(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7154154号
(P7154154)

(45)発行日　令和4年10月17日(2022.10.17)

(24)登録日　令和4年10月6日(2022.10.6)

(51)国際特許分類		FI		
G01T	*1/167(2006.01)*	G01T	1/167	B
G01T	*1/24 (2006.01)*	G01T	1/24	
G01T	*1/20 (2006.01)*	G01T	1/20	A

請求項の数　6　（全14頁）

(21)出願番号　特願2019-35063(P2019-35063)
(22)出願日　平成31年2月28日(2019.2.28)
(65)公開番号　特開2020-139826(P2020-139826A)
(43)公開日　令和2年9月3日(2020.9.3)
審査請求日　令和3年11月18日(2021.11.18)

(73)特許権者　000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号
(74)代理人　110002941弁理士法人ぱるも特許事務所
(74)代理人　100073759
弁理士　大岩 増雄
(74)代理人　100094916
弁理士　村上 啓吾
(74)代理人　100127672
弁理士　吉澤 憲治
(72)発明者　相場 俊英
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号
三菱電機株式会社内
審査官　後藤 大思

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　放射性ダストモニタおよび放射能濃度測定方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

測定地点における粒子状放射性物質を含む空気を検出対象として捕集する対象捕集部と、前記検出対象から放射される放射線量を検出する放射線検出器と、前記検出対象に含まれる複数の自然放射性物質について放射線量を求める自然放射線量演算部と、複数の前記自然放射性物質における放射線量比率に応じた補償量をデータベースとして保有する補償量データベース保管部と、前記自然放射線量演算部による演算結果によって複数の前記自然放射性物質における放射線量比率に応じた補償量を前記補償量データベース保管部で保有するデータの中から決定する補償量決定部とを備え、前記放射線検出器で検出し前記放射線量と、前記補償量決定部にて決定した補償量と、前記対象捕集部で捕集した空気の量とに基づいて前記検出対象の放射能濃度を求める放射能濃度演算部を有することを特徴とする放射性ダストモニタ。

【請求項２】

前記自然放射線量演算部は複数の前記自然放射性物質としてのBi-214とTl-208とについて放射線量を求めるものであり、前記補償量データベース保管部は複数の前記自然放射性物質におけるBi-214とTl-208との放射線量比率に応じた補償量をデータベースとして保有するものであることを特徴とする請求項１に記載の放射性ダストモニタ。

【請求項３】

前記放射線検出器は、マルチアノード光電子増倍管と、前記マルチアノード光電子増倍管における各アノードの受光面に対応した複数の柱状シンチレータとを備え、各シンチレ

ータの間にはクロストーク防止部材を配設した構成であり、前記マルチアノード光電子増倍管におけるマルチアノードの各チャンネルに対してパルス信号を処理する信号処理部を設けたことを特徴とする請求項１または請求項２に記載の放射性ダストモニタ。
【請求項４】
前記対象捕集部は、前記粒子状放射性物質を含む空気を検出対象として捕集するためのろ紙を有するとともに、前記放射線検出器は、光電子増倍管と、シンチレータとを備え、前記シンチレータは前記ろ紙を少なくとも三方から囲む形状とされていることを特徴とする請求項１または請求項２に記載の放射性ダストモニタ。
【請求項５】
前記放射線検出器は、回路要素を半導体素子とした半導体検出器によって構成されていることを特徴とする請求項１または請求項２に記載の放射性ダストモニタ。
【請求項６】
測定地点における粒子状放射性物質を含む空気を検出対象として対象捕集部により捕集し、前記検出対象から放射される放射線量を放射線検出器により検出するとともに、前記検出対象に含まれる複数の自然放射性物質について放射線量を自然放射線量演算部により求めるものであって、前記検出対象に含まれる複数の前記自然放射性物質における放射線量比率に応じた補償量をデータベースとして保有し、前記自然放射線量演算部による演算結果によって複数の前記自然放射性物質における放射線量比率に応じた補償量を補償量決定部により前記データベースとして保有するデータの中から決定して、前記放射線検出器で検出した前記放射線量と、前記補償量決定部にて決定した補償量と、前記対象捕集部で捕集した空気の量とに基づいて前記検出対象の放射能濃度を求めることを特徴とする放射能濃度測定方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
この出願は、放射性ダストモニタおよび放射能濃度測定方法、特に、原子力発電所をはじめとする放射性物質取扱施設などで使用する空気中の放射能濃度を監視する放射性ダストモニタおよび放射能濃度測定方法に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
原子力発電所などでは測定対象物の放射線量または放射能量を測定核種毎に測定するため、複数の放射線検出器を搭載した放射線モニタまたは複数の放射線モニタを使用している。複数の放射線検出器を搭載した放射線モニタとして核分裂生成物および放射化生成物を測定対象とする放射性ダストモニタがある。
【０００３】
従来の放射性ダストモニタは、測定対象から放射されるα線とβ線とを同時に検出するαβ検出器、γ線を検出するγ線検出器、検出器に対応する測定部、環境γ線の影響を低減するための鉛遮蔽体、サンプル空気をサンプリングするポンプと測定対象である粒子状放射性物質を補修するろ紙を搭載したサンプリング部を備える。
【０００４】
測定点の空気をサンプリングしてろ紙を通して、そのサンプル空気に浮遊しているダストをろ紙に捕集し、そのダストから放出されるβ線を放射線検出器で検出し、ろ紙を通過したサンプル空気量と放射線検出器から出力されるパルス信号を計数して、測定点の空気中に存在する粒子状の測定対象核種の濃度を測定・監視している。
【０００５】
核分裂生成物および放射化生成物のβ線を測定する場合、自然放射性核種であるラドンおよびトロンの娘核種のβ線およびγ線がバックグラウンドとして混入するため、測定対象物のβ線を高感度で計測しようとするときには、バックグラウンドの影響が無視できなくなり、ラドンおよびトロンの娘核種を補償することが不可欠となる。また環境の様々なγ線がバックグラウンドとして混入するため、その影響を補償することも必要となる。

