

(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
2022年3月31日(31.03.2022)



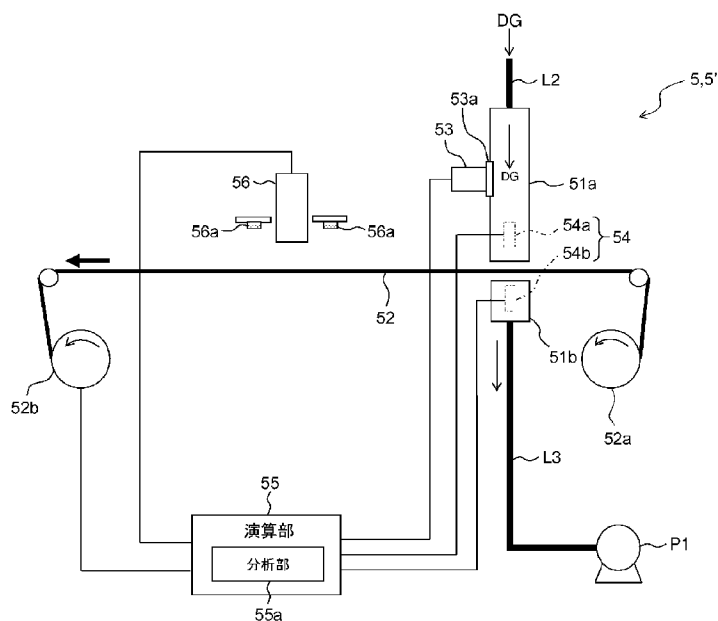
(10) 国際公開番号

WO 2022/065026 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 15/00 (2006.01) G01N 15/06 (2006.01)
G01N 15/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/032846
- (22) 国際出願日: 2021年9月7日(07.09.2021)
- (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 2020-160835 2020年9月25日(25.09.2020) JP
特願 2020-210480 2020年12月18日(18.12.2020) JP
特願 2021-050704 2021年3月24日(24.03.2021) JP
- (71) 出願人: 株式会社堀場製作所(HORIBA, LTD.)
[JP/JP]; 〒6018510 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 松本 絵里佳(MATSUMOTO, Erika);
〒6018510 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 株式会社堀場製作所内 Kyoto (JP). 葛西 響子(KASSAI, Kyoko); 〒6018510 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 株式会社堀場製作所内 Kyoto (JP). 大塚 岳(OTSUKA, Gaku); 〒6018510 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 株式会社堀場製作所内 Kyoto (JP). 水野 裕介(MIZUNO, Yusuke); 〒6018510 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 株式会社堀場製作所内 Kyoto (JP). 山渡 翔太(SANDO, Shota);

(54) Title: ANALYSIS DEVICE, ANALYSIS SYSTEM, ANALYSIS METHOD, CALIBRATION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 分析装置、分析システム、分析方法、校正方法、及びプログラム



55 Computation unit
55 aAnalysis unit

(57) Abstract: The present invention achieves accurate analysis of a particulate substance containing carbon as a main component. An analysis device (5, 5') comprises an inflow unit (51a), a first image acquisition unit (53), a content information acquisition unit (54), and an analysis unit (55a). The inflow unit (51a) allows a diluted sample gas (DG) containing a particulate substance (FP) to flow therein. The first image acquisition unit (53) acquires first image data of the particulate substance (FP) fluidized in the diluted sample gas (DG) flowing inside the inflow unit (51a). The content information

〒6018510 京都府京都市南区吉祥院宮の東町 2
番地 株式会社堀場製作所内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 小野 由己男, 外 (ONO, Yukio et al.);
〒5300054 大阪府大阪市北区南森町 1 丁目 4 番
1 9 号 サウスホレストビル 新樹グローバル
・アイピー特許業務法人内 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, JP, 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,
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))

acquisition unit (54) acquires content information related to the content of the particulate substance (FP) in the diluted sample gas (DG). The analysis unit (55a) analyzes the particulate substance (FP) on the basis of the first image data and the content information.

(57) 要約: 炭素が主成分の粒子状物質を精度よく分析する。分析装置 (5、5') は、流入部 (51a) と、第1画像取得部 (53) と、含有量情報取得部 (54) と、分析部 (55a) と、を備える。流入部 (51a) は、粒子状物質 (FP) を含む希釈サンプルガス (DG) を流入させる。第1画像取得部 (53) は、流入部 (51a) を流れる希釈サンプルガス (DG) 中にて流動する粒子状物質 (FP) の第1画像データを取得する。含有量情報取得部 (54) は、希釈サンプルガス (DG) に含まれる粒子状物質 (FP) の含有量に関する含有量情報を取得する。分析部 (55a) は、第1画像データと含有量情報とに基づいて、粒子状物質 (FP) を分析する。

明 細 書

発明の名称：

分析装置、分析システム、分析方法、校正方法、及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、サンプルガスに含まれる粒子状物質を分析する分析装置、当該分析装置を含む分析システム、粒子状物質の分析方法、及び、当該分析装置の校正方法、当該分析方法又は校正方法を実行するためのプログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来、大気などのサンプルガスに含まれる粒子状物質を分析する分析装置が知られている。例えば、サンプルガスを捕集フィルタに吹き付けて、サンプルガスに含まれる粒子状物質を当該捕集フィルタに捕集させ、捕集フィルタに捕集された粒子状物質の捕集量（質量濃度）、及び／又は、当該粒子状物質に含まれる元素（及びその元素の含有量）を測定する分析装置が知られている（例えば、特許文献1を参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2015-219197号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 現在、上記の分析装置を、燃焼プロセスで発生する排出ガス等に含まれる粒子状物質を分析する目的に用いることが考えられている。燃焼プロセスで発生する排出ガスに含まれる粒子状物質の主成分は炭素であるため、従来の分析方法では粒子状物質を精度よく分析することが難しかった。

[0005] また、従来、排出ガス等に含まれる粒子状物質を分析する際には、所定の場所に収集された粒子状物質を採取し、採取した粒子状物質を別の場所に設置された分析装置を用いて分析していた。すなわち、従来の分析方法では、

粒子状物質を排出ガス等の排出場所にて連続的に分析できなかった。

[0006] 本発明の目的は、炭素が主成分の粒子状物質を精度よく連続的に分析することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 以下に、課題を解決するための手段として複数の態様を説明する。これら態様は、必要に応じて任意に組み合わせることができる。

本発明の一見地に係る分析装置は、流入部と、第1画像取得部と、含有量情報取得部と、分析部と、を備える。

流入部は、粒子状物質を含むサンプルガスを流入させる。

第1画像取得部は、流入部を流れるサンプルガス中にて流動する粒子状物質の第1画像データを取得する。

含有量情報取得部は、サンプルガスに含まれる粒子状物質の含有量に関する含有量情報を取得する。

分析部は、第1画像データと含有量情報とに基づいて、粒子状物質を分析する。

[0008] 上記の分析装置では、流入部に流入したサンプルガス中にて流動する粒子状物質の第1画像データと、サンプルガスに含まれる粒子状物質の含有量に関する含有量情報と、に基づいて粒子状物質の分析を実行している。第1画像データにはサンプルガス中にて流動する粒子状物質の外観に関する情報が含まれており、また、炭素が主成分の粒子状物質は外観に特徴があるので、第1画像データと含有量情報とに基づいて炭素が主成分の粒子状物質の分析を精度よく行うことができる。

[0009] また、上記の分析装置では、サンプルガスを流入部に流入させ、第1画像取得部が流入部で流動するサンプルガスに含まれる粒子状物質の画像データ（第1画像データ）を取得し、分析部が第1画像データに基づいて粒子状物質を分析している。上記の分析装置は、粒子状物質を含むサンプルガスが流動している状態の画像データを用いて粒子状物質を分析できるので、流入部に連続的にサンプルガスを流入させて連続的に粒子状物質を分析できる。

[0010] 分析部は、第1画像データに基づいて粒子状物質の粒子形状に関する情報を算出してもよい。これにより、粒子状物質の粒子形状に基づいて炭素が主成分の粒子状物質の分析を精度よく行うことができる。

[0011] 分析部は、第1画像データに基づいて粒子状物質の粒径に関する第1粒径情報を算出してもよい。これにより、粒子状物質の粒径に基づいて炭素が主成分の粒子状物質の分析を精度よく行うことができる。

[0012] 分析装置は、散乱光情報取得部をさらに備えてもよい。散乱光情報取得部は、流入部を流れるサンプルガスに入射した光が粒子状物質により散乱することにより生じる散乱光に関する散乱光情報を取得する。この場合、分析部は、散乱光情報に基づいてサンプルガスに含まれる粒子状物質の粒径に関する第2粒径情報を算出する。これにより、粒子状物質により散乱した散乱光に関する情報から算出される粒径に基づいて炭素が主成分の粒子状物質の分析を精度よく行うことができる。

[0013] 流入部は、第1流路と、第2流路とを有してもよい。

第1流路には、第1画像取得部により第1画像データを取得するためのサンプルガスが流れる。

第2流路には、含有量情報取得部により含有量情報を取得するためのサンプルガスが流れる。

これにより、第1画像データを取得するための第1流路におけるサンプルガスの流速と、含有量情報を取得するためのサンプルガスの流速と、を独立に調整できる。その結果、第1画像データと含有量情報を最適な条件で取得できる。

[0014] 分析部は、含有量情報に基づいて粒子状物質の質量濃度を算出してもよい。これにより、粒子状物質の質量濃度と粒子状物質の外観に基づいて、炭素が主成分の粒子状物質の分析を精度よく行うことができる。

[0015] 分析装置は、捕集フィルタと、第2画像取得部と、をさらに備えてもよい。捕集フィルタは、サンプルガスに含まれる粒子状物質を捕集する。第2画像取得部は、捕集フィルタに捕集された粒子状物質の画像を含む第2画像デ

ータを取得する。この場合、分析部は、第2画像データに基づいて有色の粒子状物質に関する情報を算出する。これにより、粒子状物質の色に基づいて、炭素が主成分の粒子状物質の分析をより精度よく行うことができる。

[0016] 分析部は、第2画像データのうち粒子状物質が捕集された捕集領域に対応する画像部分の画素の輝度と、捕集フィルタに捕集された粒子状物質の捕集量に関する情報と、の関係を表す検量線に基づいて、粒子状物質に関する情報を算出してもよい。この場合、検量線は、実際の測定対象となる粒子状物質を捕集フィルタに捕集して取得した第2画像データを用いて算出されてもよい。これにより、粒子状物質に関する情報をより精度よく算出できる。

[0017] 分析部は、第2画像データのうち粒子状物質が捕集された捕集領域に対応する画像部分の画素の輝度を、粒子状物質に関する所定のパラメータで基準化して、粒子状物質に関する情報を算出してもよい。これにより、粒子状物質に関する多様な情報を算出できる。

[0018] 本発明の他の見地に係る分析システムは、サンプリングプローブと、希釈器と、分析装置と、を備える。

サンプリングプローブは、粒子状物質を含むサンプルガスをサンプリングする。

希釈器は、サンプルガスを希釈して希釈サンプルガスを生成する。

分析装置は、希釈サンプルガスに含まれる粒子状物質を分析する装置であって、流入部と、第1画像取得部と、含有量情報取得部と、分析部と、を有する。

流入部は、希釈サンプルガスを流入させる。

第1画像取得部は、流入部を流れる希釈サンプルガス中にて流動する粒子状物質の第1画像データを取得する。

含有量情報取得部は、希釈サンプルガスに含まれる粒子状物質の含有量に関する含有量情報を取得する。

分析部は、第1画像データと含有量情報とに基づいて粒子状物質を分析する。

- [0019] 上記の分析システムでは、サンプリングプローブによりサンプリングされたサンプルガスが、希釈器により希釈されて希釈サンプルガスが生成される。分析装置は、当該希釈サンプルガスに含まれる粒子状物質を分析する。
- [0020] また、分析システムに含まれる分析装置では、流入部に流入した希釈サンプルガス中にて流動する粒子状物質の第1画像データと、希釈サンプルガスに含まれる粒子状物質の含有量に関する含有量情報と、に基づいて粒子状物質の分析を実行している。第1画像データには希釈サンプルガス中にて流動する粒子状物質の外観に関する情報が含まれており、炭素が主成分の粒子状物質は外観に特徴があり、さらに、希釈サンプルガス中には第1画像データから粒子状物質の外観が判別可能な程度の粒子状物質しか含まれていないので、サンプルガスに過剰に粒子状物質が含まれていたとしても、第1画像データと含有量情報とに基づいて炭素が主成分の粒子状物質の分析を精度よく行うことができる。
- [0021] また、上記の分析システムでは、サンプリングプローブにて採取したサンプルガスを流入部に流入させ、第1画像取得部が流動部で流動するサンプルガスに含まれる粒子状物質の画像データ（第1画像データ）を取得し、分析部が第1画像データに基づいて粒子状物質を分析している。
- [0022] 上記の分析システムは、粒子状物質を含むサンプルガスが流動している状態の画像データを用いて粒子状物質を分析できるので、サンプリングプローブにてサンプルガスを連続的に採取し、採取したサンプルガスを連続的に流入部に流入させて連続的に粒子状物質を分析できる。
- [0023] 上記の分析システムは、ブローバック部をさらに備えてもよい。ブローバック部は、サンプリングプローブをブローバックする。この場合、サンプルガスをサンプリングする際に、ブローバック部によるブローバックと、サンプルガスのサンプリングとを予め決められた時間割合で実行してもよい。これにより、サンプリングプローブにおける粒子状物質の堆積量を減少させつつ、適切な量の粒子状物質をサンプリングできる。
- [0024] 本発明のさらに他の見地に係る分析方法は、粒子状物質を含むサンプルガ

スを流入可能な流入部を備える分析装置による分析方法である。分析方法は、以下のステップを備える。

◎サンプルガスを流入部に流入させるステップ。

◎流入部を流れるサンプルガス中にて流動する粒子状物質の第1画像データを取得するステップ。

◎サンプルガスに含まれる粒子状物質の含有量に関する含有量情報を取得するステップ。

◎第1画像データと含有量情報とに基づいて粒子状物質を分析するステップ。

[0025] 上記の分析方法では、分析装置の流入部に流入したサンプルガス中にて流動する粒子状物質の第1画像データと、サンプルガスに含まれる粒子状物質の含有量に関する含有量情報と、に基づいて粒子状物質の分析を実行している。第1画像データにはサンプルガス中にて流動する粒子状物質の外観に関する情報が含まれており、また、炭素が主成分の粒子状物質は外観に特徴があるので、第1画像データと含有量情報とに基づいて炭素が主成分の粒子状物質の分析を精度よく行うことができる。

[0026] また、上記の分析方法では、流動部で流動するサンプルガスに含まれる粒子状物質の画像データ（第1画像データ）を取得し、第1画像データに基づいて粒子状物質を分析している。上記の分析方法においては、粒子状物質を含むサンプルガスが流動している状態の画像データを用いて粒子状物質を分析できるので、流入部に連続的にサンプルガスを流入させて連続的に粒子状物質を分析できる。

[0027] 本発明のさらに他の見地に係るプログラムは、サンプルガスに含まれる粒子状物質を分析する分析方法を、サンプルガスを流入可能な流入部を備える分析装置に実行させるためのプログラムである。上記の分析方法は、以下のステップを有する。

◎サンプルガスを流入部に流入させるステップ。

◎流入部を流れるサンプルガス中にて流動する粒子状物質の第1画像デー

タを取得するステップ。

◎サンプルガスに含まれる粒子状物質の含有量に関する含有量情報を取得するステップ。

◎第1画像データと含有量情報とに基づいて粒子状物質を分析するステップ。

[0028] 本発明のさらに他の見地に係る分析装置は、粒子状物質を捕集する捕集フィルタと、捕集フィルタの粒子状物質が捕集された捕集領域と粒子状物質が捕集されていない非捕集領域とを含む画像データを取得する画像取得部と、画像データに基づいて粒子状物質を分析する分析部と、画像取得部を校正する校正部と、を備える。

校正部は、

捕集領域に捕集された粒子状物質の捕集量と非捕集領域に対応する画素の輝度との関係と画像データを取得したときの粒子状物質の捕集量とに基づいて、画像データの非捕集領域に対応する画素の理論輝度を算出し、

理論輝度と画像データの非捕集領域に対応する画素の実際輝度との差に基づいて、画像取得部を校正する。

[0029] 上記の分析装置では、捕集フィルタに粒子状物質を捕集させて取得した画像データの非捕集領域に対応する画素の輝度の理論値（理論輝度）を算出し、理論輝度と当該画像データの非捕集領域に対応する画素の実際の輝度値（実際輝度）との差に基づいて、画像取得部を校正している。このように、捕集フィルタに捕集した粒子状物質を校正に用いるので、画像取得部を校正するために校正用試料を捕集フィルタに別途配置して画像データを取得する必要がなくなり、画像取得部の校正を自動的に行うことができる。

[0030] 画像取得部は、画像データを取得するときに、捕集領域と非捕集領域とに光を照射する光源を含んでもよい。この場合、校正部は、理論輝度と実際輝度との差に基づいて光源の光量を調整する。これにより、粒子状物質を正確に分析できる画像データを取得できる。

[0031] 本発明のさらに他の見地に係る校正方法は、粒子状物質を捕集する捕集フ

フィルタと、捕集フィルタの粒子状物質が捕集された捕集領域と粒子状物質が捕集されていない非捕集領域とを含む画像データを取得する画像取得部とを備え、当該画像データに基づいて粒子状物質を分析する分析装置の校正方法である。校正方法は、以下のステップを備える。

◎捕集領域に捕集された粒子状物質の捕集量と非捕集領域に対応する画素の輝度との関係と画像データを取得したときの粒子状物質の捕集量とに基づいて、画像データの非捕集領域に対応する画素の理論輝度を算出するステップ。

◎理論輝度と画像データの非捕集領域に対応する画素の実際輝度との差に基づいて、画像取得部を校正するステップ。

[0032] 上記の分析装置の校正方法では、捕集フィルタに粒子状物質を捕集させて取得した画像データの非捕集領域に対応する画素の輝度の理論値（理論輝度）を算出し、理論輝度と当該画像データの非捕集領域に対応する画素の実際の輝度値（実際輝度）との差に基づいて、画像取得部を校正している。このように、捕集フィルタに捕集した粒子状物質を校正に用いるので、画像取得部を校正するために校正用試料を捕集フィルタに別途配置して画像データを取得する必要がなくなり、画像取得部の校正を自動的かつ正確に行うことができる。

[0033] 本発明のさらに他の見地に係るプログラムは、粒子状物質を捕集する捕集フィルタと、捕集フィルタの粒子状物質が捕集された捕集領域と粒子状物質が捕集されていない非捕集領域とを含む画像データを取得する画像取得部とを備え、当該画像データに基づいて粒子状物質を分析する分析装置の校正方法を当該分析装置に実行させるためのプログラムである。上記の校正方法は、以下のステップを有する。

◎捕集領域に捕集された粒子状物質の捕集量と非捕集領域に対応する画素の輝度との関係と画像データを取得したときの粒子状物質の捕集量とに基づいて、画像データの非捕集領域に対応する画素の理論輝度を算出するステップ。

◎理論輝度と画像データの非捕集領域に対応する画素の実際輝度との差に基づいて、画像取得部を校正するステップ。

[0034] 上記のプログラムは、捕集フィルタに粒子状物質を捕集させて取得した画像データの非捕集領域に対応する画素の輝度の理論値（理論輝度）を算出し、理論輝度と当該画像データの非捕集領域に対応する画素の実際の輝度値（実際輝度）との差に基づいて画像取得部を校正するとの処理を分析装置に実行させる。このように、捕集フィルタに捕集した粒子状物質を校正に用いるので、画像取得部を校正するために校正用試料を捕集フィルタに別途配置して画像データを取得する必要がなくなり、画像取得部の校正を自動的かつ正確に行うことができる。

発明の効果

[0035] 炭素が主成分の粒子状物質を精度よく分析できる。

図面の簡単な説明

[0036] [図1]分析システムの構成を示す概略図。

[図2]希釈器の斜視図。

[図3]希釈器の側面図。

[図4]分析装置の具体的構成を示す図。

[図5]流路変更部材による希釈サンプルガスの流路の一例を示す図。

[図6]粒子状物質の分析動作を示すフローチャート。

[図7]輝度ヒストグラムの一例を示す図。

[図8]第2画像データのうち小さい輝度を有する画像部分の画素の輝度と捕集フィルタに捕集された粒子状物質に含まれる炭素量との関係をグラフで表した一例を示す図。

[図9]輝度の経時変化の一例を示す図。

[図10A]粒子状物質の捕集量で基準化した輝度の経時変化の一例を示す図。

[図10B]輝度と粒子状物質の単位時間あたりの捕集量との積の値の経時変化の一例を示す図。

[図10C]輝度を粒子状物質の単位時間あたりの捕集量で基準化した値の経時変

化の一例を示す図。

[図11]分析結果の表示画面の一例を示す図。

[図12]流入部の変形例の一例を示す図。

[図13]分析装置の変形例の一例を示す図。

[図14]分析装置の変形例の他の一例を示す図。

[図15]第2実施形態に係る分析装置の構成を示す図。

[図16]第3実施形態に係る分析装置の演算部の機能ブロック構成を示す図。

[図17]第2画像データを用いた分析装置の校正動作を示すフローチャート。

[図18]分析システムの適用例1の構成を示す図。

[図19]分析システムの適用例2の構成を示す図。

[図20]分析システムの他の実施形態を示す図。

発明を実施するための形態

[0037] 1. 第1実施形態

(1) 分析システム

以下、本実施形態に係る分析システム100を説明する。分析システム100は、各種燃焼プロセス（例えば、火力発電における燃焼プロセス、製鉄プラントにおける燃焼プロセス、焼却炉の燃焼プロセス、石炭の燃焼プロセス等）で生じる粒子状物質F Pを分析するためのシステムである。測定対象とできる粒子状物質F Pは、例えば、石炭の燃焼プロセスで生じる灰中未燃分、各種燃焼プロセスで生じる飛灰などである。

[0038] また、燃焼プロセスで生じる粒子状物質F Pに限られず、例えば、各種の輸送装置（自動車や船舶等）から生じるダスト（ブレーキ、タイヤ、内燃機関、蒸気機関、排ガス浄化装置やモータからのダスト）などを分析システム100の測定対象である粒子状物質F Pとできる。さらに、火山の噴火といった自然災害により生じるダスト（例えば、火山灰）、鉱山開発において生じるダストなども測定対象である粒子状物質F Pとできる。

[0039] 以下、図1を用いて、第1実施形態に係る分析システム100の構成を説明する。図1は、分析システムの構成を示す概略図である。図1に示す分析

システム１００は、燃焼プロセスで生じた排出ガスを測定対象ガス（以下、サンプルガスＳＧと呼ぶ）とし、排出ガスに含まれる粒子状物質ＦＰを分析するシステムである。分析システム１００は、サンプリングプローブ１と、希釈器３と、分析装置５と、制御部９と、を主に備える。

