(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
2017 年 9 月 28 日(28.09.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/163650 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 15/06 (2006.01) *G01N 27/04* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/004782

(22) 国際出願日: 2017 年 2 月 9 日(09.02.2017)

(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 2016-057410 2016 年 3 月 22 日(22.03.2016) JP
特願 2016-140655 2016 年 7 月 15 日(15.07.2016) JP

(71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地 Aichi (JP).

(72) 発明者: 小池 和彦(KOIKE Kazuhiko); 〒4450012 愛知県西尾市下羽角町岩谷１４番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内 Aichi (JP). 山本真宏(YAMAMOTO Masahiro); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人あいち国際特許事務所(AICHI, TAKAHASHI, IWAKURA & ASSOCIATES); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅３丁目２６番１９号 名駅永田ビル Aichi (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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

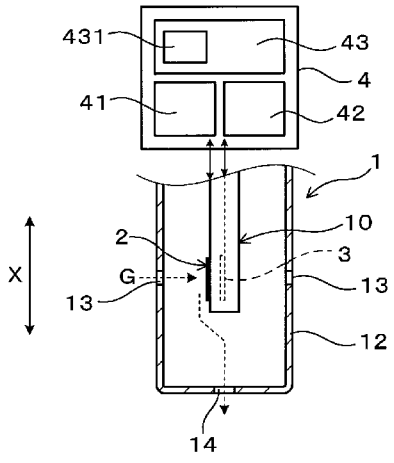
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,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

[続葉有]

(54) **Title**: PARTICULATE MATTER DETECTING DEVICE

(54) 発明の名称 : 粒子状物質検出装置

(図１)



(57) **Abstract**: This particulate matter detecting device is provided with: a sensor unit (1) which includes a detecting unit (2) provided with a pair of electrodes (21), (22) and a heater unit (3) provided with a heater electrode (31), and which outputs a signal corresponding to an amount of particulate matter; and a sensor control unit (4) which detects a number of particles (N) of the particulate matter. The sensor control unit includes: a collection control unit (41); a heating control unit (42) which heats the detecting unit to a first temperature (T1) at which a soluble organic fraction (SOF) volatilizes, and a second temperature (T2) at which soot combusts; an output rate of change calculating unit (431) which calculates a ratio between a first output value (V1) at the first temperature, and a second output value (V2) which is the maximum output when the detecting unit is heated to the second temperature; and a particle number calculating unit (43) which calculates the number of particles by estimating a mean particle size (D) of the particulate matter from a value obtained by correcting said ratio on the basis of the temperature (T) of the sensor unit when the second output value is being output.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/163650 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

粒子状物質検出装置は、一対の電極（２１）、（２２）を設けた検出部（２）と、ヒータ電極（３１）を設けたヒータ部（３）を有し、粒子状物質の量に応じた信号を出力するセンサ部（１）と、粒子状物質の粒子数（Ｎ）を検出するセンサ制御部（４）を備える。該センサ制御部は、捕集制御部（４１）と、上記検出部をＳＯＦが揮発する第１温度（Ｔ１）、Ｓｏｏｔが燃焼する第２温度（Ｔ２）に加熱する加熱制御部（４２）と、上記第１温度における第１出力値（Ｖ１）と、上記第２温度に加熱する際の最大出力である第２出力値（Ｖ２）との比率を算出する出力変化率算出部（４３１）と、これを上記第２出力値における上記センサ部の温度（Ｔ）に基づいて補正した値から粒子状物質の平均粒径（Ｄ）を推定し、上記粒子数を算出する粒子数算出部（４３）を有する。

明　細　書

発明の名称 ： 粒子状物質検出装置

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、２０１６年３月２２日に出願された特許出願番号２０１６－５７４１０号と、２０１６年７月１５日に出願された特許出願番号２０１６－１４０６５５号に基づくものであって、その特許出願のすべての内容が、参照により本明細書に組み入れられる。

技術分野

[0002] 本開示は、内燃機関から排出される粒子状物質の粒子数を検出するための粒子状物質検出装置に関する。

背景技術

[0003] 自動車排ガス中に含まれる粒子状物質（すなわち、Ｐａｒｔｉｃｕｌａｔｅ　Ｍａｔｔｅｒ；以下、適宜ＰＭと称する）の排出規制に対応するために、粒子状物質検出装置の検出精度を高めることが重要となっている。粒子状物質検出装置は、例えば、電気抵抗式のセンサ素子を備え、絶縁性基体の表面に設けた検出電極部に電圧を印加して静電場を形成し、粒子状物質が捕集されることによる検出電極部の抵抗値変化を検出する。

[0004] 粒子状物質検出装置は、センサ素子の出力から、粒子状物質の排出量を推定することができる。また、排出される粒子状物質を粒子数で規制することが検討されている。例えば、特許文献１には、複数の電気抵抗式のＰＭ検出部を配置し、各ＰＭ検出部への印加電圧を調整して異なる粒子径分布となるように設定したセンサ制御装置が開示されている。この装置は、各ＰＭ検出部のセンサ出力からＰＭ質量を検出し、ＰＭ質量とＰＭ検出部ごとに設定した平均粒子質量から粒子数を算出している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０１２－５２８１１号公報

発明の概要

[0006] 排ガスと共に排出される粒子状物質は、導電性のＳｏｏｔ（すなわち、煤）を主成分とする混合物であり、エンジン運転条件により粒子形状や化学組成が大きく変化する。例えば、粒子状物質には、未燃の燃料やエンジンオイルに由来するＳＯＦ（すなわち、Ｓｏｌｕｂｌｅ Ｏｒｇａｎｉｃ Ｆｒａｃｔｉｏｎ；可溶性有機成分）が含まれ、エンジン燃焼状態によりＳＯＦ量が変化する。そのため、排出される粒子状物質の導電率が、ＳＯＦ量によって変動し、また、センサ素子の周囲の排ガス温度によっても粒子状物質の導電率が変化するために、センサ出力にばらつきが生じる。このようなセンサ出力のばらつきは、特許文献１の装置のように、センサ素子に複数のＰＭ検出部を形成した場合にも発生し、検出精度を低下させる、といった課題が見出された。

[0007] 本開示の目的は、粒子状物質に含まれるＳＯＦ量や周囲の温度によるセンサ出力のばらつきを低減し、粒子状物質の粒子数の検出精度を向上させた粒子状物質検出装置を提供しようとするものである。

[0008] 本開示の一態様は、被測定ガスに含まれる粒子状物質を検出する粒子状物質検出装置であって、

被測定ガスに晒される絶縁性基体の表面に互いに離間する一対の電極を配置した検出部と、該検出部を加熱するヒータ電極を設けたヒータ部とを有して、上記検出部に捕集される粒子状物質の量に応じた信号を出力するセンサ部と、該センサ部からのセンサ出力に基づいて、捕集された粒子状物質の粒子数を検出するセンサ制御部と、を備えており、

該センサ制御部は、

上記検出部の上記一対の電極間へ電圧を印加して、粒子状物質を静電捕集させる捕集制御部と、

上記ヒータ部の上記ヒータ電極へ電力を供給して、粒子状物質中のＳＯＦが揮発可能でありＳｏｏｔは燃焼しない第１温度に加熱保持し、又はＳｏｏｔが燃焼可能な第２温度に加熱保持する加熱制御部と、

上記第１温度における上記センサ出力である第１出力値と、上記第１温度から上記第２温度まで加熱する際の最大の上記センサ出力である第２出力値を取得し、上記第１出力値に対する上記第２出力値の比率である出力変化率を算出する出力変化率算出部と、

算出した上記出力変化率から推定される粒子状物質の平均粒径と、上記センサ出力から推定される粒子状物質の質量を用いて、上記粒子数を算出する粒子数算出部と、を有し、

上記粒子数算出部は、算出した上記出力変化率を、上記第２出力値における上記センサ部の温度に基づいて補正する、温度補正手段を有する、粒子状物質検出装置にある。

[0009] 本開示の他の態様は、被測定ガスに含まれる粒子状物質を検出する粒子状物質検出装置であって、上記センサ部からのセンサ出力に基づいて、捕集された粒子状物質の粒子数を検出するセンサ制御部と、を備えており、

該センサ制御部は、

上記検出部の上記一対の電極間へ電圧を印加して、粒子状物質を静電捕集させる捕集制御部と、

上記ヒータ部の上記ヒータ電極へ電力を供給して、粒子状物質中のＳＯＦが揮発可能でありＳｏｏｔは燃焼しない第１温度に加熱保持し、又はＳｏｏｔが燃焼可能な第２温度に加熱保持する加熱制御部と、

上記第１温度における上記センサ出力である第１出力値と、上記第１温度から上記第２温度まで加熱する際の最大の上記センサ出力である第２出力値を取得し、上記第１出力値に対する上記第２出力値の比率である出力変化率を算出する出力変化率算出部と、

算出した上記出力変化率から推定される粒子状物質の平均粒径と、上記センサ出力から推定される粒子状物質の質量を用いて、上記粒子数を算出する粒子数算出部と、を有し、

上記加熱制御部は、上記第１温度から上記第２温度まで加熱する際の昇温速度を制御する昇温制御手段を有する、粒子状物質検出装置にある。

発明の効果

[0010] 上記粒子状物質検出装置において、センサ制御部は、捕集制御部を作動させて粒子状物質の静電捕集を開始する。一方、加熱制御部を作動させて第１温度まで加熱し、ＳＯＦを揮発させた粒子状物質に対応する第１出力値と、さらに第２温度まで加熱して、Ｓｏｏｔが燃焼する直前の粒子状物質に対応する第２出力値とを取得する。第１出力値と第２出力値との比率である出力変化率は、捕集される粒子状物質の平均粒径と相関があるので、出力変化率から平均粒径を推定することができる。

[0011] ここで、出力変化率算出部にて算出される出力変化率は温度依存性を有するので、上記一態様のように、粒子数算出部に温度補正手段を設け、センサ部の温度を用いて補正を行うことで、平均粒径を精度よく推定することができる。あるいは、上記他の態様のように、上記加熱制御部に昇温制御手段を設け、第１温度から第２温度への昇温速度を制御することで、温度の影響を小さくすることもできる。この場合も、出力変化率のばらつきを抑制して、平均粒径を精度よく推定できる。この平均粒径と、センサ出力から推定される粒子状物質の質量を用いて、粒子数を算出することができる。

[0012] したがって、上記態様によれば、粒子状物質に含まれるＳＯＦの影響を排除し、さらに周囲の温度による出力のばらつきを補正して、捕集した粒子状物質の粒子数の検出精度を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0013] 本開示についての上記目的及びその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、

[図1]図１は、実施形態１における、粒子状物質検出装置を構成する粒子状物質検出センサの一例を示す要部拡大図であり、

[図2]図２は、実施形態１における、粒子状物質検出センサのセンサ素子の構成例を示す全体斜視図であり、

[図3]図３は、実施形態１における、粒子状物質検出装置を備える内燃機関の排ガス浄化装置の全体構成を示す概略構成図であり、

[図4]図４は、実施形態１における、粒子状物質検出センサの他の例を示す要部拡大図であり、

[図5]図５は、実施形態１における、粒子状物質検出センサのセンサ素子の他の構成例を示す全体斜視図であり、

[図6]図６は、実施形態１における、粒子状物質検出装置のセンサ制御部で実行される粒子状物質検出処理のフローチャート図であり、

[図7]図７は、実施形態１における、粒子状物質の捕集開始からの経過時間に対するセンサ素子の温度の変化を示す図であり、

[図8]図８は、実施形態１における、センサ素子を加熱する際の第１温度の好適範囲を示す図で、粒子状物質中のＳＯＦ割合が異なる場合の第１温度と出力変化率の関係を比較して示す図であり、

[図9]図９は、実施形態１における、第２出力値でのセンサ素子の温度と出力変化率の関係を示す図であり、

[図10]図１０は、実施形態１における、温度補正を行う前の出力変化率と平均粒径の関係を示す図であり、

[図11]図１１は、実施形態１における、温度補正後の出力変化率と平均粒径の関係を示す図であり、

[図12]図１２は、実施形態２における、粒子状物質検出装置のセンサ制御部で実行される粒子状物質検出処理のフローチャート図であり、

[図13]図１３は、実施形態３における、粒子状物質検出装置のセンサ制御部で実行される粒子状物質検出処理のフローチャート図であり、

[図14]図１４は、実施形態３における、第１温度から第２温度への昇温速度と出力変化率の関係を示す図であり、

[図15]図１５は、実施形態３における、昇温制御後の出力変化率と平均粒径の関係を示す図であり、

[図16]図１６は、実施形態３における、昇温制御無の場合の実測粒子数と推定粒子数の関係を示す図であり、

[図17]図１７は、実施形態３における、昇温制御有の場合の実測粒子数と推

定粒子数の関係を示す図であり、

[図18]図１８は、実施形態４における、粒子状物質検出装置のセンサ制御部で実行される粒子状物質検出処理のフローチャート図である。

発明を実施するための形態

[0014] （実施形態１）

次に、粒子状物質検出装置及び粒子状物質検出方法の実施形態について、図面を参照して説明する。図１～図３に示すように、粒子状物質検出装置は、被測定ガスＧに含まれる粒子状物質を検出するセンサ部としての粒子状物質検出センサ１と、粒子状物質検出センサ１からの検出信号に基づいて、粒子状物質の粒子数を検出するセンサ制御部としての電子制御ユニット（以下、ＥＣＵと称する）４とを備えている。ＥＣＵ４は、粒子状物質検出センサ１に制御信号を出力して、粒子状物質の捕集と検出を制御する。