【０００６】
測定対象物を正確に測定するために、従来から様々な手法が取られている。ラドン・トロンあるいはそれらの娘核種の影響を低減させる手法として、ダストを補修したサンプリングろ紙をサンプリング後、１～数日程度放置してそれら自然放射性核種を減衰させてから、β線の測定を行っていた。このタイプのダストモニタは、リアルタイムのモニタリングに用いることはできなかった。
【０００７】
これに対して、リアルタイムの測定をするための手法としては、従来、ダストから発せられるα線とβ線とを計数し、α線の計数率を用いてβ線の計数率を補償するという方法が取られていた。原子力発電所などの施設では、核燃料処理施設とは異なり、α線を発するのは自然放射性核種であるラドン、トロンおよびそれらの娘核種のみに限られるので、α線計数率がラドンなどの量を表すことになる。ラドンなどはα線のほかにβ線も発するが、α線とβ線の比率は実験などにより求めることができるので、ダストモニタのα線計数率にこの比率を乗じることにより、β線計数率に対するラドンなどの寄与分を求めることができる。すなわちこの比率は、β線計数率に対するラドンなどの寄与分を求めるための換算定数として用いられる。このラドンなどの寄与分をβ線計数率から減算することにより、人工放射性核種のみについてのβ線計数率を得ることができ、この値から空気中の人工放射性核種の濃度を求めることができる。
【０００８】
この手法の場合、ラドンなどの自然放射性核種の濃度が高くなるとα線計数率の増大に伴ってβ線計数率への寄与分の誤差が大幅に増大するため、全β線計数率からラドンなどの寄与分を差し引いて得られる人工放射性核種のみについてのβ線計数率も極めて大きな誤差を含むことになる。
【０００９】
このような問題点に対しては別の手法が取られている。サンプリングろ紙上に捕集されたダストから発せられるγ線について、波高分析器によりエネルギースペクトルを測定し、各人工放射性核種が発するγ線のエネルギーに対応するウインドウを設定し、このウインドウにおける総計数率を求める。さらにラドン、トロンおよびその娘核種が発するγ線のエネルギーに対応するウインドウを設定し、このウインドウにおける計数率を求め、所定の換算定数を乗じて、各人工放射性核種が発するγ線のエネルギーに対応するウインドウにおける総計数率から減算することで人工放射性核種のみについてのγ線計数率を求める（例えば特許文献１）。
【００１０】
α線を放出する核種、例えばプルトニウムを測定する場合に対しては、波高分析器で取得したスペクトルに対し、プルトニウムの領域とラドンの娘核種の領域とトロンの娘核種の領域、これら３つの領域を計測し、ラドンの娘核種の領域とトロンの娘核種の領域の計測値にそれぞれの係数を乗じて、ラドンおよびトロンによるバックグラウンド分、すなわち、推定計数値を算出し、プルトニウムの測定値から推定計数値を差し引くことによりプルトニウムの計数値を求める手法を取り、バックグラウンドの影響を低減している（例えば特許文献２）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【００１１】
【文献】特開平８－２８５９４４号公報
特開平９－０１５３３６号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【００１２】
しかし、従来の放射性ダストモニタは上記γ線計測の場合、ラドン、トロンおよびその娘核種の寄与分を所定の換算定数を乗じているため、測定している地点の温度、天候、時