[0040] サンプリングプローブ１は、煙道ＦＬの側壁の所定位置に固定され、サンプルガスＳＧが流れる煙道ＦＬからサンプルガスＳＧをサンプリングする。サンプリングプローブ１は、希釈器３及び分析装置５を介して接続された第１吸引装置Ｐ１によるガスの吸引量と、希釈器３を介して接続された第２吸引装置Ｐ２によるガスの吸引量と、希釈器３への希釈ガスＡＲ（後述）の供給量と、により決定される流量のサンプルガスＳＧを煙道ＦＬからサンプリングする。

[0041] 希釈器３は、サンプリングプローブ１にてサンプリングしたサンプルガスＳＧと、供給装置７から供給された希釈ガスＡＲと、を混合してサンプルガスＳＧを希釈する。希釈ガスＡＲによりサンプルガスＳＧを希釈して生成されるガスを、希釈サンプルガスＤＧと呼ぶ。希釈ガスＡＲは、例えば空気である。この場合、供給装置７は、例えば、計装用エアーを希釈ガスＡＲとして流量を調整して供給する装置である。その他、供給装置７は、窒素ボンベ又は（乾燥）空気ボンベから供給された窒素又は空気を希釈ガスＡＲとして流量を調整して供給する装置とできる。

[0042] その他、例えば、ポンプにて吸引した大気中の空気を、ダストフィルタにてダストを除去し乾燥処理装置により水分を除去して流量を調節して希釈ガスＡＲとして供給することもできる。これにより、例えば、計装用エアー又はボンベ等を使用できない場合でも、希釈ガスＡＲを供給できる。

[0043] 分析装置５は、希釈器３からサンプリングした希釈サンプルガスＤＧに含まれる粒子状物質ＦＰの分析を行う装置である。後述するように、分析装置５は、希釈サンプルガスＤＧを流入させる流入部を備え、流入部を流れる希釈サンプルガスＤＧ中で流動する粒子状物質ＦＰを撮影した画像データ（第１画像データ）に基づいて粒子状物質ＦＰを分析する。

[0044] 制御部 9 は、CPU と、記憶装置（例えば、RAM、ROM、ハードディスク、SSD など）と、ディスプレイ（例えば、液晶ディスプレイなど）と、各種インターフェース（I/O ポート、通信インターフェースなど）と、を有するコンピュータシステムである。また、制御部 9 は、コンピュータシステムを 1 つのチップに集積した SoC などのハードウェアであってもよい。

[0045] 制御部 9 は、分析システム 100 の各構成要素の制御、及び、当該制御に関する各種情報処理を行う。制御部 9 が実行する制御及び情報処理の一部又は全部は、制御部 9 の記憶装置に記憶され、制御部 9 を構成するコンピュータシステムにて実行可能なプログラムにより実現されていてもよい。また、制御部 9 による制御及び情報処理の一部を、ハードウェアにより実現してもよい。

[0046] また、制御部 9 は、後述する分析装置 5 の演算部 55 の機能が組み込まれたコンピュータシステムであってもよい、つまり、制御部 9 の機能と演算部 55 の機能とが同一のコンピュータシステムに統合されていてもよいし、制御部 9 と演算部 55 とが個別のコンピュータシステムにより構成されていてもよい。

[0047] （２）希釈器

以下、図 1 ～図 3 を用いて、希釈器 3 の具体的な構成を説明する。図 2 は、希釈器の斜視図である。図 3 は、希釈器の断面図である。希釈器 3 は、混合部 31 と、希釈ガス充填部 33 と、を有する。

[0048] 混合部 31 は、内部空間 IS1（図 3）を有する中空の部材である。混合部 31 の長さ方向の一端が第 1 ガスライン L1 を介してサンプリングプローブ 1 に接続され、他端が第 2 ガスライン L2、分析装置 5、及び第 3 ガスライン L3 を介して第 1 吸引装置 P1 に接続される。さらに、混合部 31 の他端側（第 2 ガスライン L2 が接続された側）は、第 4 ガスライン L4 を介して第 2 吸引装置 P2 に接続される。混合部 31 の側壁には、複数の導入口 31a が設けられており、導入口 31a から内部空間 IS1 に気体が流入可能

となっている。

[0049] また、第2吸引装置P2の排気口は、第5ガスラインL5を介して、サンプリングプローブ1と接続可能となっている。第5ガスラインL5は、第2吸引装置P2の排出口から排出された希釈サンプルガスDGを、サンプリングプローブ1から煙道FLに排出する。これにより、大気中などの外部に粒子状物質FPを排出することを防止できる。

[0050] 第1吸引装置P1は、例えば、ポンプなどである。第2吸引装置P2は、例えば、ポンプ、ブロワーなどである。

[0051] 希釈ガス充填部33は、混合部31の長さ方向のうち複数の導入口31aが形成された箇所を、「入れ子」状態でかつ希釈ガス充填部33と混合部31との隙間部分をガストイトな状態で収納する中空の部材である。混合部31が入れ子状態で希釈ガス充填部33に収納されることで、希釈ガス充填部33の内壁と混合部31の外壁との間には、希釈ガス充填空間IS2が形成される。希釈ガス充填空間IS2は、第5ガスラインL5を介して供給装置7に接続されている。供給装置7は、混合部31の内部空間IS1の圧力よりも高い圧力の希釈ガスARを、希釈ガス充填空間IS2に充填する。

[0052] 上記の構成を有する希釈器3においては、第1吸引装置P1及び第2吸引装置P2の吸引力により、煙道FLを流れるサンプルガスSGが、サンプリングプローブ1と第1ガスラインL1を介して内部空間IS1に導入される。また、希釈ガス充填空間IS2に充填される希釈ガスARの圧力が内部空間IS1に導入されるサンプルガスSGの圧力よりも高いことから、希釈ガスARが導入口31aを通じて内部空間IS1に導入される。

[0053] 内部空間IS1にサンプルガスSGと希釈ガスARとが導入されることで、サンプルガスSGが希釈ガスARにより希釈されて希釈サンプルガスDGが生成される。サンプルガスSGの希釈率は、内部空間IS1に導入されるサンプルガスSGの量と希釈ガスARの量とにより決まる。

[0054] 内部空間IS1で生成された希釈サンプルガスDGのうち、第1吸引装置P1による吸引により第2ガスラインL2に引き込まれた希釈サンプルガス

D Gが分析装置5に導入される。残りの希釈サンプルガスD Gは、第2吸引装置P 2の吸引により外部に排出される。

[0055] なお、第3ガスラインL 3と第1吸引装置P 1との間、及び／又は、第4ガスラインL 4と第2吸引装置P 2との間には、希釈サンプルガスD Gに含まれる粒子状物質F Pを除去するフィルタ（図示せず）、希釈サンプルガスD Gの脈動を抑制するバッファタンク（図示せず）、希釈サンプルガスD Gから水分を除去するドレインポットなどが設けられてもよい。

[0056] また、第4ガスラインL 4と第2吸引装置P 2との間には、第2吸引装置P 2と希釈器3との間をガス流通可能とするか、ガス流通不可能とするか、を切り替える三方バルブV（ブローバック部の一例）が設けられてもよい。制御部9がこの三方バルブVを制御して第2吸引装置P 2と希釈器3とをガス流通不可能とした場合には、第2吸引装置P 2と大気との間をガス流通可能とする。供給装置7から希釈ガスA Rを供給した状態で、制御部9が三方バルブVを制御して第2吸引装置P 2と希釈器3との間をガス流通不可能とすることにより、希釈器3から第1ガスラインL 1を通過しサンプリングプローブ1から煙道F Lに希釈ガスA Rが排出されて、サンプリングプローブ1及び第1ガスラインL 1に堆積し付着した粒子状物質F Pを除去して煙道F Lに排出できる（ブローバックと呼ぶ）。このとき、分析装置5には、供給装置7から希釈ガスA Rが流入する。

[0057] 例えば、制御部9は、粒子状物質F Pの分析毎に、上記のように三方バルブVを制御してブローバックを実行することができる。このとき、制御部9は、粒子状物質F Pの分析時にサンプルガスS Gをサンプリングする際に、予め決められた期間（例えば、1時間）のうち、ブローバックとサンプルガスS Gのサンプリングとを予め決められた時間割合で実行する。例えば、粒子状物質F Pの捕集量が大きくなると予測される場合（例えば、前回の捕集量が大きかった場合）には、ブローバックを実行する期間を増加して、サンプルガスS Gをサンプリングする期間を減少できる。これにより、サンプリングプローブ1、第1ガスラインL 1等における粒子状物質F Pの堆積量を

減少させつつ、捕集フィルタ 5 2（図 4）に粒子状物質 F P が過剰に捕集されることを防止できる。

[0058] 一方、粒子状物質 F P の捕集量が小さくなると予測される場合（例えば、前回の捕集量が小さかった場合）には、ブローバックを実行する期間を減少させて、サンプルガス S G をサンプリングする期間を増加できる。これにより、サンプリングプローブ 1、第 1 ガスライン L 1 等における粒子状物質 F P の堆積量を減少させつつ、捕集フィルタ 5 2（図 4 など）に精度よく分析を実行するために十分な量の粒子状物質 F P を捕集できる。

[0059] その他、ブローバックを実行するタイミングを適宜変更することもできる。例えば、サンプルガス S G の流路に堆積した粒子状物質 F P が所定量を超えたときにブローバックを実行してもよい。

[0060] 上記のブローバックの実行制御は、例えば、制御部 9 を構成するコンピュータシステムで実行可能なプログラムにより実現される。これにより、ブローバック（及び粒子状物質 F P のサンプリング）を自動的に実行できる。

[0061] また、サンプルガス S G の流路に堆積した粒子状物質 F P の除去方法は、上記のブローバックの実行による方法に限られない。例えば、分析システム 1 0 0 の粒子状物質 F P が堆積した部分（例えば、サンプリングプローブ 1 と第 1 ガスライン L 1 との接続部分）を振動させる、衝撃を与えるなどの方法によっても、流路に堆積した粒子状物質 F P を除去できる。

[0062] （3）分析装置

本実施形態の分析装置 5 は、主に、希釈サンプルガス D G にて流動する粒子状物質 F P を撮影した第 1 画像データと、希釈サンプルガス D G に含まれる粒子状物質 F P の含有量に関する情報（含有量情報とよぶ）と、に基づいて粒子状物質 F P を分析する装置である。

[0063] 以下、図 4 を用いて、分析装置 5 の具体的構成を説明する。図 4 は、分析装置の具体的構成を示す図である。分析装置 5 は、流入部 5 1 a と、第 1 画像取得部 5 3 と、含有量情報取得部 5 4 と、演算部 5 5 と、を主に備える。流入部 5 1 a は中空の部材であり、その一端は第 2 ガスライン L 2 に接続さ

れ、他端は開放状態となっている。開放状態となっている流入部 5 1 a の他端は、吸引部 5 1 b と対向している。

[0064] 吸引部 5 1 b は中空の部材であり、その一端は流入部 5 1 a と対向しており、開放状態となっている。一方、吸引部 5 1 b の他端は、第 3 ガスライン L 3 を介して第 1 吸引装置 P 1 に接続されている。吸引部 5 1 b を第 1 吸引装置 P 1 により吸引すると、吸引部 5 1 b の開放状態となっている一端に吸引力が発生する。この吸引力により、希釈器 3 にて生成された希釈サンプルガス D G が、第 2 ガスライン L 2 を通過して流入部 5 1 a の内部に流入する。吸引部 5 1 b にて発生した吸引力により流入部 5 1 a の内部に流入した希釈サンプルガス D G は、流入部 5 1 a の開放状態となった側から排出され、吸引部 5 1 b に吸引される。

[0065] 図 4 に示すように、流入部 5 1 a と吸引部 5 1 b との間には捕集フィルタ 5 2 が配置されているため、流入部 5 1 a から排出された希釈サンプルガス D G は、吸引部 5 1 b に吸引される前に捕集フィルタ 5 2 を通過する。捕集フィルタ 5 2 は、捕集フィルタ 5 2 を通過する希釈サンプルガス D G に含まれる粒子状物質 F P を捕集する。

[0066] 捕集フィルタ 5 2 は、例えば、補強層と、補強層上に積層して形成された捕集層とを有する、白色のテープ状部材である。補強層は、例えば、高分子材料（ポリエチレンなど）の不織布にて形成される。捕集層は、粒子状物質 F P を捕集可能な孔を有する。捕集層は、例えば、フッ素樹脂系材料にて形成される。捕集フィルタ 5 2 は、送り出しリール 5 2 a から送り出し、巻き取りリール 5 2 b により巻き取ることで、長さ方向（図 4 の太矢印にて示す方向）に移動できる。

[0067] 第 1 画像取得部 5 3 は、流入部 5 1 a の内部に流入した希釈サンプルガス D G 中にて流動する粒子状物質 F P の画像データ（第 1 画像データと呼ぶ）を取得する。第 1 画像取得部 5 3 は、例えば、流入部 5 1 a の側壁に設けられた光学窓 5 3 a に取り付けられたカメラである。本実施形態では、流入部 5 1 a の内部のうち第 1 画像取得部 5 3 が取り付けられる部分の近傍に、例

例えば、図5に示すような希釈サンプルガスDGの流路を変更する流路変更部材61、63が設けられる。図5は、流路変更部材による希釈サンプルガスの流路の一例を示す図である。

[0068] 図5に示す流路変更部材61、63の例では、第2ガスラインL2から導入された希釈サンプルガスDGの流れる方向が、吸引部51bに近い側（下流側）に設けられた流路変更部材61により、吸引部51bによる吸引方向とは逆方向に変更される。その後、希釈サンプルガスDGの流れる方向は、さらに、第2ガスラインL2に近い側（上流側）に設けられた流路変更部材63により、吸引方向に変更される。

[0069] 流入部51aの内部のうち、第1画像取得部53が取り付けられる部分の近傍に流路変更部材61、63を設けて、第1画像取得部53の近傍で希釈サンプルガスDGの滞留が生じやすくすることで、第1画像取得部53は、希釈サンプルガスDG中にて流動する同じ粒子状物質FPをより長時間撮影できる。

[0070] 図4に戻り、含有量情報取得部54は、捕集フィルタ52に捕集された粒子状物質FPの質量濃度を算出するためのデータを測定する。すなわち、本実施形態において、含有量情報取得部54は、粒子状物質FPの質量濃度を算出するためのデータを、希釈サンプルガスDGに含まれる粒子状物質FPの含有量に関する含有量情報として測定する。具体的には、含有量情報取得部54は、 β 線源54aと、 β 線検出部54bとを有する。 β 線源54aは、流入部51aの内部に設けられ、捕集フィルタ52に捕集された粒子状物質FPに向けて β 線を照射する。 β 線源54aは、例えば、炭素14（ ^{14}C ）を線源とする β 線源である。

[0071] β 線検出部54bは、吸引部51bの内部において β 線源54aと対向するように設けられ、捕集フィルタ52に捕集された粒子状物質FPを透過した β 線の強度を、質量濃度を算出するための含有量情報として測定する。 β 線検出部54bは、例えば、シンチレータを備えた光電子増倍管である。

[0072] 演算部55は、CPUと、記憶装置（例えば、RAM、ROM、ハードデ

ィスク、SSDなど）と、ディスプレイ（例えば、液晶ディスプレイなど）と、各種インターフェース（I/Oポート、通信インターフェースなど）と、を有するコンピュータシステムである。また、演算部55は、コンピュータシステムを1つのチップに集積したSoCなどのハードウェアであってもよい。

[0073] 演算部55は、希釈サンプルガスDGに含まれる粒子状物質FPを分析するための各種制御及び情報処理を行う。演算部55が実行する各種制御及び情報処理の一部又は全部は、演算部55の記憶装置に記憶され、演算部55を構成するコンピュータシステムにて実行可能なプログラムにより実現されていてもよい。また、各種制御及び情報処理の一部を、ハードウェアにより実現してもよい。

[0074] 演算部55は、機能ブロックとして分析部55aを有する。分析部55aは、第1画像取得部53により取得した流入部51aの内部に流入した希釈サンプルガスDG中にて流動する粒子状物質FPの第1画像データと、含有量情報取得部54のβ線検出部54bにて測定されたβ線強度と、に基づいて粒子状物質FPを分析する。具体的には、分析部55aは、第1画像データに基づいて、希釈サンプルガスDGに含まれる粒子状物質FPの形状に関する情報（例えば、粒子状物質FPのアスペクト比など）、粒子状物質の粒径に関する第1粒径情報（例えば、粒子状物質FPの粒径分布）などを算出できる。また、分析部55aは、β線検出部54bにて測定されたβ線強度である含有量情報に基づいて、粒子状物質FPの質量濃度を算出できる。

[0075] 本実施形態の分析装置5は、第2画像取得部56をさらに備える。第2画像取得部56は、受光面が捕集フィルタ52の粒子状物質FPが捕集される側の表面と対向するよう捕集フィルタ52の長さ方向の所定の位置に設けられた、電荷結合素子（CCD）が二次元アレイ状に配置されたCCDイメージセンサ、受光素子がアレイ状に配置されたCMOSイメージセンサである。

[0076] 第2画像取得部56は、吸引部51bの吸引により捕集フィルタ52に捕

集された粒子状物質 F P の画像データ（第 2 画像データ）を取得する。具体的には、吸引部 5 1 b の吸引により粒子状物質 F P が捕集された捕集フィルタ 5 2 の部分（捕集領域と呼ぶ）を、捕集フィルタ 5 2 の長さ方向の移動により第 2 画像取得部 5 6 の直下まで移動後に、第 2 画像取得部 5 6 が、捕集フィルタ 5 2 の捕集領域と、その周囲の粒子状物質 F P が捕集されていない領域（非捕集領域と呼ぶ）と、を含む第 2 画像データを取得する。

[0077] 第 2 画像取得部 5 6 にて適切な第 2 画像データを取得するため、分析装置 5 には、第 1 光源 5 6 a が設けられる。第 1 光源 5 6 a は、例えば、表面実装された複数の白色 L E D により構成され、第 2 画像取得部 5 6 の視野を白色光にて均一に照射する。第 2 画像取得部 5 6 の視野に均一な白色光を照射することにより、光の照射量の分布の影響を受けた第 2 画像データが取得されることを回避できる。

[0078] 分析部 5 5 a は、第 2 画像取得部 5 6 にて取得した第 2 画像データに基づいて、有色の粒子状物質 F P に関する情報を算出する。例えば、分析部 5 5 a は、第 2 画像データのうち捕集領域に対応する画像部分に含まれる画素の輝度と、非捕集領域に対応する画像部分に含まれる画素の輝度と、の差に基づいて、希釈サンプルガス D G 中における黒色の粒子状物質 F P（例えば、炭素を主成分とする粒子状物質 F P）の含有量を算出できる。

[0079] （４）粒子状物質の分析動作

図 6 を用いて、上記の構成を有する分析システム 1 0 0 を用いた粒子状物質 F P の分析動作を説明する。図 6 は、粒子状物質の分析動作を示すフローチャートである。以下では、粒子状物質 F P をサンプリングする際に、ブローバックを実行する期間と粒子状物質 F P をサンプリングする期間とを予め決められた割合で実行する場合における動作例を説明する。

[0080] まず、ステップ S 1 において、上記のブローバックが実行される。具体的には、制御部 9 が、第 2 吸引装置 P 2 を動作させ、供給装置 7 から希釈ガス A R を供給した状態で、三方バルブ V を制御して第 2 吸引装置 P 2 と希釈器 3 とをガス流通不可能とし、第 2 吸引装置 P 2 と大気との間をガス流通可能

とする。これにより、希釈器 3 から第 1 ガスライン L 1 を通過しサンプリングプローブ 1 から煙道 F L に希釈ガス A R が排出されて、サンプリングプローブ 1 及び第 1 ガスライン L 1 のブローバックが実行される。

[0081] ブローバックを実行中、制御部 9 は、ステップ S 2 において、ブローバックが開始されてから所定の期間が経過してブローバックを終了するタイミングとなったか否かを判定する。ブローバックの終了タイミングではないと判定した場合（ステップ S 2 で「N o」）、制御部 9 は、第 2 吸引装置 P 2 と希釈器 3 とをガス流通不可能とした状態を維持して、ブローバックの実行を継続する。

[0082] 一方、ブローバックの終了タイミングであると判定した場合（ステップ S 2 で「Y e s」）、分析装置 5 を用いてサンプルガス S G に含まれる粒子状物質 F P を分析するために、粒子状物質 F P のサンプリングが開始される。まず、ステップ S 3 において、サンプルガス S G を希釈ガス A R にて希釈して希釈サンプルガス D G を生成する。具体的には、制御部 9 が、第 1 吸引装置 P 1 と第 2 吸引装置 P 2 を動作させて、煙道 F L を流れるサンプルガス S G をサンプリングプローブ 1 により希釈器 3 の混合部 3 1 の内部空間 I S 1 に流入させるとともに、希釈ガス A R を供給装置 7 から希釈ガス充填空間 I S 2 に充填させ、希釈ガス充填空間 I S 2 から内部空間 I S 1 に希釈ガス A R を流入させることで、サンプルガス S G を希釈ガス A R にて希釈させる。

[0083] サンプルガス S G を希釈して希釈サンプルガス D G を生成後、ステップ S 4 において、第 1 吸引装置 P 1 の吸引力により、内部空間 I S 1 中の希釈サンプルガス D G の一部を、分析装置 5 の流入部 5 1 a に流入させる。

[0084] 上記のように、希釈サンプルガス D G は、吸引部 5 1 b の吸引により流入部 5 1 a に導入される。また、流入部 5 1 a と吸引部 5 1 b との間には捕集フィルタ 5 2 が設けられている。そのため、希釈サンプルガス D G が流入部 5 1 a に流入後に吸引部 5 1 b に吸引される間に、当該希釈サンプルガス D G に含まれる粒子状物質 F P が捕集フィルタ 5 2 に捕集される。

[0085] 流入部 5 1 a 内で流動する粒子状物質 F P の形状が第 1 画像データにて画

像処理などにより判別可能となるよう、流入部51aにおける希釈サンプルガスDGの流速は制御されている。流入部51aにおける希釈サンプルガスDGの流速は、例えば、第1吸引装置P1による希釈サンプルガスDGの吸引流量を制御することで制御できる。

[0086] 流入部51aに希釈サンプルガスDGを流入中に、ステップS5において、第1画像取得部53が、流入部51aを流れる希釈サンプルガスDG中にて流動する粒子状物質FPの第1画像データを取得する。第1画像取得部53にて取得した第1画像データは、分析部55aに送信される。第1画像取得部53は、流入部51aにおける希釈サンプルガスDGの流速に従って第1画像データを取得するためのシャッタースピードを調節する。これにより、第1画像取得部53は、粒子状物質FPの形状が明瞭に判別できる第1画像データを取得できる。

[0087] また、流入部51aに希釈サンプルガスDGを流入中に、ステップS6において、含有量情報取得部54が、希釈サンプルガスDGに含まれる粒子状物質FPの含有量に関する含有量情報を取得する。具体的には、含有量情報取得部54の β 線源54aが、捕集フィルタ52に捕集された粒子状物質FPに向けて β 線を出射し、粒子状物質FPを通過後の β 線の強度を β 線検出部54bが測定する。 β 線検出部54bにより測定された β 線強度は、分析部55aに送信される。

