

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5499384号  
(P5499384)

(45) 発行日 平成26年5月21日 (2014. 5. 21)

(24) 登録日 平成26年3月20日 (2014. 3. 20)

(51) Int. Cl. F 1  
GO 1 T 1/167 (2006. 01) GO 1 T 1/167 B

請求項の数 3 (全 11 頁)

|  |   |
|--|---|
| <p>(21) 出願番号 特願2010-149120 (P2010-149120)<br/>                 (22) 出願日 平成22年6月30日 (2010. 6. 30)<br/>                 (65) 公開番号 特開2012-13498 (P2012-13498A)<br/>                 (43) 公開日 平成24年1月19日 (2012. 1. 19)<br/>                 審査請求日 平成24年4月20日 (2012. 4. 20)</p> | <p>(73) 特許権者 505374783<br/>                 独立行政法人日本原子力研究開発機構<br/>                 茨城県那珂郡東海村村松4番地49<br/>                 (74) 代理人 100074631<br/>                 弁理士 高田 幸彦<br/>                 (72) 発明者 高崎 浩司<br/>                 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002番<br/>                 独立行政法人日本原<br/>                 子力研究開発機構 大洗研究開発センター<br/>                 内</p> |
|--|---|

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放射エネルギー測定方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

放射性物質を付着させた試料をイメージングプレートに接触させて放射線を照射することにより該イメージングプレートに照射放射線量に応じた潜像を記録し、イメージングプレートに記録された潜像を読み取ることによってバックグラウンドと放射性物質の放射線量に比例した濃淡の放射線量画像データを作成する放射エネルギー測定方法において、

イメージングプレートにおける試料接触領域以外の領域から読み取ったバックグラウンドの放射線量画像データの99%の画素がその値以下となる値を閾値として設定し、イメージングプレートにおける試料接触領域から読み取った放射線量画像データにおいて前記閾値以上の放射線量画像データの画素が40画素以上に亘って連続する領域を測定目的の放射性物質の存在位置として判定することを特徴とする放射エネルギー測定方法。

10

【請求項2】

請求項1において、測定目的の放射性物質の放射エネルギーは、代表的な複数個の1スポット試料に最小二乗法を適用して求めた(数1)式によって算出し、その相対誤差は、(数2)式によって算出することを特徴とする放射エネルギー測定方法。

【数1】

$$A = \frac{I}{a t^b} \quad \dots\dots (数1)$$

プルトニウムの場合：a = 3. 0, b = 0. 92

20

## 【数 2】

$$\sigma = \pm \sqrt{(\sigma_a)^2 + (\sigma_b \cdot \ln t)^2} \quad \dots\dots \text{(数 2)}$$

プルトニウムの場合： $\sigma_a = \pm 0.2$ ， $\sigma_b = \pm 0.03$

## 【請求項 3】

放射性物質を付着させた試料を接触させて放射線を照射することにより照射放射線量に応じた潜像を記録するイメージングプレートと、前記イメージングプレートに記録された潜像を読み取ることによってバックグラウンドと放射性物質の放射線量に比例した濃淡の放射線量画像データを作成する読み取り器と、前記放射線量画像データを処理する画像データ処理装置を備えた放射線量測定装置において、

前記画像データ処理装置は、イメージングプレートにおける試料接触領域以外の領域から読み取ったバックグラウンドの放射線量画像データの 99% の画素がその値以下となる値を閾値として設定し、イメージングプレートにおける試料接触領域から読み取った放射線量画像データにおいて前記閾値以上の放射線量画像データの画素が 40 画素以上に亘って連続する領域を測定目的の放射性物質の存在位置として判定することを特徴とする放射線量測定装置。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、放射線量測定方法及び装置に関する。

20

## 【背景技術】

## 【0002】

輝尽性蛍光体粉末をフィルムに塗布して構成したイメージングプレートは、放射線を照射すると、照射された放射線情報（放射線量）を蛍光体に蓄積（放射線量潜像を形成）する。そして、放射線情報を蓄積した蛍光体は、刺激光を照射すると放射線蓄積量に応じて発光することから、この発光を光電変換して電気的信号（画素データ）にすることにより、イメージングプレートに照射された放射線量を電気的信号（放射線量画像データ）として検出することができる。

