The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	放射線の熱量的測定に関する研究 その3 60Co 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, Ef, was estimated at 3340±160 ergs/cm^2-r. On the other hand, the calculated value of Ef was 3250 ergs/cm^2-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．つゞいて ^{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. Constraction of vacuum vessel and lead absorber.

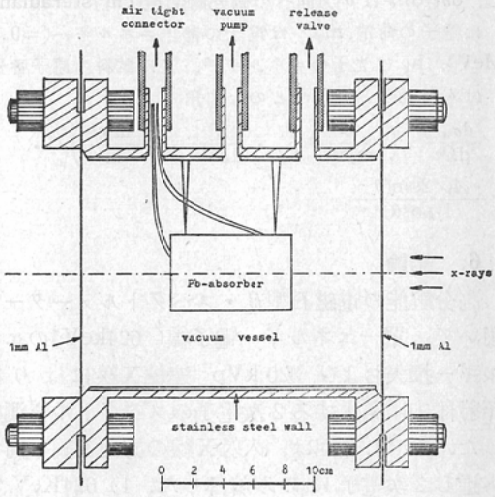
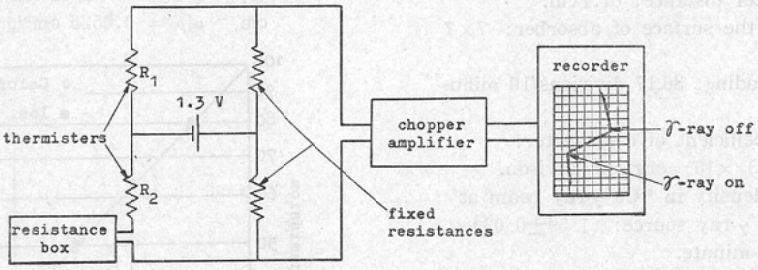


Fig. 2. Diagram of bridge circuit used for temperature detection.



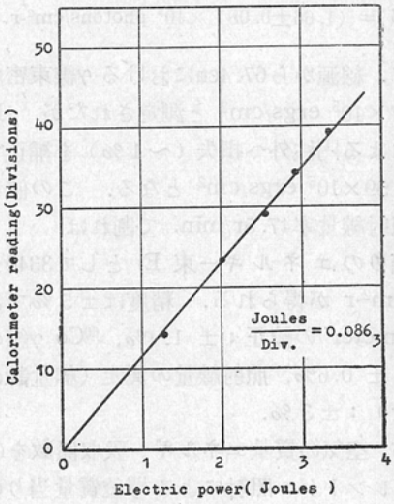
眞空ポンプで排気して眞空恒温槽とする．槽内の中央には，それぞれ1個宛の鉛円柱（5 cmφ×8 cm）がナイロン糸で吊されている．1個はγ線を吸収させる鉛円柱で，前面から2 cmの深さに2.18 kΩ の較正用電気抵抗（以下ヒーターと呼ぶ）を，また背面から2cmの深さに1個のサーミスター（Fig. 2 の R_1）を埋込んだ．他の1個はγ線を照射しない対照円柱で，サーミスター（Fig. 2 の R_2）のみ埋込んだ．サーミスターはビード型で，2400Ω（0°C）～82.5Ω（100°C）の電気抵抗を有する．

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つて測定した．照射前（または通電前）の回路の平衡は，同図の抵抗箱（resistance box）によつ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（8.63×10^5 ergs/division）．したがつてγ線照射の場合，鉛円柱の底面が5 cmφ であるから，その單位面積当りに4.36×10^4ergs のエネルギー束が入射すれば記録計は眞に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± 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 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1 MeV 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 3.8×10^{-4}°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5 mm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2 cmφ×1 mm×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

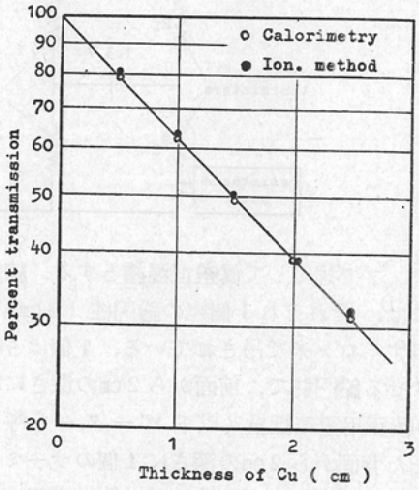
Table 1. Experimental data.

