

Title	放射線の熱量的測定に関する研究(4)6MvX線のエネルギー束
Author(s)	佐方, 周防; 平岡, 武; 松沢, 秀夫
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1964, 24(9), p. 1105-1108
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17256
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

放射線の熱量的測定に関する研究 (4)

(6 Mev X 線のエネルギー束)

放射線医学総合研究所物理部

佐方 周防 平岡 武松 沢秀夫

(昭和39年10月28日受付)

Calorimetric measurements of ionizing radiation (4)
(Energy flux in 6 Mev x-ray beam)

By

S. Sakata, T. Hiraoka and H. Matsuzawa
Physics Division, National Institute of Radiological
Sciences, Chiba, Japan

The x-ray output from a 6 Mev linear accelerator is measured in intensity units (ergs/cm²-r) using a calorimeter. The calorimeter consists of a 5 cm×8 cm lead cylinder for use as the x-ray energy absorber, thermistors embedded in the cylinder for temperature detection and the Wheatstone bridge including those thermistors. An unbalance of the bridge caused by the x-ray input is amplified and recorded momentarily.

Besides, the x-ray output is measured in roentgen/min with a commercial r-meter. Combining the both results, the energy flux per roentgen in the 6 Mev x-ray beam is experimentally evaluated to be 3280 ± 128 ergs/cm²-r.

The energy flux per roentgen is theoretically estimated at 3342 ergs/cm²-r by an approximate calculation assuming that the 6 Mev x-ray beam is equivalent to a monoenergetic one of 1.4 Mev since the effective energy of 6 Mev x-rays can be determined to be 1.4 Mev by the HVL measurements.

The good agreement between experimental and calculated results indicates that even in Mev range the quality of white x-rays can be defined satisfactorily by the effective energy of the x-rays.

I. 緒言

熱量計によつて放射線を測定する方法 (Calorimetry) は、放射線の吸収に伴う被照射体の温度変化を直接測定する方法であり、エネルギーの絶対測定法として優れているので、我々はこれに関する研究を始めた。研究の目的および実験計画については既に第1報に述べた¹⁾。先づ放射線のエ

ネルギー束 (一般に out put と呼ばれる) の測定を試み、100~300 kv-X 線¹⁾、¹³⁷Cs-γ 線²⁾、⁶⁰Co-γ 線³⁾ などについては既に報告した。今回は 6 Mev-X 線について実験を行つたので、こゝに報告する。

II. 6 Mev-X 線

実験に供した X 線は 6 Mev 線型電子加速器

(Vickers 社製)から放射されるX線である。これは、6 Mev に加速された電子線が厚さ1.52mmのタングステン target に衝突した時発生する阻止X線で、連続スペクトル光子群から成っている。target 面における焦点の大きさは直径2mmの円である。X線錐中には、中央部の厚い真鍮製の flattening filter (中央部の厚さ：8mm) が設置され、線錐に垂直な平面内でのX線強度分布を均等にするのに役立つ。このX線の半価層は、鉛11.5mmと測定された。したがって、鉛に対する線吸収係数は 0.6026cm^{-1} となり、X線の実効エネルギーは約 1.4 Mev と評価される⁴⁾。焦点から 100cm の距離におけるX線出力の定格は 200 r/min であるが、以下の実験はその半分以下の出力で行った。

III. X線エネルギー束の測定

X線束を吸収体に全吸収させ、その温度上昇を測定してX線のエネルギー束 (fluence) を求めた。吸収体は5cmφ×8cmの鉛円柱である。実験方法および測定の原理は既報^{2,3)}の通りであるが、温度変化検出部の Bridge 回路を構成する要素として今回は総てサーミスターを用いたので、前報³⁾の熱量計に比し約2倍の感度が得られた。

Fig.1 は鉛吸収体中に内蔵されているヒーター

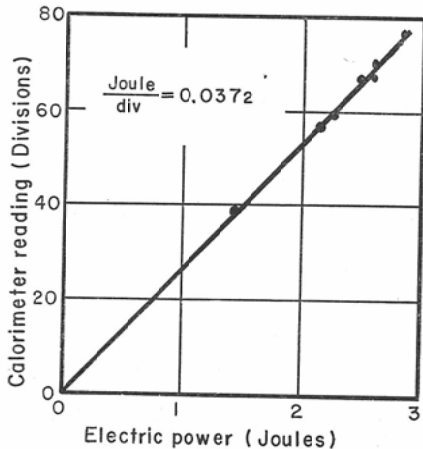


Fig. 1. Calibration of calorimeter. The corrected reading of the calorimeter is proportional to the energy dissipated in Pb-absorber during electric current input.