## 【0003】

このようなイメージングプレートを利用して、プルトニウム等の超ウラン元素からの放射線量を測定する放射線測定方法及び装置が提案されている。

30

## 【0004】

従来の放射線測定方法及び装置において、イメージングプレートを使用して得られる放射線量画像データ（PSL（Photo-Stimulated Luminescence）画像データ）には、自然界に存在する自然放射線に由来する放射線量（バックグラウンド放射線量）も含まれることから、測定目的の放射性物質の存在領域を判定する方法がなく、このため放射線量の算出も範囲を確定して行うことが困難であった。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献 1】特開 2007-24629 号公報

【特許文献 2】特開 2005-304952 号公報

【特許文献 3】特開平 10-132940 号公報

## 【非特許文献】

## 【0006】

【非特許文献 1】日本放射線安全管理学会誌第 5 巻 2 号（27-32）

「イメージングプレートに記録された PSL 強度分布の解析」

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

50

本発明の目的は、イメージングプレートにより得られる放射線量画像データ（PSL画像データ）から、自然界に存在する自然放射線に由来する放射線量（バックグラウンド放射線量）の影響を考慮して、測定目的の放射性物質の存在領域の判定と確定した領域の放射線量の算出を所定の精度で行うことができる放射能測定方法及び装置を実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

$\alpha$ 線を放出する放射性物質（例えばプルトニウム）が付着した試料をイメージングプレートに接触させて放射線を照射すると該イメージングプレートには照射された放射線量に応じた潜像が記録される。そして、潜像が記録されたイメージングプレートの潜像を読み取ると、図1に示すようなバックグラウンドと放射性物質の放射線量に比例したPSL値の濃淡による放射線量画像が得られる。

10

【0009】

図1において、a、bは、放射線物質から放射される放射線により記録された画素の集合領域（スポット）、cは自然放射線により記録された画素の集合領域（バックグラウンド）である。

【0010】

図2は、この放射線量画像データを、高さ方向を放射線量に比例した量（PSL値）で表した3次元画像である。この3次元画像（a）について、任意のPSL値を閾値として画素を選択すると、大小の無数の画素のスポットに区分して抽出することができる（b）。

20

【0011】

バックグラウンドはほぼ均一にイメージングプレートに入射する自然放射線による小さなスポットであり、放射性物質からの連続放出の放射線による一部の画素領域に集中したスポットとは異なる。従って、この個々のスポットについて、各スポット面積（画素数）を比較することによりバックグラウンドとは異なる放射性物質の存在の有無を識別することができる。また、既知の放射性物質の放射線量とスポットのPSL値を比較することにより、個々のスポットの放射線を評価することができる。

【0012】

本発明は、バックグラウンド放射線量画像データの所定画素数とその値以下となる値を閾値として設定し、この閾値以上の放射線量画像データの画素が所定数以上に亘って連続する領域（スポット）を測定目的の放射性物質の存在位置として判定することを特徴とする。

30

【0013】

具体的には、前記閾値は、バックグラウンド放射線量画像データの画素の99%（～99.9%）をその値以下に含む値とし、測定目的の放射性物質の存在位置として判定する前記スポットは、40画素以上が連続する領域とする。

【0014】

そして、測定目的の放射性物質の放射線量は、代表的な1スポットの試料を用いて最小二乗法から求めた次式（数1）によって算出し、その相対誤差は、次式（数2）によって算出する。

40

【0015】

【数1】

$$A = \frac{I}{a t^b} \quad \dots\dots \text{（数1）}$$

プルトニウムの場合：a = 3.0, b = 0.92

【0016】

【数 2】

$$\sigma = \pm \sqrt{(\sigma_a)^2 + (\sigma_b \cdot \ln t)^2} \quad \dots\dots \text{(数 2)}$$

