



Title	放射線の熱量的測定に関する研究 その3 ^{60}Co γ 線のエネルギー束について
Author(s)	高久, 祐治; 川島, 勝弘; 稲田, 哲雄 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1962, 22(4), p. 316-319
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19984
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

放射線の熱量的測定に関する研究 (その3)

 ^{60}Co γ 線のエネルギー束について

放射線医学総合研究所物理研究部

高 久 祐 治 川 島 勝 弘 稲 田 哲 雄
星 野 一 雄 佐 方 周 防 松 沢 秀 夫

(昭和37年6月9日受付)

Calorimetric measurements of ionizing radiation (3)
(On the energy flux in Cobalt-60 gamma-ray beams)

By

Y. Takaku, K. Kawashima, T. Inada, K. Hoshino,
S. Sakata and H. Matsuzawa

Physics Division, National Institute of Radiological Sciences

The gamma-ray out put from Cobalt-60 teletherapy unit was measured by calorimetric method. The experimental value of its energy flux or intensity per roentgen, E_f , was estimated at 3340 ± 160 ergs/cm²-r. On the other hand, the calculated value of E_f was 3250 ergs/cm²-r for average energy of 1.21 MeV, which seems to be less by 3% than that obtained by experiment. As to the attenuation of Cobalt-60 gamma-ray through copper or MIX. P. (tissue equivalent material), energy flux density in the beam was measured by calorimeter and exposure dose rate was measured by ionization chamber. And, it was found that the percent transmission agreed for both methods.

1. 緒言

我々が放射線の熱量的測定に関する研究を始めた目的および実験計画については既に第1報に述べた通りである¹⁾。そのうち、先ずX・ γ 線の出力 (out put, beam power) の測定を試み、100~300kVp 連続X線については第1報¹⁾に、また ^{137}Cs γ 線については第2報²⁾に報告した。つづいて ^{60}Co γ 線について実験を行つたので、こゝに報告する。前報と異なる主な点は、水槽や油槽を用いない portable calorimeter を試作し、熱量測定法の簡易化を企てたことである。

2. 熱量計 (calorimeter)

ステンレススチール製の中空円筒 (Fig. 1) 2個をルサイト製の箱の中に並べて置き、囲りをポリスチロール保温材で包む。次に円筒内の空気を

Fig. 1. Construction of vacuum vessel and lead absorber.

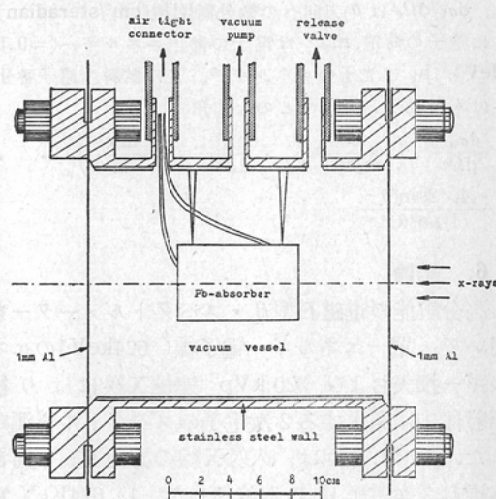
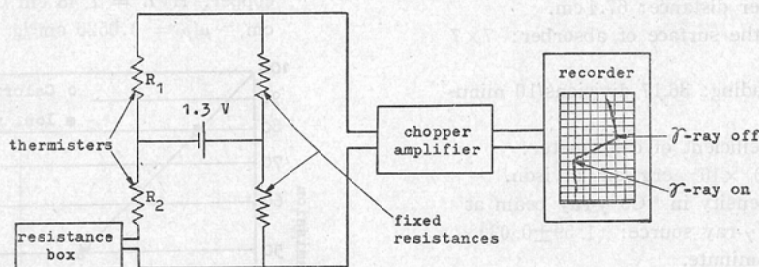


Fig. 2. Diagram of bridge circuit used for temperature detection.



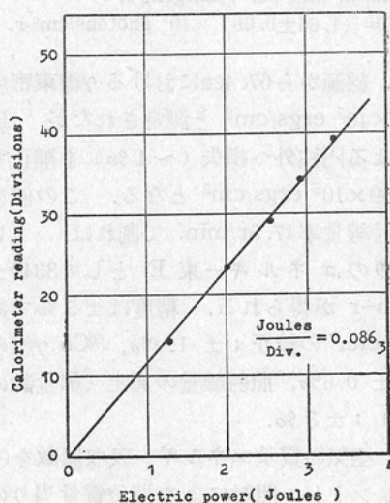
真空ポンプで排気して真空恒温槽とする。槽内の中央には、それぞれ1個宛の鉛円柱(5cm ϕ ×8cm)がナイロン糸で吊されている。1個は γ 線を吸収させる鉛円柱で、前面から2cmの深さに2.18k Ω の較正用電気抵抗(以下ヒーターと呼ぶ)を、また背面から2cmの深さに1個のサーミスター(Fig. 2のR₁)を埋込んだ。他の1個は γ 線を照射しない対照円柱で、サーミスター(Fig. 2のR₂)のみ埋込んだ。サーミスターはビード型で、2400 Ω (0 $^{\circ}$ C)~82.5 Ω (100 $^{\circ}$ C)の電気抵抗を有する。

