成された3次元熱画像を用いて同様の計算を行うことで、廃棄物の新たな厚み経過情報が算出される。制御装置90は、算出した厚み経過情報を所定の記憶部に時系列で記憶する。なお、厚み経過情報を制御値と関連付ける処理及び理由は、ステップS102と同様である。

[0054] 厚み経過情報を得る意義は以下のとおりである。即ち、乾燥部11の厚み経過情報は、乾燥部11に堆積した廃棄物が乾燥火格子21の乾燥操作（送り操作）により、火格子上を堆積して通過していくなかで、どのように体積を減少させながら、送り方向に送られていく過程を示すものであり、乾燥操作によって、廃棄物がどう体積を減らしてきたのかの指標である。また、燃焼部12の厚み経過情報は、燃焼部12に堆積した廃棄物が燃焼火格子22の燃焼操作（送り操作）により、火格子上を堆積して通過していくなかで、どのように体積を減少させながら、送り方向に送られていく過程を示すものであり、燃焼操作によって、廃棄物がどう体積を減らしてきたのかの指標で

ある。

[0055] <S 1 0 4>次に、制御装置 9 0 は、要素毎の廃棄物の表面移動速度と厚み経過情報に基づいて、要素毎の体積流量経過情報を算出し、第 1 範囲と第 2 範囲の体積流量経過情報を合わせて制御値と関連付けて記憶する（S 1 0 4）。初めに、第 1 範囲と第 2 範囲のそれぞれに対して、体積流量経過情報を算出する処理がそれぞれ行われる。

[0056] 体積流量経過情報とは、図 8 に示すように、前記要素に位置する前記廃棄物が当該要素に位置するまでに体積流量が時系列でどのように変化したかを示す情報である。図 8 の上側の図には、各要素の体積流量経過情報がそれぞれグラフで模式的に示されている。このグラフに示すように、体積流量経過情報は、「体積流量」と「時間経過に伴う搬送方向位置」を対応付けた情報である。つまり、体積流量経過情報とは、例えば要素 A に着目した場合、現時点で要素 A にある廃棄物が、過去に上流側の位置に存在していた時点でどのような体積流量であったかを示す情報である。なお、体積流量経過情報は、体積流量と時刻の対応関係を示す情報であってもよい。

[0057] 体積流量は、単位時間に移動する廃棄物の体積である。従って、体積流量は、「廃棄物の厚み」、「廃棄物の表面移動速度」、「炉幅長さ」をそれぞれ掛け合わせることで、算出できる。また、要素毎の体積流量を算出する場合の炉幅長さは、各要素の炉幅長さである。従って、体積流量経過情報は、「厚み経過情報が示す廃棄物の厚み」と「廃棄物の表面移動速度」を要素（位置）及び時刻を合わせて掛け合わせた値に、「各要素の炉幅長さ」を掛けることで算出できる。このようにして、制御装置 9 0 は、要素毎の体積流量経過情報を算出する。

[0058] 次に、制御装置 9 0 は、第 1 範囲と第 2 範囲の体積流量経過情報を合わせて、1 つの体積流量経過情報を生成する。また、第 1 範囲と第 2 範囲は一部が重複している。従って、重複している範囲については、平均をとったり、何れか一方の体積流量経過情報を用いる等して、値を決定する。これにより、第 1 範囲と第 2 範囲を含む（つまり、乾燥部 1 1 から後燃焼部 1 3 の一部

までの範囲を含む) 体積流量経過情報が算出できる。

[0059] 制御装置 90 は、この体積流量経過情報を所定の記憶部に記憶する。なお、3次元熱画像は順次作成されるので、新たに作成された3次元熱画像を用いて同様の計算を行うことで、廃棄物の新たな体積流量経過情報が算出される。制御装置 90 は、算出した体積流量経過情報を制御値と関連付けて所定の記憶部に時系列で記憶する。なお、体積流量経過情報を制御値と関連付ける処理及び理由は、ステップ S102 と同様である。また、炉幅長さは定数なので、体積流量経過情報は、廃棄物の厚み及び表面移動速度のみの関数である。言い換えれば、体積流量経過情報は、廃棄物の厚みだけでなく、移動速度も含む概念の情報である。

[0060] なお、各火格子の炉幅長さが一定であって各要素の炉幅長さが一定である場合は、体積流量経過情報を算出する際に、炉幅長さを掛ける処理を省略してもよい。なぜなら、燃焼制御に必要となるのは、体積流量の具体的な値ではなく、その変化態様だからである。言い換えれば、図 8 の上側の図のグラフの縦軸は、具体的な体積流量に限られず、体積流量に比例する(相関する)値であってもよい。

[0061] 体積流量経過情報を取得する意義は以下のとおりである。即ち、乾燥部 11 に堆積した廃棄物は、乾燥火格子 21 の乾燥操作(送り操作)に伴い、水分が蒸発することで圧縮されて、質量及び体積が低減する。つまり、体積流量経過情報は、廃棄物が乾燥していく経過を示すものであり、乾燥操作の進行の程度の直接的な指標である。ここで、廃棄物の乾燥が進行し、廃棄物からの水分が蒸発する状態(乾燥状態)から、水分の蒸発量が減少して廃棄物層の内部温度が上昇することで、廃棄物から熱分解ガスが発生する状態(熱分解状態)に移行する。また、熱分解状態となることで燃焼が開始可能となるため、熱分解状態に移行した後の状態を「燃焼開始可能状態」と称する。また、燃焼開始可能状態に移行することで、廃棄物の体積変化の程度が小さくなる。そのため、体積流量経過情報は、燃焼開始可能状態の程度を評価するのに最も適した指標である。

[0062] また、燃焼部 1 2 に堆積した廃棄物は、燃焼火格子 2 2 の燃焼操作（送り操作）に伴い、熱分解が生じて熱分解ガスが排出されることで、質量及び体積が低減する。つまり、体積流量経過情報は、廃棄物が熱分解していく経過を示すものであり、燃焼操作の進行の程度の直接的な指標である。特に、廃棄物燃焼反応が進行するにつれて、廃棄物の熱分解ガス化反応（廃棄物の体積変化の程度が大きい反応）が減少し、残留する未燃炭素の後燃焼反応（廃棄物の体積変化の程度が小さい反応）に移行する。従って、体積流量経過情報は、「燃え切り状態」の程度を評価するのに最も適した指標である。

[0063] <S 1 0 5>次に、制御装置 9 0 は、要素毎の体積流量経過情報とそれに関連付けられた制御値の時間変化とに基づいて、体積流量の時間変化の傾向を示す傾向データを作成する（S 1 0 5）。廃棄物は、様々な性状の物質が様々な割合で混合したものであり、性状及び混合割合は不明である。また、廃棄物の体積変化は、焼却炉 1 0 の構成及び制御にも依存する。そのため、一般的には、廃棄物の体積流量の変化の傾向を把握することは困難である。しかし、本実施形態では、廃棄物をメッシュ分割して要素毎の体積流量経過情報を算出しているため、体積流量の変化が平均化されにくい。更に、メッシュ分割することで、体積流量に関する詳細かつ多量の情報を得ることができる。そして、この体積流量経過情報に影響を及ぼす制御値を、体積流量経過情報と関連付けて記憶している。以上により、本実施形態では、体積流量の変化傾向と、制御値が体積流量に及ぼす影響と、をある程度特定することが可能な傾向データを作成できる。

[0064] ここで作成される傾向データは、記憶部に蓄積された体積流量経過情報及び制御値をデータベース化したものであってもよい。あるいは、記憶部に蓄積された体積流量経過情報及び制御値を機械学習させて構築されたモデルであってよい。体積流量の予測を行うために、このモデルは、例えば現時点までの体積流量と制御値を入力として、将来の体積流量の変化を出力するものであることが好ましい。

[0065] <S 1 0 6>次に、制御装置 9 0 は、傾向データに基づいて、体積流量の

将来の変化を要素毎に予測する（S 1 0 6）。図 8 に示すように、例えば要素 A に着目した場合、要素 A に位置する廃棄物の体積流量が今後どのように変化するかを予測する。

[0066] 具体的には、制御装置 9 0 は、初めに、着目した要素の現時点までの体積流量の変化と制御値の変化を読み出す。また、上述した傾向データには、体積流量の変化傾向及び制御値が体積流量に及ぼす影響が含まれているので、傾向データを用いることで、この要素に位置する廃棄物の将来の体積流量の変化を予測できる。この予測を複数の要素に対して行うことで、焼却炉 1 0 の廃棄物の全体の動きを予測できる。また、将来の体積流量の変化を予測することで、過去から将来までの期間の体積流量経過情報を算出できる。

[0067] なお、傾向データが体積流量経過情報のデータベースである場合、制御装置 9 0 は、例えば着目する要素の「現時点までの体積流量の変化及び制御値」に類似する過去のデータを検索する。そして、制御装置 9 0 は、類似する 1 又は複数の過去のデータを抽出し、この抽出したデータにおいて体積流量がどのように変化しているかに基づいて、着目するデータの体積流量の変化を予測する。また、傾向データが機械学習により構築されたモデルである場合、着目する要素の「現時点までの体積流量の変化及び制御値」を入力することで、着目するデータの将来の体積流量の変化が出力される。

[0068] < S 2 0 1 > 次に、制御装置 9 0 は、現時点と将来の廃棄物について、燃焼開始可能状態、燃え切り状態となる要素を特定する（S 2 0 1）。上述したように、燃焼開始可能状態に移行するタイミングで、廃棄物の体積流量が大きく低下する。その後、燃え切り状態に移行するタイミングにおいて、廃棄物の体積流量が再び大きく低下する。従って、体積流量の変化に基づいて、燃焼開始可能状態、燃え切り状態となる要素を特定できる。なお、体積流量の変化の程度は、焼却炉 1 0 の制御値に応じて異なるため、制御値に応じた条件（例えば閾値）を用いて特定を行うことが好ましい。

[0069] 制御装置 9 0 は、この処理を、現時点までの体積流量経過情報（ステップ S 1 0 4 で算出した情報）に対して行う。これにより、現時点の廃棄物につ

いて、燃焼開始可能状態、燃え切り状態となる要素を特定できる。また、制御装置 90 は、この処理を、例えば第 1 時間経過後の体積流量経過情報（ステップ S 106 で予測した情報）に対して行う。これにより、将来の廃棄物について、燃焼開始可能状態、燃え切り状態となる要素を特定できる。

[0070] <S 202>次に、制御装置 90 は、現時点と将来の廃棄物について、燃焼途中要素を特定する（S 202）。燃焼途中要素とは、燃焼開始可能状態となった後であって燃え切り状態となる前の要素である。従って、制御装置 90 は、燃焼開始可能状態と燃え切り状態の特定結果に基づいて、燃焼途中要素を特定できる。図 9 には、燃焼途中状態か否かの特定結果が示されている。図 9 は、搬送部 20 を上下方向で見た模式図であり、図 9 に示す正方形の 1 つ 1 つがメッシュ分割された要素である。この図 9 には、燃焼途中状態と特定された要素には斜線が記載されている。

[0071] <S 203>次に、制御装置 90 は、現時点と将来の燃焼途中要素について、（1）体積流量、（2）燃焼補正係数に基づいて、要素熱量指標を算出する（S 203）。要素熱量指標とは、廃棄物から発生する熱分解ガスの燃焼により発生する要素毎の熱量の指標である。熱分解ガスの発生量は、その時点の廃棄物の体積流量に比例する。そのため、例えば現時点の要素熱量指標を算出する際には現時点の体積流量を用いる。

[0072] また、熱分解ガスによる発生熱量は、燃焼の進行度に応じて変化する。そのため、燃焼の進行度に応じた燃焼補正係数を用いる。例えば、燃焼開始直後は、熱分解し易い成分を有する熱分解ガスが優先的に発生するため、体積減少量に対する発生熱量は低めとなる。従って、燃焼開始直後の燃焼補正係数は低い値である。燃焼開始と燃え切りの中間部では、廃棄物内がより高温となって熱分解が進むことで、高い発熱量の熱分解ガスが優先的に発生するため、体積減少量に対する発生熱量は高めとなる。従って、燃焼開始と燃え切りの中間の燃焼補正係数は高い値である。

[0073] また、燃焼の進行度は、体積流量経過情報に基づいて特定できる。つまり、燃焼が進行するにつれて体積流量が減少するため、過去から現時点までの

体積流量の変化に基づいて、燃焼の進行度を特定できる。また、ステップ S 106 で算出した体積流量の将来の変化を更に用いて燃焼の進行度を特定してもよい。つまり、体積流量の将来の変化を用いることで、着目している廃棄物が燃え切り状態となるタイミングをより正確に予測できるので、燃焼の進行度をより正確に特定できる。

[0074] 記憶部には、予め燃焼の進行度と燃焼補正係数を対応付けたテーブル等が記憶されており、制御装置 90 は、燃焼の進行度に応じた燃焼補正係数を読み出すことで、燃焼補正係数を決定する。ただし、燃焼の進行度と発生熱量の関係は廃棄物の性状、焼却炉 10 の構成、季節等に応じて異なる。従って、それらを考慮して、複数のテーブルを準備したり、テーブルから算出された燃焼補正係数を補正する処理を行ったりしてもよい。そして、制御装置 90 は、着目している燃焼途中要素について、現時点の体積流量に、現時点の燃焼の進行度に応じた燃焼補正係数を掛けることで、要素熱量指標を算出する。また、同じ処理を将来の燃焼途中要素に対して行うことで、将来の要素熱量指標を算出する。このように、燃焼の進行度に応じた重み付けの演算を行うことで、発生する熱量を精度良く推測できる。

[0075] < S 204 > 次に、制御装置 90 は、要素の面積比率を考慮して、要素熱量指標を合算して、現時点と将来の熱量指標を算出して記憶する（S 204）。熱量指標とは、要素毎ではなく炉内（即ち廃棄物全体）から発生する熱量の指標である。また、熱量指標は、具体的な熱量の値（ジュール値）を示すものではなく、熱量がどの程度増加又は減少するかといった変化傾向を評価するための値である。また、上記の要素熱量指標の演算では、燃焼途中要素の面積を考慮していないが、実際に発生する熱量は燃焼途中要素の面積に比例する。そのため、燃焼途中要素の面積比率を考慮して要素熱量指標を合算する。例えば、全ての燃焼途中要素で面積が同じである場合は、要素熱量指標をそのまま足し合わせるか、要素熱量指標の平均値を算出すればよい。また、例えば基準となる面積に対して、A 倍の面積となる燃焼途中要素がある場合は、要素熱量指標を A 倍して足し合わせるか、A 倍した要素熱量指標

を用いて平均値を算出すればよい。以上により、熱量指標を算出できる。また、同じ処理を将来の要素熱量指標に対して行うことで、将来の熱量指標を算出できる。制御装置 90 は、以上のようにして現時点と将来の熱量指標を算出して、時系列で所定の記憶部に記憶する。