プルトニウムの場合： $\sigma_a = \pm 0.2$ ， $\sigma_b = \pm 0.03$

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、イメージングプレートにより得られる放射線量画像データ（PSL画像データ）から、自然界に存在する自然放射線に由来する放射線量（バックグラウンド放射線量）の影響を考慮して、測定目的の放射性物質の存在領域の判定とその放射エネルギーの算出を所定の精度で行うことができる放射能測定方法及び装置を実現することができる。特に、放射性物質を付着させた試料をイメージングプレートに接触させて放射線を照射することにより該イメージングプレートに照射放射線量に応じた潜像を記録し、イメージングプレートに記録された潜像を読み取ることによってバックグラウンドと放射性物質の放射線量に比例した濃淡の放射線量画像データを作成する放射能測定方法及び装置において、イメージングプレートにおける試料接触領域以外の領域から読み取ったバックグラウンドの放射線量画像データの99%の画素がその値以下となる値を閾値として設定し、イメージングプレートにおける試料接触領域から読み取った放射線量画像データにおいて前記閾値以上の放射線量画像データの画素が40画素以上に亘って連続する領域を測定目的の放射性物質の存在位置として判定するようにしたことにより、測定目的の放射性物質によるスポットの識別を容易に効率的に行うことができるようになる。

10

20

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】イメージングプレートに記録されたバックグラウンドと放射性物質の放射線量に比例したPSL値の濃淡による放射線量画像である。

【図2】図1に示した放射線量画像のデータについて高さ方向を放射線量に比例した量（PSL値）で表した3次元画像である。

【図3】本発明による放射能測定方法のフローチャートである。

【図4】本発明の放射能測定方法を実施する放射能測定装置の機能ブロック図である。

30

【図5】放射線量画像データにおけるバックグラウンド及び放射性物質（プルトニウム）のPSL値の分布を示している。

【図6】バックグラウンドの画素の約90.0%、99.0%及び99.9%がその値以下となるようなPSL値を閾値として放射線量画像データから画素抽出実験を行った結果を示している。

【図7】バックグラウンドから抽出した画素のスポット面積（画素数）の分布を示している。

【図8】プルトニウムの放射線照射によるスポットのPSL値、放射エネルギー及び照射時間の関係を示している。

【図9】バックグラウンドの99.0%の画素のPSL値がその値以下となる値を閾値として画素を抽出し、40画素以上のスポットを識別する方法により、放射性物質による放射線照射スポットとして定量的に識別した例を示している。

40

【図10】1スポットの10個のプルトニウム試料のPSL値から評価した放射エネルギーと放射線検出器により評価した放射エネルギーの比較例を示している。

【図11】複数スポットの10個のプルトニウム試料のPSL値から評価した放射エネルギーと放射線検出器により評価した放射エネルギーの比較例を示している。

【発明を実施するための形態】

【0019】

本発明は、バックグラウンド放射線量画像データ（画素データ）の99%～99.9%の画素がその値以下となる値を閾値として設定し、この閾値以上の放射線量データが40

50

画素以上連続する領域（スポット）を測定目的の放射性物質の存在位置として判定し、測定目的の放射性物質の放射エネルギーは、代表的な1スポットの試料を用いて最小二乗法から求めた（数1）式によって算出し、その相対誤差は最小二乗法から得られた誤差を基に（数2）式によって算出するように構成する。

【実施例】

【0020】

図3は、本発明の放射エネルギー測定方法のフローチャートである。

【0021】

ステップS1

ダスト捕集用のろ紙等に測定環境の空気中に浮遊するダストや機器等表面に付着したダスト（プルトニウム等の放射性物質を含む）を捕集する。 10

【0022】

ステップS2

ダストを捕集したダスト捕集用のろ紙等をイメージングプレートに接触させ、捕集したダストに含まれる放射性物質（プルトニウム等）の放射線（ $\alpha$ 線）をイメージングプレートに照射して該イメージングプレートにダスト潜像を記録する。

