

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-79768
(P2020-79768A)

(43) 公開日 令和2年5月28日(2020.5.28)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)			
GO 1 N	15/02	(2006.01)	GO 1 N	15/02	Z	2GO 4 1
GO 1 N	15/06	(2006.01)	GO 1 N	15/06	D	
GO 1 N	15/14	(2006.01)	GO 1 N	15/14	J	
GO 1 N	27/60	(2006.01)	GO 1 N	27/60	C	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2018-213727 (P2018-213727)
(22) 出願日 平成30年11月14日 (2018.11.14)

(71) 出願人 000155023
株式会社堀場製作所
京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地
(74) 代理人 100121441
弁理士 西村 電平
(74) 代理人 100154704
弁理士 齊藤 真大
(74) 代理人 100129702
弁理士 上村 喜永
(72) 発明者 大槻 喜則
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
Fターム(参考) 2G041 BA02

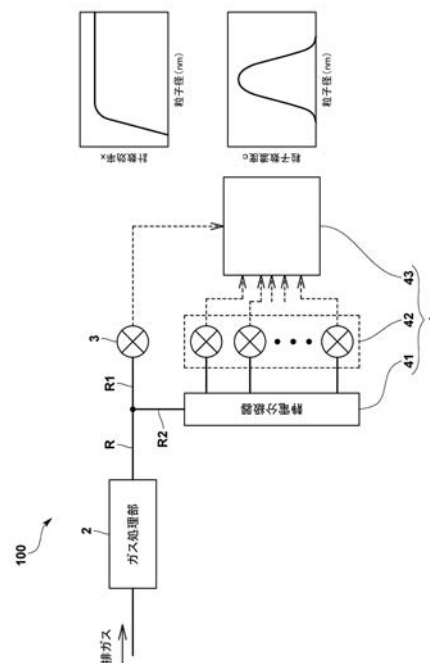
(54) 【発明の名称】 粒子径分布測定装置の補正方法、粒子径分布測定装置の校正方法、粒子径分布測定装置、及び、ガス分析システム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 粒子径分布測定装置の測定精度に対する信頼性を向上させる。

【解決手段】 測定対象ガスに含まれる粒子の粒子径分布を測定する粒子径分布測定装置4の粒子径分布測定結果を補正する方法であって、測定対象ガスに含まれる粒子数を凝縮粒子カウンタ3により測定した粒子数測定結果と凝縮粒子カウンタ3の計数効率を示す値とをパラメータとして算出される補正係数を用いて粒子径分布測定結果を補正又は粒子径分布測定装置4を校正する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定対象ガスに含まれる粒子の粒子径分布を測定する粒子径分布測定装置の粒子径分布測定結果を補正する方法であって、

前記測定対象ガスに含まれる粒子数を凝縮粒子カウンタにより測定した粒子数測定結果と前記凝縮粒子カウンタの計数効率を示す値とをパラメータとして算出される補正係数を用いて前記粒子径分布測定結果を補正する補正方法。

【請求項 2】

前記補正係数は、前記凝縮粒子カウンタの粒子数測定結果と、補正前の前記粒子径分布測定結果における径毎の粒子数濃度及び当該径毎の前記凝縮粒子カウンタの計数効率を示す値とをパラメータとして算出されるものである、請求項 1 記載の補正方法。

10

【請求項 3】

前記補正係数は、補正前の前記粒子径分布測定結果における径毎の粒子数濃度に当該径毎の前記凝縮粒子カウンタの計数効率を示す値を重み付けし、それぞれ重み付けされた粒子数濃度を積算して得られる積算粒子数濃度と、前記凝縮粒子カウンタにより得られた粒子数濃度との関係により求められるものである、請求項 1 又は 2 記載の補正方法。

【請求項 4】

前記補正係数は、以下の式により求められる、請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載の補正方法。

