

報 文

R - DAN 放射線検知器による室内計測実験

石川職業訓練短期大学校 櫛田 健

Performance of the R-DAN Radiation Detector and Measurements of
Radiation Intensity in the Indoor Environment

Ken Kusida

要 約 GM 管式の放射線検知器である R-DAN 検知器の特性および基本的能力を明らかにするため、室内での計測実験を実施した。

γ 線源を用いた一定の放射線レベルの下での連続計測より、時定数が数日以下の範囲では、検知器の検出効率に変動は認められず、極めて安定した検知器であることが分かった。約 2 年を隔てた検知器の簡易検定によっても、検知器の検出効率はほとんど変化せず、このような長期にわたってもよく安定していた。

また、通常の室内環境下での約 1 カ月間にわたる連続計測結果によれば、平均的な環境 γ 線強度は統計的な誤差の範囲では経時的に変化せず一定であり、R-DAN 検知器の感度では、なんらかの変動を検出することはできなかった。しかし、室内において 2 次元的な放射線強度分布を調べた結果、通常の建築物内においても、R-DAN 検知器の GM 管の平均放電パルス数にして、0.1~0.2cpm/m 程度の空間的な強度勾配が普通に存在することが分かった。

以上の結果より、R-DAN 検知器はその開発目的である「警報器」の域を越えて、自然環境の γ 線強度を十分精度よくモニターする「計測器」としての能力を備えていることが分かった。

I はじめに

R-DAN 放射線検知器 (GM 管式、全造船機械労組・東芝アンベックス分会製) は、従来の専門家向けや業務用の放射線検知器に比べ、きわめて安価で簡便な放射線検知器である。原子力発電所など大量の放射性物質を取り扱う施設から、不慮の事故による放射能の漏洩などあったときに、一般市民の生活領域にどの程度の影響が及ぶのかを、市民サイドからの確に把握したいとの要望に応じて、1986年、この検知器は開発された。

明治・大正の頃、温度計は専門家のものであり、気温などの気象データは軍事機密になったこともあるという。しかし現代ではどの家庭でも寒暖計の 1 本ぐらいは掛かっており、気温は十分に市民のものとなっ

ている。同様に、現在、専門家のものでしかない環境放射線のデータも、好むと好まざるとに関わらず、大量の放射性物質と共存していかなければならないこれからの時代においては、広く市民のものとなることが望まれる。

このような観点から、市民の道具として開発された R-DAN 検知器であるが、その目的のため、検知器は基本的に警報器として造られており、価格の面からも厳密な校正はなされていない。精度的にも通常の使用方法では、環境放射線 (γ 線) レベルが普段の約 2 倍とか、約 10 倍になったという程度の状況把握しかできない。すなわち、同検知器は、1 分ごとの放電パルス数を表示窓にデジタル表示するが、日本における平均的な自然放射線強度下でのカウント数は、1 分あたり平均 20 カウント程度とたいそう低いので、短時間の計測では、測定精度が良くないからである。

しかし、機器の構成は通常のGM管式検知器と同等であり、データの外部機器への出力も可能であることから、使用法いかんによっては、計測器として、自然放射強度に関するかなり質の高いデータを得ることが期待できる。

この検知器によって現在までに、事故後のチェルノブイリ地区で環境放射線レベルを計った例⁽¹⁾や、航空機内で宇宙線の影響を検知した例⁽²⁾、カメラレンズに含まれている放射性物質からの放射線を検知した結果⁽³⁾などが報告されているが、これらの多くは、より強い放射線の存在を検知したというレベルに留まっている。

そこで本小論では、R-DAN 検知器の本来的な使用目的から一歩進んで、 γ 線の計測器としてさらに精度の良いデータを望むとき、特に日常的な自然放射線レベルのモニターとしての役割を期待するとき、どのような計測の仕方をすれば、どの程度の精度で、どの程度の有用性をもったデータが得られるかという、R-DAN 検知器の潜在的能力についての知見を得るために行った基礎実験の結果について報告する。

このような観点から、この検知器の特性を把握しようとした試みとしては、三輪による1年間にわたる計測結果報告⁽⁴⁾、および伊藤ほかによる三浦半島の自然放射線強度分布を計った報告の中での基礎実験データ⁽⁵⁾がある。しかし、三輪による結果はすぐ後で述べるような検知器の改良がなされる以前の機械によるものであり、伊藤ほかによるデータも1地点あたりのデータ取得時間が10分程度と短く、統計的誤差を小さくする余地を十分に残したままの議論となっている。

さて、R-DAN 検知器は、1988年8月頃を境に、検出部であるGM管を当初より使用していたものから他のGM管メーカーのもの(Philips社製ZP1200)へと変更した。本実験では、2台の検知器を使用した。どちらも、このZP1200 GM管を装備した検知器である。製造元の東芝アンベックス分会によれば、初期に使用していたGM管と、変更後のものでは管の特性、特に管の劣化の仕方が大幅に異なるとのことであり、本報告の結果は、基本的には変更後の検知器にあてはまるものなので、初期型の検知器について議論する際には注意が必要である。

今回の実験では、パーソナルコンピュータを検知器に接続してデータの長期自動取得を可能としたうえで、おもに次の3つの観点からの計測・データ解析を行った。

1. GM管自身がよく安定しているかどうか、すなわちGM管の計数効率に時定数が数日以下の範囲で何らかの経時変化が存在するかどうかを調べるため、放射線源によりつくられた一定放射線強度の下での、約1週間の連続計測を実施した。
2. 自然放射線強度に、R-DAN 検知器で検出可能な、何らかの経時変化が存在するかどうかを調べるため、2台の検知器それぞれ別個の測定点で、同時に約1カ月間の連続計測を実施した。
3. ある地点で自然放射線の連続計測をする際に問題となる、観測点の代表性について調べるため、2つの部屋について、室内における放射線強度の2次元分布を計測した。

