

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5660505号
(P5660505)

(45) 発行日 平成27年1月28日(2015. 1. 28)

(24) 登録日 平成26年12月12日(2014. 12. 12)

(51) Int.Cl.

F 1

G O 1 T 1/00 (2006.01)

G O 1 T 1/00

D

請求項の数 11 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2012-62217 (P2012-62217)	(73) 特許権者	505225197
(22) 出願日	平成24年3月19日 (2012. 3. 19)		長崎県公立大学法人
(65) 公開番号	特開2013-195210 (P2013-195210A)		長崎県佐世保市川下町 1 2 3 番地 1
(43) 公開日	平成25年9月30日 (2013. 9. 30)	(74) 代理人	100131897
審査請求日	平成26年5月10日 (2014. 5. 10)		弁理士 荒木 憲一
早期審査対象出願		(74) 代理人	100171778
			弁理士 佐藤 寛子
		(72) 発明者	貞森 直樹
			長崎県西彼杵郡長与町まなび野 1 丁目 1 番
			1 長崎県立大学内
		審査官	林 靖

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放射線測定装置、およびこれを用いた管理システム、多項目監視システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

携帯可能な放射線測定装置であって、

当該放射線測定装置を装着した使用者又は使用者の周囲環境の放射線量を測定する測定手段と、放射線量の測定値の時系列データに基づいて、放射線量の測定値を一定時間ごとに累積した時間累積被曝量を算出するとともに放射線量の測定に関する時間情報と前記時間累積被曝量との対応関係を示すデータテーブルを作成し、前記時系列データに欠測がある場合は、この欠測を含む前記時間累積被曝量を前記データテーブルを参照することで推定する推定手段と、前記推定手段を通じて推定された前記時間累積被曝量を用いて過去の期間の放射線量の測定値を累積した累積被曝量を算出する算出手段とを備える

ことを特徴とする放射線測定装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の放射線測定装置であって、

前記データテーブルを参照して、所定時間経過後における放射線量の測定値の累積値を推定累積被曝量として予測する予測手段と、

前記予測手段からの出力に基づいて前記推定累積被曝量を表示する表示手段とを備え

前記表示手段は、前記推定累積被曝量を複数のグレードに分類して表示することができる

ことを特徴とする放射線測定装置。

【請求項 3】

携帯可能な放射線測定装置と、前記放射線測定装置から出力される情報に基づいて選択した指令を前記放射線測定装置に出力する中央監視装置とを含んで構成される被曝管理システムであって、

前記放射線測定装置および前記中央監視装置は、無線通信部をそれぞれ備え、相互に無線通信が可能であり、

前記放射線測定装置は、当該放射線測定装置を装着した使用者又は使用者の周囲環境の放射線量を測定する測定手段と、

使用者の年齢、性別および妊娠の有無の少なくともひとつからなる使用者情報を記憶する記憶手段と、

前記使用者情報に基づいて第一所定値を設定する設定手段と、

放射線量の測定値が前記第一所定値以上であるか否かを判定する判定手段と、

前記判定手段を通じて放射線量の測定値が前記第一所定値未満であると判定されたときに前記第一所定値以上の放射線量が測定されることが予想されるか否かを判定する予想判定手段とを備え、

放射線量の測定値が前記第一所定値以上であると前記判定手段を通じて判定されるとき、もしくは前記第一所定値以上の放射線量が測定されることが予想されると前記予想判定手段を通じて判定されるときに、前記使用者情報と放射線量の測定値とを含み指令を要求する第一無線信号を前記中央監視装置に送信するものであり、

前記中央監視装置は、前記第一無線信号に含まれる情報に基づいて設定した指令を前記放射線測定装置に送信する

ことを特徴とする被曝管理システム。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の被曝管理システムであって、

前記中央監視装置は、前記第一無線信号を受信すると、前記使用者情報および前記測定値に応じて設定した待機時間を前記放射線測定装置に送信し、

前記放射線測定装置は、前記待機時間を受信すると、前記待機時間が経過するまで、前記中央監視装置との間で無線通信を行うことを禁止する

ことを特徴とする被曝管理システム。

【請求項 5】

携帯可能な放射線測定装置と、前記放射線測定装置から出力される情報に基づいて選択した指令を前記放射線測定装置に出力する中央監視装置とを含んで構成される被曝管理システムであって、

前記放射線測定装置および前記中央監視装置は、無線通信部をそれぞれ備え、相互に無線通信が可能であり、

前記放射線測定装置は、当該放射線測定装置を装着した使用者又は使用者の周囲環境の放射線量を測定する測定手段と、

使用者の年齢、性別および妊娠の有無の少なくともひとつからなる使用者情報を記憶する記憶手段と、

過去の期間の放射線量の測定値を累積した累積被曝量を算出する算出手段と、

前記使用者情報に基づいて第二所定値を設定する設定手段とを備え、

前記累積被曝量が前記第二所定値以上であるときに、前記使用者情報と前記累積被曝量とを含み指令を要求する第二無線信号を前記中央監視装置に送信するものであり、

前記中央監視装置は、前記第二無線信号に含まれる情報に基づいて設定した指令を前記放射線測定装置に送信する

ことを特徴とする被曝管理システム。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の被曝管理システムであって、

前記放射線測定装置は、所定時間経過後における前記累積被曝量を推定累積被曝量として予測する予測手段を備え、

前記設定手段は、前記使用者情報に基づいて第三所定値を設定するものであり、

10

20

30

40

50

前記推定累積被曝量が第三所定値以上であるときには、前記使用者情報と放射線量の推定累積被曝量とを含み指令を要求する第三無線信号を前記中央監視装置に送信し、

前記中央監視装置は、前記第三無線信号に含まれる情報に基づいて設定した指令を前記放射線測定装置に送信する

ことを特徴とする被曝管理システム。

【請求項 7】

請求項 5 または 6 に記載の被曝管理システムであって、

前記中央監視装置は、前記二無線信号または前記第三無線信号を受信すると、前記使用者情報および前記測定値に応じて設定した待機時間を前記放射線測定装置に送信し、

前記放射線測定装置は、前記待機時間を受信すると、前記待機時間が経過するまで、前記中央監視装置との間で無線通信を行うことを禁止する

ことを特徴とする被曝管理システム。

【請求項 8】

請求項 3 ～ 7 のいずれか一項に記載の被曝管理システムであって、

前記中央監視装置は、前記放射線測定装置から送信された放射線量の測定値および前記累積被曝量および前記推定累積被曝量の少なくともひとつを前記放射線測定装置の現在位置とともに地図上に示すことができる

ことを特徴とする被曝管理システム。

【請求項 9】

携帯可能な放射線測定装置と、前記放射線測定装置とは独立して構成され、携帯可能な簡易放射線検出器とを備える放射線管理システムであって、

前記放射線測定装置および前記簡易放射線検出器は、近距離無線通信部をそれぞれ備え、相互に近距離無線通信が可能であり、

前記簡易放射線検出器は、当該放射線測定装置を装着した使用者又は使用者の周囲環境の放射線を検出する検出部と、前記検出部から出力される信号を計数する計数部とを含んで構成され、前記計数部から出力される計数結果が所定の閾値以上であるときには、前記近距離無線通信部を介して前記放射線測定装置に通報する

ことを特徴とする放射線管理システム。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の放射線管理システムであって、

前記放射線測定装置は、放射線を検出する検出部と、前記検出部から出力される信号を計数する計数部と、前記計数部から出力される計数結果を測定値に換算するための換算定数を記憶し、前記計数部からの出力に基づいて放射線量の測定値を算出する演算部とを含んで構成される測定部を備える

ことを特徴とする放射線管理システム。

【請求項 11】

心不全もしくは呼吸不全の少なくとも一方、および放射線量を監視することができる多項目監視システムであって、

使用者の血中酸素飽和度を所定間隔で監視する監視部と、前記監視部からの出力に基づいて前記血中酸素飽和度が所定の閾値を下回ったことが検出されたことをもって前記使用者の血中酸素飽和度、体温、脈拍数、血圧、呼吸数および放射線量の測定を開始するとともに、これら血中酸素飽和度、体温、脈拍数、血圧、呼吸数および放射線量のうちのいずれかひとつが予め定められる領域にないときには、異常判定処理を実行する判定部と、現在位置を取得する現在位置取得部とを含んで構成される携帯型監視装置と、

前記携帯型監視装置と近距離無線通信により通信可能であるとともに、連絡先機関と通信可能な情報端末とを備え、

前記情報端末は、前記異常判定処理が実行されたときに、前記使用者の血中酸素濃度、体温、脈拍数、血圧、呼吸数、放射線量および使用者の現在位置を前記連絡先機関に発信するものであり、

前記判定部は、放射線量が前記予め定められる領域にある場合であっても、前記領域外

10

20

30

40

50

にある放射線量が測定されることが予想されるか否かを判定する予想判定手段を備え、
前記携帯型監視装置は、当該携帯型監視装置を装着した使用者又は使用者の周囲環境の
放射線を測定する

ことを特徴とする多項目監視システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射線測定装置、およびこれを用いた管理システム、多項目監視システムに
関する。

【背景技術】

【0002】

従来、原子力発電所の作業員や、放射線を用いた各種検査の作業者は、個人ごとに被曝
量を管理するため、放射線測定装置を装備している。また近年、原子力発電所などの周辺
住民の被曝管理も重要視されつつあり、放射線測定装置を装備する周辺住民は増加してい
る。

個人の被曝量を管理する放射線測定装置として、例えば、比例計数管、GM計数管、半
導体検出器およびシンチレーション検出器が使用されている。

【0003】

このような放射線測定装置は、入射した放射線が物質の電離や励起などを起こしたとき
、または放射線との相互作用によって発光や化学反応などが起ったときに放出された光や
電荷等をパルス数や電流の積分値等といった電気信号に変換する。そして、この電気信号
をカウントして放射線量（以下、「線量」）に換算する（例えば、特許文献1参照）。

電気信号を線量に正確に換算するためには、電気信号を線量に変換する変換係数や、装
置のばらつきを補正する補正係数を予め求めておく必要がある。このような校正作業には
、一般に、放射性物質が用いられる。

【0004】

ところで、放射線が人体に与える影響は、被曝が起こる度に人体に蓄積される可能性が
あることが知られている。このため、各個人が生存中に被曝する放射線の累積値（以下、
「累積被曝量」）、あるいは各個人の一定の長期間における累積被曝量は、所定の上限值
以下でなければならないとされている。そこで、例えば、特許文献2には、線量の測定値
を積算する機能を備える携帯型個人線量計が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2010-151615号公報

【特許文献2】特開2011-099792号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、放射線によって受ける影響の度合いは、年齢、性別および妊娠の有無等
に応じて異なる。例えば、年齢が低いほど放射線の影響を受けやすい。

このため、高い線量が検出された場合や、累積被曝量が高くなった場合は、放射線の測
定値や累積被曝量、および各個人の身体的状況（例えば、年齢、性別、妊娠の有無）を総
合的に判断し、とるべき行動を選択する必要がある。専門的知識を有さない個人が、これ
らの情報に基づいて適切な行動を選択することは困難である。

【0007】

また、累積被曝量は、経時的に上昇したり一定の値を維持することはあっても、下降す
ることはない。このため、累積被曝量が上述した上限値に達したときには、事態は深刻な
ものとなっており、何らかの対策を講じるには手遅れとなってしまうおそれがある。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 8 】

さらに、各個人が放射線測定装置を装備する場合、電源が不足するなどして、放射線測定装置の電源が一時的にオフになることがある。このような場合は、放射線を測定することができない期間が発生することとなり、累積被曝量を適切に算出することができなくなってしまう。

【 0 0 0 9 】

またさらに、例えば、特許文献 1 に記載されている放射線測定装置は、構造が複雑なうえに、操作に手間がかかり、また製造コストが高くつく。そのうえ、このような放射線測定装置は、上述した変換係数や補正係数を、放射性物質を用いて定期的に校正する必要がある。専門知識を有さない個人が放射性物質を扱うことは危険であるため、このような校正作業を個人で行うことは困難である。

10

このため、原子力発電所などの周辺住民が、特許文献 1 に記載されているような放射線測定装置をそれぞれ購入して、適切に操作し、維持管理を行うことは困難である。

【 0 0 1 0 】

本発明は、上記従来技術の問題を解決するためになされたものであって、放射線量を適切に検知することができ、その管理を適切に行うことができる放射線測定装置、およびこれを用いた管理システム、多項目監視システムを提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本発明の第一態様は、携帯可能な放射線測定装置であって、放射線量を測定する測定手段と、放射線量の測定値の時系列データに基づいて、放射線量の測定値を一定時間ごとに累積した時間累積被曝量を算出するとともに放射線量の測定に関する時間情報と前記時間累積被曝量との対応関係を示すデータテーブルを作成し、前記時系列データに欠測がある場合は、この欠測を含む前記時間累積被曝量を前記データテーブルを参照することで推定する推定手段と、前記推定手段を通じて推定された前記時間累積被曝量を用いて過去の期間の放射線量の測定値を累積した累積被曝量を算出する算出手段とを備えることを特徴とする。

20

より詳細には、携帯可能な放射線測定装置であって、当該放射線測定装置を着用した使用者又は使用者の周囲環境の放射線量を測定する測定手段と、放射線量の測定値の時系列データに基づいて、放射線量の測定値を一定時間ごとに累積した時間累積被曝量を算出するとともに放射線量の測定に関する時間情報と前記時間累積被曝量との対応関係を示すデータテーブルを作成し、前記時系列データに欠測がある場合は、この欠測を含む前記時間累積被曝量を前記データテーブルを参照することで推定する推定手段と、前記推定手段を通じて推定された前記時間累積被曝量を用いて過去の期間の放射線量の測定値を累積した累積被曝量を算出する算出手段とを備えることを特徴とする。