[0088] 流入部51aに希釈サンプルガスDGを、所定の時間（例えば、1時間）のうち予め決められた期間だけ流入させて捕集フィルタ52に粒子状物質FPを捕集後、捕集フィルタ52をその長さ方向に移動させて、当該粒子状物質FPの捕集領域を、第2画像取得部56の直下に移動させる。なお、希釈サンプルガスDGを流入させる予め決められた期間は、所定の条件に従って予め決められたブローバックの期間とサンプリングの期間との割合に基づいて決定される。

[0089] 捕集領域を第2画像取得部56の直下に移動後、ステップS7において、捕集領域とその周囲を第1光源56aからの光にて照射した状態で、第2画

像取得部 56 が、捕集領域と非捕集領域とを含む第 2 画像データを取得する。第 2 画像取得部 56 にて取得された第 2 画像データは、分析部 55a に送信される。

[0090] 第 1 画像データ、含有量情報（ β 線強度）、第 2 画像データを取得後、ステップ S8 において、分析部 55a が、これらの情報に基づいて希釈サンプルガス DG（サンプルガス SG）に含まれる粒子状物質 FP を分析する。

[0091] 上記の情報に基づいて粒子状物質 FP を分析するにあたり、燃焼プロセスで生じる排出ガスに含まれる粒子状物質 FP の性質を調査した。その結果、球形でない粒子状物質 FP は、灰中未燃分である場合が多いことが判明した。また、粒子状物質 FP の平均粒径と当該粒子状物質 FP に含まれる灰中未燃分の割合との間には強い相関があることが判明した。具体的には、粒子状物質 FP の平均粒径が大きいほど、当該粒子状物質 FP に含まれる灰中未燃分の割合が大きくなることが判明した。

[0092] さらに、粒子状物質 FP に灰中未燃分が多く含まれていると、その粒子状物質 FP はより黒色となることも判明した。具体的には、捕集フィルタ 52 に捕集された粒子状物質 FP が黒色であればあるほど、捕集された粒子状物質 FP に含まれる灰中未燃分の割合が多いことが判明した。

[0093] 従って、分析部 55a は、例えば、第 1 画像データに対してエッジ処理などの画像に含まれる像の形状を把握する処理を実行して、第 1 画像データに含まれる粒子状物質 FP の形状を把握する。粒子状物質 FP の形状を把握後、分析部 55a は、第 1 画像データに含まれる粒子状物質 FP のアスペクト比（粒子状物質 FP の長軸と短軸との比率）などの粒子形状に関する情報、粒子状物質 FP の平均粒径などの粒径に関する情報を算出する。

[0094] 分析部 55a は、アスペクト比が 1（真球を意味する）から大きくずれており球形でない粒子状物質 FP の像が第 1 画像データに多く含まれている場合、粒子状物質 FP の平均粒径が大きい場合に、粒子状物質 FP に灰中未燃分が多く含まれていると判定できる。また、分析部 55a は、粒子状物質 FP の平均粒径と粒子状物質 FP に含まれる灰中未燃分の割合との関係を表す

関係式を用いて、第1画像データに含まれる粒子状物質F Pの平均粒径から、粒子状物質F Pに含まれる灰中未燃分の割合を具体的に算出できる。

[0095] また、分析部55aは、 β 線検出部54bにて測定された β 線強度に基づいて、粒子状物質F Pの質量濃度を算出する。分析部55aは、上記の粒子状物質F Pに含まれる灰中未燃分の割合と粒子状物質F Pの質量濃度とを用いて、灰中未燃分の質量濃度を算出できる。

[0096] さらに、分析部55aは、上記のステップS7にて取得した第2画像データに基づいて、捕集フィルタ52に捕集された有色の粒子状物質F Pに関する情報を算出できる。具体的には、分析部55aは、第2画像データに含まれる画素の輝度を用いて粒子状物質F Pに関する情報を算出できる。

[0097] ここで、第2画像データの画素の性質を説明するため、第2画像データの各画素が有しうる輝度と、第2画像データに含まれる特定の輝度を有する画素の数と、を関連付けた図7に示すような「輝度ヒストグラム」と呼ばれるデータを考える。図7は、輝度ヒストグラムの一例を示す図である。

[0098] 図7に示す輝度ヒストグラムにおいては、輝度B r 1と輝度B r 2にピークが見られる。小さい輝度B r 1における第1ピークP E 1は、捕集フィルタ52における粒子状物質F Pの捕集量及び／又は当該粒子状物質F Pに含まれる炭素量が多くなるほど小さい輝度側にシフトする。つまり、第1ピークP E 1が現れる輝度B r 1は、粒子状物質F Pの捕集量及び／又は当該粒子状物質F Pに含まれる炭素量が多くなるほど小さくなる。

[0099] その一方、大きい輝度B r 2における第2ピークP E 2は、粒子状物質F Pの捕集量等によって若干シフトするものの、そのシフト量は第1ピークP E 1ほど大きくはない。つまり、第2ピークP E 2が現れる輝度B r 2は、粒子状物質F Pの存在によりほとんど影響を受けない。

[0100] 上記から、輝度B r 1における第1ピークP E 1は粒子状物質F Pが捕集された捕集領域に対応する画像部分の輝度分布を表し、輝度B r 2における第2ピークP E 2は粒子状物質F Pが捕集されていない非捕集領域に対応する画像部分の輝度分布を表すことが分かる。従って、分析部55aは、第2

画像データのうち小さい輝度を有する画像部分の画素の輝度に基づいて、捕集フィルタ 5 2 に捕集された粒子状物質 F P の捕集量に関する情報を算出できる。

[0101] 具体的には、分析部 5 5 a は、例えば、第 2 画像データのうち捕集領域に対応する画像部分の画素の輝度と、捕集フィルタ 5 2 に捕集された粒子状物質 F P に含まれる炭素量（粒子状物質 F P の捕集量に関する情報）と、の関係を表す検量線に基づいて、捕集フィルタ 5 2 に捕集された粒子状物質 F P に含まれる炭素量を、粒子状物質 F P の捕集量に関する情報として算出できる。

[0102] 上記の検量線は、粒子状物質 F P を捕集させて取得した第 2 画像データと、この第 2 画像データを取得した際の捕集フィルタ 5 2 に捕集された粒子状物質 F P に含まれる炭素量と、の関係から算出できる。捕集された粒子状物質 F P に含まれる炭素量は、例えば、粒子状物質 F P を捕集した捕集フィルタを所定の温度（例えば、 2000°C ）にて燃焼した際に発生した二酸化炭素量から算出できる。

[0103] 図 8 に示すように、第 2 画像データのうち捕集領域に対応する画像部分の画素の輝度 $B_r 1$ と、捕集フィルタ 5 2 に捕集された粒子状物質 F P に含まれる炭素量と、の関係はほぼ直線的となることが分かる。従って、図 8 に示すデータから、例えば、 $Y = aX + b$ （ X ：輝度、 Y ：炭素量）との式を検量線として算出できる。図 8 は、第 2 画像データのうち小さい輝度を有する画像部分の画素の輝度と、捕集フィルタに捕集された粒子状物質 F P に含まれる炭素量と、の関係をグラフで表した一例を示す図である。

[0104] なお、検量線を算出する際に用いる第 2 画像データは、実際の測定対象となる粒子状物質 F P を分析システム 1 0 0 の設置場所で捕集フィルタ 5 2 に捕集して取得する。本発明者は、標準物質を捕集フィルタに捕集して取得した第 2 画像データ、又は、分析システム 1 0 0 を模した実験用装置を用いて粒子状物質を捕集して取得した第 2 画像データを用いた場合と、実際の測定対象となる粒子状物質 F P を分析システム 1 0 0 の設置場所で捕集して取得

した第2画像データを用いた場合とでは、異なる検量線が算出されることを見いだした。

[0105] これは、実際の測定対象となる粒子状物質F Pを分析システム100の設置場所で捕集フィルタ52に捕集するときの捕集条件が、標準物質を捕集フィルタに捕集する場合の条件、又は、実験用装置を用いて粒子状物質を捕集フィルタに捕集する場合の条件とは異なることに起因すると考えられた。例えば、燃焼プロセスで発生したガスに含まれる粒子状物質F Pを測定対象とする場合には、サンプルガスS G（すなわち、燃焼プロセスで発生したガス）が高温であるのに対し、標準物質の捕集、実験用装置を用いた捕集は室温で行われる。

[0106] このように、第2画像データに基づいて粒子状物質F Pを分析する際に用いる検量線を、実際の測定対象となる粒子状物質F Pを分析システム100の設置場所で捕集フィルタ52に捕集して取得した第2画像データを用いて算出することで、より正確な検量線を算出して、より精度よく粒子状物質F Pを分析できる。

[0107] また、第2画像データのうち小さい輝度を有する画像部分の画素の輝度 B_{r1} を、粒子状物質F Pに関する所定のパラメータで基準化したデータを用いて、粒子状物質F Pに関する情報を算出できる。例えば、図9に示すように、輝度 B_{r1} が経時的に変化する場合において、当該輝度 B_{r1} を粒子状物質F Pの捕集量で基準化すると、図10Aに示すように、輝度 B_{r1} を捕集量で基準化した値（輝度／捕集量）の経時変化（図10Aでは実線で表す）は、輝度 B_{r1} の経時変化（図10Aでは破線で表す）とは異なる。図9は、輝度の経時変化の一例を示す図である。図10Aは、粒子状物質の捕集量で基準化した輝度の経時変化の一例を示す図である。

[0108] 上記の経時変化の違いは、各時間に捕集された粒子状物質F Pに含まれる灰中未燃分の割合が時間により変化していることを示唆していると考えられる。灰中未燃分は黒色を有しているので、粒子状物質F Pに含まれる灰中未燃分の割合が多い場合の輝度 B_{r1} は、灰中未燃分の割合が少ない場合の輝

度 B_{r1} と比較して、粒子状物質 FP の捕集量が同じであっても小さくなる。このように、輝度 B_{r1} を捕集量で基準化することにより、捕集フィルタ 52 に捕集された粒子状物質 FP に含まれる灰中未燃分の割合に関する情報を取得できる。捕集フィルタ 52 に捕集された粒子状物質 FP に含まれる灰中未燃分の割合に関する情報を取得することにより、例えば、燃焼プロセスにおける燃焼条件についての情報などの粒子状物質に関する多様な情報を得ることができる。

[0109] その他、図 10B に示すような、輝度 B_{r1} と粒子状物質 FP の単位時間あたりの捕集量との積の値（輝度 $\times$ （捕集量 / 捕集時間））の経時変化、図 10C に示すような、輝度 B_{r1} を粒子状物質 FP の単位時間あたりの捕集量で基準化した値（輝度 / （捕集量 / 捕集時間））の経時変化からも、例えば、燃焼プロセスにおける燃焼条件についての情報などの多様な情報を得ることができる。図 10B は、輝度と粒子状物質の単位時間あたりの捕集量との積の値の経時変化の一例を示す図である。図 10C は、輝度を粒子状物質の単位時間あたりの捕集量で基準化した値の経時変化の一例を示す図である。

[0110] また、分析部 55a は、第 2 画像データの輝度 B_{r1} に代えて、第 2 画像データの捕集領域に対応する画像部分の輝度 B_{r1} と、第 2 画像データの非捕集領域に対応する画像部分の輝度 B_{r2} と、の差 ΔBR （図 7）に基づいて、捕集フィルタ 52 に捕集された粒子状物質 FP に関する情報を算出してもよい。例えば、分析部 55a は、第 1 ピーク $PE1$ の輝度 B_{r1} と第 2 ピーク $PE2$ の輝度 B_{r2} との差 ΔBR が大きければ灰中未燃分の割合が多く、小さければ灰中未燃分の割合が少ないと判定できる。

[0111] なお、図 7 に示す輝度ヒストグラムは、第 2 画像データをそのまま用いて生成されているが、これに限らず、第 2 画像データを用いて粒子状物質の分析を行う際に、第 2 画像データを白黒反転させてもよい。第 2 画像データを白黒反転させて輝度スペクトルを生成する場合、第 1 ピーク $PE1$ は非捕集領域に対応する画像部分の輝度分布となり、第 2 ピーク $PE2$ は捕集領域

に対応する画像部分の輝度分布となる。

[0112] このように、分析装置 5 では、流入部 5 1 a に流入した希釈サンプルガス D G 中にて流動する粒子状物質 F P の第 1 画像データと、希釈サンプルガス D G に含まれる粒子状物質の含有量に関する含有量情報と、に基づいて粒子状物質 F P を分析している。第 1 画像データにはサンプルガス S G 中にて流動する粒子状物質 F P の外観に関する情報が含まれており、また、燃焼プロセスで生じる炭素が主成分の粒子状物質 F P は外観に特徴があるので、第 1 画像データと含有量情報とに基づいて、炭素が主成分の粒子状物質 F P の分析を精度よく行うことができる。また、第 1 画像データと、粒子状物質 F P の質量濃度に加えて、第 2 画像データに基づいて粒子状物質 F P を分析することにより、より精度よく粒子状物質 F P を分析できる。

[0113] また、分析装置 5 では、希釈サンプルガス D G を流入部 5 1 a に流入させ、第 1 画像取得部 5 3 が流入部 5 1 a で流動する希釈サンプルガス D G に含まれる粒子状物質 F P の画像データ（第 1 画像データ）を取得し、分析部 5 5 a が第 1 画像データに基づいて粒子状物質を分析している。

[0114] 上記の分析装置 5 は、粒子状物質 F P を含む希釈サンプルガス D G が流動している状態の画像データを用いて粒子状物質 F P を分析できるので、流入部 5 1 a に連続的に希釈サンプルガス D G を流入させて連続的に粒子状物質 F P を分析できる。

[0115] 上記のようにして粒子状物質 F P の分析結果を算出後、分析部 5 5 a は、粒子状物質 F P の分析結果をディスプレイに表示する。例えば、図 1 1 に示すような、第 1 画像データを表示する第 1 画像表示部 D 1 と、第 2 画像データを表示する第 2 画像表示部 D 2 と、粒子状物質 F P の粒径分布を表示する粒径分布表示部 D 3 と、灰中未燃分の割合を表示する割合表示部 D 4 と、灰中未燃分の濃度を表示する濃度表示部 D 5 と、を有する表示画面 D を表示できる。図 1 1 は、分析結果の表示画面の一例を示す図である。

[0116] （５）分析装置の変形例 1

上記の分析装置 5 の流入部 5 1 a において、希釈サンプルガス D G の流路

は1つしか設けられていなかった。しかし、これに限られず、図12に示すように、流入部51aは、第1画像取得部53が設けられ第1画像データを取得するための希釈サンプルガスDGが流れる第1流路FL1と、 β 線源54aが設けられ含有量情報を取得するための希釈サンプルガスDGが流れる第2流路FL2と、を有してもよい。図12は、流入部の変形例の一例を示す図である。

[0117] これにより、第1画像データを取得するための第1流路FL1における希釈サンプルガスDGの流速と、含有量情報を取得するための希釈サンプルガスDGの流速と、を独立に調整できる。その結果、第1画像データと含有量情報を最適な条件で取得できる。例えば、第1画像データにおいて粒子状物質FPを明確な像として取得するために第1流路FL1における希釈サンプルガスDGの流速を遅くしつつ、粒子状物質FPの目詰まりを防ぐために β 線源54aが設けられた第2流路FL2における希釈サンプルガスDGの流速を過剰に遅くならないようにできる。

[0118] (6) 分析装置の変形例2

分析装置5は、流入部51aで流動している粒子状物質FPの第1画像データを取得する第1画像取得部53、含有量情報(β 線強度)を取得する含有量情報取得部54、以外の粒子状物質FPの分析に用いる情報を取得する装置をさらに有してもよい。例えば、図13に示すように、分析装置5は、流入部51aを流れる希釈サンプルガスDGに入射した光が粒子状物質FPにより散乱することにより生じる散乱光に関する散乱光情報を取得する散乱光情報取得部57をさらに有してもよい。図13は、分析装置の変形例の一例を示す図である。

[0119] 具体的には、散乱光情報取得部57は、レーザ光Lを流入部51a内部の希釈サンプルガスDGに向けて出射する第2光源57aと、レーザ光Lが希釈サンプルガスDGを通過中に粒子状物質FPにより散乱することで発生する散乱光を検出する散乱光検出部57bと、を有する。分析部55aは、例えば、散乱光検出部57bにて検出された散乱光の強度(散乱光情報)に基

づいて、希釈サンプルガス D G に含まれる粒子状物質 F P の数、粒径分布（第 2 粒径情報の一例）を算出できる。

[0120] （7）分析装置の変形例 3

上記の散乱光情報取得部 5 7 により得られる散乱光情報（散乱光強度）は、希釈サンプルガス D G に含まれる粒子状物質 F P の数の算出に用いることもできる。希釈サンプルガス D G に含まれる粒子状物質 F P の数は、粒子状物質 F P の含有量に対応するものである。従って、散乱光情報取得部 5 7 を備える分析装置 5 においては、図 1 4 に示すように、 β 線源 5 4 a 及び β 線検出部 5 4 b を省略し、分析部 5 5 a が、散乱光情報取得部 5 7 により得られる散乱光情報（散乱光強度）に基づいて、希釈サンプルガス D G に含まれる粒子状物質 F P の含有量を算出してもよい。図 1 4 は、分析装置の変形例の他の一例を示す図である。

[0121] 2. 第 2 実施形態

粒子状物質 F P を分析する分析装置には、さらに他の分析装置が設けられてもよい。具体的には、第 2 実施形態に係る分析装置 5' は、図 1 5 に示すように、第 1 画像取得部 5 3、含有量情報取得部 5 4、第 2 画像取得部 5 6 に加えて、ガス分析部 5 8 をさらに備えてもよい。図 1 5 は、第 2 実施形態に係る分析装置の構成を示す図である。後述するように、ガス分析部 5 8 は粒子状物質 F P を燃焼してガスを発生させるため、第 2 実施形態に係る分析装置 5' においては、捕集フィルタ 5 2 に粒子状物質 F P を捕集する代わりに、銅などの耐熱性の材料で構成されたサンプル支持部 5 2' 上に、粒子状物質 F P を捕集した部材（例えば、捕集フィルタ 5 2 に類似の部材）を配置する。

[0122] ガス分析部 5 8 は、粒子状物質 F P を燃焼することで発生するガス（例えば、二酸化炭素（ CO_2 ）、炭化水素（例えば、メタン（ CH_4 ）））を検出することで、炭素を主成分とする粒子状物質 F P を分析する。具体的には、ガス分析部 5 8 は、燃焼部 5 8 a と、ガス検出部 5 8 b と、を有する。

[0123] 燃焼部 5 8 a は、捕集された粒子状物質 F P を燃焼してガスを発生させる

。燃焼部 58a は、例えば、ヒーターなどの加熱装置である。粒子状物質 F P を燃焼して発生するガスは、燃焼部 58a 周囲のガス雰囲気依存する。燃焼部 58a 周囲のガス雰囲気を酸素（空気）とした場合には、粒子状物質 F P の燃焼により二酸化炭素が発生する。一方、燃焼部 58a 周囲のガス雰囲気を水素とした場合には、粒子状物質 F P の燃焼によりメタンが発生する。

[0124] ガス検出部 58b は、燃焼部 58a による粒子状物質 F P の燃焼により発生するガスを検出する。ガス検出部 58b は、例えば、非分散型赤外線吸収（NDIR）法などの測定対象ガスによる光（赤外光）の吸収によりガスを検出する装置である。その他、粒子状物質 F P の燃焼により炭化水素が発生する場合、ガス検出部 58b を、水素炎イオン化型検出器（FID）とすることもできる。

[0125] 上記の構成を有する分析装置 5' では、炭素を成分として含む粒子状物質 F P の炭素含有量、どの種類の炭素化合物により粒子状物質 F P が構成されているかを分析できる。例えば、炭素化合物の種類によって燃焼温度が異なることを利用して、粒子状物質 F P を構成する炭素化合物、各炭素化合物の含有割合を分析できる。

[0126] 具体的には、例えば、粒子状物質 F P を約 580℃ に加熱したときにガスの発生が検知された場合には、当該粒子状物質 F P は有機炭素（Organic Carbon、OC）を含んでいると判断できる。一方、粒子状物質 F P を約 840℃ に加熱したときにガスの発生が検知された場合には、当該粒子状物質 F P は元素状炭素（Elemental Carbon、EC）を含んでいると判断できる。また、約 580℃ に加熱したときのガス発生量と、約 840℃ に加熱したときのガス発生量から、粒子状物質 F P を構成する有機炭素と元素状炭素の割合を算出することもできる。

[0127] 3. 第3実施形態

（1）概要

第1実施形態に係る分析装置 5 のように、捕集フィルタ 52 のうち粒子状

物質 F P が捕集された捕集領域と、その周囲の粒子状物質 F P が捕集されていない非捕集領域と、を含む画像データ（第 2 画像データ）に基づいて、有色の粒子状物質 F P を分析する装置及び方法が知られている。例えば、第 2 画像データの捕集領域に対応する画像部分の輝度と、非捕集領域に対応する画像部分の輝度と、の差に基づいて、捕集された粒子状物質 F P に含まれる灰中未燃分の割合を算出できる。

[0128] 第 1 実施形態において説明したように、第 2 画像取得部 5 6（CCD イメージセンサ、CMOS イメージセンサ）により適切な第 2 画像データを取得するために、第 2 画像データを用いて粒子状物質 F P を分析する装置には、第 2 画像取得部 5 6 の視野範囲を照射する第 1 光源 5 6 a が設けられている。

[0129] 第 1 光源 5 6 a の特性は、経時的に変化することが知られている。特性が経時的に変化することによって第 1 光源 5 6 a から出射される光量が経時的に変化すると、捕集領域に同量の粒子状物質 F P が捕集されていたとしても、異なるタイミングで取得された第 2 画像データの輝度が異なることがある。第 2 画像データの捕集領域に対応する画像部分の輝度と、非捕集領域に対応する画像部分の輝度と、の差に基づいて粒子状物質 F P を分析する場合、同量の粒子状物質 F P が捕集されたときに第 2 画像データが取得されたとしても、第 2 画像データの輝度が異なっていると、輝度の違いにより異なる分析結果が算出される。

[0130] このため、第 2 画像データを用いて粒子状物質 F P を分析する装置においては、所定の期間毎に装置の校正を行う。従来は、捕集フィルタ 5 2 上に校正用試料を手動にて配置し、捕集フィルタ 5 2 に配置した校正用試料を用いて第 2 画像データを取得し、当該第 2 画像データを用いて装置校正が実行されていた。捕集フィルタ 5 2 に校正用試料を手動で配置する必要があるために、従来の方法による装置校正には時間がかかっていた。また、校正用試料の選定と管理が必要であった。

[0131] そこで、第 3 実施形態に係る分析装置 5' ' では、第 2 画像データを用い

た粒子状物質 F P の分析のための装置校正を、校正用試料を捕集フィルタ 5 2 上に配置することなく自動的に実行する。以下、第 3 実施形態に係る分析装置 5' ' の具体的な構成及び装置の校正方法を説明する。第 3 実施形態に係る分析装置 5' ' では、装置の校正方法を実行する演算部 5 5 の機能ブロック構成が第 1 実施形態とは異なるのみで、他の構成及び機能は第 1 実施形態に係る分析装置 5 と同じである。従って、以下では、分析装置 5' ' の演算部 5 5' の機能ブロック構成のみを説明し、演算部 5 5' 以外の他の構成についての説明は省略する。