II 計測システム

R-DAN 検知器は外形がW90×D155×H45mmの箱型(筐体はプラスチック製)で、この中に計測回路の基板類とともにGM管が内蔵されている。GM管ZP1200の諸元を表1に示す。

表1. ZP 1200 諸元⁽⁶⁾

型	γ 線検知用・薄窓なしシリンダー型
計数率(代表値)	28 count/sec at 10^{-2} mGy/h (Cs-137)
有感シリング長	40mm
管壁厚	250mg/cm ²
管壁材質	鉄-クロム合金
充填ガス	ネオン、アルゴン、ハロゲン

今回用いた検知器は、製造番号がNo.903473およびNo.912529の2台で、以下簡単のため、それぞれKSD1およびIPC1とよぶ。

R-DAN 検知器はGM管の放電パルスを数えるカウンター回路を内蔵しているが、データ出力端子には、放電パルス信号自身がクロック信号と共にでていて、自動計測をするためには、カウンターを別途用意

する必要がある。

今回の計測実験では、この部分に主として、MSX パーソナルコンピュータを用いた R-DAN 用の自動計測システム、RD-01 (エミールソフト製) を使用した。また一部、筆者が製作した積算計も用いた。

ただし、RD-01 付属の制御ソフトではデータをフロッピーディスクに記録できず、データ解析に難があるので、RD-01 はそのハード部分のみを使用し、ソフトはデータをフロッピーに記録できるものを新たに作成した。記録の仕方は、10分間もしくは20分間の積算カウント数を、逐次フロッピーディスクに書き込んでいくものである。

また、筆者製作の積算計は、市販のカウンターボードを利用したもので、検知器からのクロック信号に同期して、計測開始時からの積算カウント数を表示窓にデジタル表示するものである。データの取得は観測者が適宜、表示を読み取ることによって行う。

III 定レベル放射線計測実験

まず検知器自身に計数効率の変動などの不安定要素が存在するかどうかを調べるため、人工的につくった一定強度の放射線環境の中で、約1週間の連続計測実験を実施した。またもし、そのような不安定要素があっ

たとき、それが電源や気温等の外的擾乱要因か、個々の検知器の内的要因に依るのかの峻別を可能にするため、2台の検知器による同時計測を行った。

すなわち、Cs-137 (約 $30 \mu\text{Ci}$) および Co-60 (約 $25 \mu\text{Ci}$) を、接して並べた2台の検知器から、それぞれ約35cm、および約65cm離して置き、自然状態におけるバックグラウンドレベルの約10倍の計数率をもたらす放射線環境をつくりだし、この中で約1週間の連続計測を行った。期間は1991年8月下旬である。このような線源と検知器の位置関係においては、検知器が数える放電パルスのうち、Cs-137 および Co-60 それぞれの線源からの寄与が、ほぼ半々となる。データは10分間ごとの積算値を記録した。なお、Cs-137 は 0.66MeV の γ 線を、Co-60 は 1.17MeV および 1.33MeV の γ 線を放射する。

その10分間平均値の時間変化を、21点の移動平均値と共に図1に示す。横軸は計測を開始してからの時間、縦軸は計数率で単位は1分当りのカウント数 (cpm) である。10分間平均値は激しくゆらいでおり、移動平均をとった値には何か系統変化があるようにも見える。

そこでまず、このデータの統計的性質を調べるために、10分間の積算カウント数についての頻度分布をとり、これを図2に示す。階級幅は5カウントである。また、ポアソン分布を仮定したときの理論値を併せて曲線で示した。これは計測値の平均値と同じ値を期待