【数 2】

$$\text{補正係数 } A = \frac{C_{\text{CPC}}}{\sum C_k \times X_k}$$

20

ここで、 C_{CPC} は、前記凝縮粒子カウンタにより得られた粒子数濃度である。

また、 $C_k \times X_k$ は、補正前の前記粒子径分布測定結果における径毎の粒子数濃度 ($C_1 \sim C_n$) に当該径毎の前記凝縮粒子カウンタの計数効率を示す値 ($X_1 \sim X_n$) を重み付けし、それぞれ重み付けされた粒子数濃度 ($C_1 \times X_1 \sim C_n \times X_n$) を積算して得られる積算粒子数濃度である。

【請求項 5】

測定対象ガスに含まれる粒子の粒子径分布を測定する粒子径分布測定装置の校正方法であって、

30

前記測定対象ガスに含まれる粒子数を凝縮粒子カウンタにより測定した粒子数測定結果と前記凝縮粒子カウンタの計数効率を示す値とをパラメータとして算出される補正係数を用いて前記粒子径分布測定装置を校正する校正方法。

【請求項 6】

測定対象ガスに含まれる粒子の粒子径分布を測定する粒子径分布測定装置であって、

前記測定対象ガスに含まれる粒子数を凝縮粒子カウンタにより測定した粒子数測定結果を受け付ける受付部と、

前記粒子数測定結果及び前記凝縮粒子カウンタの計数効率を示す値をパラメータとして算出される補正係数を用いて算出した粒子径分布を補正する補正部とを備える、粒子径分布測定装置。

40

【請求項 7】

前記補正部により補正された粒子径分布を用いて、粒子の個数、表面積、体積又は質量濃度を算出する算出部をさらに備える、請求項 6 記載の粒子径分布測定装置。

【請求項 8】

測定対象ガスに含まれる粒子数を測定する凝縮粒子カウンタと、

測定対象ガスに含まれる粒子の粒子径分布を測定する粒子径分布測定装置と、

前記凝縮粒子カウンタにより測定した粒子数測定結果と前記凝縮粒子カウンタの計数効率を示す値とをパラメータとして算出される補正係数を用いて前記粒子径分布測定装置により得られた粒子径分布測定結果を補正する補正部とを備える、ガス分析システム。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、粒子径分布測定装置の補正方法、粒子径分布測定装置の校正方法、粒子径分布測定装置、及び、ガス分析システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、排ガス等の測定対象ガスに含まれる粒子の計数には、凝縮粒子カウンタ（CPC：Condensation Particle Counter）が用いられている。この凝縮粒子カウンタは、過飽和のアルコール雰囲気中に、粒子を通過させて大きな径に成長させた後、スリットから排出し、出てきた粒子をレーザ光で計数するものである。

10

【0003】

一方で、排ガス等の測定対象ガスに含まれる粒子の粒子径分布を測定することも行われており、この粒子径分布の測定は、測定対象ガスに含まれる粒子を静電分級器により分級し、分級された粒子を検出して、粒子径とその粒子数濃度（個数濃度）との関係である粒子径分布を求める粒子径分布測定装置が用いられている（例えば、特許文献1）。なお、粒子数濃度（個数濃度）は、例えば単位体積当たりに含まれる粒子数である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

20

【特許文献1】特開2005-214931号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、上記の凝縮粒子カウンタは、その校正法及びトレーサビリティが確立されており、その測定精度に対して信頼性が確保されている。一方で、静電分級器を用いて粒子径分布を測定する粒子径分布測定装置では、その校正法及びトレーサビリティが確立されておらず、その測定精度に対して信頼性が確保されていない。

【0006】

そこで本発明は上記問題点を解決すべくなされたものであり、粒子径分布測定装置の測定精度に対する信頼性を向上させることをその主たる課題とするものである。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