($2.18\text{k}\Omega$) に既知電流を流して熱量計を較正した結果であり、 3.72×10^5 ergs のエネルギー吸収が記録計のふれ1目盛に対応することを示す。

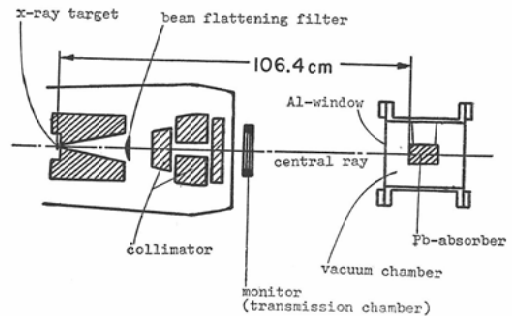


Fig. 2. Schematic diagram of the experimental setup.

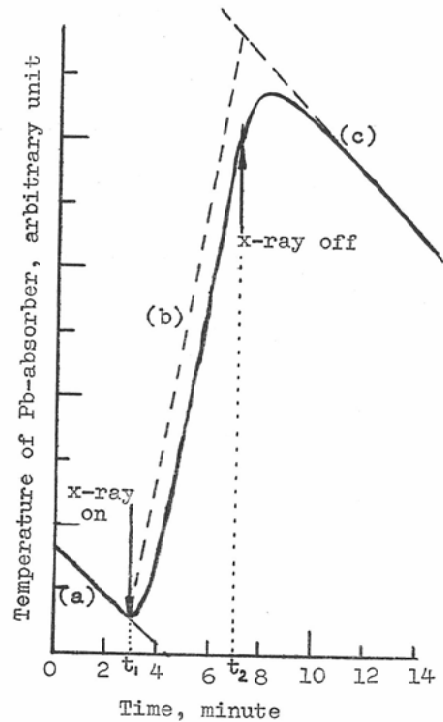


Fig. 3. Typical experimental run of calorimeter during x-irradiation. Radiation energy is introduced into the lead-absorber at a constant rate during the time interval t_2-t_1 . The dashed line, (b), indicates the theoretical run that would be obtained were there no thermal barriers within the absorber. (a): drift before energy input. (c): drift after energy input.

また吸収体の底面は直径5 cmの円であるから、この単位面積当りに 1.90×10^4 ergs ($= 3.72 \times 10^5 \div \pi \cdot 2.5^2$) のX線エネルギー束が入射すれば記録計が1目盛ふれることがわかる。これを較正係数とする。

次にX線を鉛円柱に吸収される実験を行った。Fig. 2 に実験装置の配列の概要を示す。X線は鉛円柱の底面に垂直に入射させた。X線焦点・鉛円柱間距離は106.4cm, 同位置における照射野は 6.4×6.4 cmである。X線の吸収に伴う鉛円柱の温度変化はブリッジ回路, 直流増巾器を経てX-Y自記記録計に自動的に記録された (Fig. 3)。Fig. 3 において, 吸収体中での熱移動の時間的遅れを補正すると破線 (b) が得られる。また吸収体からの熱損失の補正は同図の curve (a), (b) の傾斜によつて決められる。この手順は熱量計の較正時においても同じである。この様にして得られたふれの真の値 (記録計目盛) に, 前述の較正係数を乗じてX線のエネルギー束を求めた。他方, 熱量計の代りに Radocon 線量計 (Probe no.606) を同じ位置に置き照射線量 (レントゲン単位) の積算値を測定した。たゞし, これら2種類の実験において照射条件を同一に保つため, アルミニウムの平行平板から成る transmission ionization chamber⁵⁾ をモニターとして用いた (Fig. 2 参照)。