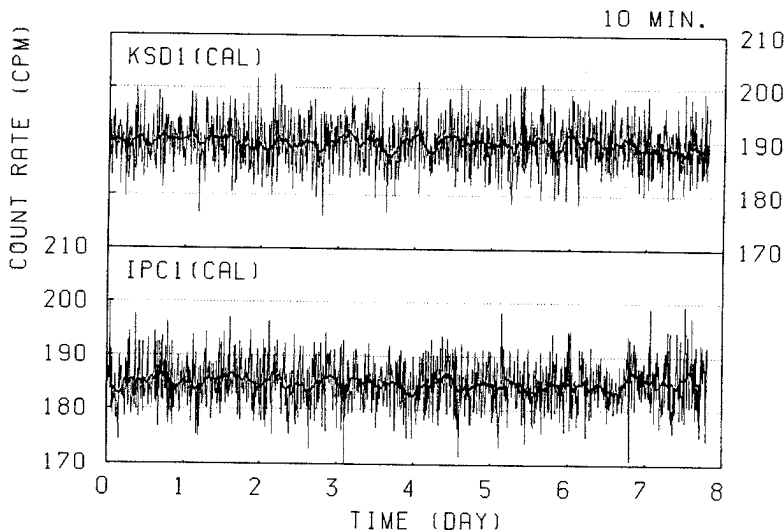


図1：定レベル放射線照射時における計数率の経時変化

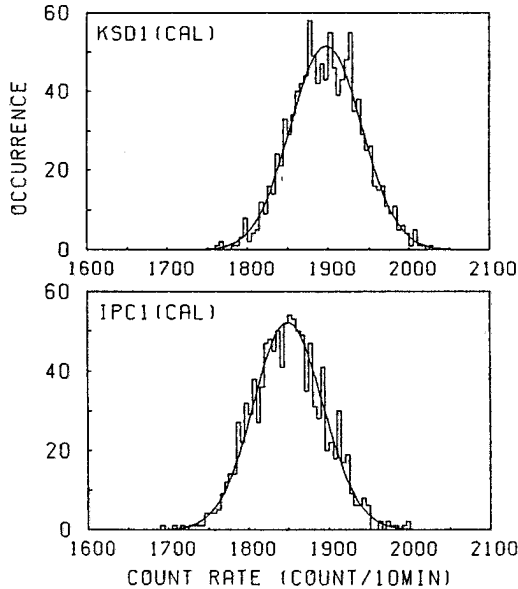


図2：定レベル放射線照射時におけるデータの
頻度分布

値としてもつポアソン分布を、「標準偏差=期待値の平方根」として正規分布で近似したものである。この図によれば、KSD1、IPC1どちらの計測値の変動も、統計的にはポアソン分布にしたがう'ゆらぎ'とほぼ一致していると思なすことができる。

さらに、計測データの時間変動の仕方になんらかの規則性が見いだされるかどうかを調べるため、強度変化の時系列データに対して、フーリエ変換を施して得られたパワースペクトラムを図3に示す。このスペクトラムにおいても大変ゆらぎが大きいのが、平均的にみればどの周波数帯においてもほぼ様なパワーをもち、特に卓越した変動成分は認められない。すなわち、計測データの時間変動の仕方はまったくランダムであると見なすことができる。

したがって、以上の2つの結果からみて、検知器のデータはほぼ完全に単一のポアソン分布にしたがっている、と結論してよいと思われる。

計測された放射線の、強度にして約9割は放射線源によるものであり、計測中常に一定である。残りの約1割は自然環境からの寄与であるが、以下の節で述べるように、この成分も通常ほとんど変化しない。したがって、計測中の放射線強度は十分によい精度で一定であると考えられるから、以上の結果は、検出器自身

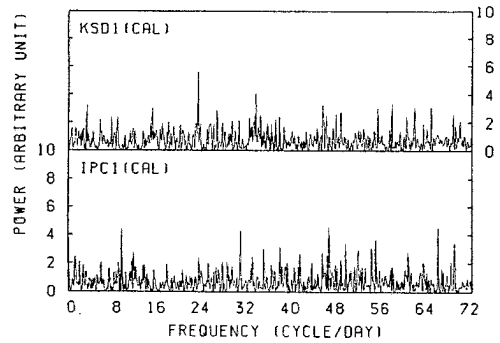


図3：定レベル放射線照射時における計数率
経時変化のパワースペクトラム

の計数効率が時定数が数日以下の範囲では変動しないことを意味し、検知器は2台とも、十分に安定していたと結論することができる。

IV 自然放射線レベル連続計測

室内において、自然環境 γ 線強度が経時的にどのような変動を示すのか、あるいはそのような変化をR-DAN 検知器で検出できるのかどうかを調べるため、前述の2台の検知器を用い、石川県穴水町内の2ヶ所でほぼ同じ時期に、環境 γ 線強度の約1カ月間の連続計測を行った。計測地点はどちらも室内であり、3階建て鉄骨建築の2階（以下、測定点Aと呼ぶ）と、そこから約1.2km離れた地点の、同じく3階建て鉄骨建築の3階（以下、測定点Bと呼ぶ）の2ヶ所であり、用いた検知器はそれぞれ、KSD1 および IPC1 である。

図4にその結果を示す。これは1分あたりカウント数の1時間平均値をプロットしたものであり、併せて前後21点の移動平均値も示した。KSD1 による計測は観測期間を通して全く同じ場所で行ったが、IPC1 による計測は、計測開始後10日目に検知器の位置を水平方向に約1メートル移動させ、それ以降も10cm程度の範囲で前後・上下・左右のいずれかの方向へ1～2回動かしている。

