



γ線用手部アラームメータ

大和 愛司 下釜 剛 東海事業所安全管理部
 野田 喜美雄 菊地 正行 ・安全部
 大関 清・

資料番号：54-10

A Hand Alarm Dosimeter

Aiji Yamato Tsuyoshi Shimogama
 Kimio Noda Masayuki Kikuchi・
 Kiyoshi Ozaki・
 (Health and Safety Division, Tokai Works
 ・Safety Division)

手部における被ばく管理を強化するためにγ線用の手部アラームメータを開発、試作した。

手部アラームメータは、指輪型の検出部と腕に着用する前置増幅器及び胸部に着用し被ばく線量の計測、表示や警報の発生などを行う計測表示部で構成されている。

試作機について線量率直線性、エネルギー依存性、方向依存性等について調査した結果、その特性は比較的良好であり実用機の製作が十分可能であることが明らかとなった。

Key Words: Dosimeter, Alarm Meter, Hard Exposure, γ-ray External Exposure, Si-detector, Ring Dosimeter, SSD, Hand Radiation Dose.

1. はじめに

高放射線場であるセル内での除染や補修作業、あるいは、プルトニウムをグローブボックスで取扱う作業などにおいては、局所的に放射線量率の高い場所が多く存在するため、手部における被ばく線量が全身に比べて大きくなることをしばしば経験してきた。このため、手部における被ばく線量が高くなるような作業の被ばく管理は、事前に作業環境の線量率を測定し、全身や手部における被ばく線量の詳細な解析、予測を行って計画被ばく線量を設定するとともに、作業中においては、特に手部用線量計（TLD指リング）を頻繁に交換、測定し、手部被ばく線量が計画被ばく線量や各種規定等で定められた値を超過することのないように管理している。このたび、上記管理方法に加え、手部におけるγ線の被ばく管理をさらに強化する目的で手部アラームメータを試作したので報告する。

2. 手部アラームメータ

2.1 全体構成

本アラームメータは、手の指に着用し、手部に受ける放射線を検出する指輪型の検出部と、腕に着用し、検出部からの信号を増幅して次に述べる測定部へ送る前置増幅器及び胸部に着用し、手部被ばく線量の測定、表示及び被ばく線量があらかじめ設定した値に達した時には警報を発する計測表示部で構成され、各部は信号ケーブルで接続されている。写真1に試作機の外観を示す。

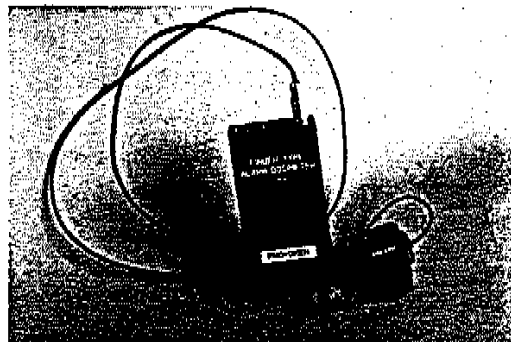


写真1 手部アラームメータ

2.2 各部の仕様

(1) 検出部

検出部は、半導体検出器、エネルギー特性補償用フィルター及びこれらを内蔵する指輪で構成されている。半導体検出器は、外形寸法が $2 \times 2.7 \times 0.8$ mmのPIN型Si半導体であり、印加電圧はDC+12Vとした。エネルギー特性補償用フィルターは、鉛(0.35mm)とスズ(0.25mm)を、はり合せた板を2枚使用し、Si半導体検出器の前後に配置した。指輪は、比較的硬く成形の容易なテフロンで製作し、この中に、先に示した半導体検出器とエネルギー特性補償用フィルターを組み込んだ。また、指輪内の半導体検出器等を組み込んだ残りの空間には、防湿と振動によるノイズの発生をおさえるためシリコン樹脂を封入した。検出部の構造を図1に示す。

