



Title	BremsstrahlenのScanningに関する基礎的研究
Author(s)	竹下, 健児; 粕井, 茂喜
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1963, 23(3), p. 308-312
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16522
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Bremsstrahlen の Scanning に関する基礎的研究

九州大学医学部放射線医学教室（主任 入江英雄教授）

竹下健児・糸井茂喜

(昭和38年4月23日受付)

Detection of Bremsstrahlung of Radioisotope

Beta Radiations by Scanning.

By

Kenji Takeshita and Shigeki Momii

Department of Radiology, Faculty of Medicine,

Kyushu University, Fukuoka

(Director: Prof. H. Irie)

Radioisotope scanning for Bremsstrahlung is generally difficult in the usual scintillation-counting apparatus. Using ^{32}P sources of 4 mm in diameter, the limit of detection in the scintigram was studied.

Leaving the filter in front of the counter, 500 μC could be detected in the scintigram for the source at the depth of 8 cm, and 100 μC was scarcely detectable at the depth of 4 cm using the 1" $\phi \times 1"$ NaI crystal and the cylindrical collimator. But 2.4 μC could be detected at 4 cm depth using the 2" $\phi \times 2"$ NaI crystal, with the semi-cylindrical cone and the background eraser.

We tried the cross scanning using an slit type collimator, the 1" $\phi \times 1"$ NaI crystal and the usual scanning unit. Observed scintigrams were better than the normal ones using the cylindrical hole. 25 μC was detectable at the depth of 4 cm in this method. This cross scanning method needs troublesome handlings but should be investigated for the detection of the secondary effect of radioisotope such as Bremsstrahlung.

I. 緒言

β 線のみを放出する放射性同位元素、即ち β 放射体の計測は一般に GM counter によって行なわれているが、試料の厚みが増すと共に自己吸収が大きくなり、更にこれを取まく吸収物質があれば β 線そのものの計測は非常に困難になり、 β 線の最大飛程以上になると β 放射体の存在はただその制動輻射 Bremsstrahlung に頼らなければならなくなる。Bremsstrahlung に関する実験のうち、尾内他¹⁾は各種の物質によつて生ずる Brems-

strahlen の計測を行なつてゐるが、理論的に Bremsstrahlen に変えられる β 線の割合は、

$$F = 1.11 \times 10^{-3} Z \cdot E$$

で与えられている²⁾。ここで F は β 粒子の運動エネルギー中 Bremsstrahlen になる部分の比、Z は吸収物質の原子番号、E は MeV 単位で表わした β 線エネルギーである。

β 放射体の人体内投与における Bremsstrahlen の体外計測については H.G. Mehl³⁾ の総合報告があるが、我々は radioisotope scanning の研究

の一端として β 放射体の体内分布を描記させる方法について、その限界などを知る目的で基礎的研究を行なつた。

II. 実験方法及び結果

測定1： β 放射体として広く診療に用いられてゐる ^{32}P ($\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot \text{HCl}$) を直径4mm, 厚さ2mmの濾紙にふくませセロテープで密封したものを点線源として使用した。先ず Mehl の方法によつて体外計測の条件を求めるために、30cm \times 20cmのポリエチレン水槽内10cmの深さに点線源 200 μC を吊し、

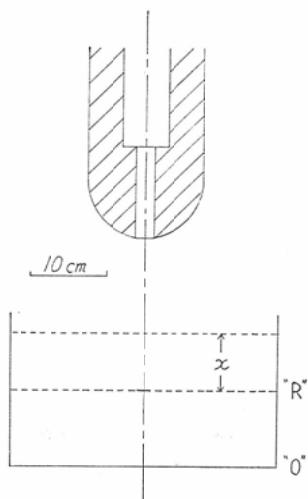


Fig. 1 Arrangement of detecting the ^{32}P point source in the water phantom. “O”: Point source in air, “R”: Source on the water surface ($x=0$), x : Depth in cm, under the water surface.

1" $\phi \times 1"$ NaI (Tl), TEN scintillation counter (pulse height analyserなし) で計測した。点線源と collimator 前面までの距離20cm, collimator は 2.5cm ϕ cylindrical hole, 長さ12cm である。Fig. 1 で “O” は水槽内に水が全然ない場合、即ち点線源が空中にある状態である。“R” は水を10cmまで入れた場合で点線源は水ファントム表面にある。 x を点線源の上の水の厚み(cm)とする。測定の結果は Fig. 2 の如くである。三角点は collimator 前面に 0.78g/cm 2 の Al absorber をおいて、 ^{32}P からの直接の β 粒子を吸収せしめたものである。