30

【 0 0 1 2 】

一般に、使用者は、曜日や時間帯等に応じた一定のパターンのもとで行動していることが多いため、放射線量の測定値や時間累積被曝量は、曜日や時間帯等に応じた一定のパターンで変化することが多い。同構成によれば、時間累積被曝量に欠測がある場合は、時間累積被曝量と時間情報との対応関係を示すデータテーブルを参照して、欠測を含む時間累積被曝量を推定するため、欠測を含む時間累積被曝量を使用者の行動パターンに沿って適切に推定することができる。したがって、放射線測定装置の電源がオフになるなどして測定値に欠測が生じた場合であっても、累積被曝量を適切に算出することができる。

40

【 0 0 1 3 】

なお、時間情報は、放射線量を測定した日時、曜日および時間帯を含む。

また、算出手段は、欠測がある場合に欠測を含む時間累積被曝量を推定するときには、過去の放射線量の測定値の時系列データに基づいて作成されたデータテーブルから、欠測が発生した時間情報に対応する時間累積被曝量を抽出し、この時間累積被曝量を前記欠測を含む時間累積被曝量であると推定してもよい。

50

【 0 0 1 4 】

本発明の第二態様は、第一態様にかかる放射線測定装置であって、前記データテーブルを参照して、所定時間経過後における放射線量の測定値の累積値を推定累積被曝量として予測する予測手段と、前記予測手段からの出力に基づいて前記推定累積被曝量を表示する表示手段とを備え、前記表示手段は、前記推定累積被曝量を複数のグレードに分類して表示することができることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

同構成によれば、推定累積被曝量が表示されるため、使用者は、累積被曝量がどのように推移するのかを予測しながら行動することができる。このため、累積被曝量が上限値に達してしまい、深刻な事態になってしまうことを抑制することができる。また、推定累積被曝量を予測する際、時間情報と時間累積被曝量との対応関係を示すデータテーブルを参照しているため、推定累積被曝量を使用者の行動パターンに沿って適切に予測することができる。

専門知識を有さない個人が放射線量の測定値や累積被曝量に関する情報を提供された場合、これらの数値がどのような意味をもつのかを理解し、被曝の状況を科学的知見をもって適切に理解することは困難である。この点、同構成によれば、推定累積被曝量を複数のグレードに分類して表示するため、使用者は、提供される数値の意味合いや被曝の状態を直感的に把握することができる。

なお、推定累積被曝量は、測定時から所定時間経過後における測定値の累積値としてもよい。

【 0 0 1 6 】

本発明の第三態様は、携帯可能な放射線測定装置と、前記放射線測定装置から出力される情報に基づいて選択した指令を前記放射線測定装置に出力する中央監視装置とを含んで構成される被曝管理システムであって、前記放射線測定装置および前記中央監視装置は、無線通信部をそれぞれ備え、相互に無線通信が可能であり、前記放射線測定装置は、放射線量を測定する測定手段と、使用者の年齢、性別および妊娠の有無の少なくともひとつからなる使用者情報を記憶する記憶手段と、前記使用者情報に基づいて第一所定値を設定する設定手段と、放射線量の測定値が前記第一所定値以上であるか否かを判定する判定手段と、前記判定手段を通じて放射線量の測定値が前記第一所定値未満であると判定されたときに前記第一所定値以上の放射線量が測定されることが予想されるか否かを判定する予想判定手段とを備え、放射線量の測定値が前記第一所定値以上であると前記判定手段を通じて判定されるとき、もしくは前記第一所定値以上の放射線量が測定されることが予想されると前記予想判定手段を通じて判定されるときに、前記使用者情報と放射線量の測定値とを含み指令を要求する第一無線信号を前記中央監視装置に送信するものであり、前記中央監視装置は、前記第一無線信号に含まれる情報に基づいて設定した指令を前記放射線測定装置に送信することを特徴とする。

より詳細には、携帯可能な放射線測定装置と、前記放射線測定装置から出力される情報に基づいて選択した指令を前記放射線測定装置に出力する中央監視装置とを含んで構成される被曝管理システムであって、前記放射線測定装置および前記中央監視装置は、無線通信部をそれぞれ備え、相互に無線通信が可能であり、前記放射線測定装置は、当該放射線測定装置を装着した使用者又は使用者の周囲環境の放射線量を測定する測定手段と、使用者の年齢、性別および妊娠の有無の少なくともひとつからなる使用者情報を記憶する記憶手段と、前記使用者情報に基づいて第一所定値を設定する設定手段と、放射線量の測定値が前記第一所定値以上であるか否かを判定する判定手段と、前記判定手段を通じて放射線量の測定値が前記第一所定値未満であると判定されたときに前記第一所定値以上の放射線量が測定されることが予想されるか否かを判定する予想判定手段とを備え、放射線量の測定値が前記第一所定値以上であると前記判定手段を通じて判定されるとき、もしくは前記第一所定値以上の放射線量が測定されることが予想されると前記予想判定手段を通じて判定されるときに、前記使用者情報と放射線量の測定値とを含み指令を要求する第一無線信号を前記中央監視装置に送信するものであり、前記中央監視装置は、前記第一無線信号に

10

20

30

40

50

含まれる情報に基づいて設定した指令を前記放射線測定装置に送信することを特徴とする。

【0017】

同構成によれば、第一所定値以上の放射線量が測定された場合、および放射線量の測定値が上昇し第一所定値以上となることが予想されるときには、中央監視装置に指令を要求する第一無線信号を送信する。このように、放射線量の測定値が第一所定値未満である場合であっても、第一所定値以上の放射線量が測定されることが予想される場合であれば、中央監視装置に指令を要求することができるため、使用者が第一所定値以上の放射線を被曝してしまうことを抑制することができる。

10

【0018】

本発明の第四態様は、第三態様にかかる被曝管理システムであって、前記中央監視装置は、前記無線信号を受信すると、前記使用者情報および前記測定値に応じて設定した待機時間を前記放射線測定装置に送信し、前記放射線測定装置は、前記待機時間を受信すると、前記待機時間が経過するまで、前記中央監視装置との間で無線通信を行うことを禁止することを特徴とする。

【0019】

無線通信は大量の電力を消費するため、放射線測定装置の充電量が少ない場合などは、無線通信を行うことによって放射線測定装置の電源がオフになってしまうおそれがある。電源がオフになると、放射線量を測定することができなくなってしまう。この点、同構成によれば、待機時間を受信したときには、この待機時間が経過するまで中央監視装置との間での無線通信を禁止するようにしているため、無線通信によって電力が消費されることを抑制することができる。

20

【0020】

本発明の第五態様は、携帯可能な放射線測定装置と、前記放射線測定装置から出力される情報に基づいて選択した指令を前記放射線測定装置に出力する中央監視装置とを含んで構成される被曝管理システムであって、前記放射線測定装置および前記中央監視装置は、無線通信部をそれぞれ備え、相互に無線通信が可能であり、前記放射線測定装置は、放射線量を測定する測定手段と、使用者の年齢、性別および妊娠の有無の少なくともひとつからなる使用者情報を記憶する記憶手段と、過去の期間の放射線量の測定値を累積した累積被曝量を算出する算出手段と、前記使用者情報に基づいて第二所定値を設定する設定手段とを備え、前記累積被曝量が前記第二所定値以上であるときに、前記使用者情報と前記累積被曝量とを含み指令を要求する第二無線信号を前記中央監視装置に送信するものであり、前記中央監視装置は、前記第二無線信号に含まれる情報に基づいて設定した指令を前記放射線測定装置に送信することを特徴とする。

30

より詳細には、携帯可能な放射線測定装置と、前記放射線測定装置から出力される情報に基づいて選択した指令を前記放射線測定装置に出力する中央監視装置とを含んで構成される被曝管理システムであって、前記放射線測定装置および前記中央監視装置は、無線通信部をそれぞれ備え、相互に無線通信が可能であり、前記放射線測定装置は、当該放射線測定装置を装着した使用者又は使用者の周囲環境の放射線量を測定する測定手段と、使用者の年齢、性別および妊娠の有無の少なくともひとつからなる使用者情報を記憶する記憶手段と、過去の期間の放射線量の測定値を累積した累積被曝量を算出する算出手段と、前記使用者情報に基づいて第二所定値を設定する設定手段とを備え、前記累積被曝量が前記第二所定値以上であるときに、前記使用者情報と前記累積被曝量とを含み指令を要求する第二無線信号を前記中央監視装置に送信するものであり、前記中央監視装置は、前記第二無線信号に含まれる情報に基づいて設定した指令を前記放射線測定装置に送信することを特徴とする。

40

【0021】

同構成によれば、累積被曝量が第二所定値以上となったときには、中央監視装置にて使

50

用者の年齢、性別および妊娠の有無の少なくともひとつの情報と累積被曝量とに基づいて指令を選択し、放射線測定装置に送信することができる。このため、使用者は、各個人でどのように行動すべきかを判断することなく、中央監視装置から出力される指令に基づいてとるべき行動を選択することができる。

【0022】

また、放射線測定装置から中央監視装置に第二無線信号を送信する際、使用者の年齢、性別および妊娠の有無の少なくともひとつからなる使用者情報を放射線量の測定値とともに送信するようにしているため、中央監視装置で使用者に関する情報を管理したり、検索することなく、使用者に対して適切な指令を設定し、送信することができる。したがって、中央監視装置にて処理が停滞してしまうことを抑制することができる。

10

【0023】

なお、累積被曝量は、測定値を累積した値としてもよいし、放射線量の測定値を一定時間ごとに累積した時間累積被曝量を算出するとともに放射線量を測定した時間に関する時間情報と放射線量の測定値の対応関係を示すデータテーブルを作成し、このデータテーブルに基づいて算出してもよい。

また、放射線測定装置は、使用者情報と累積被曝量とに応じて定められる所定の警告を表示するようにしてもよい。

【0024】

本発明の第六態様は、第五態様にかかる被曝管理システムであって、前記放射線測定装置は、所定時間経過後における前記累積被曝量を推定累積被曝量として予測する予測手段を備え、前記設定手段は、前記使用者情報に基づいて第三所定値を設定するものであり、前記推定累積被曝量が第三所定値以上であるときには、前記使用者情報と放射線量の推定累積被曝量とを含み指令を要求する第三無線信号を前記中央監視装置に送信し、前記中央監視装置は、前記第三無線信号に含まれる情報に基づいて設定した指令を前記放射線測定装置に送信することを特徴とする。

20

【0025】

同構成によれば、推定累積被曝量に基づいて第三無線信号を中央監視装置に送信するようにしているため、累積被曝量の推移を予測して第三無線信号を中央監視装置に送信し、中央監視装置からの指令を受信することができる。このため、累積被曝量が上限値に達していなくても、累積被曝量が上限値に達するおそれがある場合には、中央監視装置にその旨送信し、所定の指示を要求することができる。

30

なお、推定累積被曝量は、放射線量を測定した時間に関する時間情報と時間累積被曝量との対応関係を示すデータテーブルを作成し、このデータテーブルに基づいて算出することができる。

【0026】

なお、携帯可能な放射線測定装置と、前記放射線測定装置から出力される情報に基づいて選択した指令を前記放射線測定装置に出力する中央監視装置とを含んで構成される被曝管理システムであって、前記放射線測定装置および前記中央監視装置は、無線通信部をそれぞれ備え、相互に無線通信が可能であり、前記放射線測定装置は、放射線量を測定する測定手段と、使用者の年齢、性別および妊娠の有無の少なくともひとつからなる使用者情報を記憶する記憶手段と、過去の期間の放射線量の測定値を累積した累積被曝量を算出する算出手段と、前記使用者情報に基づいて第三所定値を設定する設定手段と、所定期間経過後の前記累積被曝量を推定累積被曝量として予測する予測手段とを備え、前記推定累積被曝量が前記第三所定値以上であるときに、前記使用者情報と前記推定累積被曝量とを含み指令を要求する第三無線信号を前記中央監視装置に送信するものであり、前記中央監視装置は、前記第三無線信号に含まれる情報に基づいて設定した指令を前記放射線測定装置に送信することを特徴とするようにしてもよい。

40

【0027】

本発明の第七態様は、第五態様または第六態様にかかる被曝管理システムであって、前記中央監視装置は、前記第二無線信号または前記第三無線信号を受信すると、前記使用者情

50

報および前記測定値に応じて設定した待機時間を前記放射線測定装置に送信し、前記放射線測定装置は、前記待機時間を受信すると、前記待機時間が経過するまで、前記中央監視装置との間で無線通信を行うことを禁止することを特徴とする。

【0028】

無線通信は大量の電力を消費するため、放射線測定装置の充電量が少ない場合などは、無線通信を行うことによって放射線測定装置の電源がオフになってしまうおそれがある。電源がオフになると、放射線量を測定することができなくなってしまう。この点、同構成によれば、待機時間を受信したときには、この待機時間が経過するまで中央監視装置との間での無線通信を禁止するようにしているため、無線通信によって電力が消費されることを抑制することができる。

10

【0029】

本発明の第八態様は、第三態様～第七態様のいずれかにかかる被曝管理システムであって、前記中央監視装置は、前記放射線測定装置から送信された放射線量の測定値および前記累積被曝量および前記推定累積被曝量の少なくともひとつを前記放射線測定装置の現在位置とともに地図上に示すことができることを特徴とする被曝管理システム。

【0030】

同構成によれば、各地域でどれだけの放射線量が測定されたかについて、視覚的に表現することができる。また、放射線量の測定値のみならず、各使用者情報を併せて表示することができるため、各地域の状況にあわせて、きめ細かい対策を講ずることができるようになる。

20

なお、前記放射線測定装置と近距離無線通信により通信可能であるとともに、連絡先機関と通信可能な情報端末をさらに備え、前記送信処理は、前記情報端末を介して実行されるようにしてもよい。

【0031】

本発明の第九態様は、携帯可能な放射線測定装置と、前記放射線測定装置とは独立して構成され、携帯可能な簡易放射線検出器とを備える放射線管理システムであって、前記放射線測定装置および前記簡易放射線検出器は、近距離無線通信部をそれぞれ備え、相互に近距離無線通信が可能であり、前記簡易放射線検出器は、放射線を検出する検出部と、前記検出部から出力される信号を計数する計数部とを含んで構成され、前記計数部から出力される計数結果が所定の閾値以上であるときには、前記近距離無線通信部を介して前記放射線測定装置に通報することを特徴とする。