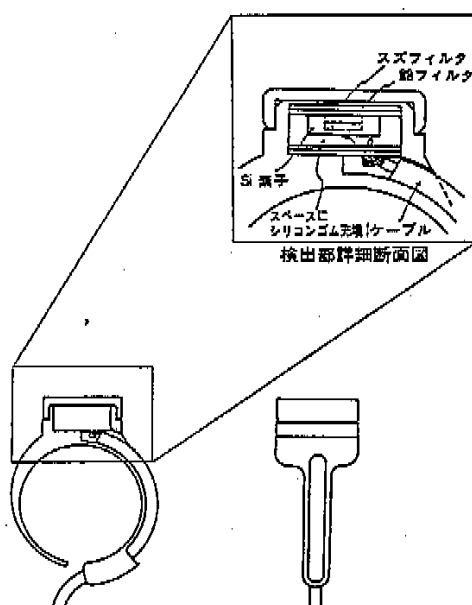


図1 手部アラームメータ検出部

(2) 前置増幅器

前置増幅器は、初段にFETを使用した電荷型方式とし、前置増幅器のケース内へ、シリコン樹脂でモールドして封入した。半導体検出器は、その性能を十分活用するために本来前置増幅器の入力段と最短距離で結線されなければならない。しかしながら、小型の指輪の中に、この前置増幅器を半導体検出器と一緒に組込むことは困難であったため、前置増幅器は腕に着用することとし、この間は耐ノイズ性等を考慮した二重シールド同軸ケーブルで結線した。

(3) 計測表示部

計測表示部は従来、全身における被ばく管理用として用いられているアラームメータの機能と基本的に同じである。被ばく線量の表示部、アラーム設定部、警報部等があり、重量は約250gである。

3. 特性試験及び結果

本アラームメータの特性について試験を行ったので以下に示す。

3.1 直線性

指に着用した検出部からの出力パルス数は、手部の被ばく線量に比例する。手部の被ばくは、全身に比べより高い線量率場での被ばく形態となることが想定されるため、高い線量率においても数え落しなどの異常が生じないことを確認する必要があり、照射線量率に対する感度の直線性を調査した。試験は、検出部の正面に ^{60}Co - γ 線を10mR/hr $\sim$ 3R/hrの線量率範囲で照射して行った。この結果、アラームメータの測定値から求めた線量率と照射線量率の比は平均1.3で一定となり、3R/hrまでの直線性は、良好であった。

3.2 エネルギー依存性

手部の被ばく管理が重要となる作業において、線源となる主な核種は、 ^{239}Pu 、 ^{241}Am 、 $^{106}\text{Ru-Rh}$ 、 ^{137}Cs 、 ^{60}Co 等である。これらの核種から放射される γ 線のエネルギーは数10KeVから1MeV以上までに及ぶためエネルギー依存性の試験を行った。試験は、 ^{60}Co 、 ^{137}Cs の γ 線源及びX線発生装置を用いて、検出部の正面に γ 線あるいはX線の照射を行って実施した。結果を図2に示す。同図から100KeV以下の領域では、感度が低下していることがわかる。したがって ^{239}Pu や ^{241}Am など低エネルギー γ 線を放出する核種を取扱う作業環境へ適用させる場合には、こ

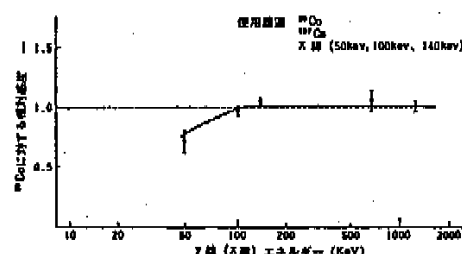


図2 エネルギー依存性

の特性を考慮する必要がある。

3.3 方向依存性

今回試作したアラームメータは、製作上の都合でSi半導体の側面方向に、エネルギー特性補償用フィルターを取付けることが出来なかった。(図1参照)一方、Si半導体は、一般的に低エネルギー側で感度が高くなる特性を持っているため方向依存性を調査した。使用した線源は、 ^{60}Co - γ 線源及びX線発生装置である。尚、手部アラームメータの検出部への照射方向は図-3に示すように0°の方向を正面とし、また他の方向での感度は正面における感度を1として、その比で示した。試験結果を図3に示す。同図から試作した検出部は、 ^{60}Co - γ 線に対しては、どの方向においても感度は正面と同程度となったが、低エネルギーX線(50KeV)に対しては、特にエネルギー補償用フィルターの無い側面方向(90°及び270°方向)において、正面に対して約5倍と感度が高くなった。