すなわち本発明に係る粒子径分布測定装置の補正方法は、測定対象ガスに含まれる粒子の粒子径分布を測定する粒子径分布測定装置の粒子径分布測定結果を補正する方法であって、前記測定対象ガスに含まれる粒子数を凝縮粒子カウンタにより測定した粒子数測定結果と前記凝縮粒子カウンタの計数効率を示す値とをパラメータとして算出される補正係数を用いて前記粒子径分布測定結果を補正することを特徴とする。

【0008】

このようなものであれば、校正法及びトレーサビリティが確立されている凝縮粒子カウンタを用いて粒子径分布測定結果を補正しているので、粒子径分布測定装置の測定精度に対する信頼性を向上させることができる。

40

【0009】

前記補正係数は、前記凝縮粒子カウンタの粒子数測定結果と、補正前の前記粒子径分布測定結果における径毎の粒子数濃度及び当該径毎の前記凝縮粒子カウンタの計数効率を示す値とをパラメータとして算出されるものであることが望ましい。

【0010】

具体的に前記補正係数は、補正前の前記粒子径分布測定結果における径毎の粒子数濃度に当該径毎の前記凝縮粒子カウンタの計数効率を示す値を重み付けし、それぞれ重み付けされた粒子数濃度を積算して得られる積算粒子数濃度と、前記凝縮粒子カウンタにより得

50

られた粒子数濃度との関係（例えば比）により求められるものであることが望ましい。

【0011】

また本発明に係る粒子径分布測定装置の校正方法は、測定対象ガスに含まれる粒子の粒子径分布を測定する粒子径分布測定装置の校正方法であって、前記測定対象ガスに含まれる粒子数を凝縮粒子カウンタにより測定した粒子数測定結果と前記凝縮粒子カウンタの計数効率を示す値とをパラメータとして算出される補正係数を用いて前記粒子径分布測定装置を校正することを特徴とする。

【0012】

このようなものであれば、校正法及びトレーサビリティが確立されている凝縮粒子カウンタを用いて粒子径分布測定装置を校正しているので、粒子径分布測定装置の測定精度に対する信頼性を向上させることができる。

10

【0013】

さらに本発明に係る粒子径分布測定装置は、測定対象ガスに含まれる粒子の粒子径分布を測定する粒子径分布測定装置であって、前記測定対象ガスに含まれる粒子数を凝縮粒子カウンタにより測定した粒子数測定結果を受け付ける受付部と、前記粒子数測定結果及び前記凝縮粒子カウンタの計数効率を示す値をパラメータとして算出される補正係数を用いて算出した粒子径分布を補正する補正部とを備えることを特徴とする。

【0014】

このようなものであれば、校正法及びトレーサビリティが確立されている凝縮粒子カウンタを用いて粒子径分布測定結果を補正することができるので、粒子径分布測定装置の測定精度に対する信頼性を向上させることができる。

20

【0015】

ここで、粒子径分布測定装置は、前記補正部により補正された粒子径分布を用いて、粒子の個数、表面積、体積又は質量濃度を算出する算出部をさらに備えることが望ましい。

【0016】

また本発明に係るガス分析システムは、測定対象ガスに含まれる粒子数を測定する凝縮粒子カウンタと、測定対象ガスに含まれる粒子の粒子径分布を測定する粒子径分布測定装置と、前記凝縮粒子カウンタにより測定した粒子数測定結果と前記凝縮粒子カウンタの計数効率を示す値とをパラメータとして算出される補正係数を用いて前記粒子径分布測定装置により得られた粒子径分布測定結果を補正する補正部とを備えることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0017】

以上に述べた本発明によれば、粒子径分布測定装置の測定精度に対する信頼性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の一実施形態に係るガス分析システムの構成を模式的に示す図である。

【図2】同実施形態の粒子径分布分析装置における演算装置の機能構成を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0019】