間、季節など環境条件が変わり、ラドン、トロンおよびその娘核種の寄与量が変動した場合において測定値の精度に影響が出てしまう。

【００１３】

また、上記α線計測の場合についてもラドンとトロンの寄与分に対し、所定の換算定数を乗じているため、測定地点の環境条件に変動があった場合、測定値の精度に影響が出てしまう。さらにラドン・トロンの寄与分の推定計数値が精度良く一致するようになるためには、ラドン・トロンの娘核種がろ紙の内部に多く捕集され、定常状態となる、捕集を開始してから数日後となるため、長い予備収集時間が必要となるという問題点があった。

【００１４】

この出願の目的は、測定している地点の環境条件が変わり、ラドン、トロンおよびその娘核種などの寄与量が変化する場合あるいは定常状態になる前の過渡状態の場合でもリアルタイムに測定結果に対する補償を行い、精度良く測定対象の放射能濃度を測定する放射性ダストモニタを提供すること、および精度の良い放射能濃度の測定方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【００１５】

この出願に係る放射性ダストモニタは、測定地点における粒子状放射性物質を含む空気を検出対象として捕集する対象捕集部と、前記検出対象から放射される放射線量を検出する放射線検出器と、前記検出対象に含まれる複数の自然放射性物質について放射線量を求める自然放射線量演算部と、複数の前記自然放射性物質における放射線量比率に応じた補償量をデータベースとして保有する補償量データベース保管部と、前記自然放射線量演算部による演算結果によって複数の前記自然放射性物質における放射線量比率に応じた補償量を前記補償量データベース保管部で保有するデータの中から決定する補償量決定部とを備え、前記放射線検出器で検出し前記放射線量と、前記補償量決定部にて決定した補償量と、前記対象捕集部で捕集した空気の量とに基づいて前記検出対象の放射能濃度を求める放射能濃度演算部を有することを特徴とする。

【００１６】

また、この出願に係る放射能濃度測定方法は、測定地点における粒子状放射性物質を含む空気を検出対象として対象捕集部により捕集し、前記検出対象から放射される放射線量を放射線検出器により検出するとともに、前記検出対象に含まれる複数の自然放射性物質について放射線量を自然放射線量演算部により求めるものであって、前記検出対象に含まれる複数の前記自然放射性物質における放射線量比率に応じた補償量をデータベースとして保有し、前記自然放射線量演算部による演算結果によって複数の前記自然放射性物質における放射線量比率に応じた補償量を補償量決定部により前記データベースとして保有するデータの中から決定して、前記放射線検出器で検出した前記放射線量と、前記補償量決定部にて決定した補償量と、前記対象捕集部で捕集した空気の量とに基づいて前記検出対象の放射能濃度を求めることを特徴とする。

【発明の効果】

【００１７】

この出願に開示される放射線ダストモニタによれば、自然放射性物質による影響を的確に補償することによって精度良い放射性ダストモニタを得ることができる

また、この出願に開示される放射線ダストモニタならびに放射能濃度測定方法によれば、自然放射性物質による影響を的確に補償することによって放射能濃度測定を精度良く行うことができる