また、前節で述べた定レベル計測実験のときと同様に、20分ごとの積算カウント数についての頻度分布、およびそれに対応するポアソン分布理論曲線を図5に

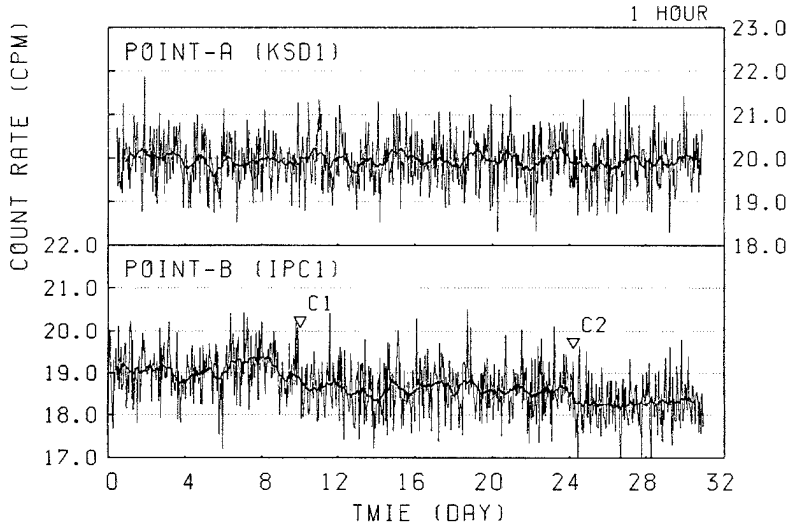


図4：室内における自然放射線強度の経時変化

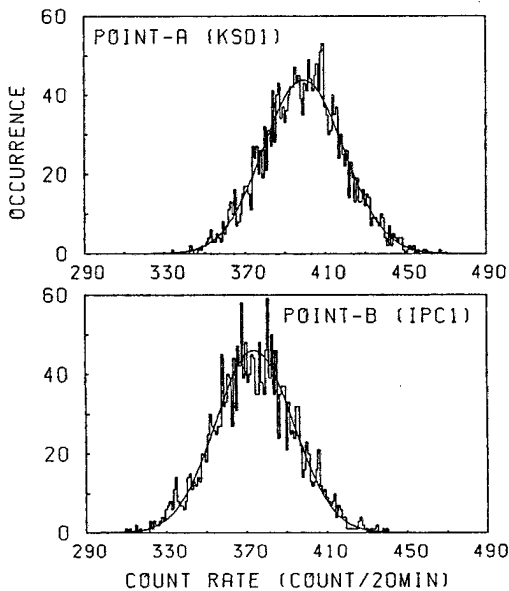


図5：室内における自然放射線強度データの頻度分布
 示し、強度変化の時系列データに対するパワースペクトラムを図6に示す。

図5の結果を一見すると、KSD1、IPC1 どちらの計測値もおおむね単一のポアソン分布をしており、各測定点での放射線強度は、期間中ほぼ一定であったと推定できる。

しかし、図4の結果を詳細に見れば両者の結果は、いささか異なっている。すなわち、KSD1による計測

値の平均的な値は観測期間を通してほぼ一定と見させるが、IPC1の計測値は、計測開始後約10日後および24日後に、階段関数的に平均値が下がっている（図4中の▽印、C1、C2）。変化量はどちらも約0.4cpmである。このうちC1の方は検知器を約1m移動させた時に対応しており、放射線強度の空間的な変化によるものと考えられる。

事実、この約1ヵ月間の連続計測の後、この推定を裏付けるため行った測定点Bの周辺の強度分布計測の結果によれば、測定点Bの周囲には、上述の強度変化をもたらすに足る、明らかな空間的な強度変化が存在していた。またC2の変化も同様に、空間的な強度変化の反映であると推定できる。これらの結果については第V節で詳述する。

また、図6のIPC1によるデータのパワースペクトラムを見れば、基底周波数（約1 cycle/1月）から約0.2 cycle/dayにかけての低周波領域に卓越した周波数成分が観察される。これは明らかに、図4中のC1、C2を堺にした平均レベルの階段関数的な変動に対応していると考えられる。そして測定点A、Bの両者を通じて、この変動成分以外には、特に卓越した変動成分は認められない。

したがって、IPC1を空間的に移動させたことによる変化を除けば、2台の検知器のデータには、統計的なゆらぎ以外の経時変化は認められず、平均カウン

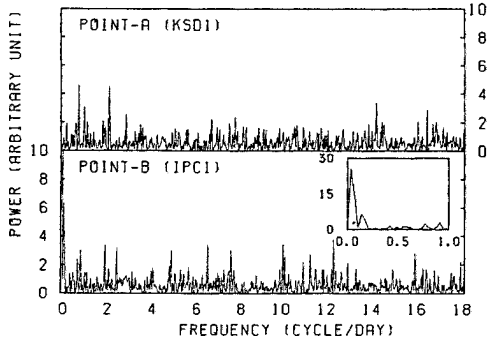


図6：室内における自然放射線強度の経時変化のワースペクトラム

ト数はほぼ一定であったと結論できる。前節で示されたと同様に、この計測中も検知器は安定していたとすると、この観測結果はそのまま、環境γ線の平均的な強度自身が計測期間中、経時的に変化しないで一定であったことを意味する。

しかしもちろんこの結論は、R-DAN 検知器がもつ感度（検出効率）から規定される、ある種の「分解能」で自然を観測した限りでの結論である。

環境放射線強度の値は、主として気象条件の変化等により変動すると言われている。また、土壌や家屋を構成している建材等より、放射性的ラドンガスが多く発生するような環境では、室内の換気条件が室内放射線強度の変動を大きく左右するとも言われている。

今回の計測実験においては、平均強度に有意な経時変化が見られなかったことより、気象データ等との関連を調べることはしていないが、通常条件においては、R-DAN 検知器の感度ではこれらの経時変動を検出できないと結論してよいと思われる。

ただしこれは、あくまでも夏期における約1カ月間の観測より得られた結論であり、1年を周期とするような季節変化などがR-DAN で検出できないかどうかという点については、まだ今後の問題として残されている。

V 自然放射線レベル2次元分布計測

一般的な建築物において、同一室内における環境γ線強度の空間的な変化がどの程度存在するかを調べる

ため、また、前節で述べたように測定点Bの周囲にどの程度の空間的な変化が存在するかを調べるため、室内強度の2次元分布の計測を実施した。

特に、測定点Bから約3m離れたところには放射線源の保管庫があるが、これは線源量がCs-137約30μCiおよびCo-60約25μCiとごく微量——密閉線源で1個あたり100μCi以下のため放射性物質に関する法の適用対象外——のため、通常の金庫の中に線源を数個の鉛ブロック（厚さ5cm）で覆って保管しているだけのものである。したがって、ここからどの程度、放射線が保管庫の外に洩れ出しているかを調べることも計測動機の一つとなった。すなわち、当初測定点Bを定めた時には、鉛で覆っているから大丈夫であろうとの楽観的判断から、放射線源保管庫からそれほど離れていないところを測定点としたのが、前節で述べたように、環境γ線の計測という目的のためには、無視できない大きさの空間的な変動の存在が示唆されたからである。