以下、本発明の一実施形態に係るガス分析システムについて、図面を参照しながら説明する。

【0020】

<装置構成>

本実施形態のガス分析システム100は、排ガスに含まれる粒子状物質の数（PN：Particulate Number、以下「粒子数」という。）及びその粒子径分布を測定するものである。排ガスは、内燃機関に接続された排気管から排出されるものであり、定容量サンプリング装置（CVS：Constant Volume Sampler）等で希釈された後に、その一部が採取されてガス分析システム100に導入される。な

50

お、CVSとは別に希釈用ガスで希釈するものであっても良いし、希釈しないものであっても良い。

【0021】

具体的にこのガス分析システム100は、図1に示すように、排ガスに所定の処理を行う排ガス処理部2と、排ガス処理部2を通過した排ガスに含まれる粒子数を測定する凝縮粒子カウンタ(CPC)3と、排ガス処理部2を通過した排ガスに含まれる粒子の粒子径分布を測定する粒子径分布測定装置4とを備えている。本実施形態では、ガス処理部2に接続された流路Rが途中で分岐しており、一方の分岐流路R1が凝縮粒子カウンタ3に接続され、他方の分岐流路R2が粒子径分布測定装置4に接続されている。

【0022】

排ガス処理部2は、排ガスに含まれる硫酸ミストやSOF(Soluble Organic Fraction)からなる揮発性粒子を除去するための揮発性粒子除去部(VPR: Volatile Particle Remover)である。この揮発性粒子除去部は、例えば加熱希釈器、蒸発管及び冷却希釈器を有している。

【0023】

凝縮粒子カウンタ3は、過飽和のアルコール(ブタノール等)雰囲気中に、粒子を通過させて大きな径に成長させた後、スリットから排出し、出てきた粒子をレーザ光で計数するものである。なお、凝集粒子カウンタは、その校正法及びトレーサビリティが確立された測定機器である。

【0024】

粒子径分布測定装置4は、排ガスに含まれる粒子をその径に応じて分級し、分級された径ごとに粒子を検出して、粒子径分布を算出するものである。

【0025】

具体的に粒子径分布測定装置4は、微分型静電分級器41(DMA: Differential mobility analyzer)と、当該微分型静電分級器41により分級された径ごとに粒子を検出する多段のエレクトロメータ42とを有している。

【0026】

また、粒子径分布測定装置4の演算装置43は、多段のエレクトロメータ42の検出信号を取得することによって、連続的に粒子径分布の情報を算出する粒子径分布算出部43aを有している(図2参照)。ここで、粒子径分布は、粒子径とその粒子数濃度(個数濃度)との関係を示すものである。また、粒子数濃度(個数濃度)は、例えば単位体積あたりに含まれる粒子数である。なお、演算装置43は、CPU、メモリ、入出力インターフェース、AD変換器等を有する専用又は汎用のコンピュータである。このメモリに格納されたプログラムに基づいて、CPU及びその他の周辺機器が協働することによって、粒子径分布測定の演算を行うように構成されている。

【0027】

さらに、本実施形態の演算装置43は、凝縮粒子カウンタ3の粒子数測定結果及び凝縮粒子カウンタ3の計数効率情報を受け付ける受付部43bと、粒子数測定結果及び凝縮粒子カウンタ3の計数効率をパラメータとして算出される補正係数Aを用いて算出した粒子径分布を補正する補正部43cとを備えている。なお、演算装置43は、補正部43cにより補正された粒子径分布を用いて、粒子の個数、表面積(単位体積あたりに含まれる粒子の表面積を合計した量)、体積又は質量濃度(単位体積あたりに含まれる粒子質量)等の二次情報を算出する二次情報算出部43dをさらに備えている。

【0028】

ここで補正部43cによる補正方法について詳述する。

補正部43cは、凝縮粒子カウンタ3の粒子数測定結果(粒子数データ)と、補正前の粒子径分布測定結果(粒子径分布データ)における径毎の粒子数濃度及び当該径毎の凝縮粒子カウンタ3の計数効率とをパラメータとして補正係数Aを算出する。なお、補正部43cは、所定の粒子径範囲(例えば凝縮粒子カウンタ3の測定範囲)において、補正係数Aを算出してもよい。