【図面の簡単な説明】

【００１８】

【図１】実施の形態１に係る放射性ダストモニタの全体構成を示すブロック図である。

【図２】実施の形態１において測定で得られるγ線のエネルギースペクトルの例を示す曲線図である。

【図３】実施の形態２に係る放射性ダストモニタの検出器の構成を示す概略図である。

【図４】実施の形態３に係る放射性ダストモニタの検出器の構成を示す概略図である。
【図５】実施の形態４に係る放射性ダストモニタの全体構成を示すブロック図である。
【発明を実施するための形態】
【００１９】
実施の形態１．
実施の形態１に係る放射性ダストモニタを図１および図２に基づいて説明する。図１は実施の形態１に係る放射性ダストモニタの全体構成を示すブロック図である。図２は測定で得られるγ線のエネルギースペクトルの例を示す曲線図である。
放射性ダストモニタのサンプリング部ＳＰを構成する遮蔽容器３の内部には空気の流れる流路１が形成されており、この流路１の一方側にはポンプ６が接続されている。このポンプ６を作動させることによって流路１に設けられた吸入口１ａから外界の空気が流路１内に導入される。導入された空気の量は流量計５にて測定されている。導入された空気はサンプリングろ紙４を通過し、ポンプ６を通って排気口１ｂから排気される。サンプリングろ紙４には吸入された空気に含まれるダストが捕集される。図１に示す構成ではろ紙４は固定ろ紙の構成となっているが、リール状のサンプリングろ紙を用いた連続式または間欠式の構成としてもよい。
【００２０】
サンプリングろ紙４に捕集されたダストから放出されるγ線を検出するための放射線検出器２がサンプリングろ紙４に対面する位置に設置されている。放射線検出器２にはシンチレーション検出器を用いる。サンプリングろ紙４と放射線検出器２は、サンプリングろ紙４に捕集されたダスト以外からの放射線検出器２に入射するバックグラウンドγ線を低減するために、高い放射線遮蔽能力を有する材料、例えば、鉛あるいは鉄などで構成された遮蔽容器３内に設置する。遮蔽容器３の内側には、銅材などで構成されるシールドを設けてもよい。
【００２１】
サンプリングろ紙４に捕集されたダストから放出されたγ線が放射線検出器に入射すると、シンチレータにおいてシンチレーション光を放出する。このシンチレーション光を光電子増倍管で電気パルス信号に変換する。信号処理部７にて増幅・波形整形され、同部に有している波高分析器においてパルス信号の波高分析を行い、波高分析器のチャンネルごとに係数を求め、ダストから放出されたγ線のエネルギースペクトルを求める。
【００２２】
求められたエネルギースペクトルの例を図２に示す。自然放射線量演算部８では、自然放射性核種であるラドン、トロンの娘核種の内、主要なものであるビスマスBiの同位体としてのBi-214およびタリウムTlの同位体としてのTl-208に対応するピーク部分にウインドウを設定し、各ウインドウの計数を基に、その比率Bi-214/Tl-208を計算する。
【００２３】
例えば測定対象としてCo-60の測定を行う場合、Co-60部分のピークに相当するウインドウ範囲にBi-214あるいはTl-208の寄与による係数が混入することになる。この混入をCo-60のウインドウの計数から差し引くことによりCo-60の正確な係数を求めることができる。
【００２４】
Bi-214/Tl-208の各比率におけるCo-60のウインドウへの混入率をシミュレーションあるいは実験をすることによって事前に求めておき、下記に示す表１のようにデータベース化し、補償量データベース保管部１０に記憶しておく。Bi-214とTl-208をばらばらに各計数について混入率をデータベース化してもよいが、比率としてデータベース化することにより、データベースを簡素化し、容量を小さくすることができる。
【００２５】

【表１】

表1

Bi-214/Tl-208	Co-60への混入率(Biの計数=1の場合)
⋮	⋮
0.1	a_1
0.2	a_2
⋮	⋮

【００２６】

補償量決定部９では、自然放射線量演算部８にて計算したBi-214/Tl-208の比率におけるCo-60への混入率を補償量データベース保管部１０より抽出、決定し、放射能濃度演算部１１へ送る。

【００２７】

放射能濃度演算部１１では信号処理部７にて求めたエネルギースペクトルから測定対象のCo-60に相当するウインドウの計数から、補償量決定部９で決定した混入率と実測したBi-214あるいはTl-208の計数を乗じた混入量を引き去ることでCo-60のみの計数を求め、流量計５で測定した流量と、測定時間およびCo-60の放出するγ線の分岐比、放射線検出器の検出効率を基に下記数１に示す式（１）および式（２）の計算式に則って放射能濃度を算出する。算出した放射能濃度は表示部１２に表示される。

【００２８】

【数１】

数1

$$N_{Co} = N_p - a_x N_{Bi} \quad \cdots\cdots\cdots \text{式(1)}$$

$$G = \frac{N_{Co}}{\text{検出効率} \times \text{分岐比} \times t \times V} \quad \cdots \text{式(2)}$$

