

# 検出 ポケットガイガーカウンタキット

小型ガイガー計数管(D3372)を使用した  
放射能検出器キットです。



$\gamma$  /  $\beta$  線検出  
(ガンマ) (ベータ:高エネルギー  $\beta$  線:0.5MeV以上)

## ポケットガイガー

D 3 3 7 2

(GMTube)

浜松ホトニクス

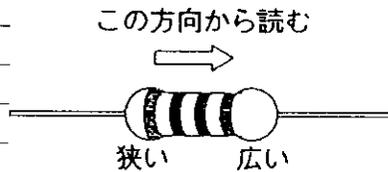
## カウンタキット

- ◆小型ガイガー計数管 [D 3 3 7 2] (浜松ホトニクス) を使用した放射線検出器キットです。(ポケット ガイガー カウンタ キット)
  - ◆検出することのできる放射線はガンマ線と高エネルギー・ベータ線です。  
(検出可能なベータ線は500KeV以上の荷電粒子線です)  
(エックス線の検出は加速電圧60KeV以上)
  - ◆検出音は聴き取りやすいように約2KHzの変調をかけています。  
(検出時には[ピッ]という音を出します)
  - ◆電源は9V(006P)です。 [5V~12V広範囲電源電圧作動です]
  - ◆消費電力は標準で200 $\mu$ Aです。(非検出時)  
(検出時最大電流は、1mA)
- 連続作動時間は、一般的な9V(006P)電池を使用して500時間以上です。  
(電池容量100mAh、バック・グラウンドのみの検出として換算)
- eV(電子ボルト):1個の電子を真空中で電位差1Vの中を通過させるのに必要なエネルギー
- ベータ線 :放射性同位元素が崩壊する時に放出される陰電子( $e^-$ 又は $e^-$ の記号)の荷電粒子(陰電子ではなく陽電子(ポジトロン $e^+$ の記号)の場合もある)
- ガンマ線 :原子核内変化または、物質消滅によって生じる波長の短い電磁波
- エックス線 :核外電子がエネルギー準位のより低い軌道へ移動する時に放出される単色の電磁波と、高速で運動する荷電粒子(通常は電子)が他の原子核との相互作用によって減速を受ける時に生じる連続エネルギー分布を持つ電磁波(核内現象によるガンマ線とは発生原因が異なる)

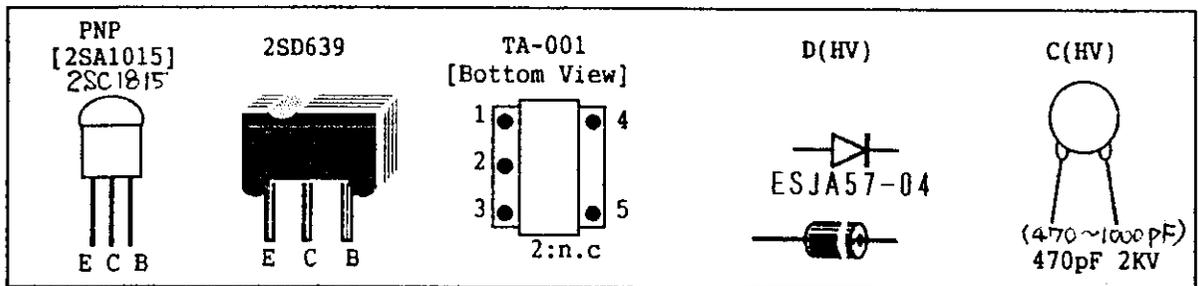
感度:GMT使用の放射線検出器では感度という概念はあてはまりません。GMTに到達した放射線はほぼ100%検出されるので、GMTでは検出率という概念を用います。  
GMTは個々の検出率をもっていて、この検出率はGMTの容積に比例します。  
放射線の発生は、一定空間当たり偶発的に生じるので、GMTの容積との相関関係から照射線量率が決定されます。

[部品内容](特に個数指定のない部品は各1個です)

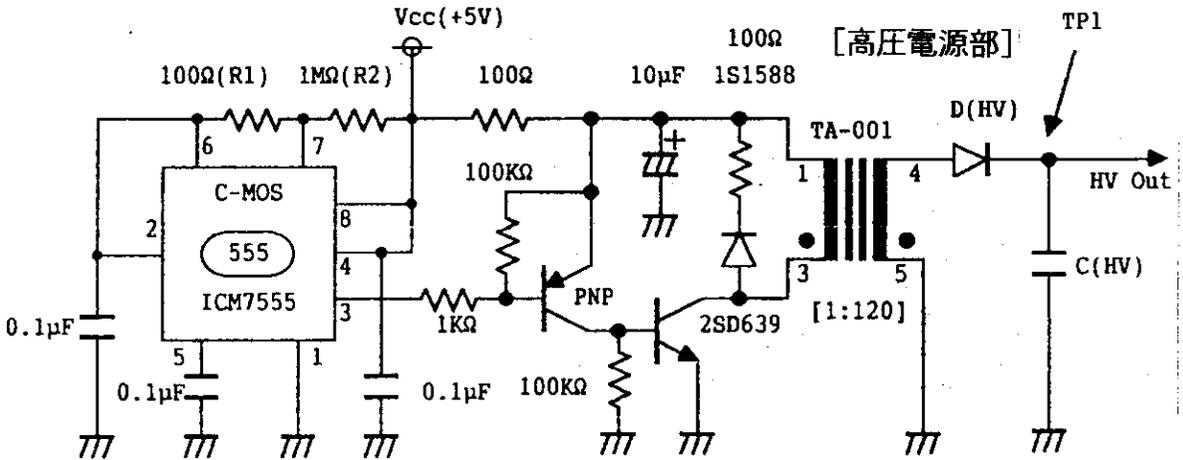
部 品	摘 要 / 備 考	個数
☆D3372	(小型ガイガー・ミューラ計数管) GMT	
☆4093	(Quad 2-Input NAND Schmitt Trigger)	
☆1CM7555	(C-MOS Timer IC)	
☆S81350	(C-MOS 低消費電力型3端子レギュレタIC : 5V 100mA)	
☆2SA1015	(汎用小型PNPトランジスタ)	
☆2SD639	(汎用小型NPNトランジスタ) 代替品 2SC1815 etc.	×2
☆ESJA57-04	(4000V ファストリカバリー・ダイオード)	
☆1S1588	(汎用小型スイッチング・ダイオード)	
☆ 100Ω	(茶黒茶金)1/4W(R1標準抵抗を含む)	×3
☆ 150Ω	(茶緑茶金)1/4W(R1調整用)	
☆ 160Ω	(茶青茶金)1/4W(R1調整用)	
☆ 180Ω	(茶灰茶金)1/4W(R1調整用)	
☆ 1KΩ	(茶黒赤金)1/4W	
☆ 10KΩ	(茶黒橙金)1/4W	
☆100KΩ	(茶黒黄金)1/4W	×4
☆330KΩ	(橙橙黄金)1/4W(R2調整用)	
☆510KΩ	(緑茶黄金)1/4W(R2調整用)	
☆ 1MΩ	(茶黒緑金)1/4W(R2標準)	
☆ 2.2MΩ	(赤赤緑金)1/4W(R2調整用抵抗を含む)	×2
☆ 4.7MΩ	(黄紫緑金)1/4W	
☆ 500Ω	半固定抵抗 (470Ω VR 表示471) (R1調整用)	
☆ 470pF	(471) 2KV 高圧セラミック・コンデンサ (470~1000pF)	
☆3300pF	(2200pF~4700pF)セラミックまたはフィルム・コンデンサ	
☆0.01μF	(103)セラミックまたはフィルム・コンデンサ	
☆ 0.1μF	(104)積層セラミック・コンデンサ	×5
☆ 10μF	電解コンデンサ	×4
☆圧電ブザー	3端子型(C-D 端子使用 / F端子未使用)	
☆TA-001	高圧発生トランス(1:120) 1-3(0.5Ω)/4-5(400Ω) 2-空き端子	
☆小型万能基板	71mm×47mm	