10

20

30

40

50

【0029】

具体的に補正部43cは、補正前の粒子径分布データにおける径毎の粒子数濃度（ $c_1 \sim c_n$ ）（図1の右中の「粒子径 - 粒子数濃度」グラフ参照）に当該径毎の凝縮粒子カウンタ3の計数効率 $x_1 \sim x_n$ （図1の右上の「粒子径 - 計数効率」グラフ参照）を重み付けして、 $c_1 \times x_1$ 、 $c_2 \times x_2$ 、 $c_3 \times x_3$ 、 \dots 、 $c_{n-1} \times x_{n-1}$ 、 $c_n \times x_n$ を求める。

【0030】

そして、補正部43cは、それぞれ重み付けされた粒子数濃度（ $c_1 \times x_1 \sim c_n \times x_n$ ）を積算して得られる積算粒子数濃度（ $c_1 \times x_1 + \dots + c_{n-1} \times x_{n-1} + c_n \times x_n$ （ $= c_k \times x_k$ ））と、凝縮粒子カウンタ3の粒子数データから求まる粒子数濃度（ C_{CPC} ）との比（ $C_{CPC} / c_k \times x_k$ ）により、以下の式に示すように、補正係数Aを求める。なお、ここでは、凝縮粒子カウンタ3の計数効率自体を用いた例を示しているが、計数効率から演算したものや、計数効率のように粒子径に応じて同様の傾向を示すものであってもよい。

10

【0031】

【数1】

$$\text{補正係数 } A = \frac{C_{CPC}}{\sum C_k \times x_k}$$

【0032】

なお、補正係数Aの算出は、所定の時間間隔で定期的に行うようにしても良いし、試験スケジュールにおいて補正係数Aを算出する工程を組み込んでよい。

20

【0033】

そして補正部43cは、粒子径分布算出部43aにより得られた粒子径分布データと、算出した補正係数Aとを用いて、粒子径分布データを補正する。つまり、補正部43cは、補正前の粒子径分布データにおける径毎の粒子数濃度（ $c_1 \sim c_n$ ）に補正係数Aを掛けることによって、補正後の粒子径分布データを算出する。

【0034】

このように補正された補正後の粒子径分布データが演算装置4の例えばディスプレイ（不図示）に出力されるとともに、二次情報算出部43dによる粒子の個数、表面積、体積又は質量濃度等の二次情報の算出に用いられる。算出された二次情報もディスプレイに出力される。その他、補正後の粒子径分布データや二次情報を例えば演算装置4のメモリに保存するようにしてもよい。

30

【0035】

<本実施形態の効果>

本実施形態のガス分析システム100によれば、校正法及びトレーサビリティが確立されている凝縮粒子カウンタ3を用いて粒子径分布測定結果を補正しているので、粒子径分布測定装置4の測定精度に対する信頼性を向上させることができる。

【0036】

また、補正された粒子径分布を用いて粒子の個数、表面積、体積、質量濃度などを算出することで、それらの測定精度も向上させることができる。

40

【0037】

<その他の変形実施形態>

なお、本発明は前記実施形態に限られるものではない。

【0038】

例えば、前記実施形態では、粒子径分布測定装置による粒子径分布を補正する構成であったが、粒子径分布測定装置を凝縮粒子カウンタの粒子数データを用いて校正するようにしてもよい。この校正においても、排ガスを凝縮粒子カウンタ及び粒子径分布測定装置の両方に流して、前記実施形態と同様に補正係数Aを求める。そして、この補正係数Aを用いて粒子径分布測定装置を校正する。