[0015] 図１に示すように、粒子状物質検出センサ１は、電気抵抗型のセンサ素子１０と、その外周囲を覆う保護カバー１２からなる。センサ素子１０は、保護カバー１２の軸方向を長手方向Ｘ（すなわち、図１の上下方向）として、その先端側（すなわち、図１における下端側）の表面に、被測定ガスＧに晒される検出部２を備える。検出部２は、センサ素子１０に内蔵されるヒータ部３によって加熱可能となっている。保護カバー１２は、ステンレス鋼等の金属材料からなる筒状体形状で、側面及び先端面に、複数の被測定ガス流通孔１３、１４を有している。例えば、図示するように、検出部２に対向する側面の被測定ガス流通孔１３から、保護カバー１２内に被測定ガスが導入され、検出部２の表面に沿って、先端面の被測定ガス流通孔１４へ向かう被測定ガスＧの流れが形成される。

[0016] 被測定ガスＧは、例えば、図３に示す内燃機関Ｅから排出される燃焼排ガスであり、粒子状物質（すなわち、ＰＭ）は、導電性成分であるＳｏｏｔ（すなわち、煤）と有機成分であるＳＯＦ（すなわち、可溶性有機成分）を含む混合物である。粒子状物質の排出量や粒子の状態、例えば、粒子径や化学組成は、内燃機関Ｅの運転状態により変化する。内燃機関Ｅは、例えばディ

ーゼルエンジンであり、排ガスが流通する排ガス通路Ｅ１には、粒子状物質捕集部となるディーゼルパティキュレートフィルタ（以下、ＤＰＦと称する）５が配置される。粒子状物質検出センサ１は、ＤＰＦ５の下流に配置され、先端側半部が排ガス通路Ｅ１内に位置するように、排ガス通路Ｅ１壁に取付固定される。粒子状物質検出センサ１は、ＥＣＵ４に接続されており、ＤＰＦ５の下流における排ガス中のＰＭ量に対応する検出信号をＥＣＵ４に出力する。

[0017] 図２に示すように、センサ素子１０は、直方体形状の絶縁性基体１１と、該絶縁性基体１１の長手方向Ｘの先端側（すなわち、図２における左右方向の右端側）表面に形成される検出部２と、絶縁性基体１１の内部に埋設されるヒータ部３を有している。検出部２は、絶縁性基体１１の一側面（すなわち、図２における上側面で、図１における左側面）に櫛歯状に印刷形成された、一対の電極２１、２２からなる。櫛歯状の電極２１、２２は、それぞれ、複数の線状電極からなり、極性の異なる線状電極が交互に平行配設されて複数の電極対を構成している。電極２１、２２は、それぞれ、絶縁性基体１１の先端側から基端側（すなわち、図２における左端側）へ延びる線状のリード電極２１ａ、２２ａに接続される。

[0018] ヒータ部３は、絶縁性基体１１の先端側に配置されるヒータ電極３１と、ヒータ電極３１に接続されて基端側へ延びるリード電極３１ａ、３１ｂとからなる。絶縁性基体１１は、例えば、アルミナ等の絶縁性セラミックス材料からなる、複数の絶縁性シートの積層体にて構成される。このとき、絶縁性シートの表面に、ヒータ電極３１及びリード電極３１ａ、３１ｂを印刷形成し、他の絶縁性シートを重ねて、所定の直方体形状の成形体とし、焼成する。これにより、ヒータ部３を内蔵するセンサ素子１０を形成することができる。

[0019] 検出部２の電極２１、２２、リード電極２１ａ、２２ａ、ヒータ部３のヒータ電極３１、リード電極３１ａ、３１ｂは、例えば、貴金属等の導電性材料からなり、スクリーン印刷等を用いて所定の電極形状に形成することがで

きる。なお、ヒータ部３を、絶縁性基体１１内に埋設せず、絶縁性基体１１の表面、例えば、検出部２が形成される一側面と異なる側面にヒータ部３を印刷形成することもできる。ヒータ部３は、検出部２を加熱可能に構成されていればよく、例えば、絶縁性基体１１とは別体に設けることもできる。

[0020] 図４、５に示すように、粒子状物質検出センサ１のセンサ素子１０は、絶縁性基体１１の先端面に、積層構造の一対の電極２１、２２からなる検出部２を有する構成であってもよい。センサ素子１０は、例えば、絶縁性基体１１となる複数の絶縁性シートの間に、電極２１又は電極２２となる電極膜を交互に配設した積層体を焼成して形成される。このとき、絶縁性基体１１の先端面に、電極２１、２２となる電極膜の端縁部が交互に露出して、極性の異なる線状電極からなる複数の電極対を構成する。電極２１又は電極２２となる電極膜は、それぞれ図示しないリード電極に接続され、絶縁性基体１１の基端側において互いに接続される。

[0021] 保護カバー１２内において、積層構造の検出部２を有するセンサ素子１０は、検出部２が位置する先端面が、保護カバー１２の側面に開口する複数の被測定ガス流通孔１３より、やや基端側に位置するように配置されている。保護カバー１２の構成は、上記図１に示した例と同様であり、側面の複数の被測定ガス流通孔１３から保護カバー１２内に被測定ガスＧが流入し、先端面の被測定ガス流通孔１４へ向かうガス流れとなる。このとき、被測定ガスＧの流れは、被測定ガス流通孔１３から検出部２に直接向かわず、保護カバー１２内に導入された、被測定ガスＧの流れがセンサ素子１０の先端面の近傍で合流して、先端面の被測定ガス流通孔１４へ向かうガス流れとなる。

[0022] 積層構造のセンサ素子１０においても、図示しないヒータ部３が備えられ、ヒータ電極３１とそのリード電極３１ａ、３１ｂを絶縁性基体１１内に埋設形成し、または、絶縁性基体１１の表面に印刷形成することができる。なお、積層構造のセンサ素子１０において、検出部２を先端面に形成せず、先端側の一側面に配置してもよい。その場合も、電極２１、２２となる絶縁膜が、絶縁性基体１１となる絶縁性シート間に配置され、絶縁性シートの厚さ

が電極２１、２２間の距離となる構成は同様である。

[0023] ＥＣＵ４は、粒子状物質検出センサ１の検出部２及びヒータ部３の作動を制御すると共に、内燃機関Ｅの運転状態を制御する。図３において、粒子状物質検出センサ１の近傍の排ガス通路Ｅ１壁には、排ガス温度センサ５１が取付固定されて、ＤＰＦ５の下流の排ガス温度を検出可能であり、内燃機関Ｅの吸気通路Ｅ２にはエアフローメータ５２が配設されて、吸気流量を検出するようになっている。また、内燃機関Ｅの回転数を検出する回転数センサ５３、アクセルペダルの動作を検出するアクセルペダルセンサ５４、その他の各種検出装置が設けられる。ＥＣＵ４には、これら各種検出装置からの検出信号が入力される。

[0024] ＥＣＵ４は、マイコン４Ａを備える公知の構成で、入出力インターフェイスＩ／Ｆを介して、各種検出装置に接続される。マイコン４Ａは、演算処理を行うＣＰＵと、プログラム、データ等を記憶するＲＯＭ、ＲＡＭを備えており、周期的にプログラムを実行して、粒子状物質検出センサ１を含む内燃機関Ｅの各部を制御する。ここで、内燃機関Ｅの運転条件により、排ガス通路Ｅ１に排出される粒子状物質のＳＯＦ含有量は変化する。導電性の低いＳＯＦ含有量が増加すると、検出部２に捕集される粒子状物質の抵抗値が変化するため、同じ粒子径で同じ捕集量であったとしても、センサ出力が異なってしまう。そこで、本形態では、粒子状物質に含まれるＳＯＦの影響を排除し、さらに、温度補正を行って、粒子状物質の粒子径を推定し、粒子数を算出する。

[0025] ＥＣＵ４は、粒子状物質検出センサ１に制御信号を出力して、センサ素子１０の検出部２に粒子状物質を堆積させ、センサ素子１０からの信号に基づいて、捕集される粒子状物質を検出する。具体的には、図１に示すように、ＥＣＵ４は、検出部２の一対の電極２１、２２間に所定の電圧を印加して静電場を形成し、被測定ガスＧ中の粒子状物質を静電捕集させる捕集制御部４１と、ヒータ部３のヒータ電極３１へ電力を供給して、所定の温度に加熱する加熱制御部４２と、センサ素子１０のセンサ出力Ｖと、粒子状物質の平均

粒径Ｄに基づいて、捕集された粒子状物質の粒子数Ｎを算出する粒子数算出部４３とを備える。

[0026] 粒子状物質検出センサ１は、検出部２において、一対の電極２１、２２間に粒子状物質を捕捉し、粒子状物質の量によって変化する電気的特性を検出する。一対の電極２１、２２間の距離は、例えば、５～５００μｍの範囲で設定され、一般に、距離が小さくなるほど検出感度が高くなる。ヒータ部３は、検出部２を所望の温度に加熱して、例えば、捕集した粒子状物質に含まれるＳＯＦを揮発させ、さらにはＳｏｏｔを燃焼除去することができる。例えば、ＳＯＦを揮発可能な第１温度Ｔ１は、２００℃以上、４００℃以下の範囲で選択され、Ｓｏｏｔを燃焼除去可能な第２温度Ｔ２は、６００℃以上、１０００℃以下の範囲で選択される。

[0027] このとき、粒子状物質検出センサ１のセンサ素子１０の温度Ｔをモニタしながら、検出部２を所望の温度に制御し、段階的に粒子状物質の量を検出することで、運転状態によって変動するＳＯＦの影響を排除し、導電性のＳｏｏｔを主とする粒子状物質の粒子数を精度よく検出することができる。センサ素子１０の温度Ｔは、例えば、ヒータ部３のヒータ抵抗値変化とヒータ電極３１の温度との相関を利用して推定することができる。一般に、ヒータ抵抗値が大きいほどヒータ部３の発熱量が大きくなり、ヒータ電極３１の温度が高くなるので、例えば、リード電極３１ａ、３１ｂ間に、図示しない測定回路を介設してヒータ抵抗を測定し、予め作成したマップ等を用いて、センサ素子１０の温度Ｔを計測する。マップ等は、ＥＣＵ４の記憶領域であるＲＯＭに記憶させておくことができる。なお、センサ素子１０の温度Ｔは、任意の方法で検出又は推定することができ、粒子状物質検出センサ１に、検出部２近傍の温度を検出する温度センサ等を併設することもできる。

[0028] さらに、粒子数算出部４３は、ヒータ部３により検出部２を加熱し、第１温度Ｔ１におけるセンサ出力である第１出力値Ｖ１と、第２温度Ｔ２まで加熱する際の最大センサ出力である第２出力値Ｖ２を取得し、それらの比率である出力変化率Ｖ２／Ｖ１を算出する出力変化率算出部４３１を有する。出

力変化率算出部４３１は、算出した上記出力変化率Ｖ２／Ｖ１を補正する温度補正手段を有する。この温度補正手段は、出力変化率Ｖ２／Ｖ１を、第２出力値Ｖ２におけるセンサ素子１０の温度Ｔに基づいて補正することで、出力変化率Ｖ２／Ｖ１の温度による影響を排除し、粒子状物質の検出をより精度よく実施することができる。

[0029] このような粒子状物質検出装置は、粒子状物質検出センサ１の上流に配置されるＤＰＦ５の故障診断に利用することができる。一般に、ＤＰＦ５が正常であれば、排出される粒子状物質はＤＰＦ５にて捕集され、その下流にはほとんど排出されない。ＤＰＦ５に何らかの異常が生じて粒子状物質の捕集性能が低下した場合には、下流側の粒子状物質検出センサ１において、排出される粒子状物質の粒子数Ｎを計測することで、異常の有無を判定することができる。その際に、粒子状物質に含まれるＳＯＦの影響と、検出時の温度の影響による検出ばらつきを低減することで、粒子状物質検出センサ１の検出精度を高め、異常を速やかに検出可能となる。

[0030] 以下に、ＥＣＵ４によって実行される粒子状物質検出処理の詳細を、フローチャートを用いて説明する。図６に示すように、粒子状物質検出処理を開始すると、まずステップＳ１において、粒子状物質検出センサ１の検出部２への粒子状物質の捕集を実施する。捕集の開始時には、後述する加熱処理により予め粒子状物質が燃焼除去され、検出部２に粒子状物質は堆積していないものとする。ステップＳ１は、ＥＣＵ４の捕集制御部４１としての処理であり、センサ素子１０の一対の電極２１、２２間へ、予め設定された所定の電圧を印加して、保護カバー１２内に導入される粒子状物質を検出部２に堆積させる。