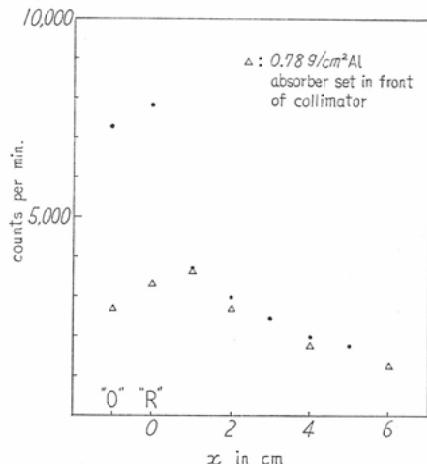


Fig. 2 Counts per min. in arrangement as shown in Fig. 1 (^{32}P 200 μC). “O”: Internal Bremsstrahlen, Bremsstrahlen and the secondary electrons from the detecting apparatus. “R”: “O” components plus External Bremsstrahlen and the backscattered beta particles.

“O” 即ち空中線源で検出されるものは、 β 粒子、internal Bremsstrahlen、collimator 及び counter 窓による Bremsstrahlen と二次電子である。“R” 即ちファントム表面の線源では、上記の factor の他に external Bremsstrahlen 及び後方散乱の β 線が加わつて来る。飽和後方散乱率は ^{32}P に対して 1.37⁴⁾ とされているが、この測定では“O”に対する“R”的計数値の増加の割合はかなり低く、充分入射線束を絞つているため、幾何学的に飽和の条件を充していないものと思われる。“O” 及び“R”については absorber を挿入することにより、一次3線の大幅な減少がみられるが、absorber からの Bremsstrahlen 或は二次電子が新に附加されている。水の厚みを増すことによつて急速に計数率は減少し、この減少の割合は実験式 $\exp(-Kx^{1/2})$ で合わせることが出来るが、理論的に幾何学的配置より証明するには至つていない。又この減少の割合は、水厚 1cm 以上ではほぼ直線とみなしても差支えない。即ち ^{32}P β 線(最大エネルギー 1.7 MeV)の水中の最大飛程は 0.78cm であり、水厚 1cm 以上では完全に β 線を阻止していて、これ以上の水厚

では Bremsstrahlen の水による吸収が効いてくることになる。absorber を用いて計測すると水厚 1 cm 以下の所に山があるようで、水厚の増加に伴つて、計数率の減少の割合はほぼ absorber なしの場合と同様であった。

測定 2 : TEN scintiscanner, 1" $\phi \times 1"$ NaI, 打点式により ^{32}P 500 μC の線源の深さ (x) を変えて通常の scintigram を作成した。この場合 collimator は 9 mm ϕ の cylindrical hole を使用した。測定 1 によって scanning としては出来るだけ近づける方が yield もふえるので、surface. collimator 間距離を 5 mm とした。又 scanning speed についても検討したが、Bremsstrahlen の様にもともと低効率のものでは当然低速度が必要であつて、2 ~ 4 mm/sec 位が良好であつた。点線源が表在する場合、得られた scintigram は約 2 倍の半径で図示され、深さ 5 cm 以上の場合その存在を scintigram 上で認めるることは全く不可能であつた。

次に single channel pulse height analyser を組合わせ β -Bremsstrahlen の energy spectrum をとつて、counter 前面の Al filter 等の吸収物質を出来る限り除き、X線感度を上げる様にした。

Energy spectra は Fig. 3 に示した。Fig. 3 の (b) curve より maximum intensity の位置は約 100KeV であつて、pulse height analyser の discriminating base 及び channel width を決めて必要な pulse のみを取出す様にし、前と同様の scintigram を作成すると、水厚 8 cm までは検出可能であつて、明らかに感度上昇がみられた。

測定 3 : 次に各種の scintillator を比較する意味で、2.5 cm $\phi \times 0.7$ cm の Plastic scintillator 及び X線撮影用増感紙を加工したものについて、充分遮光して検出の程度を調べた。後者は使用に耐えなかつたが、Plastic scintillator では直接 β 線を測定する場合、従つて表在する線源に対しては非常に有効であつて、その energy spectrum を Fig. 3 (a) に示した。併し Bremsstrahlen に対する pulse は非常に低く、適当に gain を

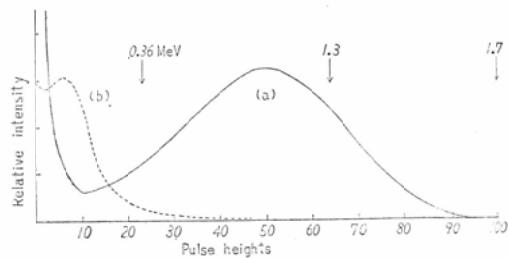


Fig. 3 Energy spectra recorded by (a) the Plastic scintillator and (b) the NaI (Tl) crystal. (a): Direct beta particles from ^{32}P , (b): Bremsstrahlen of ^{32}P in phantom.

