

Title	高エネルギー電子線に対するJAPM電離箱線量計のラド変換係数
Author(s)	星野, 一雄; 稲田, 哲雄; 川島, 勝弘 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1974, 34(12), p. 898-902
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16300
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

高エネルギー電子線に対する JAPM 電離箱線量計のラド変換係数

放射線医学総合研究所物理研究部

星野 一雄 稲田 哲雄 川島 勝弘
平岡 武 松沢 秀夫

(昭和49年7月12日受付)

(昭和49年9月12日 最終原稿受付)

Absorbed Dose Conversion Factor for JAPM Dosimeter Exposed to High Energy Electrons in Water

Kazuo Hoshino, Tetsuo Inada, Katsuhiko Kawashima,
Takeshi Hiraoka and Hideo Matsuzawa
National Institute of Radiological Sciences, Chiba, Japan

Research Code No.: 203

Key Words: Rad/R conversion factor, JAPM dosimeter, High energy electrons

Absorbed dose conversion factors, C_E , for JAPM dosimeter were experimentally determined at depths of 1.5 cm, 2 cm and 4 cm in water for electron beams generated by a betatron with initial energies between about 15 MeV and 30 MeV. For the determination of the absorbed dose in water, Fricke dosimeter was used on the assumption of a constant G-value of 15.7 ferric ions per 100 eV over electron energies of interest. The deviation between experimental results for C_E and the values recommended by ICRU did not exceed 3%. Although it appears that the deviation may be more significant with increasing the initial electron energy, a detailed discussion will be described in future. Further, it was found that the relation between C_E and the most probable energy, $(E_P)_d$, of electrons at depth, d , in water may be expressed by $C_E = \bar{W}/e \cdot A \cdot S_{w,a}$ using unrestricted collision mass stopping power ratio, $S_{w,a}$, for water and air.

1. 緒 言

^{60}Co ガンマ線に対して照射線量が校正された電離箱線量計は電子線治療の際の吸収線量の評価に用いられる。この場合、水ファントム中の任意の測定点においてこの線量計の指示値(レントゲン単位)から水の吸収線量を算定するためのラド変換係数 C_E の値を知る必要がある。ICRU⁷⁾ および HPA⁶⁾ は電離箱線量計に対し一般的に適用

される C_E の値を提唱した。しかし、市販の各種指頭型電離箱線量計についての実験的研究によると、厳密には C_E の値が線量計のタイプに依存して相違することが報告された。

指頭型の J A P M 電離箱線量計は本邦の医療用標準線量計として既に国内の各地区測定センターに備えられている。著者はこのタイプの線量計についても C_E を検討する必要があると考え、フ

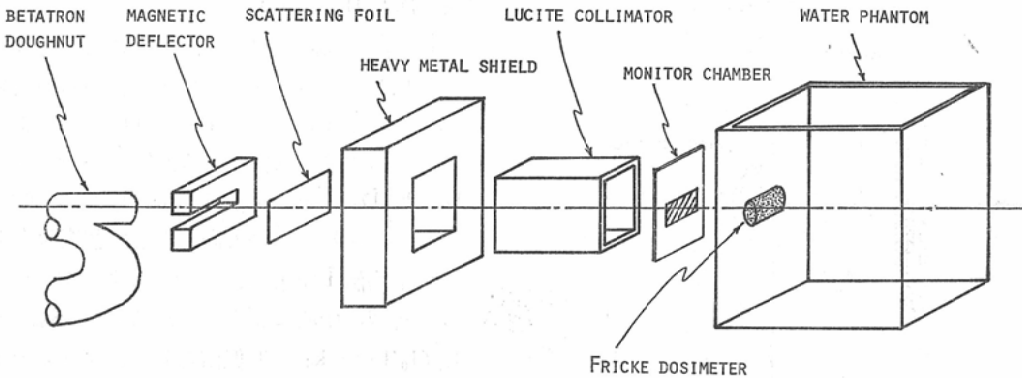


Fig. 1 Schematic diagram showing the arrangement of apparatus

リッケ線量計との比較にもとづく実験を試みた。この実験では、フリッケ線量計溶液の容積が大きいことを考慮し、溶液中の線量分布に対する補正およびモニタ線量計の構造・配置について特に工夫した。