[0132] (2) 演算部の機能ブロック構成

図 1 6 を用いて、第 3 実施形態に係る分析装置 5' ' の演算部 5 5' の機能ブロック構成を説明する。図 1 6 は、第 3 実施形態に係る分析装置の演算部の機能ブロック構成を示す図である。演算部 5 5' は、第 1 実施形態に係る分析部 5 5 a に加えて、さらに、記憶部 5 5 b と、校正部 5 5 c と、を機能ブロックとして有する。記憶部 5 5 b は、演算部 5 5' を構成するコンピュータシステムに備わる記憶装置に形成された記憶領域の一部又は全部であり、分析装置 5' ' を制御し、第 2 画像データを用いて粒子状物質 F P を分析するための各種パラメータ等を保存する。

[0133] 記憶部 5 5 b は、検量線 S C と、非捕集領域輝度データ L D と、を記憶する。検量線 S C は、捕集領域に捕集された粒子状物質 F P の捕集量と、第 2 画像データの捕集領域に対応する画像部分の画素の輝度との関係を表す。検量線 S C は、実際に取得した第 2 画像データを用いて粒子状物質 F P の捕集量を算出するために用いられる。

[0134] 検量線 S C は、例えば、既知の捕集量にて粒子状物質 F P が捕集された捕集領域と非捕集領域とを含む第 2 画像データを粒子状物質 F P の捕集量を変化させて複数取得し、各第 2 画像データについて第 1 実施形態で説明した輝度ヒストグラムを生成し、各輝度ヒストグラムの第 1 ピークの輝度と対応する捕集量との関係を表す近似式をフィッティングなどにより予め算出しておくことで得られる。

[0135] なお、輝度ヒストグラムは、例えば、第2画像データに含まれる画素を走査して特定の輝度を有する画素の数を計数し、輝度と、当該輝度を有する画素の数とを関連付けることで生成できる。

[0136] 捕集領域に捕集された粒子状物質 F P の捕集量を M、輝度ヒストグラムの第1ピークの輝度を P_1 とすると、検量線 S C は、例えば、 $M = a P_1^2 + b P_1 + c$ との近似式として得られる。なお、a、b、c は定数であり、輝度ヒストグラムの第1ピーク P E 1 の輝度 B_{r1} と対応する捕集量との関係を表す近似式をフィッティングにより算出する際に得られる。

[0137] その他、検量線 S C を、各輝度ヒストグラムの第1ピークの輝度と対応する捕集量とを関連付けたデータ（テーブル）とすることもできる。

[0138] 非捕集領域輝度データ L D は、捕集領域に捕集された粒子状物質 F P の捕集量と、第2画像データの非捕集領域に対応する画像部分の画素の輝度との関係を表す。第1実施形態において説明したように、第2画像データの非捕集領域に対応する画像部分の輝度は、捕集領域に捕集された粒子状物質 F P の捕集量によって若干変化する。非捕集領域輝度データ L D は、粒子状物質 F P が捕集領域に捕集されているときに取得された第2画像データの非捕集領域に対応する画像部分の画素の輝度の理論値（理論輝度と呼ぶ）を算出する際に用いられる。

[0139] 非捕集領域輝度データ L D は、例えば、既知の捕集量にて粒子状物質 F P が捕集された捕集領域と非捕集領域とを含む第2画像データを粒子状物質 F P の捕集量を変化させて複数取得し、各第2画像データについて輝度ヒストグラムを生成し、各輝度ヒストグラムの第2ピークの輝度と対応する捕集量との関係を表す近似式をフィッティングなどにより予め算出しておくことで得られる。

[0140] 捕集領域に捕集された粒子状物質 F P の捕集量を M、輝度ヒストグラムの第2ピークの輝度を P_2 とすると、非捕集領域輝度データ L D は、例えば、 $P_2 = d M + e$ との近似式として得られる。なお、d、e は定数であり、輝度ヒストグラムの第2ピークの輝度と対応する捕集量との関係を表す近似式をフ

ィッティングにより算出する際に得られる。

[0141] その他、非捕集領域輝度データ L_D を、各輝度ヒストグラムの第2ピークの輝度と対応する捕集量とを関連付けたデータ（テーブル）とすることもできる。

[0142] 校正部 55c は、分析装置 5' の校正を実行する。具体的には、校正部 55c は、捕集フィルタ 52 に捕集した粒子状物質 F P の捕集領域と非捕集領域を含む第2画像データを取得し、当該第2画像データを用いて第2画像取得部 56 及び／又は第1光源 56a を自動的に調整する。

[0143] (3) 第2画像データを用いた分析装置の校正動作

以下、図17を用いて、第2画像データを用いた分析装置 5' の校正動作を説明する。図17は、第2画像データを用いた分析装置の校正動作を示すフローチャートである。以下に説明する校正動作は、粒子状物質 F P を捕集して第2画像データを用いて分析を実行するごとに実行される。具体的には、1つの分析動作が完了後に次の分析のための捕集領域が移動されて次の分析動作が開始されるまでの間（すなわち、次の分析のために粒子状物質 F P が捕集されている間）に、完了した分析に用いられた第2画像データを用いて以下の校正動作が実行される。なお、第2画像データを用いた粒子状物質 F P の分析動作は、第1実施形態にて説明したのと同様であるので、ここでは説明を省略する。

[0144] 第2画像データを用いて粒子状物質 F P の分析動作を実行後、校正部 55c は、ステップ S11において、分析に用いた第2画像データに基づいて、捕集フィルタ 52 に捕集された粒子状物質 F P の捕集量を算出する。具体的には、校正部 55c は、まず、第2画像データから輝度ヒストグラムを算出し、この輝度ヒストグラムの第1ピークの輝度（輝度 P_1' とする）を算出する。その後、校正部 55c は、輝度ヒストグラムの第1ピークの輝度 P_1' と、記憶部 55b に記憶された検量線 S C と、を用いて、捕集量（ M_1 とする）を、例えば $M_1 = a P_1'^2 + b P_1' + c$ と算出する。

[0145] 捕集量を算出後、校正部 55c は、ステップ S12において、ステップ S

11にて算出した捕集量に基づいて、第2画像データの非捕集領域に対応する画像部分の画素の輝度の理論値（理論輝度）を算出する。具体的には、校正部55cは、ステップS11にて算出した捕集量（ M_1 ）と、記憶部55bに記憶された非捕集領域輝度データLDと、を用いて、理論輝度（ P_T' とする）を、例えば $P_T' = dM_1 + e$ と算出する。

[0146] 理論輝度を算出後、校正部55cは、ステップS13において、捕集量及び理論輝度の算出に用いた第2画像データに基づいて、当該第2画像データの非捕集領域に対応する画像部分の画素の実際の輝度（実際輝度と呼ぶ）を算出する。具体的には、校正部55cは、ステップS11にて算出した輝度ヒストグラムの第2ピークの輝度（輝度 P_2' とする）を、実際輝度として算出する。

[0147] 実際輝度を算出後、校正部55cは、ステップS14において、理論輝度と実際輝度との差（ $P_T' - P_2'$ ）に基づいて、第2画像取得部56及び／又は第1光源56aを校正する。例えば、理論輝度と実際輝度との差（ $P_T' - P_2'$ ）が正值である場合、第2画像データを取得したときの第1光源56aの光量が当初よりも低下していることを意味している。この場合、校正部55cは、第2画像データを取得するときの第2画像取得部56の露光時間をより長くする。または、第1光源56aから出射される光量を大きくする。

[0148] 一方、理論輝度と実際輝度との差が負値である場合、校正部55cは、第2画像データを取得するときの第2画像取得部56の露光時間をより短くする。または、第1光源56aから出射される光量を小さくする。

[0149] 第2画像取得部56の露光時間及び第1光源56aの光量の調整幅は、理論輝度と実際輝度との差の絶対値に基づいて決定できる。例えば、理論輝度と実際輝度との差の絶対値が大きければ、校正部55cは、第2画像取得部56の露光時間及び第1光源56aの光量の調整幅を大きくする。一方、理論輝度と実際輝度との差の絶対値が小さければ、校正部55cは、第2画像取得部56の露光時間及び第1光源56aの光量の調整幅を小さくする。

[0150] 第3実施形態に係る分析装置5' 'では、分析に用いた（つまり、捕集フィルタ52に粒子状物質F Pを捕集させて取得した）第2画像データの非捕集領域に対応する画素の輝度の理論値（理論輝度）と、当該第2画像データの非捕集領域に対応する画素の実際の輝度値（実際輝度）との差に基づいて、第2画像取得部56及び／又は第1光源56aを校正している。

[0151] 上記のように、捕集フィルタ52に捕集した粒子状物質F Pを校正に用いるので、第2画像取得部56及び／又は第1光源56aを校正するために校正用試料を捕集フィルタに別途配置して第2画像データを取得する必要がなくなり、第2画像取得部56及び／又は第1光源56aの校正を自動的に行うことができる。

[0152] 分析装置5' 'では、分析を実行するための粒子状物質F Pの捕集フィルタ52への捕集には一定の時間（例えば、1時間）がかかるので、次の分析のための粒子状物質F Pの捕集を実行しつつ、完了した分析に用いられた第2画像データを用いて上記の校正動作を実行することにより、粒子状物質F Pの捕集と同時に上記の校正動作を実行して効率よく分析装置5' 'を運用できる。

[0153] なお、校正動作の開始タイミングの変形例として、例えば、ユーザが演算部55'の入力装置を用いて指令したとき、又は、第1光源56aから出射される光の光量の低下を検出したときに、粒子状物質F Pの分析とは個別に上記の校正動作が実行されてもよい。この場合には、必要であれば、校正に用いる第2画像データが取得されてもよい。

[0154] また、校正動作を実行することにより校正された第2画像取得部56及び第1光源56aを用いて、分析及び校正に用いられた同じ捕集領域に捕集された粒子状物質F Pについての第2画像データを再度取得し、再度取得した第2画像データを用いて粒子状物質F Pの分析を再度実行してもよい。

[0155] 4. 第4実施形態

（1）分析システムの適用例1

上記にて説明した分析システム100は、各種の燃焼プロセスにて発生す

る排出ガスに含まれる粒子状物質 F P の分析に適用できる。以下、図 18 を用いて、分析システム 100 の適用例を説明する。図 18 は、分析システムの適用例 1 の構成を示す図である。図 18 に示す適用例は、分析システム 100 を、石炭火力発電のボイラー 200 の燃焼の制御に適用した例である。石炭火力発電のボイラー 200 は石炭を燃料とするので、ボイラー 200 からは、石炭灰を含んだガスが排出される。従って、適用例 1 での分析システム 100 は、ボイラー 200 からの排出ガスをサンプルガス S G とし、石炭灰を分析対象の粒子状物質 F P とする。

[0156] 図 18 に示すように、ボイラー 200 から排出されるガスに含まれる粒子状物質 F P は、電気集塵機 220 にて収集される。分析システム 100 は、ボイラー 200 から電気集塵機 220 までの煙道中を流れるガスをサンプルガス S G としてサンプリングする。

[0157] 適用例 1 では、分析システム 100 は、サンプルガス S G に含まれる粒子状物質 F P（石炭灰）の炭素成分の量に関する分析を実行する。分析システム 100 は、炭素成分の量に関する分析結果に基づいた制御信号を、ボイラー 200 の燃焼を制御する制御盤 240 に出力する。制御盤 240 は、分析システム 100 からの制御信号に基づいて、例えば、ボイラー 200 に投入する石炭量を調節するなどして、ボイラー 200 の燃焼の制御を行うことができる。例えば、粒子状物質 F P に含まれる炭素成分が多いとの分析結果が得られた場合には、制御盤 240 は、ボイラー 200 における石炭の燃え残りが多いと判断し、石炭の投入量を調整する（減少させる）、ボイラー 200 内のバーナーの火力を調整する（火力を強くする）、バーナーの角度を調整するなどの制御を行うことができる。

[0158] 希釈器 3 を備える分析システム 100 は、高濃度の粒子状物質 F P を含むガスを希釈できるので、適用例 1 のように、大量の石炭灰を発生するボイラー 200 から排出されるガスをサンプルガス S G とする場合に有効に適用できる。

[0159] （２）分析システムの適用例 2

以下、図19を用いて、分析システム100の他の適用例を説明する。図19は、分析システムの適用例2の構成を示す図である。図19に示す適用例は、分析システム100を、燃焼プラント300から煙突320を介して大気に排出されるガス（粒子状物質F P）に関する環境保全を図ることを目的としている。燃焼プラント300は、粒子状物質F Pを多量に含むガスを排出することがある。このような粒子状物質F Pを多量に含むガスを煙突320から大気に排出すると、当該粒子状物質F Pが、燃焼プラント300から離れた地域（例えば、市街地に近い地域）にも降下してくることがある。

[0160] 従って、適用例2での分析システム100は、燃焼プラント300からの排出ガスをサンプルガスS Gとし、そのサンプルガスに含まれる粒子状物質F Pを測定対象とする。図19に示すように、適用例2での分析システム100は、燃焼プラント300から煙突320までの煙道中を流れるガスをサンプルガスS Gとしてサンプリングする。

[0161] 適用例2では、分析システム100は、サンプルガスS Gに含まれる粒子状物質F Pに含まれる成分に関する分析を実行する。また、燃焼プラント300から離れた地域に設けられ、分析システム100と通信可能な計測装置400が、当該地域に降下してきた粒子状物質F Pに含まれる成分に関する分析を実行する。なお、計測装置400は、上記にて説明した分析装置5、5'、5''であってもよいし、その他の分析装置であってもよい。

[0162] 分析システム100は、分析システム100で得られた粒子状物質F Pに含まれる成分に関する分析結果と、計測装置400で得られた粒子状物質F Pに含まれる成分に関する分析結果とを比較し、これら分析結果の間に相関があるか否かを判断する。ここでの「相関」とは、例えば、同一の元素が同一の割合で含まれているか否かをいう。

[0163] 分析システム100での分析結果と計測装置400での分析結果との間に相関がある場合には、分析システム100は、粒子状物質F Pが燃焼プラント300から離れた地域にまで飛来していると判断する。この場合、分析システム100は、粒子状物質F Pの発生を抑制する必要がある旨の通知、又

は、粒子状物質 F P が過剰に発生している旨の警告を、燃焼プラント 300 を制御する制御盤 340 に出力する。制御盤 340 は、分析システム 100 からの通知又は警告に基づいて、燃焼プラント 300 における燃焼条件などを調整することにより、燃焼プラント 300 からの粒子状物質 F P の発生量を抑制する制御を行うことができる。

[0164] 希釈器 3 を備える分析システム 100 は、高濃度の粒子状物質 F P を含むガスを希釈できるので、適用例 2 のように、粒子状物質 F P を大量に発生する可能性がある燃焼プラント 300 から排出されるガスをサンプルガス S G とする場合に有効に適用できる。

[0165] 5. 他の実施形態

以上、本発明の複数の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。特に、本明細書に書かれた複数の実施形態及び変形例は必要に応じて任意に組み合わせ可能である。

(A) 図 6 を用いて説明した粒子状物質 F P の分析動作における各ステップの処理内容、処理順は発明の要旨を逸脱しない範囲で変更できる。また、図 17 を用いて説明した校正動作における各ステップの処理内容、処理順も発明の要旨を逸脱しない範囲で変更できる。例えば、第 3 実施形態においてはステップ S 13 にて実行されていた実際輝度の算出を、ステップ S 11 の輝度ヒストグラムを算出したステップの後に実行してもよい。

[0166] (B) 分析装置 5、5'、5'' は、粒子状物質 F P に含まれる元素を分析する元素分析部をさらに備えてもよい。元素分析部は、例えば、粒子状物質 F P を X 線にて照射する X 線源と、X 線にて照射することで粒子状物質 F P から発生する蛍光 X 線を測定する検出器と、を有する装置である。元素分析部を設けることにより、粒子状物質 F P に炭素以外の元素（例えば、金属元素）が含まれているか否かを判断できる。

[0167] (C) 第 1 実施形態及び第 2 実施形態に係る分析装置 5、5' において、第 2 画像取得部 56 は省略されてもよい。この場合、希釈サンプルガス D G

に含まれる粒子状物質 F P の含有量、粒子状物質 F P に含まれる灰中未燃分の割合は、例えば、第 1 画像取得部 5 3 にて取得した第 1 画像データ、及び／又は、散乱光情報取得部 5 7 にて取得した散乱光情報に基づいて算出した粒子状物質 F P の粒子形状に関する情報、粒径に関する情報（粒径分布）に基づいて算出できる。

[0168] (D) 第 3 実施形態に係る分析装置 5' ' において、第 1 画像取得部 5 3、含有量情報取得部 5 4、散乱光情報取得部 5 7、及び／又は、ガス分析部 5 8 は省略してもよい。

[0169] (E) 第 3 実施形態に係る分析装置 5' ' において、第 2 画像取得部 5 6 及び／又は第 1 光源 5 6 a を校正する代わりに、又は、第 2 画像取得部 5 6 及び／又は第 1 光源 5 6 a の校正と併せて、分析中に取得した第 2 画像データに対して画像処理（例えば、輝度調整、コントラスト調整など）を実行して、分析装置 5' ' を校正してもよい。

[0170] (F) 上記の第 3 実施形態においては、第 2 画像データを用いた粒子状物質 F P の分析後に校正部 5 5 c が改めて粒子状物質 F P の捕集量を算出していた。しかし、これに限られず、粒子状物質 F P の分析において捕集量が算出されていれば、校正部 5 5 c は、分析時に算出された捕集量を用いて、理論輝度を算出してもよい。

[0171] (G) 上記の実施形態においては、図 1 に示す分析システム 1 0 0 においてサンプリングプローブ 1 をブローバックする場合、分析装置 5、5'、5' ' には供給装置 7 からの希釈ガス A R が流入する構成となっていた。これに限られず、ブローバックの実行時において分析装置 5、5'、5' ' に大気が流入する構成となってもよい。具体的には、図 2 0 に示すように、第 2 ガスライン L 2 に三方バルブ V 2 を設け、ブローバック時には大気と分析装置 5、5'、5' ' とをガス流通可能とし、粒子状物質 F P の分析時（捕集時）には希釈器 3 と分析装置 5、5'、5' ' とをガス流通可能としてもよい。図 2 0 は、分析システムの他の実施形態を示す図である。

[0172] (H) 分析装置 5、5'、5' ' は、「色サンプル」を有してもよい。色

サンプルは、複数の色（例えば、白色、グレー、黒色）を有するサンプルを並べて配置したものである。なお、「グレー」には、複数の異なる濃度のグレーが含まれてもよい。また、「サンプル」は、例えば、粒子状物質 F P を異なる捕集量にて捕集したものなど、視覚的に色の違いを認識できる形態のものであればよい。さらに、「色サンプル」は 1 つの色で構成されたものであってもよい。

[0173] この色サンプルを第 2 画像取得部 5 6 により撮影して得られた画像を用いて、第 2 画像取得部及び／又は第 1 光源 5 6 a を校正できる。

[0174] 分析装置 5、5'、5'' において、上記の色サンプルは、例えば、色サンプルを捕集フィルタ 5 2 の幅方向の端部に配置できる。これにより、第 2 画像取得部 5 6 の視野内に色サンプルを直接含めることができる。その他、色サンプルを第 2 画像取得部 5 6 の視野外に配置してもよい。この場合、例えば、色サンプルを鏡に映し、鏡に映った色サンプルの像を第 2 画像取得部 5 6 の視野内に含めることができる。

産業上の利用可能性

[0175] 本発明は、サンプルガスに含まれる粒子状物質を分析する分析システムに広く適用できる。

符号の説明

[0176] 1 0 0 分析システム

F L 煙道

1 サンプリングプローブ

3 希釈器

3 1 混合部

3 1 a 導入口

I S 1 内部空間

3 3 希釈ガス充填部

I S 2 希釈ガス充填空間

5、5'、5'' 分析装置

- 5 1 a 流入部
- F L 1 第 1 流路
- F L 2 第 2 流路
- 5 1 b 吸引部
- 5 2 捕集フィルタ
- 5 2' サンプル支持部
- 5 2 a 送り出しリール
- 5 2 b 巻き取りリール
- 5 3 第 1 画像取得部
- 5 3 a 光学窓
- 5 4 含有量情報取得部
- 5 4 a β 線源
- 5 4 b β 線検出部
- 5 5、5 5' 演算部
- 5 5 a 分析部
- 5 5 b 記憶部
- S C 検量線
- L D 非捕集領域輝度データ
- 5 5 c 校正部
- D 表示画面
- D 1 第 1 画像表示部
- D 2 第 2 画像表示部
- D 3 粒径分布表示部
- D 4 割合表示部
- D 5 濃度表示部
- 5 6 第 2 画像取得部
- 5 6 a 第 1 光源
- 5 7 散乱光情報取得部

5 7 a 第2光源
5 7 b 散乱光検出部
L レーザ光
5 8 ガス分析部
5 8 a 燃焼部
5 8 b ガス検出部
6 1、6 3 流路変更部材
7 供給装置
2 0 0 ボイラー
2 2 0 電気集塵機
2 4 0 制御盤
3 0 0 燃焼プラント
3 2 0 煙突
3 4 0 制御盤
4 0 0 計測装置
L 1 第1 ガスライン
L 2 第2 ガスライン
L 3 第3 ガスライン
L 4 第4 ガスライン
L 5 第5 ガスライン
P 1 第1 吸引装置
P 2 第2 吸引装置
V 三方バルブ
V 2 三方バルブ
S G サンプルガス
A R 希釈ガス
D G 希釈サンプルガス
F P 粒子状物質

B r 1、B r 2 輝度

P E 1 第 1 ピーク

P E 2 第 2 ピーク

$\Delta B R$ 輝度 B r 1 と輝度 B r 2 との差

請求の範囲

- [請求項1] 粒子状物質を含むサンプルガスを流入させる流入部と、
前記流入部を流れる前記サンプルガス中にて流動する前記粒子状物質の第1画像データを取得する第1画像取得部と、
前記サンプルガスに含まれる前記粒子状物質の含有量に関する含有量情報を取得する含有量情報取得部と、
前記第1画像データと前記含有量情報とに基づいて前記粒子状物質を分析する分析部と、
を備える分析装置。
- [請求項2] 前記分析部は、前記第1画像データに基づいて前記粒子状物質の粒子形状に関する情報を算出する、請求項1に記載の分析装置。
- [請求項3] 前記分析部は、前記第1画像データに基づいて前記粒子状物質の粒径に関する第1粒径情報を算出する、請求項1又は2に記載の分析装置。
- [請求項4] 前記流入部を流れる前記サンプルガスに入射した光が前記粒子状物質により散乱することにより生じる散乱光に関する散乱光情報を取得する散乱光情報取得部をさらに備え、
前記分析部は、前記散乱光情報に基づいて前記サンプルガスに含まれる前記粒子状物質の粒径に関する第2粒径情報を算出する、請求項1～3のいずれかに記載の分析装置。
- [請求項5] 前記流入部は、
前記第1画像取得部により前記第1画像データを取得するための前記サンプルガスが流れる第1流路と、
前記含有量情報取得部により前記含有量情報を取得するための前記サンプルガスが流れる第2流路と、
を有する、請求項1～4のいずれかに記載の分析装置。
- [請求項6] 前記分析部は、前記含有量情報に基づいて前記粒子状物質の質量濃度を算出する、請求項1～5のいずれかに記載の分析装置。