N_{Co}：Co-60の計数

a_x：測定時のBi-214/Tl-208に対するCo-60の混入率

N_{Bi}：Bi-214の計数

N_p：Co-60のウインドウに入る総計数

G：放射能濃度

t：測定時間

V：吸入した空気の体積

【００２９】
以上のように実施の形態１では、Bi-214/Tl-208の各比率に対する測定対象への混入率を補償量データベース保管部にデータベースとして保管し、測定したエネルギースペクトルのそれぞれのウインドウの計数を基に補償量をリアルタイムに算出し、測定対象の計数から差し引くことにより、測定対象の放射能濃度を高精度かつリアルタイムに測定することができる。
【００３０】
実施の形態１における放射性ダストモニタは、図１および図２に示す通り、次の構成が適用されている。
測定地点における粒子状放射性物質を含む空気を検出対象として捕集するサンプリング部ＳＰからなる対象捕集部と、前記検出対象から放射される放射線量を検出する放射線検出器２と、前記検出対象に含まれる複数の自然放射性物質について放射線量を求める自然放射線量演算部８と、複数の前記自然放射性物質における放射線量比率に応じた補償量をデータベースとして保有する補償量データベース保管部１０と、自然放射線量演算部８による演算結果によって複数の前記自然放射性物質における放射線量比率に応じた補償量を前記補償量データベース保管部１０で保有するデータの中から決定する補償量決定部９とを備え、放射線検出器２で検出した前記放射線量と、補償量決定部９にて決定した補償量と、サンプリング部ＳＰからなる前記対象捕集部で捕集した空気の量とに基づいて前記検出対象の放射能濃度を求める放射能濃度演算部１１を有することを特徴とする。
そして、自然放射線量演算部８は複数の前記自然放射性物質としてのBi-214とTl-208とについて放射線量を求めるものであり、補償量データベース保管部１０は複数の前記自然放射性物質におけるBi-214とTl-208との放射線量比率Bi-214/Tl-208 に応じた補償量をデータベースとして保有するものであることを特徴とする。
【００３１】
すなわち、測定地点の空気をポンプ等で吸引しサンプリングしてサンプル空気に含まれる粒子状放射性物質をろ紙に捕集するサンプリング部ＳＰと、サンプリング部ＳＰから放射されるγ線を検出してパルス信号を発する放射線検出器２と、そのサンプリング信号を増幅、成形し、波高を測定して、その波高データに基づいて波高スペクトルを測定する信号処理部７と、自然放射線核種であるラドン、トロンおよびその娘核種として主要なBi-214とTl-208が発するγ線のエネルギーに対応するウインドウを設定し、そのウインドウ内の計数から自然放射線核種の放射線量を求める自然放射線量演算部８と、Bi-214/Tl-208の各比率において、測定対象核種のエネルギーに対応するウインドウに混入する混入率をデータベースとして保有する補償量データベース保管部１０と、自然放射線量演算部８が求めた結果から最適な補償量を前記補償量データベース保管部で保有するデータの中から決定する補償量決定部９と、信号処理部７で求めた測定対象から発するγ線のエネルギーに対応するウインドウの計数と補償量決定部９にて決定した補償量とサンプリング部ＳＰで吸引した空気の量に基づいて測定対象の放射能濃度を求める放射能濃度演算部と、求めた放射性濃度を表示する表示部１２とを有することを特徴とする。
【００３２】
この構成により、自然放射性物質による影響を的確に補償することによって精度良い放射性ダストモニタを得ることができる。
すなわち、従来のように補償のための換算定数を固定するのではなく、自然放射性核種であるラドン、トロンおよびその娘核種として主要なBi-214とTl-208が発するγ線に対応するウインドウにおける計数の各比率に対する補償量をデータベースとして保管しておくことにより、環境条件が変化した場合あるいは捕集された自然放射性核種が過渡状態の場合においても、リアルタイムに最適な補償量を適用することにより、精度の高い放射能濃度測定が可能となる放射性ダストモニタを得ることができる。
【００３３】
実施の形態１における放射能濃度測定方法は、図１および図２に示す通り、次の内容が適用されている。

測定地点における粒子状放射性物質を含む空気を検出対象としてサンプリング部ＳＰからなる対象捕集部により捕集し、前記検出対象から放射される放射線量を放射線検出器２により検出するとともに、前記検出対象に含まれる複数の自然放射性物質について放射線量を自然放射線量演算部８により求めるものであって、前記検出対象に含まれる複数の前記自然放射性物質における放射線量比率に応じた補償量を補償量データベース保管部１０においてデータベースとして保有し、自然放射線量演算部８による演算結果によって複数の前記自然放射性物質における放射線量比率に応じた補償量を補償量決定部９により補償量データベース保管部１０において前記データベースとして保有するデータの中から決定して、放射線検出器２で検出した前記放射線量と、補償量決定部９にて決定した補償量と、サンプリング部ＳＰからなる前記対象捕集部で捕集した空気の量とに基づいて前記検出対象の放射能濃度を求めることを特徴とする。

【００３４】

これにより、自然放射性物質による影響を的確に補償することによって精度良い放射能濃度測定を行える放射能濃度測定方法を得ることができる。

すなわち、従来のように補償のための換算定数を固定するのではなく、自然放射性核種であるラドン、トロンおよびその娘核種として主要なBi-214とTl-208が発するγ線に対応するウインドウにおける計数の各比率に対する補償量をデータベースとして保管しておくことにより、環境条件が変化した場合あるいは捕集された自然放射性核種が過渡状態の場合においても、リアルタイムに最適な補償量を適用することにより、精度の高い放射能濃度測定が可能となる。