1. Source-absorber distance: 67.4 cm.
2. Field size at the surface of absorber: 7×7 cm^2.
3. Recorder's reading: 36.17 divisions/10 minutes.
4. Calibration coefficient of calorimeter: $(4.36 \pm 0.07) \times 10^4$ ergs/cm^2-divison.
5. Energy flux density in ^{60}Co γ-ray beam at 67.4 cm from γ-ray source: $(1.59 \pm 0.03) \times 10^5$ ergs/cm^2-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/cm^2-r.
8. Photon flux per roentgen, ϕ, : $\phi = (1.66 \pm 0.08) \times 10^9$ photons/cm^2-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/cm^2 と測定されたが，透過・散乱による円柱外へ損失（～1％）を補正すれば毎分1.59×10^5 ergs/cm^2 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/cm^2-r が得られる．精度は±5％である—calorimeter の較正：± 1.4%，^{60}Co γ線の熱量測定：± 0.6%，照射線量の測定（線量計の較正を含む）：±3％.

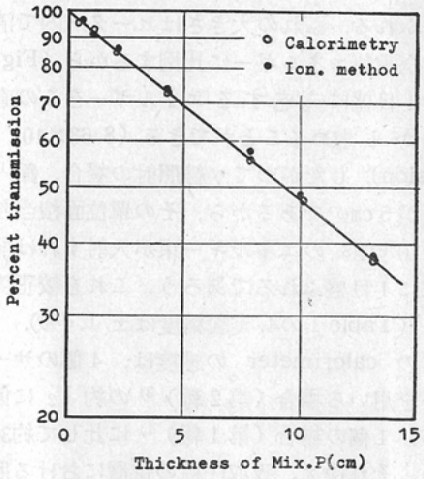
他方，空気の質量エネルギー吸収係数を$(_m\mu_{en})_{air}$，1レントゲン照射による單位質量当りの吸収エネルギーを D_{air} とすれば，$E_f = D_{air}/(_m\mu_{en})_{air}$ から E_f を計算することができる．たゞし $E_{air} = J_m W_{air}$（J_m：空気1g中に生ずるイオン対の数，W_{air}：空気中に1イオン対を生ずるに必要なエネルギー）であり，$W_{air} = 34$ eV[3] とすれば $D_{air} = 87.7$ergs/g-r である．さて，^{60}Co γ 線の平均エネルギーは理論上1.25MeV であるから，$(_m\mu_{en})_{air} = 0.0268 cm^2/g$[3]，$E_f = 3272$ergs/$cm^2$-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 $\mu/\rho = 0.0526$ cm^2/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．したつて，$(_m\mu_{en})_{air} = 0.0270 cm^2/g$[3]，$E_f = 3250$ergs/$cm^2$-r となつた．

Fig. 4. Attenuation of ^{60}Co gamma-rays through copper. HVL = 1.48 cm Cu, $\mu = 0.468$ cm, $^{-1}\mu/\rho = 0.0526$ cm^2/g.



さて，この計算値とさきの実験値を比較するに，実験誤差の範囲内では両者がほゞ一致するようにみえるが，平均の実験値は計算値よりもやゝ大きい（～3％）傾向にある．これらは Laughlin[5] の実験値（3370 ± 130ergs/cm^2-r）においてもみられる．それゆえ，E_f の計算（$E_f = J_m W_{air}/(_m\mu_{en})_{air}$）に必要なパラメーター（$_m\mu_{en}$, W）の

Fig. 5. Attenuation of ^{60}Co 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. P[6]. による^{60}Co γ線束の減弱を，電離法と熱量測定法によつて測定した．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つた．

4. 結論

^{60}Co γ 遠隔治療装置からの γ 線出力を熱量測定法によつて求めた．試作した熱量計は，構造が簡單でしかも温度 drift が 3.8×10^{-4}°C/min. 程度なので，実際上有用と思われる．

^{60}Co γ 線の單位レントゲン当りのエネルギー束 E_f は3340± 160ergs/cm^2-r であつた．これは，γ線の平均エネルギーを1.21MeV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 ^{60}Coγ 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.