- [請求項7] 前記サンプルガスに含まれる前記粒子状物質を捕集する捕集フィルタと、
- 前記捕集フィルタに捕集された前記粒子状物質の画像を含む第2画像データを取得する第2画像取得部と、
- をさらに備え、
- 前記分析部は、前記第2画像データに基づいて有色の前記粒子状物質に関する情報を算出する、請求項1～6のいずれかに記載の分析装置。
- [請求項8] 前記分析部は、前記第2画像データのうち前記粒子状物質が捕集された捕集領域に対応する画像部分の画素の輝度と、前記捕集フィルタに捕集された前記粒子状物質の捕集量に関する情報と、の関係を表す検量線に基づいて前記粒子状物質に関する情報を算出し、
- 前記検量線は、実際の測定対象となる粒子状物質を前記捕集フィルタに捕集して取得した前記第2画像データを用いて算出される、請求項7に記載の分析装置。
- [請求項9] 前記分析部は、前記第2画像データのうち前記粒子状物質が捕集された捕集領域に対応する画像部分の画素の輝度を、前記粒子状物質に関する所定のパラメータで基準化して、前記粒子状物質に関する情報を算出する、請求項7又は8に記載の分析装置。
- [請求項10] 粒子状物質を含むサンプルガスをサンプリングするサンプリングプローブと、
- 前記サンプルガスを希釈して希釈サンプルガスを生成する希釈器と、
- 前記希釈サンプルガスに含まれる前記粒子状物質を分析する分析装置と、を備え、
- 前記分析装置は、
- 前記希釈サンプルガスを流入させる流入部と、
- 前記流入部を流れる前記希釈サンプルガス中にて流動する前記粒子

状物質の第1画像データを取得する第1画像取得部と、

前記希釈サンプルガスに含まれる前記粒子状物質の含有量に関する含有量情報を取得する含有量情報取得部と、

前記第1画像データと前記含有量情報とに基づいて前記粒子状物質を分析する分析部と、

を有する、

分析システム。

[請求項11] 前記サンプリングプローブをブローバックするブローバック部をさらに備え、

前記サンプルガスをサンプリングする際に、前記ブローバック部によるブローバックと、前記サンプルガスのサンプリングとを予め決められた時間割合で実行する、請求項10に記載の分析システム。

[請求項12] 粒子状物質を含むサンプルガスを流入可能な流入部を備える分析装置による分析方法であって、

前記サンプルガスを前記流入部に流入させるステップと、

前記流入部を流れる前記サンプルガス中にて流動する前記粒子状物質の第1画像データを取得するステップと、

前記サンプルガスに含まれる前記粒子状物質の含有量に関する含有量情報を取得するステップと、

前記第1画像データと前記含有量情報とに基づいて前記粒子状物質を分析するステップと、

を備える分析方法。

[請求項13] サンプルガスに含まれる粒子状物質を分析する分析方法を、前記サンプルガスを流入可能な流入部を備える分析装置に実行させるためのプログラムであって、

前記分析方法は、

前記サンプルガスを前記流入部に流入させるステップと、

前記流入部を流れる前記サンプルガス中にて流動する前記粒子状物

質の第1画像データを取得するステップと、

前記サンプルガスに含まれる前記粒子状物質の含有量に関する含有量情報を取得するステップと、

前記第1画像データと前記含有量情報とに基づいて前記粒子状物質を分析するステップと、

を有するプログラム。

[請求項14]

粒子状物質を捕集する捕集フィルタと、

前記捕集フィルタの前記粒子状物質が捕集された捕集領域と前記粒子状物質が捕集されていない非捕集領域とを含む画像データを取得する画像取得部と、

前記画像データに基づいて前記粒子状物質を分析する分析部と、

前記画像取得部を校正する校正部と、を備え、

前記校正部は、

前記捕集領域に捕集された前記粒子状物質の捕集量と前記非捕集領域に対応する画素の輝度との関係と前記画像データを取得したときの前記粒子状物質の捕集量とに基づいて、前記画像データの前記非捕集領域に対応する画素の理論輝度を算出し、

前記理論輝度と前記画像データの前記非捕集領域に対応する画素の実際輝度との差に基づいて、前記画像取得部を校正する、

分析装置。

[請求項15]

前記画像取得部は、前記画像データを取得するときに、前記捕集領域と前記非捕集領域とに光を照射する光源を含み、

前記校正部は、前記理論輝度と前記実際輝度との差に基づいて前記光源の光量を調整する、請求項14に記載の分析装置。

[請求項16]

粒子状物質を捕集する捕集フィルタと、前記捕集フィルタの前記粒子状物質が捕集された捕集領域と前記粒子状物質が捕集されていない非捕集領域とを含む画像データを取得する画像取得部とを備え、前記画像データに基づいて前記粒子状物質を分析する分析装置の校正方法

であって、

前記捕集領域に捕集された前記粒子状物質の捕集量と前記非捕集領域に対応する画素の輝度との関係と前記画像データを取得したときの前記粒子状物質の捕集量とに基づいて、前記非捕集領域に対応する画素の理論輝度を算出するステップと、

前記理論輝度と前記画像データの前記非捕集領域に対応する画素の実際輝度との差に基づいて、前記画像取得部を校正するステップと、
を備える校正方法。

[請求項17]

粒子状物質を捕集する捕集フィルタと、前記捕集フィルタの前記粒子状物質が捕集された捕集領域と前記粒子状物質が捕集されていない非捕集領域とを含む画像データを取得する画像取得部とを備え、前記画像データに基づいて前記粒子状物質を分析する分析装置の校正方法を当該分析装置に実行させるためのプログラムであって、

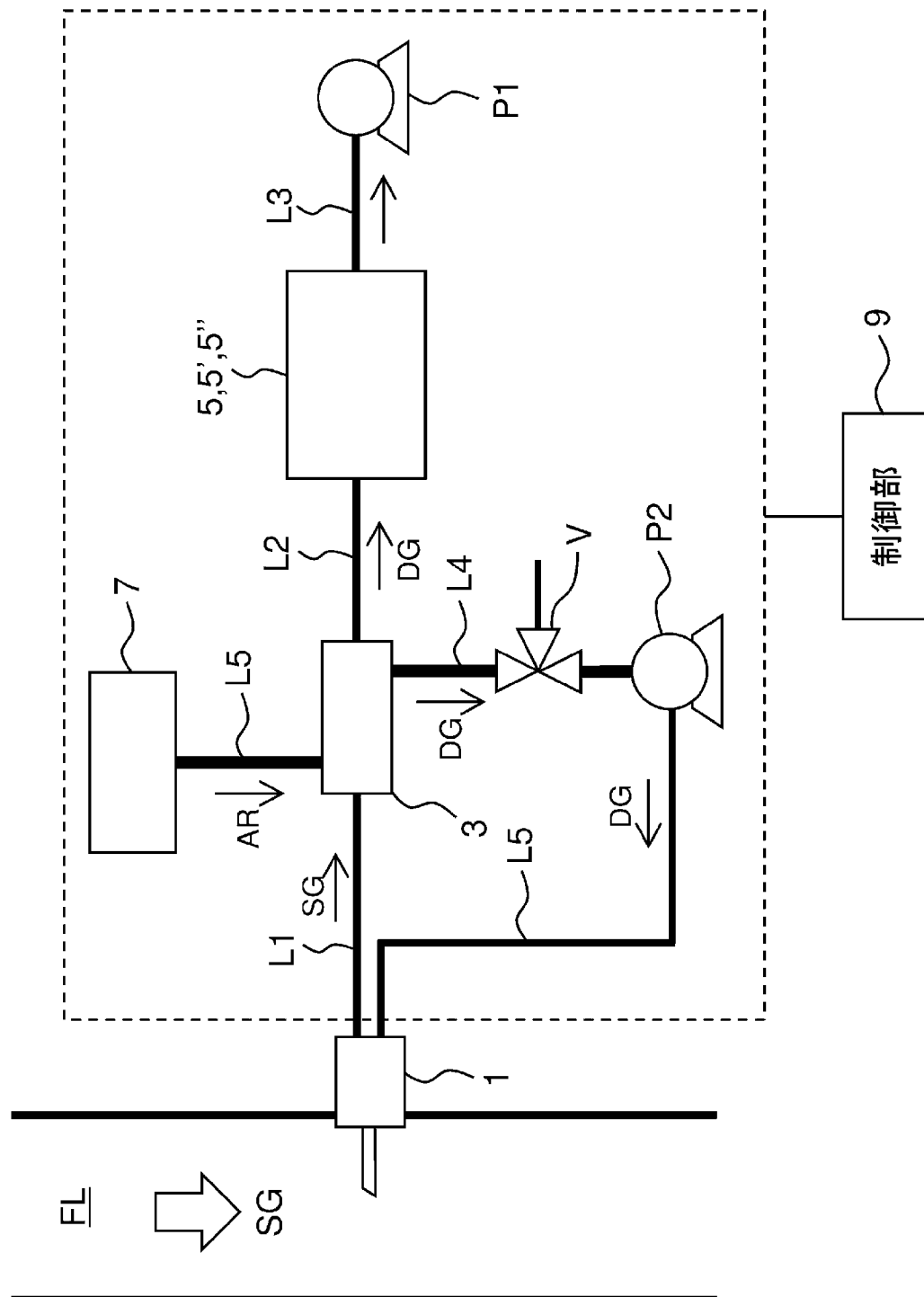
前記校正方法は、

前記捕集領域に捕集された前記粒子状物質の捕集量と前記非捕集領域に対応する画素の輝度との関係と前記画像データを取得したときの前記粒子状物質の捕集量とに基づいて、前記画像データの前記非捕集領域に対応する画素の理論輝度を算出するステップと、

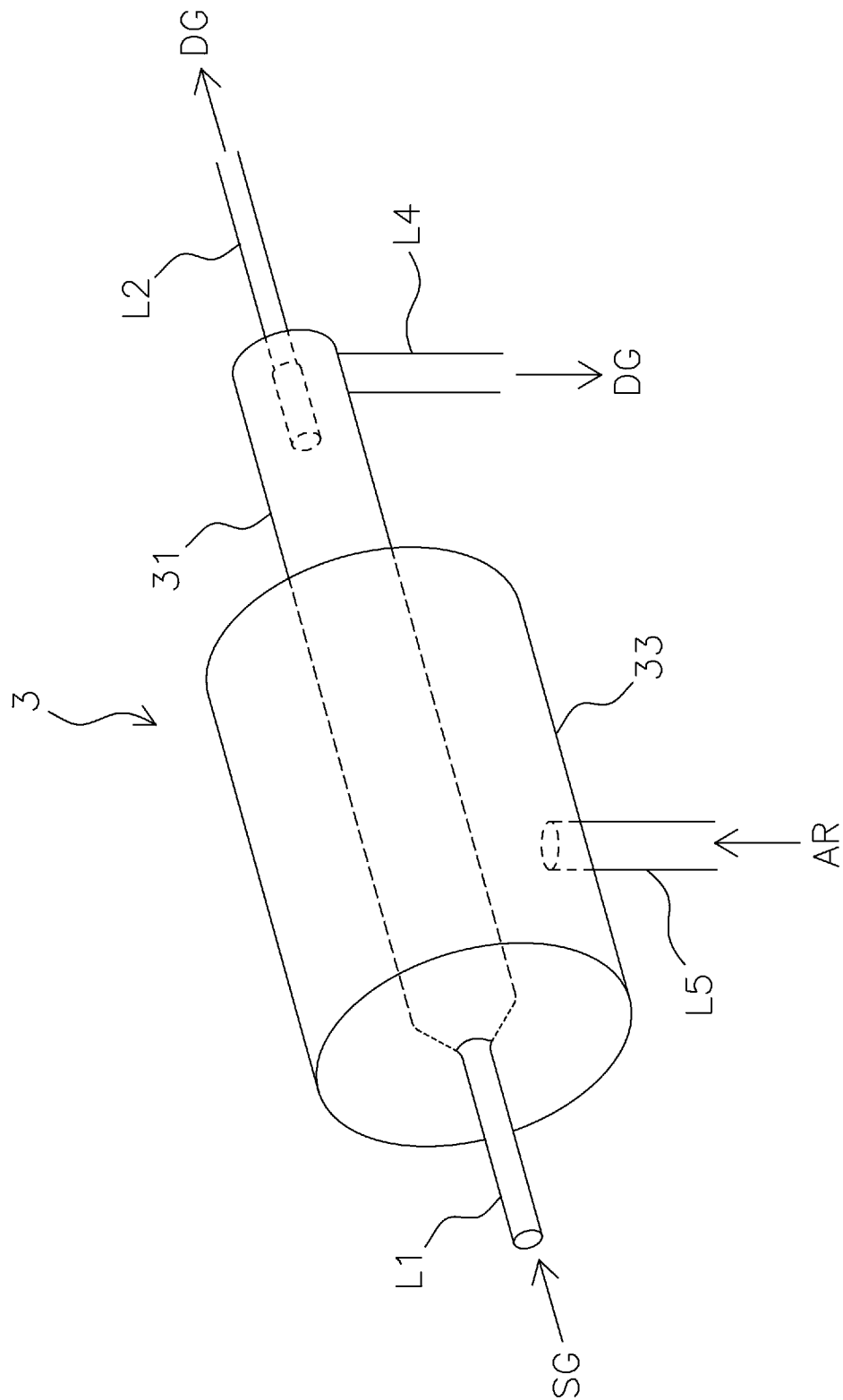
前記理論輝度と前記画像データの前記非捕集領域に対応する画素の実際輝度との差に基づいて、前記画像取得部を校正するステップと、
を有するプログラム。

[図1]

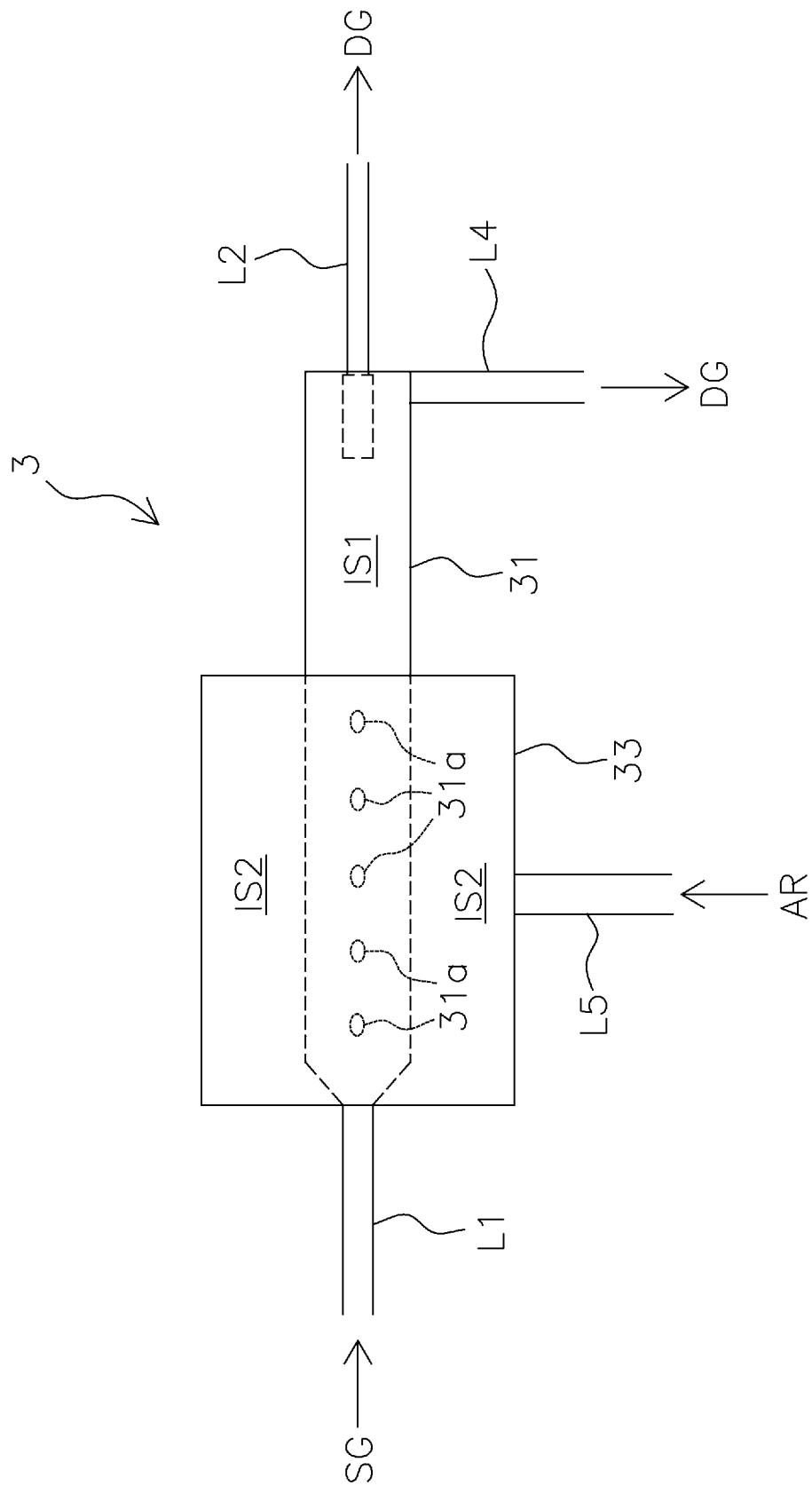
100



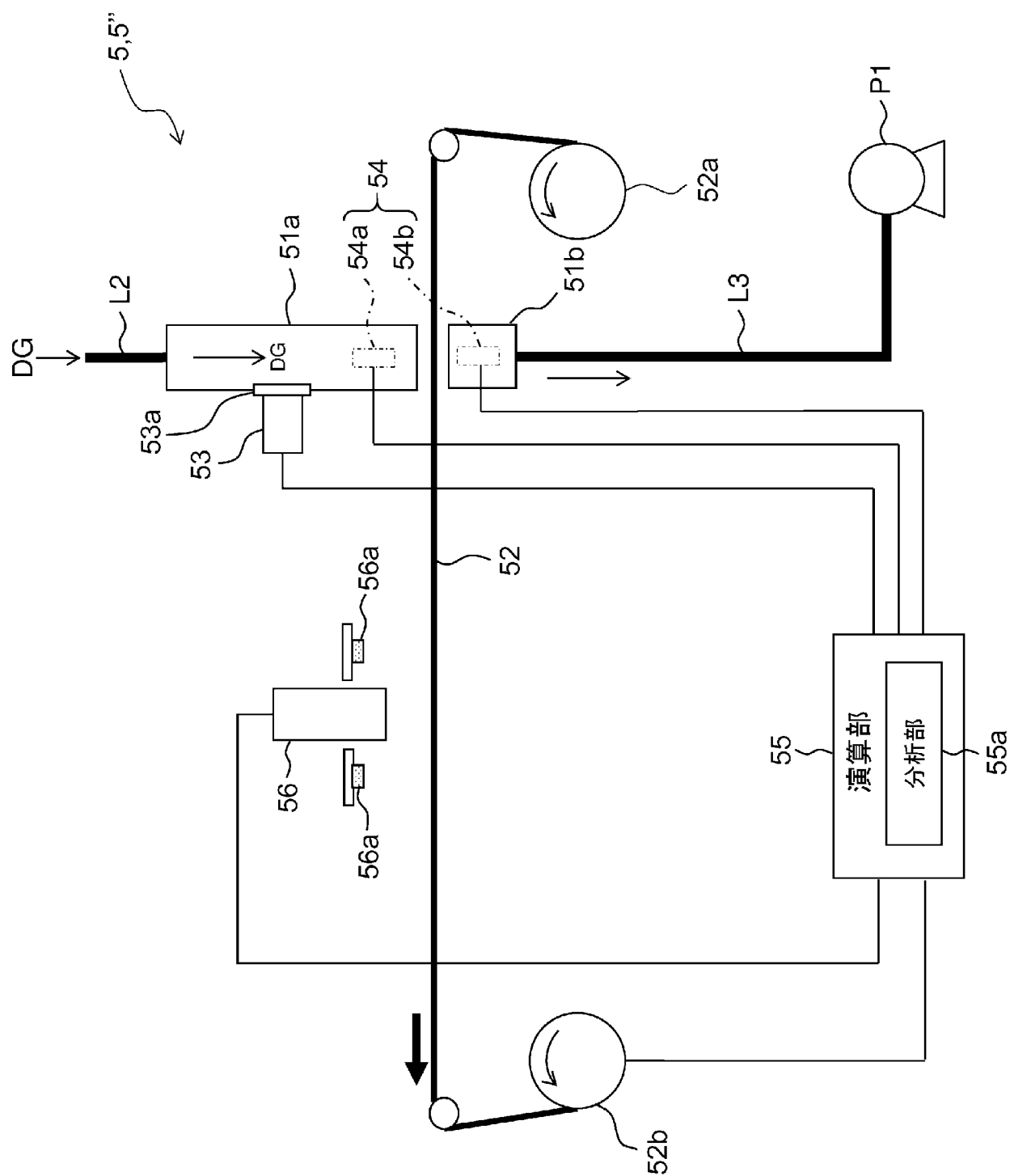
[図2]



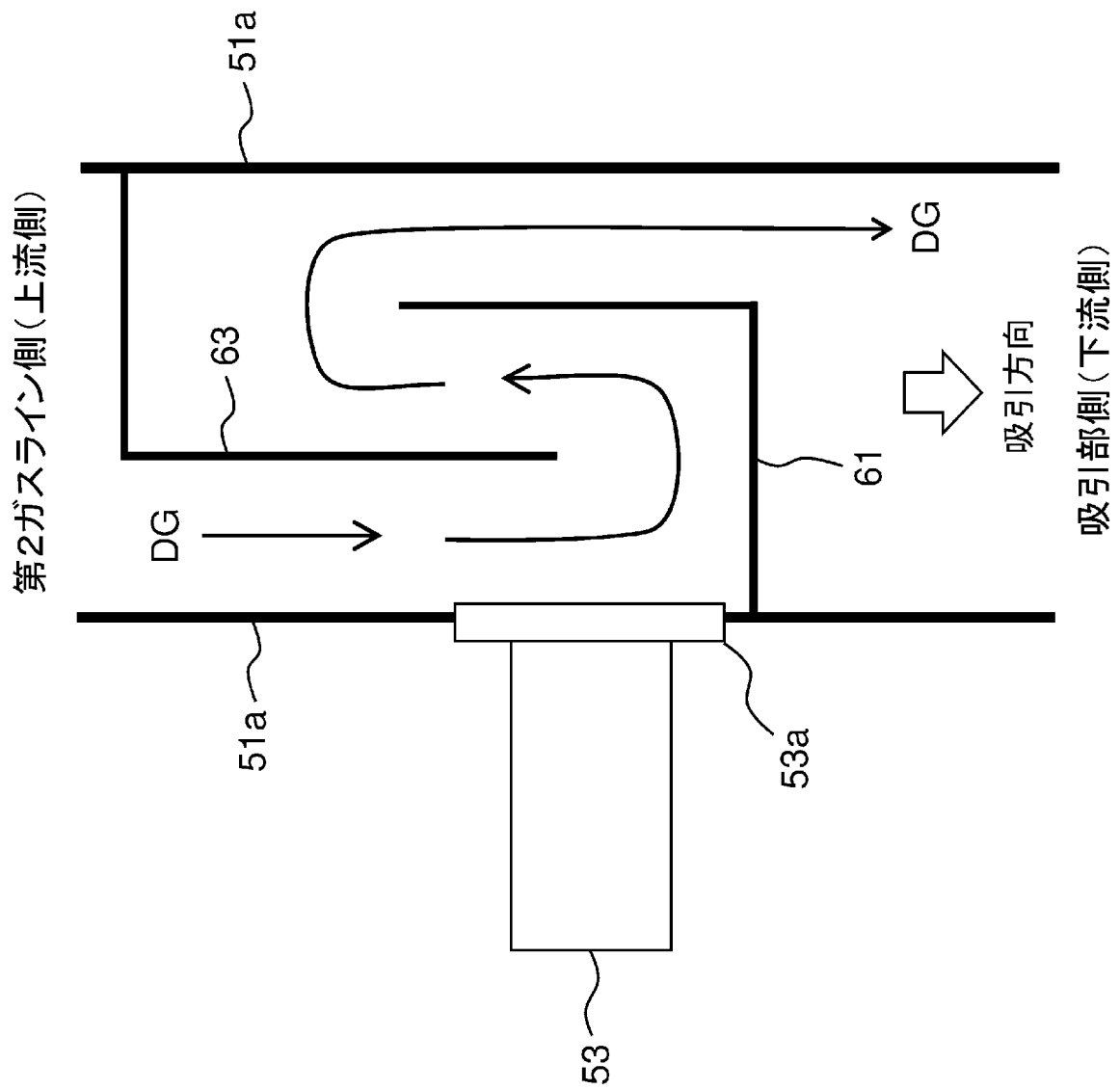
[図3]