[0076] < S 2 0 5 > 次に、制御装置 90 は、過去の熱量指標と、現時点の熱量指標との比較結果に基づいて、(a) 燃焼火格子 22 の搬送速度の増速又は減速、(b) 乾燥火格子 21、後燃焼火格子 23 の搬送速度の増速又は減速、(c) 一次燃焼用気体の供給量の調整、(d) 二次燃焼用気体の供給量の調整、の制御を行うための制御値を算出する (S 2 0 5)。過去の熱量指標とは、過去の時点においてステップ S 2 0 4 が行われることで算出されて記憶された熱量指標である。上述のように、火格子の動作速度及び停止時間を変更することで、火格子の搬送速度を変更可能である。従って、この動作速度や停止時間に関する値が制御値である。また、第 1 ダンパ 81 から第 5 ダンパ 85 を調整することで、一次燃焼用気体及び二次燃焼用気体の供給量を調整可能である。従って、第 1 ダンパ 81 から第 5 ダンパ 85 の開度に関する値が制御値である。

[0077] 例えば、過去の熱量指標と比較して、現時点の熱量指標が大きくなっている場合、廃棄物の性状が変化して、熱分解ガス化する成分の量が増加していると推測できる。この場合は、熱分解ガスの時間あたりの発生量の増加に合わせて、燃焼火格子 22 の搬送速度を減速して、それに応じて乾燥火格子 21 及び後燃焼火格子 23 の搬送速度も減速して、乾燥部 11 に供給する一次燃焼用気体の供給量を低減させ、燃焼部 12 に供給する一次燃焼用気体の供給量を増加させ、二次燃焼用気体の供給量を増加させることが好ましい。これにより、安定な燃焼を適切に維持できる。また、熱量指標が将来的に小さくなる場合は、上記とは逆の方向に各値を変化させる制御を行うことが好ましい。

[0078] ただし、制御値の算出に用いた熱量指標は、過去から現時点までの情報であるため、現時点及び将来の変化傾向が十分に考慮されている訳ではない。

そのため、現時点の廃棄物の性状に関する更なる情報である上記の補正データに基づいて、搬送速度の増速の程度を補正することで、更に安定な燃焼を維持できる。なお、ステップS205において、補正データに基づく補正を行う際は、廃棄物の厚みの時間変化、廃棄物の表面移動速度の時間変化の少なくとも何れかを使用して補正を行う。

[0079] 具体的には、廃棄物の厚みの減少が加速している場合（即ち、単位時間あたりの厚みの減少量（正）が大きくなっている場合）、実燃焼時間が想定燃焼時間よりも更に短くなる傾向にあるため、搬送速度を更に増速させることが好ましい場合がある。また、廃棄物の表面移動速度が加速している場合も同様に、実燃焼時間が想定燃焼時間よりも更に短くなる傾向にあるため、搬送速度を更に増速させることが好ましい場合がある。

[0080] また、熱量指標が極僅かだけ増加傾向又は減少傾向にある場合は、それに基づいて制御を行う必要性は低い。従って、熱量指標の変化の程度が閾値以上である場合に、（a）から（d）の制御値を変更することが好ましい。

[0081] 本実施形態では、過去の一時点の熱量指標と現時点の熱量指標とを比較して、熱量指標が増加傾向にあるか減少経過にあるかを推測している。これに対し、過去の複数時点の熱量指標を用いてもよい。これにより、熱量指標の増加傾向又は減少傾向をより詳細に推測できるので、更に適切な制御を行うことができる可能性がある。例えば、過去から現時点までの長い間にかけて熱量指標が増加している場合、全体の廃棄物について性状が変化して、発生する熱量が増加していると考えられる。従って、このような場合では、制御値を変更することが好ましい。一方、過去から現時点までの間において、熱量指標の増減が頻繁に繰り返されている場合、廃棄物について一時的に性状が変化していると考えられるので、制御値を変更しない（変更量を少なくする）ことが好ましい。

[0082] また、焼却炉10で生じる燃焼は、焼却炉10の形状や構造、及び投入される廃棄物によって大きく異なる。また、要求される処理量、焼却炉10の耐久性、及び排ガスに関する法規制等によっても、目標とする燃焼状態が大

きく異なる。そのため、熱量指標が変化すると予測される場合であっても、
(a) から (d) の制御値の変更を行わない方が望ましい場合も考えられる。
。これを判断するために、制御装置 90 は、各種検出データ（例えば焼却炉
内ガス温度センサ 91 から NOx ガス濃度センサ 94 等の検出データ）を更
に用いて、(a) から (d) の制御値を算出することが好ましい。

[0083] <S 206>次に、制御装置 90 は、現時点の熱量指標と、将来の熱量指
標（例えば一時点）と、の比較結果に基づいて、(a) から (d) の制御値
を補正する（S 206）。過去から現時点までの熱量指標の変化は、既に終
了している事実に基づいているので、信頼性は高い。しかし、それだけでは
適切な制御値を算出できない場合がある。例えば、過去から現時点まで熱量
指標が増加しており、仮に現時点から熱量指標が減少する場合、制御値の変
更が不要である場合がある。そのため、本実施形態では、過去から現時点ま
での熱量指標で得られた制御値を、現時点から将来の熱量指標の予測値に基
づいて補正する。これにより、安定な燃焼を一層適切に維持することができ
る。

[0084] また、ステップ S 205 及び S 206 では、熱量指標の大小関係に基づい
て制御値を算出又は補正するが、これに加えて、熱量指標の増減量の大きさ
に基づいて、制御値を算出又は補正してもよい。

[0085] なお、本実施形態では、過去から現時点までの熱量指標の変化に基づく制
御値の算出と、現時点から将来の熱量指標の予測変化に基づく制御値の補正
と、を段階的に行う構成である。これに代えて、過去から将来までの熱量指
標の変化を求め、この変化に基づいて制御値を算出してもよい。また、現時
点から将来の熱量指標に基づいて制御値を補正する処理を省略してもよい。

[0086] <S 207>次に、制御装置 90 は、ステップ S 205 及び S 206 で算
出及び補正した制御値で (a) から (d) の制御を実行する（S 207）。

[0087] また、廃棄物の性状は常に変化する可能性があるため、制御装置 90 は、
ステップ S 207 の処理の後に、再びステップ S 101 以降の処理を行う。
これにより、廃棄物の性状が変化した場合であっても、廃棄物の乾燥及び燃

焼の進行状況が適正になるための将来予測を修正することができるため、焼却炉全体としての熱量指標を継続的に安定化させるので、安定な燃焼を維持することができる。

[0088] 次に、第2実施形態について説明する。なお、第2実施形態及び後述の第3実施形態の説明においては、第1実施形態と同一又は類似の部材には図面に同一の符号を付し、説明を省略する場合がある。また、第1実施形態と同一又は類似の処理については、説明を省略する場合がある。

[0089] 第2実施形態では、主として、廃棄物の表面温度を利用する点、及び、熱量だけでなく乾燥量の指標を算出する点において、第1実施形態とは異なる。以下、第1実施形態との相違点について詳細に説明する。

[0090] 制御装置90は、図11に示すように、3次元熱画像に基づいて、廃棄物の厚みと表面移動速度だけでなく、廃棄物の表面温度を要素毎に検出して制御値と関連付けて記憶する（S102'）。なお、第2実施形態のステップS101、S103、S104は第1実施形態と同じである。また、表面温度の将来の変化は予測精度が低いため、第2実施形態では将来の予測を行わない。そのため、第2実施形態では、体積流量の変化を予測する処理を省略している。ただし、体積流量の変化の予測は、燃焼の進行度及び後述の乾燥の進行度を判定するために有用であるので、体積流量の変化を予測する処理を行ってもよい。

[0091] <S301>次に、制御装置90は、現時点の廃棄物について燃焼開始可能状態、燃え切り状態となる要素を特定する（S301）。具体的な処理は、将来の廃棄物について処理を行わないこと以外は、第1実施形態のステップS201と同じである。

[0092] <S302>次に、制御装置90は、現時点の廃棄物について、乾燥途中要素及び燃焼途中要素を特定する（S302）。燃焼途中要素の特定方法は、第1実施形態と同じである。乾燥途中要素とは、燃焼開始可能状態となる前の要素である。従って、制御装置90は、図10に示すように、それぞれの要素が、乾燥途中要素か、燃焼途中要素か、それ以外の要素かを特定する

。

[0093] <S 3 0 3>次に、制御装置 9 0 は、現時点の乾燥途中要素について、（１）体積流量、（２）乾燥補正係数、（３）表面温度に基づいて、要素乾燥量指標を算出する（S 3 0 3）。要素乾燥量指標とは、廃棄物から蒸発する水分量の要素毎の指標である。廃棄物から蒸発する水分量は、廃棄物の体積流量に比例する。

[0094] また、廃棄物から蒸発する水分量は、乾燥の進行度に応じて変化する。そのため、乾燥の進行度に応じた乾燥補正係数を用いる。乾燥補正係数は、乾燥の進行度における、体積減少量に対する発生水分量の変化に応じた値である。乾燥の進行度の算出方法は、上述した燃焼の進行度の算出方法と同様に、過去から現時点まで（あるいは過去から将来まで）の体積流量の変化に基づいて算出できる。

[0095] また、廃棄物から蒸発する水分量は、廃棄物の表面温度に応じて変化する。つまり、廃棄物に含まれる水分は、蒸発する際に廃棄物の表面を冷却する。従って、廃棄物の表面温度は、廃棄物から蒸発する水分量の指標となる。つまり、廃棄物の表面温度が低いほど、廃棄物から蒸発する水分量が少ない。特に、廃棄物で特異的な乾燥が生じ、他の箇所又は過去と比較して、非常に少ない又は非常に多い水分が蒸発した場合、その廃棄物の表面温度が他の箇所と比較して（又は過去と比較して）局所的に低くなる。従って、廃棄物の表面温度に基づいて乾燥量指標を補正することで、例えば特異的な乾燥が発生している場合であっても、その影響を考慮して乾燥量指標を算出できる。

。

[0096] 制御装置 9 0 は、着目している乾燥途中要素について、現時点の体積流量と、現時点の乾燥の進行度に応じた乾燥補正係数を掛け、それを現時点の表面温度で更に補正することで、要素乾燥量指標を算出する。

[0097] <S 3 0 4>次に、制御装置 9 0 は、要素の面積比率を考慮して、要素乾燥量指標を合算して、現時点の乾燥量指標を算出して記憶する（S 3 0 4）。乾燥量指標とは、要素毎ではなく炉内（即ち廃棄物全体）から蒸発する水

分量の指標である。また、乾燥量指標は、具体的な乾燥量の値を示すものではなく、乾燥量がどの程度増加又は減少するかといった変化傾向を評価するための値である。要素の面積比率の考慮については、熱量指標の算出方法と同じである。制御装置 90 は、以上のようにして乾燥量指標を算出して、例えば時刻と関連付けて時系列で所定の記憶部に記憶する。

[0098] また、制御装置 90 は、第 1 実施形態と略同様に、現時点の燃焼途中要素について、要素熱量指標を算出して、それらを合算して熱量指標を算出する（S305, S306）。第 1 実施形態との相違点は、要素熱量指標の算出時において、更に表面温度を用いることである。廃棄物の表面温度と熱分解ガスによる発生熱量は相関性があり、例えば表面温度が高くなるほど発生熱量も高くなる。従って、表面温度に基づいて要素熱量指標を補正することで、より信頼性の高い要素熱量指標を得ることができる。

[0099] <S307>次に、制御装置 90 は、過去の乾燥量指標と現時点の乾燥量指標との比較結果、及び、過去の熱量指標と現時点の熱量指標との比較結果に基づいて、（a）燃焼火格子 22 の搬送速度の増速又は減速、（b）乾燥火格子 21、後燃焼火格子 23 の搬送速度の増速又は減速、（c）一次燃焼用気体の供給量の調整、（d）二次燃焼用気体の供給量の調整、の制御を行うための制御値を算出して制御を実行する（S307）。制御を行う対象は第 1 実施形態と同じである。また、過去と現時点の熱量指標に基づいてどのような制御値を算出するかについても、第 1 実施形態と同じである。

[0100] 第 1 実施形態との主な相違点は、上述のように将来の情報を用いないことと、乾燥量指標を追加で用いることである。例えば、乾燥量指標が増加傾向にある場合、焼却炉 10 に供給される廃棄物の性状が変化して、廃棄物の水分含有率が高くなっていると推定できる。水分含有率が高い廃棄物から発生する熱量は比較的低いため、焼却炉 10 内で発生する熱量が将来的に減少する可能性がある。このように、実乾燥量指標に基づいて将来の熱量の変化を予測できる。制御装置 90 は、例えば過去から現時点までの熱量指標に基づいて新たな制御値を算出し、実乾燥量指標に基づく将来の熱量の変化の予測

に基づいて、この制御値を補正する。そして、制御装置 90 は、補正後の制御値を用いて制御を行う。

[0101] 上述した相違点以外は、基本的に第 2 実施形態は、第 1 実施形態と同じ処理を行う。そして、第 1 実施形態に関する説明（例えば、変形例、補正データによる補正、制御値と関連付けて各値を記憶すること、判定時に制御値を考慮すること、繰り返し制御を行うこと等）は、矛盾が生じない限り、第 2 実施形態にも当てはまる。

[0102] 次に、第 3 実施形態について説明する。

[0103] 第 3 実施形態では、第 1 実施形態の方法で算出した現時点及び将来の熱量指標を用いて、ボイラ蒸発量を安定化させる。また、第 3 実施形態では、一次燃焼で発生した火炎（廃棄物から発生した火炎）を解析するために、火炎の 3 次元画像（以下、3 次元火炎画像）を作成する。以下、詳細に説明する。

[0104] 図 13 に示すように、第 3 実施形態では、第 1 実施形態で説明した装置に加え、更に、1 組の可視光カメラ 97 が設けられている。可視光カメラ 97 は、2 つ 1 組であるが、3 つ以上が 1 組であってもよい。それぞれの可視光カメラ 97 は同じ構造である。可視光カメラ 97 は、3 次元画像を作成することを目的としているため、複数の可視光カメラ 97 の相対位置は予め記憶されている。また、可視光カメラ 97 は、火炎の色や輝度等の画像を取得するために主に可視光を検出するカメラであるが、赤外線カメラであってもよい。

[0105] それぞれの可視光カメラ 97 は、一次燃焼で発生した火炎であって、一次燃焼ゾーン 1 から二次燃焼ゾーン 2 に到達した火炎の画像を取得することを目的としている。可視光カメラ 97 は、搬送方向の下流側の端部に設けられている奥壁 14 a に炉幅方向に並べて形成された窓部 14 b を介して、画像を取得する。また、可視光カメラ 97 を設ける位置、可視光カメラ 97 を並べる方向等は異なっても良い。例えば、奥壁 14 a に代えて、炉幅方向の端部である側壁 14 c に可視光カメラ 97 が設けられていてもよい。また