IV. 結果および考按

以上の測定から単位レントゲン当りのX線エネルギー束として 3100 ergs/cm²-r を得た。然し真のエネルギー束を求めるには更に次の補正が必要である。即ち1)真空恒温槽 (この中に吸収体を吊す) の入射窓 (Al, 1 mm) によるX線の減弱; + 1.5%, 2) 吸収体を透過するX線; + 0.7% (以上は電離箱による測定で得た補正率である), 3) 吸収体の入射面における back scatter; + 0.1%^{5,6)} および4) 吸収体の側面からの損失; + 3.6%⁷⁾ である。補正された真のエネルギー束 E_f は6 Mv-X線に対し 3280 ± 128 ergs/cm²-r となつた。実験誤差は $\pm 3.9\%$ であるが, これは熱量計の較正で $\pm 0.7\%$, X線の熱量測定で $\pm 1.4\%$ および照射線量の測定で $\pm 1.8\%$ の誤差の合計で

ある。

エネルギー束 E_f は理論的には次の様に計算されるであろう。単一エネルギーX線に対する空気の質量エネルギー吸収係数を $(m\mu_{en})_{air}$ とすれば, E_f は次式で与えられる

$$E_f = D_{air} / (m\mu_{en})_{air} \quad (1)$$

たゞし, D_{air} は単位レントゲン当り空気1 g中に吸収されるエネルギーで, 86.9 ergs/g-r⁸⁾ である。 $(m\mu_{en})_{air}$ はX線光子エネルギーの函数である

連続スペクトルから成るX線では, E なるエネルギーを有する光子による寄与の割合を $f(E)$ とすれば連続X線のエネルギー束 E_f は次式で与えられるべきである。

$$E_f = \int_0^{E_{max}} f(E) \cdot E_f(E) dE \quad (2)$$

たゞし, $E_f(E)$ は (1) 式の E_f に相当するが, エネルギー E の函数であることを明示するために (2) 式では $E_f(E)$ と記している。(2) 式は理論的には正確でも, 実際にはX線スペクトルの知見を必要とするのみならず計算が極めて複雑であるから実用的でない。

実際の近似法として連続スペクトルの代りにX線束の実効エネルギー (平均の光子エネルギー) で置換えてみた。既にII節で述べた通り6 Mv-X線の実効エネルギーは1.4 Mev であるから, このX線は1.4 Mev の単色X線と見做されるであろう。光子エネルギー1.4 Mev に対する $(m\mu_{en})_{air}$ は 0.0260 cm²/g⁹⁾ である。従つて6 Mv-X線に対する E_f の近似値は (1) 式により 3342 ergs/cm²-r と評価された。この近似値は実験値の平均 3280 ergs/cm²-r に比して約2%大きい。実験誤差の範囲内では両者が一致すると云えよう。これは, 6 Mv-X線の線質を規定する時連続X線スペクトルの代りに実効エネルギーを用いても, 実際上は充分有用であることを示すものと考えられる。

V. 結論

6 Mv-X線のエネルギー束を熱量計法によつて測定し, 単位レントゲン当りのエネルギー束 (fluence per roentgen) は 3280 ± 128 ergs/cm²-r

であることを知った。またこの実験値は、6 Mv-X線の実効エネルギーを鉛半価層から 1.4 Mev と推定して計算した近似値 $3342 \text{ ergs/cm}^2\text{-r}$ に一致する。この一致は、Mv 域においても連続X線の線質が実効エネルギーによつて満足に規定され得ることを示すものである。

文 献

- 1) 稲田他：放射線の熱量的測定に関する研究(1), 日本医放会誌, 21, 27, 1961.
- 2) 高久他：同上(2), 日本医放会誌, 21, 281, 1961.
- 3) 高久他：同上(3), 日本医放会誌, 22, 316, 1962.
- 4) G.W. Grodstein: X-ray attenuation coefficients from 10 kev to 100 Mev. U.S.A. Natl. Bur. Standards Circular, 583, 1957.
- 5) J.S. Laughlin et al.: Calorimetric evaluation of the roentgen for 400 kv and 22.5 Mev roentgen rays. Am. J. Roentgenol. 70, 294, 1953.
- 6) E. Hayward and J. Hubbel: The albedo of various materials for 1 Mev photons. Phys. Rev. 93, 955, 1954.
- 7) J.S. Laughlin and J.W. Beattie: Calorimetric determination of the energy flux of 22.5 Mev x-rays. Rev. Sci. Instr. 22, 522, 572, 1951.
- 8) ICRU Report 10e, 1962. NBS Handbook 88, 10, 1963.
- 9) ICRU Report, 1959. NBS Handbook 78, 30, 1961.