2. 実験方法

医用ベータトロン装置（東芝製BMH-31型）から放射される電子線を用いた。電子線のエネルギーおよび使用したスキャタリングフォイルを

Table 1. Classification of electron beams used for experiment

Nominal* energy (MeV)	Scattering foil	$(E_p)_0^{**}$ (MeV)
15	0.1 mmPb+0.5 mmAl	13.2
20	0.3 mmPb+0.5 mmAl	18.8
25	0.5 mmPb+0.5 mmAl	23.7
30	0.5 mmPb+0.5 mmAl	27.7

* electron energy indicated by MeV-meter reading
 ** most probable energy of electrons at the surface of water phantom⁴⁾

Table 1 に示す。同表の第1例はベータトロン装置に備え付けの計器が指示するエネルギーであり、nominal energy と呼ぶことにする。また、Table 1 の第3列にはファントムの表面に入射する電子線のエネルギーの代表値として最頻エネルギー $(E_p)_0$ の値を示す。これは既報のデータ⁴⁾から引用した。

線量測定は Fig. 1 に示す幾何学的配置の下で実施した。電子線は20cm×20cm×20cmの水ファントムへ垂直に入射させた。ファントムの表面には平行平板型のモニタ電離箱を取り付けた。この電離箱の集電極は1cm×5cmの矩形とし、その射影がフリッケ線量計を覆うようにした。水ファントム中の電子線ビーム中心軸上において1.5cm、2cmおよび4cmの深さを測定点として選定し、同点における照射線量“R”と水の吸収線量 D_w を測定した。

照射線量の測定にはJAPM電離箱線量計（以後JAPM線量計と略す）を用いた。この電離箱は内径(2r)が6mmの円筒型であるからその幾何学的中心より線源側へ $\frac{2}{3}r$ (=2mm)移行させた点を実効中心と決め⁵⁾、これを水中の測定点に合わせた(Fig. 2 (B))。電子線照射によるJAPM線量計の読みとモニタ線量計の読みの比をモニタ校正係数 k_m と定義し、フリッケ線量計照射の直前と直後に k_m を測定して平均値 \bar{k}_m を求めた。従つて、フリッケ線量計照射時のモニタの読みMに対応する照射線量“R”は次式で計算された。

$$“R” = N_c \cdot k_a \cdot \frac{1}{f} \cdot \bar{k}_m \cdot M \tag{1}$$

N_c , k_a はそれぞれJAPM線量計のコバルト校正定数および大気補正係数である。電離イオンの収集効率 f はBoag²⁾ の式に従つて計算した。この実験では f は0.994と0.997の間にあつた。

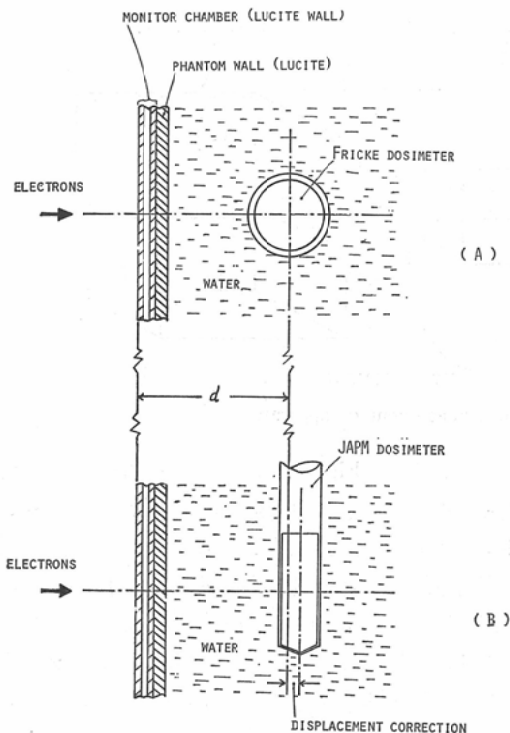


Fig. 2 Arrangement of (A) Fricke dosimeter and (B) JAPM dosimeter, at depth, d , in water phantom