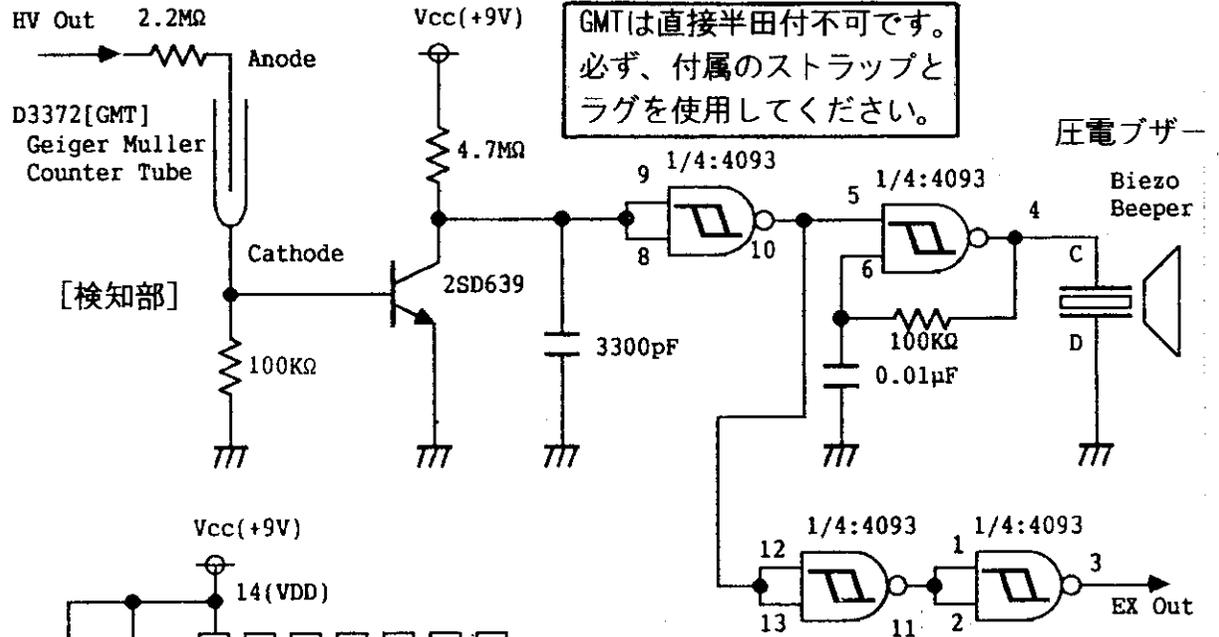
(キット部品内容では、不足の無いように上記部品リストの指定個数よりも多く入れてあります。余った部品は保守用にして下さい)



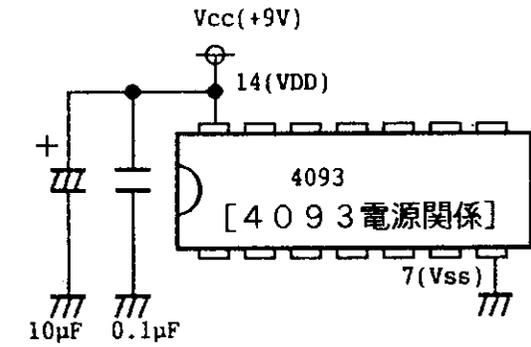
# 全体回路図



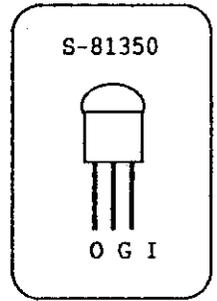
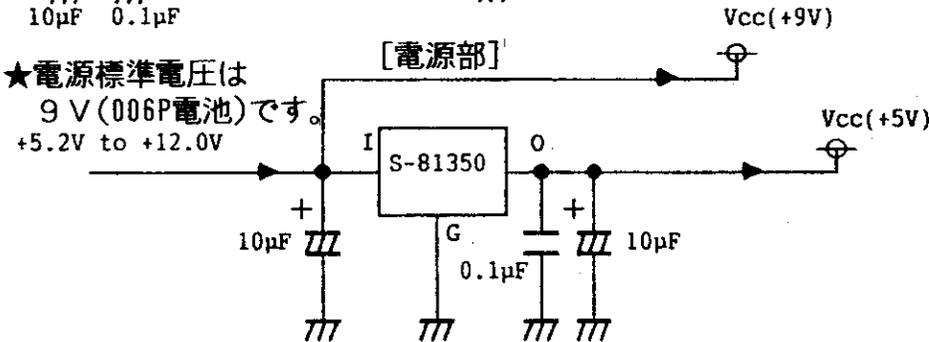
PNP-D(HV)-C(HV)は、別項を参照してください。



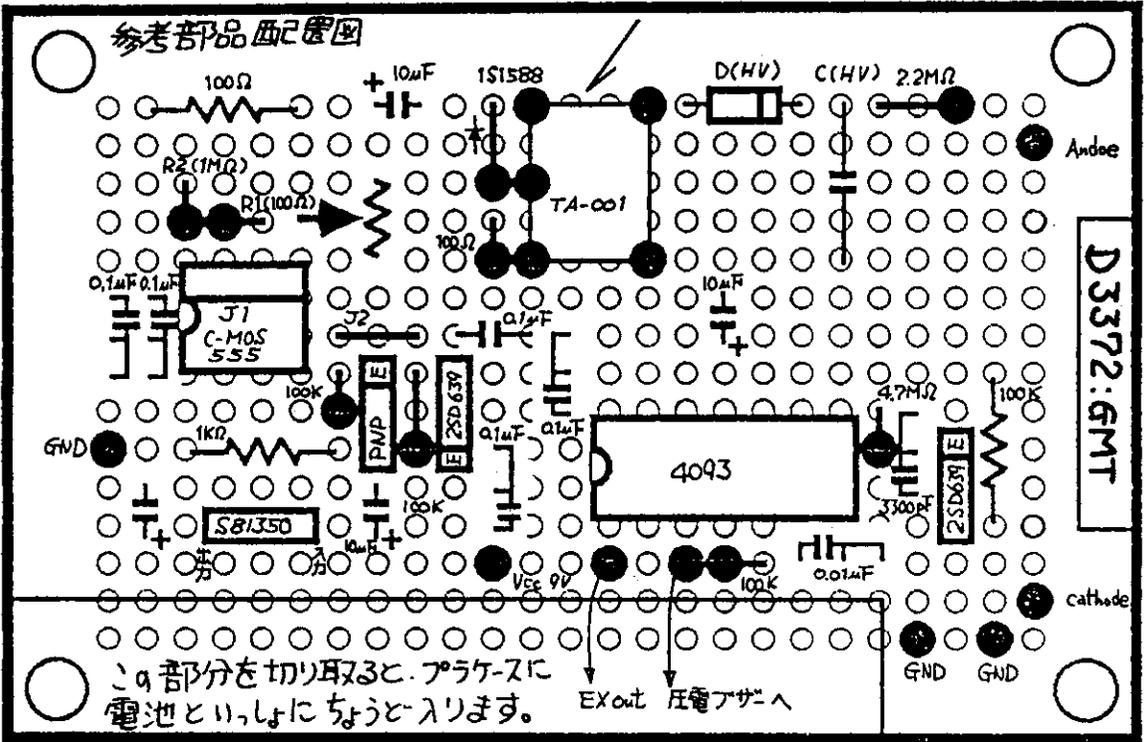
GMTは直接半田付不可です。  
必ず、付属のストラップと  
ラグを使用してください。