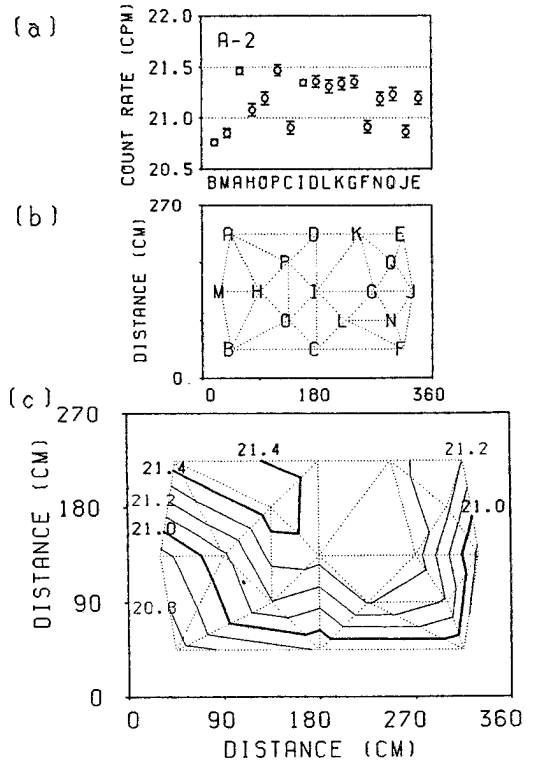


図7：室内（測定領域A-2）における自然放射線の強度分布

計測場所は、測定点Aと同じ家屋内の別室（和室6畳。以下、測定領域A-2と呼ぶ）と、測定点B付近（測定領域B-2と呼ぶ）の2箇所、用いた検知器はともにKSD1である。計測期間は、前者が1989年11月から1990年3月にかけての約5カ月間、後者が1991年9月から10月にかけての約1カ月半である。

測定領域A-2においては、6畳室内の床（畳面）に数十センチ間隔で計17箇所の測定点を設けて計測を実施した。一箇所あたりの計測時間は平均5.7日で、標準誤差は計測時間に応じ、 $\pm 0.03 \sim \pm 0.06$ cpmである。結果を図7に示す。図7(b)は計測点を示し、図7(c)はこれらの計測点でのデータをもとに描いた、平均カウント数の等強度線である。これらの図の外枠が部屋の外周に相当する。等強度線の間隔は0.1cpmである。図7(a)は各計測点での平均値を標準誤差と共に示したもので、各計測点での値の違いは明らかに有意であり、空間的な変動を裏付けるものである。

この結果によれば、わずか $3.6\text{m} \times 2.7\text{m}$ の一室においても、強度差0.5cpm程度の空間的変化が存在することが分かる。

一方測定領域B-2は、約 $9\text{m} \times 9.5\text{m}$ の部屋の一角、約 $2\text{m} \times 4\text{m}$ の広さの領域であり、その中に測定点Bを含み、前述の放射線源の保管庫と接する領域である。ここでも30cm間隔の碁盤状の配置をおおよその基本にして、計66箇所の測定点を床の上に設け、一箇所あたり平均計測時間11.7時間（特異的に長い147時間計測の1箇所を除いて算出）の計測を実施した。標準誤差は $\pm 0.08 \sim \pm 0.45$ cpmである。図8に得られた平均カウント数の等強度線を示す。図中、点線で描かれた三角形網の頂点が計測点を表し、細い実線で描かれた

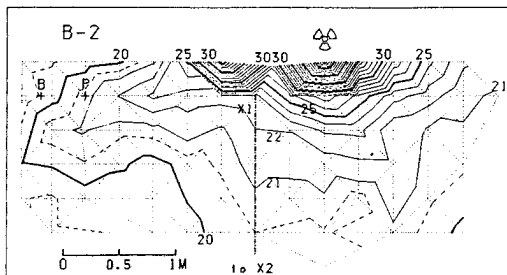


図8：室内（測定領域B-2）における放射線の強度分布

等強度線の間隔は1cpmである。放射能マークが放射線源保管庫の位置を示し、記号「B」が前節で述べたように計測開始後約10日目に移動した後の「測定点B」の位置を示す。ただし、保管庫中の放射線源は床上約10cmのところの位置し、測定点Bは、床上約30cmの場所にある。

図8によれば、線源保管庫に近づくほど放射線強度が急激に強くなっていく様子が明白であり、鉛で囲んだとはいえ、放射線源からの洩れ出しが、今回の測定領域B-2の範囲では無視できないことを示している。また、保管庫正面方向（図8で保管庫の下方向）では、線源を中心にほぼ同心円状に等強度線が走っているのに対し、線源から図8で左下の方向に向かっては強度の強い部分が尾根のように張り出しており、これが測定点B付近にまで達している。これは、幾つかの直方体の鉛ブロックを用いて線源を覆っているため、均等に線源を遮蔽することができず、薄い部分からより多量に洩れ出した成分と考えられる。