【0023】

ステップS3

イメージングプレートに記録されたダスト潜像を読み取り、放射線照射量に比例したダストPSL画像データを取得する。 20

【0024】

ステップS4

イメージングプレートにおけるダスト潜像記録領域以外の所定の領域からバックグラウンドPSL画像データを取得する。

【0025】

ステップS5

バックグラウンドPSL画像を構成する画素の99%（～99.9%）がその値以下となる値をPSL画像評価閾値に設定する。

【0026】

ステップS6

ダスト画像データにおいて評価閾値以上の画素データを抽出する。 30

【0027】

ステップS7

抽出した画素が連続するスポットのうち所定数（40画素）以上の面積のスポットを放射性物質による放射線照射スポットとして識別する。

【0028】

ステップS8

識別された放射線照射スポットのPSL値からバックグラウンドを差し引いて放射線照射スポットのダストPSL値を求める。 40

【0029】

ステップS9

予め代表的な試料を用いた実験により、放射線照射スポットのPSL値と放射性物質の放射エネルギーの関係式を求めておく。

【0030】

ステップS10

放射線照射スポットのダストPSL値から測定した放射性物質の放射エネルギー算出と、その算出誤差を求める。

【0031】

図4は、前述した放射エネルギー測定方法を実施する放射エネルギー測定装置の機能ブロック図である。 50

## 【0032】

1は試料となるダスト捕集用のろ紙等であり、測定環境ダスト捕集装置に設置して測定環境の空气中に浮遊するダストや機器等の表面に付着したダストの捕集に使用する。2は、捕集したダストに含まれた放射性物質の粒子である。

## 【0033】

3はイメージングプレートであり、ダストを捕集した試料であるダスト捕集ろ紙1を接触させ、捕集した放射性物質2を含むダストの放射線( $\alpha$ 線)を照射することによりダスト潜像2aを記録するために使用する。このイメージングプレート3は、前記ダスト捕集ろ紙1を接触させてダスト潜像2aを記録するダスト潜像記録領域3aと、前記ダスト潜像記録領域3aの外側に位置させてバックグラウンド潜像領域3bを備える。

10

## 【0034】

バックグラウンド潜像領域3bは、イメージングプレート3上でバックグラウンドを評価するための区域であり、ここには試料を接触させないようにする。

## 【0035】

4は読み取り器であり、刺激光照射手段と光電変換素子アレーを備え、イメージングプレート3の表面を光電変換走査してダスト潜像とバックグラウンド潜像を電気信号に光電変換して潜像(放射線照射量)に比例したPSL画像データを出力する。

## 【0036】

5は画像データ処理装置であり、前記読み取り器4から出力されるPSL画像データを取得し、PSL画像評価閾値に設定し、ダスト画像データにおける評価閾値以上の画素データを抽出し、抽出した画素が連続するスポットのうち所定数(40画素)以上の面積の領域を放射性物質による放射線照射スポットとして識別し、識別した放射線照射スポットのPSL値からバックグラウンドを差し引いて放射線照射スポットのダストPSL値を求め、放射線照射スポットのダストPSL値から測定した放射性物質の放射線算出と、その算出誤差を求める処理を行う。

20

## 【0037】

放射線照射スポットを抽出するPSL値の閾値は、バックグラウンドの影響をできる限り小さくするために、バックグラウンドのPSL値の分布を基にして設定する。

## 【0038】

図5は、バックグラウンドのPSL値の分布を示すものであり、参考に放射性物質(プルトニウム)が含まれている場合も併せて示している。放射性物質のPSL値は、バックグラウンドよりも高い分布であり、PSL値による識別が有効である。バックグラウンドの分布は、照射時間や測定場所によって異なる。図5に示すように、バックグラウンドのPSL値の分布を考慮して、それぞれ、バックグラウンドの画素の約90.0%、99.0%及び99.9%がその値以下となるようなPSL値を閾値として画素抽出実験を行った。

30

更に、この分布からバックグラウンドの平均PSL値(PSL/画素)を求めておく。バックグラウンドの平均PSL値は、放射線照射スポットの正味のPSL値を計算する際に使用する。