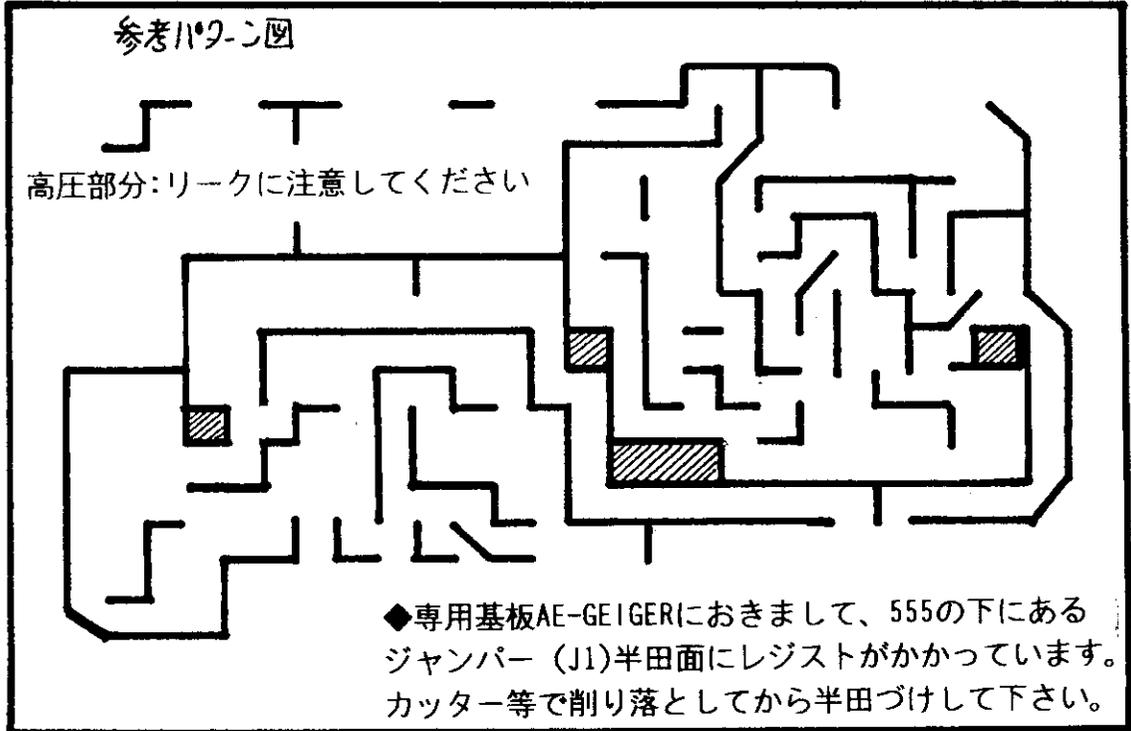
★電源標準電圧は  
9V(006P電池)です。  
+5.2V to +12.0V



↑1mm TA-001は基板から1mm程度浮かせて



R1は、固定抵抗100Ωまたは半固定VRのどちらかを取り付けます。  
 (VRにする場合、取付時にVRをセンター・ポジションにしておきます)



調整用抵抗 R1/R2 について.

▶ R2 (標準 1MΩ) ; 高圧パルス発生間かく (min 100KΩ) 330KΩ ~ 2.2MΩ

2.2MΩ	6回/S	GMT Max Count Rate /s	60 cps
1MΩ	14回/S	∴	140 cps
510KΩ	28回/S	∴	280 cps
330KΩ	43回/S	∴	430 cps

↑ C(HV)に高圧電流をチャージする回数(1秒あたり) ↑

C(HV)470pF  
の場合.

通常の放射線計測では、100cps (D3372では0.1R/h)を上限にするには充分でしょう。

尚、100cps以上の計数率の測定をする場合、4093 9-8番に接続された3300pFは取りのぞいて下さい。この3300pFは、低計数率のとき、パルスを積分して、検出音を聴き取りやすくする為のコンデンサです。

R2 = 1MΩで 全回路電流  $i \approx 150\mu A \sim 200\mu A$  (R1=100Ω)

▶ R1 (標準 100Ω) ; 高圧パルス時間幅 100Ω ~ 180Ω (max) 高圧トランスに合わせてパルス幅を調整します。



PW狭いと → PW適正 → PW広し → PW広すぎ



出力は低い

出力適正

出力は低い

(立ち上がり、下がるの  
リングの位相差の影響?)

リングが  
パルスにつき  
2回出る

(立ち上がり  
立ち下がり)

1.3では、高圧出力がフラット電圧に達しない場合があります。

3.4では、パルス幅が長い分だけエネルギーのムラがあります。(BW期間中トランス1次側に電流が流れているので無効電流となります)

★オシロは高圧ビ  
ダンス電圧計算の  
高圧調整手段か  
ない場合、R1は  
100Ωにして下さい。

TP1をオシロで測定すると(プロブは10MΩ以上)



(相対的な調整)  
数100V ; 高圧出力電圧の真値ではない。  
特定できません  
(プロブ特性等で変化)

[ プラトー(Plateau)電圧と検出率(感度)について ]  
(浜松ホトニクス D3372データを参照の上お読み下さい)

Fig 2より; プラトー電圧575Vのときの検出率を100%として、それより電圧が低ければ検出率が低く、高ければ高くなります。

プラトースタート電圧は、380Vで、これより低いと放射線を検出できません。プラトー電圧は500~600Vと規定されていますが、これは、プラトー電圧の平坦部と呼ばれるもので、この範囲での検出率の変化は0.15%/Vです。