γ 線照射またはヒーター通電時の温度変化は、Fig. 2のブリッジ回路によって測定した。照射前(または通電前)の回路の平衡は、同図の抵抗箱(resistance box)によって予め調整しておくことができる。

さて、回路の平衡を調整した後ヒーターに通電(1~1.6mA)すれば、平衡が破れて記録計の指針がふれる。ふれの大きさはヒーター内で消費される全電気エネルギーに比例するから(Fig. 3), ふれ1目盛に対応するエネルギーをこの直線の傾斜から求めることができる(8.63 $\times 10^5$ ergs/division)。したがって γ 線照射の場合、鉛円柱の底面が5cm ϕ であるから、その単位面積当りに4.36 $\times 10^4$ ergsのエネルギー束が入射すれば記録計は真に1目盛ふれるであろう。これを較正係数とする(Table 1の4, 実験精度は $\pm 1.4\%$)。

このcalorimeterの感度は、4個のサーミスターを用いる場合(第2報)²⁾の約 $\frac{1}{2}$ に低下するが、1個の場合(第1報)¹⁾に比して約30倍である。それゆえ、吸収円柱の位置における照射線

Fig. 3. Calibration of calorimeter. Reading of recorder changes in proportion to the electric power dissipated in the heater imbedded in Pb-absorber.



量率が1MeV程度の γ 線では毎分20レントゲン以上、また300keV以下のX線*)では毎分数レントゲン以上ならば、このcalorimeterは実際上有用と思われる。更にこのcalorimeterの温度driftは3.8 $\times 10^{-4}$ $^{\circ}$ C/min.程度で測定上の障害にはならぬから、簡易と云う点でも実用的であろう。*) この場合、鉛円柱の厚さが5mm程度あれば、X線束を99%以上吸収する。

3. ^{60}Co γ 線の測定

使用した ^{60}Co 照射器は、島津製RT-2000型 ^{60}Co 遠隔治療装置で、線源は2cm ϕ ×1mm×13枚である。濾過板は0.5mmCdである。

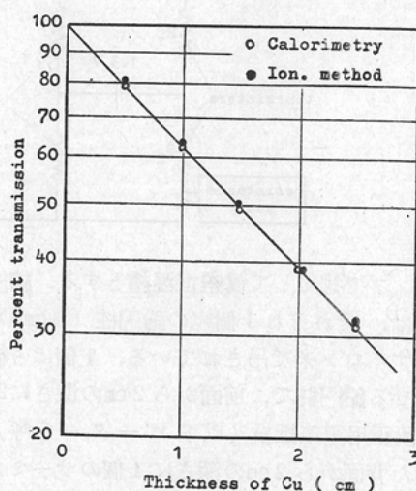
^{60}Co γ 線束に関する測定データをTable 1

Table 1. Experimental data.

1. Source-absorber distance: 67.4 cm.
2. Field size at the surface of absorber: 7×7 cm².
3. Recorder's reading: 36.17 divisions/10 minutes.
4. Calibration coefficient of calorimeter:
(4.36 ± 0.07) $\times 10^4$ ergs/cm²-division.
5. Energy flux density in ⁶⁰Co γ -ray beam at 67.4 cm from γ -ray source: (1.59 ± 0.03) $\times 10^5$ ergs/cm²-minute.
6. Exposure dose rate at 67.4 cm from γ -ray source (Radocon No. 606 dosimeter):
 47.5 ± 1.4 r/minute.
7. Energy flux per roentgen, E_f : $E_f = 3340 \pm 160$ ergs/cm²-r.
8. Photon flux per roentgen, ϕ :
 $\phi = (1.66 \pm 0.08) \times 10^9$ photons/cm²-r.