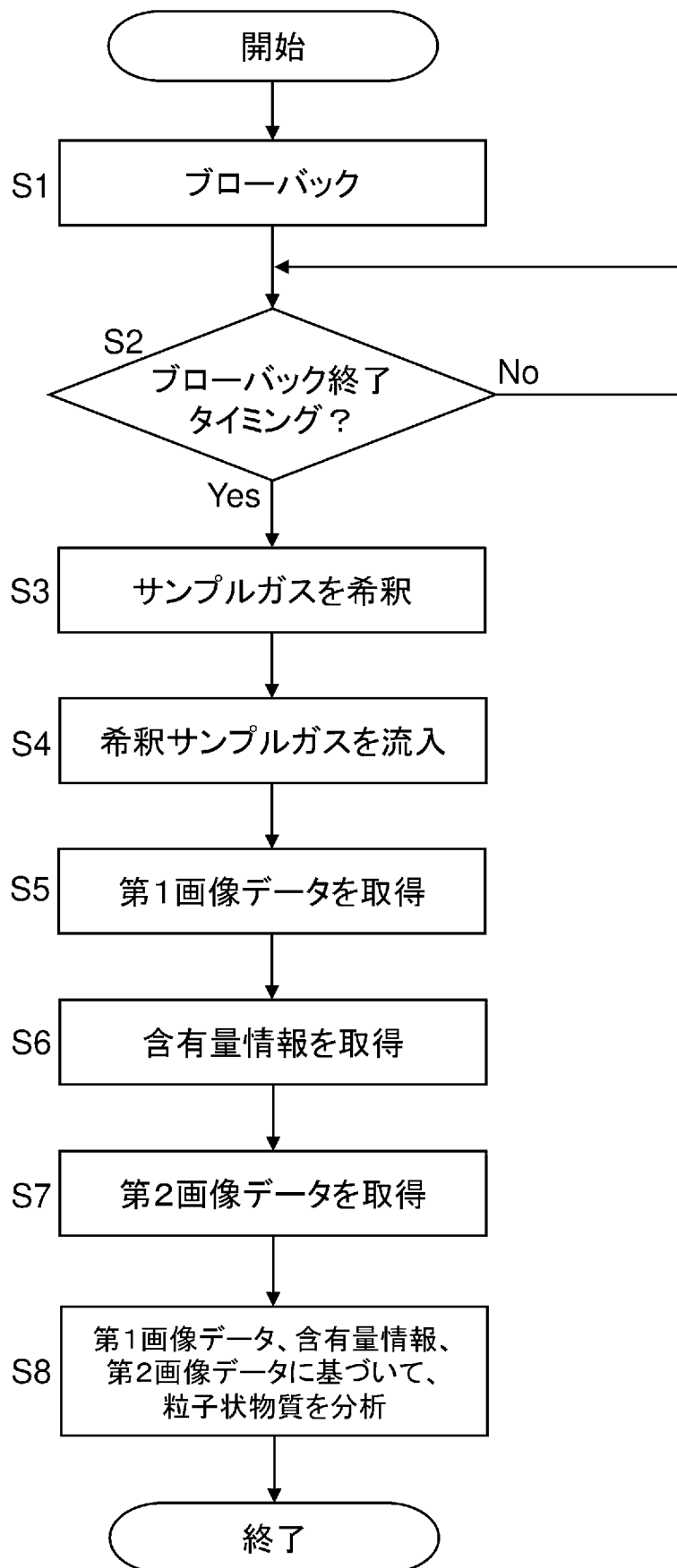
[図4]



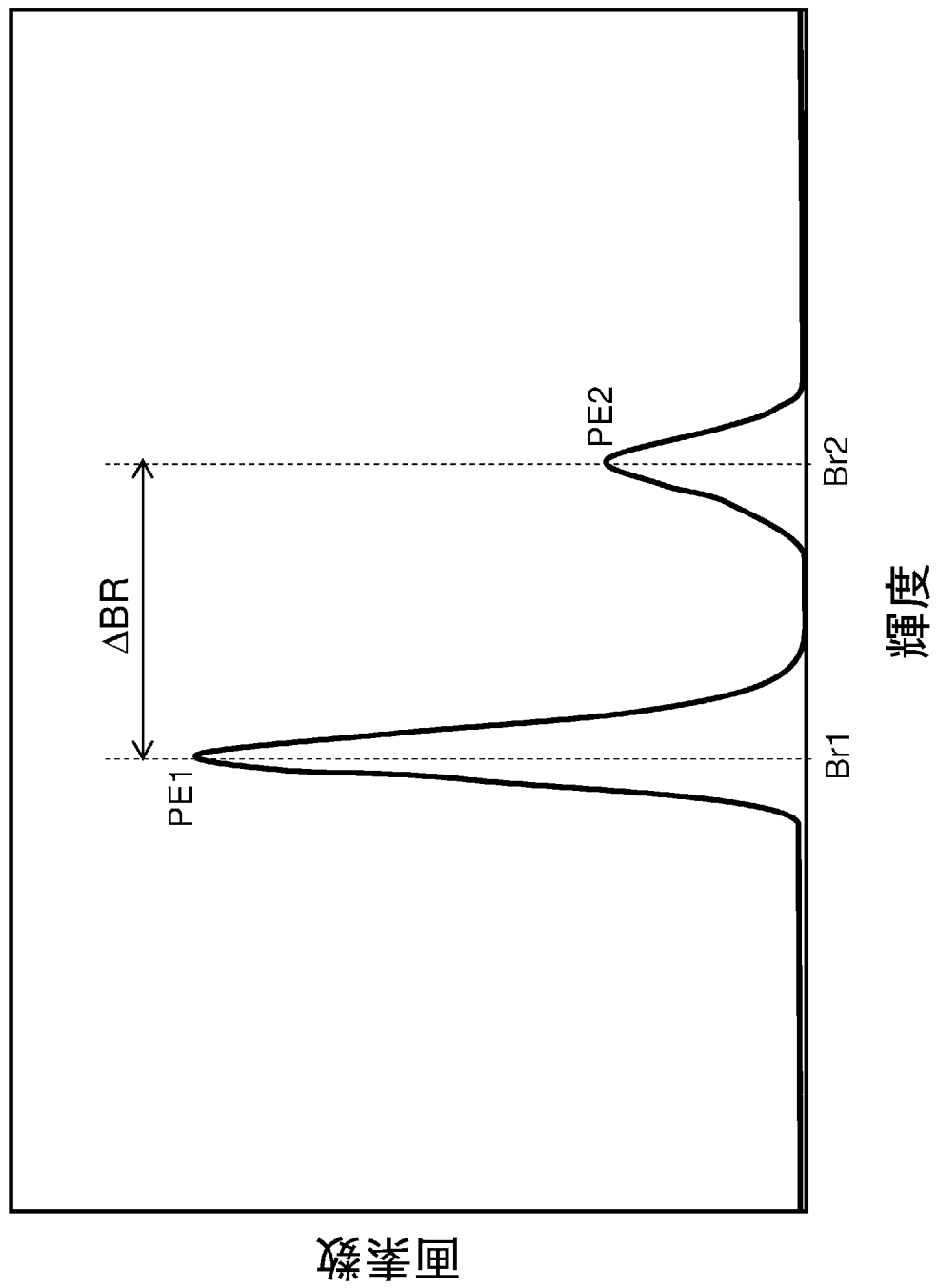
[図5]



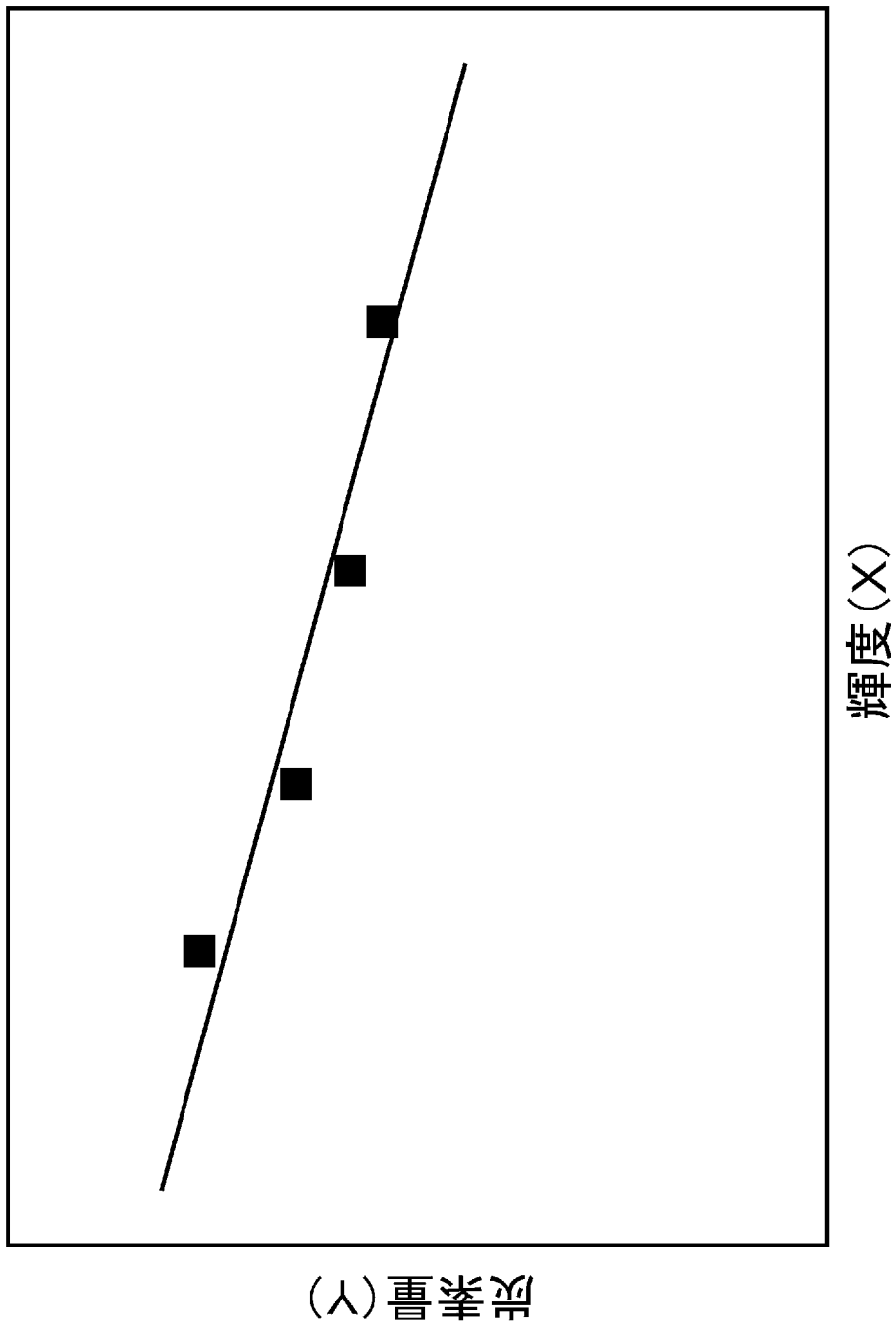
[図6]



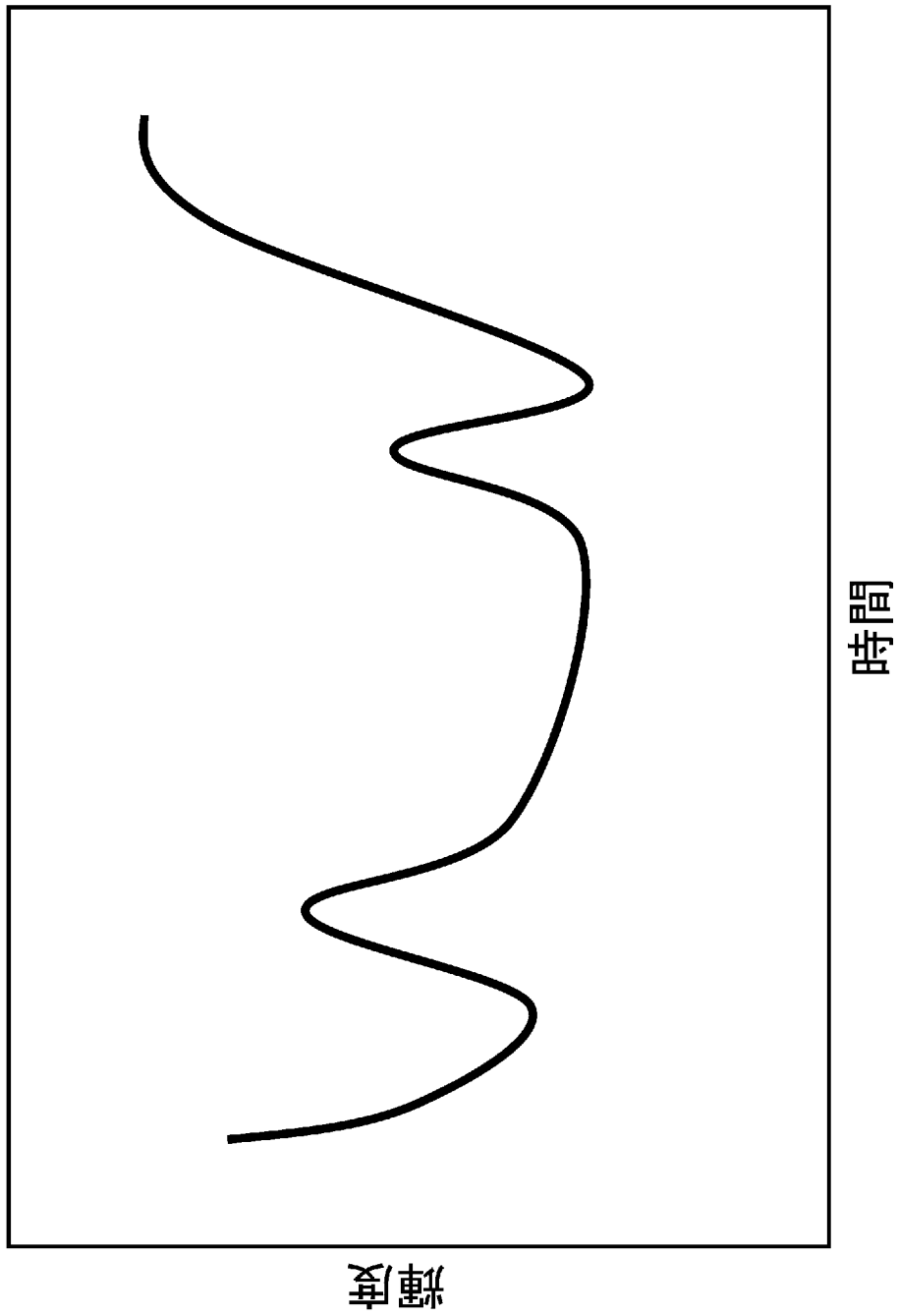
[図7]



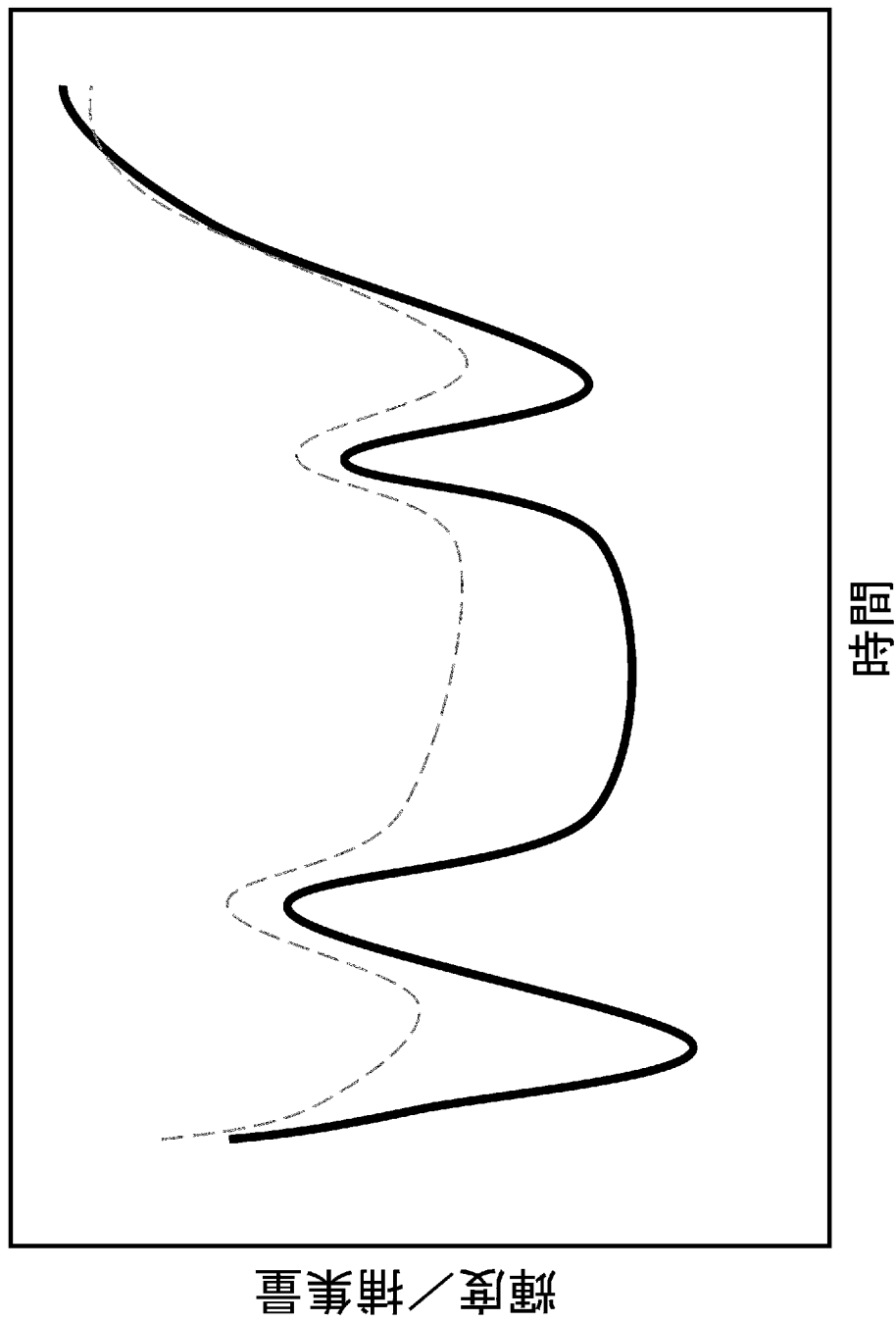
[図8]



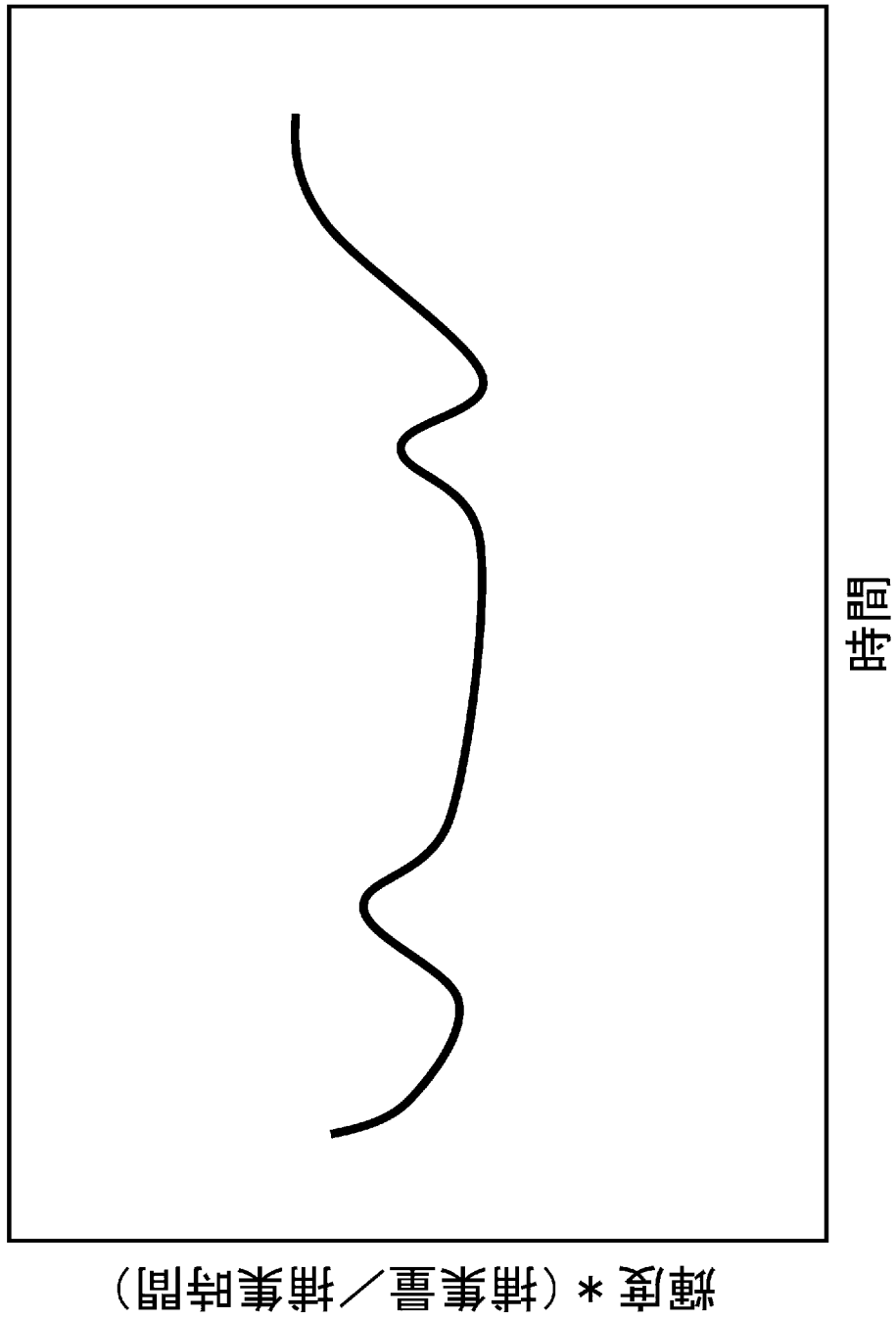
[図9]