Fig 2よりプラトー平坦部は、750V程度までのびていることがわかりますので500V~750V±10%(プラトー575V100%時)の検出確度を得られます。

以上のことから、プラトー電圧は、500~750V内にあれば、電圧の安定度、電圧精度はあまり問題になりません。

電圧計測について; 10MΩインピーダンスのテスタで600V測定すると、テスタには、60μAの電流が流れます。GMT用の高圧源は数μA程度あれば充分なので、そんな電流は流せず、結果的に電圧降下してしまい、出力電圧の正確な測定はできません。(30kΩ程度のテスタではでは、ショートに近いです。はい) [図1]

[ 放射能検出について ]

a ; GMTは検出原理上、検出放射線の線質は特定できません。

検出できる放射線は、 $\gamma$ 線 $\beta$ 線(500KeV以上)です。

X線は、加速電圧60KeV以上(歯科レントゲン程度)です。

(CRTの陰極線は、CRT表面の鉛ガラスによってほとんどシールドされてしまうので不可)

その他、宇宙線等、自然放射能等がバックグラウンドとして検出されます。

バックグラウンドは一分間に3~10発程度の検出です。

検出特性は、カソード壁材質(Cr, Fe)と、内部検出ガスによって規定され、Fig3がその特性です。カソード壁を越えて内部に入った放射線は、ほぼ100%検出されます。(内部検出ガス特性を満たした放射線)

エネルギーの低い放射線は、GMT内に入れないと考えて下さい。

また飛程の短い $\gamma$ 線は、線源にGMTを近づけないと検出されません。

b ; バックグラウンド(B.G)と特定線源からの放射線の見分け方。

B.G であれ、特定線源からの放射線であれ、放射線という点では、かわりはありません。

いずれの場合も、放射線は自然発生的に生じ、GMT内に入ってきます。

この為ある程度、統計的、積算的なとらえ方をしなければなりません。

D3372は、比較的小さなGMTなので、B.G の影響をあまり受けずに、特定線源に近づけさえすれば、そこから発生する放射線を検出できます。[図2]

10分間、30分間、1時間等、検出パルスを一定時間積算して、B.G のみのときと、測定物(線源があると思われるもの)に近づけたときの差を、Fig 1より、照射線量として換算して下さい。Fig 1はD3372で検出した、1秒あたりに換算した検出パルス数の照射線量をR/h で示したものです。[図3]

Fig 1の最下限値、 $10^{-3}$ R/h(Dose Rate)[1mR/h]は、1秒間に1発の検出ということになりますが、かなり高いレベルです。(線種、線質にもよりますが…)

付. テスト線源について; 作動テストは、B.G の検出の有無で判断するのが無難です(1分間に3回程度)。なんといっても身近にある放射線ですから、これが一応、一番安全でしょう。

テスタで600Vを測ると



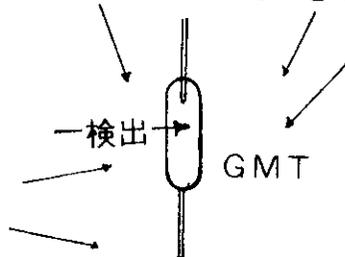
テスタの内部インピーダンス10MΩ  
電流*i*は600V/10MΩで

$$\begin{aligned} & 600/10^7 \\ & = 60/10^6 \text{ (A)} \\ & = 60 \mu\text{A} \text{ です} \end{aligned}$$

[図1]

B.G:バック・グラウンド(自然放射能)  
通常5~10 μR/h程度です。  
D3372でのバック・グラウンドの  
標準的な検出回数は、1分間に  
3~10回程度です。

B.G (発生源では特定できない)



B.Gの発生はランダム  
(GMTが大きいとB.G  
が飛び込む確率も高くなる)

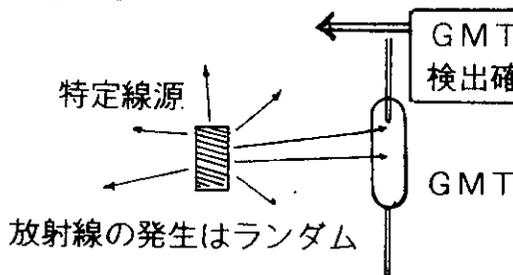
[図2]

バック・グラウンドは、地域・時間により多少ばらつきますが、  
特定地域での検出回数はほぼ一定と考えていいでしょう。

(単位時間当たりの平均値)

通常のバック・グラウンド検出回数を目安にして放射線強度  
の手がかりとすることができます。B.Gの5~10倍程度以上の  
検出回数がある場合は、注意が必要です。

[図3]



GMTを近づければ  
検出確率は高くなります。

B.Gも検出しますが、  
測定物の有無によって  
変化はしないので、  
一種のノイズと考えて下さい。

[たにい]

崩壊率 dps(崩壊毎秒)

$$1\text{Ci(キュリー)}=3.7 \times 10^{10} \text{ dps}$$

$$1\text{Bq(ベクレル)}=1 \text{ dps}$$

照射線量

$$1\text{R(レントゲン)}=2.58 \times 10^{-3} \text{ C} \cdot \text{Kg}^{-1}$$

照射線量率

$$\text{R/hour} \quad \text{R/week}$$

【検出率を上げるには】

GMTの検出率特性は、ほぼGMTに  
規定されています。

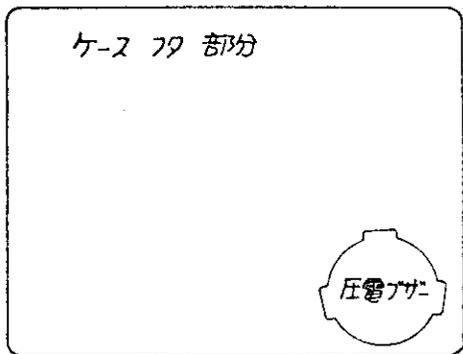
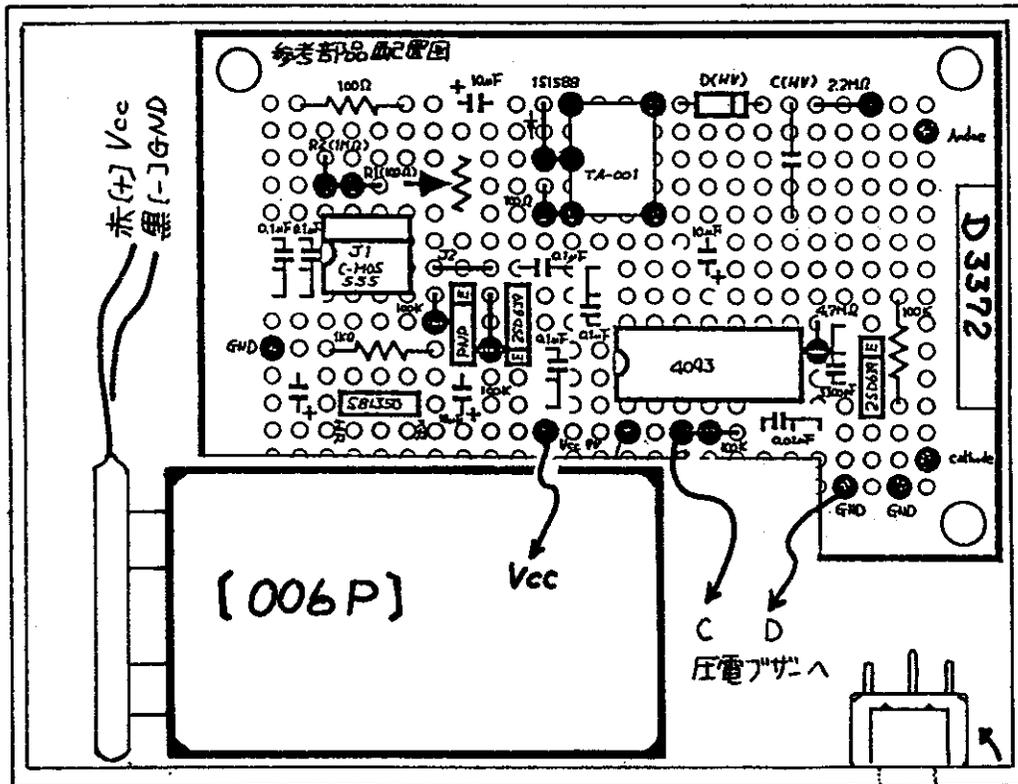
このため、検出率を上げるため  
には複数のGMTを検出器として使  
うことにより達成されます。