【００３５】

実施の形態２．

実施の形態２を図３に基づいて説明する。図３は実施の形態２に係る放射性ダストモニタの検出器の構成を示す概略図であり、図３（ａ）はマルチアノード光電子増倍管２１と柱状シンチレータ２２からなる放射線検出器２ａの概略構成を示す側面図、図３（ｂ）はマルチアノード光電子増倍管２１の受光面を概略的に示す平面図である。

実施の形態２における放射性ダストモニタにおける放射線検出器２ａは、マルチアノード光電子増倍管２１と各アノードの受光面サイズに一致した細い柱状のシンチレータ２２を組み合わせたものを適用している。各シンチレータ２２の間にはクロストークを防ぐために反射材等をコーティングしており、反射材等でコーティングすることは集光率の向上にも寄与する。また信号処理部７では放射線検出器２ａの各チャンネルのパルス信号を処理する構造としている。それ以外の部分については実施の形態１と同一構成としている。

【００３６】

通常、放射線検出器の検出効率はろ紙部分に一様に放射性核種が付着した面線源を使用して求めた値を適用している。実際の測定においては吸引したダストがろ紙４に一様に付着しているとは限らない。ダストがろ紙４に一様に付着していない状態で、一様に放射性核種が付着した面線源を使用して求めた検出効率の値を用いて放射能濃度を計算した場合、その測定精度に影響が出る。

【００３７】

実施の形態２の放射線検出器２ａを用いると、ろ紙４上に多くダストが付着している付近のチャンネルにおいて放射線のカウント数が多く観測されることとなる。すなわち、ろ紙４上のダストの分布を測定することができるようになる。

【００３８】

ろ紙４上の各位置にダストが付着している場合の各チャンネルの検出効率を事前に求めておき、測定したろ紙４上のダスト分布にあわせて、下記数２に示す式（３）および式（４）を用いて測定結果について各ろ紙４上の位置からの計数より、実施の形態１と同様に自然放射性核種の影響を差し引いて、足し合わせたのち、放射能濃度を求める。

【００３９】

【数２】

数2

$$N_{Coij} = N_{pij} - a_{xij}N_{Biij} \quad \cdots\cdots\cdots \text{式(3)}$$

$$G = \frac{\sum_{i,j} \frac{N_{Coij}}{\text{検出効率}_{ij}}}{\text{分岐比} \times t \times V} \quad \cdots\cdots\cdots \text{式(4)}$$

N_{Coij}：マルチアノード光電子増倍管のij番目のチャンネルのCo-60の計数

a_{xij}：マルチアノード光電子増倍管のij番目のチャンネルのある測定時のBi-214/Tl-208に対するCo-60の混入率

N_{Biij}：マルチアノード光電子増倍管のij番目のチャンネルのBi-214の計数

N_{pij}：マルチアノード光電子増倍管のij番目のチャンネルのCo-60のウインドウに入る総計数

【００４０】

実施の形態２における放射性ダストモニタは、実施の形態１における構成において、図３に示す通り、次の構成が適用されている。

前記放射線検出器２ａは、マルチアノード光電子増倍管２１と、マルチアノード光電子増倍管２１における各アノードの受光面に対応した複数の柱状シンチレータ２２とを備え、各シンチレータ２２の間にはクロストーク防止部材を配設した構成であり、マルチアノード光電子増倍管２１におけるマルチアノードの各チャンネルに対してパルス信号を処理する信号処理部を設けたことを特徴とする。

すなわち、放射線検出器２ａは、マルチアノード光電子増倍管２１と各アノードの受光面サイズに対応した細い柱状のシンチレータ２２を組み合わせたものを適用し、各シンチレータ２２の間にはクロストークを防ぎために反射材等をコーティングした構成であり、前記信号処理部は放射線検出器２ａのマルチアノードの各チャンネルに対してパルス信号を処理する構成としていることを特徴とする。

この構成により、放射線検出器による放射線量の検出を正確に行うことができ、自然放射性による影響を的確に補償することによって精度良い放射性ダストモニタを得ることができる。