[0031] 次いで、ステップＳ２において、センサ素子１０からのセンサ出力Ｖを取り込み、所定の出力Ｖ０に到達したか否かを判断する。図７に示すように、基準出力である所定の出力Ｖ０は、例えば、ＤＰＦ５の故障診断のための閾値となる粒子状物質の堆積量に対応させて、予め設定され、粒子状物質の検出基準となる基準出力値である。センサ出力Ｖが所定の出力Ｖ０未満の場合

には、ステップＳ２が否定判定されて、ステップＳ１に戻り、静電捕集及びセンサ出力Ｖの取り込みを継続する。

[0032] ステップＳ２において、センサ出力Ｖが所定の出力Ｖ０に到達すると、粒子状物質の粒子数を算出するタイミングに到達したとして、ステップＳ３に進み、以降の処理により、粒子状物質の粒子数を算出する。ステップＳ３、Ｓ５は、ＥＣＵ４の加熱制御部４２としての処理であり、ステップＳ４、Ｓ６～Ｓ１２は、ＥＣＵ４の粒子数算出部４２としての処理である。

[0033] ステップＳ３では、センサ素子１０のヒータ部３に電力を供給して、検出部２を加熱し、ＳＯＦを揮発可能でありＳｏｏｔは燃焼しない第１温度Ｔ１まで昇温させる。第１温度Ｔ１は、図８に示すように、粒子状物質に含有されるＳＯＦ割合によらず同等の出力変化率Ｖ２／Ｖ１が得られる温度、すなわち２００℃以上、４００℃以下の範囲で選択される（例えば、３５０℃）。このとき、加熱制御部４２は、所定の出力Ｖ０に到達した時点以降に加熱を開始し、予め定めた第１温度Ｔ１に収束するように、昇温速度を制御する。例えば、第１温度Ｔ１の近傍までは、昇温速度を一定とし、その後、徐々に昇温速度を低減して第１温度Ｔ１に収束させるとよい。このＳＯＦ割合と出力変化率Ｖ２／Ｖ１の関係の詳細については後述する。

[0034] 図７に示すように、ヒータ部３の作動により検出部２の温度が上昇し、第１温度Ｔ１に収束するのに伴い、センサ出力Ｖも同様の曲線を描いて、第１温度Ｔ１における第１出力値Ｖ１に収束する。これは、温度上昇によりＳＯＦが揮発するのに伴い、導電率が向上することによる。そこで、ステップＳ３では、第１温度Ｔ１に到達するのに要する所定の時間を予め設定し、この所定の時間が経過した後に、ステップＳ４に進む。所定の時間は、第１温度Ｔ１に到達してＳＯＦが十分に揮発するまで加熱保持するのに必要な時間であり、任意に設定できる（例えば、６０秒）。ステップＳ４では、第１温度Ｔ１における第１出力値Ｖ１を取り込む。

[0035] 次いで、ステップＳ５に進んで、ヒータ部３により検出部２をさらに加熱し、第２温度Ｔ２まで上昇させる。第２温度Ｔ２は、Ｓｏｏｔを燃焼除去可

能な温度、すなわち６００℃以上、１０００℃以下の範囲で選択される（例えば、８００℃）。第２温度Ｔ２が６００℃未満では、Ｓｏｏｔの燃焼が不十分となるおそれがあり、１０００℃を超えると、センサ素子１０の耐熱性に影響する。

[0036] 図７に示すように、検出部２の温度が第１温度Ｔ１から上昇し、第２温度Ｔ２に収束するのに伴い、センサ出力Ｖも当初は同様に上昇するが、ある時点をピークとしてそれ以降はセンサ出力Ｖが低下していく。これは、第２温度Ｔ２への加熱開始からセンサ出力Ｖが最大出力である第２出力値Ｖ２に達するまでの間は、Ｓｏｏｔが燃焼しない温度となっているためであり、第２出力値Ｖ２に到達後は、Ｓｏｏｔが燃焼する温度になるために、Ｓｏｏｔが燃焼除去されるまで、センサ出力Ｖが下降する。ここで、第２温度Ｔ２への加熱開始から第２出力値Ｖ２までの期間において、センサ出力Ｖが第１出力値Ｖ１からさらに上昇するのは、第１温度Ｔ１よりも高温の第２温度Ｔ２に加熱されることで、捕集された粒子状物質の結晶構造が変化し、導電性を有するグラファイトの結晶性が向上することによると推測される。

[0037] そこで、ステップＳ５では、第１温度Ｔ１から第２温度Ｔ２に到達後、所定の時間保持した後に、ステップＳ６に進む。所定の時間は、例えば、センサ出力Ｖが第２出力値Ｖ２に到達後、第２温度Ｔ２まで温度上昇して、粒子状物質が燃焼除去されるまで加熱保持するのに必要な時間であり、任意に設定できる。ステップＳ６では、第２温度Ｔ２に上昇するまでの最大出力である第２出力値Ｖ２を取り込み、ステップＳ７へ進んで、第２出力値Ｖ２でのセンサ素子１０の温度Ｔを検出する。さらに、ステップＳ８において、第１出力値Ｖ１と第２出力値Ｖ２から、その出力変化率Ｖ２／Ｖ１を算出する。

[0038] ここで、図８に示すように、同一平均粒径（例えば、５５ｎｍ前後）でＳＯＦ割合が異なる粒子状物質について、第１温度Ｔ１を変化させたとき、２００℃～４００℃の範囲では、ＳＯＦ割合にかかわらず出力変化率Ｖ２／Ｖ１は同等となる。すなわち、２００℃～４００℃の範囲で第１温度Ｔ１を選択した場合には、第１温度Ｔ１まで加熱する過程でＳＯＦが十分に揮発し、

ＳＯＦの影響を排除した第１出力値Ｖ１が得られる。なお、図８中の○の点は、エンジン回転数が１６５４ｒｐｍ、トルクが２４Ｎｍ、ＰＭ中のＳＯＦ割合が７．７質量％となる条件での結果を示している。また、□の点は、エンジン回転数が２１１７ｒｐｍ、トルクが８３Ｎｍ、ＳＯＦ割合が１．３質量％となる条件での結果を示している。

[0039] これに対し、第１温度Ｔ１が２００℃未満では、ＳＯＦ割合が大きい場合の出力変化率（すなわち、○の結果）は、ＳＯＦ割合が小さい場合の出力変化率（すなわち、□の結果）よりも大きくなる。これは、第１温度Ｔ１が２００℃未満では、ＳＯＦの揮発が不十分となるために第１出力値Ｖ１が変化し、その影響でＳＯＦ割合が大きいほど出力変化率Ｖ２／Ｖ１が大きくなると推定される。また、第１温度Ｔ１が４００℃を超えると、Ｓｏｏｔの燃焼が生じるおそれがある。

[0040] このようにして得られた出力変化率Ｖ２／Ｖ１は、粒子状物質の平均粒径Ｄと相関があり、同じ平均粒径であれば、第１温度Ｔ１、第２温度Ｔ２を同一条件とした場合の出力変化率Ｖ２／Ｖ１は同じになる。これは、粒子径が小さい粒子状物質ほど、導電性の低いアモルファス状態であり、第２温度Ｔ２へ加熱される過程で結晶構造がグラファイトに変化して、導電性が向上するためである。すなわち、平均粒径Ｄが小さいほど、加熱前のセンサ出力Ｖは小さくなる傾向にあり、一方、加熱後のセンサ出力Ｖは、粒子径によらずほぼ同じ値となるので、導電率の変化量である出力変化率Ｖ２／Ｖ１は、大きくなる。

[0041] したがって、出力変化率Ｖ２／Ｖ１から粒子状物質の平均粒径Ｄを推定して、粒子数Ｎの算出に用いることができる。ただし、実際には、同じ運転条件、測定条件であっても、図９に示すように、第２出力値Ｖ２でのセンサ素子１０の温度Ｔと、出力変化率Ｖ２／Ｖ１にばらつきが生じることが判明した。なお、図９は、エンジンベンチを用いた運転試験において、いくつかの同一運転条件（すなわち、同一平均粒径）で繰り返し出力変化率Ｖ２／Ｖ１を測定した結果を示したものである。運転条件は、エンジン回転数が２１１

７ｒｐｍ、トルクが８３Ｎｍ、測定条件は、第１温度Ｔ１が３５０℃、第２温度Ｔ２が８００℃とした。

[0042] 図９では、第２出力値Ｖ２でのセンサ素子１０の温度Ｔが、４５０℃～５００℃の範囲でばらつき、これに伴い温度Ｔが高いほど出力変化率Ｖ２／Ｖ１が高くなっている。これは、内燃機関Ｅの運転条件が同じであっても、センサ素子１０の周辺の温度や粒子状物質の堆積状態のわずかな違いが生じて、Ｓｏｏｔの燃焼開始に影響し、また、Ｓｏｏｔの導電性が温度の影響を受け、燃焼開始温度によって第２出力値Ｖ２が変化してしまうことによると推定される。その結果、図７において、第１温度Ｔ１から第２温度Ｔ２に昇温する間に、Ｓｏｏｔが燃焼を開始する時点でのセンサ素子１０の温度Ｔが必ずしも一定とはならず、最大出力となる第２出力値Ｖ２、ひいては出力変化率Ｖ２／Ｖ１にばらつきが生じる原因となっている。

[0043] そこで図９に示される関係を用いて、まずステップＳ９において、センサ素子１０の温度Ｔに基づいて、出力変化率Ｖ２／Ｖ１を補正する。ステップＳ９は、出力変化率算出部４３１の温度補正手段としての処理である。具体的には、図９のように、第２出力値Ｖ２でのセンサ素子１０の温度Ｔと出力変化率Ｖ２／Ｖ１とは、ほぼ正の相関を有するので、この関係を運転条件や測定条件ごとに予め調べてマイコン４ＡのＲＯＭに記憶しておくことができる。その後、ステップＳ１０において、補正した出力変化率Ｖ２／Ｖ１を用いて、粒子状物質の平均粒径Ｄを推定することで、粒子状物質の検出におけるセンサ素子１０の周辺の温度の影響を排除することができる。

[0044] ステップＳ１０では、補正した出力変化率Ｖ２／Ｖ１と、図１０中に実線に示される関係を用いて、粒子状物質の平均粒径Ｄを推定する。図１０において、縦軸は、平均粒径Ｄ（すなわち、メジアン径）の逆数を示しており、ＥＥＰＳ（Ｅｎｇｉｎｅ Ｅｘｈａｕｓｔ Ｐａｒｔｉｃｌｅ Ｓｉｚｅｒ） Ｓｐｅｃｔｏｒｏｍｅｔｅｒに基づく実験結果を実線で、その±１０％の範囲を点線で示している。図示するように、出力変化率Ｖ２／Ｖ１と平均粒径Ｄの逆数とは、ほぼ正の相関を有するので、この関係を運転条件や測定

条件ごとに予め調べてＥＣＵ４の記憶領域であるＲＯＭに記憶しておくことができる。この処理により得られる平均粒径Ｄは、ステップＳ１による静電捕集の開始から、ステップＳ２の判定タイミングの到達までの捕集期間にＤＰＦ５の下流に排出された粒子状物質の平均粒径である。

[0045] 図１０、図１１中の点は、それぞれステップＳ９による補正前の出力変化率Ｖ２／Ｖ１と、ステップＳ９による補正後の出力変化率Ｖ２／Ｖ１に対して、実際の平均粒径Ｄとの関係を示したものである。図１０中の複数の点については、実際の平均粒径Ｄと出力変化率Ｖ２／Ｖ１との関係が、実線±１０％の範囲を外れているものが見られるのに対し、図１１中の複数の点については、ほぼ全てが実線±１０％の範囲にあり、補正により平均粒径の推定精度が向上していることがわかる。

[0046] 次いで、ステップＳ１１へ進んで、第１出力値Ｖ１に基づいて、捕集期間にセンサ素子１０の検出部２に捕集された粒子状物質の質量Ｍを推定する。第１出力値Ｖ１は、Ｓｏｏｔ主体の粒子状物質に基づくセンサ出力Ｖであり、粒子状物質の質量Ｍと正の相関を有する。この関係を予め調べてＥＣＵ４の記憶領域であるＲＯＭに記憶しておくことで、質量Ｍを推定することができる。

[0047] さらに、ステップＳ１２へ進んで、推定された粒子状物質の質量Ｍと、平均粒径Ｄとを用いて、下記式１、式２により、粒子状物質の粒子数Ｎを算出する。

式１：粒子数Ｎ＝質量Ｍ／ＰＭ平均体積×ＰＭ比重

式２：ＰＭ平均体積＝４π（Ｄ／２）^{3}／３

ここで、粒子状物質の比重（すなわち、ＰＭ比重）は、予め定めた値（すなわち、１ｇ／ｃｍ^{3}）であり、粒子状物質の平均体積（すなわち、ＰＭ平均体積）は、推定した粒子状物質の平均粒径Ｄから、粒子状物質を球状とみなして上記式２により算出される。