★2コ程度のGMT(D3372)の並列  
接続なら当キットの回路のまま  
使用できます。

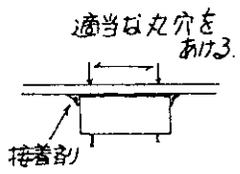
昔の夜光塗料には放射線源物質が使われていたそうですが、現在は含まれてい  
ないそうです。昔の時計の夜光塗料文字盤がもしかしたらテスト線源になるかも  
しれません。ガラス板ははずさないで、放射線が遮断されてしまいます。  
(飛程数センチ)

昔の煙探知器にはAm(アメリシウム)がペレット状に使用されていて、数μCi程  
度の放射線量だそうです。(飛程数センチ)(現在の光学式のもの当然不可)

上記2例は、浜松ホトニクス技術データより



SWは、接着剤でとめるのがかんたん。(オプション)



★ブザーとぶっからないようになるべく底の方に取り付けます。

◆参考までに ゲイガーカウンタ初期動作チェックについて  
 自然放射線だけでは、なかなか初期作動確認が取にくいものです。  
 成層圏飛行中のジャンボ旅客機機内等では常時反応し続けますよ！  
 また心臓の弱い方にはおすすめ出来ませんが、GM計数管に直に  
 触ると反応し、作動OKとしてよいでしょう。

# 天然放射性同位元素を用いた放射化学実験法(1)

## —温泉水に含まれる<sup>214</sup>Biの放射能測定—

鎌田 正裕\*・中村麻利子・江坂 享男  
(1993年8月4日受理)

### 1 緒 言

「放射能」あるいは「放射線」という言葉は新聞やTVのニュースなどでごく日常的に登場するが、これらに関して学習する機会はかなり限られている。たとえば、高等学校のカリキュラムの中では物理でその基礎をわずかに学ぶ程度であり、大学の理工系の学部においても学生実験などで取り上げられることは多くない。したがって、放射能を実際に扱った経験を持つ人は少なく、「よくわからないがなんとなく恐ろしいもの」という曖昧な認識しか持っていない人が多いのが現状であろう。

この背景には、放射性同位元素(以降RIと略す)の取り扱いが法律で認められた施設に限られていることと、放射線の測定装置が高価(市販品は数十万~数百万円)であることがある。これに対し近年、小型のガイガー管(浜松D3372)を用いた放射線測定器の組立キットが秋月電子から計数回路込みで9,700円で発売されている。そこで我々は、この安価な測定器と天然に存在するRIを用いることで通常の実験室で放射能測定をテーマとした学生実験を行うことができると考え、その実験方法について検討してきた。今回は温泉水中の<sup>214</sup>Biの放射能測定法について報告する。実験において特殊な技術や装置は必要とせず、大学の学生実験以外に中学校や高等学校の化学部の実験テーマとしても適当であろう。

### 2 原 理

#### 2.1 泉水中のRI

鳥取県の三朝温泉は国内で最も強い放射能泉の一つであり<sup>1)</sup>、その泉水中には図1に示したように<sup>222</sup>Rnとその娘核種(<sup>222</sup>Rnの崩壊によって生成した核種)である<sup>218</sup>Po、<sup>214</sup>Pb、<sup>214</sup>Bi、<sup>214</sup>Po等が含まれている。

<sup>222</sup>Rn、<sup>218</sup>Po、<sup>214</sup>Poは $\alpha$ 線を放出し、<sup>214</sup>Pbや<sup>214</sup>Biは $\beta$ 線を放出する<sup>2)</sup>。さらにこれらの放射線と共に特性X線や $\gamma$ 線の放出もあるので、上記の核種を泉水中から分離・測定することで、それぞれの放射線の特徴を実験を通して学ぶことができる。

本実験では、ガイガー管で容易に測定できる $\beta$ 線を

核種	半減期	崩壊形式
<sup>222</sup> Rn	3.82d	$\alpha$
↓		
<sup>218</sup> Po	3.11m	$\alpha$
↓		
<sup>214</sup> Pb	27m	$\beta^-$
↓		
<sup>214</sup> Bi	19.9m	$\beta^-$
↓		
<sup>214</sup> Po	164 $\mu$ s	$\alpha$
↓		
<sup>210</sup> Pb	22.3y	$\beta^-$

図1 温泉水中に含まれる<sup>222</sup>Rnとその娘核種。

Radiochemical Experiment with Natural Radioisotopes(1)  
—Radiochemical Analysis of <sup>214</sup>Bi in Mineral Spring Water—  
Masahiro KAMATA 鳥取大学工学部助教授 工学博士  
[連絡先] 680 鳥取市湖山町南4丁目101(勤務先)。  
Mariko NAKAMURA 鳥取大学工学部技官 家政学士。  
Takao ESAKA 鳥取大学工学部教授 工学博士。

\*1 厳密には<sup>218</sup>Poの0.02%は $\beta$ 崩壊で、<sup>214</sup>Biの0.02%は $\alpha$ 崩壊であるが、割合は非常に小さいので図1ではこれを無視した。

放出する $^{214}\text{Pb}$ と $^{214}\text{Bi}$ を放射化学的手法の一つである共沈法によって泉水から分離し、得られた沈殿物の放射能を測ることと同核種の減衰の様子を観察するとともに泉水中の $^{222}\text{Rn}$ の放射能濃度を求めることにした。なお、分離された核種の半減期はいずれも30分以下と短いため実験後廃棄する際に特別な措置は必要ない。

## 2.2 測定法

使用したガイガー管(浜松D3372)は $\gamma$ 線と比較的エネルギーの高い $\beta$ 線を検出できる。ガイガー管を用いた測定器は検出した放射線の種類やエネルギーなどに関する情報を与えないが、他の測定器に比べ、感度が高い、測定系の回路が簡単である、出力がデジタル(パルスの数)である等の特徴を有する。このため注目核種が化学的に分離できていれば本研究で用いたような手作りの測定器でも定量的なデータを再現性よく得ることができる。なお、ガイガー管の原理等については文献3)~5)を参照されたい。