【００４１】

実施の形態３．

次に実施の形態３における放射性ダストモニタを図４に基づいて説明する。図４は実施の形態３に係る放射性ダストモニタの検出器の構成を示す概略図である。

図４において、放射線検出器２ｂは、光電子増倍管３１とシンチレータ３２とからなる。この実施の形態３ではシンチレータ３２がろ紙４をコの字に囲む形状としている。ろ紙４に捕集されたダストから放出されるγ線は４π方向に発せられている。そのため、ろ紙４の片面側のみに放射線を測定することが可能な有効面を持たせる検出器の構造とすると、半分以上の放射線を測定に利用していないこととなる。

【００４２】

この実施の形態３のように、ろ紙４をコの字に囲む形状にシンチレータ３２をすると、測定される放射線の数は片面のみにシンチレータを設置している検出器と比較して多くなる。すなわち検出効率が増大することになるため、測定時間を短縮することが可能となる

。よって本構成に実施の形態１と同様の手法で自然放射性核種の影響を差し引くことにより、高精度な放射能濃度測定を短時間に実施する放射性ダストモニタを提供することが可能となる。

【００４３】

実施の形態３における放射性ダストモニタは、実施の形態１または実施の形態２における構成において、図４に示す通り、次の構成が適用されている。

サンプリング部ＳＰからなる前記対象捕集部は、前記粒子状放射性物質を含む空気を検出対象として捕集するためのろ紙４を有するとともに、放射線検出器２ｂは、光電子増倍管３１と、シンチレータ３２とを備え、シンチレータ３２はろ紙４を少なくとも三方から囲む形状とされていることを特徴とする。

すなわち、放射線検出器２ｂは、光電子増倍管３１と各アノードの受光面サイズに対応した細い柱状のシンチレータ３２を組み合わせたものを適用し、前記シンチレータ３２部分においてろ紙４をコの字型に囲む形状としていることを特徴とする。

この構成により、放射線検出器による放射線量の検出を確実に行うことができ、自然放射性による影響を的確に補償することによって精度良い放射性ダストモニタを得ることができる。

【００４４】

実施の形態４．

次に実施の形態４における放射性ダストモニタを図５に基づいて説明する。図５は実施の形態４に係る放射性ダストモニタの構成を示すブロック図である。

図５において、放射線検出器２ｃに半導体検出器を適用する。半導体検出器はｎ型半導体とｐ型半導体で構成されており、逆電圧を印加することにより空乏層を生成する。この空乏層にγ線が入射すると、電離が発生し、正孔と電子が生じる。この電荷を収集し、増幅してパルス信号とすることで、放射線を検出することができる。

【００４５】

半導体検出器は一般にシンチレータ検出器よりエネルギー分解能が高い。そのためエネルギースペクトルにおける自然放射性核種の各ピークおよび測定対象核種のピークはシャープとなる。故に各ピークを検出するウインドウの幅を狭めることができる。ウインドウ幅を狭めることができれば測定対象核種のピークに含まれる自然放射性核種の寄与そのものが小さくなり、さらに自然放射性核種のピーク自体の測定精度も高くなる。よってBi-214/Tl-208の比率の測定精度も向上するため、より正確に測定対象核種への混入率を決定することができる。

【００４６】

本実施の形態４により、自然放射性核種の寄与および測定対象核種の放射能濃度の測定精度が向上した放射性ダストモニタを提供することができる。

【００４７】

以上のように、この出願に係る放射性ダストモニタによれば、従来のように補償のための換算定数を固定するのではなく、自然放射性核種であるラドン、トロンおよびその娘核種として主要なBi-214とTl-208が発するγ線に対応するウインドウにおける計数の各比率に対する補償量をデータベースとして保管しておくことにより、環境条件が変化した場合あるいは捕集された自然放射性核種が過渡状態の場合においても、リアルタイムに最適な補償量を適用することにより、精度の高い放射能濃度測定が可能となる。

【００４８】

またγ線測定のため、α線測定時のようにろ紙の捕集深さなどによる減衰の考慮が不要となり、測定結果の解析が容易となる。

また自然放射性核種の寄与を減衰させるために数日置く必要が無くなり、予備捕集に数日費やす必要が無くなるため、放射性ダストモニタの稼働率を上げることができる。

また放射線検出器、信号処理部がそれぞれ１つでよいため、装置構成が簡素となる。

さらに高温のガスを吸引するダストモニタのように検出器保護のため断熱容器を用いているため、α線とβ線測定が困難な場合においても、γ線測定にて自然放射性核種の影響

を低減した精度の高い測定対象物の放射能濃度測定をすることができる。

【００４９】

実施の形態４における放射性ダストモニタは、実施の形態１から実施の形態３までの何れかにおける構成において、図５に示す通り、次の構成が適用されている。

放射線検出器２ｃは、回路要素をｎ型半導体およびｐ型半導体からなる半導体素子とする半導体検出器によって構成されていることを特徴とする。

この構成により放射線検出器による放射線量の検出をより確実に行うことができ、自然放射性物資による影響を的確に補償することによって精度良い放射性ダストモニタを得ることができる。