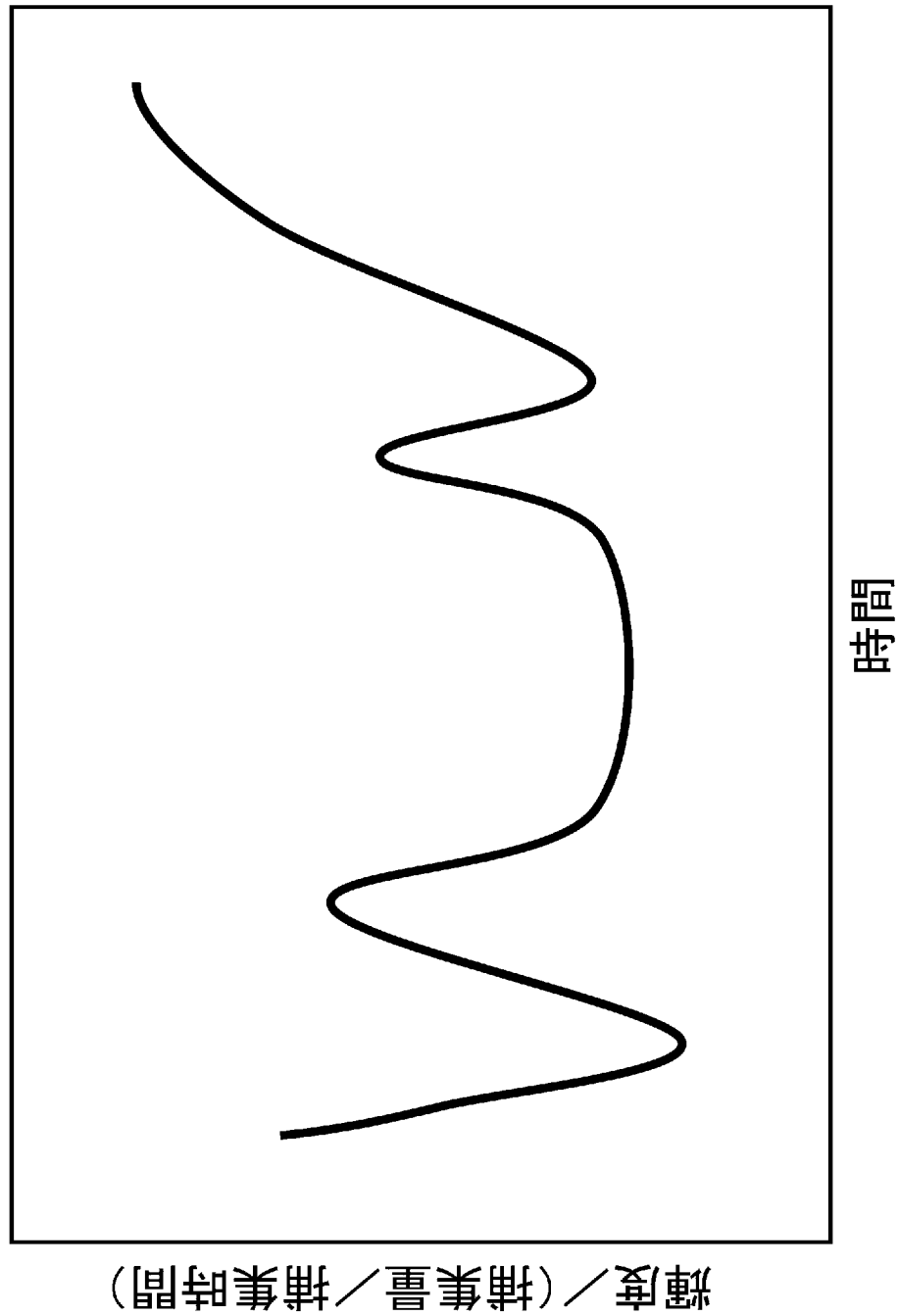
[図10A]



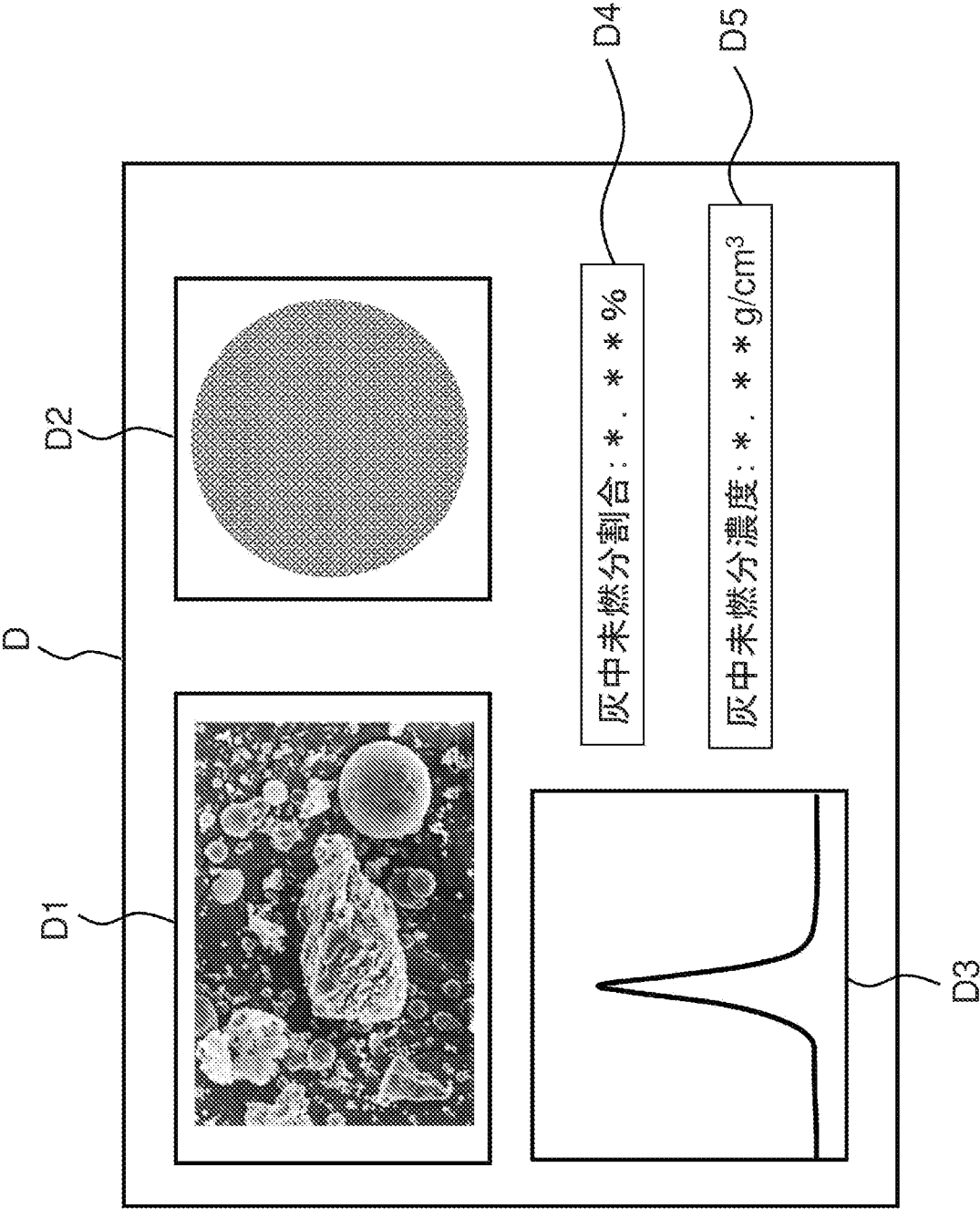
[図10B]



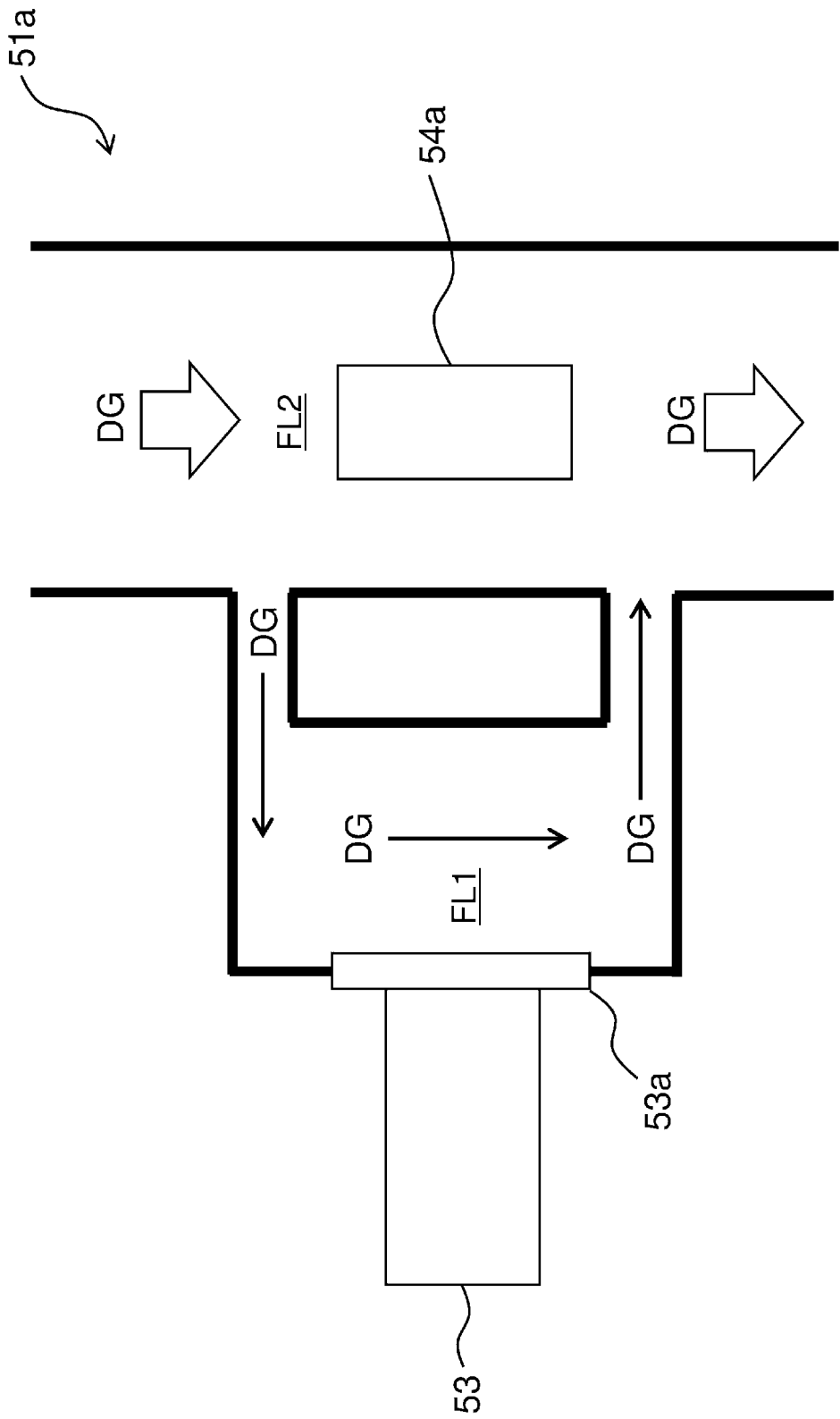
[図10C]



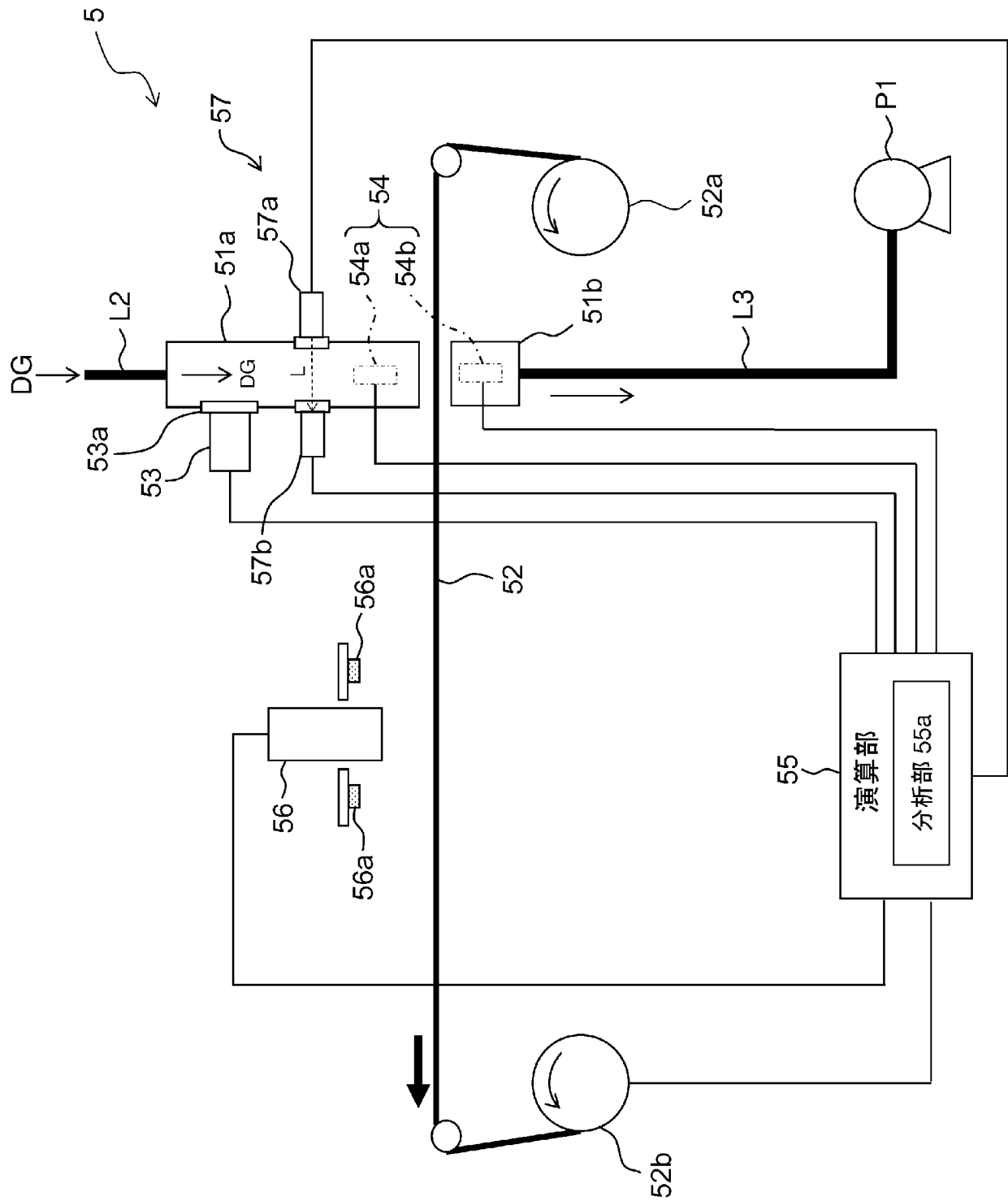
[図11]



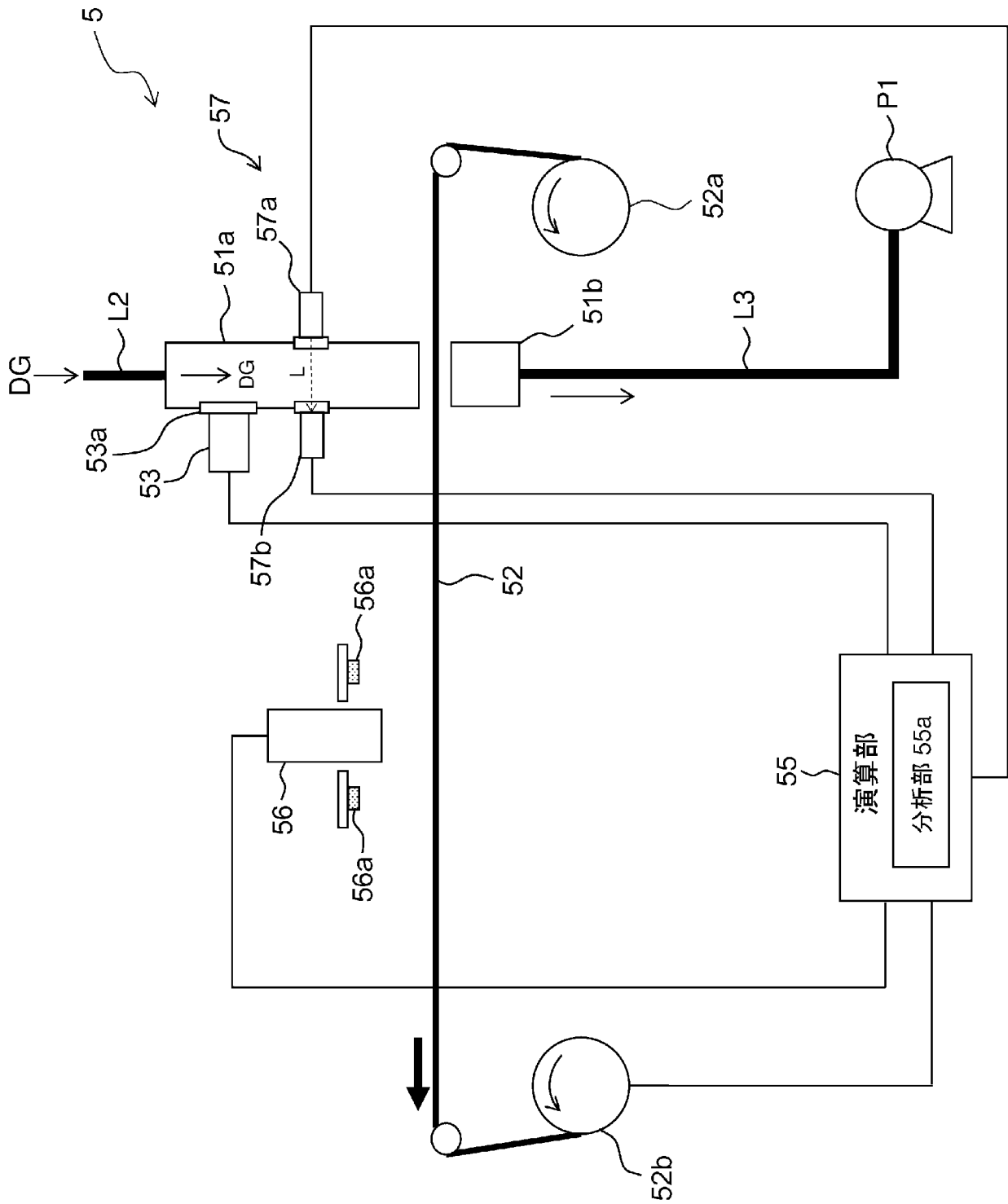
[図12]



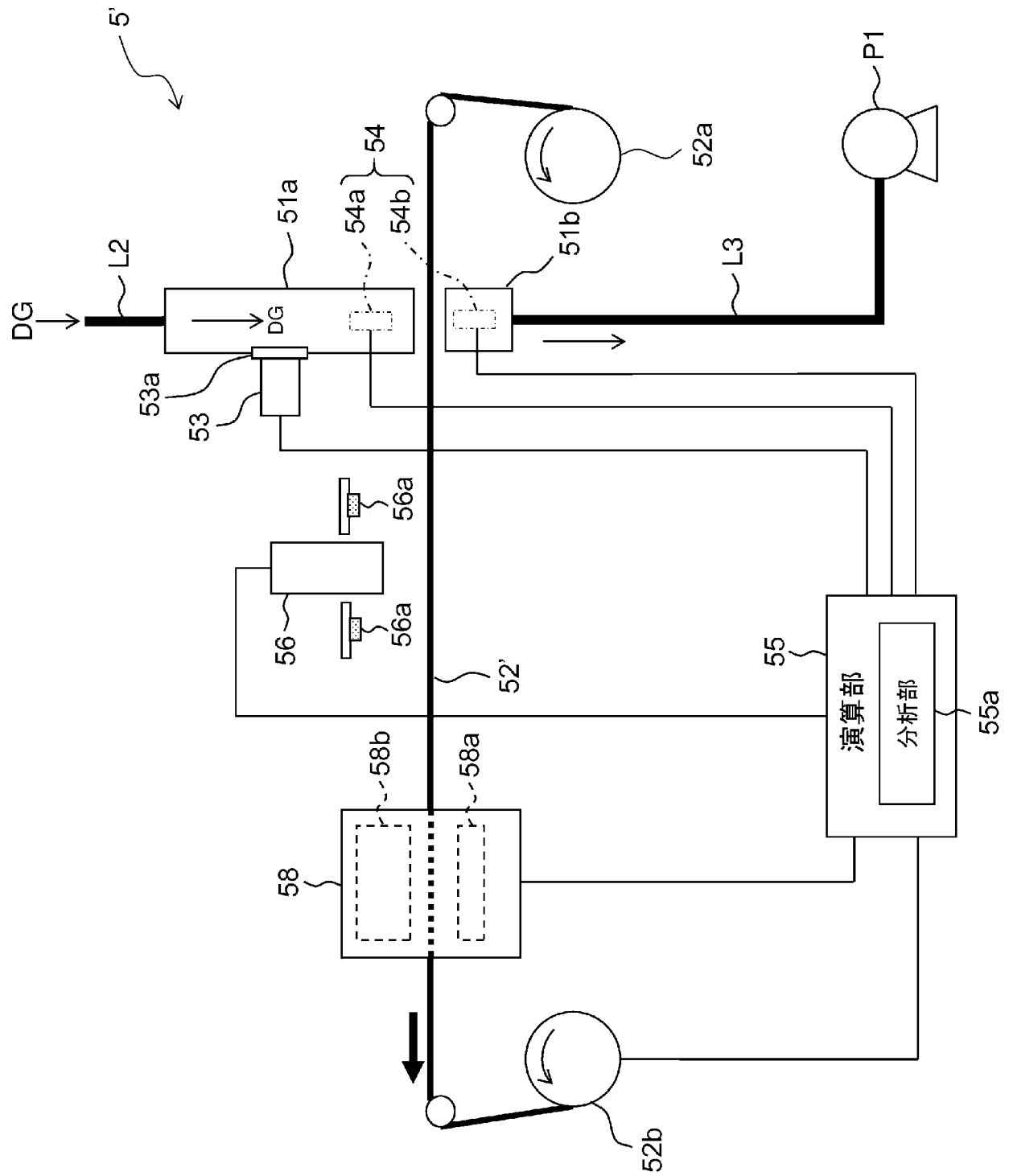
[図13]