すぐ後で示すように、この領域の床面上におけるバックグラウンドレベルは19.4~19.5cpm程度であると考えられるから、測定点B直下の床上は、この洩れ出し成分が影響を及ぼすか及ぼさないかの境界線上にある。そして同時に、そこは水平方向に最大1cpm/50cm程度の放射線強度の勾配が存在する場所でもある。

また、測定点Bのすぐ近くの点Pの位置における、鉛直方向の強度分布を図9の左図に示す。これによれば

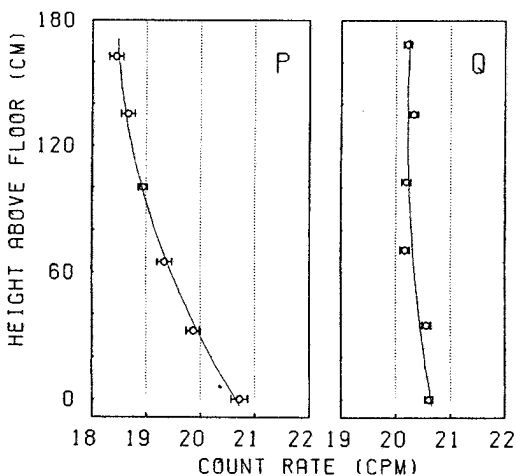


図9：室内における放射線強度の鉛直分布

ば、明らかに、床から離れるにつれて放射線強度が減少している。この減少は、放射線源が水平方向に約2m離れた床上約10cmの位置にあることから、おもに、床から離れるにつれて線源からの距離が離れることに起因していると考えられる。

前述した測定点Bの約1mの移動とは、図8の中のB位置からほぼ(図中で)水平に右側約1mの位置(床上30~40cm)から図中Bの位置(床上約30cm)への移動であり、図8・図9に見られる空間的な強度分布は連続計測において観測された約0.4cpm程度の変化(図4中のC1)を十分に説明すると考えられる。そして当初、測定点B付近にこのような3次元的な大きな強度勾配が存在するとは予想していなかったために、連続計測中、計測開始後10日日以降も10cm程度の範囲で検知器を移動させたし、どのように動かしたのかの正確な記録も残していない。しかし以上の結果より、この検知器の移動が、図4に見られたC1のみならず、C2の原因でもあると考えてよいと思われる。

また、測定領域B-2においては、放射線源からの洩れ出しが大きな影響を与えているが、線源からの寄与を含めない場合の放射線強度、すなわち自然環境中のバックグラウンドレベルを明らかにするため、線的な分布計測ではあるが、測定領域B-2を含む部屋の、さらに広範囲にわたる計測を行った。図10は測定領域B-2を含む部屋の平面図であり、図中に示した線分X1-X2、およびY1-Y2に沿った床面上における強度分布を図11に示す。測定点は基本的に60cm間隔とし、X1-X2、Y1-Y2線上合わせて計27箇所、一箇所あたり平均計測時間約33時間の計測である。図9の右図には、Y1-Y2線上の点Qの位置における鉛直方向の強度分布を示す。

図11下図において、X1の側で強度が上昇しているが、これは放射線源に近付くことによる増加である。そして逆に、X1から離れるにつれての強度の減少傾向は、3~4m程度離れたところまで続き、それ以降しばらくのあいだ、強度はほぼ一定となる。すなわち、X1から3~4mあたりまでが線源の影響がおよぶ範囲であり、それ以遠においては、線源からの寄与はバックグラウンドの中に埋没してしまうと解釈できる。したがって、図11下図の中央部の強度約19.4cpmが、測

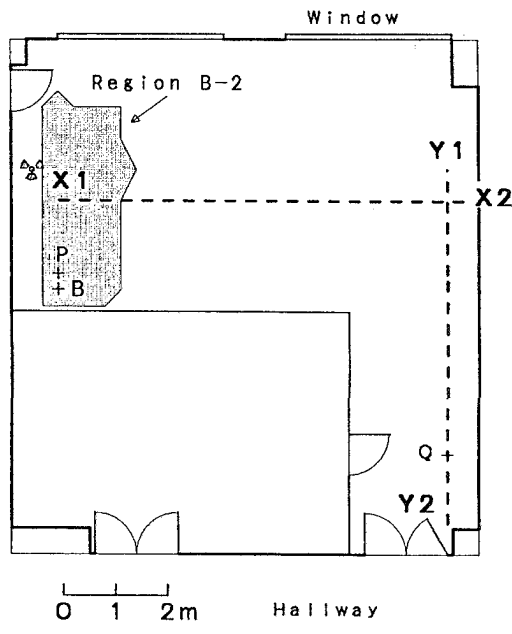


図10：測定領域B-2、測定ラインX1-X2、Y1-Y2、および各測定点

定領域B-2付近のバックグラウンドレベルであるとみなせる。

しかし同図によれば、X2の付近でふたたび放射線強度が上昇し、X2の端では20.1cpmとなっている。また図11上図によれば、X2の付近から直角方向に延びるラインであるY1-Y2線上でもY1からY2にかけて、