あげても水厚 0.5 cm 以上では全く scintigram を得ることは不可能であつた。

測定 4 : Collimator として Fig. 4 (b) の様な楔型 slit type 6 \times (17~25) mm² を作った。(a) はこれまでの cylindrical hole で立体角を比較すると約 2 倍となる。(b) を用いて得られた scintigram は予想される様に、collimator の長軸方向に長い図形として得られた。我々はこの图形を利用して cross scanning 法を考えた。

Cross scanning としては走査方向が X, Y 両軸自由に変えられる必要があるが、通常の Scintiscanner では走査方向は一定しており、このためだけの試作改良も困難な事情にあるので、ともかく cross scanning の実験的結果を得るために、以下の様な便法を用いた。

即ち Fig. 5 に示す様に、普通の走査方向は大抵の場合 (a) の如くである。ファントムを 90° 回すと走査方向は見かけ上、cross scanning と一致するが、描記されたものは縦軸、横軸の二つの異なる図形の重ね合せに終る。従つてファントムと同方向に記録紙を 90° 回転させる。この時回転中心は検出したい部分に一致させておく。得られた図形は直角に交わる十字となる。この方法では点線源もしくは円形に分布した線源に対しては有効であり、勿論複雑な分布には適用がむずかしい。以下の測定はすべて 4 cm 厚みのパラフィンプロックを上下重ねて線源をはさみ使用した。

上述の様な cross scanning によって得られた結果、及び同一線源について cylindrical hole に

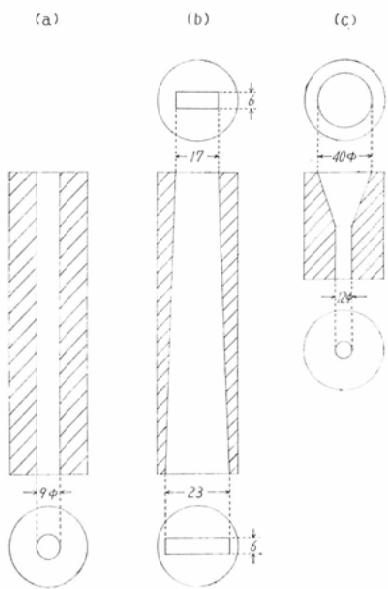


Fig. 4 Collimators for the radioisotope scanning. (a): Cylindrical hole, (b): Slit type, (c): Semi-cylindrical cone.

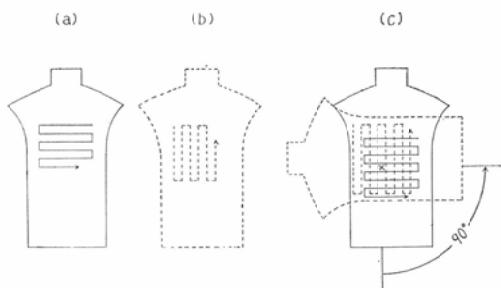


Fig. 5 Cross scanning method. (a): Normal scanning (lateral), (b): Longitudinal scanning, (c): Cross scanning due to 90° rotation of both the phantom and the recording paper.

より普通の scanning で得られたものをそれぞれ Fig. 6 (a), (b), (c) に示した。 (a) は ^{32}P $100\mu\text{C}$, (b) は $50\mu\text{C}$, (c) は $25\mu\text{C}$ の点線源に対するもので scanning speed はいずれも 2 mm/sec , count selection はそれぞれ $1/16$, $1/8$, $1/2$ である。普通の scanning では $100\mu\text{C}$ 迄しか判定出来ないものが、cross scanning によれば $25\mu\text{C}$ まで感度の上昇が認められた。