[0048] （実施形態２）

上記実施形態１では、粒子状物質の質量Ｍを第１出力値Ｖ１に基づいて推

定した場合について説明したが、第１出力値Ｖ１以外の値を用いることもできる。

図１２に示すように、本形態において、センサ制御部であるＥＣＵ４により実行される粒子状物質検出処理は、図６に示される実施形態１の手順の一部を変更したものである。具体的には、図６のステップＳ１１に代わるステップＳ１１１を設けた点が異なっており、ステップＳ１～Ｓ１０までは図６と同じ処理であるので、説明を省略する。図１２のステップＳ１１１では、第１温度Ｔ１における第１出力値Ｖ１に代えて、ステップＳ２が肯定判定された時点におけるセンサ出力Ｖを用いて、粒子状物質の質量Ｍを推定する。

[0049] 図１２のステップＳ２では、センサ出力Ｖが予め設定した所定の出力Ｖ０に到達したか否かを判定しており、肯定判定された時点におけるセンサ出力Ｖである第３出力値Ｖ３は、捕集期間にセンサ素子１０の検出部２に捕集された粒子状物質の質量Ｍと、ほぼ正の相関を有する。そこで、この関係を予め調べてＥＣＵ４の記憶領域であるＲＯＭに記憶しておき、質量Ｍを推定するようにしてもよい。なお、第３出力値Ｖ３は、ＳＯＦが除去される前の粒子状物質に基づく出力であるが、質量の推定におけるＳＯＦの影響は小さい。あるいは、質量の推定の際に運転条件を考慮するようにしてもよい。

[0050] 次いで、ステップＳ１２において、ステップＳ１１１で算出した粒子状物質の質量Ｍと、平均粒径Ｄとを用いて、上記実施形態１と同様にして、粒子状物質の粒子数Ｎを算出することができる。

なお、実施形態２以降において用いた符号のうち、既出の実施形態において用いた符号と同一のものは、特に示さない限り、既出の実施形態におけるものと同様の構成要素等を表す。

[0051] （実施形態３）

上記実施形態１、２では、出力変化率Ｖ２／Ｖ１を算出した後に、温度補正を行う場合について説明したが、昇温制御を行うことにより、温度補正を不要とすることもできる。すなわち、本形態では、加熱制御部４２は、第１温度Ｔ１から第２温度Ｔ２まで加熱する際の昇温速度を制御する昇温制御手

段を有する。加熱制御部４２は、少なくとも第２出力値Ｖ２に対応するセンサ素子１０の温度Ｔを超えるまでは、昇温速度を一定に制御する。この昇温制御手段により、Ｓｏｏｔの燃焼が開始されるセンサ素子１０の温度Ｔを安定させて、出力変化率Ｖ２／Ｖ１のばらつきを抑制することができる。

[0052] 図１３に示すように、本形態において、センサ制御部であるＥＣＵ４により実行される粒子状物質検出処理は、図６に示される実施形態１の手順の一部を変更したものである。具体的には、図６のステップＳ５に代わるステップＳ５１を設けた点、及びステップＳ７の温度取り込みとステップＳ９の温度補正を実施しない点が異なっている。ステップＳ１～Ｓ４までは図６と同じ処理であるので、説明を省略する。

[0053] 図１３のステップＳ５１では、加熱制御部４２を用いて昇温制御しながら、センサ素子１０を加熱する。ステップＳ５１は、昇温制御手段としての処理であり、具体的には、予め一定の昇温速度αを定めて、図７に示すように、第１温度Ｔ１から第２温度Ｔ２の近傍までは、一定の昇温速度αに制御する。その後、徐々に昇温速度を低下させて、第２温度Ｔ２に収束させる。上述したように、第１温度Ｔ１に保持した状態からさらに加熱すると、粒子状物質の結晶性が向上してセンサ出力が上昇し、粒子状物質の燃焼開始温度に達すると、第２出力値Ｖ２をピークにセンサ出力が下降する。

[0054] このとき、粒子状物質が同じ平均粒径であれば、第２出力値Ｖ２に対応する温度Ｔも同じになり、出力変化率Ｖ２／Ｖ１は同じになるはずであるが、実際には、図９に示したように、温度Ｔにばらつきが生じる。これについて、図１４に示すように、第１温度Ｔ１から第２温度Ｔ２へ加熱する際に、昇温速度に応じて出力変化率Ｖ２／Ｖ１が変化することが判明した。なお、図１４は、図９と同様の条件で、エンジンベンチを用いた運転試験を行って出力変化率Ｖ２／Ｖ１を測定した結果であり、第１温度Ｔ１から第２温度Ｔ２へ向けて昇温を開始したときの昇温速度（例えば、１５℃／秒～２３℃／秒）との関係を示した。

[0055] 図１４では、昇温速度が速くなるほど、出力変化率Ｖ２／Ｖ１が大きくな

る傾向が見られた。そこで、図１４に基づいて、昇温速度ごとに平均粒径Ｄとの関係を求めておくことで、粒子状物質の平均粒径Ｄを推定することができる。例えば、図１４中に点線で示すように、第１温度Ｔ１から第２温度Ｔ２へ向けて、昇温速度が１８℃／秒となるように制御したときの、出力変化率Ｖ２／Ｖ１と平均粒径Ｄ（すなわち、メジアン径）の逆数との関係は、図１５のようになる。すなわち、昇温速度の制御を行った場合には、実際の平均粒径Ｄとの関係が全て実線±１０％の範囲となっている。これに対して、昇温速度の制御を行わない場合には、図１０に示したのと同様のばらつきが生じた。このように、昇温速度の制御によって、Ｓｏｏｔの燃焼開始温度のばらつきが抑制されて、図７における温度Ｔが安定することが確認された。

[0056] 図１５に示される関係は、予め昇温速度ごとに調べて、ＥＣＵ４の記憶領域であるＲＯＭに記憶しておくことができる。そして、ステップＳ５１において、Ｓｏｏｔの燃焼開始温度を十分超えるまで、一定の昇温速度αにて昇温し、その後、第２温度Ｔ２に昇温して所定の時間保持する。次いで、ステップＳ６に進んで、第２温度Ｔ２に上昇するまでの最大出力である第２出力値Ｖ２を取り込む。次いで、ステップＳ８において、第１出力値Ｖ１と第２出力値Ｖ２から、その出力変化率Ｖ２／Ｖ１を算出する。

[0057] 本形態では、図６に示されるステップＳ７、すなわち、第２出力値Ｖ２でのセンサ素子１０の温度Ｔの検出と、この温度Ｔに基づくステップＳ９の温度補正７を省略している。つまり、ステップ５１において、予め定めた一定の昇温速度αとなるように制御することで、予め知られる昇温特性に基づいて、安定した昇温が可能となり、Ｓｏｏｔの燃焼開始温度のばらつきを抑制して、第２出力値Ｖ２となる温度Ｔがほぼ一定となる。そのため、ステップ８で得られた出力変化率Ｖ２／Ｖ１は、温度補正を行った場合と実質的に同等の結果となる。これにより、ステップ１０において、ステップ８で得られた出力変化率Ｖ２／Ｖ１と昇温速度αに応じたマップから平均粒径Ｄを推定することができる。

[0058] その後、ステップＳ１１で第１出力値Ｖ１から粒子状物質の質量Ｍを算出

し、次いで、ステップＳ１２において、ステップＳ１０、Ｓ１１で算出した平均粒径Ｄと粒子状物質の質量Ｍとを用いて、上記実施形態１と同様にして、粒子状物質の粒子数Ｎを算出することができる。

[0059] 図１６、図１７は、ステップ５１による昇温速度の制御を行わない場合と、昇温速度の制御を行った場合において、それぞれ、ステップＳ１２の算出値である推測粒子数Ｎと、実測粒子数との関係を示したものである。図１６中に点線で示すように、昇温速度の制御無とした場合には、推測粒子数Ｎと実測粒子数との関係が、実線±１０％の範囲から外れたものが見られる。これに対して、図１７中に点線で示すように、昇温速度の制御有とした場合には、推測粒子数Ｎと実測粒子数との関係が、全て実線±１０％の範囲にあることが確認された。

[0060] （実施形態４）

上記実施形態３について、上記実施形態２と同様に、粒子状物質の質量Ｍを第１出力値Ｖ１以外の値に基づいて推定することもできる。

図１８に示す実施形態４において、センサ制御部であるＥＣＵ４により実行される粒子状物質検出処理は、図１３に示される上記実施形態３の手順の一部を変更したものである。具体的には、図１３のステップＳ１１に代わるステップＳ１１１を設けた点が異なっており、ステップＳ１～Ｓ６、Ｓ８、Ｓ１０までは、図１３と同じ処理であるので、説明を省略する。

[0061] 図１８のステップＳ１１１では、第１温度Ｔ１における第１出力値Ｖ１に代えて、ステップＳ２が肯定判定された時点におけるセンサ出力Ｖを用いて、粒子状物質の質量Ｍを推定する。図１８のステップＳ２では、センサ出力Ｖが予め設定した所定の出力Ｖ０に到達したか否かを判定しており、肯定判定された時点におけるセンサ出力Ｖである第３出力値Ｖ３を用いる。上述したように、第３出力値Ｖ３は、捕集期間にセンサ素子１０の検出部２に捕集された粒子状物質の質量Ｍと、ほぼ正の相関を有し、この関係を予め調べてＥＣＵ４の記憶領域であるＲＯＭに記憶しておくことができる。

[0062] 次いで、ステップＳ１２において、ステップＳ１１１で算出した粒子状物

質の質量Ｍと、平均粒径Ｄとを用い、上記実施形態３と同様にして、粒子状物質の粒子数Ｎを算出することができる。

[0063] 以上の各実施形態に示したように、粒子状物質検出センサ１の検出部２に電圧を印加して粒子状物質を捕集すると共に、ヒータ部３を用いて第１温度Ｔ１、第２温度Ｔ２に加熱制御し、その際のセンサ出力Ｖをモニタすることで、粒子状物質の粒子数を精度よく検出することができる。また、このような粒子状物質検出装置を、内燃機関の排気浄化装置等に利用して、上流に配置したＤＰＦ５の故障診断を実施することができる。

[0064] 粒子状物質検出センサ１とＥＣＵ４を備える本開示の粒子状物質検出装置は、上記実施形態に限定されるものではなく、本開示の趣旨を超えない範囲で、種々の変更が可能である。例えば、上記実施形態１においては、粒子状物質検出センサ１のセンサ素子１０を覆う保護カバー１２を一重筒構造としたが、内筒と外筒からなる二重筒構造とすることもできる。保護カバー１２に設ける被測定ガス流通孔１３、１４の配置や数も任意に設定することができる。その他、粒子状物質検出センサ１を構成するセンサ素子１０や保護カバー１２の各部形状や材質等は、適宜変更することができる。

[0065] また、上記実施形態１においては、内燃機関Ｅをディーゼルエンジンとし、粒子状物質捕集部となるＤＰＦ５を配置したが、内燃機関Ｅをガソリンエンジンとして、ガソリンパティキュレートフィルタを配置することもできる。また、内燃機関Ｅの燃焼排ガスに限らず、粒子状物質が含まれる被測定ガスであれば、いずれにも適用することができる。

請求の範囲

[請求項1] 被測定ガスに含まれる粒子状物質を検出する粒子状物質検出装置であって、

被測定ガスに晒される絶縁性基体（１１）の表面に互いに離間する一対の電極（２１、２２）を配置した検出部（２）と、該検出部を加熱するヒータ電極（３１）を設けたヒータ部（３）とを有して、上記検出部に捕集される粒子状物質の量に応じた信号を出力するセンサ部（１）と、

該センサ部からのセンサ出力（Ｖ）に基づいて、捕集された粒子状物質の粒子数（Ｎ）を検出するセンサ制御部（４）と、を備えており、

該センサ制御部は、

上記検出部の上記一対の電極間へ電圧を印加して、粒子状物質を静電捕集させる捕集制御部（４１）と、

上記ヒータ部の上記ヒータ電極へ電力を供給して、粒子状物質中のＳＯＦが揮発可能でありＳｏｏｔは燃焼しない第１温度（Ｔ１）に加熱保持し、又はＳｏｏｔが燃焼可能な第２温度（Ｔ２）に加熱保持する加熱制御部（４２）と、

上記第１温度における上記センサ出力である第１出力値（Ｖ１）と、上記第１温度から上記第２温度まで加熱する際の最大の上記センサ出力である第２出力値（Ｖ２）を取得し、上記第１出力値に対する上記第２出力値の比率である出力変化率（Ｖ２／Ｖ１）を算出する出力変化率算出部（４３１）と、

算出した上記出力変化率から推定される粒子状物質の平均粒径（Ｄ）と、上記センサ出力から推定される粒子状物質の質量（Ｍ）を用いて、上記粒子数を算出する粒子数算出部（４３）と、を有し、