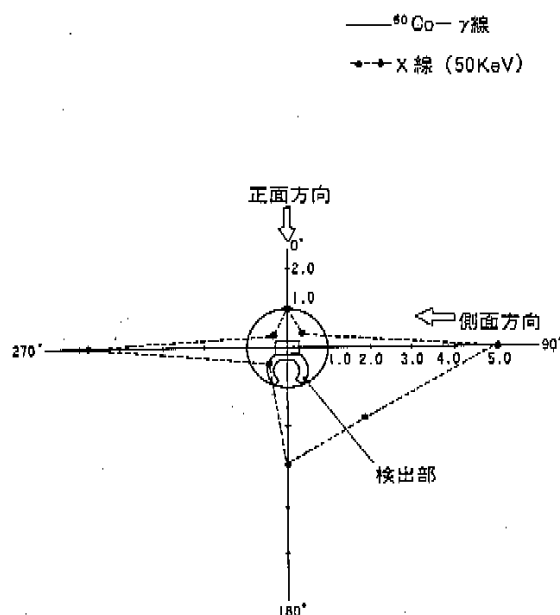


図3 方向依存性 (^{60}Co 及びX線)

3.4 手部アラームメータとTLD指リングの測定値の比較

手部被ばく管理を必要とする作業では、作業者は、公式被ばく線量評価用のTLD指リングを着用している。これらの作業でアラームメータを使用する場合には、TLD指リングとアラームメータを同時に

着用することになるため、両者の測定値の関係を調査した。

アラームメータとTLD指リングの着用試験は、 ^{137}Cs や $^{106}\text{Ru-Rh}$ によって汚染しているセルの汚染除去作業時において、作業者がこれら二種類の線量計を同時に着用して作業を行い、被ばく線量の測定結果を比較する方法で実施した。結果を表1に示す。表1から、アラームメータとTLD指リングの測定値の比は0.9~2.1となった。

表1 手部アラームメータとTLD指リングの比較測定

作業者No.	被ばく線量 (mrem)		
	アラームメータによる測定値(AM)	TLD指リングによる測定値(TLD)	Ratio (AM/TLD)
1	951	530	1.8
2	414	450	0.9
3	503	450	1.2
4	504	300	1.7
5	979	470	2.1
6	546	300	1.8

4. まとめ

線量率直線性については、10mR/hr~3R/hrの範囲で一定であり実用上特に問題はない。現在アラームメータに使用している半導体検出器の照射線量に対するパルス出力は、500~600パルス/mRとなっており、3R/hrの線量率においては400~500パルス/秒となるが、この線量率においても電気回路的直線性は良好といえる。エネルギー特性については、100KeVより低い領域での改善が必要である。また、方向依存性については、低エネルギー(50KeV-X線)に対して、検出部の側面方向の感度が正面方向に対して約5倍高感度となっているため実用機を製作する場合には、側面方向に対してもエネルギー特性補償用フィルターを設けることが必要である。TLD指リングの比較試験においては、アラームメータの測定値がTLD指リングの測定値より約2倍高くなった。

手部の被ばく線量は、その測定部位によって大きく変わることが予想されるため、TLD指リングとアラームメータの測定値は必ずしも一致しない。同じ手に複数の線量計を着用した場合の各測定値の関係は一定であることが必要であり、さらに、その関係を明確に把握しておく必要がある。

5. おわりに

手部における被ばく線量が、計画被ばく線量や各種規定等で定める値を超えることのないようにするために、現状では極めて多くの労力を費やしている。一般的には、過去のデータや被ばく管理の経験等から、全身被ばく線量と手部の被ばく線量の比が経験的に得られれば、放射線管理に生かされる。しかしながら、これらは平均的な値であり、作業者各個人に着目して管理する場合には、大きな安全裕度が必

要になってくる。このことは、結果的には作業時間を必要以上に制限するにもかかわらず、現実の手部被ばく線量は、そう大きなものではないという問題を生んでいる。このため、その改善策の1つとして手部アラームメータを開発すべく試作機を製作した。各種の試験を実施した結果、十分実用機の製作が可能であることが明らかになった。7線用手部アラームメータは、過剰被ばくの防止対策に十分な効果を発揮し、被ばく管理を容易にするものと期待される。