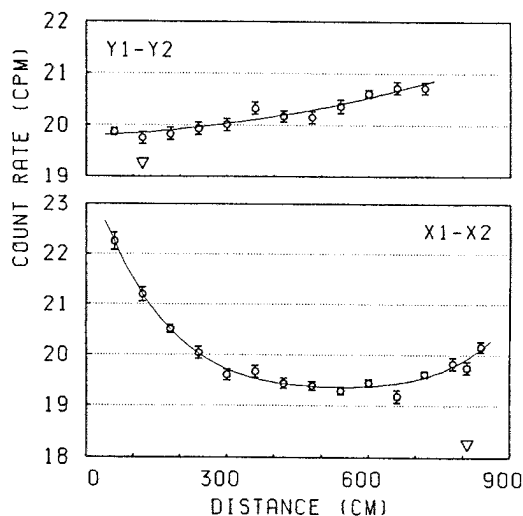


図11：室内における放射線強度の水平分布

ゆるやかな放射線強度の上昇がみられ、Y2端点では20.7cpmにまで達している。強度勾配にすると約1cpm/8mである。すなわち、測定領域A-2でも観測されたように、小さな一室内であっても、環境γ線強度は決して空間的に一律一定ではなく、平均カウント数にして、0.5~1.0cpm程度の変化が存在する。全カウント数が20cpm程度であるから、これに対する相対強度になおせば2~5%の空間的変化が普通に存在すると考えられる。

VI その他の議論

1 検知器簡易検定

前書きで述べたようにおもに経費の面から、R-DAN検知器は厳密な検定を受けないまま出荷されている。そのため、計測値にはGM管の放電パルス数そのまま使われ、絶対単位（例えばR（レントゲン）/hour）を用いた値に換算できないだけでなく、同じR-DAN検知器でも複数の検知器のデータを相互に比較検討することが困難であった。すなわちGM管の特性は厳密には1本ごとに異なり、放射線の計数効率率は機械ごとに異なっているため、例えば放電パルス数であっても単純な比較をすることができないからである。

また第Ⅲ節において得られた、検知器が安定しているという結果も、あくまでも連続計測をした1週間についての結果であり、1年2年といったもっと長い期間にわたり検知器の計数効率が安定しているかどうかを明らかにするには、やはり時々検定を行う必要がある。

そこで、長期にわたって計数効率を監視し、また複数の検知器データの相互の相対比較を可能とするため、放射線源を用いた簡単な治具をつくり、今回用いた2台の検知器の簡易検定を行った。この治具は線源と検知器の相対的な位置関係を再現性をもって固定（両者間の距離約20cm）できるようにしたものである。

この簡易検定の結果を図12および図13に示す。図12は各線源によるカウント数（バックグラウンド成分を差し引いた正味のカウント数）に半減期の補正を加え

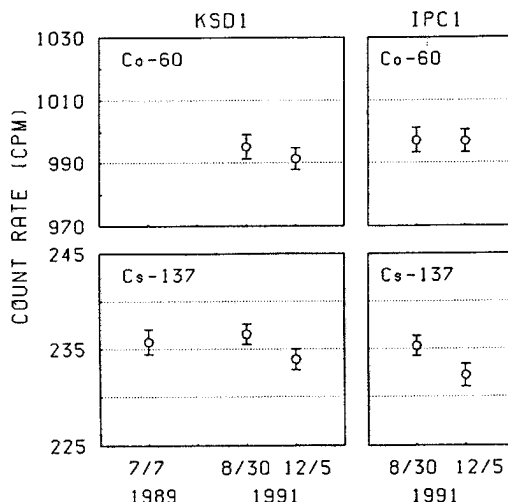


図12：検知器2台の計数効率の経年変化

て1991年1月1日現在の値に換算した値である。Co-60による検定およびIPC1に対する検定は1991年の約3カ月を隔てた2回のみであるが、Cs-137を用いたKSD1に対する検定は1989~1991年の2年4カ月にわたる。

図12によれば、どの計数値も統計的誤差の範囲で一定とみなすことができ、第Ⅲ節、IV節の結果と照らし合わせれば、どちらの検知器も検定に供された期間、計数効率を変化させることなく極めて安定していたと考えられる。

また図13は2台の検知器の計数率の比を線源別にプロットしたものである。図中のBGはバックグラウンドの自然環境γ線を計測した場合の比であり、これは2台の検知器を接して並べて同時計測したデータより算出した。図13によれば、Co-60およびCs-137から

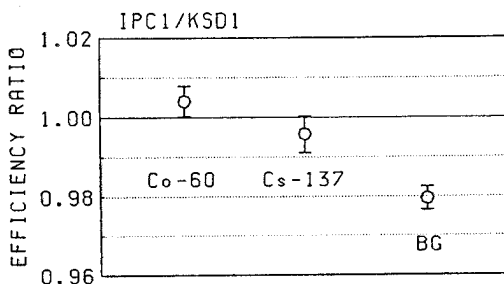


図13：種々の線源による2台の検知器の計数効率比

の放射線に対しては、2台の検知器の計数率は誤差の範囲で一致しているが、自然環境中の放射線に対してはIPC1のほうがKSD1に比べ約2%計数効率が低い結果となっている。GM管の計数効率は通常、放射線の波長に依存して変化するが、この結果は、Co-60およびCs-137から放射される γ 線と自然環境下で主としてカウントされる放射線の波長が異なり、かつ2台の検知器の波長依存性がそれぞれ異なっていることに起因すると思われる。

すなわち、このような線源を用いた検定では、検知器ごとの経年変化は良い精度で監視しうるけれど、異なる検知器間の相互検定は、波長依存の定量的な補正をしない限り、少なくとも2%程度の誤差を含むことを意味する。