## 【0039】

図6は、この画素抽出実験の結果を示している。閾値を参照して抽出した白い画素は、それぞれ、スポットを形成している。(a)は、バックグラウンドの画素の約90.0%がその値以下となる値を閾値する画素抽出であり、多くのスポットが全面に分布しており、分離が十分でなく、各スポットの識別の処理時間も長くなり、効率が悪い。

40

## 【0040】

一方、(b)、(c)は、バックグラウンドの画素の約99.0%及び99.9%がその値以下となる値を閾値する画素抽出であり、バックグラウンドのスポットは少なくなり、スポットの識別が容易で効率的である。識別処理時間と低い放射線量までの測定を考慮すると、使用する閾値は、バックグラウンドの画素の約99.0%がその値以下となる値が最適である。

50

## 【0041】

スポットの面積（画素数）によってプルトニウム等の放射線物質による放射線照射スポットを識別するために、複数のイメージングプレートを、放置時間を変えて室内に放置してバックグラウンドを評価した。それぞれのイメージングプレートについて、バックグラウンド画像の画素の約99.0%以上がその値以下となる値を閾値として画素を抽出し、スポット面積の分布を評価した。

## 【0042】

図7は、バックグラウンドから抽出した画素のスポット面積（画素数）の分布を示している。放置時間にかかわらずバックグラウンドのスポットは、面積が大きく（画素数が多く）なるほど減少し、40画素以上のスポットは観察されなかった。このことから、40画素以上のスポットは、自然放射線以外の放射線物質による放射線照射スポットと見做すことができる。

10

## 【0043】

放射線照射量の異なる1スポット状の試料を用いて、プルトニウムによる放射線照射スポットのPSL値Iと放射エネルギーAとの関係を最小二乗法により評価した。スポットのPSL値Iは、閾値とスポット面積によって抽出された画素のPSL値の合計値からバックグラウンドの値を差し引いて求めた。バックグラウンドの値は図5で求めておいたバックグラウンドの平均PSL値にスポット面積を掛け合せて求めた。

## 【0044】

PSL値と放射エネルギーの関係式には、フェーディングの効果を考慮した。代表的な幾つかの1スポットの試料を用いて、この関係式に最小二乗法を適用して係数を求める。相対誤差 $\sigma$ は、最小二乗法から得られた係数の誤差から求めた。関係式によるスポットの放射エネルギーAと相対誤差 $\sigma$ は、PSL値Iと照射時間tに基づいて（数1）式、（数2）式により計算することができる。

20

## 【0045】

図8は、代表的な幾つかの1スポットの試料に最小二乗法を適用して求めたプルトニウムの放射線照射によるスポットのPSL値、放射エネルギー及び照射時間の関係を示している。

## 【0046】

図9は、放射性物質（プルトニウム）粒子が付着した試料によって放射線を照射して潜像を記録したイメージングプレートのPSL画像において、バックグラウンドの99.0%の画素のPSL値がその値以下となる値を閾値として画素を抽出し、40画素以上のスポットを識別する方法により、放射性物質による放射線照射スポットとして定量的に識別した例を示している。複数のスポットの重なりも大きなスポットの集合体として識別することができており、放射性物質がまばらに分布する試料として、ダスト捕集ろ紙のみならず、放射性物質の粒子が集められた分布の偏ったスミヤろ紙などの測定にも適用することができる。

30

## 【0047】

図10は、1スポットの10個のプルトニウム試料のPSL値から評価した放射エネルギーと放射線検出器により評価した放射エネルギーの比較例を示している。（数1）式及び（数2）式の算出に使用しなかった試料（No. 7～No. 10）について、PSL値から評価した放射エネルギーは、誤差の範囲内で放射線検出器で測定した放射エネルギーと良く一致している。

40

## 【0048】

また、図11は、複数スポットの10個のプルトニウム試料のPSL値から評価した放射エネルギーと放射線検出器により評価した放射エネルギーの比較例を示している。測定試料は、スミヤろ紙3枚、粘着紙による採取試料3枚及び空気中のダスト捕集ろ紙4枚である。複数スポットの試料に適用した場合も、PSL値から評価した放射エネルギーは、誤差の範囲内で放射線検出器で測定した放射エネルギーと良く一致している。