30

より詳細には、携帯可能な放射線測定装置と、前記放射線測定装置とは独立して構成され、携帯可能な簡易放射線検出器とを備える放射線管理システムであって、前記放射線測定装置および前記簡易放射線検出器は、近距離無線通信部をそれぞれ備え、相互に近距離無線通信が可能であり、前記簡易放射線検出器は、当該放射線測定装置を装着した使用者又は使用者の周囲環境の放射線を検出する検出部と、前記検出部から出力される信号を計数する計数部とを含んで構成され、前記計数部から出力される計数結果が所定の閾値以上であるときには、前記近距離無線通信部を介して前記放射線測定装置に通報することを特徴とする。

40

【0032】

同構成によれば、計数部から出力される信号に基づいて、放射線測定装置に通報するようにしているため、計数部から出力される信号を放射線量に換算する必要がない。このため、電気信号を放射線量に変換する変換係数を求めたり、装置のばらつきを補正する補正係数を求めたり、これら係数を定期的に点検する必要がない。このため、簡易な構成で、放射線を検出することができる。

【0033】

本発明の第十態様は、第九態様にかかる放射線管理システムにおいて、前記放射線測定装置は、放射線を検出する検出部と、前記検出部から出力される信号を計数する計数部と、前記計数部から出力される計数結果を測定値に換算するための換算定数を記憶し、前記

50

計数部からの出力に基づいて放射線量の測定値を算出する演算部とを含んで構成される測定部を備えることを特徴とする。

【0034】

同構成によれば、簡易放射線検出器を用いて放射線を検出したときには、放射線測定装置を用いて放射線量を正確に測定することができる。なお、換算定数は、電気信号を放射線量に変換する変換係数や、装置のばらつきを補正する補正係数を含む。

【0035】

本発明の第十一態様は、心不全もしくは呼吸不全の少なくとも一方、および放射線量を監視することができる多項目監視システムであって、使用者の血中酸素飽和度を所定間隔で監視する監視部と、前記監視部からの出力に基づいて前記血中酸素飽和度が所定の閾値を下回ったことが検出されたことをもって前記使用者の血中酸素飽和度、体温、脈拍数、血圧、呼吸数および放射線量の測定を開始するとともに、これら血中酸素飽和度、体温、脈拍数、血圧、呼吸数および放射線量のうちのいずれかひとつが予め定められる領域にないときには、異常判定処理を実行する判定部と、現在位置を取得する現在位置取得部とを含んで構成される携帯型監視装置と、前記携帯型監視装置と近距離無線通信により通信可能であるとともに、連絡先機関と通信可能な情報端末とを備え、前記情報端末は、前記異常判定処理が実行されたときに、前記使用者の血中酸素濃度、体温、脈拍数、血圧、呼吸数、放射線量および使用者の現在位置を前記連絡先機関に発信するものであり、前記判定部は、放射線量が前記予め定められる領域にある場合であっても、前記領域外にある放射線量が測定されることが予想されるか否かを判定する予想判定手段を備えることを特徴とする。

より詳細には、心不全もしくは呼吸不全の少なくとも一方、および放射線量を監視することができる多項目監視システムであって、使用者の血中酸素飽和度を所定間隔で監視する監視部と、前記監視部からの出力に基づいて前記血中酸素飽和度が所定の閾値を下回ったことが検出されたことをもって前記使用者の血中酸素飽和度、体温、脈拍数、血圧、呼吸数および放射線量の測定を開始するとともに、これら血中酸素飽和度、体温、脈拍数、血圧、呼吸数および放射線量のうちのいずれかひとつが予め定められる領域にないときには、異常判定処理を実行する判定部と、現在位置を取得する現在位置取得部とを含んで構成される携帯型監視装置と、前記携帯型監視装置と近距離無線通信により通信可能であるとともに、連絡先機関と通信可能な情報端末とを備え、前記情報端末は、前記異常判定処理が実行されたときに、前記使用者の血中酸素濃度、体温、脈拍数、血圧、呼吸数、放射線量および使用者の現在位置を前記連絡先機関に発信するものであり、前記判定部は、放射線量が前記予め定められる領域にある場合であっても、前記領域外にある放射線量が測定されることが予想されるか否かを判定する予想判定手段を備え、前記携帯型監視装置は、当該携帯型監視装置を装着した使用者又は使用者の周囲環境の放射線を測定することを特徴とする。

【発明の効果】

【0036】

本発明によれば、放射線量を適切に検知することができ、その管理を適切に行うことができる放射線測定装置、およびこれを用いた管理システム、多項目監視システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】(a)は、本発明の第一実施形態にかかる放射線測定装置の平面構成を示す平面図、(b)は同実施形態にかかる放射線測定装置の底面構成を示す底面図。

【図2】同実施形態にかかる放射線測定装置の構成を示すブロック図。

【図3】(a)は、同実施形態にかかる線量の測定値の時系列データの一例を示すグラフ、(b)は、同実施形態にかかる時間累積被曝量と測定した曜日および時間との対応関係を示すテーブル。

【図4】(a)および(b)は、同実施形態にかかる時間累積被曝量と測定した曜日および

び時間との対応関係を示すテーブル。

【図 5】同実施形態にかかるグレードテーブルの一例。

【図 6】本発明の第二実施形態にかかる放射線測定装置、中央監視装置および被曝管理システムの構成を示すブロック図。

【図 7】同実施形態にかかる処理の流れを説明するフローチャート。

【図 8】(a) および (b) は、線量の測定値の推移の一例を示すグラフ。

【図 9】同実施形態にかかる情報取得処理の流れを説明するフローチャート。

【図 10】同実施形態にかかる線量の測定値の推移の一例を示すタイミングチャート。

【図 11】本発明の第三実施形態にかかる処理の流れを説明するフローチャート。

【図 12】同実施形態にかかる累積被曝量および推定累積被曝量の推移の一例を説明するタイミングチャート。 10

【図 13】(a) は、本発明の第四実施形態にかかる放射線測定装置の平面構成を示す平面図および同放射線測定装置の底面構成を示す底面図、(b) は、同実施形態にかかる簡易放射線検出器の平面構成を示す平面図および同簡易放射線検出器の底面構成を示す底面図。

【図 14】同実施形態にかかる放射線測定装置、および簡易放射線検出器の構成を示すブロック図。

【図 15】他の実施形態にかかる被曝管理システムの一例を示す概略図。

【図 16】他の実施形態にかかるデータ一覧表およびマップの一例を示す概略図。

【図 17】他の実施形態にかかる放射線測定装置、中央監視装置および被曝管理システムの構成を示すブロック図。 20

【発明を実施するための形態】

【0038】

(第一実施形態)

以下、本発明を具体化した第一実施形態を図 1 ~ 図 5 に基づいて説明する。

放射線測定装置 10 は、放射線量（以下、「線量」）を測定し、この測定値に基づいて、現在（測定時）までの線量の測定値を累積した値（以下、「累積被曝量」）を算出するとともに、測定時から一年が経過した時点における累積被曝量を推定し、表示部 12（本発明の「表示手段」に相当）に表示する。

まず、図 1 および図 2 を参照しながら、本実施形態にかかる放射線測定装置 10 の概略構成を説明する。 30

【0039】

図 1 に示されるように、放射線測定装置 10 は、装置本体 11 とバンド 14 とを備え、腕時計を模した形状に形成されている。使用者は、バンド 14 を手首に巻くことで装置本体 11 を身体に付して携帯することができる。

放射線測定装置 10 の装置本体 11 の上面には、液晶からなるとともに線量の測定値等を表示する表示部 12、および各種アラームが出力される警報部 15 が設けられている。なお、警報部 15 は、出力されたアラームに応じて色彩が変化する光を発する。例えば、第一アラームが出力されたときには青色からなる光を、第二アラームが出力されたときには緑色からなる光を、第三アラームが出力されたときには黄色からなる光を、第四アラームが出力されたときには赤色からなる光を発する。 40

また、装置本体 11 の周囲には、モードの切り替えや時間操作等を行うためのスイッチ 13a ~ 13c からなる操作部 13 が設けられている。

【0040】

また、装置本体 11 の底面には、ブザー 16 が内蔵されている。ブザー 16 からは警報音が出力される。ブザー 16 は、警報部 15 に出力されたアラームに応じて異なる音を発する。

【0041】

図 2 に、図 1 に示した装置本体 11 の構成を表すブロック図を示す。

同図 2 に示されるように、装置本体 11 は、線量を測定する測定部 21（本発明の「測 50

定手段」に相当)、各種演算等を実行する制御部23、警報部15等により構成されている。

【0042】

測定部21は、放射線を検出する放射線検出部31と、信号増幅部および波高弁別部(図示せず)を含み、処理した信号を計数する計数部32と、計数部32から出力されたパルス信号に関する演算を行う演算部33とを備えている。

放射線検出部31は放射線に感度を持つ半導体素子であり、例えば線が放射線検出部31に入射すると、入射した線のエネルギーに応じた波高値を持つ信号を計数部32に出力する。なお、放射線検出部31としては、シリコンやテルル化カドミウム等の半導体素子を用いてもよいし、シンチレータと光電子倍增管等の組み合わせ等を用いてもよい。

10

【0043】

計数部32は、上述したように信号増幅部および波高弁別部を備えている。放射線検出部31から出力された信号は、信号増幅部で増幅された後に、波高弁別部で一定の波高値を持つ信号のみが弁別され、対応するパルス信号として出力される。

演算部33は、電気信号を線量に変換する変換係数や、装置のばらつきを補正する補正係数を記憶している。そして、計数部32から出力されたパルス信号をカウントし、例えば1cm線量等量(率)等の単位で表わされる値(本実施形態では、「 $\mu\text{SV/h}$ 」)に変換する。そして、この値を1分ごとに積算して共有メモリ22に出力する。

共有メモリ22は測定部21からの出力値を一時的に格納し、制御部23に出力する。

【0044】

20

制御部23は、測定部21からの出力値と、測定を行った日時(曜日、日付および時間)を記憶する記憶部34(本発明の「記憶手段」に相当)と、各種演算を行う算出部35(本発明の「推定手段」、「算出手段」、「予測手段」に相当)とを含んで構成され、各種処理を統括的に行う。

また、制御部23は、表示部12および警報部15の表示制御およびブザー16の警報音の制御を行うとともに、操作部13から入力された操作信号に応じた所定の処理を行う。例えば、スイッチ13aが押下されると使用者が年齢等を入力することができる入力モードに移行し、スイッチ13bが押下されると線量の測定値および線量の測定値に基づいて演算した各値を表示し、スイッチ13cが押下されると演算した各値をクリアする。

【0045】

30

記憶部34は、RAMやROM(図示せず)などで構成されており、測定部21から出力された線量の測定値や、使用者が予め入力する使用者の年齢、性別、妊娠の有無からなる使用者情報を記憶するための領域を備える。

算出部35は、各種処理を実行するCPUなどで構成されており、記憶部34に記憶された各種情報、および測定部21にて測定した線量の測定値に基づいて、参考累積被曝量、推定累積被曝量および累積被曝量を算出する。

【0046】

ここで、累積被曝量とは、上述したように現在(測定時)までの線量の測定値を累積した値である。また、参考累積被曝量とは、測定時から一年が経過した時点における累積被曝量を、現在の測定値に基づいて推定した値であり、線量の測定値に 24×365 を乗算して算出した値に累積被曝量を積算した値である。また、推定累積被曝量とは、測定時から一年が経過した時点における累積被曝量を、測定値の時系列データに基づいて予測した値である。

40

【0047】

次に、累積被曝量および推定累積被曝量の算出方法について詳細に説明する。

上述したように、測定部21は、線量の測定値を共有メモリ22を通じて制御部23に出力する。記憶部34は、図3(a)に示されるように、線量を測定した日時および曜日、線量の測定値からなる測定値の時系列データを逐次記憶する。欠測が生じたり、異常値が含まれる場合は、同図3(a)に示されるように、日時および曜日のみを記憶し、測定値に関しては欠測とする(図3(a)では、2012年1月3日、火曜日の0:30~1

50

：59に欠測が生じた例を示す）。

【0048】

算出部35は、記憶部34からの出力に基づいて、図3(b)に示されるように、現在（測定時）までの線量の測定値を一時間ごとに積算し（本発明の「時間累積被曝量」に相当）、各時間における時間累積被曝量を曜日ごとに並べたデータテーブルを作成する。

【0049】

また、算出部35は、時間累積被曝量を算出するたびにデータテーブルを更新する。

例えば、図4(a)に示されるように、2012年1月2日、月曜日の0:00の時点で、データテーブルにおける月曜日の0:00～1:00の時間累積被曝量が「Y1」であった場合について説明する。

10

2012年1月2日、月曜日の0:00から一時間が経過して、2012年1月2日、月曜日の1:00になると、算出部35は、2012年1月2日、月曜日の0:00～1:00における時間累積被曝量を算出する。この時間累積被曝量が「Y2」であったとする。算出部35は、図4(b)に示されるように、「 $(Y1 + Y2) / 2$ 」を月曜日の0:00～1:00の時間累積被曝量として算出し、データテーブルを更新する。

【0050】

ところで、上述したように、欠測が生じた場合は、当該欠測を含む時間帯の時間累積被曝量の更新は行わず、データテーブルを用いて時間累積被曝量を推定する。例えば、図3(a)に示されるように、2012年1月3日、火曜日の0:30～1:59に欠測が生じた場合は、図3(b)に示されるデータテーブルに基づいて、2012年1月3日、火曜日の0:00～1:00における時間累積被曝量は $X1 \mu S V$ であり、2012年1月3日、火曜日の1:00～2:00における時間累積被曝量は $X2 \mu S V$ であったと推定する。