### 2.3 分離された $^{214}\text{Pb}$ と $^{214}\text{Bi}$ の放射能の減衰

RIはすべてその固有の半減期に従って崩壊・減衰するが、図1に示したように親核種( $^{222}\text{Rn}$ )の半減期が娘核種( $^{214}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ...)の半減期に比べ十分長い場合には、各娘核種の放射能すなわち単位時間あたりの崩壊数はすべて親核種のそれに等しくなる。したがって、各核種の原子数は常に一定であり、このような状況を放射平衡と呼ぶ(付記参照)。

$^{222}\text{Rn}$ と放射平衡にあった $^{214}\text{Pb}$ と $^{214}\text{Bi}$ を $^{222}\text{Rn}$ から分離するとそれぞれの原子数は以下の式に従って減少する。

$$dN_1/dt = -\lambda_1 N_1 \quad (1)$$

$$dN_2/dt = \lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2 \quad (2)$$

ただし、 $N_1$ ,  $N_2$ は $^{214}\text{Pb}$ と $^{214}\text{Bi}$ の原子数、 $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ はそれぞれの崩壊定数( $\ln 2$ を半減期で除したもので、これと原子数の積が単位時間当たりの崩壊数で表す)である。分離直後( $t=0$ )の $N_1$ ,  $N_2$ をそれぞれ $N_{10}$ ,  $N_{20}$ と書けば、式(1), (2)から時刻 $t$ における $^{214}\text{Pb}$ と $^{214}\text{Bi}$ の原子数は次のように求められる。

$$N_1 = N_{10} \exp(-\lambda_1 t) \quad (3)$$

$$N_2 = \left\{ \lambda_1 / (\lambda_2 - \lambda_1) \right\} N_{10} \left\{ \exp(-\lambda_1 t) - \exp(-\lambda_2 t) \right\} + N_{20} \exp(-\lambda_2 t) \quad (4)$$

ただし、分離直前まで放射平衡に置かれていたことから

$$N_{20} = (\lambda_1 / \lambda_2) N_{10} \quad (5)$$

が成り立つ。

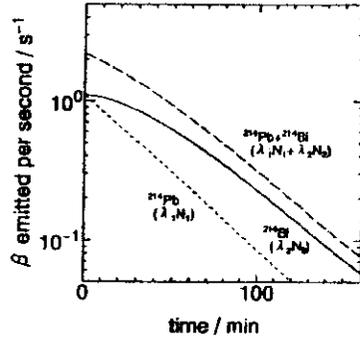


図2  $^{214}\text{Pb}$ と $^{214}\text{Bi}$ から1秒間に放出される $\beta$ 線(計算値)。

$^{214}\text{Pb}$ と $^{214}\text{Bi}$ はいずれも1回の崩壊で1個の $\beta$ 線を放出する。そこでこれらの核種から1秒間に放出される $\beta$ 線の個数は $\lambda_1 N_1$ ,  $\lambda_2 N_2$ である。式(3), (4)を用いて、 $\lambda_1 N_1$ ,  $\lambda_2 N_2$ ,  $\lambda_1 N_1 + \lambda_2 N_2$ を計算して図示すると図2のようになる。

一方、 $^{214}\text{Pb}$ を泉水中に残し $^{214}\text{Bi}$ のみを分離した場合には $N_{20} = 0$ が成り立つ。したがって、時刻 $t$ における $^{214}\text{Bi}$ の原子数 $N_2$ は式(4)に $N_{20} = 0$ を代入することで次のように表せる。

$$N_2 = N_{10} \exp(-\lambda_2 t) \quad (6)$$

## 3 実験

### 3.1 共沈法による $^{214}\text{Pb}$ と $^{214}\text{Bi}$ の分離

はじめに $^{214}\text{Pb}$ と $^{214}\text{Bi}$ の両方を沈殿物として泉水中から分離した。実際の実験操作は図3(A)に示すとおりで、泉水中に硝酸を加えるのは液中の $^{214}\text{Pb}$ や $^{214}\text{Bi}$ の一部がコロイドを形成するのを防ぐためと硝酸ピスマスの溶解を促すためである。なお、アンモニア水によって生じる沈殿は主に $\text{Bi}(\text{OH})_3$ であるが、この沈殿中に泉水に極微量含まれていた $^{214}\text{Pb}$ も取り込まれることになる。

次に、 $^{214}\text{Pb}$ を液相に残し $^{214}\text{Bi}$ のみを沈殿物として分離した。この際には、図3(B)に示すように硝酸ピスマスとともに硝酸鉛(保持担体)を泉水に加え、そこに水酸化ナトリウムを加えることで $\text{Bi}^{3+}$ イオンのみを $\text{Bi}(\text{OH})_3$ の沈殿として分離した。 $(\text{Pb}(\text{OH})_2)$ の沈殿も一旦生成されるが過剰のアルカリで再溶解する。

いずれの場合も沈殿物は吸引ろ過によって直径17 mmの円内に集められ、次項で述べる測定法にしたがってそこから放出される $\beta$ 線を測定した。

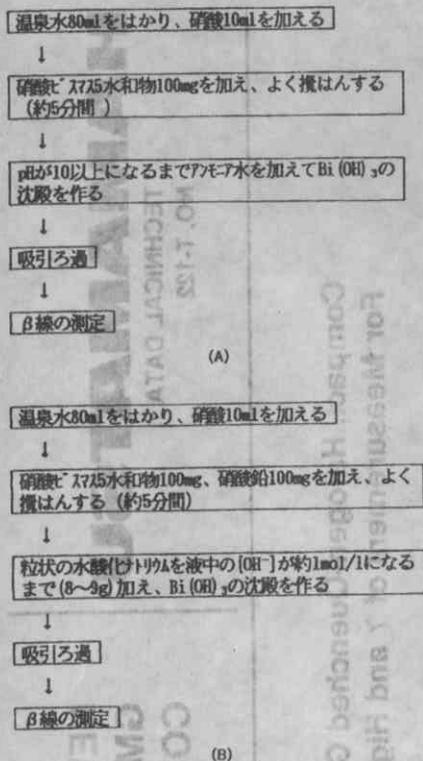


図3 実験操作。

なお、 $^{222}\text{Rn}$ が空気中に放散しやすいこと、 $^{214}\text{Pb}$ と $^{214}\text{Bi}$ の半減期がそれぞれ27分と19.9分であることを考えると、泉水を入れたビンを開封してから測定を開始するまでにあまり時間を費やすと正確なデータを得にくくなる可能性がある。特に共沈による分離から測定までの時間はできるだけ短いことが望ましく、遅くとも30分以内には測定を開始できるようにしたい。そのためには遠心分離や自然沈降を利用して余分な上澄液を取り除き、ろ過時間を短縮することも有効である。

### 3.2 測定法

本実験で使用した測定器の外観を図4に示す。ガイガー管のカソードは付属のストラップを使用すると試料を巻き付けにくくなるので、図5の(A)に示したように細い針金を巻き付けて代用した。上記の操作で得



図4 測定器外観 (A)ガイガー管 (D 3372), (B)本体。

られた沈殿物は、図5(B)に示したように濾紙と共にポリエチレンホルムではさみ測定器のガイガー管に巻き付けて測定した。カウント数は10分毎に読みとり600秒で除すことでその間の平均計数率を求めた。