測定5: Bremsstrahlenのscanningにおける

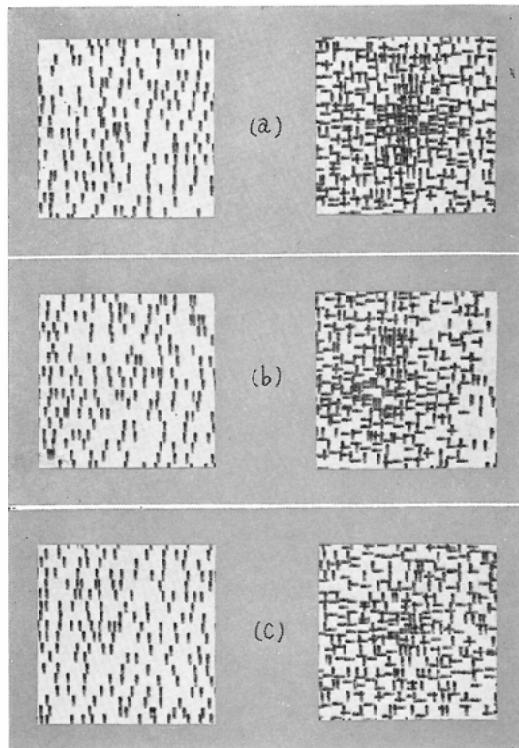


Fig. 6 Comparison of scintigrams between the normal scanning (cylindrical hole) and the cross scanning (slit type) at the depth of 4 cm in phantom. (a): $100\mu\text{C}$ of ^{32}P (Counting selection $1/16$), (b): $50\mu\text{C}$ ($1/8$), (c): $25\mu\text{C}$ ($1/2$).

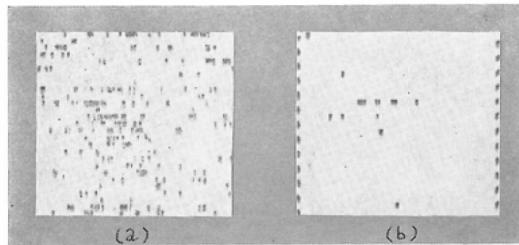


Fig. 7 Scanning limit of Bremsstrahlen of ^{32}P , using $2'\phi \times 2'$ NaI crystal, semi-cylindrical cone and background eraser. (a): $9.5\mu\text{C}$, (b): $2.4\mu\text{C}$.

る限界を知るために、久留米大学医学部の島津 scinti-scanner, $2'\phi \times 2'$ NaI (Tl) で collimator は Fig. 4 の(c)の如き semi cylindrical cone type の collimator を用いて scintigram を作成した。

Fig. 7に示す様に、充分 background を除いた状態で得られた图形では、(a) が $9.5 \mu\text{C}$, (b) が $2.4 \mu\text{C}$ で、目下のところこの程度の検出が限度と思われる。

III 考 按

体内に投与された ^{32}P の分布を体外計測により知ることはかなり難しい問題で、部位を正確に描記させることは更に困難な問題である。我々は実験の結果によつて、どこに隘路が存在するかを追究してみた。先に述べた如く、Bremsstrahlen そのものの効率は非常に小さく、検出されるのは、二次的効果に過ぎないのであるから、scanning そのものの可能性も考慮しておかねばならない。二次的な効果であることは、像の拡大及び周辺のぼけを伴うのは当然のことになつてくる。又余り多量の ^{32}P を生体に投与することは實際上不可能であり、たとえ腫瘍に親和性があるといつても甲状腺に対する ^{131}I とは比較にならない。しかし不可能を頭から葬り去ることは我々としては出来ないので、飽くまで基礎実験に終つてしまつたけれども、将来測定器の感度が飛躍的に向上した場合の足がかりだけは作つておかなければならぬ。そういう意味で実験を開始し、scanning による方法での限界を求めた事は将来の測定器の改良なり、技術の向上に対する一つの布石であると考える。又 cross scanning 法についてはそれ自体利

用度或は応用性などには乏しいかも知れないが、Bremsstrahlen の様な二次効果の測定には、この様な工夫が当然考慮されなければならないと思う。

この実験の後半で scanner には最少で $2'' \times 2''$ の NaI 結晶をつける様にしたため、一連の継続した実験が中断し、測定条件の相違もあつて、なるべく比較出来る結果のみを掲げた次第である。

この研究の概要の一部は第21回日本医学放射線学会総会に展示した。終始御指導を賜わつた入江英雄教授、便宜を図つて頂いた久留米大学尾関巳一郎教授、又種々助言して下さつた 放射線医学教室員一同に心から感謝の意を表する。

本研究は昭和36、37年度文部省科学研究費（総合研究「ラジオアイソトープスキャニングによる診断」）によつて援助されたものであり、付記して謝意を表する。

文 献

- 1) 尾内能夫、都丸禎三、森竜二： $^{32}\text{P}-\beta$ 線によつて各種物質より生ずる二次線に関する基礎的研究、ラジオ・アイソトープス、9, 96—100, 1960.—2) 橋詰雅：江藤、栗冠、倉光、梅垣、田坂編：放射線医学、225、医学書院、昭34.—3) Mehl H.G.: The Distribution of a Pure Beta-emitter in the Human Body. Problems and Preliminary Results of Bremsstrahlung Measurements in Vivo, Medical Radioisotope Scanning, IAEA, Vienna, 125, 1959.—4) ラジオアイソトープ手帳、日本放射性同位元素協会、70, 1960.