上記粒子数算出部は、算出した上記出力変化率を、上記第２出力値における上記センサ部の温度（Ｔ）に基づいて補正する、温度補正手

段（Ｓ９）を有する、粒子状物質検出装置。

[請求項2] 被測定ガスに含まれる粒子状物質を検出する粒子状物質検出装置であって、

被測定ガスに晒される絶縁性基体（１１）の表面に互いに離間する一対の電極（２１、２２）を配置した検出部（２）と、該検出部を加熱するヒータ電極（３１）を設けたヒータ部（３）とを有して、上記検出部に捕集される粒子状物質の量に応じた信号を出力するセンサ部（１）と、

該センサ部からのセンサ出力（Ｖ）に基づいて、捕集された粒子状物質の粒子数（Ｎ）を検出するセンサ制御部（４）と、を備えており、

該センサ制御部は、

上記検出部の上記一対の電極間へ電圧を印加して、粒子状物質を静電捕集させる捕集制御部（４１）と、

上記ヒータ部の上記ヒータ電極へ電力を供給して、粒子状物質中のＳＯＦが揮発可能でありＳｏｏｔは燃焼しない第１温度（Ｔ１）に加熱保持し、又はＳｏｏｔが燃焼可能な第２温度（Ｔ２）に加熱保持する加熱制御部（４２）と、

上記第１温度における上記センサ出力である第１出力値（Ｖ１）と、上記第１温度から上記第２温度まで加熱する際の最大の上記センサ出力である第２出力値（Ｖ２）を取得し、上記第１出力値に対する上記第２出力値の比率である出力変化率（Ｖ２／Ｖ１）を算出する出力変化率算出部（４３１）と、

算出した上記出力変化率から推定される粒子状物質の平均粒径（Ｄ）と、上記センサ出力から推定される粒子状物質の質量（Ｍ）を用いて、上記粒子数を算出する粒子数算出部（４３）と、を有し、

上記加熱制御部は、上記第１温度から上記第２温度まで加熱する際の昇温速度（α）を制御する昇温制御手段（Ｓ５１）を有する、粒子

状物質検出装置。

[請求項3] 上記加熱制御部は、少なくとも上記第２出力値に対応する上記センサ部の温度（Ｔ）を超えるまで、上記昇温速度を一定に制御する、請求項２に記載の粒子状物質検出装置。

[請求項4] 上記センサ制御部は、上記センサ出力が、粒子状物質の検出基準となる基準出力（Ｖ０）に到達したか否かを判断して、上記加熱制御部を作動させる、請求項１～３のいずれか１項に記載の粒子状物質検出装置。

[請求項5] 上記粒子数算出部は、上記第１出力値を用いて、粒子状物質の上記質量を算出する、請求項１～４のいずれか１項に記載の粒子状物質検出装置。

[請求項6] 上記粒子数算出部は、上記基準出力に到達した時点における上記センサ出力である第３出力値（Ｖ３）を用いて、粒子状物質の上記質量を算出する、請求項４に記載の粒子状物質検出装置。

[請求項7] 上記加熱制御部は、上記基準出力に到達後に加熱を開始し、予め定めた上記第１温度に収束するように、昇温速度を制御する、請求項４～６のいずれか１項に記載の粒子状物質検出装置。

[請求項8] 上記粒子数算出部は、上記出力変化率が大きくなるほど、上記平均粒径が小さくなるように、上記平均粒径を推定する、請求項１～７のいずれか１項に記載の粒子状物質検出装置。

[請求項9] 上記粒子数算出部は、粒子状物質の上記質量と、粒子状物質の上記平均粒径と、粒子状物質の比重とから、上記粒子数を算出する、請求項１～８のいずれか１項に記載の粒子状物質検出装置。

[請求項10] 上記粒子状物質の比重は、１ｇ／ｃｍ^{3}である、請求項９に記載の粒子状物質検出装置。

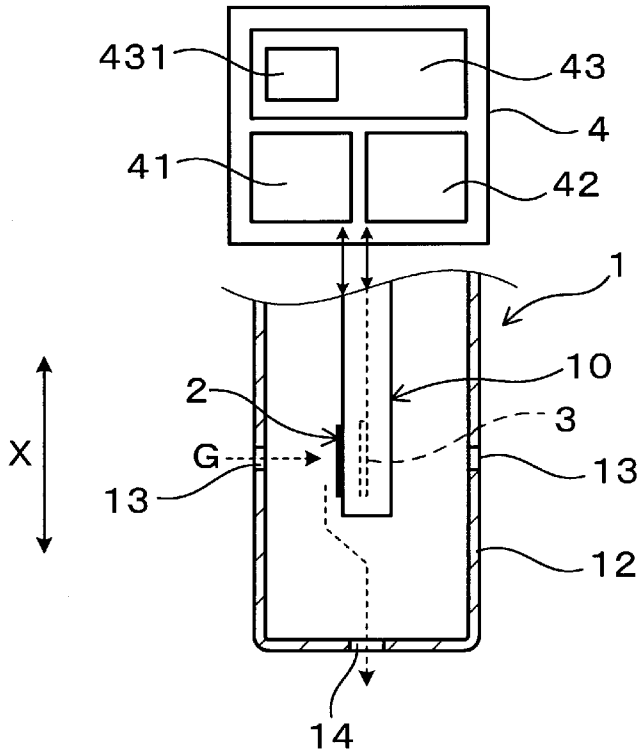
[請求項11] 上記第１温度は、２００℃以上、４００℃以下の温度である、請求項１～１０のいずれか１項に記載の粒子状物質検出装置。

[請求項12] 上記第２温度は、６００℃以上、１０００℃以下の温度である、請

求項１～１１のいずれか１項に記載の粒子状物質検出装置。

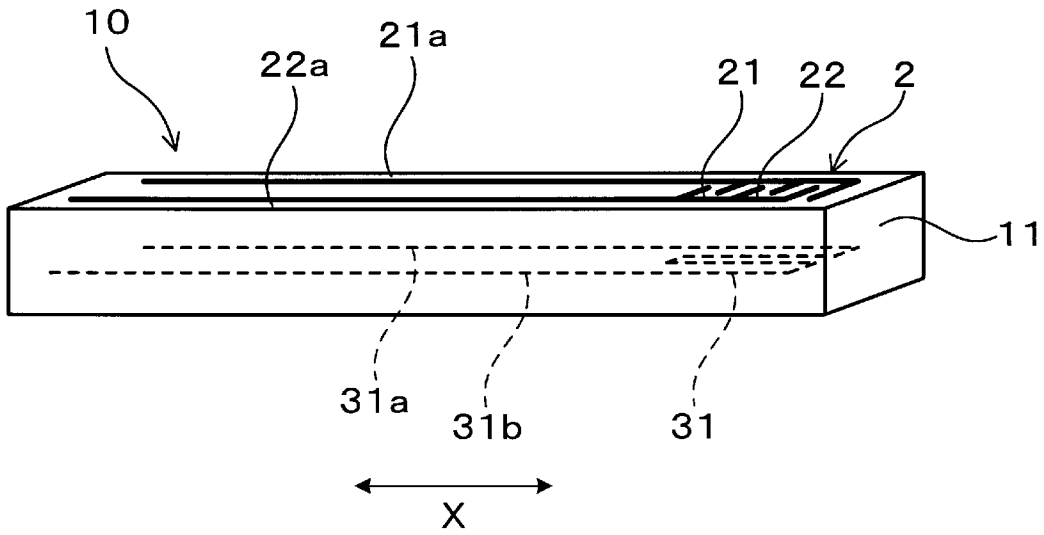
[図1]

（図１）



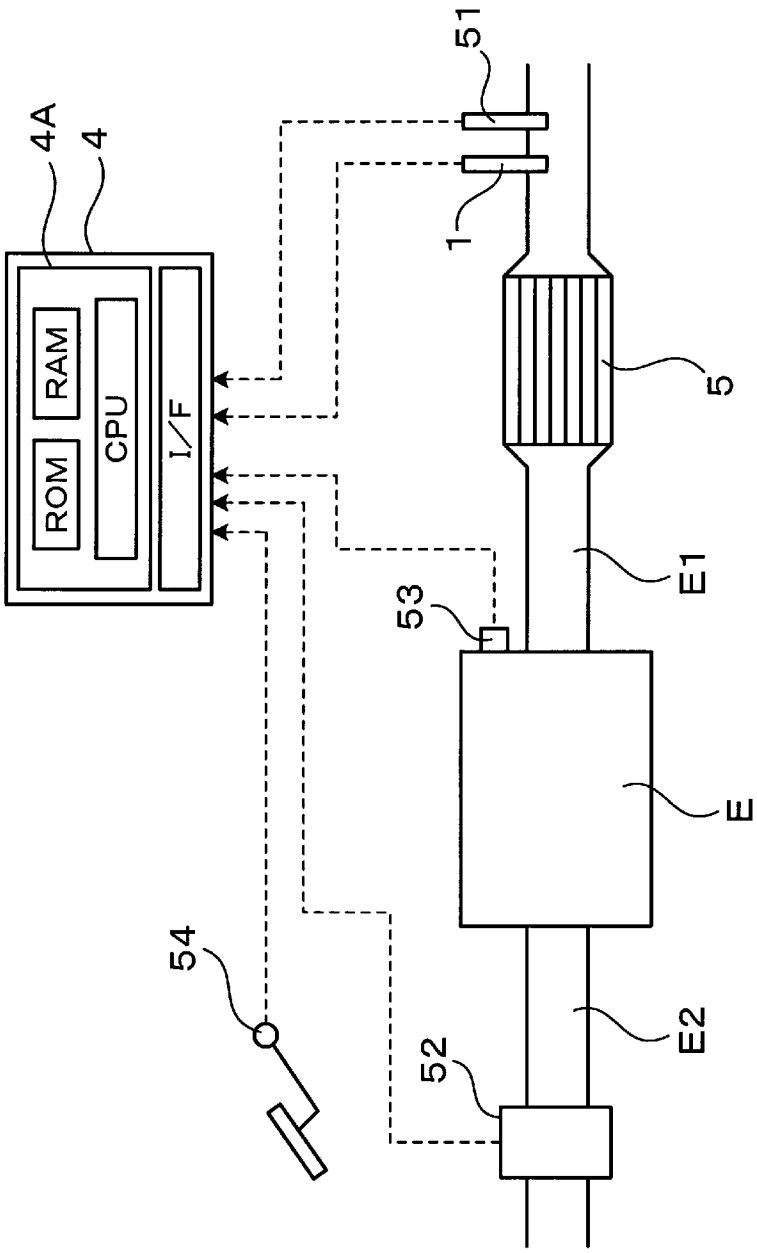
[図2]

（図２）



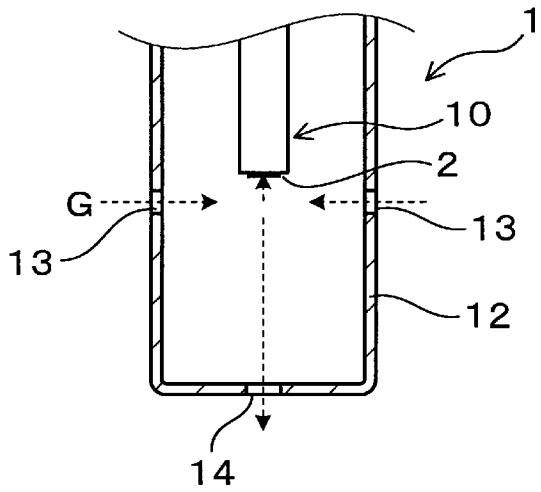
[図3]

（図３）



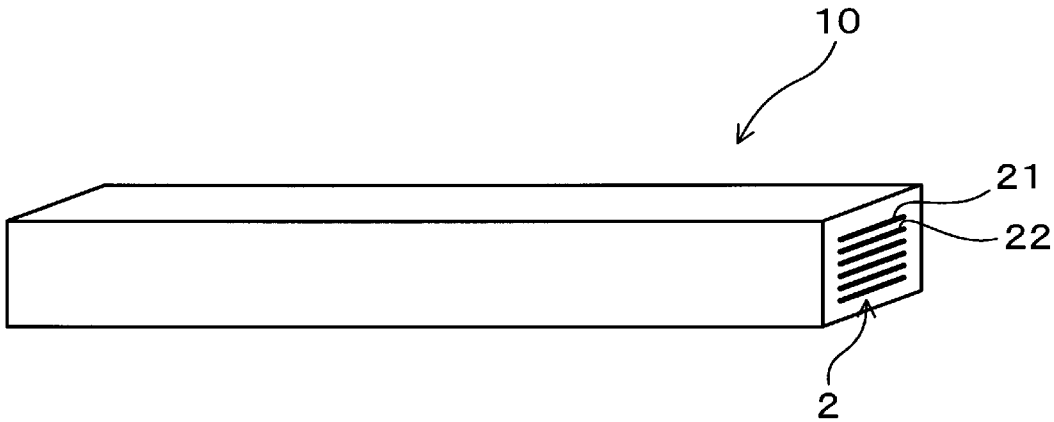
[図4]

(図４)