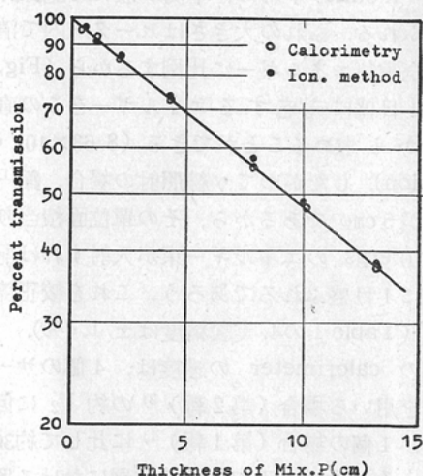
に示す。線源から67.4cmにおける γ 線束密度は毎分 1.57×10^5 ergs/cm²と測定されたが、透過・散乱による円柱外へ損失($\sim 1\%$)を補正すれば毎分 1.59×10^5 ergs/cm²となる。この値を同位置の照射線量率47.5r/min.で割れば、1レントゲン当りのエネルギー束 E_f として 3340 ± 160 ergs/cm²-rが得られる。精度は $\pm 5\%$ である—calorimeterの較正: $\pm 1.4\%$, ⁶⁰Co γ 線の熱量測定: $\pm 0.6\%$, 照射線量の測定(線量計の較正を含む): $\pm 3\%$ 。

他方、空気質量エネルギー吸収係数を $(\mu_{en})_{air}$, 1レントゲン照射による単位質量当りの吸収エネルギーを D_{air} とすれば、 $E_f = D_{air}/(\mu_{en})_{air}$ から E_f を計算することができる。たゞし $E_{air} = J_m W_{air}$ (J_m : 空気1g中に生ずるイオン対の数, W_{air} : 空気中に1イオン対を生ずるに必要なエネルギー)であり、 $W_{air} = 34$ eV³⁾とすれば $D_{air} = 87.7$ ergs/g-rである。さて、⁶⁰Co γ 線の平均エネルギーは理論上1.25MeVであるから、 $(\mu_{en})_{air} = 0.0268$ cm²/g³⁾, $E_f = 3272$ ergs/cm²-rが得られる。しかし実際には、線源内の自己吸収や散乱によつて γ 線束の平均エネルギーは低下するであろう。そこで、銅板による γ 線の減弱の実験(Fig. 4)を行つて全吸収係数 $\mu/\rho = 0.0526$ cm²/gを求め、Grodsteinの表⁴⁾により γ 線束の平均エネルギーを1.21MeVと判定した。した

Fig. 4. Attenuation of ⁶⁰Co gamma-rays through copper. HVL = 1.48 cm Cu, $\mu = 0.468$ cm, $^{-1}\mu/\rho = 0.0526$ cm²/g.

つて、 $(\mu_{en})_{air} = 0.0270$ cm²/g³⁾, $E_f = 3250$ ergs/cm²-rとなつた。

さて、この計算値とさきの実験値を比較すると、実験誤差の範囲内では両者がほぼ一致するように見えるが、平均の実験値は計算値よりもやや大きい($\sim 3\%$)傾向にある。これらは Laughlin⁵⁾の実験値(3370 ± 130 ergs/cm²-r)においてもみられる。それゆえ、 E_f の計算($E_f = J_m W_{air}/(\mu_{en})_{air}$)に必要なパラメーター(μ_{en} , W)の

Fig. 5. Attenuation of ⁶⁰Co gamma-rays through Mix. P.

数値が不適当なのではないかとの疑問がおこるが、この実験値の精度で論ずるのは妥当でないように思われるので、別に検討する予定である。

次に、筋肉等価物質 Mix. P⁶による⁶⁰Co γ 線束の減弱を、電離法と熱量測定法によって測定した。Fig. 5 にみられるように、相対値としての減弱率は両者でよく一致し、連続X線におけるような厚さによる E_f の変化は見られなかった。

4. 結論

⁶⁰Co γ 遠隔治療装置からの γ 線出力を熱量測定法によって求めた。試作した熱量計は、構造が簡単でしかも温度 drift が $3.8 \times 10^{-4} \text{C/min}$. 程度なので、実際上有用と思われる。

⁶⁰Co γ 線の単位レントゲン当りのエネルギー束 E_f は $3340 \pm 160 \text{ ergs/cm}^2\text{-r}$ であった。これは、 γ 線の平均エネルギーを 1.21 MeV として計算

した値よりも約3%大きい傾向にある。

また、銅および Mix. P. 透過による ⁶⁰Co γ 線のエネルギー束密度の減弱（熱量法）と照射線量の減弱（電離法）を測定し、相対的減弱率が両者で一致することを確認した。

文 献

- 1) 稲田他：放射線の熱量的測定に関する研究（その1），日本医放会誌，21（1961）197. —2）高久他：放射線の熱量的測定に関する研究（その2），日本医放会誌，21（1961），801. —3）Report of the International Commission on Radiological Units and Measurements (ICRU) 1959. NBS Handbook 78 (1961). —4）G.W. Grodstein: X-ray attenuation coefficients from 100 keV to 100 MeV. NBS Circular 583 (1957). —5）J.S. Laughlin: Radiation Dosimetry (Academic Press Inc. New York, 1956), 444p. —6）川島他：組織等価物質の試作。日本医放会誌，20（1961）2460.