## 【0049】

この評価方法により、イメージングプレートのPSL画像から放射性物質のスポットを定量的に識別し、PSL値から各スポットの放射エネルギーを誤差の範囲内で評価することが可

50

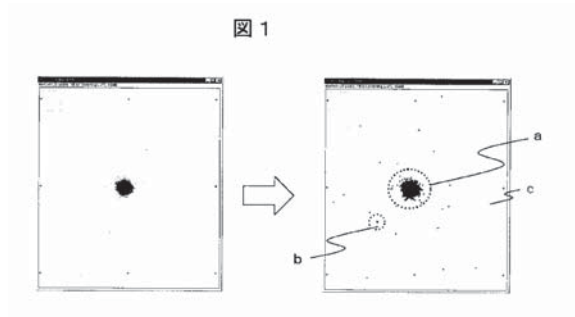
能になった。これにより、汚染等の放射能の分布を評価することができる。

【符号の説明】

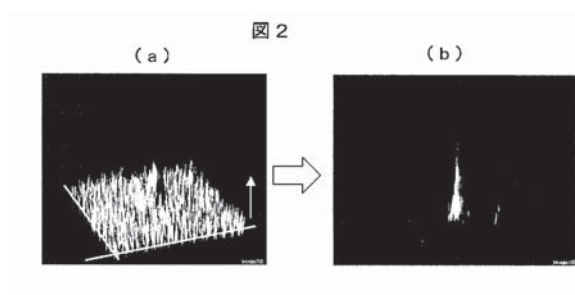
【0050】

1…ダスト捕集ろ紙、2…放射性物質の粒子、2 a…ダスト潜像、3…イメージングプレート、3 a…ダスト潜像記録領域、3 b…バックグラウンド領域、4…読み取り器、5…画像データ処理装置。

