



Title	高エネルギー散乱X線, 制動輻射線の角度分布
Author(s)	野田, 博治; 白貝, 彰宏
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1964, 24(8), p. 1007-1010
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17491
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

高エネルギー散乱 X 線, 制動輻射線の角度分布

放射線医学総合研究所 物理研究部

野 田 博 治 白 貝 彰 宏

(昭和39年9月10日受付)

Angular Distribution of High Energy Scattered X-Ray and Bremsstrahlung

By

Hiroji Noda, Akihiro Siragai

Physics Division, National Institute of Radiological Sciences

When the water phantom is irradiated by electron beam and X-rays of energy of 15-29 MeV betatron, the angular distributions of bremsstrahlung and scattered X-rays intensity which are produced in the phantom have been measured.

The quality of back scattered bremsstrahlung and X-rays are determined by the method of estimation of a lead plate attenuation curve.

I. 緒言

ベータトロンより発生する15~29MeVの電子線, X線を水ファントムに照射したとき, そのファントムより生じる制動輻射線, 散乱X線の角度分布について報告する.

照射される電子線の飛程以上の厚さのターゲットから生じる制動輻射線の角度分布は, 照射電子線のエネルギーにも物質の原子番号にも簡単な形では依存しない. Buechner¹⁾によると強度の原子番号による依存性は複雑であるが大体 Z に比例するといわれている. こゝでは十分に大きい水ファントムに電子線が照射されたときに生じる制動輻射線について測定し, 角度分布と電子線のエネルギーとの関係を調べる.

X線が物質を通過する際の問題は多重散乱, エネルギー減衰, そして吸収である. それに関連した過程は光電効果, コンプトン効果, 電子対創生である. 高エネルギーの photon ではエネルギーが増すにつれコンプトン散乱は前方方向に多くなる. こゝでは水ファントムより生じる散乱X線の角度分布について測定を行ない, X線のエネルギー

一との関係を調べる.

II. 実験方法

15~29MeVのエネルギーの電子線, X線が照射されたファントムの周りの角度分布は第1図のような配置で測定を行なった.

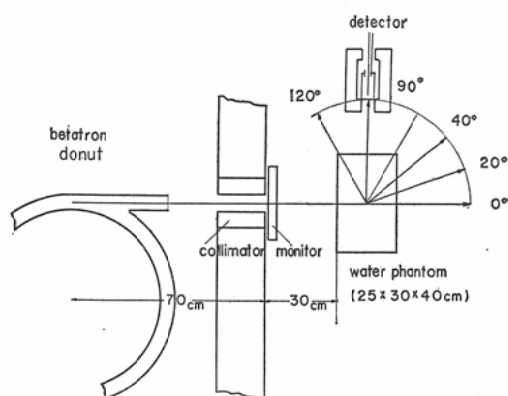


Fig. 1. Experimental arrangement

ファントムは25×30×40cmの容積のアクリル樹脂製の水槽である. 水ファントムはベータトロンのドーナツ(加速管)の中心から水槽の表面までの距離が1mの所においた. 角度分布は水ファン

トムの中心から42.5cmの距離で、 0° 、 20° 、 40° 、 90° 、 120° の各点で測定した。測定器は容積約 250cm^3 のアクリル樹脂壁の円筒形空気電離箱で集電極は $3\text{mm}\phi$ のアルミニウム棒である。それぞれのエネルギー範囲の制動放射線、X線の強度を測るために電離箱の壁を適当な厚さに変えて最大値の読みをとった。照射電子線、X線の絞りの位置はその前面までドーナツの中心から約70cmで、絞りの大きさはそれぞれ $4.6\text{cm}\phi$ のアクリル樹脂と $7 \times 7\text{cm}$ のタングステン鋼である。モニターは薄いアルミニウム電極板の空気電離箱を用いた。

測定器は鉛ブロックで周りをかこみ、電離箱の前面だけをあけて鉛の吸収板をおいて散乱線の減弱を測定した。電離電流は振動容量型電位計で読んだ。

III. 実験結果と考察

1) 角度分布

飛程より十分大きい水ファントムに電子線を照射した時に生じる制動放射線強度の角度分布を測定した結果は第2図に示される。これによると前方方向 (0°) の強度は側方、後方より大きく、大角度の増加に従って強度は指数関数的に減