なお、本実験で用いたガイガー管は小型のため自然放射線の影響は小さいが、何も巻き付けていないときの計数率を測定し上記の計数率から差し引くことで補正した。

## 4 結果と考察

$^{214}\text{Pb}$ と $^{214}\text{Bi}$ の両方を共沈させた試料から放出された $\beta$ 線の測定結果を図6に、 $^{214}\text{Pb}$ を液相に残し $^{214}\text{Bi}$ のみを共沈させた試料の測定結果を図7に示す。いずれも、縦軸は1秒間当たりのカウント数(計数率)で、横軸は共沈が完成してからの経過時間を表す。各データのエラーバーは測定値の統計的誤差を表し、これについては文献4), 5)を参照されたい。図6および図7中の実線はそれぞれ式(4), (6)によって求めた $^{214}\text{Bi}$ の放射能( $\lambda_2 N_2$ )の減衰を表すが、減衰の速度はいずれ

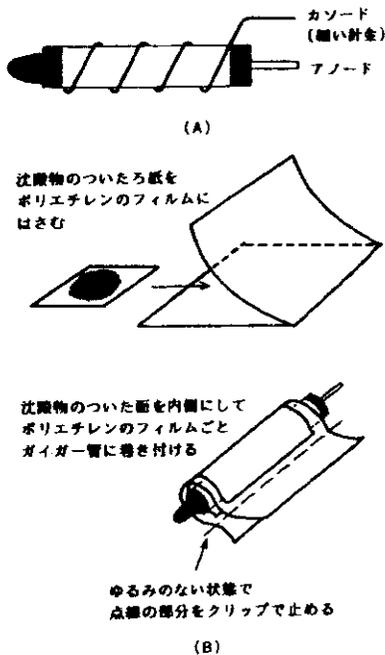


図5 カソードと試料の取り付け方。

も実測値とよく一致していることがわかる。ただし、式(4)、(6)中の  $N_{10}$ 、 $N_{20}$  の値は計算値と測定値との比較がしやすいように適当に定めた。

図6において測定値と式(4)に基づく計算値が一致したことは測定器が $^{214}\text{Pb}$ から放出された $\beta$ 線を検出していないことを意味する( $^{214}\text{Pb}$ から放出された $\beta$ 線を $^{214}\text{Bi}$ から放出された $\beta$ 線とともに検出していれば測定結果は図2の破線に一致したはずである)。これは、 $^{214}\text{Pb}$ から放出される $\beta$ 線のエネルギーが低く(590, 640 keV) $^{214}\text{Pb}$ ガイガー管の側壁を通過して内部に進入できないためと考えられる。

今回の実験では $^{210}\text{Po}$ と $^{214}\text{Po}$ については液相に留まっているのかあるいは沈殿に含まれているかは不明であるが、仮に沈殿中に含まれていたとしても $^{210}\text{Po}$ は、分離操作終了30分後には分離直前の1/1000程度にまで減衰しているのでその存在は無視できる。また、これらの核種から放出される $\alpha$ 線は、 $^{214}\text{Pb}$ から放出される $\beta$ 線と同様検出管の側壁を通過して測定器内部に入れないため、直接結果に影響を与えることはな

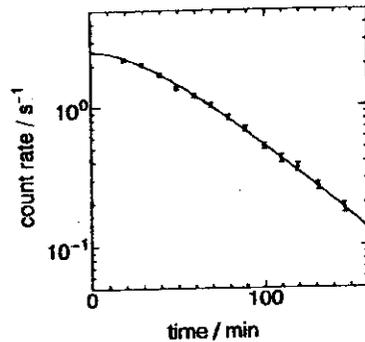


図6 沈殿物 ( $^{214}\text{Pb} + ^{214}\text{Bi}$ ) から放出された $\beta$ 線の計数率。

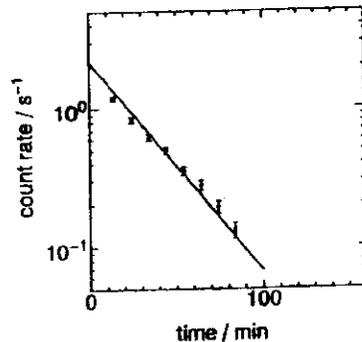


図7 沈殿物 ( $^{214}\text{Bi}$ ) から放出された $\beta$ 線の計数率。

い。なお、X線と $\gamma$ 線はいずれも $\beta$ 線に比べガイガー管の検出効率が十分低いのでここでは無視した。

共沈法の化学収率を100%と仮定すれば、図6もしくは図7の $t=0$ における計数率をガイガー管の検出効率で除することで分離操作直前の泉水80m<sup>3</sup>/中に含まれる $^{214}\text{Bi}$ ( $^{222}\text{Rn}$ )の放射能を求めることができる(以下の計算には図6のデータを使用する)。

本検出器の効率は予備実験の結果約7%<sup>\*2</sup>と考えられるので、泉水80m<sup>3</sup>/中の $^{214}\text{Bi}$ もしくは $^{222}\text{Rn}$ の放射

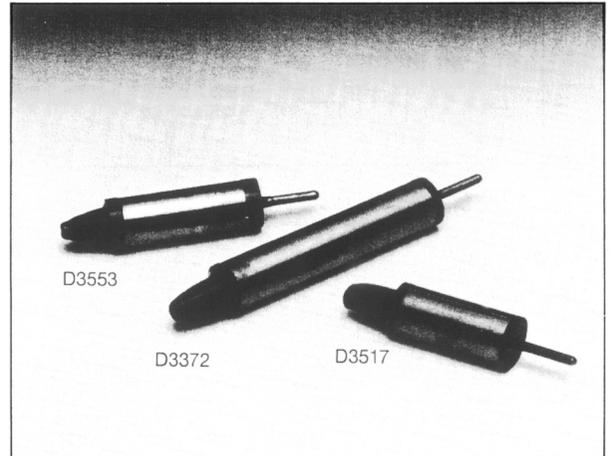
\*2 幾何効率がすでわかっている窓式ガイガー管で沈殿物中の $^{214}\text{Bi}$ の放射能の絶対値を求め、その値でD3372による実測値を除くことで算出した。しかし、このようにして求めた効率は厳密なものではなく、特に試料の固定位置、固定方法によっても変化することを考えれば、7%という値は測定値というよりもむしろ一つの仮定と考えた方が妥当であろう。

### Compact, Halogen-Quenched GM Counter Tubes For Measurement of $\gamma$ and High Energy $\beta$ Rays

Hamamatsu D3372, D3517 and D3553 are compact GM (Geiger-Müller) counter tubes which are mass-produced while still retaining the superiority of their traditional features. Like conventional GM counters, they consist of a cylinder-shaped cathode with an extremely small diameter of only 5mm, containing an anode and halogen-quenched counting gas.

Hamamatsu GM counter tubes are designed for the detection of gamma rays and high-energy beta rays larger than 0.5MeV, making them suitable for pocket dose meters. Particularly the D3517 can detect up to the high dose rate.