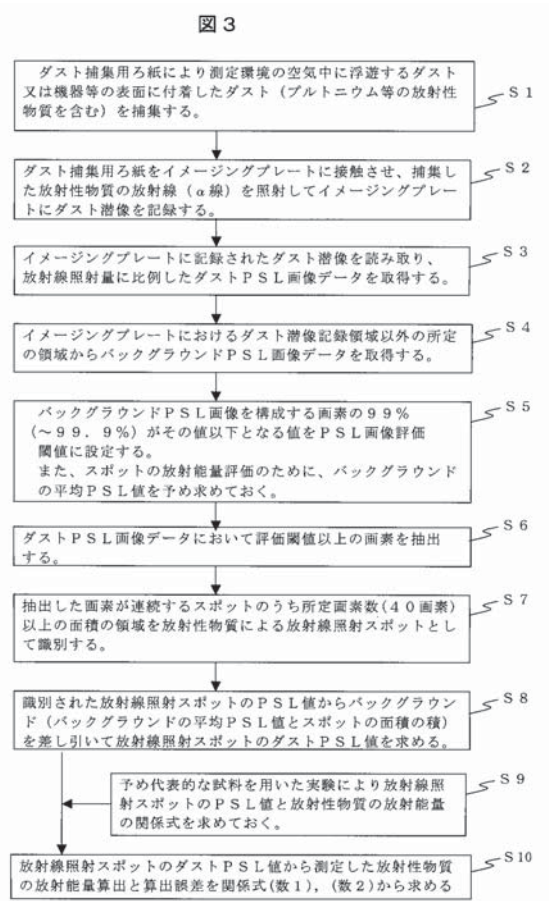
【図1】



【図2】

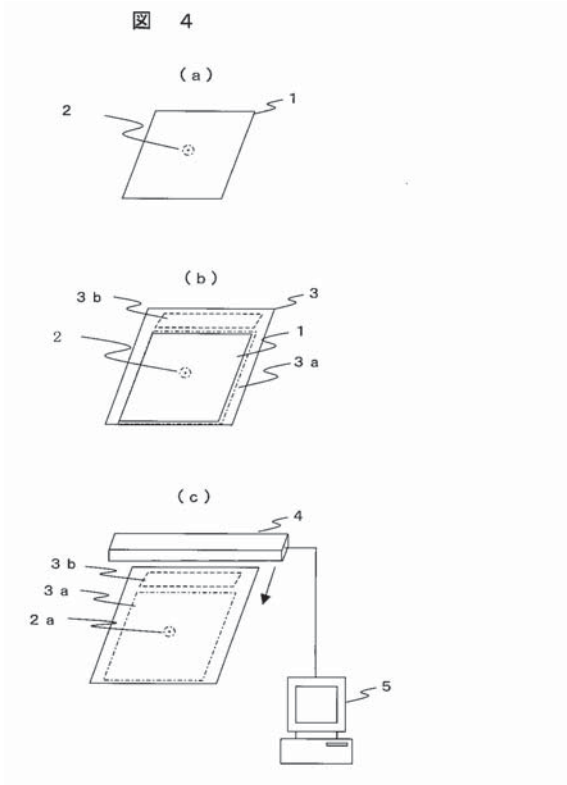


【図3】

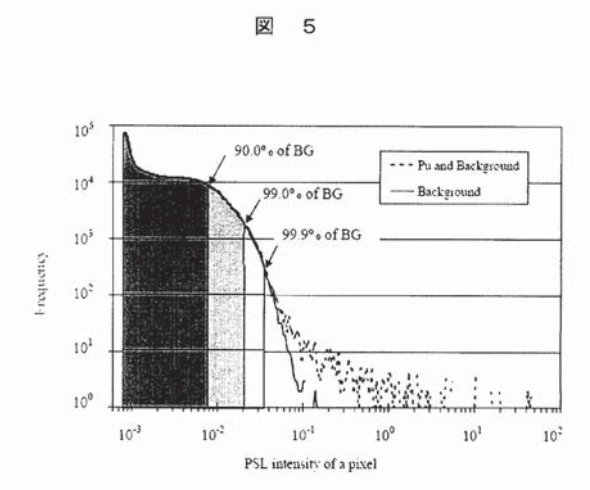




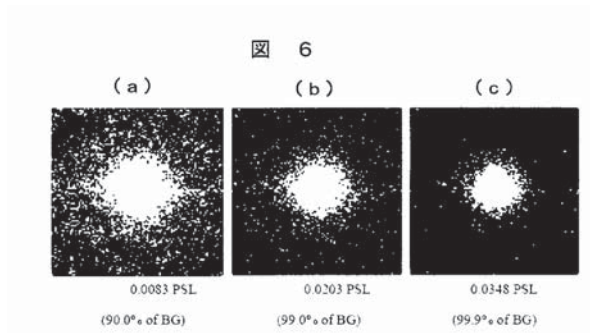
【図4】



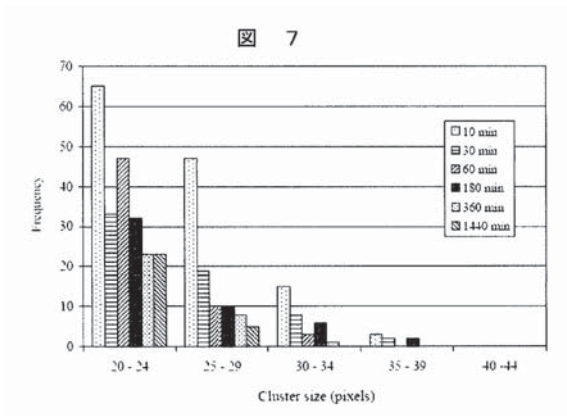
【図5】



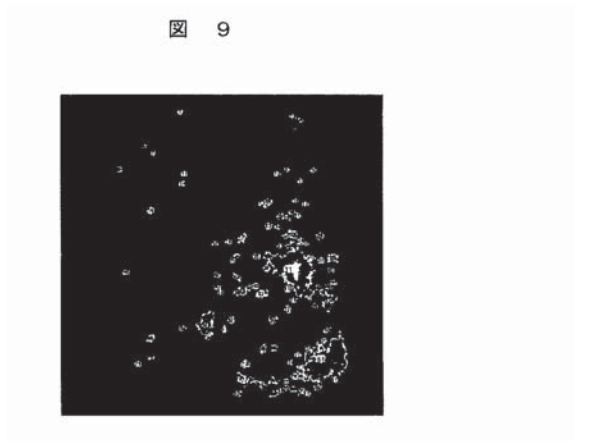
【図6】



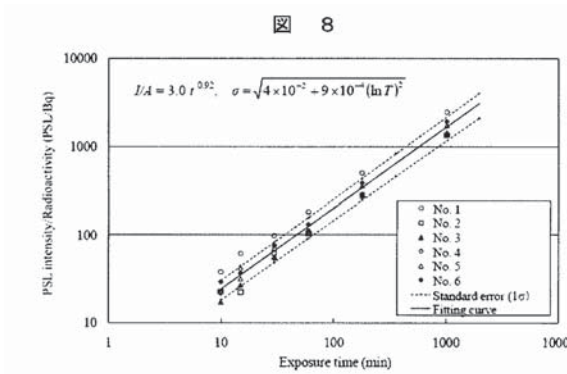
【図7】



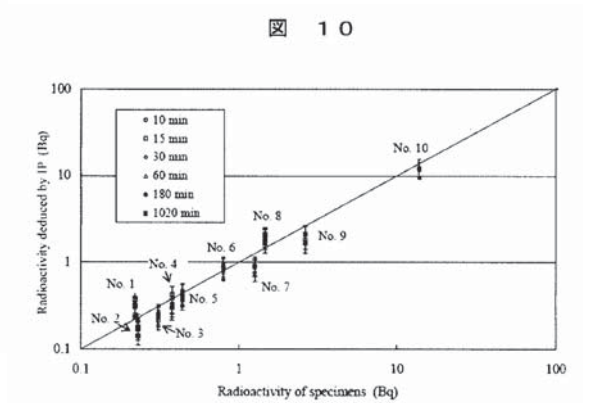
【図9】



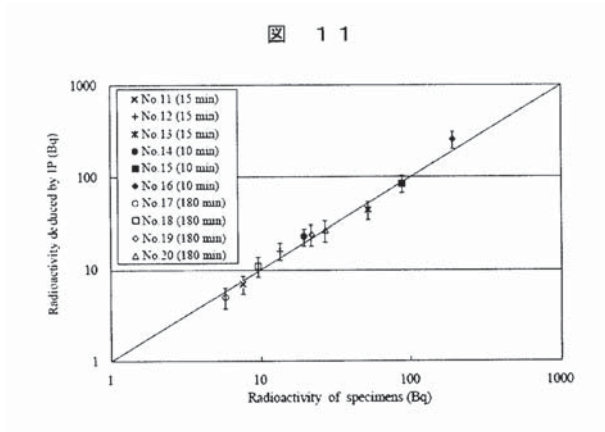
【図8】



【図10】



【 図 1 1 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 佐川 直貴  
茨城県那珂郡東海村村松4番地33 独立行政法人日本原子力研究開発  
機構 東海研究開発センター核燃料サイクル工学研究所内
- (72)発明者 黒澤 重行  
茨城県那珂郡東海村村松4番地33 独立行政法人日本原子力研究開発  
機構 東海研究開発センター核燃料サイクル工学研究所内
- (72)発明者 水庭 春美  
茨城県那珂郡東海村村松4番地33 独立行政法人日本原子力研究開発  
機構 東海研究開発センター核燃料サイクル工学研究所内

審査官 林 靖

- (56)参考文献 特開2000-292542 (JP, A)  
特表2003-518624 (JP, A)  
特開昭62-147385 (JP, A)  
特開昭63-096587 (JP, A)  
特開平05-107361 (JP, A)

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