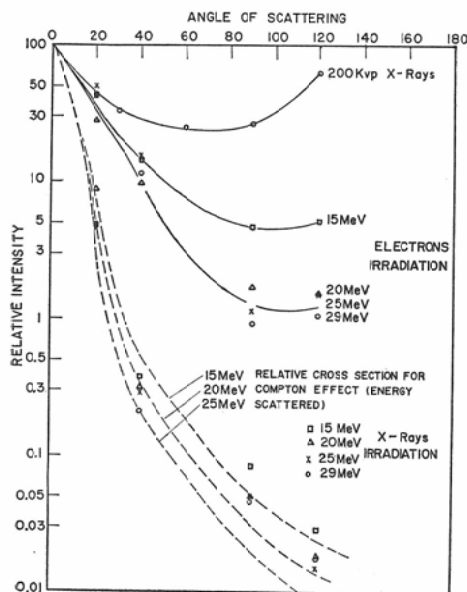


Fig. 2. Angular distribution

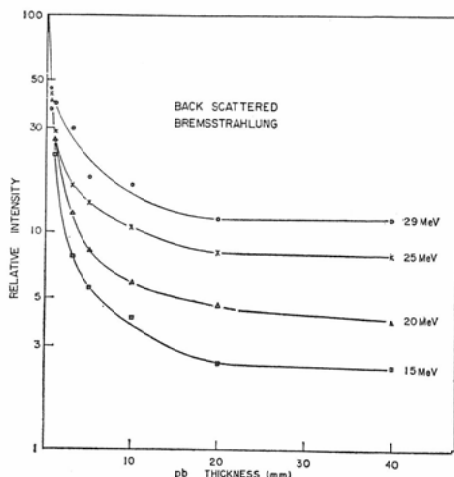


Fig. 3. pb attenuation curve of bremsstrahlung produced in water phantom during the stopping of electrons

少する。 90° 以上の大きい角度では強度はほとんど同じになっている。電子線のエネルギーによって制動放射線の角度分布は大ざっぱには20~29 MeVでは大差ないが、15 MeVについては差が出ている。これはエネルギーが低くなるとベータトロン電子線の出力が小さくなるので照射電子線の他に加速管の軌道よりはずれた電子が散乱されて測定に入ってきていると思われる。

ベータトロンより生じたX線を水ファントムに照射したときにファントムからの散乱X線の角度分布を測定した結果は同じく第2図に示される。これによると散乱X線の角度分布はこのエネルギー範囲ではあまり照射X線のエネルギーによらない。第2図の点線は単一のエネルギーのphotonが1コの電子によつて単位立体角当りに散乱される数の散乱断面積²⁾に $h\nu'/h\nu = 1/(1+\alpha(1-\cos\phi))$ をかけたエネルギー散乱微分断面積を 0° 方向について normalize したものである。実験値と比較すると大体15~20 MeVの単一のエネルギーのphotonの強度散乱角度分布に似ている。又、200 kVpの低エネルギーX線の散乱角度分布の測定と比べるとほとんど側方、後方の強度は1/1000程度に少なくなっている。

制動放射線と散乱X線の角度分布を比較すると、前方方向に対して制動放射線の角度分布は散

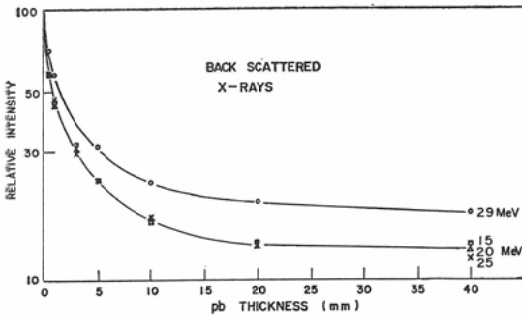


Fig. 4. pb attenuation curve of scattered X-ray (120° direction)