、可視光カメラ 97 の観測対象は一次燃焼ゾーン 1 にある火炎であってもよい。

[0106] 後述のように本実施形態では、3次元火炎画像に基づいて火炎断面積を算出するが、火炎断面積の具体的な数値ではなく、その変化量を用いて制御を行うため、火炎を取り囲むように可視光カメラ 97 を配置する必要はない。そのため、本実施形態のように奥壁 14 a のみに可視光カメラ 97 が配置されていても本発明の目的を達成できる。

[0107] 次に、第3実施形態において制御装置 90 が行う制御について説明する。制御装置 90 は、初めに、第1実施形態のステップ S101～S106、S201～S204 と同じ処理を行って、現時点及び将来の一時点の熱量指標を算出する。

[0108] <S401>次に、制御装置 90 は、ボイラ蒸気量センサ 99 が検出したボイラ蒸発量を取得して記憶する（S401）。焼却炉 10 で発生した熱量に応じてボイラ 30 で蒸気が発生するため、焼却炉 10 で発生した熱量とボイラ蒸発量とは高い相関性がある。制御装置 90 は、ボイラ蒸発量を記憶部に時系列で記憶する。

[0109] <S402>次に、制御装置 90 は、過去の熱量指標と、過去のボイラ蒸発量の相関関係に関する第1相関情報を算出して記憶する（S402）。熱量指標とボイラ蒸発量は、何れも焼却炉 10 で発生した熱量に関する値であるため相関性がある。ただし、熱量指標で評価した熱量がボイラ 30 で作用するまでには時間遅れが存在する。そのため、熱量指標が時刻に応じて上下する挙動と、ボイラ蒸発量が時刻に応じて上下する挙動と、を比較することで時間遅れの目安を算出することができる。その後、時間遅れ分だけボイラ蒸発量をオフセットさせて、熱量指標の変化量の大きさと、ボイラ蒸発量の変化量の大きさと、を比較することで、第1相関情報（例えば、熱量指標とボイラ蒸発量の関係式）を算出できる。また、第1相関情報は、新たな熱量指標又はボイラ蒸発量を取得する毎に新たに算出してもよいし、一度算出した第1相関情報を少なくとも所定の時間において使い続けてもよい。

- [0110] <S 4 0 3>次に、制御装置 9 0 は、第 1 関連情報と、将来の熱量指標と、に基づいて、将来のボイラ蒸発量を予測する（S 4 0 3）。第 1 関連情報は、熱量指標とボイラ蒸発量の関係を示す情報なので、第 1 関連情報に将来の熱量指標を適用することで（例えば関係式に将来の熱量指標を入力することで）、将来のボイラ蒸発量を予測できる。
- [0111] <S 4 0 4>次に、制御装置 9 0 は、現時点のボイラ蒸発量と将来のボイラ蒸発量とに基づいて、目標蒸発量変化を算出する（S 4 0 4）。目標蒸発量変化とは、ボイラ蒸発量を安定化させるためのボイラ蒸発量の変化を示す。目標蒸発量変化はボイラ蒸発量を増加、維持、又は減少させるという増減だけを示していてもよい。あるいは、目標蒸発量変化は、具体的な増減量を示していてもよい。目標蒸発量変化は、例えば、以下のようにして算出される。即ち、焼却炉 1 0 には、ボイラ蒸発量の理想値が設定されている。そして、将来のボイラ蒸発量と理想値との差異が小さくなるような目標蒸発量変化が算出される。例えば、将来のボイラ蒸発量が理想値よりも多い場合は「減少」という目標蒸発量変化が算出される。
- [0112] 以上のようにして、制御装置 9 0 は、目標蒸発量変化を算出する。次に、制御装置 9 0 は、以下の処理を行って、一次燃焼で生じた火炎を解析する。
- [0113] <S 4 0 5>制御装置 9 0 は、二次燃焼温度センサ 9 8 が検出した二次燃焼温度を取得して記憶する（S 4 0 5）。二次燃焼温度は、現時点で焼却炉 1 0 で発生している熱量（言い換えれば、現在生じている火炎に基づいて発生している熱量）に関する値である。制御装置 9 0 は、二次燃焼温度を記憶部に時系列で記憶する。
- [0114] <S 4 0 6>次に、制御装置 9 0 は、複数の可視光カメラ 9 7 が取得した可視画像に基づいて画像処理装置 9 6 が作成した 3 次元火炎画像を記憶する（S 4 0 6）。複数の可視光カメラ 9 7 が取得した可視画像から 3 次元火炎画像を作成する方法は、第 1 実施形態の廃棄物の 3 次元熱画像を作成する方法と同じである。
- [0115] <S 4 0 7>次に、制御装置 9 0 は、3 次元火炎画像に基づいて、火炎断

面積及び火炎流速を算出して記憶する（S407）。火炎断面積とは、3次元火炎画像の火炎を所定の仮想平面で切ったときの断面積である。一般的に二次燃焼ゾーン2の火炎が大きいほど、焼却炉10で発生している熱量が多くなる。従って、火炎断面積は、現在発生している熱量の指標となる。

[0116] 図13に示すように、仮想平面101は、燃焼ガス（詳細には、一次燃焼で発生した一次燃焼ガス及び二次燃焼で発生した二次燃焼ガス）の流路に交差する平面である。なお、燃焼ガスの流路とは、燃焼ガスが全体として向かう方向（言い換えれば二次燃焼ゾーン2においてボイラ30へ向かう方向）である。また、仮想平面101は、この燃焼ガスの流路に対して直交することが更に好ましい。また、図13では仮想平面101の位置を分かり易くするために、仮想平面101の輪郭を描画して仮想平面101の範囲を区切っている。しかし、実際には、火炎の位置又は形状が変化しても火炎断面積を適切に算出するために、炉幅方向及び搬送方向に大きな広がりを持った範囲を仮想平面101とすべきであるため、輪郭等を規定せずに無限遠まで広がる仮想平面を設定することが好ましい。

[0117] 3次元火炎画像の火炎をこの仮想平面101で切ったときの仮想断面102の面積が火炎断面積である。ここで、本実施形態では火炎の周囲の全体の映像を取得していないため、例えば絞り部17側の火炎の形状は特定できない。従って、制御装置90は、3次元火炎画像で作成された火炎の範囲において仮想断面102の輪郭を描画し、3次元火炎画像で特定されていない部分については直線補間等を行うことで仮想断面102を作成する。

[0118] 火炎流速とは、上述した仮想平面101の位置における、燃焼ガスの流路に沿う方向のガス流速である。一般的に、焼却炉10で多くの燃焼ガスが発生しているほど（即ち、焼却炉10で発生している熱量が多くなるほど）、火炎流速が速くなり易い。従って、火炎流速は、現在発生している熱量の指標となる。

[0119] 制御装置90は、仮想平面101及びその上下方向の近傍の3次元火炎画像に基づいて火炎の動きから火炎流速を算出する。なお、火炎流速は仮想平

面 101 の水平方向の位置に応じて異なるが、例えば所定の範囲の平均の流速等を算出することで、該当の時刻の火炎流速を決定する。また、本実施形態では火炎流速を算出する位置は、火炎断面積を算出する位置と一致しているが、異なってもよい。即ち、制御装置 90 は、仮想平面 101 よりも上流側又は下流側で火炎流速を算出する処理を行ってもよい。

[0120] 制御装置 90 は、上記の処理を各時刻の 3 次元火炎画像に対して行うことで、火炎断面積及び火炎流速を記憶部に時系列で記憶する。この火炎断面積及び火炎流速は、火炎の状態を示すので火炎状態情報に該当する。

[0121] <S408>次に、制御装置 90 は、火炎断面積、火炎流速、及び二次燃焼温度と、ボイラ蒸発量と、の相関関係に関する第 2 相関情報を算出する（S408）。第 2 相関情報は、第 1 相関情報と同じ方法で算出できる。つまり、火炎断面積、火炎流速、及び二次燃焼温度が時刻に応じて上下する挙動と、ボイラ蒸発量が時刻に応じて上下する挙動と、を比較することで時間遅れの目安を算出することができる。また、第 2 相関情報は、火炎断面積、火炎流速、及び二次燃焼温度について、それぞれ個別に算出されることが好ましい。具体的には、例えば火炎断面積が変化した時間帯であって、火炎流速及び二次燃焼温度が殆ど変化していない時間帯では、火炎断面積とボイラ蒸発量の第 2 相関情報を適切に求めることができる。また、第 2 相関情報は、新たな 3 次元火炎画像又はボイラ蒸発量を取得する毎に新たに算出してもよいし、一度算出した第 2 相関情報を少なくとも所定の時間において使い続けてもよい。

[0122] <S409>次に、制御装置 90 は、第 2 相関情報と目標蒸発量変化とに基づいて、目標火炎変化を算出する（S409）。目標火炎変化とは、目標蒸発量変化に応じてボイラ蒸発量を変化させるために、火炎（二次燃焼温度を含む）をどのように変化させるかを示すものである。目標火炎変化は、発生する熱量を増加、維持、又は減少させるように火炎を変化させる等のように熱量の増減だけを示していてもよい。あるいは、目標火炎変化は、個別の情報の増減（即ち、火炎断面積の増減、火炎流速の増減、及び二次燃焼温度

の増減)を示すものであってもよい。更には、目標火炎変化は、個別の情報のおおよその増減量を示していてもよい。第2 相関情報には、火炎断面積、火炎流速、及び二次燃焼温度と、ボイラ蒸発量と、の関係が示されている。従って、目標蒸発量変化に応じて、火炎断面積、火炎流速、及び二次燃焼温度をどのように変化させれば目標蒸発量変化が示すボイラ蒸発量の変化が実現できるかを算出できる。

[0123] <S 4 1 0>次に、制御装置 9 0 は、目標火炎変化に基づいて、(a) 燃焼火格子 2 2 の搬送速度の増速又は減速、(b) 乾燥火格子 2 1、後燃焼火格子 2 3 の搬送速度の増速又は減速、(c) 一次燃焼用気体の供給量の調整、(d) 二次燃焼用気体の供給量の調整、の制御を行うための制御値を算出して制御を行う(S 4 1 0)。なお、これらの制御値を変化させた場合に、火炎断面積、火炎流速、及び二次燃焼温度がどのように変化するかは既に知られているので、その情報に基づいて、これらの制御値を算出すればよい。この制御を行うことにより、ボイラ蒸発量を目標蒸発量に近づけることができる。そして、この目標蒸発量は、信頼性の高い熱量指標の予測値に基づいて算出された値である。以上により、ボイラ蒸発量を安定させることができる。

[0124] また、第1 実施形態に関する説明(例えば、変形例、補正データによる補正、制御値と関連付けて各値を記憶すること、判定時に制御値を考慮すること、繰り返し制御を行うこと等)は、矛盾が生じない限り、第3 実施形態にも当てはまる。

[0125] 以上に説明したように、上記実施形態の燃焼状況評価方法は、乾燥部 1 1 と燃焼部 1 2 と後燃焼部 1 3 とに区分されており、廃棄物が堆積した状態で間欠的に動作することで当該廃棄物を搬送する火格子を備える焼却炉 1 0 に対して行われる。この燃焼状況評価方法は、作成工程と、分割工程と、第1 算出工程と、第2 算出工程と、第3 算出工程と、特定工程と、決定工程と、第1 評価工程と、を含む。作成工程では、複数の赤外線カメラ 9 5 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選択透過フィルタ 9 5 a

を介して、少なくとも乾燥部 1 1 及び燃焼部 1 2 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。分割工程では、3次元熱画像の廃棄物を複数の要素にメッシュ分割する。第 1 算出工程では、3次元熱画像に基づいて、廃棄物の厚み、及び、廃棄物の表面移動速度を要素毎に算出する。第 2 算出工程では、第 1 算出工程の算出結果に基づいて、要素に位置する廃棄物が当該要素に位置するまでに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、要素毎に算出する。第 3 算出工程では、第 1 算出工程及び第 2 算出工程の算出結果に基づいて、要素に位置する廃棄物が当該要素に位置するまでに体積流量が時系列でどのように変化したかを示す体積流量経過情報を、要素毎に算出する。特定工程では、体積流量経過情報を解析して、燃焼開始可能状態となった後であって、燃え切り状態となる前の要素である燃焼途中要素を特定する。決定工程では、燃焼途中要素に位置する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、燃焼の進行度を特定して当該進行度に応じた燃焼補正係数を決定する。第 1 評価工程では、燃焼途中要素に対して、廃棄物の現時点の体積流量と燃焼補正係数を掛ける処理を行い、燃焼途中要素毎の算出結果（要素熱量指標）を要素の面積比率を考慮して合算することで、当該廃棄物から発生する熱量の指標となる熱量指標を算出する。

[0126] これにより、燃焼途中の廃棄物からは熱分解ガスが発生しているため、燃焼途中の廃棄物を特定することで、熱分解ガスの時間あたりの発生量（発生する熱量）の指標である熱量指標を算出できる。また、熱分解ガスの時間あたりの発生量は常に変化するが、燃焼途中の廃棄物の体積流量と燃焼補正係数を用いて熱量指標を算出することで、現時点の熱量指標を高い精度で算出できる。焼却炉 1 0 では、発生する熱量を安定させることが望まれるので、このような信頼性の高い熱量指標は、燃焼制御の指標として有用である。

[0127] また、第 1 実施形態の燃焼状況評価方法では、要素毎の体積流量経過情報と、燃焼制御用に用いる値であって火格子の搬送速度を設定するための値を少なくとも含む制御値の時間変化と、に基づいて得られる体積流量の時間経

過の傾向に基づいて、体積流量の将来の変化を要素毎に予測する予測工程を含む。予測工程で予測された体積流量の将来の変化に基づいて、特定工程、決定工程、及び第1評価工程を行うことで、将来の熱量指標を算出する。

[0128] これにより、現時点だけでなく将来の信頼性が高い熱量指標を算出できる。将来の熱量指標は、将来の熱量を安定させるための燃焼制御の指標として有用である。

[0129] また、第1実施形態の燃焼制御方法では、過去の熱量指標と、現時点の熱量指標と、の比較結果に基づいて、焼却炉10を制御する制御工程を行う。

[0130] これにより、焼却炉10内で発生する熱量が過去から現時点までどのように変化したかに応じて燃焼制御を行うことができる。その結果、安定な燃焼を適切に維持できる。

[0131] また、第1実施形態の燃焼制御方法では、現時点の熱量指標と、将来の熱量指標と、の比較結果に基づいて、焼却炉10を制御する制御工程を行う。

[0132] これにより、焼却炉10内で発生する熱量が将来どのように変化するかに応じて燃焼制御を行うことができる。その結果、安定な燃焼を一層適切に維持できる。

[0133] また、第2実施形態の燃焼状況評価方法では、3次元熱画像に基づいて、要素毎に、廃棄物の表面温度を検出する温度検出工程を含む。第1評価工程では、燃焼途中要素に位置する廃棄物の表面温度を更に用いて、熱量指標を算出する。