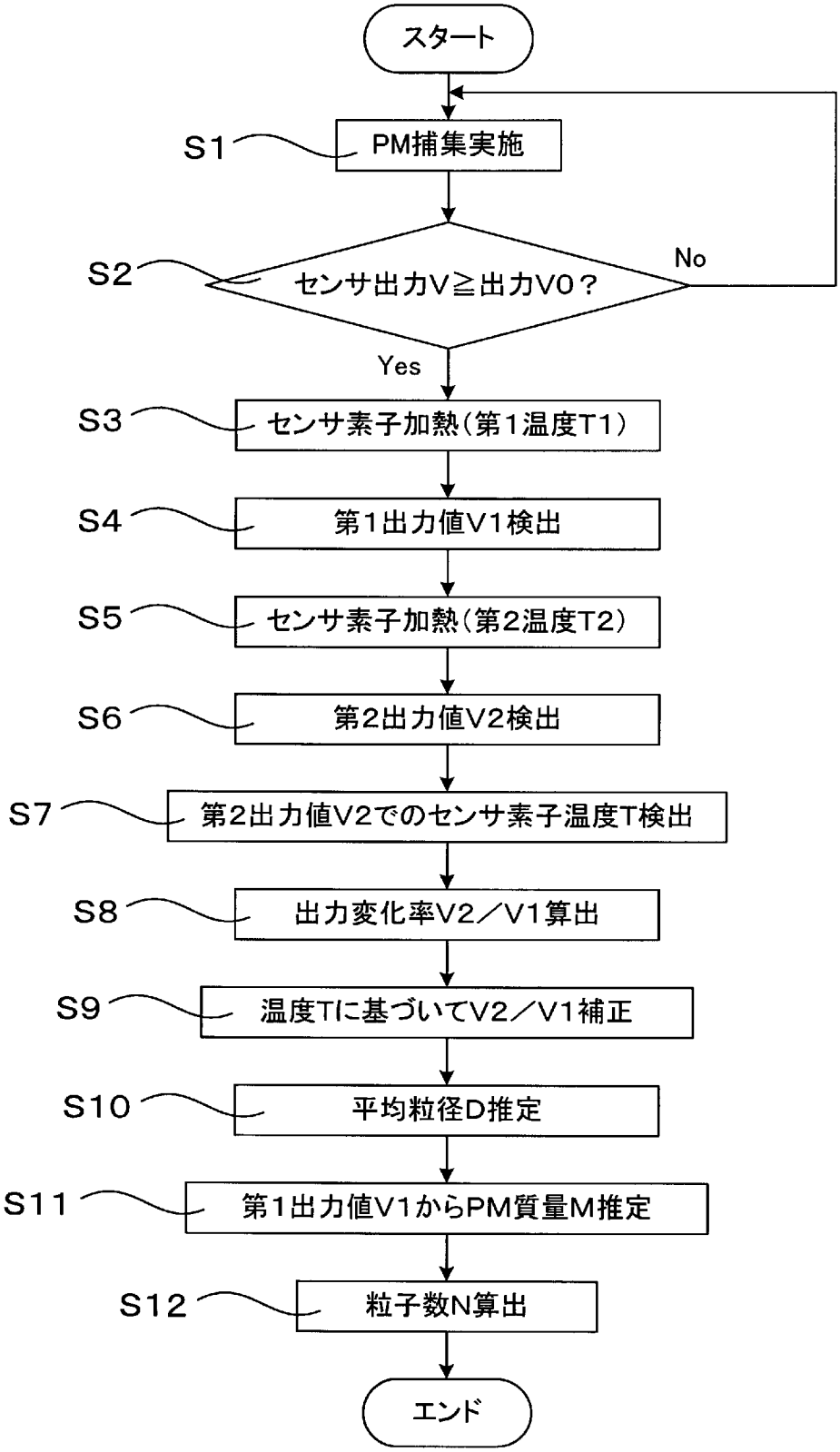
[図5]

(図５)



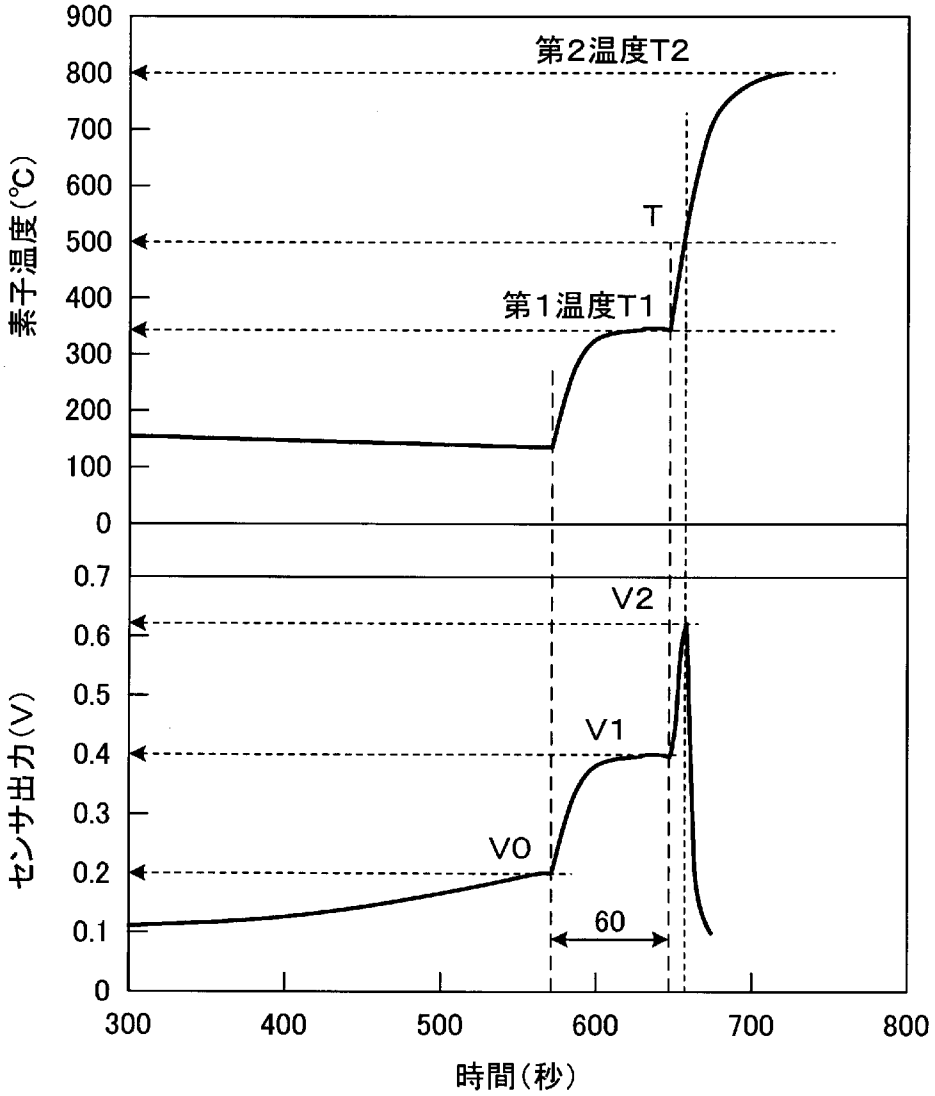
[図6]

（図６）


スタート
S1
PM捕集実施
S2
センサ出力V≧出力V0？
No
Yes
S3
センサ素子加熱（第1温度T1）
S4
第1出力値V1検出
S5
センサ素子加熱（第2温度T2）
S6
第2出力値V2検出
S7
第2出力値V2でのセンサ素子温度T検出
S8
出力変化率V2／V1算出
S9
温度Tに基づいてV2／V1補正
S10
平均粒径D推定
S11
第1出力値V1からPM質量M推定
S12
粒子数N算出
エンド

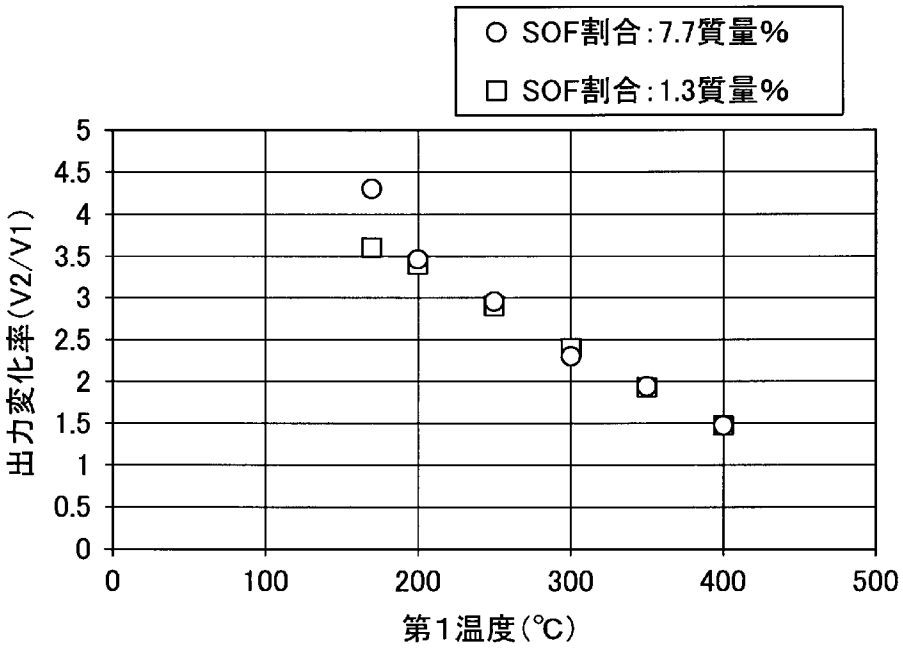
[図7]

(図７)


第2温度T2
T
第1温度T1
V2
V1
V0
60
素子温度(℃)
センサ出力(V)
時間(秒)
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
300
400
500
600
700
800

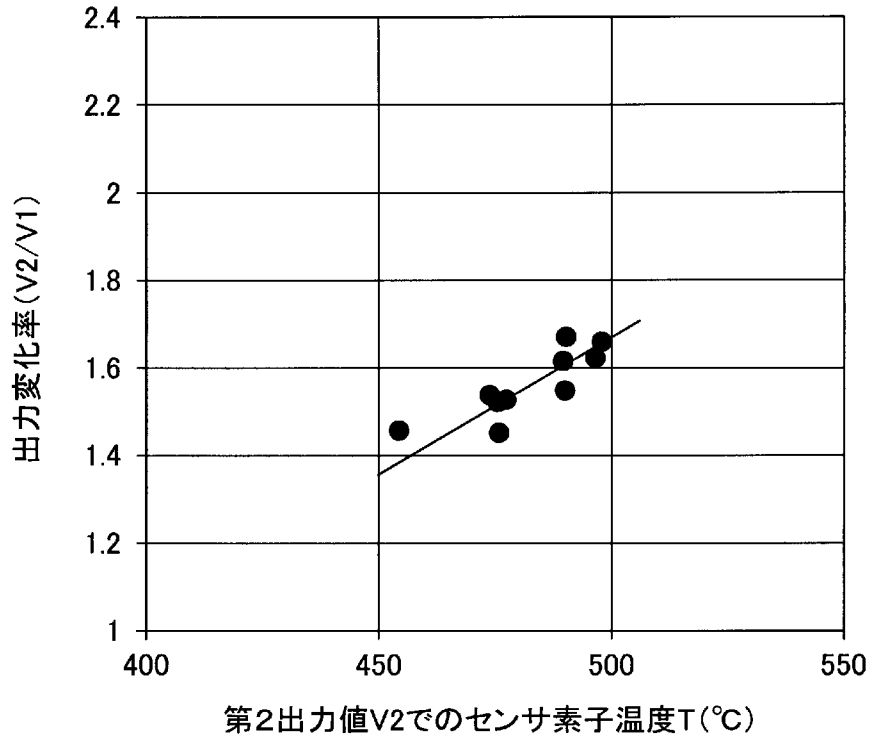
[図8]

(図８)


○ SOF割合:7.7質量%
□ SOF割合:1.3質量%
出力変化率(V2/V1)
5
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0
100
200
300
400
500
第1温度(℃)

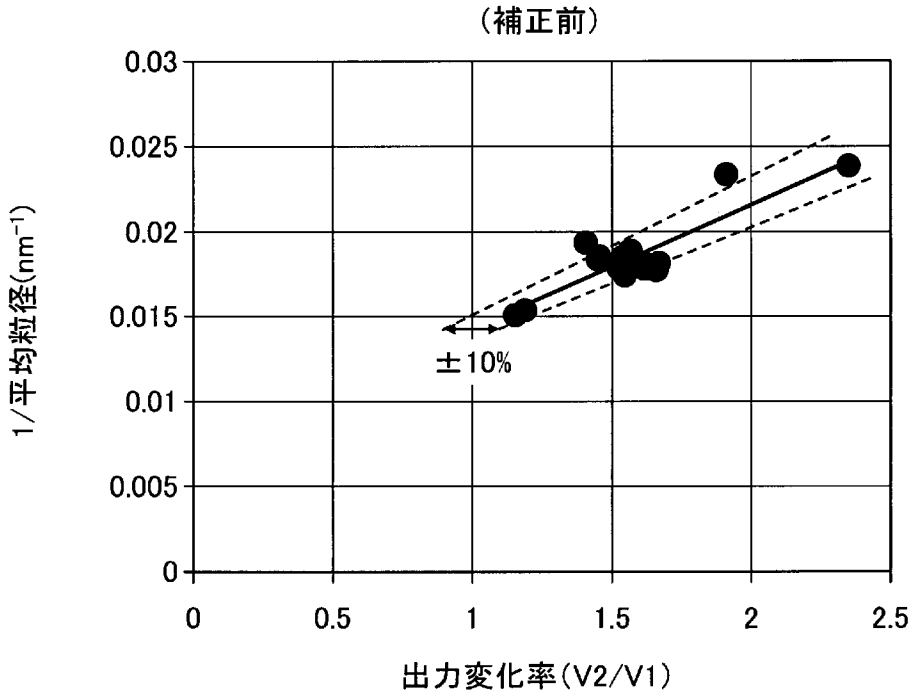
[図9]