D 3 3 7 2  
シリーズ中で  
最も高検出率です。  
(Fig1参照ください)



#### SPECIFICATIONS

Parameters	D3372	D3517	D3553	Unit
------------	-------	-------	-------	------

#### General

Cathode Material	28% Cr, 72% Fe			—
Thickness	80 to 100			mg/cm <sup>2</sup>
Effective Length	16	5	8	mm
Fill Gas	He, Ne, Halogen			—
Capacitance of Anode to Cathode	3	2.5	2.5	pF

#### Maximum Ratings

Anode Resistance	2.2			M $\Omega$ (Min.)
Applied Voltage	650	600	600	V
Temperature	Operation	-40 to +50		°C
	Storage	-40 to +75		°C

#### Characteristics (at 25°C)

Starting Voltage	380	400	400	V (Max.)
Plateau Voltage	500 to 650	500 to 600	500 to 600	V
Operating Voltage	Arbitrary within plateau			—
Plateau Slope	0.15	0.3	0.3	%/V (Max.)
Background <sup>A</sup>	2	1	1	cpm (Max.)
Dead Time at 600V	20	15	15	$\mu$ s (Max.)
Life Expectancy <sup>B</sup>	5 x 10 <sup>10</sup>	1 x 10 <sup>10</sup>	1 x 10 <sup>10</sup>	counts
Equivalent Tube	Philips 18509 Hamamatsu D1136	Hamamatsu D1749	Philips 18529 Hamamatsu D1261	—

A: Shielded with 50mm Pb and 3mm Al at 575V (D3372), at 550V (D3553, D3517).

B: Count rate 4500 cps (D3372), 3200 cps (D3553, D3517) at 25°C.

# GM COUNTER TUBES

Figure 1: Typical Counting Rate vs. Dose Rate Characteristics

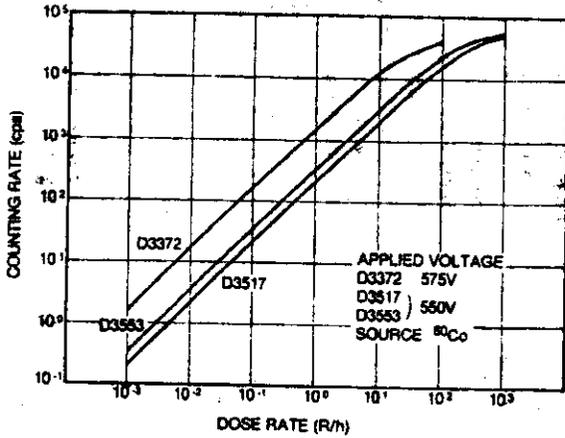


Figure 2: Typical Plateau Curves

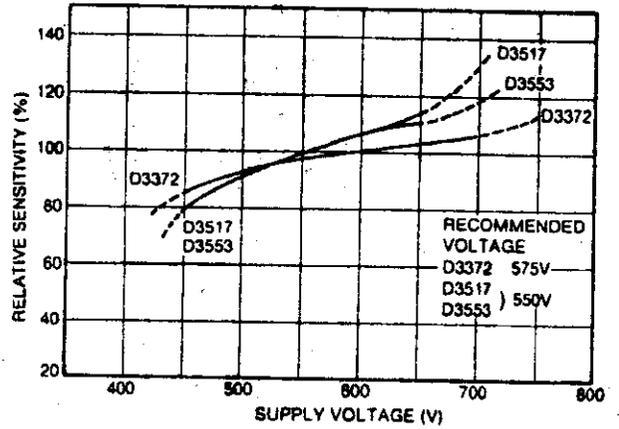


Figure 3: Typical Energy Response Characteristic

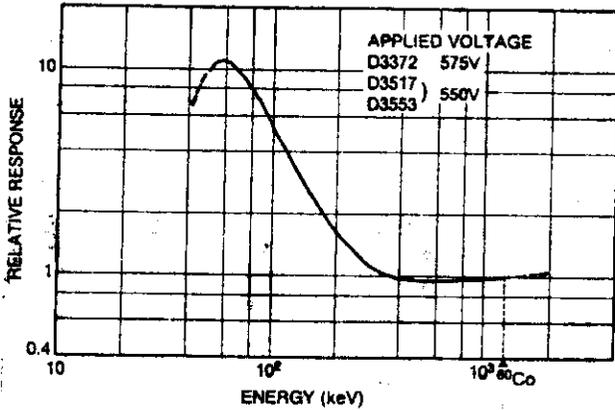


Figure 5: Measuring Circuit

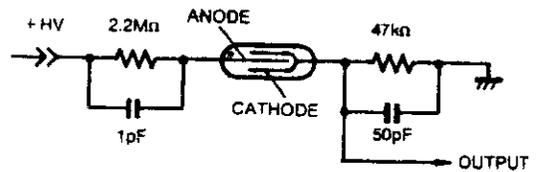


Figure 6: Dimensional Outlines (Unit: mm)

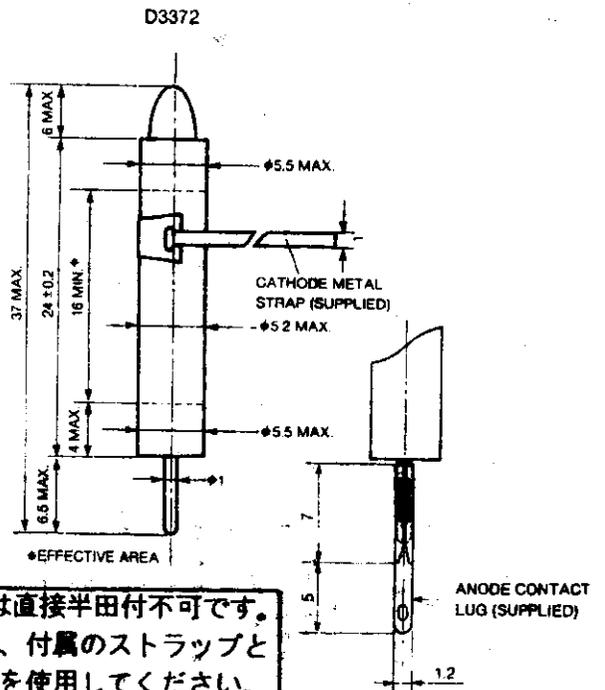
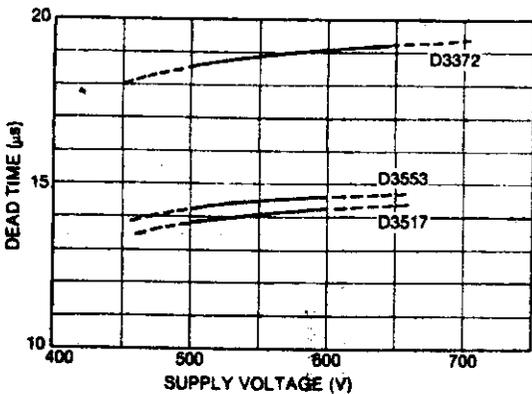


Figure 4: Typical Dead Time Characteristics



GMTは直接半田付不可です。  
 必ず、付属のストラップと  
 ラグを使用してください。