[0134] これにより、廃棄物の表面温度を用いることで、更に信頼性の高い現時点の熱量指標を得ることができる。

[0135] また、第2実施形態の燃焼状況評価方法では、乾燥部11の廃棄物の乾燥量の指標となる乾燥量指標を算出する第2評価工程を含む。第2評価工程では、体積流量経過情報を解析して、燃焼開始可能状態となる前の要素である乾燥途中要素を特定する。第2評価工程では、乾燥途中要素に位置する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、乾燥の進行度を特定して当該進行度に応じた乾燥補正係数を定める。第2評価工程では、乾燥途

中要素に対して、廃棄物の現時点の体積流量に乾燥補正係数を掛ける処理を行い、乾燥途中要素毎の算出結果（要素乾燥量指標）を要素の面積比率を考慮して合算することで、当該廃棄物の乾燥量指標を算出する。

[0136] これにより、廃棄物の熱量指標だけでなく、乾燥量指標を得ることができるので、廃棄物の性状や燃焼状況をより詳細に評価することができる。

[0137] また、第2実施形態の燃焼状況評価方法において、第2評価工程では、乾燥途中要素に位置する廃棄物の表面温度を更に用いて、乾燥量指標を算出する。

[0138] これにより、廃棄物の表面温度を用いることで、更に信頼性の高い乾燥量指標を得ることができる。

[0139] また、第2実施形態の燃焼制御方法では、過去の熱量指標と、現時点の熱量指標と、の比較結果に基づいて、焼却炉10を制御する制御工程を行う。

[0140] これにより、廃棄物の表面温度を用いた信頼性の高い熱量指標を用いて、過去から現時点までの熱量指標の変化に応じた燃焼制御を行うことができる。その結果、安定な燃焼を一層適切に維持できる。

[0141] また、第2実施形態の燃焼制御方法では、過去の熱量指標と、現時点の熱量指標と、の比較結果に加えて、更に、過去の乾燥量指標と、現時点の乾燥量指標と、の比較結果に基づいて、焼却炉10を制御する制御工程を行う。

[0142] これにより、乾燥量指標に基づいて廃棄物の性状に関する情報をより詳細に得ることができるので、熱量指標だけでなく乾燥量指標に基づいて燃焼制御を行うことで、安定な燃焼を一層適切に維持できる。

[0143] また、第1及び第2実施形態の燃焼制御方法において、制御工程では、

（a）燃焼火格子22の搬送速度の増速又は減速

（b）乾燥火格子21及び後燃焼火格子23の搬送速度の増速又は減速

（c）一次燃焼用気体の供給量の調整

（d）二次燃焼用気体の供給量の調整

の4つの制御の少なくとも何れかを制御する。

[0144] これにより、焼却炉内で将来的に発生する熱量に応じた適切な制御値を変

更する燃焼制御を行うことができる。その結果、安定な燃焼を適切に維持できる。

[0145] また、第3実施形態の燃焼状況評価方法は、蒸発量検出工程と、準備工程と、ボイラ予測工程と、を含む。蒸発量検出工程では、焼却炉10で発生した熱量をボイラ30で回収することで発生したボイラ蒸発量を検出する。準備工程では、過去の熱量指標と、過去のボイラ蒸発量と、の相関関係に関する第1相関情報を算出する。ボイラ予測工程では、第1相関情報と、将来の熱量指標と、に基づいて、将来のボイラ蒸発量を予測する。

[0146] これにより、従来は精度の高い予測が困難であった将来のボイラ蒸発量を精度良く予測することができる。

[0147] また、第3実施形態の燃焼制御方法は、解析工程と、制御工程と、を含む。解析工程では、廃棄物から発生した火炎を解析する。制御工程では、焼却炉10を制御する。解析工程では、複数の可視光カメラ97を用いて、廃棄物から発生した火炎を観測して、視点が異なる複数の画像を取得し、当該複数の画像に基づいて、3次元火炎画像を作成する。解析工程では、3次元火炎画像を解析して、火炎の状態に関する情報であって当該火炎から発生する熱量の変化を評価するための情報である火炎状態情報を算出する。解析工程では、火炎状態情報と、ボイラ蒸発量の検出値と、の相関関係に関する第2相関情報を算出する。制御工程では、現時点のボイラ蒸発量と、将来のボイラ蒸発量と、の比較結果に基づいて、ボイラ蒸発量を安定化させるために当該ボイラ蒸発量をどのように変化させるかを示す目標蒸発量変化を算出する。制御工程では、第2相関情報と目標蒸発量変化とに基づいて、目標蒸発量変化のために火炎をどのように変化させるかを算出し、それに応じて焼却炉10を制御する。

[0148] これにより、ボイラ蒸発量が将来どのように変化するか精度の良い予測結果に基づいて火炎を制御することができる。その結果、ボイラ蒸発量を安定させることができる。

[0149] また、第3実施形態の燃焼制御方法において、火炎状態情報には、一次燃

焼又は二次燃焼で発生した燃焼ガスの流路と交差する所定の仮想平面 101 で火炎を切った火炎断面積と、流路に沿う方向の火炎流速と、が含まれている。制御工程では、目標蒸発量変化のために、火炎断面積と火炎流速をどのように変化させるかを示す目標火炎変化を特定し、当該目標火炎変化に応じて焼却炉 10 を制御する。

[0150] これにより、火炎を詳細に解析して、それに応じた燃焼制御を行うため、ボイラ蒸発量を更に安定させることができる。

[0151] また、第3実施形態の燃焼制御方法において、制御工程では、

- (a) 燃焼火格子 22 の搬送速度の増速又は減速
- (b) 乾燥火格子 21 及び後燃焼火格子 23 の搬送速度の増速又は減速
- (c) 一次燃焼用気体の供給量の調整
- (d) 二次燃焼用気体の供給量の調整

の4つの制御の少なくとも何れかを制御する。

[0152] これにより、一次燃焼で発生する火炎に応じた適切な制御値を変更する燃焼制御を行うことができる。その結果、ボイラ蒸発量を更に安定させることができる。

[0153] また、第3実施形態の燃焼制御方法において、第2 相関情報には、二次燃焼ゾーン 2 の温度である二次燃焼温度とボイラ蒸発量との相関関係も含まれる。

[0154] これにより、火炎の形状だけでなくそれに関連する二次燃焼温度も用いて燃焼制御を行うため、ボイラ蒸発量を更に安定させることができる。

[0155] また、第1 から第3実施形態の燃焼制御方法において、制御工程では、第1 算出工程で算出した、廃棄物の厚み、及び、廃棄物の表面移動速度の少なくとも何れかに基づいて、(a) から (d) の4つの制御で用いる制御値を補正する。

[0156] これにより、現時点及び過去の熱量指標に加え、現に乾燥部 11 又は燃焼部 12 にある廃棄物の性状に関する情報を用いて制御値を補正できるので、補正をしないときと比較して、現時点の廃棄物により合致した安定な燃焼を

維持することができる。

[0157] 以上に本発明の好適な実施の形態を説明したが、上記の構成は例えば以下のように変更することができる。

[0158] 上記実施形態では、2組の赤外線カメラ95で乾燥部11から後燃焼部13の廃棄物を観察する構成であるが、1組又は3組以上の赤外線カメラ95でこれらの廃棄物を観察する構成であってもよい。

[0159] 上記実施形態で示したフローチャートは一例であり、一部の処理を省略したり、一部の処理の内容を変更したり、新たな処理を追加したりしてもよい。

[0160] 例えば、上記実施形態では、第1と第2の3次元熱画像を作成し、それぞれの3次元熱画像に対して、ステップS102からS104の処理がそれぞれ行われる。これに代えて、2組の赤外線カメラ95が取得した熱画像に基づいて、1つの3次元熱画像（乾燥部11から後燃焼部13までの廃棄物の3次元位置が表れる熱画像）を作成してもよい。この場合、1つの3次元熱画像に対して、ステップS102からS104の処理が行われる。

[0161] また、上記実施形態では、(a)から(d)の全ての制御を行うが、(a)から(d)の一部のみを行ってもよいし、(a)から(d)のうち制御を行う対象を選択する処理を行ってもよい。

[0162] また、上記実施形態では、第1範囲及び第2範囲についてそれぞれ体積流量経過情報を算出してから両者を合成したが、それに代えて、第1範囲及び第2範囲について、厚みと表面移動速度（又は厚み経過情報）を算出した後に、両者を合成してもよい。

[0163] 上記実施形態では、燃焼制御で用いる検出データとして、焼却炉内ガス温度センサ91、焼却炉出口ガス温度センサ92、COガス濃度センサ93、及びNO_xガス濃度センサ94、二次燃焼温度センサ98、ボイラ蒸気量センサ99の検出データを挙げて説明したが、少なくとも1つの検出データを省略して燃焼制御を行ってもよいし、上記とは別の検出データを加えて燃焼制御を行ってもよい。別の検出データとしては、例えば、水噴霧により冷却

を行う場合の水噴霧冷却用水量等を用いることができる。

符号の説明

- [0164] 1 0 焼却炉
- 1 1 乾燥部
- 1 2 燃焼部
- 1 3 後燃焼部
- 2 1 乾燥火格子
- 2 2 燃焼火格子
- 2 3 後燃焼火格子
- 9 0 制御装置
- 9 5 赤外線カメラ
- 9 6 画像処理装置

請求の範囲

[請求項1]

乾燥部と燃焼部と後燃焼部とに区分されており、廃棄物が堆積した状態で間欠的に動作することで当該廃棄物を搬送する火格子を備える焼却炉に対して、

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、少なくとも前記乾燥部及び前記燃焼部に堆積した前記廃棄物を観測して、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作成工程と、

前記3次元熱画像の前記廃棄物を複数の要素にメッシュ分割する分割工程と、

前記3次元熱画像に基づいて、前記廃棄物の厚み、及び、前記廃棄物の表面移動速度を前記要素毎に算出する第1算出工程と、

前記第1算出工程の算出結果に基づいて、前記要素に位置する前記廃棄物が当該要素に位置するまでに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、前記要素毎に算出する第2算出工程と、

前記第1算出工程及び前記第2算出工程の算出結果に基づいて、前記要素に位置する前記廃棄物が当該要素に位置するまでに体積流量が時系列でどのように変化したかを示す体積流量経過情報を、前記要素毎に算出する第3算出工程と、

前記体積流量経過情報を解析して、燃焼開始可能状態となった後であって、燃え切り状態となる前の前記要素である燃焼途中要素を特定する特定工程と、

前記燃焼途中要素に位置する前記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、燃焼の進行度を特定して当該進行度に応じた燃焼補正係数を決定する決定工程と、

前記燃焼途中要素に対して、前記廃棄物の現時点の体積流量と前記燃焼補正係数を掛ける処理を行い、前記燃焼途中要素毎の算出結果を

前記要素の面積比率を考慮して合算することで、当該廃棄物から発生する熱量の指標となる熱量指標を算出する第1評価工程と、を含む処理を行うことを特徴とする燃焼状況評価方法。

[請求項2]

請求項1に記載の燃焼状況評価方法であって、

前記要素毎の前記体積流量経過情報と、燃焼制御用に用いる値であって前記火格子の搬送速度を設定するための値を少なくとも含む制御値の時間変化と、に基づいて得られる体積流量の時間経過の傾向に基づいて、体積流量の将来の変化を前記要素毎に予測する予測工程を含み、

前記予測工程で予測された前記体積流量の将来の変化に基づいて、前記特定工程、前記決定工程、及び前記第1評価工程を行うことで、将来の前記熱量指標を算出することを特徴とする燃焼状況評価方法。

[請求項3]

請求項1に記載の燃焼状況評価方法を用いて、前記焼却炉の燃焼を制御する燃焼制御方法であって、

過去の前記熱量指標と、現時点の前記熱量指標と、の比較結果に基づいて、前記焼却炉を制御する制御工程を行うことを特徴とする燃焼制御方法。

[請求項4]

請求項2に記載の燃焼状況評価方法を用いて、前記焼却炉の燃焼を制御する燃焼制御方法であって、

現時点の前記熱量指標と、将来の前記熱量指標と、の比較結果に基づいて、前記焼却炉を制御する制御工程を行うことを特徴とする燃焼制御方法。

[請求項5]

請求項1に記載の燃焼状況評価方法であって、

前記3次元熱画像に基づいて、前記要素毎に、前記廃棄物の表面温度を検出する温度検出工程を含み、

前記第1評価工程では、前記燃焼途中要素に位置する前記廃棄物の表面温度を更に用いて、前記熱量指標を算出することを特徴とする燃焼状況評価方法。

- [請求項6] 請求項5に記載の燃焼状況評価方法であって、
前記乾燥部の前記廃棄物の乾燥量の指標となる乾燥量指標を算出する第2評価工程を含み、
前記第2評価工程では、
前記体積流量経過情報を解析して、燃焼開始可能状態となる前の要素である乾燥途中要素を特定し、
前記乾燥途中要素に位置する前記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、乾燥の進行度を特定して当該進行度に応じた乾燥補正係数を定め、
前記乾燥途中要素に対して、前記廃棄物の現時点の体積流量に前記乾燥補正係数を掛ける処理を行い、前記乾燥途中要素毎の算出結果を前記要素の面積比率を考慮して合算することで、当該廃棄物の前記乾燥量指標を算出することを特徴とする燃焼状況評価方法。
- [請求項7] 請求項6に記載の燃焼状況評価方法であって、
前記第2評価工程では、前記乾燥途中要素に位置する前記廃棄物の表面温度を更に用いて、前記乾燥量指標を算出することを特徴とする燃焼状況評価方法。
- [請求項8] 請求項5に記載の燃焼状況評価方法を用いて、前記焼却炉の燃焼を制御する燃焼制御方法であって、
過去の前記熱量指標と、現時点の前記熱量指標と、の比較結果に基づいて、前記焼却炉を制御する制御工程を行うことを特徴とする燃焼制御方法。
- [請求項9] 請求項6又は7に記載の燃焼状況評価方法を用いて、前記焼却炉の燃焼を制御する燃焼制御方法であって、
過去の前記熱量指標と、現時点の前記熱量指標と、の比較結果に加えて、更に、過去の前記乾燥量指標と、現時点の前記乾燥量指標と、の比較結果に基づいて、前記焼却炉を制御する制御工程を行うことを特徴とする燃焼制御方法。

[請求項10] 請求項3、4、8、又は9に記載の燃焼制御方法であって、
前記制御工程では、
 (a) 前記燃焼部の前記火格子による前記廃棄物の搬送速度の増速
又は減速
 (b) 前記乾燥部及び前記後燃焼部の前記火格子による前記廃棄物
の搬送速度の増速又は減速
 (c) 一次燃焼用気体の供給量の調整
 (d) 一次燃焼で発生した未燃焼ガスを含む一次燃焼ガスを燃焼さ
せる二次燃焼で用いる二次燃焼用気体の供給量の調整
の4つの制御の少なくとも何れかを行うことを特徴とする燃焼制御
方法。