20

なお、0:00～0:29にかけては、欠測は生じていない。しかしながら、この場合、線量の測定値を用いることで、0:00～1:00の時間累積被曝量を適切に算出することは困難であるため、0:00～0:29の線量の測定値は、累積被曝量および時間累積被曝量の算出には用いない。

【0051】

算出部35は、このような方法で欠測が生じた時間帯の時間累積被曝量を推定した後、累積被曝量を算出する。

30

すなわち、例えば、上述した例において、2012年1月3日、火曜日の2:00に累積被曝量を算出する場合は、2012年1月3日、火曜日の0:00までの累積被曝量を、記憶部34からの出力に基づいて線量の測定値を逐次積算することで算出する。そして、このようにして算出した値に、上述した方法で推定した2012年1月3日、火曜日の0:00～2:00における時間累積被曝量（ $X1 \mu S V$ 、 $X2 \mu S V$ ）を積算した値を累積被曝量とする。

【0052】

また、算出部35は、上述したデータテーブルに基づいて、測定時から30日が経過した時点における累積被曝量（以下、「30日後累積値」）、測定時から90日が経過した時点における累積被曝量（以下、「90日後累積値」）、測定時から半年が経過した時点における累積被曝量（以下、「半年後累積値」）、測定時から一年が経過した時点における累積被曝量（推定累積被曝量）をそれぞれ予測する。

40

【0053】

2012年1月2日、月曜日の0:00における30日後累積値の予測方法について説明する。まず、制御部23は、時間累積被曝量を曜日ごとに積算する。ここで、今後30日が経過するまでに、月曜日および火曜日は5回、水曜日～日曜日は4回あるため、月曜日における時間累積被曝量の積算値に「5」を乗算した値（以下、「値H1」）と、火曜日における時間累積被曝量の積算値に「5」を乗算した値（以下、「値H2」）と、水曜日における時間累積被曝量の積算値に「4」を乗算した値（以下、「値H3」）と、木曜日における時間累積被曝量の積算値に「4」を乗算した値（以下、「値H4」）と、金曜

50

日における時間累積被曝量の積算値に「4」を乗算した値（以下、「値H5」と、土曜日における時間累積被曝量の積算値に「4」を乗算した値（以下、「値H6」と、日曜日における時間累積被曝量の積算値に「4」を乗算した値（以下、「値H7」とを算出する。そして値H1～H7を積算した値（以下、「値H8」とを算出する。その後、制御部23は、この値H8に累積被曝量を積算した値を30日後累積値とする。

制御部23は、これに準じた方法で、90日後累積値、半年後累積値および推定累積被曝量をそれぞれ予測する。

【0054】

制御部23は、このようにして算出した参考累積被曝量、推定累積被曝量および累積被曝量を線量の測定値とともに表示部12に表示させる。

10

【0055】

ところで、記憶部34は、上述したように、使用者の年齢、性別、妊娠の有無からなる使用者情報を記憶している。また、線量の測定値、30日後累積値、90日後累積値、および半年後累積値を、この使用者情報に基づいて各グレードに分類するためのグレードテーブルを記憶している。

【0056】

図5に妊娠中のZ歳女性のグレードテーブルの一例を示す。このグレードテーブルは、同図5に示されるように、線量の測定値、30日後累積値、90日後累積値および半年後累積値と、各グレードとの対応関係を表している。制御部23は、このグレードテーブルを参照して、測定値、30日後累積値、90日後累積値および半年後累積値がそれぞれい

20

ずれのグレードにあるかを求め、該当するグレードを表示部12に出力し、表示させる。

なお、記憶部34は、使用者の年齢、性別、妊娠の有無に応じて異なるグレードテーブルを記憶している。

【0057】

上記第一実施形態によれば、以下に記載する作用効果を奏することができる。

(1)一般に、使用者は、曜日や時間帯等に応じた一定のパターンのもとで行動していることが多いため、線量の測定値や時間累積被曝量は、曜日や時間帯等に応じた一定のパターンで変化することが多い。本実施形態によれば、データテーブルを参照して、欠測が発生した時間帯を含む時間累積被曝量を推定するため、欠測を含む時間累積被曝量を使用者の行動パターンに基づいて適切に推定することができる。したがって、放射線測定装置10の電源がオフになるなどして測定値に欠測が生じた場合であっても、累積被曝量を適切に算出することができる。

30

【0058】

(2)また、放射線測定装置10には、推定累積被曝量が表示されるため、使用者は、累積被曝量がどのように推移するのかを予測することができる。このため、累積被曝量が上限値に達してしまい、深刻な事態になってしまうことを抑制することができる。

【0059】

(3)また、時間情報と時間累積被曝量との対応関係を示すデータテーブルを用いて推定累積被曝量を予測しているため、使用者の行動パターンに基づいて適切に推定累積被曝量、30日後累積値、90日後累積値および半年後累積値を算出することができる。

40

【0060】

(4)また、線量の測定値が低い場合、専門知識を有さない使用者は、測定値がどのような意味を持つのかを理解し難い。この点、本実施形態では、参考累積被曝量を表示するようにしているため、測定値が低い場合であっても、参考累積被曝量を参照することで、測定値の意味を理解しやすくなる。

【0061】

(5)専門知識を有さない個人が線量の測定値や累積被曝量を提供されたとしても、これらの数値がどのような意味をもつのかを理解し、被曝の状況を把握することは困難である。この点、本実施形態では、線量の測定値、30日後累積値、90日後累積値、半年後累積値を複数のグレードに分類して表示するため、使用者は、提供される数値の意味合い

50

や被曝の状態を直感的に把握することができる。

なお、累積被曝量および推定累積被曝量に関しても、上述した方法に準じた方法で複数のグレードに分類して表示してもよい。

【0062】

(第二実施形態)

以下、本発明を具体化した第二実施形態を上記第一実施形態と異なる点を中心に図6～図10に基づいて説明する。なお、これら図6～図10において、第一実施形態にて説明した各要素と同一の要素についてはそれぞれ同一の符号を示しており、それら要素についての重複する説明は割愛する。

【0063】

本実施形態では、放射線測定装置10および中央監視装置70からなる被曝管理システムについて説明する。

同図6に示されるように、本実施形態にかかる放射線測定装置10の装置本体11は、第一実施形態にて説明した装置本体11に加えて、放射線測定装置10の現在位置を取得することができる位置情報取得部26および中央監視装置70と相互に無線通信可能な無線通信部27を備えている。位置情報取得部26は、放射線測定装置10の現在位置をGPS(Global Positioning System)などを通じて取得する。

中央監視装置70は、無線通信部27と相互に無線通信可能な無線通信部71、および各種処理を実行する指令部72を含んで構成されている。

【0064】

装置本体11は、線量の測定値と、記憶部34に予め入力されている上述した使用者情報とをバッファ24を通じて無線通信部27に出力する。無線通信部27は、無線通信を介して、これらの情報を含み、指令を要求する旨の信号(本発明の「第一無線信号」に相当)を中央監視装置70に送信する。また中央監視装置70から送信される信号を無線通信部27を通じて受信し、制御部23に出力する。

【0065】

指令部72は、使用者の年齢、性別、妊娠の有無ごとに線量の測定値の許容値、累積被曝量の許容値、推定累積被曝量の許容値を定めた勧告テーブルを記憶している。これら各許容値は、ICRP(世界放射線防御委員会)の勧告に準じた値を設定することが好ましい。また、原子力発電所等で事故が発生した場合や、ICRPの勧告の基準が変更された場合などは、適宜変更することが更に好ましい。

指令部72は、放射線測定装置10から送信された各種情報と、勧告テーブルとに基づいて指令を選択し、放射線測定装置10に送信する。

【0066】

次に、図7を参照しながら、このような被曝管理システムにおける処理全体の流れについて説明する。なお、この処理は、所定時間の経過毎に制御部23(本発明の「設定手段」、「判定手段」、「予想判定手段」に相当)によって実行される。

同図7に示されるように、この処理が開始されると、放射線測定装置10は、まず線量を測定し、測定値mを記憶する(ステップS100)。

【0067】

次に、参考累積被曝量を算出し(ステップS105)、線量の測定値mおよび参考累積被曝量を表示部12に表示する(ステップS110)。そして、測定値mを時間微分(一次微分)して、測定値mの増加率を算出する(ステップS115)。なお、参考累積被曝量については、上記第一実施形態にて説明したため、ここでの詳しい説明は割愛する。

【0068】

その後、測定値mが第一警戒値A1以上であるか否かを判定する(ステップS120)。この第一警戒値A1は、予め入力されている使用者の性別、年齢、妊娠の有無に応じて、制御部23が設定する値であり、使用者が女性である場合は男性である場合よりも小さい値に設定される。また、使用者の年齢が低いほど小さい値が設定される。さらに、使用者が妊娠している女性である場合は、最も小さい値に設定される。

測定値 m が第一警戒値 A_1 未満であると判定する場合（ステップ S_{120} ; NO）、次に第一警戒値 A_1 以上の線量が測定されることが予想されるか否かを判定する（ステップ S_{125} ）。

【0069】

第一警戒値 A_1 以上の線量が測定されることが予想されるか否かの判定方法について、図 8（a）および（b）を参照しながら説明する。

同図 8 には、測定値 m の推移の一例を表したグラフを示す。ここでは、測定時刻 t_1 における測定値 m が「 m_1 」であった場合について説明する。

【0070】

まず、制御部 23 は、測定値 m の増加率（測定値 m の一次微分値）を算出する。そして、同図 8（a）および（b）に示されるように、この増加率および測定値 m に基づいて、測定値 m が第一警戒値 A_1 に達する予想時刻 t_c を算出する。

10

図 8（a）に示されるように、予想時刻 t_c と測定時刻 t_1 との差分が所定値 C より大きい場合は、第一警戒値 A_1 以上の線量が予想されないと判定する。一方、図 8（b）に示されるように、予想時刻 t_c と測定時刻 t_1 との差分が所定値 C よりも小さい場合は、第一警戒値 A_1 以上の線量が測定されることが予想されると判定する。

【0071】

第一警戒値 A_1 以上の線量が測定されることが予想されないと判定する場合（ステップ S_{125} ; NO）、この処理を一旦終了する。

一方、第一警戒値 A_1 以上の線量が測定されることが予想されると判定する場合（ステップ S_{125} ; YES）、第四アラームを出力し（ステップ S_{130} ）、その後表示部 12 に放射線検出と表示させて（ステップ S_{135} ）、この処理を一旦終了する。

20

【0072】

これに対して、ステップ S_{120} にて、測定値 m が第一警戒値 A_1 以上であると判定した場合（ステップ S_{120} ; YES）、制御部 23 は、次に測定値 m が第二警戒値 A_2 （本発明の「第一所定値」に相当）以上であるか否かを判定する（ステップ S_{140} ）。この第二警戒値 A_2 は、第一警戒値 A_1 よりも大きい値であり、第一警戒値 A_1 と同様に、予め入力されている使用者の性別、年齢、妊娠の有無に応じて、制御部 23 が設定する値であり、使用者が女性である場合は男性である場合よりも小さい値に設定される。また、使用者の年齢が低いほど小さい値が設定される。さらに、使用者が妊娠している女性である場合は、最も小さい値に設定される。

30

【0073】

測定値 m が第二警戒値 A_2 未満であると判定する場合（ステップ S_{140} ; NO）、第二警戒値 A_2 以上の線量が測定されることが予想されるか否かを判定する（ステップ S_{145} ）。第二警戒値 A_2 以上の線量が測定されることが予想されるか否かの判定の手順は、上述したステップ S_{125} における手順に準じた手順であるため、ここでの詳しい説明は割愛する。

【0074】

第二警戒値 A_2 以上の線量が測定されることが予想されないと判定する場合（ステップ S_{145} ; NO）、第一アラームを出力し（ステップ S_{150} ）、その後表示部 12 に放射線検出と表示させて（ステップ S_{135} ）、この処理を一旦終了する。

40

一方、第二警戒値 A_2 以上の線量が測定されることが予想されると判定する場合（ステップ S_{145} ; YES）、第四アラームを出力し（ステップ S_{155} ）、その後表示部 12 に要警戒と表示させて（ステップ S_{160} ）、情報取得処理を実行する（ステップ S_{195} ）。なお、情報取得処理については、後述する。

【0075】

これに対して、ステップ S_{140} にて測定値 m が第二警戒値 A_2 以上であると判定した場合（ステップ S_{140} ; YES）、制御部 23 は、次に測定値 m が第三警戒値 A_3 （本発明の「第一所定値」に相当）以上であるか否かを判定する（ステップ S_{165} ）。この第三警戒値 A_3 は、第二警戒値 A_2 よりも大きい値であり、第二警戒値 A_2 と同様に、予め

50

入力されている使用者の性別、年齢、妊娠の有無に応じて、制御部 2 3 が設定する値であり、使用者が女性である場合は男性である場合よりも小さい値に設定される。また、使用者の年齢が低いほど小さい値が設定される。さらに、使用者が妊娠している女性である場合は、最も小さい値に設定される。

【 0 0 7 6 】

測定値 m が第三警戒値 A_3 未満であると判定する場合（ステップ S_{165} ; NO）、第三警戒値 A_3 以上の線量が測定されることが予想されるか否かを判定する（ステップ S_{170} ）。第三警戒値 A_3 以上の線量が測定されることが予想されるか否かの判定の手順は、上述したステップ S_{125} における手順に準じた手順であるため、ここでの詳しい説明は割愛する。

10

【 0 0 7 7 】

第三警戒値 A_3 以上の線量が測定されることが予想されないと判定する場合（ステップ S_{170} ; NO）、第二アラームを出力し（ステップ S_{175} ）、その後表示部 1 2 に要警戒と表示させて（ステップ S_{160} ）、情報取得処理を実行する（ステップ S_{195} ）。

一方、第三警戒値 A_3 以上の線量が測定されることが予想されると判定する場合（ステップ S_{170} ; YES）、第四アラームを出力し（ステップ S_{180} ）、その後表示部 1 2 に要避難と表示させて（ステップ S_{190} ）、情報取得処理を実行する（ステップ S_{195} ）。