(図９)


出力変化率(V2/V1)
2.4
2.2
2
1.8
1.6
1.4
1.2
1
400
450
500
550
第2出力値V2でのセンサ素子温度T(℃)

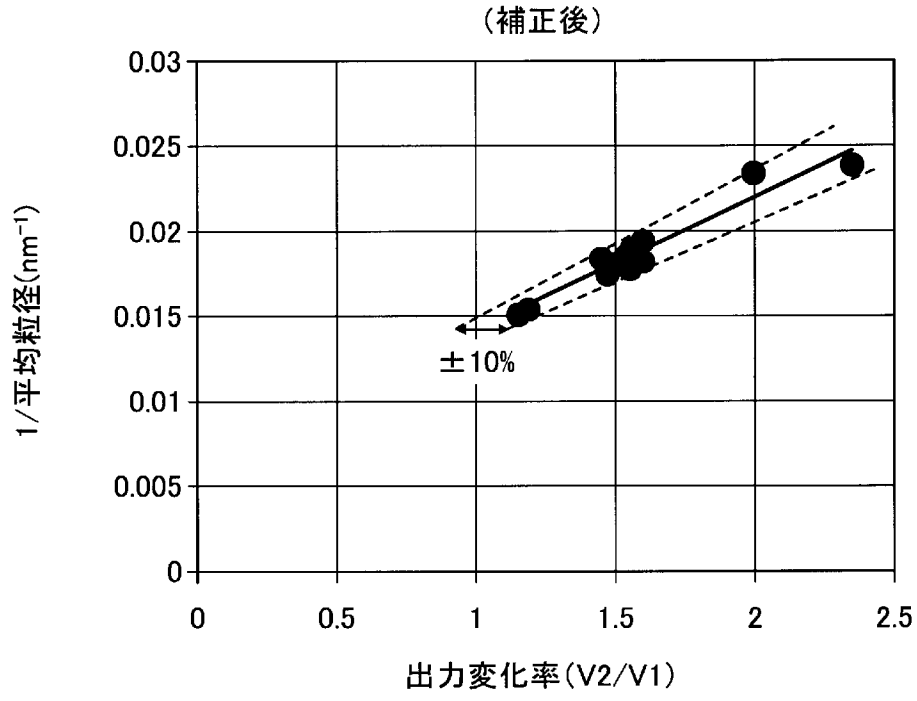
[図10]

（図１０）



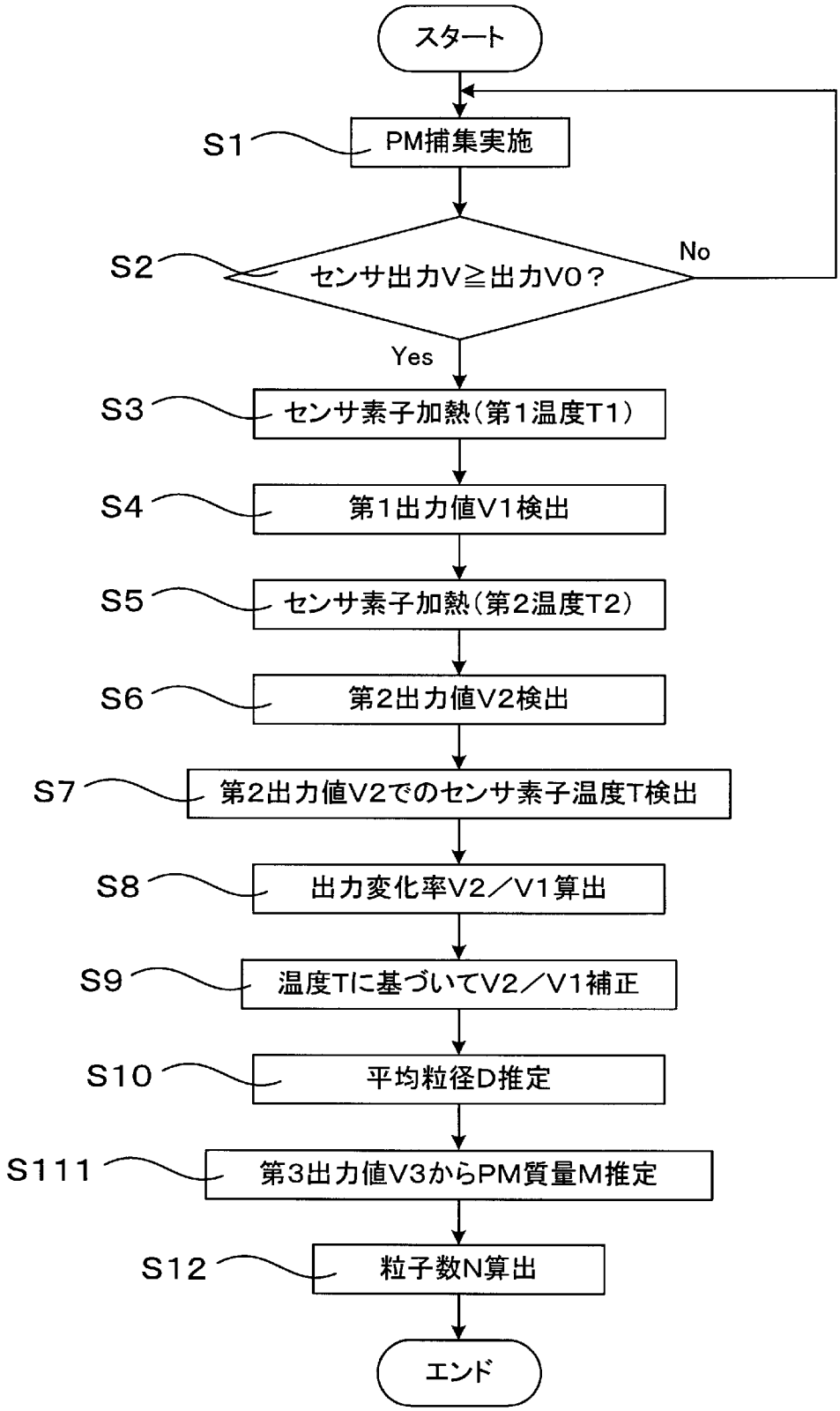
[図11]

（図１１）



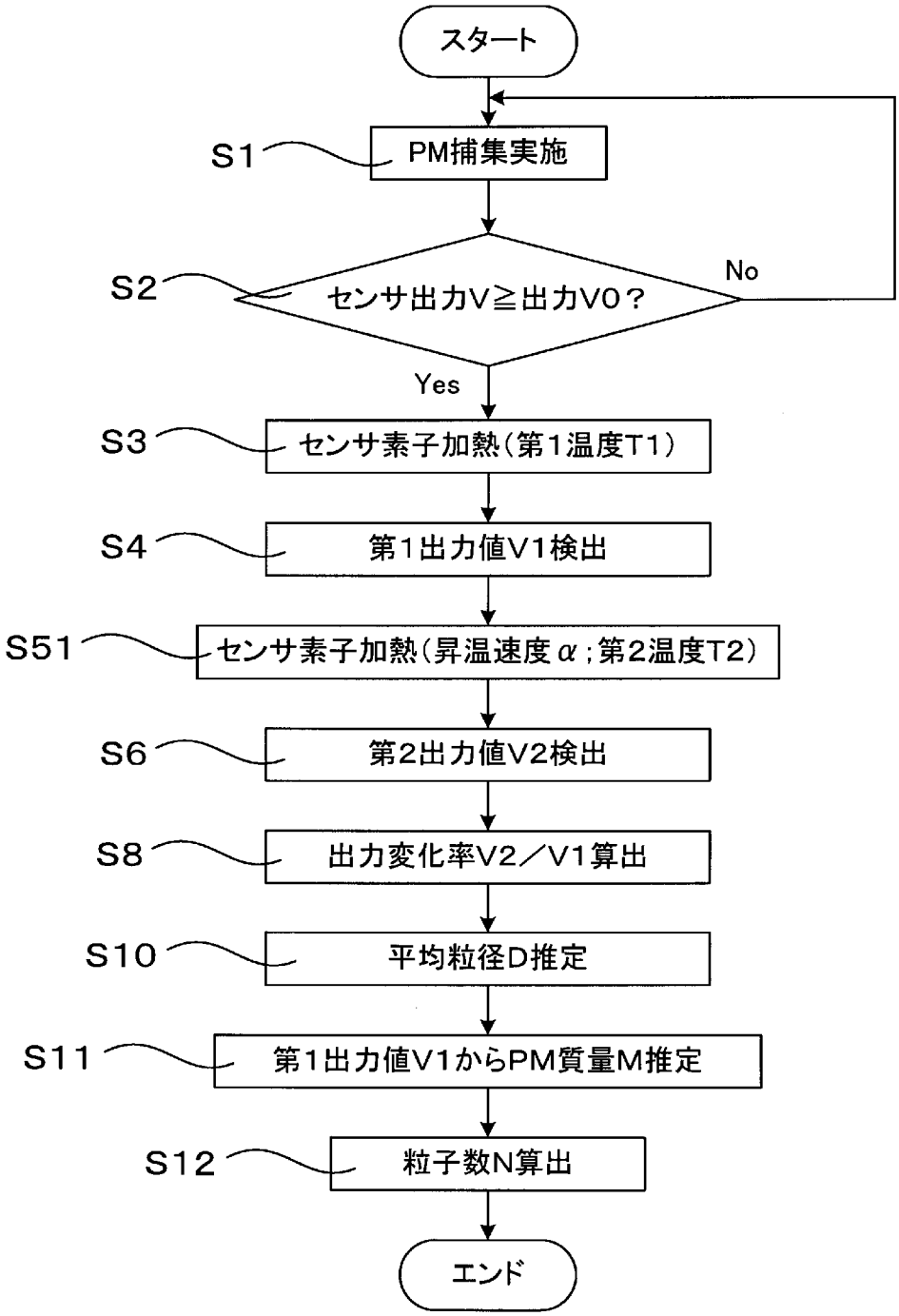
[図12]

（図１２）


スタート
S1
PM捕集実施
S2
センサ出力V≧出力V0？
No
Yes
S3
センサ素子加熱（第1温度T1）
S4
第1出力値V1検出
S5
センサ素子加熱（第2温度T2）
S6
第2出力値V2検出
S7
第2出力値V2でのセンサ素子温度T検出
S8
出力変化率V2／V1算出
S9
温度Tに基づいてV2／V1補正
S10
平均粒径D推定
S111
第3出力値V3からPM質量M推定
S12
粒子数N算出
エンド

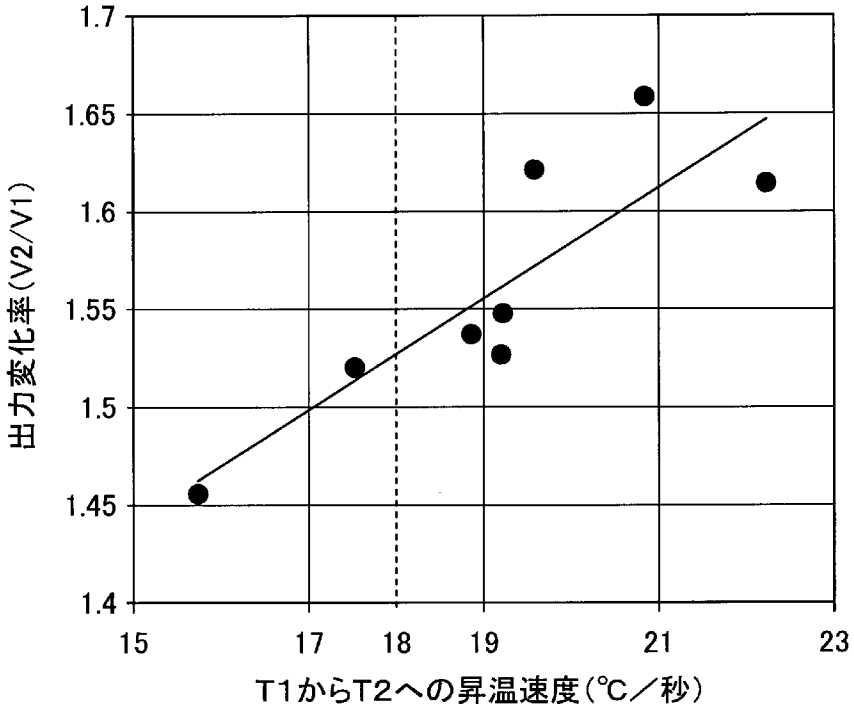
[図13]