[請求項11] 請求項2に記載の燃焼状況評価方法であって、
前記焼却炉で発生した熱量をボイラで回収することで発生したボイ
ラ蒸発量を検出する蒸発量検出工程と、
過去の前記熱量指標と、過去の前記ボイラ蒸発量と、の相関関係に
関する第1相関情報を算出する準備工程と、
前記第1相関情報と、将来の前記熱量指標と、に基づいて、将来の
前記ボイラ蒸発量を予測するボイラ予測工程と、
を含むことを特徴とする燃焼状況評価方法。

[請求項12] 請求項11に記載の燃焼状況評価方法を用いて、前記焼却炉の燃焼
を制御する燃焼制御方法であって、
前記廃棄物から発生した火炎を解析する解析工程と、
前記焼却炉を制御する制御工程と、
を含み、
前記解析工程では、
 複数のカメラを用いて、前記廃棄物から発生した火炎を観測して
、視点が異なる複数の画像を取得し、当該複数の画像に基づいて、3
次元火炎画像を作成し、

前記 3 次元火炎画像を解析して、火炎の状態に関する情報であって当該火炎から発生する熱量の変化を評価するための情報である火炎状態情報を算出し、

前記火炎状態情報と、前記ボイラ蒸発量の検出値と、の相関関係に関する第 2 相関情報を算出し、

前記制御工程では、

現時点の前記ボイラ蒸発量と、将来の前記ボイラ蒸発量と、の比較結果に基づいて、前記ボイラ蒸発量を安定化させるために当該ボイラ蒸発量をどのように変化させるかを示す目標蒸発量変化を算出し、

前記第 2 相関情報と前記目標蒸発量変化とに基づいて、前記目標蒸発量変化のために火炎をどのように変化させるかを算出し、それに応じて前記焼却炉を制御することを特徴とする燃焼制御方法。

[請求項13]

請求項 1 2 に記載の燃焼制御方法であって、

前記火炎状態情報には、

一次燃焼又は二次燃焼で発生した燃焼ガスの流路と交差する所定の仮想平面で火炎を切った火炎断面積と、

前記流路に沿う方向の火炎流速と、が含まれており、

前記制御工程では、前記目標蒸発量変化のために、前記火炎断面積と前記火炎流速をどのように変化させるかを示す目標火炎変化を特定し、当該目標火炎変化に応じて前記焼却炉を制御することを特徴とする燃焼制御方法。

[請求項14]

請求項 1 3 に記載の燃焼制御方法であって、

前記制御工程では、

(a) 前記燃焼部の前記火格子による前記廃棄物の搬送速度の増速又は減速

(b) 前記乾燥部及び前記後燃焼部の前記火格子による前記廃棄物の搬送速度の増速又は減速

(c) 一次燃焼用気体の供給量の調整

(d) 前記一次燃焼で発生した未燃焼ガスを含む一次燃焼ガスを燃焼させる二次燃焼で用いる二次燃焼用気体の供給量の調整

の4つの制御の少なくとも何れかを行うことを特徴とする燃焼制御方法。

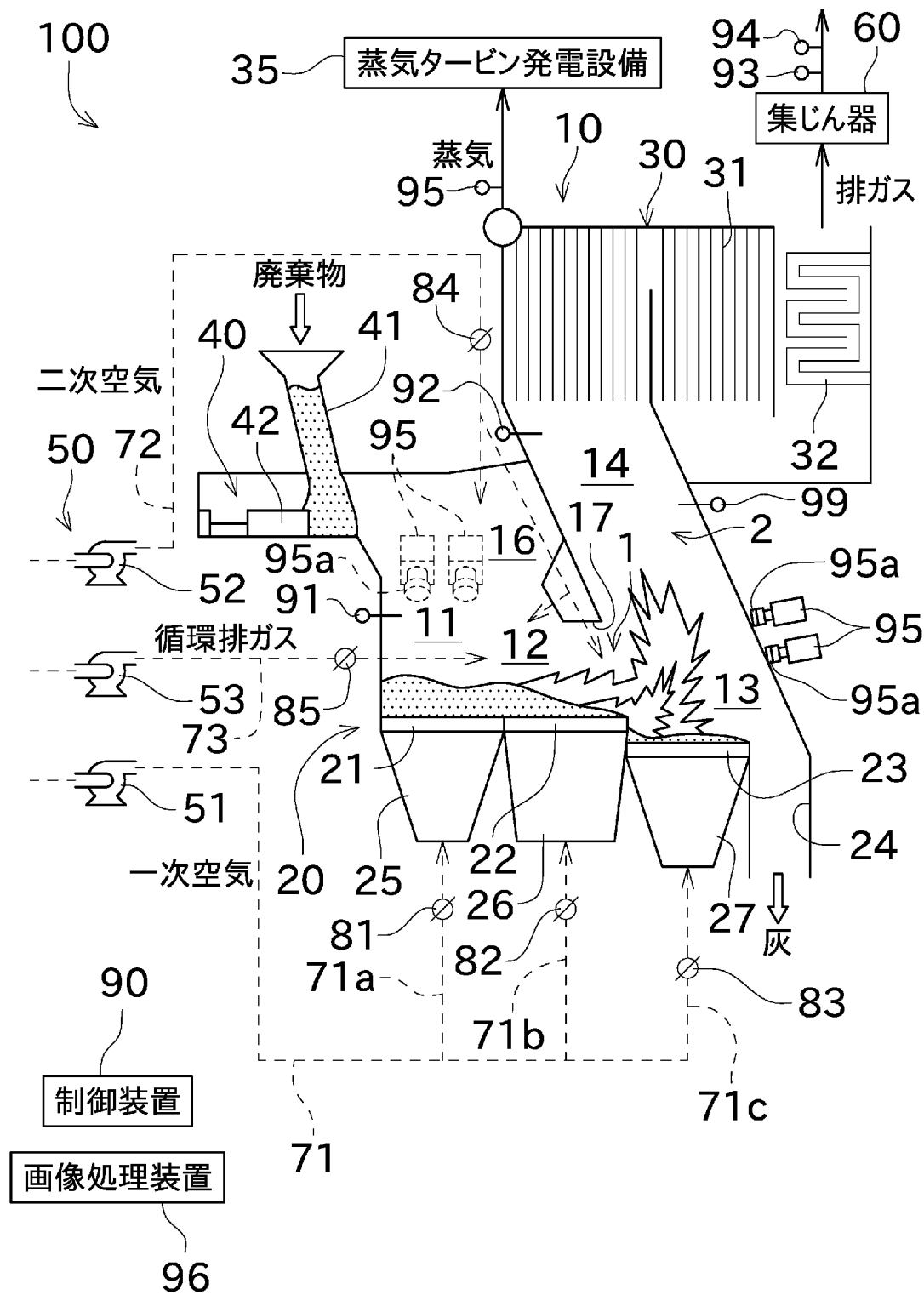
[請求項15] 請求項12から14までの何れか一項に記載の燃焼制御方法であって、

前記第2 相関情報には、二次燃焼ゾーンの温度である二次燃焼温度と前記ボイラ蒸発量との相関関係も含まれることを特徴とする燃焼制御方法。

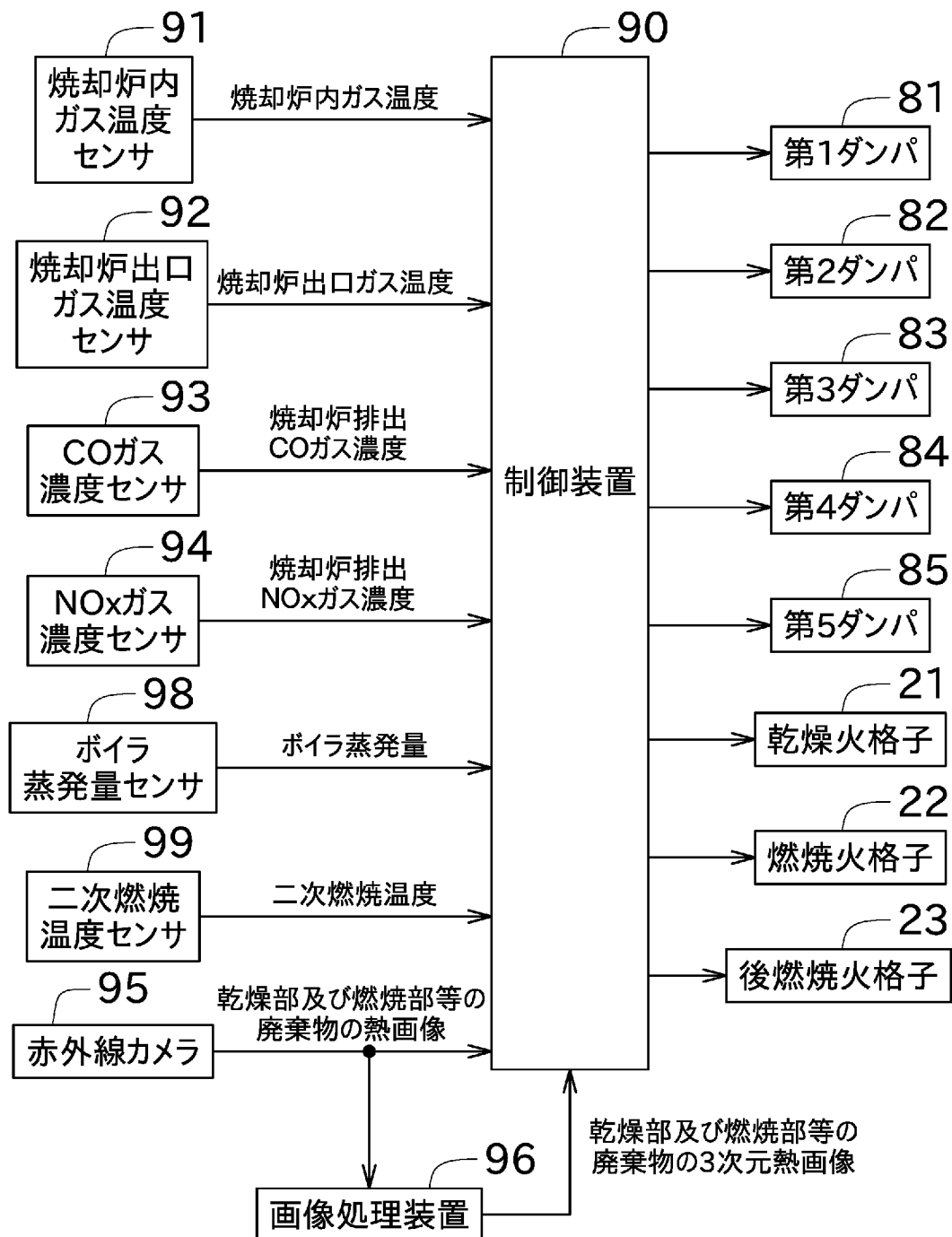
[請求項16] 請求項10又は14に記載の燃焼制御方法であって、

前記制御工程では、前記第1 算出工程で算出した、前記廃棄物の厚み、及び、前記廃棄物の表面移動速度の少なくとも何れかに基づいて、前記4つの制御で用いる制御値を補正することを特徴とする燃焼制御方法。

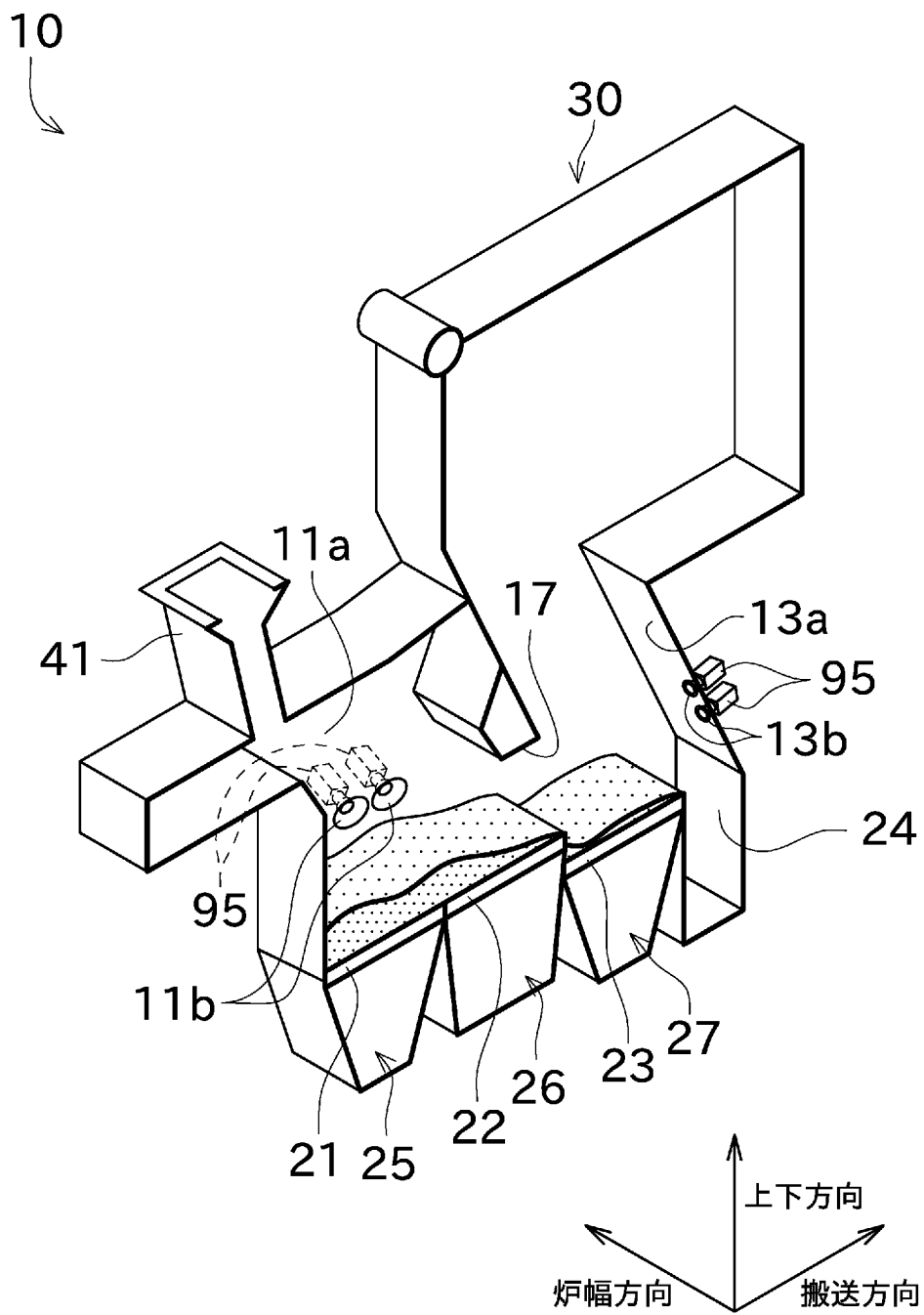
[図1]