【 0 0 7 8 】

20

これに対して、ステップ S_{165} にて測定値 m が第三警戒値 A_3 以上であると判定した場合（ステップ S_{165} ; YES）、制御部 2 3 は、次に第三アラームを出力し（ステップ S_{185} ）、その後表示部 1 2 に要避難と表示させて（ステップ S_{190} ）、情報取得処理を実行する（ステップ S_{195} ）。

【 0 0 7 9 】

次に、図 9 を参照しながら情報取得処理について説明する。

同図 9 に示されるように、この処理が開始されると、制御部 2 3 は、まず待機時間 T をセットし（ステップ S_{300} ）、次に待機時間 T が経過したか否かを判定する（ステップ S_{305} ）。なお、待機時間 T の初期値は「0」に設定されている。

待機時間 T が経過していないと判定した場合（ステップ S_{305} ; NO）、待機時間 T が経過するまで待機する。

30

【 0 0 8 0 】

待機時間 T が経過したと判定した場合（ステップ S_{305} ; YES）、制御部 2 3 は、指令コードを取得する（ステップ S_{310} ）。

指令コードの取得は、以下の手順で行う。すなわち、放射線測定装置 1 0 は、まず線量の測定値 m 、および予め入力されている使用者の年齢、性別、妊娠の有無からなる使用者情報を含み指令を要求する旨の信号を中央監視装置 7 0 に送信する。上述したように、中央監視装置 7 0 は、使用者の年齢、性別、妊娠の有無ごとに放射線の測定値の許容値、累積被曝量の許容値、および推定累積被曝量の許容値を定めた勧告テーブルを記憶しているため、受信した各種情報に応じて指令コードを選択し、放射線測定装置 1 0 に送信する。制御部 2 3 は、無線通信部 2 7 を通じてこの指令コードを取得する。

40

【 0 0 8 1 】

次に、制御部 2 3 は、待機時間 T を取得する（ステップ S_{315} ）。待機時間 T は、放射線測定装置 1 0 が中央監視装置 7 0 に送信した線量の測定値 m に基づいて、中央監視装置 7 0 が設定し、放射線測定装置 1 0 に送信する。なお、この待機時間 T は、測定値 m が大きいときほど短くなるように設定される。また、使用者の年齢が低いときほど短くなるように設定される。さらに、使用者が女性である場合は男性である場合よりも短くなるように設定され、使用者が妊娠している場合は最も短くなるように設定される。

【 0 0 8 2 】

そして、制御部 2 3 は、中央監視装置 7 0 から受信した指令コードを表示部 1 2 に表示

50

させて(ステップS320)、この処理を一旦終了する。

【0083】

次に、図10を参照しながら、このような処理が行われた場合における表示部12の表示およびアラームの推移の一例について説明する。

同図10に示されるように、線量の測定値mが上昇し、第一警戒値A1以上の線量が測定されることが予想されると判定したとき(タイミングt1)、第四アラームが出力されるとともに、表示部12に放射線検出と表示される。測定値mが第一警戒値A1に達すると(タイミングt2)、第一アラームが出力される。なお、表示部12には、引き続き放射線検出と表示される。

【0084】

その後、測定値mが緩やかに上昇して、第二警戒値A2以上の線量が測定されることが予想されると判定したとき(タイミングt3)、第四アラームが出力されるとともに、表示部12に要警戒と表示される。測定値mが第二警戒値A2に達すると(タイミングt4)、第二アラームが出力される。なお、表示部12には引き続き要警戒と表示される。

【0085】

線量の測定値mが減少し、再び第二警戒値A2となり(タイミングt5)、その後第二警戒値A2を下回ると、第一アラームが出力されるとともに、表示部12には放射線検出と表示される。

同図10に示されるように測定値mが再び上昇し、第二警戒値A2以上の線量が測定されると予想される(タイミングt6)と、第四アラームが出力され、要警戒と表示される。その後、測定値mが第二警戒値A2に達することなく、下降し始めると(タイミングt7)、第二アラームが出力され、表示部12には放射線検出と表示される。

【0086】

その後、線量の測定値mが減少し続けて第一警戒値A1となり(タイミングt8)、その後第一警戒値A1を下回ると、アラームは出力されなくなり、表示部12には表示がなされなくなる。

【0087】

同図10に示されるように、再び線量の測定値mが急激に上昇し、第一警戒値A1以上の線量が測定されることが予想される(タイミングt9)ようになると、第四アラームが出力されるとともに表示部12に放射線検出と表示される。そして、測定値mが第一警戒値A1に達する(タイミングt10)と、第一アラームが出力される。

測定値mが上昇を続け、第二警戒値A2以上の線量が測定されることが予想される(タイミングt11)ようになると、第四アラームが出力されるとともに、表示部12に要警戒と表示される。そして、測定値mが第二警戒値に達する(タイミングt12)と、第二アラームが出力される。

測定値mがさらに上昇し、第三警戒値A3以上の線量が測定されることが予想される(タイミングt13)ようになると、第四アラームが出力されるとともに、表示部12に要避難と表示される。そして、測定値mが第三警戒値A3に達する(タイミングt14)と、第三アラームが出力される。

【0088】

上述したように、制御部23は、所定の警戒値以上の線量が測定されることが予想されるか否かについて、線量の測定値mと増加率とに基づいて判定するようにしている。このため、同図10に示されるように、測定値mが急激に上昇する場合(例えば、タイミングt9~タイミングt13)は、線量の測定値mが緩やかに上昇する場合(例えば、タイミングt2~タイミングt4)よりも、実際の測定値mが低いときから警戒値以上の線量が測定されると予想して、第四アラームを出力するようになる。したがって、線量の測定値mが急激に上昇しているときには、緩やかに上昇しているときよりも早い段階で、避難する旨表示させたり、中央監視装置70に信号を送信したりすることができるようになる。

【0089】

上記第二実施形態によれば、上述した各作用効果に加えて、以下に記載する作用効果を

10

20

30

40

50

奏することができる。

(6) 本実施形態によれば、線量の測定値 m に応じた指令を表示部 12 に表示することができる。

【0090】

(7) また、第一警戒値 A_1 、第二警戒値 A_2 および第三警戒値 A_3 を使用者情報（使用者の年齢、性別、妊娠の有無）に基づいて設定している。このため、測定値 m と使用者情報とに基づいた総合的な判断を行ったうえで、とるべき行動を表示部 12 に表示することができる。

【0091】

(8) また、測定値 m が第二警戒値 A_2 以上となったときには、中央監視装置 70 にて使用者の年齢、性別および妊娠の有無からなる情報と測定値 m とに基づいて指令を選択し、放射線測定装置 10 に送信するようにしている。このため、使用者は、各個人でどのように行動すべきかを判断することなく、中央監視装置 70 から出力される指令に基づいてとるべき行動を選択することができる。このため、専門的知識がない個人であっても、適切な行動を選択することができるようになる。

【0092】

(9) また、放射線測定装置 10 から中央監視装置 70 には、使用者の年齢、性別および妊娠の有無からなる使用者情報を線量の測定値 m とともに送信するようにしているため、中央監視装置 70 で使用者に関する情報を管理したり、検索することなく、使用者に対して適切な指令を設定し、送信することができる。したがって、中央監視装置 70 にて処理が停滞してしまうことを抑制することができる。

【0093】

(10) また、放射線測定装置 10 は、中央監視装置 70 から送信される各種指令を表示するようにしている。このため、例えば、将来、放射線が人体に与える影響に関する知見が変更されるなどして、ICRP（世界放射線防御委員会）における勧告が変更された場合は、中央監視装置 70 が記憶している勧告テーブルを変更することで、この変更に対応した指令を放射線測定装置 10 に送信することができる。したがって、このような変更が行われた場合であっても、使用者は、この変更に対応するための何らかの処理を行うことなく、この変更に対応した指令を受信することができるため、このような変更に対応することができる。

【0094】

(11) また、所定の警戒値以上の線量が測定されない場合であっても、この警戒値以上の線量が測定されることが予想されると判定する場合は、その旨表示するようにしているため、使用者が、警戒値以上の放射線を被曝してしまうことを抑制することができる。

【0095】

(12) また、仮に、測定値 m が低い場合であっても、放射線測定装置 10 から中央監視装置 70 に信号を送信すると、中央監視装置 70 は、大量の信号を受信することとなり、処理が停滞してしまうおそれがある。この点、本実施形態では、測定値 m が第二警戒値 A_2 未満であり、且つ第二警戒値 A_2 以上の線量が測定されることが予想されない場合は、中央監視装置 70 に通報しないようにしている。このため、中央監視装置 70 にて、処理が停滞してしまうことを抑制することができる。

【0096】

(13) また、無線通信は大量の電力を消費するため、放射線測定装置 10 の充電量が少ない場合などは、無線通信を行うことによって放射線測定装置 10 の電源がオフになり、線量を測定することができなくなってしまうおそれがある。この点、本実施形態によれば、待機時間 T を受信したときには、この待機時間 T が経過するまで中央監視装置 70 との間での無線通信を禁止するようにしているため、無線通信によって電力が消費されることを抑制することができる。

【0097】

(第三実施形態)

10

20

30

40

50

以下、本発明を具体化した第三実施形態を上記第二実施形態と異なる点を中心に図 1 1 ~ 図 1 3 に基づいて説明する。なお、これら図 1 1 ~ 図 1 3 において、第二実施形態にて説明した各要素と同一の要素についてはそれぞれ同一の符号を示しており、それら要素についての重複する説明は割愛する。

【0098】

上述した第二実施形態では、線量の測定値 m に基づいてアラームおよび表示を変更するようにした。これに対して、本実施形態では、推定累積被曝量 $e a m$ に基づいてアラームおよび表示を変更する。また、推定累積被曝量 $e a m$ が所定値以上となったときには、上述した情報取得処理にて指令コードを取得する際（ステップ S 3 1 0）、使用者情報と推定累積被曝量 $e a m$ とを含み、指令を要求する旨の信号（「第三無線信号」に相当）を中央監視装置 7 0 に送信する。

10

以下、図 1 1 を参照しながら、このような被曝管理システムにおける処理全体の流れについて説明する。なお、この処理は、放射線測定装置 1 0 の所定時間の経過毎に制御部 2 3（本発明の「設定手段」に相当）によって実行される。

【0099】

同図 1 1 に示されるように、この処理が開始されると、制御部 2 3 は、線量を測定し（ステップ S 4 0 0）、累積被曝量 $a m$ および推定累積被曝量 $e a m$ を算出する（ステップ S 4 0 5）。そして、測定値 m 、累積被曝量 $a m$ および推定累積被曝量 $e a m$ を表示部 1 2 に表示する（ステップ S 4 1 0）。なお、累積被曝量 $a m$ および推定累積被曝量 $e a m$ の算出方法については、第一実施形態にて説明したため、ここでの詳しい説明は割愛する。

20

【0100】

次に、制御部 2 3 は、推定累積被曝量 $e a m$ が第一累積値 $C 1$ （本発明の「第三所定値に相当」）以上であるか否かを判定する。なお、第一累積値 $C 1$ は、予め入力されている使用者の性別、年齢、妊娠の有無に応じて、制御部 2 3 が設定する値であり、使用者が女性である場合は男性である場合よりも小さい値に設定される。また、使用者の年齢が低いほど小さい値が設定される。さらに、使用者が妊娠している女性である場合は、最も小さい値に設定される。

【0101】

推定累積被曝量 $e a m$ が第一累積値 $C 1$ 未満であると判定する場合（ステップ S 4 1 5 ; N O）、ステップ S 4 0 0 以降の処理を繰り返す。

30

一方、推定累積被曝量 $e a m$ が第一累積値 $C 1$ 以上であると判定する場合（ステップ S 4 1 5 ; Y E S）、次に推定累積被曝量 $e a m$ が第二累積値 $C 2$ （本発明の「第三所定値に相当」）以上であるか否かを判定する（ステップ S 4 2 0）。なお、第二累積値 $C 2$ は、第一累積値 $C 1$ よりも大きい値であり、第一累積値 $C 1$ と同様に、予め入力されている使用者の性別、年齢、妊娠の有無に応じて、制御部 2 3 が設定する値であり、使用者が女性である場合は男性である場合よりも小さい値に設定される。また、使用者の年齢が低いほど小さい値が設定される。さらに、使用者が妊娠している女性である場合は、最も小さい値に設定される。

【0102】

推定累積被曝量 $e a m$ が第二累積値 $C 2$ 未満であると判定する場合（ステップ S 4 2 0 ; N O）、第二アラームを出力し（ステップ S 4 2 5）、その後表示部 1 2 に要警戒と表示させて（ステップ S 4 3 0）、情報取得処理を実行する（ステップ S 4 5 0）。なお、情報取得処理については第二実施形態にて説明したため、ここでの詳しい説明は割愛する。

40

推定累積被曝量 $e a m$ が第二累積値 $C 2$ 以上であると判定する場合（ステップ S 4 2 0 ; Y E S）、第三アラームを出力し（ステップ S 4 4 0）、その後表示部 1 2 に要避難と表示させて（ステップ S 4 4 5）、情報取得処理を実行する（ステップ S 4 5 0）。

【0103】

次に、累積被曝量 $a m$ および推定累積被曝量 $e a m$ の推移の一例を示す図 1 2 を参照しながら、このような処理が行われた場合における表示部 1 2 の表示およびアラームの推移

50

の一例について説明する。

同図 12 に示されるように、累積被曝量 a_m が上昇するにつれて推定累積被曝量 $e a_m$ が上昇する。推定累積被曝量 $e a_m$ が第一累積値 C_1 に達すると、表示部 12 に要警戒と表示され、第二アラームが出力される。さらに、推定累積被曝量 $e a_m$ が第二累積値 C_2 に達すると、表示部 12 に要避難と表示され、第三アラームが出力される。