2 その他

GM管は本質的に放射線検知の効率に指向性をもっているため、厳密な計測を行うにはこの指向性への配慮が必要である。しかし検知器の近くに特に強い放射線源の無い自然環境下での計測においては、すなわち放射線到来方向の分布に強い異方性があまり無いと考えられる状況における計測では、この指向性の問題についてあまり考慮する必要はないと思われる。これは、図8中のB点付近(床上30cm)において、IPC1により検知器の設置方向を変えて計測した結果、検知器の正面が図8の方向で下向きとき、 18.63 ± 0.04 cpm、左向きとき、 18.69 ± 0.05 cpmとなり(それぞれ7.1日および5.0日間の計測による)、この相対精度0.2~0.3%の計測では有意な差異を検出できなかったからである。もっとも、例えば図8中の線源保管庫から数十cm以内のように異方性が強いところではこの限りではないと思われる。この点において、図8の計測では検知器の設置方向をすべて一定としたので、線源付近の強度勾配が大きいところでは、検知器の指向性に起因するある程度の誤差が含まれていると考えられる。

また、図4下図で示された測定点Bでの計測結果においては、第IV節で指摘したようにC1、C2を堺にした階段関数的強度変化が見られた。したがって、これにより計測期間中の平均強度が3つの段階に分かれるとすれば、図5下図の計数分布は厳密には3つのポア

ソン分布の重ね合わせとなり、単一のポアソン分布を仮定した理論曲線と実際のデータの間にはずれが生じるはずである。しかし図5下図においては、そのずれをほとんど認識することができない。これは、このような微小なずれを分布図上で検出するには、まだデータ数が不足していることを意味し、実際、図5の上図でも見られるように計測頻度は理論曲線を中心にまだまだ大きくゆらいでいる。これは、図5のような頻度分布図のみから平均的強度等についての判断を下すことが危険であることを意味し、必ず図4のようなプロットと併せて判断する必要があると考える。

最後に、第IV・V節において述べてきた一連の計測結果のうち自然環境中のバックグラウンド成分について、すなわち明らかに線源保管庫からの洩れ出しと考えられる保管庫近傍の成分以外の成分について、その放射線源を推定する作業は現在のところ行っていない。一般に外部被曝をもたらす自然環境中の放射線の主要な源としては、大地からの γ 線と宇宙線とがあり、平均的には両者の寄与はほぼ同程度であること、また大地からの寄与についても、土壤中のカリウム40、ウラン系列およびトリウム系列の放射性物質からの寄与がそれぞれほぼ同程度であることはよく知られている。したがって、R-DAN検知器の計測データに対しても、これら種々の放射線源からの寄与を定量的に解明することが今後の大きな課題として残されている。このことは、図7および図11でみられた室内におけるバックグラウンドレベルの定常的な空間変化の原因について考える際にも重要である。ただこれに関しては、わずかに数メートルの距離で変化していることから、建物の建材などから放射される放射線によるものではないかと推察される。

VII まとめ

R-DAN検知器の計測器としての潜在能力を調べる目的で行った2台の検知器に対する種々の実験結果より、

- ① R-DAN検知器のGM管は短期・長期にわたりよく安定していた。

- ② GM 管の計数効率より規定されるデータの「分解能」の範囲内において、通常の室内環境における自然放射線強度は、1 週間～10日以下のタイムスケールでは、経時的に変化しない。
- ③ 通常の室内環境の放射線強度に、相対強度で1 室内最大5 %程度の定常的な空間変化がみられる。などが明らかになった。

上記①の結果より、R-DAN 検知器は当初の開発目的である「警報器」の域を越えて、居住環境周辺の自然放射線強度を精度よくモニターすることのできる「計測器」としての能力を十分に備えていることが分かった。

そして、このように計測器として使用する場合のデータの取得方法や解析手法について、②の結果より一定の指針を与えることができる。すなわち計測の時間帯、気象条件などをほとんど考慮することなくデータを取得し、一定時間の平均をとりさえすれば、互いに同格のデータを得ることができる。

また、③の結果より、相対精度が5 %以上になるような計測をする場合、例えば平均20cpmの計測条件下では2～3時間以上の計測時間で計測する場合——データの標準誤差の3倍を相対精度5 %に対応させた場合、3時間の計測時間が必要——、計測点の位置を、数cm程度の精度で記録しておくことが必要である。これは同時に、複数の地点における放射線強度の相対比較をする場合にも、十分な考慮が必要なことを意味する。すなわち、それぞれの計測点にその点周辺の代表性をもたせ、かつデータの精度を5 %以上としたい場合には、それぞれの計測点の値として、ただ1箇所のデータだけでは不十分で、その点周辺の何箇所かでの計測値を平均したうえで、比較に供する代表値としなければならないであろう。

1991年12月現在、R-DAN 検知器は600台以上出荷されており、環境放射線の現状について多くの知見をもたらす素地は十分に存在する。どのような「計測」をするのであれ、本小論の結果がその良き指針となることを期待する。

謝 辞

本論文をまとめるにあたり、適切な助言をいただいた信州大学の三輪浩教授に感謝します。

引用文献

- (1) 山根雅子：5年目のチェルノブイリを訪ねて、R-DAN 事務局パンフレット（1990）。
- (2) R-DAN ニュースNo.28（1990），p2.
- (3) 塚本勝男：身近にあった放射性物質，R-DAN ニュースNo25（1989），p3.
- (4) 三輪浩：R-DAN 観察のすすめ，R-DAN 通信第6号（1988），p7-9.
- (5) 伊藤芳朗，山崎一也，石井栄一，柴田東，田中康裕：三浦半島の自然放射能分布，関東学院大学工学総合研究所報No.12（1989），p1-9.
- (6) Philips Data Handbook, Electron tubes T6, Geiger-Müller tubes, 1986.