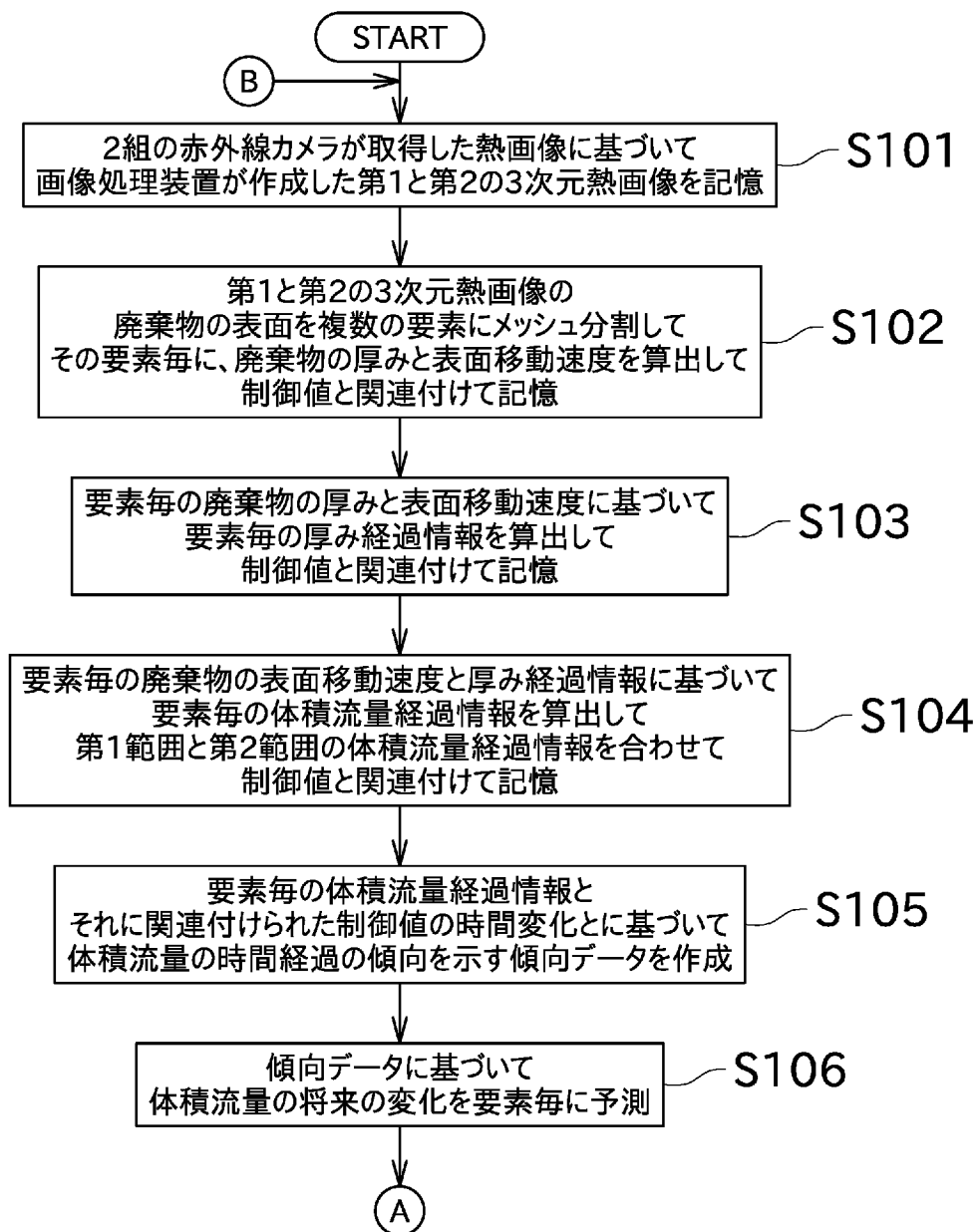
[図2]



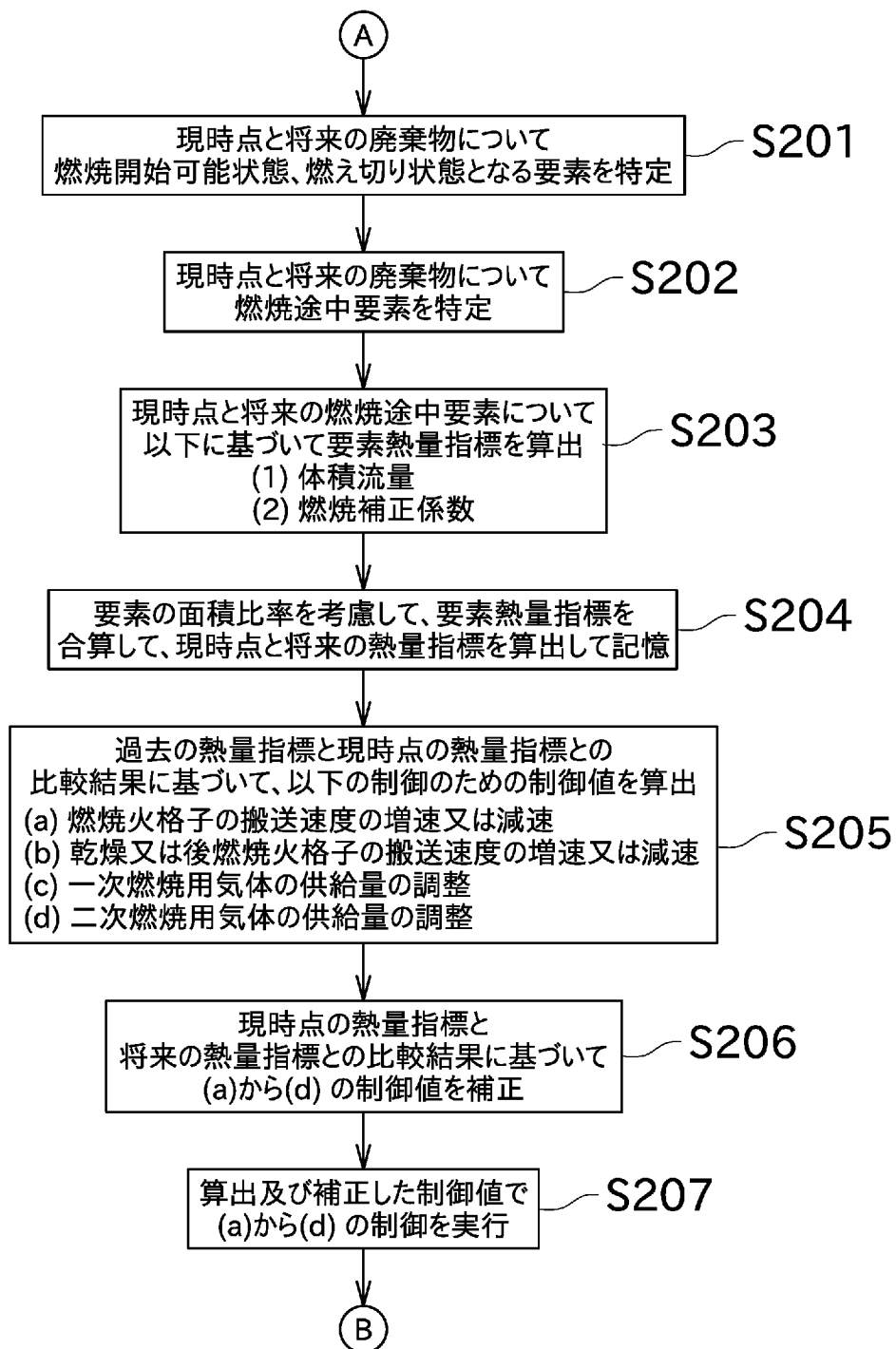
[図3]



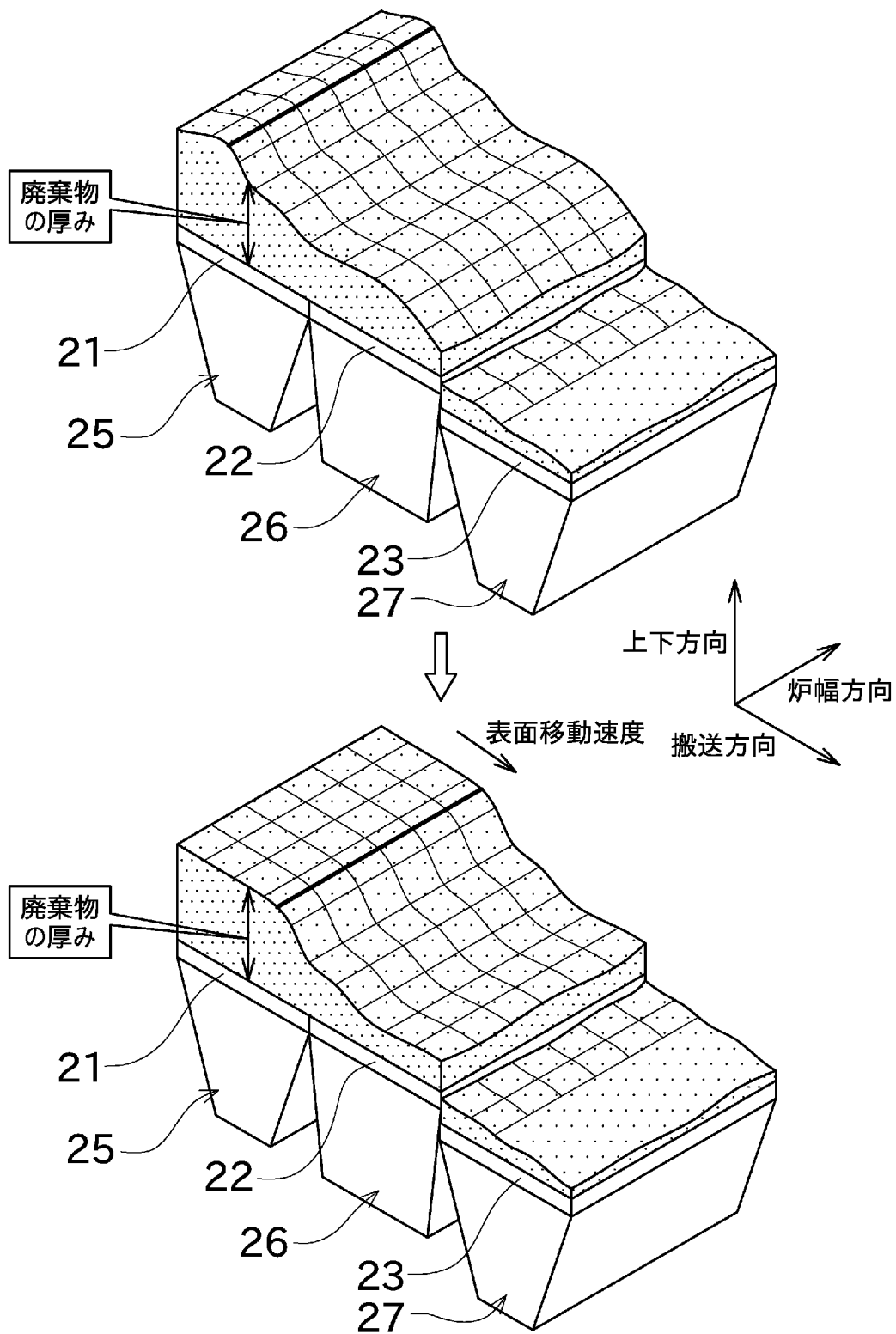
[図4]



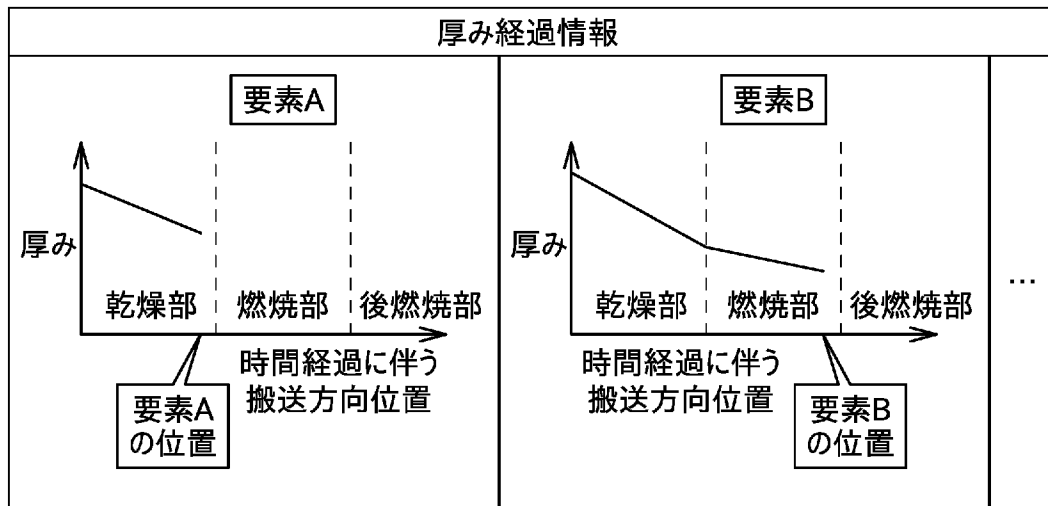
[図5]



