The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

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線を水フアントムに照射したとき，そのフア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．Buechner[1] 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ア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．こゝでは水フア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線が照射されたフア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つた．

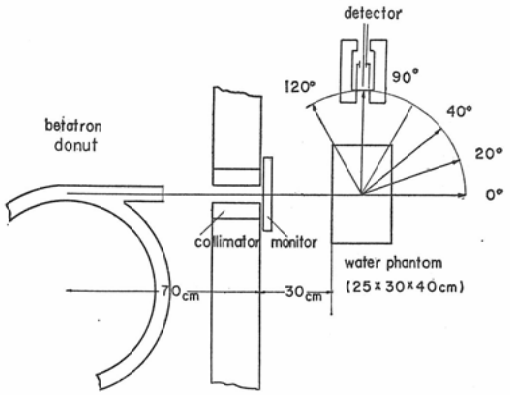

Fig. 1. Experimental arrangement

フアントムは25×30×40cmの容積のアクリル樹脂製の水槽である．水フア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．角度分布は水フアン

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250cm³のアクリル樹脂壁の円筒形空気電離箱で集電極は3mmφ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輻射線，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つた．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4.6cmφのアクリル樹脂と7×7cm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アントムに電子線を照射した時に生じる制動輻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，大体角度の増加に従がつて強度は指数関数的に減

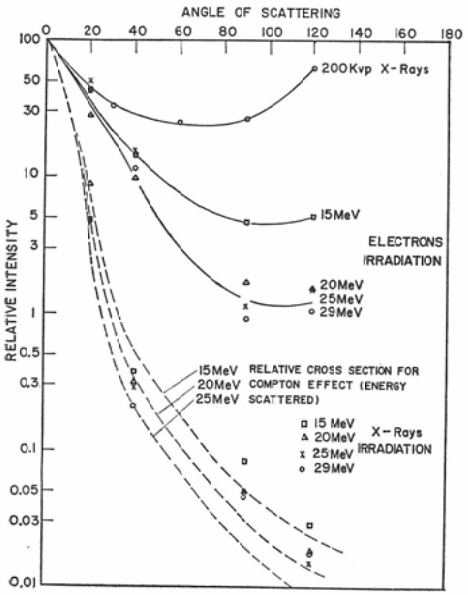

Fig. 2. Angular distributio ꝏ

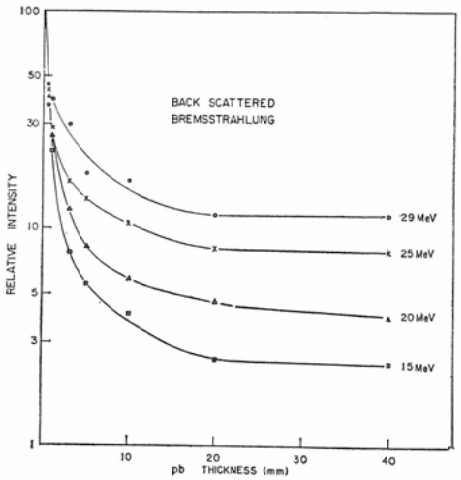

Fig. 3. pb attenuation curve of bremsstrahlung produced in water phantom during the stopping of electrons

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つている．電子線のエネルギーによつて制動輻射線の角度分布は大ざつぱには20～29MeVでは大差ないが，15MeV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の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つて来ていると思われる．

ベータトロンより生じたX線を水フアントムに照射したときにフアントムからの散乱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 $h\nu'/h\nu=1/1+\alpha\ (1-\cos\varphi)$ 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15～20MeVの單一のエネルギーのphotonの強度散乱角度分布に似ている．又，200kVp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程度に少なくなつている．

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

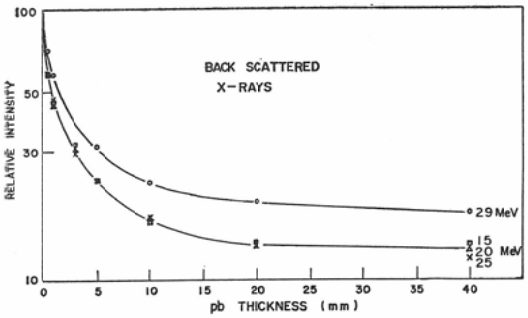

Fig. 4. pb attenuation curve of scattered X-ray (120° direction)

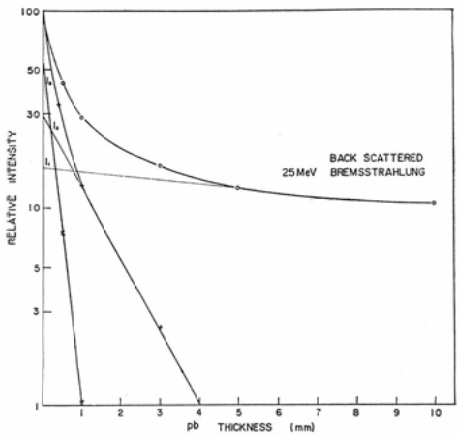

Fig. 5. pb attnuation curve of scattered X-rays

乱X線の分布より 100倍程側方，後方に拡がつている．

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図のようになつた．第4図のX線照射の場合には照射X線エネルギーによつ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つている．第3，4図の両方とも減弱曲線の様子から大体鉛板15～20mmの吸収でバツクグラウンドとなる．このバツクグラウンドは測定器の周りの鉛ブロツクを通過して来るものであるが，このバツ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 Greening[3] 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（この図ではバツクグラウンドも入つている）のような方法を使つて3つの成分

$$Ie^{-\mu x}=I_1e^{-\mu_1 x}+I_2e^{-\mu_2 x}+I_3e^{-\mu_3 x}+B.G.$$

を求めてみた．その結果は次の表のようになつた．

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 の成分がエルギーが低

energy of irradiated electron beam	back-ground	μ_1 =0.47cm^{-1} Eeff > 3 MeV I_1	μ_2 = 7.0cm^{-1} Eeff = 230 KeV I_2	μ_3 =70cm^{-1} Eeff =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	μ_1 =0.47cm^{-1} Eeff > 3 MeV I_1	μ_2 = 5.5cm^{-1} Eeff= 260 KeV I_2	μ_3 =34.5cm^{-1} Eeff= 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つていると思われる．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つ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），正確にはペア・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).