【００５０】

なお、この出願における技術思想としての開示事項は、その技術範囲内において、実施の形態を自由に組合せたり、各実施の形態を適宜、変形、省略することが可能である。

【符号の説明】

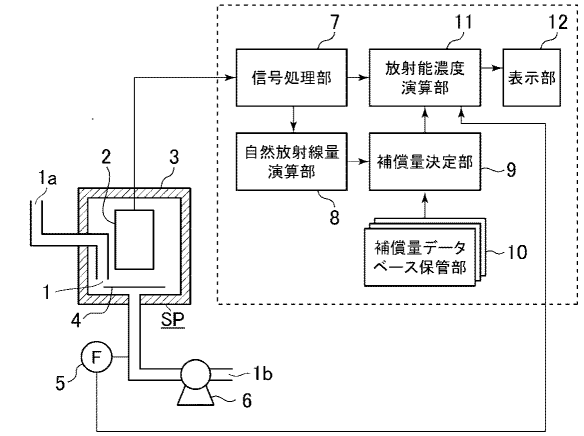
【００５１】

１　流路、１ａ　吸入口、１ｂ　排気口、２、２ａ、２ｂ、２ｃ　放射線検出器、３　遮蔽容器、４　ろ紙、５　流量計、６　ポンプ、７　信号処理部、８　自然放射線量演算部、９　補償量決定部、１０　補償量データベース保管部、１１　放射能濃度演算部、１２　表示部、２１　マルチアノード光電子増倍管、２２　柱状シンチレータ、３１　光電子増倍管、３２　シンチレータ。

【図面】

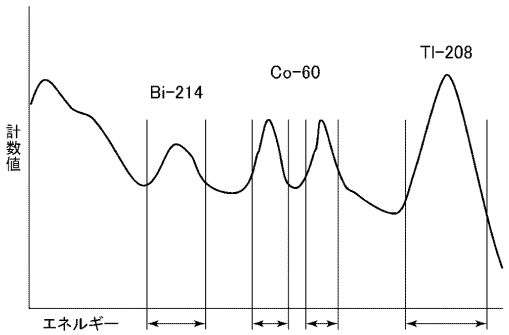
【図１】

図１



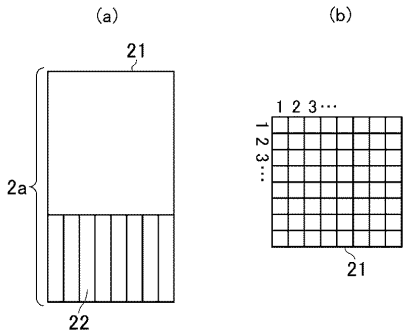
【図２】

図２



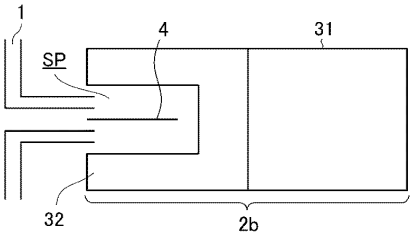
【図３】

図３



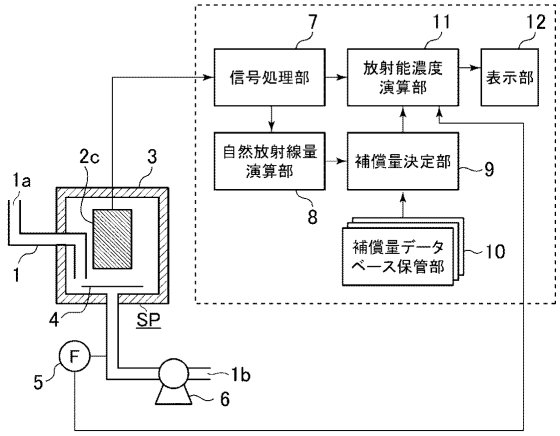
【図４】

図４



【図５】

図５


7
11
12
信号処理部
放射能濃度
演算部
表示部
自然放射線量
演算部
補償量決定部
9
8
補償量データ
ベース保管部
10
1a
2c
3
1
4
SP
F
5
1b
6

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２０００－２７５３４７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１６－１２５８８０（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－１３１４４１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－９８０４６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１８－１４６３１９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｔ １／００ －１／１６
１／１６７－７／１２