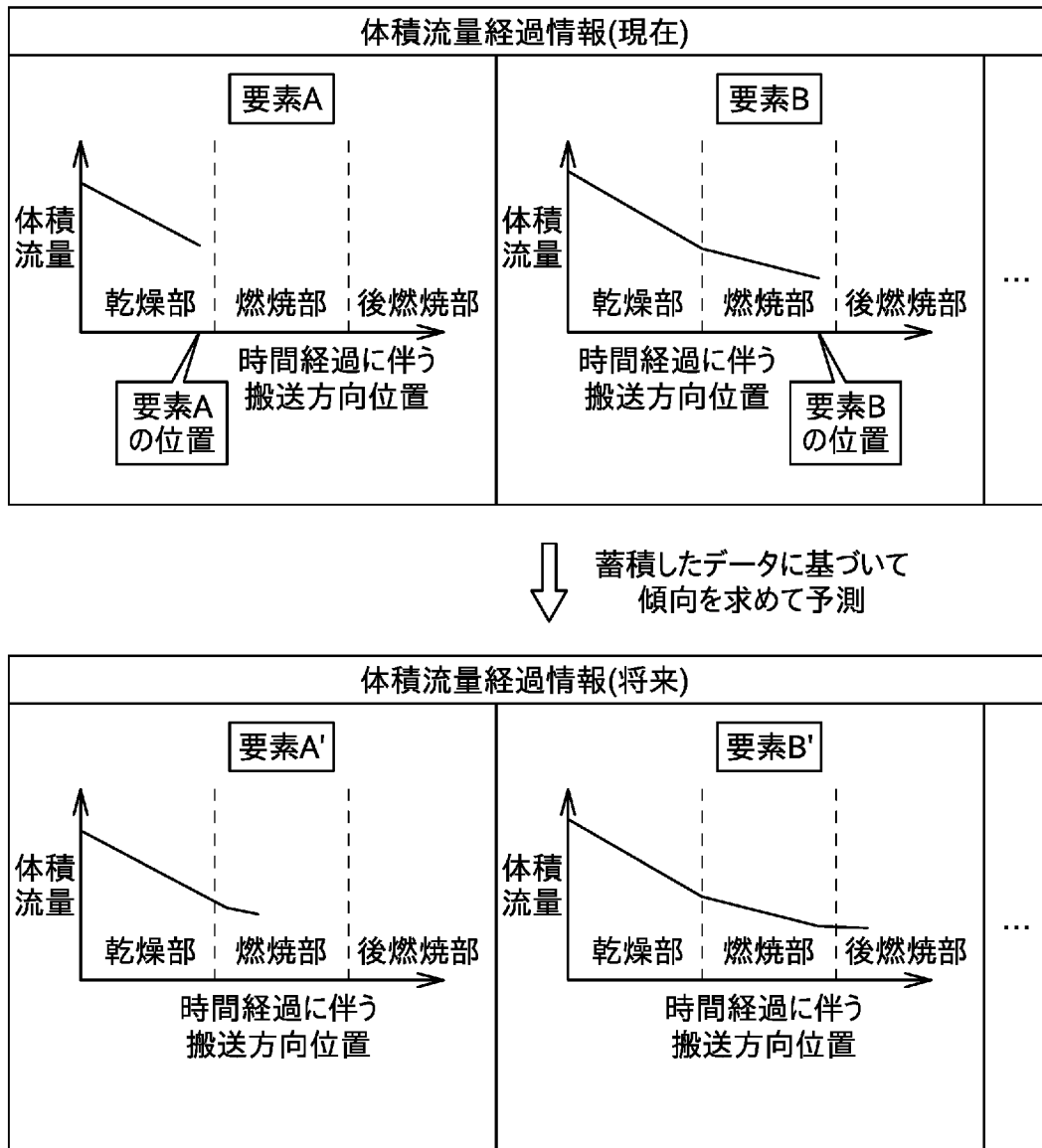
[図6]



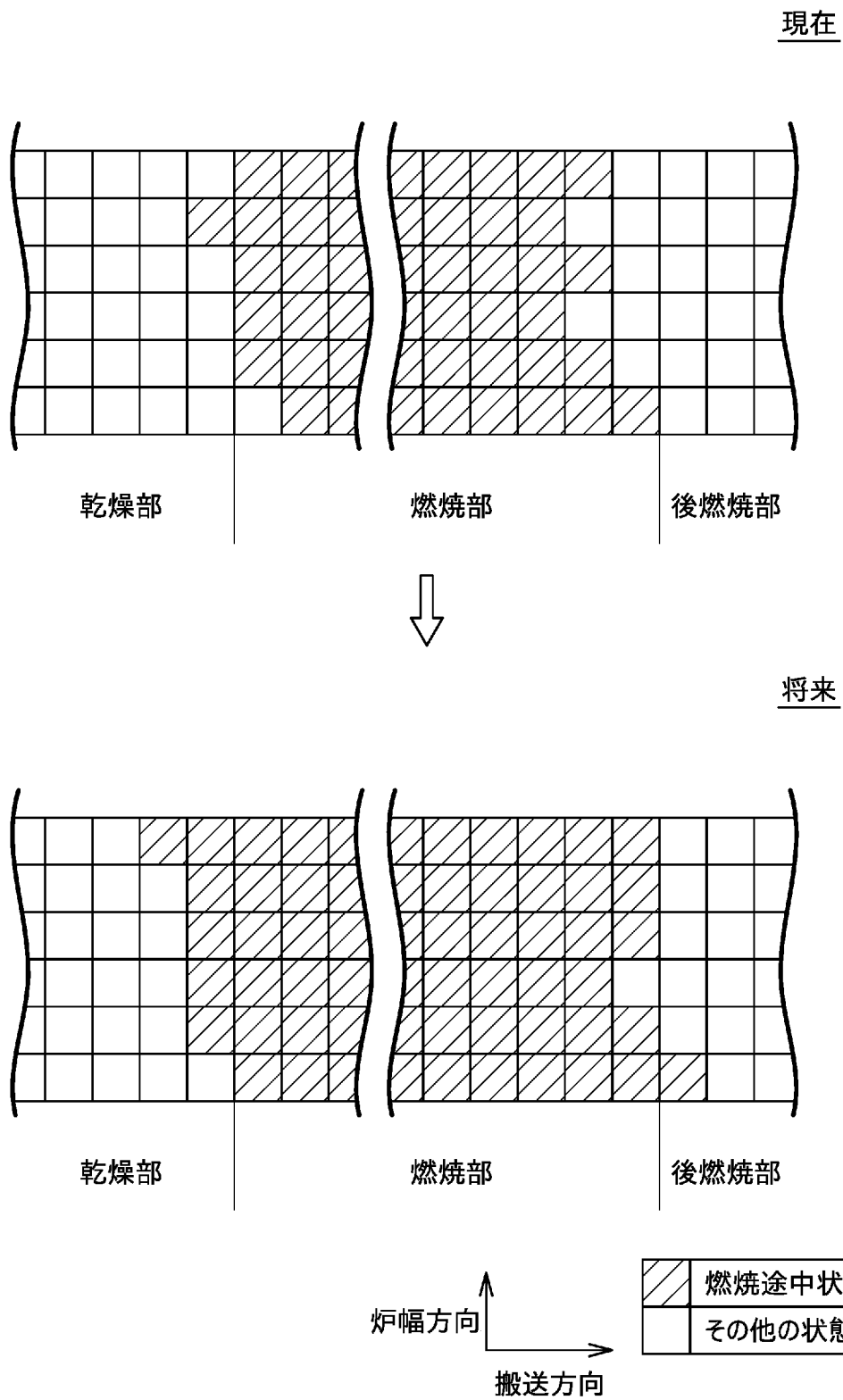
[図7]



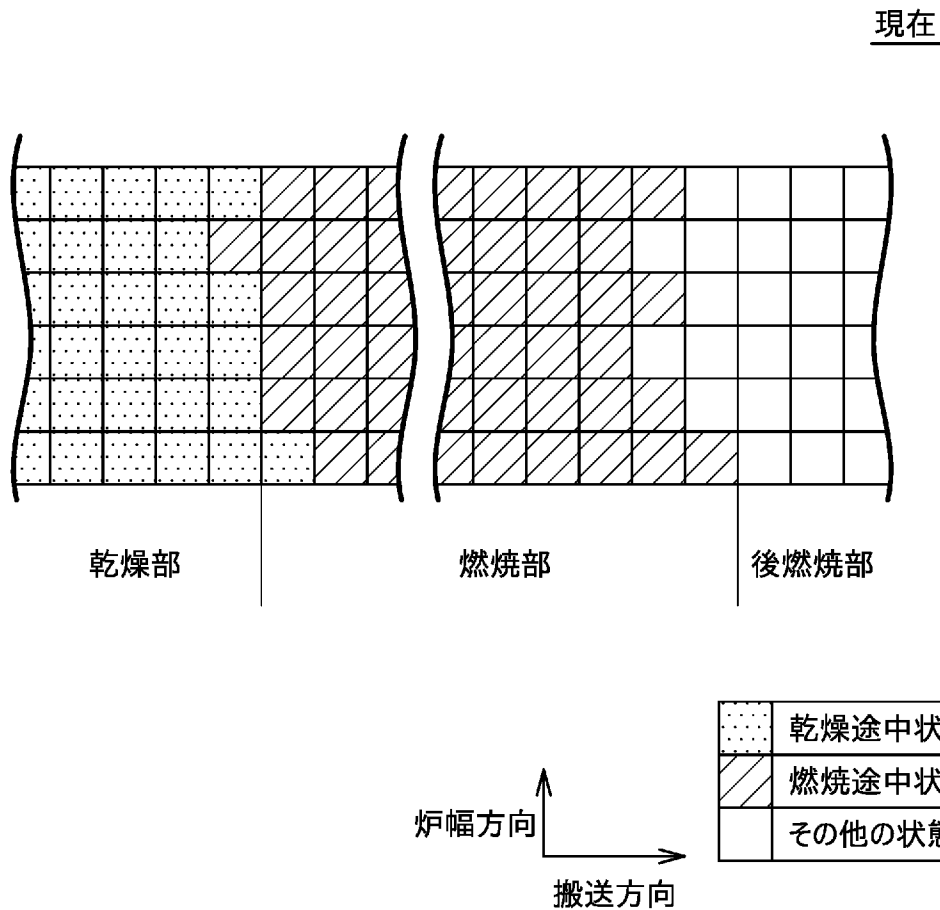
[図8]



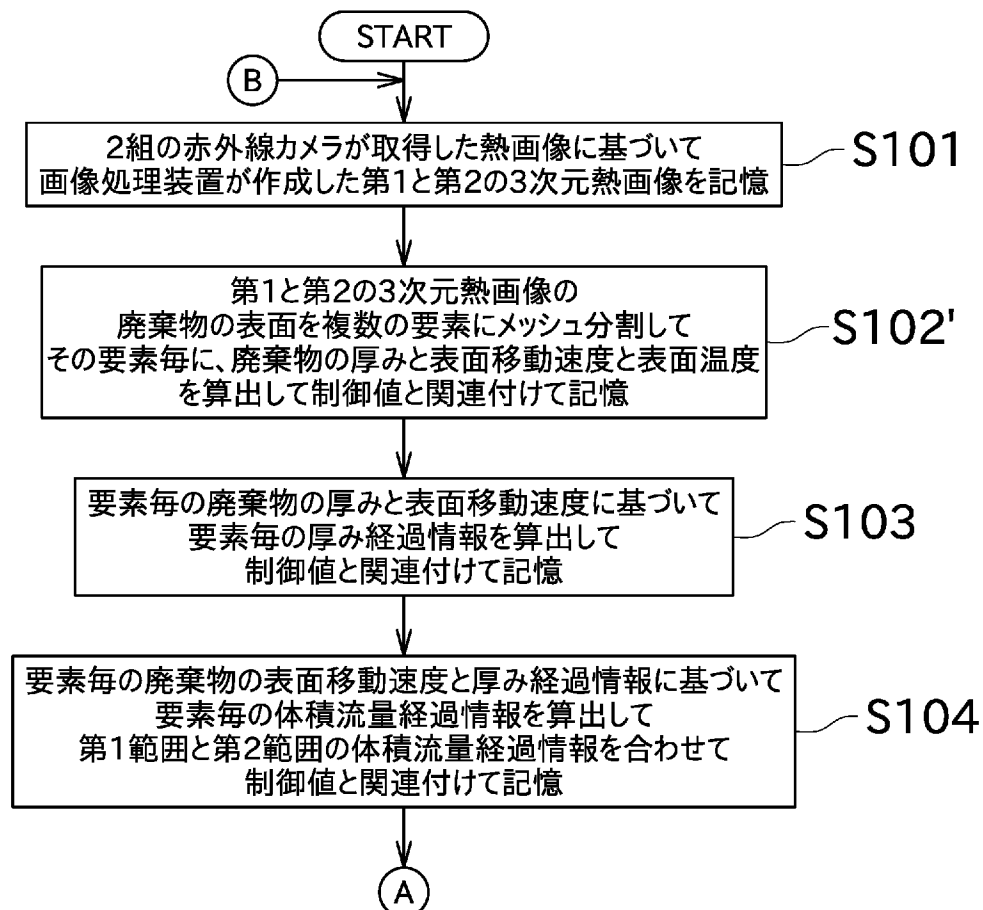
[図9]



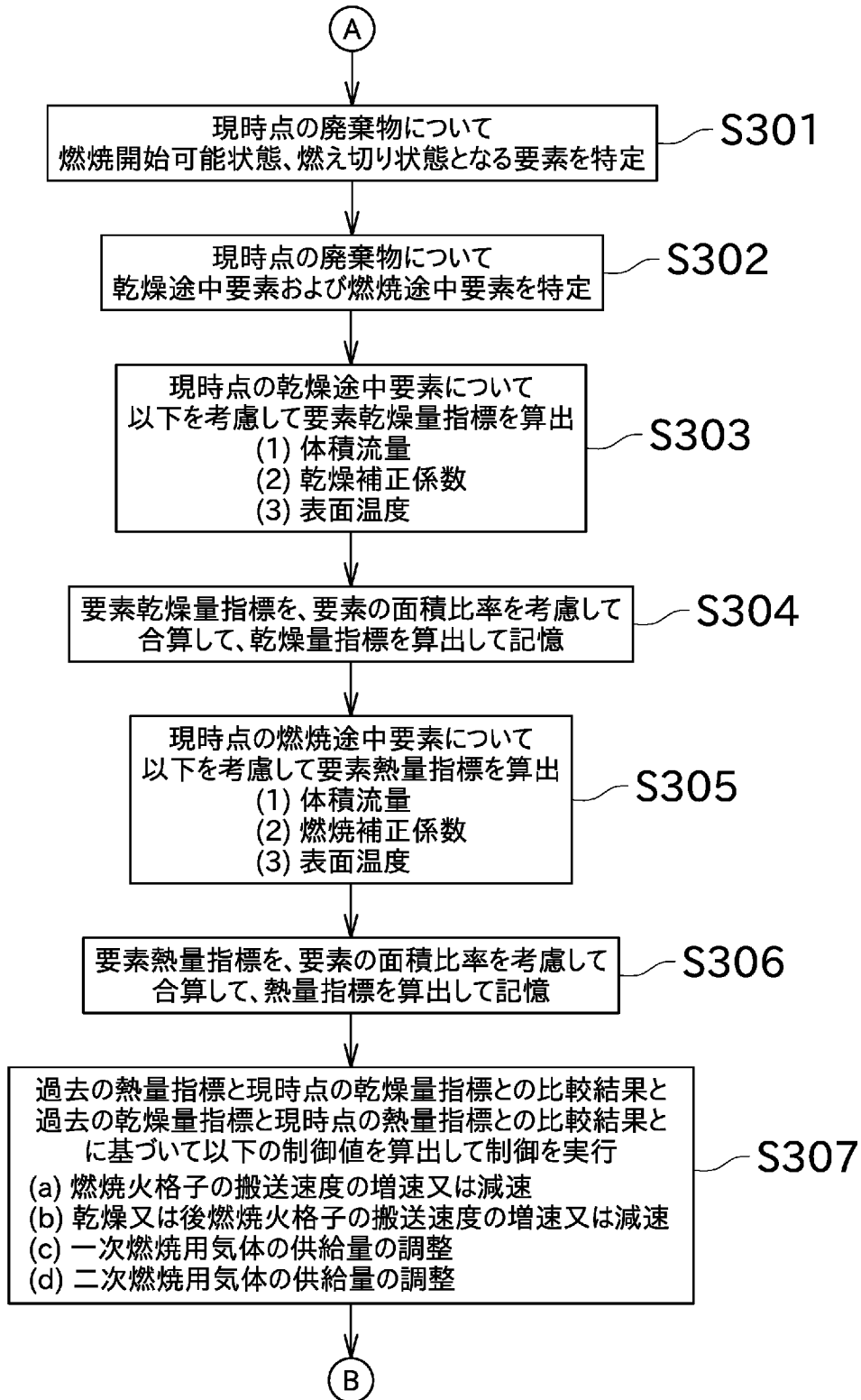
[図10]