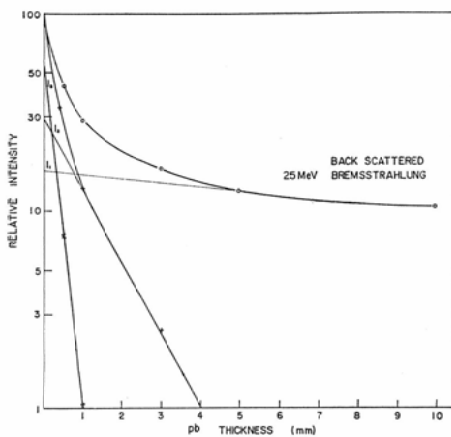


Fig. 5. pb attenuation curve of scattered X-rays
乱X線の分布より 100倍程側方, 後方に拡がっている。

2) 後方散乱

水フアントムからの制動輻射線, 散乱X線を照射方向 (0°) に対して 120° 方向に測定器をおいて鉛による減弱を測定した結果は第3, 4図のようになった。第4図のX線照射の場合には照射X線エネルギーによって散乱線の鉛による減弱の様子はあまり変らないが第3図の電子線照射による制動輻射線の鉛による減弱の様子は電子線エネルギーでちがっている。第3, 4図の両方とも減弱曲線の様子から大体鉛板15~20mmの吸収でバックグラウンドとなる。このバックグラウンドは測定器の周りの鉛ブロックを通過して来るものであるが, このバックグラウンドの強度から後方でも水フアントムより生じる制動輻射線の強度が電子線のエネルギーに対して大体指数関係的な関係にあることがわかる。

この減弱曲線から線質を求めるには, 低エネルギーのX線については Greening³⁾ 等の方法があるが, 高エネルギーのこの場合についても第5図 (この図ではバックグラウンドも入っている) のような方法を使つて3つの成分

$$Ie^{-\mu x} = I_1 e^{-\mu_1 x} + I_2 e^{-\mu_2 x} + I_3 e^{-\mu_3 x} + B.G.$$

を求めてみた。その結果は次の表のようになった。

この場合, 鉛の吸収係数が最も小さいところは 3MeV あたりであるので, μ_1 には 3MeV 以上のエネルギーの photon も全部ふくまれている。

電子線照射の場合に I_3 の成分がエネルギーが低

energy of irradiated electron beam	back-ground	$\mu_1 = 0.47\text{cm}^{-1}$ Eff $> 3\text{ MeV}$ I_1	$\mu_2 = 7.0\text{cm}^{-1}$ Eff = 230 KeV I_2	$\mu_3 = 70\text{cm}^{-1}$ Eff = 90 KeV I_3
15 MeV	2.5	3.9	21	74
20 MeV	4.5	5.0	34.5	56
25 MeV	8.0	8.0	29.5	54.5
29 MeV	11.5	14.5	30	44

energy of irradiated X-ray	back-ground	$\mu_1 = 0.47\text{cm}^{-1}$ Eff $> 3\text{ MeV}$ I_1	$\mu_2 = 5.5\text{cm}^{-1}$ Eff = 260 KeV I_2	$\mu_3 = 34.5\text{cm}^{-1}$ Eff = 120 KeV I_3
15, 20, 25 MeV	13.5	13.7	34	37.8
29 MeV	20	16.6	54	18.8

くて割合が大きいのは電子線の直接の散乱線が一部測定にかゝっていると思われる。以上のことから電子線照射もX線照射の場合でも、後方散乱線は前方、側方よりも⁴⁾ かなりな部分の低エネルギーのものが含まれて、高エネルギーの部分は少ないということが云える。

V. 結 語

(1) 電子線が照射された水フアントムの周りの制動輻射線の角度分布はX線照射の散乱線角度分布より拡がっていて前方方向に比べて側方、後方の分布が大きい。

(2) 後方散乱線の線質は鉛による減弱の様子から高エネルギーの部分が少ないが(20%以下)、正確にはベア・スペクトロメーター或いは大きいシンチレーターを使つたスペクトロメーターで測定することが必要である。

参考文献

- 1) W.W. Buechner, et al., Phys. Rev., 74, 1348 (1948).
- 2) NBS CIRCULAR 542 (1953).
- 3) J.R. Greening, Brif. J. Radiol., 36, 363(1963).
- 4) 野田, 日本医放会誌, 24, 387 (1964).