50

【0039】

前記実施形態では、補正部が粒子数濃度を用いて補正係数 A を算出しているが、粒子の個数を用いて算出するようにしてもよい。

【0040】

また、ガス処理部 4 の後段部に希釈器を有する構成の場合には、当該希釈器と静電分級器に流すシースガスを流す構成とを共用してもよい。これにより、排ガスが必要以上に希釈されることを防止して、粒子径分布測定の高感度化を図ることができる。

【0041】

前記実施形態では、粒子径分布測定装置の補正部が粒子径分布測定結果を補正する構成としているが、粒子径分布測定装置とは別に粒子径分布測定結果を補正する補正部を備える構成としてもよい。

10

【0042】

補正係数 A は、粒子径分布測定を行う毎などのように定期的に行うことが望ましいが、所定のタイミング（例えば製品出荷時や校正時）に算出した補正係数 A を演算装置 4 のメモリに記憶しておき、当該記憶した補正係数 A を用いて各粒子径分布測定結果を補正する構成としておけば、凝縮粒子カウンタを接続しないものであってもよい。

【0043】

粒子径分布測定装置は、前記実施形態の他に、レーザ光を照射して得られる回折 / 散乱光を検出して粒子径分布を測定するレーザ回折 / 散乱式粒子径分布測定装置や、カメラにより得られた画像を解析して粒子径分布を測定する粒子径画像解析式粒子径分布測定装置であってよい。

20

【0044】

前記実施形態では、凝縮粒子カウンタ 3 の計数効率を示す値を用いて補正係数 A を求めているが、計数効率を示す値の他に、粒子径に応じて変化する測定結果を補正するための係数（例えば粒子径が小さいと測定精度が悪くなるのを補正する係数）を用いるような他の分析装置を用いてもよい。

【0045】

さらに、ガス分析システムは、ガス処理部を有さない構成としてもよい。

【0046】

その他、本発明の趣旨に反しない限りにおいて様々な実施形態の変形や組み合わせを行っても構わない。

30

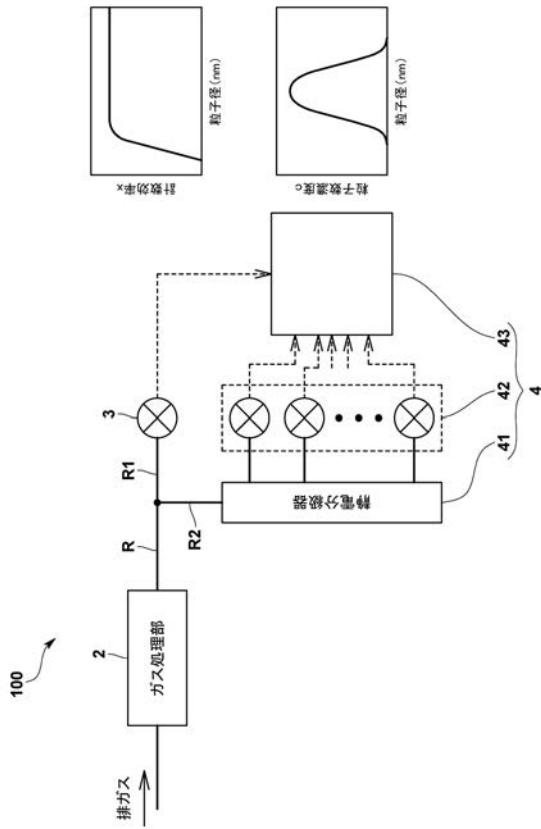
【符号の説明】

【0047】

- 100・・・ガス分析装置
- 2・・・ガス処理部
- 3・・・凝縮粒子カウンタ
- 4・・・粒子径分布測定装置
- 41・・・微分静電分級器
- 42・・・エレクトロメータ
- 43・・・演算装置
- 43a・・・粒子径分布算出部
- 43b・・・受付部
- 43c・・・補正部
- 43d・・・二次情報算出部

40

【 図 1 】



【 図 2 】