（図１３）


スタート
S1
PM捕集実施
S2
センサ出力V≧出力V0？
No
Yes
S3
センサ素子加熱（第1温度T1）
S4
第1出力値V1検出
S51
センサ素子加熱（昇温速度α；第2温度T2）
S6
第2出力値V2検出
S8
出力変化率V2／V1算出
S10
平均粒径D推定
S11
第1出力値V1からPM質量M推定
S12
粒子数N算出
エンド

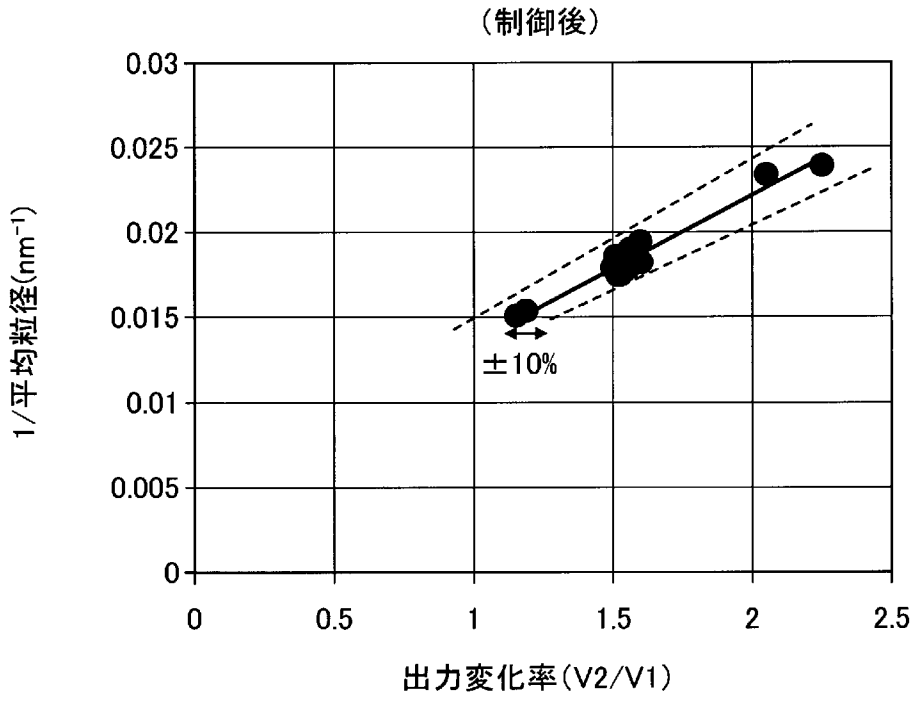
[図14]

（図１４）



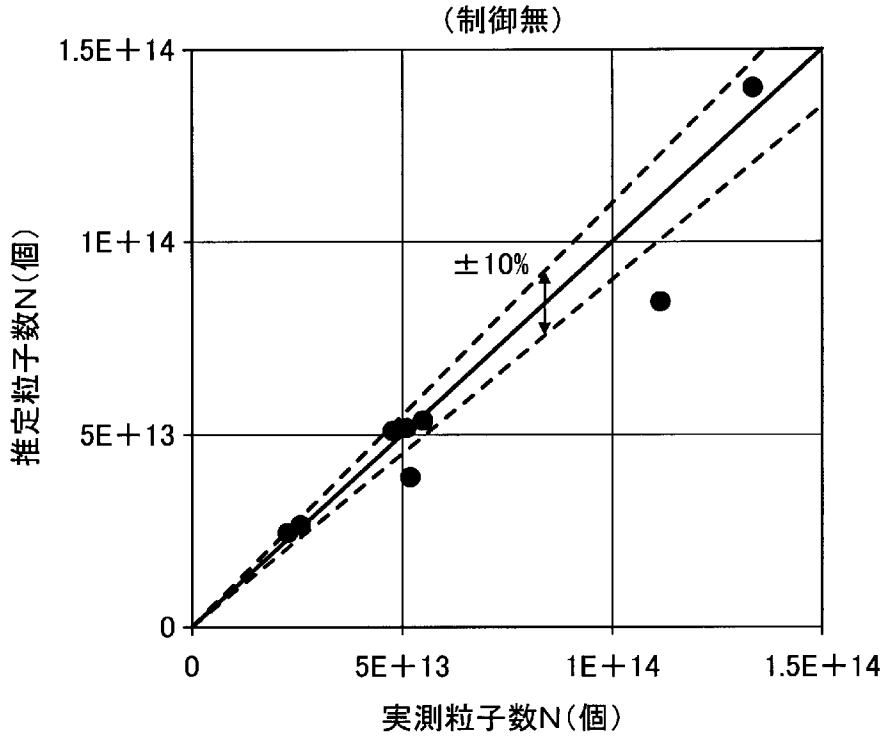
[図15]

（図１５）



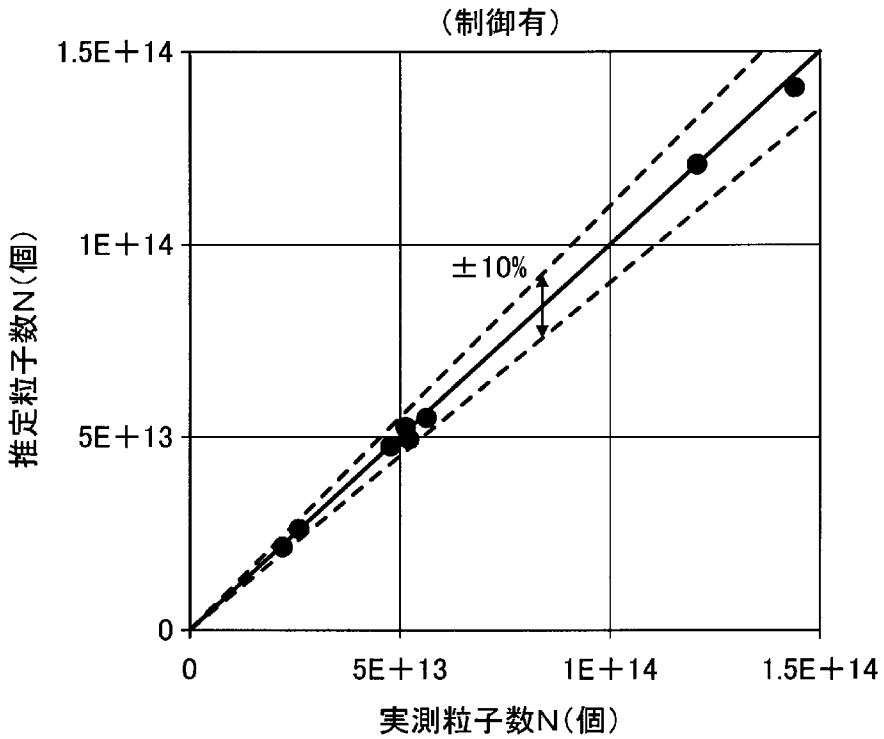
[図16]

（図１６）



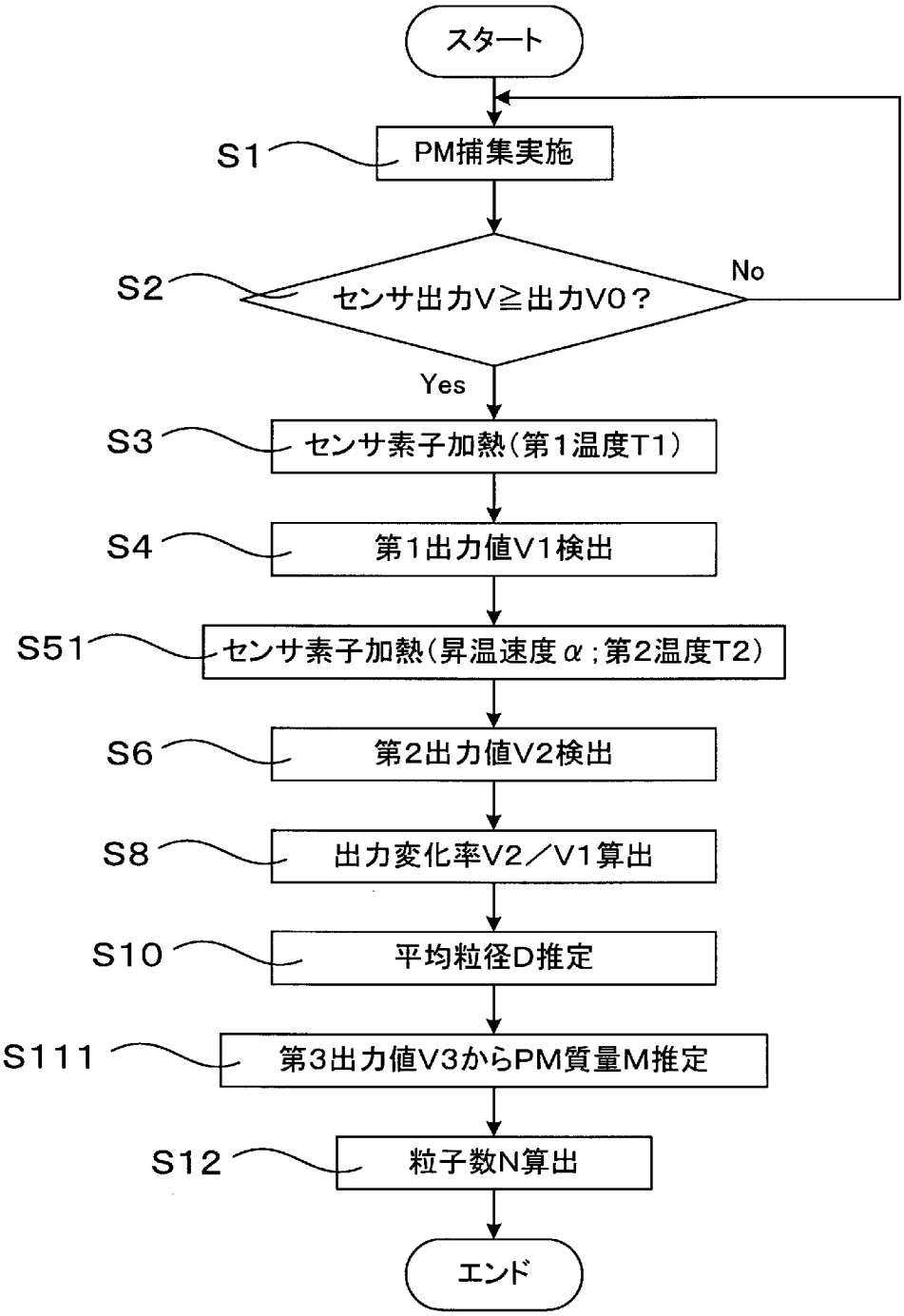
[図17]

（図１７）



[図18]

（図１８）


スタート
S1
PM捕集実施
S2
センサ出力V≧出力V0？
No
Yes
S3
センサ素子加熱（第1温度T1）
S4
第1出力値V1検出
S51
センサ素子加熱（昇温速度α；第2温度T2）
S6
第2出力値V2検出
S8
出力変化率V2／V1算出
S10
平均粒径D推定
S111
第3出力値V3からPM質量M推定
S12
粒子数N算出
エンド

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/004782

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01N15/06(2006.01)i, *G01N27/04*(2006.01)i

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)
G01N15/06, G01N27/04

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 2015-175321 A (Denso Corp.), 05 October 2015 (05.10.2015), entire text; all drawings & DE 102015103176 A1	1-12
A	JP 2006-506640 A (Southwest Research Institute), 23 February 2006 (23.02.2006), paragraph [0003] & US 2004/0139785 A1 paragraphs [0005] to [0006] & WO 2004/046517 A2	1-12
P,X	WO 2016/052734 A1 (Denso Corp.), 07 April 2016 (07.04.2016), paragraphs [0061] to [0083]; fig. 14 & JP 2016-75668 A	1,4-12

☐ 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	Date of mailing of the international search report
26 April 2017 (26.04.17)	16 May 2017 (16.05.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／００４７８２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01N15/06(2006.01)i, G01N27/04(2006.01)i

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））

Int.Cl.　G01N15/06, G01N27/04

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

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７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 2015-175321 A (株式会社デンソー) 2015.10.05, 全文、全図 & DE 102015103176 A1	1-12
A	JP 2006-506640 A (サウスウエスト　リサーチ　インスティテュート) 2006.02.23, 段落[0003] & US 2004/0139785 A1, 段落[0005]-[0006] & WO 2004/046517 A2	1-12

☑　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。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「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
「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）
「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
「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「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
「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
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
２６．０４．２０１７	１６．０５．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｊ　９８０４
北川　創
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５２

C（続き）．　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
P, X	WO 2016/052734 A1 (株式会社デンソー) 2016.04.07, 段落[0061]-[0083], 第14図 & JP 2016-75668 A	1,4-12