【0104】

上記第三実施形態によれば、上述した各作用効果に加えて、以下に記載する作用効果を奏することができる。

(14) 本実施形態によれば、推定累積被曝量 $e a_m$ に応じた指令を中央監視装置 70 から放射線測定装置 10 に送信することができる。このため、累積被曝量 a_m が上限値に達する前に、使用者に要避難などの指示を送信することができる。

【0105】

(第四実施形態)

以下、放射線管理システムにかかる本発明を具体化した実施形態を図 13 および図 14 に基づいて説明する。本発明にかかる放射線管理システムは、放射線測定装置 10 および簡易放射線検出器 50 から構成される。

まず、図 13 を参照しながら、本発明の実施形態にかかる放射線測定装置 10 および簡易放射線検出器 50 の詳しい構成について説明する。図 13 は線量を測定する放射線測定装置 10、および簡易放射線検出器 50 の平面構成および底面構成を示す。図 14 は、放射線測定装置 10 および簡易放射線検出器 50 の構成をブロック図にて示す。

【0106】

図 13 および図 14 には、放射線測定装置 10 および簡易放射線検出器 50 をそれぞれひとつずつ備える放射線管理システム 30 を示しているが、本発明における放射線管理システム 30 は、複数の簡易放射線検出器 50 を備えるものとしてもよい。この場合、各簡易放射線検出器 50 にはそれぞれ固有の識別番号、例えば 32 ケタの識別番号が付されており、各識別番号は、放射線測定装置 10 が管理している。

【0107】

図 13 (a) に示されるように、放射線測定装置 10 は、装置本体 11 とバンド 14 とを備え、腕時計を模した形状に形成されている。使用者は、バンド 14 を手首に巻くことで装置本体 11 を身体に付して携帯することができる。また、図 13 (b) に示されるように、簡易放射線検出器 50 は、検出器本体 51 とバンド 54 とを備え、腕時計を模した形状に形成されている。使用者は、バンド 54 を手首に巻くことで検出器本体 51 を身体に付して携帯することができる。

【0108】

放射線測定装置 10 の装置本体 11 の上面には、液晶からなるとともに線量の測定値を表示する表示部 12、およびアラームを表示するための警報部 15 が設けられている。また、装置本体 11 の周囲には、モードの切り替えや時間操作等を行うための複数のスイッチ 13a ~ 13c からなる操作部 13 が設けられている。また、装置本体 11 の底面には、ブザー 16 が内蔵されている。ブザー 16 は、警報部 15 に出力されるアラームに応じて異なる音を発する。

【0109】

簡易放射線検出器 50 の検出器本体 51 の上面には、アラームを表示するための警報部 52 が設けられており、底面には簡易放射線検出器 50 の識別を識別するための DIP スイッチ 53 が設けられている。DIP スイッチ 53 は、簡易放射線検出器 50 の識別情報を設定するためのスイッチであり、例えば、8 ビットの数値からなる簡易放射線検出器 50 の ID を設定することができる。本実施形態では、スイッチ 53a ~ 53e によって構成されており、それぞれの ON/OFF によって設定を行う。本実施形態のようにスイッチが 5 つ存在する場合には、それぞれのスイッチの ON/OFF の組み合わせによって 32 種類の ID を設定することができる。放射線測定装置 10 は、この ID によって、各簡易放射線検出器 50 を識別し、管理している。

【 0 1 1 0 】

放射線測定装置 1 0 と簡易放射線検出器 5 0 とは、N F C (N e a r F i e l d C o m m u n i c a t i o n) 等の通信規格を利用して通信を行う。このような通信規格を利用した通信機能を備えているため、放射線測定装置 1 0 と簡易放射線検出器 5 0 との間では、通信ネットワークを介さず近距離無線通信を行うことができる。

【 0 1 1 1 】

図 1 4 に、図 1 3 に示した放射線測定装置 1 0 の装置本体 1 1、および簡易放射線検出器 5 0 の検出器本体 5 1 の構成を表すブロック図を示す。

まず、放射線測定装置 1 0 の装置本体 1 1 について説明する。図 1 4 に示されるように、装置本体 1 1 は、放射線を測定する測定部 2 1、各種演算等を実行する制御部 2 3、近距離無線通信部 2 5、位置情報取得部 2 6 等により構成されている。

10

【 0 1 1 2 】

測定部 2 1 は、放射線を検出する放射線検出部 3 1 と、信号増幅部および波高弁別部 (図示せず) を含み、処理した信号を計数する計数部 3 2 と、計数部 3 2 から出力されたパルス信号を演算する演算部 3 3 とを備えている。

放射線検出部 3 1 は、放射線に感度を持つ半導体素子であり、例えば、線が放射線検出部 3 1 に入射すると、入射した放射線のエネルギーに応じた波高値を持つ信号が出力され、計数部 3 2 に出力する。

なお、放射線検出部 3 1 として、シリコンやテルル化カドミウム等の半導体素子を用いてもよいし、シンチレータと光電子倍增管等の組み合わせ等を用いてもよい。

20

【 0 1 1 3 】

計数部 3 2 は、上述したように信号増幅部および波高弁別部を備えている。放射線検出部 3 1 から出力された信号をこの信号増幅部で増幅した後に、波高弁別部で一定の波高値を持つ信号のみを弁別し、対応するパルス信号を出力する。

演算部 3 3 は、電気信号を放射線量に変換する変換係数や、装置のばらつきを補正する補正係数を記憶している。また、計数部 3 2 から出力されたパルス信号をカウントし、例えば 1 c m 線量等量 (率) 等の単位に変換して共有メモリ 2 2 に出力する。

共有メモリ 2 2 は測定部 2 1 からの出力値を一時的に格納し、制御部 2 3 に出力する。

【 0 1 1 4 】

位置情報取得部 2 6 は、放射線測定装置 1 0 の現在位置を G P S (G l o b a l P o s i t i o n i n g S y s t e m) などを通じて検出し、検出された放射線測定装置 1 0 の現在位置を近距離無線通信部 2 5 に出力する。

30

【 0 1 1 5 】

近距離無線通信部 2 5 は、簡易放射線検出器 5 0 と相互に近距離無線通信 (通信距離 4 0 ~ 6 0 m) を行うことができる。簡易放射線検出器 5 0 から送信され、近距離無線通信部 2 5 を通じて受信された信号は、位置情報取得部 2 6 から出力された現在位置に関する情報とともに、バッファ 2 4 に出力される。

【 0 1 1 6 】

バッファ 2 4 は近距離無線通信部 2 5 からの出力を一時的に格納し、制御部 2 3 に出力する。

40

制御部 2 3 は、近距離無線通信部 2 5 との間で行われる各種信号の送受信制御、および簡易放射線検出器 5 0 から送信された信号の処理、また測定部 2 1 から共有メモリ 2 2 を通じて出力された測定値の記憶や演算といった各種処理を統括的に行う。

また、表示部 1 2 および警報部 1 5 の表示制御およびブザー 1 6 の警報音の制御を行うとともに、操作部 1 3 から入力された操作信号に応じた所定の処理を行う。

【 0 1 1 7 】

次に、簡易放射線検出器 5 0 について説明する。同図 1 4 に示されるように、検出器本体 5 1 は、放射線を検出する放射線検出部 6 1、計数部 6 2、放射線検出部 6 1 にて検出した信号を処理する比較部 6 4 等により構成されている。

【 0 1 1 8 】

50

放射線検出部 6 1 は、上述した放射線検出部 3 1 と同様の構成を備える。計数部 6 2 は、上述した計数部 3 2 と同様の構成を備え、パルス信号を共有メモリ 2 2 に出力する。

共有メモリ 2 2 は計数部 6 2 からの出力値を一時的に格納し、比較部 6 4 に出力する。

【 0 1 1 9 】

比較部 6 4 は、警報部 5 2 の表示制御を行う。また、予め所定の閾値を記憶しており、計数部 6 2 から共有メモリ 6 3 を通じて出力されたパルス信号と、この予め記憶している閾値とを比較し、パルス信号が所定の閾値以上であるときには、警報部 5 2 に警報を表示させる。

【 0 1 2 0 】

このような構成を備える放射線管理システム 3 0 によれば、比較部 6 4 にて、計数部 6 2 から出力されたパルス信号が予め記憶している閾値よりも大きいと判定された場合、比較部 6 4 は、警報部 5 2 および近距離無線通信部 6 5 にその旨出力する。

【 0 1 2 1 】

近距離無線通信部 6 5 は、無線通信によって放射線測定装置 1 0 を構成する近距離無線通信部 2 5 に通報する。近距離無線通信部 2 5 は、簡易放射線検出器 5 1 からの通報を制御部 2 3 に出力する。

制御部 2 3 は、この通報に基づいて、簡易放射線検出器 5 0 が所定の閾値以上の放射線を検出した可能性がある旨を表示部 1 2 に表示させるとともに、警報部 1 5 に第五アラームを出力する。

【 0 1 2 2 】

上記第四実施形態によれば、以下に記載する作用効果を奏することができる。

(1 5) 上記実施形態によれば、簡易放射線検出器 5 0 では、計数部 3 2 からの出力を線量に換算する必要がない。このため、電気信号を放射線量に変換する変換係数を求めたり、装置のばらつきを補正する補正係数を求めたり、これら係数を定期的に点検する必要がない。このため、簡易な構成で、放射線を検出することができる。したがって、製造コストが低くなり、使用の際の手間やランニングコストを省くことができる。またさらに、維持管理にかかる手間や、放射性物質を用いた校正作業を行う手間を省くことができる。

【 0 1 2 3 】

(1 6) また、DIP スイッチ 5 3 を用いて簡易放射線検出器 5 0 を区別するようにしているため、ひとつの放射線測定装置 1 0 に対して、複数の簡易放射線検出器 5 0 を導入することができる。この場合は、警報部 1 5 は、簡易放射線検出器 5 0 から放射線測定装置 1 0 に通報があった場合、簡易放射線検出器 5 0 ごとに異なるアラームを出力することが好ましい。

【 0 1 2 4 】

(1 7) また、放射線測定装置 1 0 では、計数部 3 2 からの出力を線量に換算することができるため、簡易放射線検出器 5 0 を用いて高い線量が検出されるおそれがあると判断するときには、放射線検出装置 1 0 を用いて線量を測定することができる。

【 0 1 2 5 】

(1 8) また、放射線管理システム 3 0 は、家族などで購入し、大人が放射線測定装置 1 0 を装備して、大人の近くにいたこどもが簡易放射線検出器 5 0 を装備することができる。放射線測定装置 1 0 と簡易放射線検出器 5 0 とは、近距離無線通信にて互いに通信可能であるため、こどもが大人から少し離れた場所に行き、そこで高い線量が検出された場合には、その旨放射線測定装置 1 0 に迅速に通報される。このため、大人がこどもに対して、迅速に、安全な場所に行くよう速やかに指示することができる。

【 0 1 2 6 】

(その他の実施形態)

なお、この発明にかかる放射線測定装置 1 0 およびこれを用いた被曝管理システム、放射線管理システム 3 0 は、上記実施形態にて例示した構成に限定されるものではなく、同実施の形態を適宜変更した例えば次のような形態として実施することもできる。また以下の各変形例は、上記実施形態についてのみ適用されるものではなく、異なる変形例同士を

10

20

30

40

50

互いに組み合わせて実施することもできる。

【0127】

・図15に示されるように、放射線測定装置10との間で近距離無線通信が可能であるとともに、中央監視装置70との間で通信可能な情報端末機器81を備えるようにしてもよい。放射線測定装置10から出力された情報は、近距離無線通信を介して情報端末機器81に送信された後、情報端末機器81から中央監視装置70に送信される。そして、中央監視装置70は、所定の指令を情報端末機器81に送信し、情報端末機器81はこの指令を近距離無線通信を介して放射線測定装置10に送信する。

【0128】

本変形例によれば、放射線測定装置10と中央監視装置70とは、直接的に通信することなく、情報端末機器81を介して互いに通信することができる。すなわち、中央監視装置70は、各放射線測定装置10との間で情報のやり取りを行うのではなく、情報端末機器81との間で情報のやり取りを行うこととなる。このため、中央監視装置70は、大量の無線通信を処理する必要がないため、中央監視装置70において処理が停滞することを抑制することができる。

【0129】

・図16に示されるように、放射線測定装置10から送信された情報を地図上にプロットしてもよい。本変形例では、同図16に示されるように、各グレードに属する使用者が、どの地域にどれだけの人数存在するかを、各使用者に関する使用者情報とともに地図上に表示することが好ましい。また、どの地域でどれだけの線量が測定されたかを、各使用者に関する使用者情報とともに地図上に表示することもできる。

本変形例によれば、いずれの地域でどれだけの線量が測定されたかについて、視覚的に表現することができる。また、線量の測定値のみならず、各使用者情報を併せて表示することができるため、各地域の状況にあわせたきめ細かい対策を講ずることができるようになる。

【0130】

・上記変形例では、線量の測定値 m を地図上にプロットするようにしたが、本発明はこれに限られるものではなく、各個人の累積被曝量 a_m または推定累積被曝量 e_{a_m} を、各個人の現在位置とともに地図上に示してもよい。本変形例においても、上記変形例に準じた作用効果を奏することができる。

【0131】

・また、図16に示される地図を、指令部72から各放射線測定装置10に送信してもよい。本変形例によれば、各使用者は、他の地域における線量の測定値 m を確認することができるため、より適切な行動をとることができるようになる。

【0132】

・図17に示されるように、上記第二実施形態に記載した放射線測定装置10に対して、使用者の血中酸素濃度 SpO_2 、体温 T_{em} 、脈拍 G 、血圧 P および呼吸数 B を測定することができる生体情報取得部28を追加した構成（本発明の「携帯型監視装置」に相当）としてもよい。