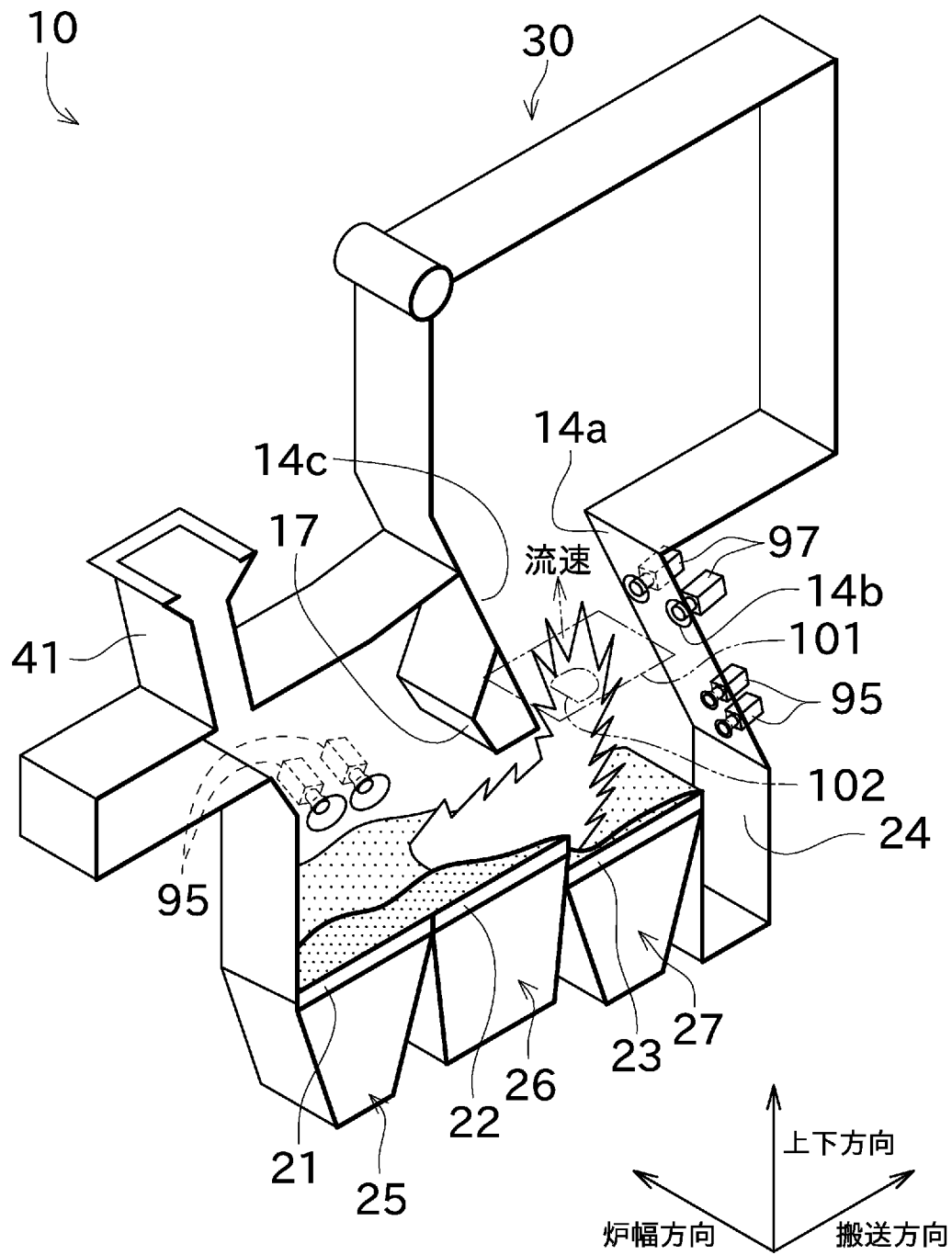
[図11]



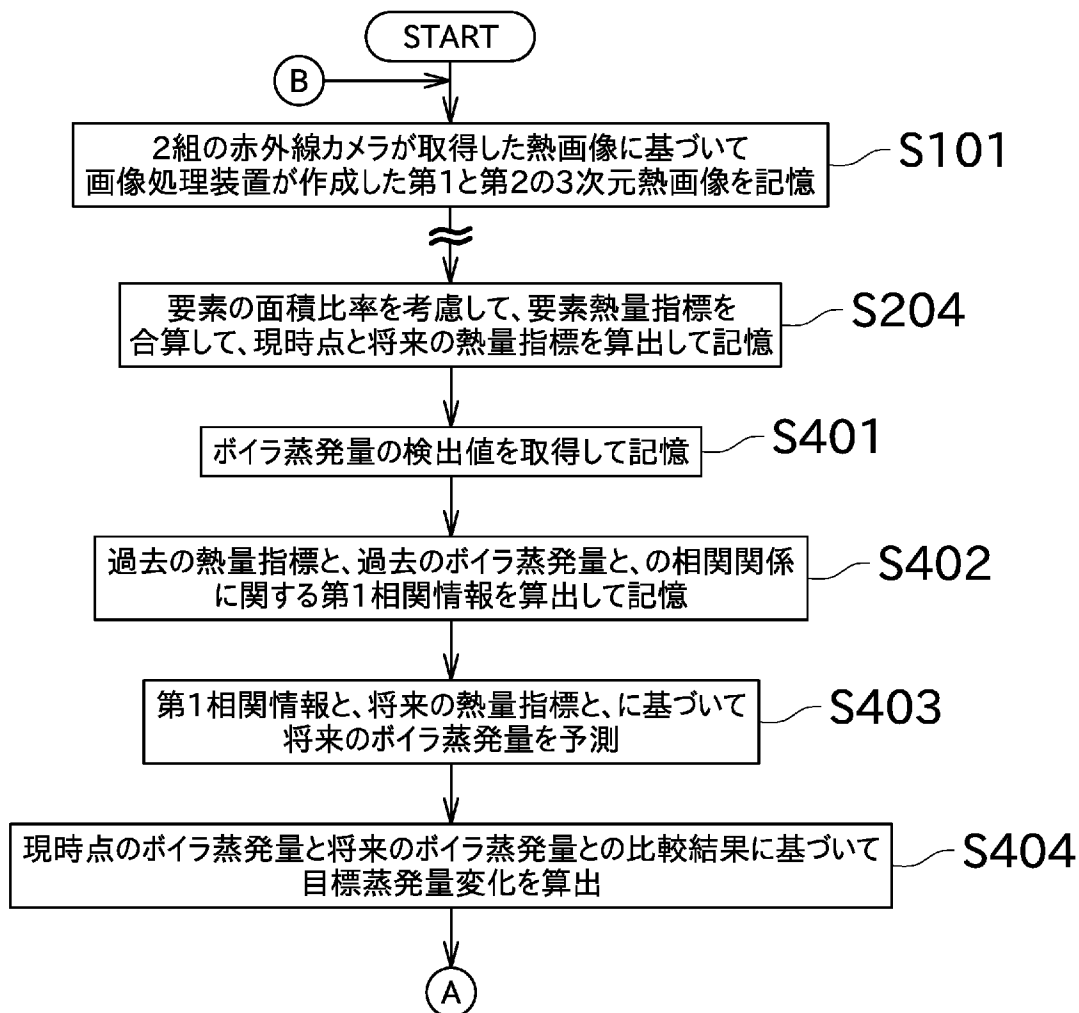
[図12]



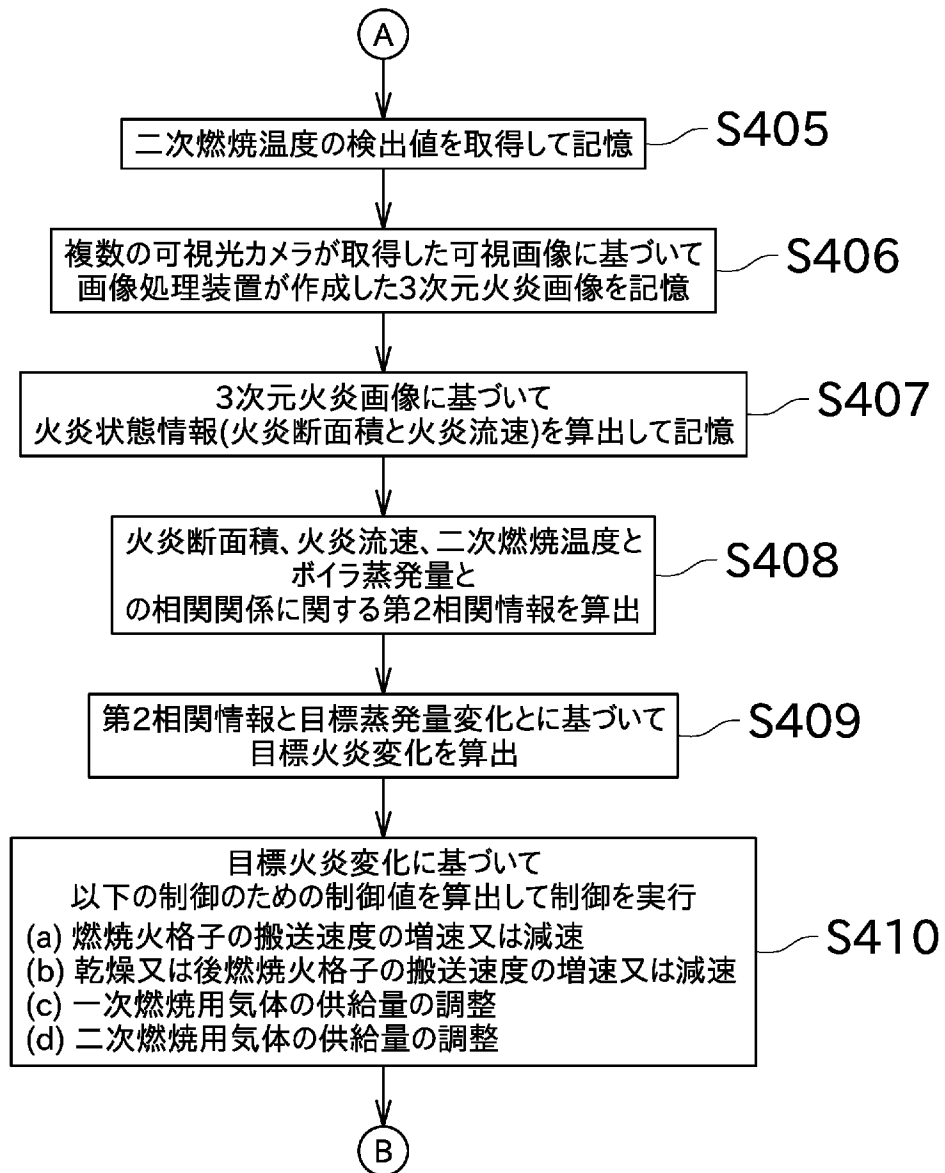
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/038880

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F23G5/50 (2006.01) i, F23M11/04 (2006.01) i

FI: F23M11/04102, F23G5/50L, F23G5/50G, F23G5/50H, F23G5/50M

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. F23G5/50, F23M11/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 6543389 B1 (KAWASAKI HEAVY IND LTD.) 10 July 2019 (2019-07-10), paragraphs [0022], [0039], [0046]-[0054], fig. 5	1-16
A	JP 2019-132485 A (TAKUMA KK) 08 August 2019 (2019-08-08), paragraphs [0024]-[0026], fig. 2	1-16
A	JP 2018-155411 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 04 October 2018 (2018-10-04), claim 1	1-16
A	JP 2019-52822 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD.) 04 April 2019 (2019-04-04), paragraph [0047]	1-16
A	JP 2019-178849 A (JFE ENGINEERING CORPORATION) 17 October 2019 (2019-10-17), claim 1	1-16
A	JP 2004-239508 A (JFE ENGINEERING CORPORATION) 26 August 2004 (2004-08-26), claim 1	1-16



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 November 2020

Date of mailing of the international search report
17 November 2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/038880

JP 6543389 B1	10 July 2019	(Family: none)
JP 2019-132485 A	08 August 2019	(Family: none)
JP 2018-155411 A	04 October 2018	(Family: none)
JP 2019-52822 A	04 April 2019	(Family: none)
JP 2019-178849 A	17 October 2019	(Family: none)
JP 2004-239508 A	26 August 2004	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F23G 5/50(2006.01)i; F23M 11/04(2006.01)i FI: F23M11/04 102; F23G5/50 L; F23G5/50 G; F23G5/50 H; F23G5/50 M														
B. 調査を行った分野														
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） F23G5/50; F23M11/04														
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2020年													
日本国実用新案登録公報	1996-2020年													
日本国登録実用新案公報	1994-2020年													
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）														
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
A	JP 6543389 B1 (川崎重工業株式会社) 10.07.2019 (2019-07-10) 段落[0022][0039][0046]-[0054], 図5	1-16												
A	JP 2019-132485 A (株式会社タクマ) 08.08.2019 (2019-08-08) 段落[0024]-[0026], 図2	1-16												
A	JP 2018-155411 A (三菱重工業株式会社) 04.10.2018 (2018-10-04) [請求項1]	1-16												
A	JP 2019-52822 A (川崎重工業株式会社) 04.04.2019 (2019-04-04) 段落[0047]	1-16												
A	JP 2019-178849 A (JFEエンジニアリング株式会社) 17.10.2019 (2019-10-17) [請求項1]	1-16												
A	JP 2004-239508 A (JFEエンジニアリング株式会社) 26.08.2004 (2004-08-26) [請求項1]	1-16												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの													
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの													
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 09.11.2020	国際調査報告の発送日 17.11.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 堀川 泰宏 3L 4018 電話番号 03-3581-1101 内線 3337													

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/038880

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	6543389	B1	10.07.2019	(ファミリーなし)	
JP	2019-132485	A	08.08.2019	(ファミリーなし)	
JP	2018-155411	A	04.10.2018	(ファミリーなし)	
JP	2019-52822	A	04.04.2019	(ファミリーなし)	
JP	2019-178849	A	17.10.2019	(ファミリーなし)	
JP	2004-239508	A	26.08.2004	(ファミリーなし)	