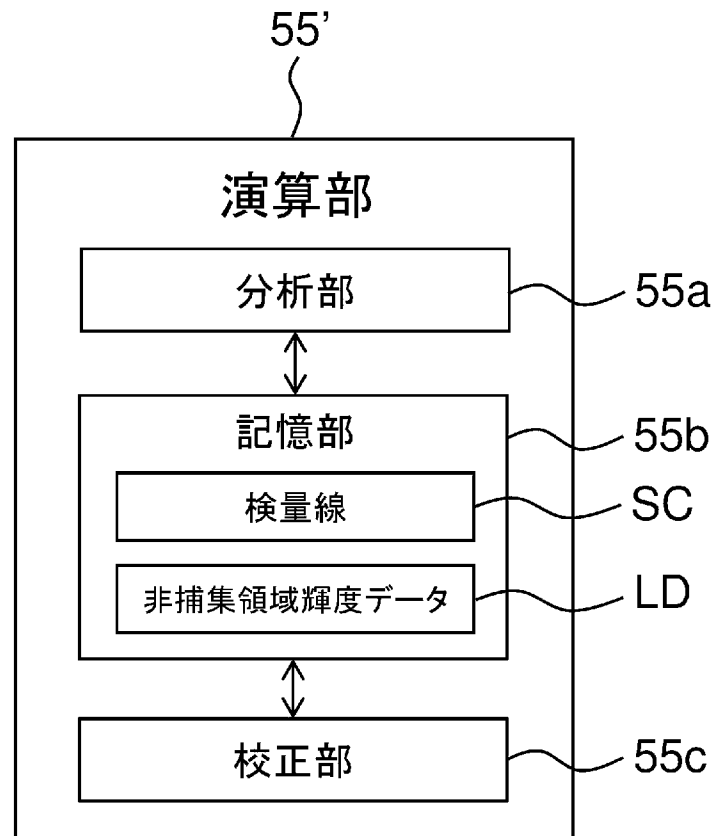
[図14]



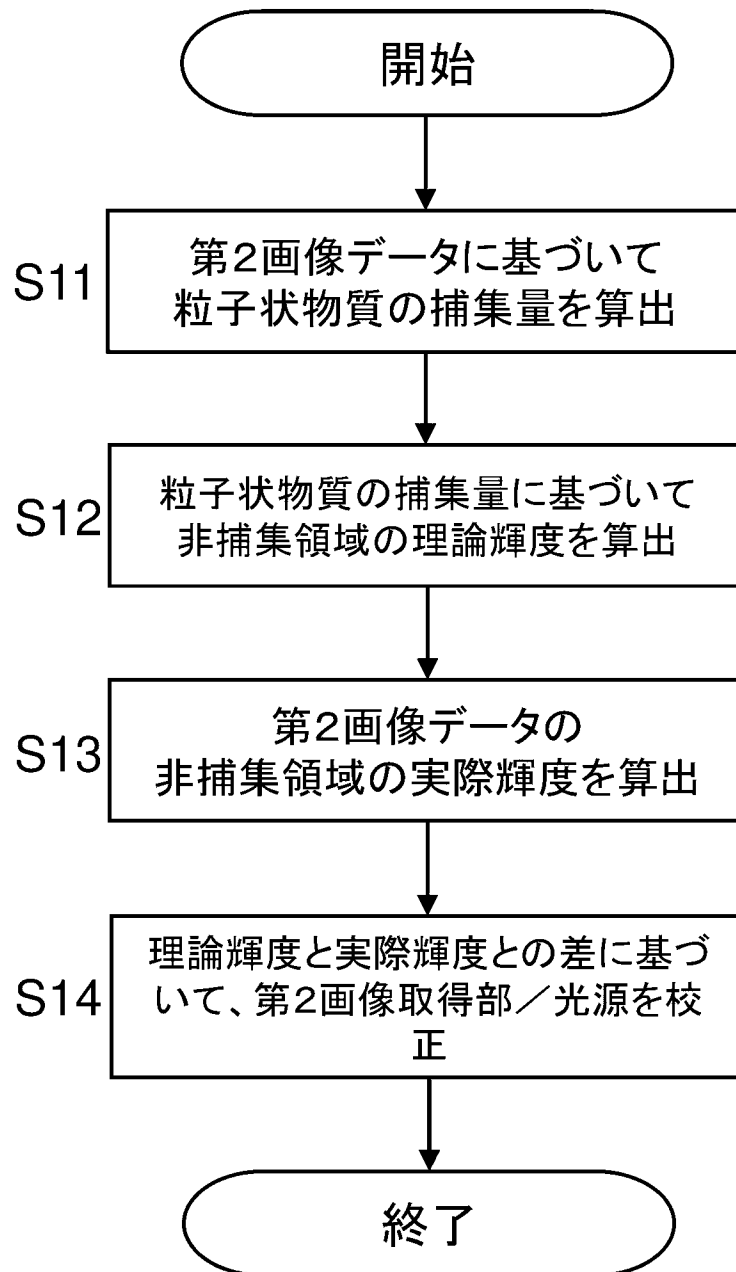
[図15]



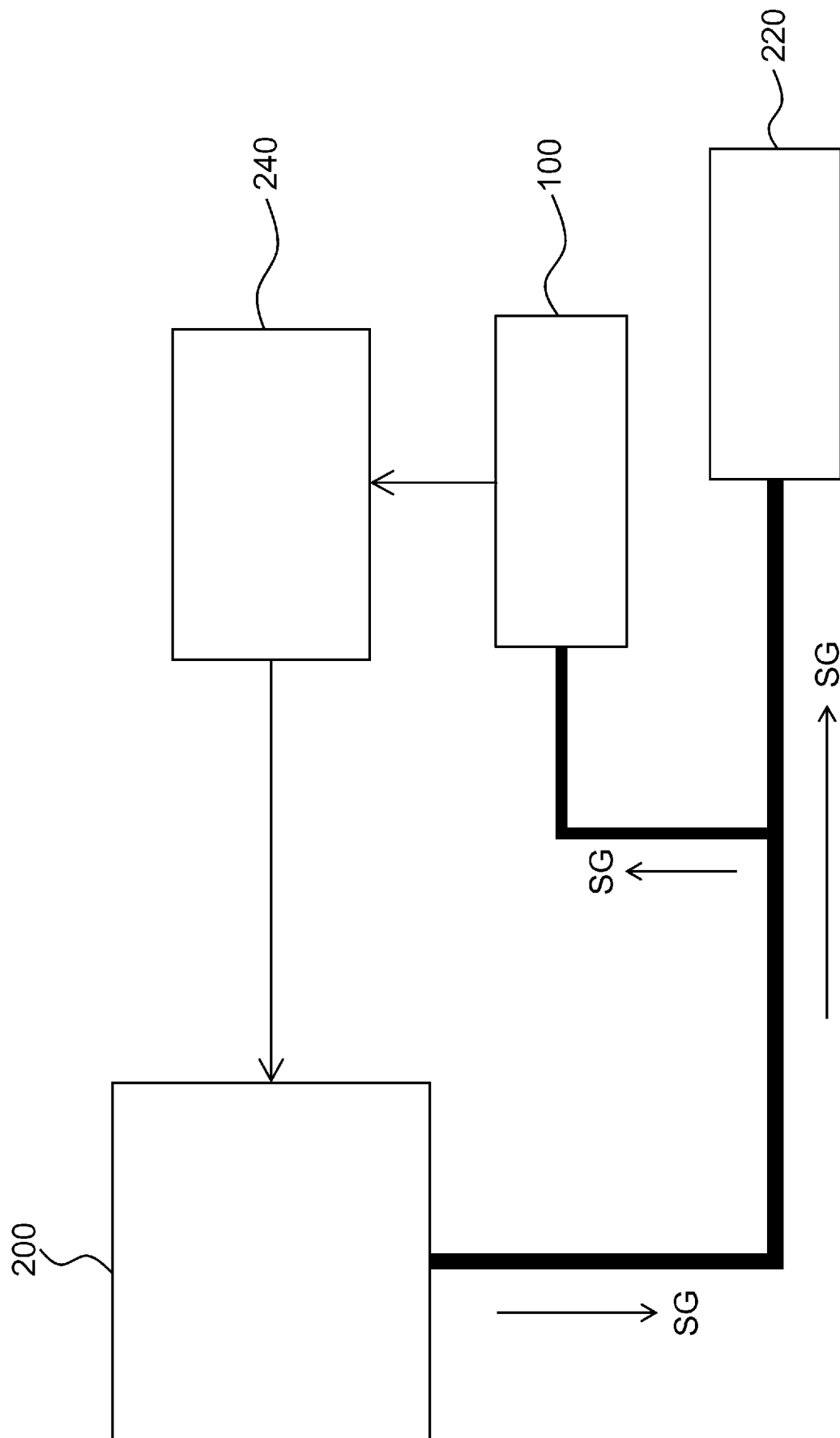
[図16]



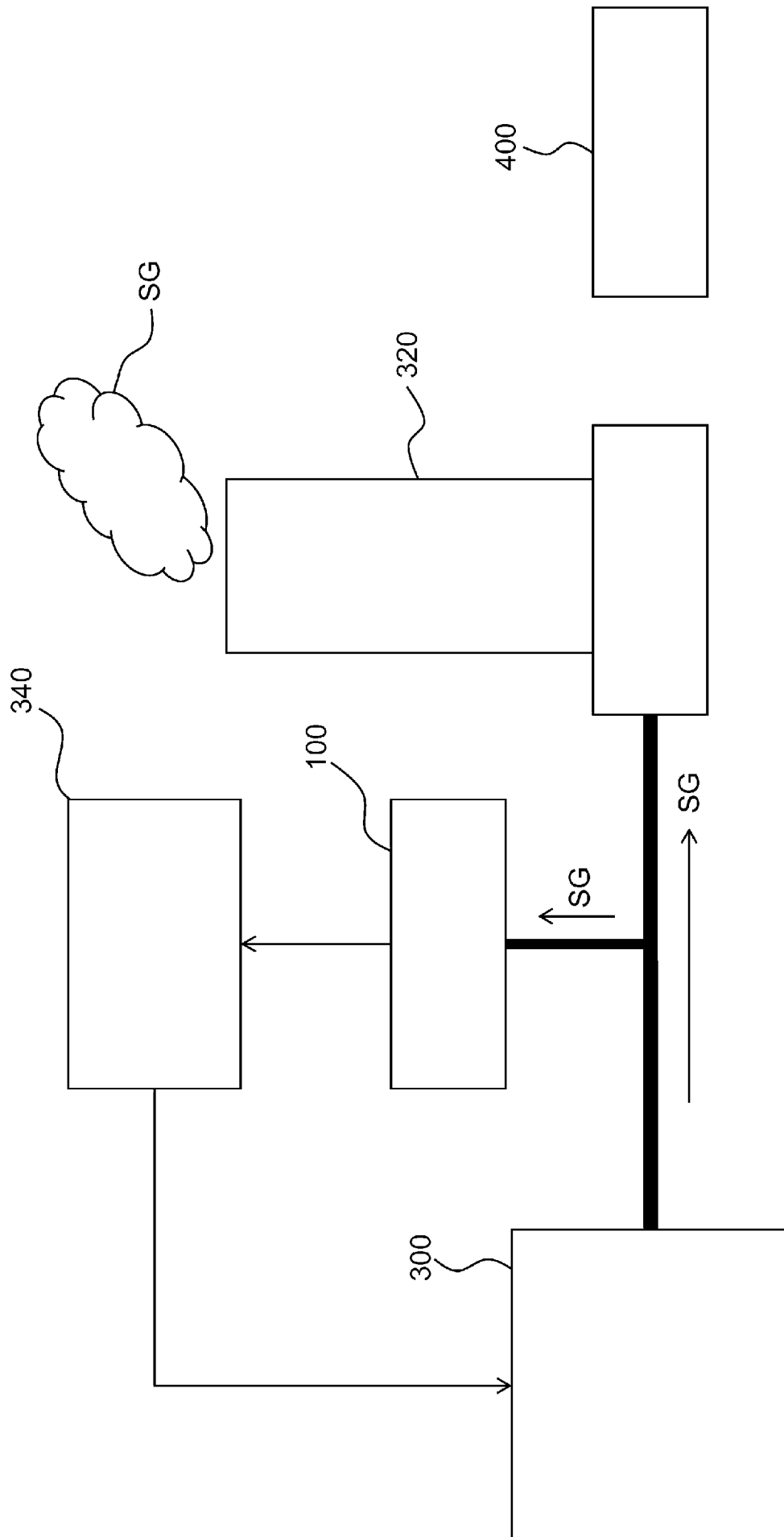
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/032846

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01N 15/00**(2006.01)i; **G01N 15/02**(2006.01)i; **G01N 15/06**(2006.01)i

FI: G01N15/06 D; G01N15/06 C; G01N15/02 A; G01N15/00 C; G01N15/02 B

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)

G01N15/00; G01N15/02; G01N15/06

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 1971-2021
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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 2019-020411 A (HORIBA, LTD.) 07 February 2019 (2019-02-07) paragraphs [0007], [0015], [0024]-[0082], fig. 1-14	1-17
A	JP 62-192630 A (BABCOCK HITACHI KK) 24 August 1987 (1987-08-24) page 2, lower left column, line 20 to lower right column, line 6	1-13
A	CN 202216891 U (NANJING UNIVERSITY OF INFORMATION SCIENCE & TECHNOLOGY) 09 May 2012 (2012-05-09) paragraphs [0010], [0013], [0032]-[0034]	1-13
A	JP 2017-161348 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 14 September 2017 (2017-09-14) paragraphs [0020]-[0025]	4
A	US 2011/0026023 A1 (GENERAL IMPIANTI S. R. L.) 03 February 2011 (2011-02-03) paragraph [0031]	4
A	JP 2005-207956 A (HORIBA, LTD.) 04 August 2005 (2005-08-04) paragraphs [0012]-[0020]	5

☒ 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

27 October 2021

Date of mailing of the international search report

09 November 2021

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/032846**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 207147936 U (QINGDAO JUNRAY INTELLIGENT INSTRUMENT CO., LTD.) 27 March 2018 (2018-03-27) paragraphs [0014], [0037]	11
A	JP 2015-219197 A (HORIBA, LTD.) 07 December 2015 (2015-12-07) paragraphs [0015]-[0094]	7-8, 14-17
A	JP 2017-106873 A (HORIBA, LTD.) 15 June 2017 (2017-06-15) paragraphs [0028]-[0057]	7-8, 14-17
A	JP 2015-219198 A (HORIBA, LTD.) 07 December 2015 (2015-12-07) paragraphs [0016]-[0069]	14-17

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Document 1: JP 2019-020411 A (HORIBA, LTD.) 07 February 2019 (2019-02-07),
paragraphs [0007], [0015], [0024]-[0082], fig. 1-14

The claims are classified into the two inventions below.

(Invention 1) Claims 1-13

Claims 1-10 have the special technical feature of an analysis device provided with: an inlet part that allows a sample gas including particulate matter to flow in therethrough; a content information acquisition unit that acquires content information on the amount of the particulate matter contained in the sample gas; and an analysis unit that analyzes the particulate matter, wherein "an acquisition unit is provided that acquires first image data of the particulate matter that is fluid in the sample gas flowing through the inlet part, and the analysis unit analyzes the particulate matter on the basis of the first image data and the content information"; thus these claims are classified as invention 1.

Claims 11-13, which relate to an analysis system provided with the analysis device having the configuration above, and to analysis method and program for carrying out the configuration above, are likewise classified as invention 1.

(Invention 2) Claims 14-17

Claims 14-17 have the common technical feature between these claims and claim 1 classified as invention 1 of "a device for analyzing particulate matter, the device being provided with an image acquisition unit". However, this technical feature, which does not make a contribution over the prior art in light of the disclosure of document 1 (in particular, refer to paragraph [0007]), cannot be considered a special technical feature. Apart from this feature, there are not the same or corresponding special technical features between claims 14-17 and claim 1.

Furthermore, claims 14-17 do not depend from claim 1. In addition, claims 14-17 are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1.

Accordingly claims 14-17 cannot be identified as invention 1.

Meanwhile, claims 14-15 have the special technical feature of an analysis device provided with: a collection filter that collects particulate matter; an image acquisition unit that acquires image data including a collection region of the collection filter where the particulate matter has been collected and a non-collection region of the collection filter where the particulate matter has not been collected; an analysis unit that analyzes the particulate matter on the basis of the image data; and a calibration unit, wherein "the calibration unit calculates a theoretical brightness of pixels corresponding to the non-collection region in the image data on the basis of the relationship between the amount of particulate matter collected in the collection region and the brightness of pixels corresponding to the non-collection region and on the basis of the amount of collected particulate matter at the time of image data acquisition, and calibrates the image acquisition unit on the basis of the difference between the theoretical brightness and an actual brightness corresponding to the non-collection region in the image data"; thus these claims are classified as invention 2.

Claims 16-17, which relate to calibration method and program for carrying out the configuration above, are likewise classified as invention 2.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/032846**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/032846

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2019-020411	A	07 February 2019	US 2019/0017916 A1 paragraphs [0009], [0018], [0047]-[0161], fig. 1-14 CN 109253954 A DE 102018117016 A1	
JP	62-192630	A	24 August 1987	(Family: none)	
CN	202216891	U	09 May 2012	(Family: none)	
JP	2017-161348	A	14 September 2017	(Family: none)	
US	2011/0026023	A1	03 February 2011	EP 2312295 A2	
JP	2005-207956	A	04 August 2005	(Family: none)	
CN	207147936	U	27 March 2018	(Family: none)	
JP	2015-219197	A	07 December 2015	US 2015/0338534 A1 paragraphs [0022]-[0074] CN 105092425 A	
JP	2017-106873	A	15 June 2017	DE 102016123704 A1 paragraphs [0046]-[0098] CN 107024365 A	
JP	2015-219198	A	07 December 2015	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01N 15/00(2006.01)i; G01N 15/02(2006.01)i; G01N 15/06(2006.01)i FI: G01N15/06 D; G01N15/06 C; G01N15/02 A; G01N15/00 C; G01N15/02 B														
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）） G01N15/00; G01N15/02; G01N15/06														
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>1971-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2021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	1971-2021年	日本国実用新案登録公報	1996-2021年	日本国登録実用新案公報	1994-2021年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2021年													
日本国実用新案登録公報	1996-2021年													
日本国登録実用新案公報	1994-2021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 2019-020411 A（株式会社堀場製作所）07.02.2019（2019-02-07） [0007][0015][0024]-[0082]及び図1-14	1-17												
A	JP 62-192630 A（パプコック日立株式会社）24.08.1987（1987-08-24） 第2頁左下欄第20行-右下欄第6行	1-13												
A	CN 202216891 U（NANJING UNIVERSITY OF INFORMATION SCIENCE & TECHNOLOGY） 09.05.2012（2012-05-09） [0010][0013][0032]-[0034]	1-13												
A	JP 2017-161348 A（富士電機株式会社）14.09.2017（2017-09-14） [0020]-[0025]	4												
A	US 2011/0026023 A1（GENERAL IMPIANTI S.R.L.）03.02.2011（2011-02-03） [0031]	4												
A	JP 2005-207956 A（株式会社堀場製作所）04.08.2005（2005-08-04） [0012]-[0020]	5												
☒ 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 27.10.2021	国際調査報告の発送日 09.11.2021													
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） 北条 弥作子 2J 1168 電話番号 03-3581-1101 内線 3252													

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	CN 207147936 U (QINGDAO JUNRAY INTELLIGENT INSTRUMENT CO., LTD.) 27.03.2018 (2018 - 03 - 27) [0014][0037]	11
A	JP 2015-219197 A (株式会社堀場製作所) 07.12.2015 (2015 - 12 - 07) [0015]-[0094]	7-8, 14-17
A	JP 2017-106873 A (株式会社堀場製作所) 15.06.2017 (2017 - 06 - 15) [0028]-[0057]	7-8, 14-17
A	JP 2015-219198 A (株式会社堀場製作所) 07.12.2015 (2015 - 12 - 07) [0016]-[0069]	14-17

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

文献1：JP 2019-020411 A（株式会社堀場製作所）07.02.2019（2019-02-07）
[0007][0015][0024]-[0082]及び図1-14

請求項の範囲は、以下の2つの発明に区分される。

（発明1）請求項1-13

請求項1-10は粒子状物質を含むサンプルガスを流入させる流入部と、サンプルガスに含まれる粒子状物質の含有量に関する含有量情報を取得する含有量情報取得部と、粒子状物質を分析する分析部と、を備える分析装置において、「流入部を流れるサンプルガス中にて流動する粒子状物質の第1画像データを取得する取得部を備え、分析部は第1画像データ及び含有量情報に基づいて粒子状物質を分析する」という特別な技術的特徴を有しているので、発明1に区分する。

また、上記構成を有する分析装置を備える分析システム、上記校正を実行する分析方法およびプログラムに関する請求項11-13についても同様に発明1に区分する。

（発明2）請求項14-17

請求項14-17は、発明1に区分された請求項1と、「画像取得部を備える、粒子状物質を分析する装置」という共通の技術的特徴を有している。しかしながら、当該技術的特徴は、文献1の開示内容（特に段落[0007]参照）に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、請求項14-17と請求項1との間に、他に同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項14-17は請求項1の従属請求項ではない。また、請求項14-17は、発明1に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項14-17は発明1に区分できない。

そして、請求項14-15は、粒子状物質を捕集する捕集フィルタと、捕集フィルタの粒子状物質が捕集された捕集領域と粒子状物質が捕集されていない非捕集領域とを含む画像データを取得する画像取得部と、画像データに基づいて粒子状物質を分析する分析部と、校正部と、を備える分析装置において、「校正部は、捕集領域に捕集された粒子状物質の捕集量と非捕集領域に対応する画素の輝度との関係と画像データを取得したときの粒子状物質の捕集量とに基づいて、画像データの非捕集領域に対応する画素の理論輝度を算出し、理論輝度と画像データの非捕集領域に対応する実際輝度との差分に基づいて、画像取得部を校正する」という特別な技術的特徴を有しているので、発明2に区分する。

また、上記構成を実施する校正方法及びプログラムに関する請求項16-17についても同様に発明2に区分する。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の
申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

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/JP2021/032846

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2019-020411	A	07.02.2019	US 2019/0017916 A1 [0009][0018][0047]-[0161] 及び図1-14 CN 109253954 A DE 102018117016 A1	
JP	62-192630	A	24.08.1987	(ファミリーなし)	
CN	202216891	U	09.05.2012	(ファミリーなし)	
JP	2017-161348	A	14.09.2017	(ファミリーなし)	
US	2011/0026023	A1	03.02.2011	EP 2312295 A2	
JP	2005-207956	A	04.08.2005	(ファミリーなし)	
CN	207147936	U	27.03.2018	(ファミリーなし)	
JP	2015-219197	A	07.12.2015	US 2015/0338534 A1 [0022]-[0074] CN 105092425 A	
JP	2017-106873	A	15.06.2017	DE 102016123704 A1 [0046]-[0098] CN 107024365 A	
JP	2015-219198	A	07.12.2015	(ファミリーなし)	