本変形例では、生体情報取得部28からの出力に基づいて、制御部23（本発明の「監視部」、「判定部」に相当）は、血中酸素飽和度 SpO_2 を所定間隔で監視する。制御部23は、血中酸素飽和度 SpO_2 が所定の閾値を下回ったことを検出すると、使用者の血中酸素飽和度 SpO_2 、体温 T_{em} 、脈拍数 G 、血圧 P 、呼吸数 B および線量の測定を開始する。また、制御部23は、血中酸素飽和度 SpO_2 、体温 T_{em} 、脈拍数 G 、血圧 P 、呼吸数 B および線量の測定値 m のうちのいずれかひとつが予め定められる領域にないときには中央監視装置70（本発明の「連絡先機関」に相当）に、使用者の血中酸素濃度 SpO_2 、体温 T_{em} 、脈拍数 G 、血圧 P 、呼吸数 B 、線量の測定値 m および使用者の現在位置に関する情報を送信する。

【0133】

また、制御部23は、線量の測定値 m が予め定められる領域にある場合であっても、こ

10

20

30

40

50

の領域外にある値が測定されることが予想されるか否かを判定し、この領域外にある値が測定されることが予想されると判定する場合は、その旨、中央監視装置 70 に送信する。

本変形例によれば、血中酸素濃度 S P O の測定値に基づいて、使用者が緊急通報を要する状態にあるか否かを判定し、使用者が緊急通報を要する状態にある場合に、体温 T e m、脈拍数 G、血圧 P、呼吸数 B および線量の測定値 m からなる情報を中央監視装置 70 に送信することができる。さらに、領域外にある値の線量が測定されることが予想されるか否かについても、同時に判定することができる。

【 0 1 3 4 】

・上記第三実施形態では、推定累積被曝量 e a m が第一累積値 C 1 以上であるか否か（ステップ S 4 1 5）、推定累積被曝量 e a m が第二累積値 C 2 以上であるか否か（ステップ S 4 2 0）を判定するようにしたが、本発明はこれに限られるものではない。ステップ S 4 1 5 にて累積被曝量 a m が第三累積値 C 3 以上（本発明の「第二所定値」に相当）であるか否かを判定し、ステップ 4 2 0 にて累積被曝量 a m が第四累積値 C 4（本発明の「第二所定値」に相当）以上であるか否かを判定するようにしてもよい。

10

【 0 1 3 5 】

なお、第二累積値 C 2 は、第三累積値 C 3、第一累積値 C 1 等と同様に、予め入力されている使用者の性別、年齢、妊娠の有無に応じて、制御部 2 3 が設定する値であり、使用者が女性である場合は男性である場合よりも小さい値に設定される。また、使用者の年齢が低いほど小さい値が設定される。さらに、使用者が妊娠している女性である場合は、最も小さい値に設定される。また、第四累積値 C 4 は、第三累積値 C 3 よりも大きい値であり、第一累積値 C 1 等と同様に、予め入力されている使用者の性別、年齢、妊娠の有無に応じて、制御部 2 3 が設定する値であり、使用者が女性である場合は男性である場合よりも小さい値に設定される。また、使用者の年齢が低いほど小さい値が設定される。

20

【 0 1 3 6 】

本変形例においては、累積被曝量 a m が第三累積値 C 3 もしくは第四累積値 C 4 以上となったときには、上述した情報取得処理にて指令コードを取得する際（ステップ S 3 1 0）、使用者情報と累積被曝量 a m とを含み、指令を要求する旨の信号（「第二無線信号」に相当）を中央監視装置 70 に送信することが好ましい。

また、中央監視装置 70 は、累積被曝量 a m と使用者情報とに基づいた指令を含む信号を放射線測定装置 10 に送信することが好ましい。

30

【 0 1 3 7 】

上述した変形例によれば、累積被曝量 a m が第三累積値 C 3 以上となったときには、中央監視装置 70 にて使用者の年齢、性別および妊娠の有無の少なくともひとつの情報と累積被曝量 a m とに基づいて指令を選択し、放射線測定装置 10 に送信することができる。このため、使用者は、各個人でどのように行動すべきかを判断することなく、中央監視装置 70 から出力される指令に基づいてとるべき行動を選択することができる。

また、放射線測定装置 10 から中央監視装置 70 には、使用者の年齢、性別および妊娠の有無の少なくともひとつからなる使用者情報を累積被曝量 a m とともに送信するようにしているため、中央監視装置 70 で使用者に関する情報を管理したり、検索することなく、使用者に対して適切な指令を設定し、送信することができる。したがって、中央監視装置 70 にて処理が停滞してしまうことを抑制することができる。

40

【 0 1 3 8 】

・また、上述した変形例において、推定累積被曝量 e a m と累積被曝量 a m とに基づいて、中央監視装置に指令を要求する旨の信号を送信するようにしてもよい。

【 0 1 3 9 】

・上記第一実施形態では、時間情報を、測定を行った日時および曜日からなるものとし、時系列データを、線量の測定値、測定を行った日時および曜日からなるものとしたが、本発明の時間情報および時系列データはこれに限られるものではない。時間情報を、測定を行った時間のみからなるものとし、時系列データを、線量の測定値と測定を行った時間のみからなるものとしてもよい。また、時間情報を測定した曜日のみからなるものとし、

50

時系列データを、線量の測定値と測定を行った曜日のみからなるものとしてもよい。

【0140】

・上記第一実施形態では、測定した日時および曜日と、対応する時間累積被曝量とに基づいてデータテーブルを作成したが、本発明のデータテーブルはこれに限られるものではない。例えば、測定した時間と、対応する時間累積被曝量とのみを用いてデータテーブルを作成してもよい。または、曜日ごとに線量の測定値を累積し、測定した曜日と、対応する曜日における線量の測定値を累積した値とのみを用いてデータテーブルを作成してもよい。

【0141】

・上記第一実施形態では、一時間単位で時間累積被曝量を算出するようにしているが、時間累積被曝量の算出間隔は、一時間に限られるものではなく、長くしてもよいし、短くしてもよい。例えば15分単位で算出してもよい。

10

【0142】

・上記第二実施形態では、使用者の年齢、性別、妊娠の有無に基づいて、第一警戒値A1、第二警戒値A2および第三警戒値A3を設定するようにしたが、第一警戒値A1、第二警戒値A2および第三警戒値A3の設定方法はこれに限られるものではない。たとえば、使用者の年齢、性別、妊娠の有無のいずれかひとつに基づいて設定するようにしてもよいし、使用者の年齢、性別、妊娠の有無のいずれかふたつに基づいて設定するようにしてもよい。または、使用者の年齢、性別、妊娠の有無にかかわらず、予め所定の値を設定してもよい。または、中央監視装置70にて第一警戒値A1、第二警戒値A2および第三警戒値A3の少なくともひとつを設定し、設定した値を放射線測定装置10に送信してもよい。

20

【0143】

・上記第二実施形態では、予想時刻 t_c と測定時刻 t_1 との差分が所定値C以上であることをもって、第一警戒値A1以上の線量が測定されることが予想される(ステップS125)と判定するようにしたが、本発明はこれに限られるものではない。線量の測定値の一次微分値が所定値よりも大きく、且つ第一警戒値A1と線量の測定値 m との差分が所定値よりも小さいことをもって、第一警戒値A1以上の線量が測定されることが予想されると判定してもよい。

【0144】

30

・また、第二警戒値A2以上の線量が測定されることが予想されるか否かを判定する(ステップS145)にあたっては、上記変形例と同様に、線量の一次微分値が所定値よりも大きく、且つ第二警戒値A2と線量の測定値 m との差分が所定値よりも小さいことをもって、第二警戒値A2以上の線量が測定されることが予想されると判定してもよい。同様に、第三警戒値A3以上の線量が測定されるか否かを判定する(ステップS170)にあたっては、線量の一次微分値が所定値よりも大きく、且つ第三警戒値A3と線量の測定値 m との差分が所定値よりも小さいことをもって、第三警戒値A3以上の線量が測定されることが予想されるとしてもよい。

【0145】

・上記第三実施形態では、使用者の年齢、性別、妊娠の有無に基づいて、第一累積値C1および第二累積値C2を設定するようにしたが、第一累積値C1および第二累積値C2の設定方法はこれに限られるものではない。たとえば、使用者の年齢、性別、妊娠の有無のいずれかひとつに基づいて設定するようにしてもよいし、使用者の年齢、性別、妊娠の有無のいずれかふたつに基づいて設定するようにしてもよい。または、使用者の年齢、性別、妊娠の有無にかかわらず、予め所定の値を設定してもよい。または、中央監視装置70にて第一累積値C1および第二累積値C2の少なくともひとつを設定し、設定した値を放射線測定装置10に送信してもよい。

40

【0146】

・上記第四実施形態では、放射線測定装置10および簡易放射線検出器50を含んで構成される放射線管理システム30について説明したが、放射線管理システム30は、これ

50

に限られるものではない。例えば、放射線測定装置 10 を含まず、単一または複数の簡易放射線検出器 50 のみからなるようにしてもよい。本発明においても、線量の上昇または下降を検出することはできるため、線量を簡易的に検出することはできる。

【0147】

・上記第二実施形態または上記第三実施形態では、データテーブルに基づいて累積被曝量 a_m もしくは推定累積被曝量 $e a_m$ を算出するようにしたが、本発明における累積被曝量もしくは推定累積被曝量 $e a_m$ の算出方法はこれに限られるものではなく、測定値 m を積算した値としてもよい。

【0148】

・上記各実施形態では、測定値 m または推定累積被曝量 $e a_m$ に基づいてアラームおよび表示を変更するようにしたが、本発明はこれに限られるものではなく、累積被曝量 a_m に基づいて、アラームおよび表示を変更してもよい。

10

【0149】

・上記各実施形態では、推定累積被曝量を推定するにあたっては、一年が経過するまでにおける累積被曝量を推定するようにしたが、本発明はこれに限られるものではなく、半年が経過するまでにおける累積被曝量を推定するようにしてもよいし、五年が経過するまでにおける累積被曝量を推定するようにしてもよい。

【0150】

・上記各実施形態では、使用者情報を使用者の年齢、性別および妊娠の有無からなるものとしたが、本発明における使用者情報はこれに限られるものではない。例えば、使用者の年齢、性別および妊娠の有無のいずれかひとつ、またはいずれかふたつからなるものとしてもよい。またさらに、放射線の影響を受けやすい病歴の有無等を含めるものとしてもよい。本変形例においては、上記第一実施形態にて説明したグレードテーブルや、上記第二実施形態にて説明した勧告テーブルは、使用者情報に応じて変更することが好ましい。

20

【符号の説明】

【0151】

- 10 ... 放射線測定装置
- 11 ... 装置本体
- 12 ... 表示部
- 13 ... 操作部
- 13a ~ c ... スイッチ
- 14 ... バンド
- 15 ... 警報部
- 16 ... ブザー
- 21 ... 測定部
- 22 ... 共有メモリ
- 23 ... 制御部
- 24 ... バッファ
- 25 ... 近距離無線通信部
- 26 ... 位置情報取得部
- 27 ... 無線通信部
- 28 ... 生体情報取得部
- 30 ... 放射線管理システム
- 31 ... 放射線検出部
- 32 ... 計数部
- 33 ... 演算部
- 34 ... 記憶部
- 35 ... 算出部
- 50 ... 簡易放射線検出器
- 51 ... 検出器本体

30

40

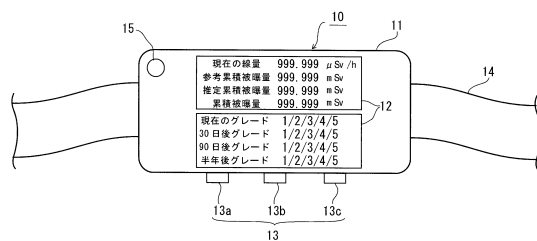
50

- 5 2 ... 警報部
- 5 3 ... D I P スイッチ
- 5 4 ... バンド
- 6 1 ... 放射線検出部
- 6 2 ... 計数部
- 6 3 ... 共有メモリ
- 6 4 ... 比較部
- 6 5 ... 近距離無線通信部
- 7 0 ... 中央監視装置
- 7 1 ... 無線通信部
- 7 2 ... 指令部
- 8 1 ... 情報端末機器

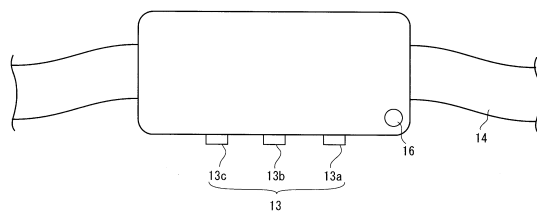
10

【図 1】

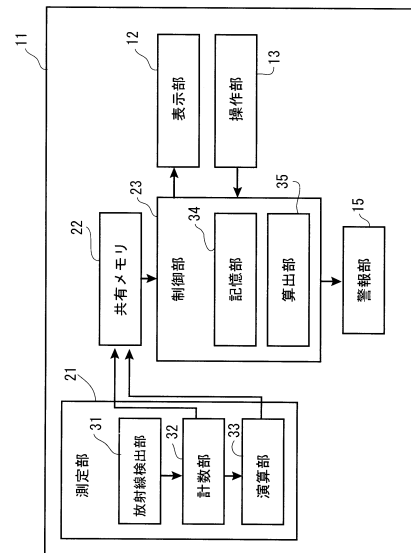
(a)



(b)



【図 2】



【図 3】

(a)

測定した日時および曜日		線量の測定値
2012.1.1 (日)	0:00	〇〇 μSv/h
2012.1.1 (日)	0:01	〇〇 μSv/h
2012.1.1 (日)	0:02	〇〇 μSv/h
⋮		⋮
2012.1.3 (火)	0:29	〇〇 μSv/h
2012.1.3 (火)	0:30	欠測
⋮		⋮
2012.1.3 (火)	1:59	欠測
2012.1.3 (火)	2:00	〇〇 μSv/h
2012.1.3 (火)	2:01	〇〇 μSv/h

(b)

	月	火	水	木	金	土	日
0:00～1:00	〇〇 μSv	X 1 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv
1:00～2:00	〇〇 μSv	X 2 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
22:00～23:00	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv
23:00～24:00	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv

【図 4】

(a)

	月	火	水	木	金	土	日
0:00～1:00	Y 1	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv
1:00～2:00	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
22:00～23:00	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv
23:00～24:00	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv

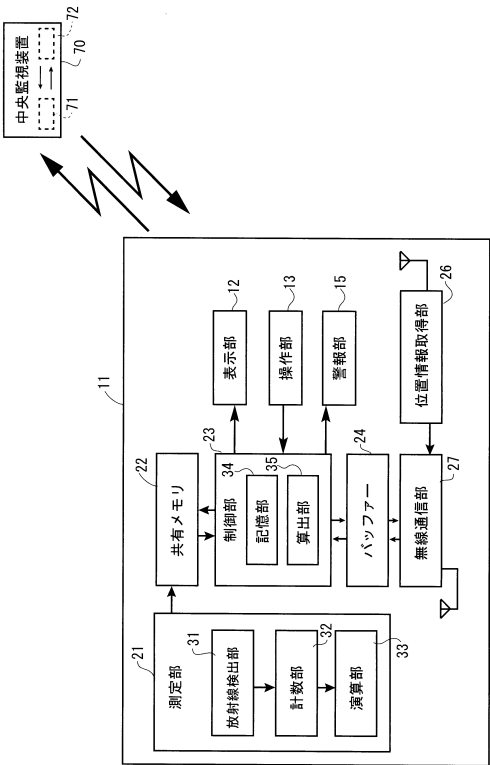
(b)

	月	火	水	木	金	土	日
0:00～1:00	$\frac{(Y1+Y2)}{2}$	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv
1:00～2:00	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
22:00～23:00	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv
23:00～24:00	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv	〇〇 μSv

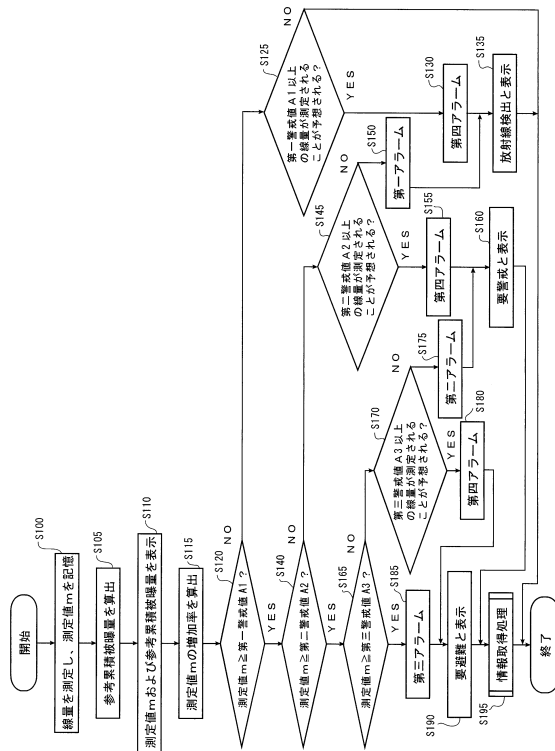
【図 5】

妊娠女性 Z 歳		測定値	30 日後 累積値	90 日後 累積値	半年後 累積値
グ レ ー ド	1	〇〇-〇〇 μSv/h	〇〇-〇〇 μSv	〇〇-〇〇 μSv	〇〇-〇〇 μSv
	2	〇〇-〇〇 μSv/h	〇〇-〇〇 μSv	〇〇-〇〇 μSv	〇〇-〇〇 μSv
	3	〇〇-〇〇 μSv/h	〇〇-〇〇 μSv	〇〇-〇〇 μSv	〇〇-〇〇 μSv
	4	〇〇-〇〇 μSv/h	〇〇-〇〇 μSv	〇〇-〇〇 μSv	〇〇-〇〇 μSv
	5	〇〇-〇〇 μSv/h	〇〇-〇〇 μSv	〇〇-〇〇 μSv	〇〇-〇〇 μSv

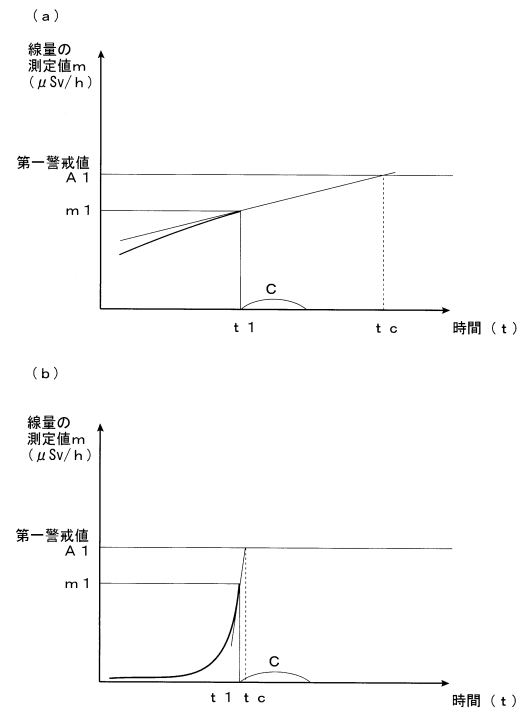
【図 6】



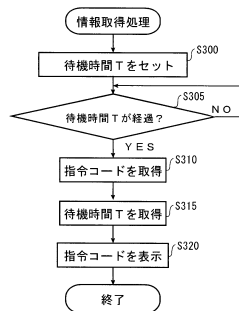
【図 7】



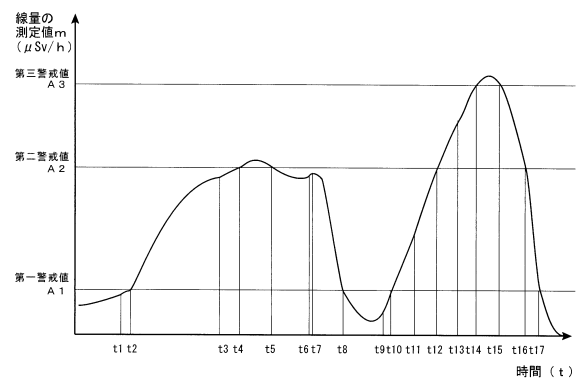
【図 8】



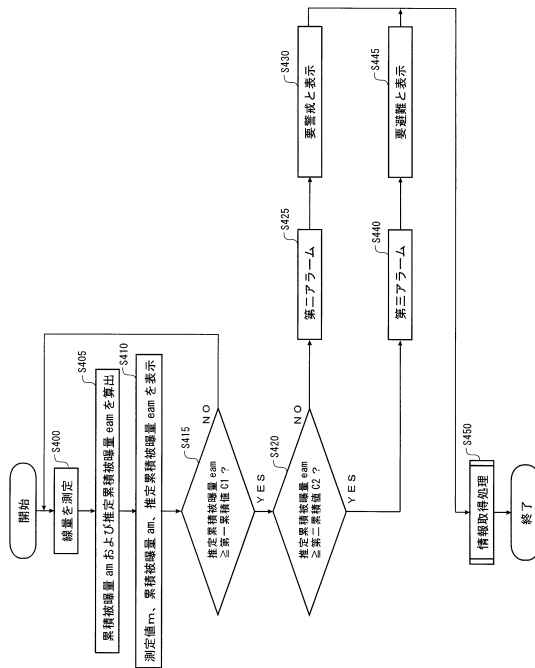
【図 9】



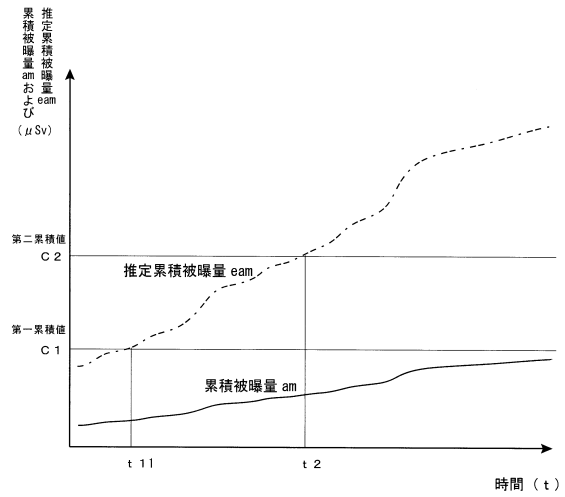
【図 10】



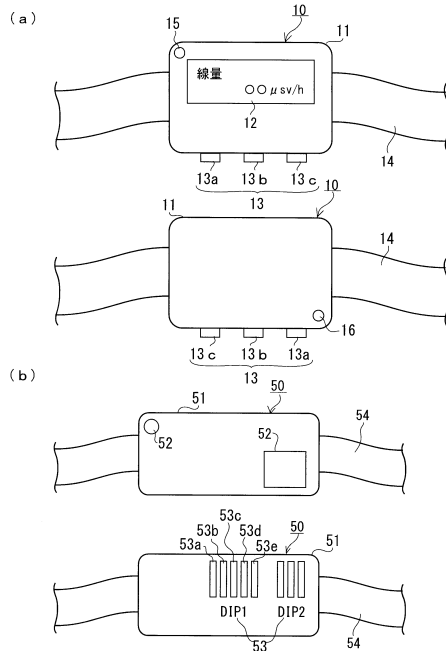
【 図 1 1 】



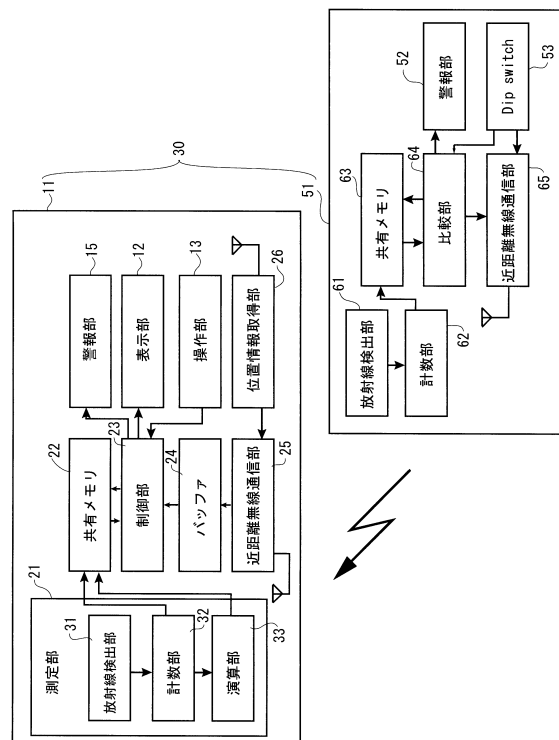
【 図 1 2 】



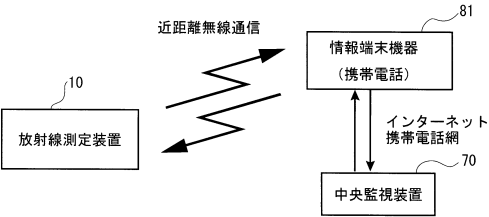
【 図 1 3 】



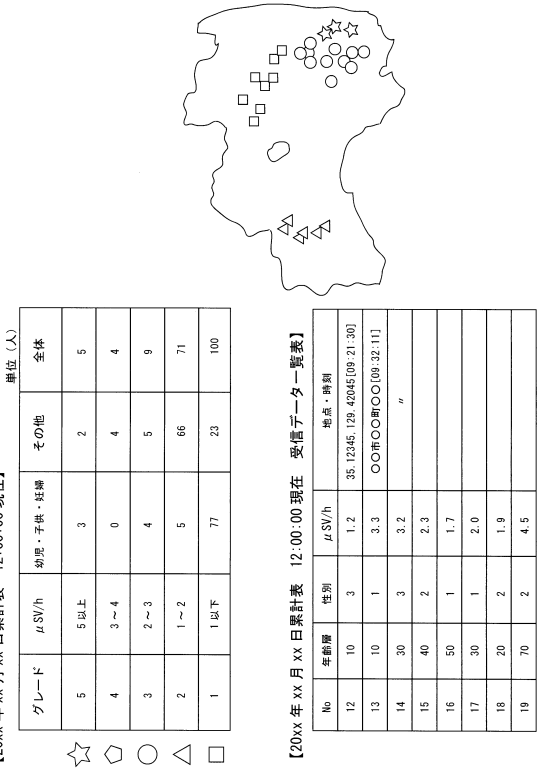
【 図 1 4 】



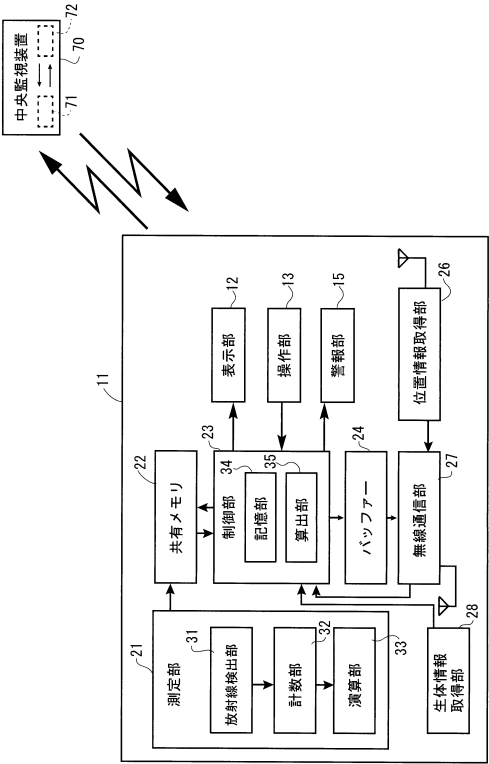
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平04-361190(JP,A)
特開平07-140250(JP,A)
特開2012-013563(JP,A)
特開2003-130956(JP,A)
特開2010-178901(JP,A)
特開2002-048869(JP,A)
特開昭62-091879(JP,A)
特開2008-272381(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01T 1/00-7/12