吸収線量 D_w の測定にはフリッケ線量計を用いた。これは硫酸第1鉄1 mMと塩化ナトリウム1 mMを0.8規定硫酸に溶解させた通常のフリッケ溶液である。これを内径1.2 cm、長さ5 cmのポリスチレン円筒容器に満たし、その中心が測定点に一致するよう水中に設置した (Fig. 2 (A))。電子線照射によるフリッケ線量計の平均吸収線量 D_F は次式を用いて計算した⁶⁾。

$$D_F = \frac{9.422 \times 10^8 \cdot \Delta A}{G \cdot (\epsilon_m)_{25} [1 + 0.0069(T - 25)]^2} \quad (2)$$

ICRU Report 21⁷⁾に従い、 $G = 15.7$ イオン/100 eV、 $(\epsilon_m)_{25} = 2205 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ とした。照射溶液と対照溶液の吸光度の差 ΔA は分光々度計 (島津製 D-40型) で測定した。

測定点における水の吸収線量 D_w は同点におけるフリッケ溶液の吸収線量 D_F に等しいと置き、 D_w を次式によって計算した。

$$D_w = D_F = \bar{k}_d \cdot \bar{D}_F \quad (3)$$

補正係数 \bar{k}_d は以下に説明する。フリッケ溶液柱の長さは5 cmであるからその軸方向の線量分布が一樣でない場合は D_F と \bar{D}_F が異なる恐れがある。この相違に対する補正係数を k_d とすれば $D_F = k_d \cdot \bar{D}_F$ で与えられる。 k_d は次の方法で推定した。すなわち、軸方向の電子線強度分布を測定して平均値 \bar{I} を求め、これに対する測定点 (フリッケ溶液の中心に相当する) での電子線強度 I_0 の比 (I_0/\bar{I}) を k_d の近似値とした。フリッケ線量計照射の直前と直後に水ファントム中で k_d を測定しその平均値を \bar{k}_d とした。 \bar{k}_d は 1.001~1.008 の範囲にあつた。1%以上の補正を要する場合は測定結果のデータから除外した。

以上の手順にもとづいて、JAPM線量計の水に対するラド変換係数 $C_E (=D_w/'R')$ を求めた。

3. 結果および考察

フリッケ線量計との比較によつて求めた JAPM線量計の C_E の値を Table 2 の第5列に示す。この結果は initial electron energy や水中の深さに関係なく常に G が一定 (15.7 イオン/100 eV)⁷⁾ であるとして得られた。Fig. 3 はこれらの実験値と ICRU⁷⁾ および HPA⁸⁾ の推奨値との比較である。実験値をプロットする際、initial electron energy の表示は $(E_p)_0$ の値 (Table 2, 第2列) を用いた。実験値と推奨値の一致は概して良好であり、3%以上の相違はみられない。しかし細かく詮索すると、20 MeV 近傍以上では入射電子線エネルギーの増加に従つて実験値 (Fig. 3, 実線) と ICRU の値 (Fig. 3, 破線) との相違が増すようである。これについては G 値の検討も含めて目下研究中であり、別に報告する予定である。

測定点における電子線の最頻エネルギー $(E_p)_d$ とラド変換係数 C_E の値はそれぞれ Table 2 の第4列および第5列に記載されている。両者の関係を求めるためにこれらの実験値を Fig. 4 にプロットする。同図に実線で示す曲線は、(4)式⁷⁾において $\bar{W}/e = 0.869 \text{ rad/R}$, A (コバルト校正定数を求めたときの電離箱壁による γ 線減弱に対する補

Table 2. Values for C_E in rad/R for JAPM dosimeter exposed to electron beams in water

Initial electron energy		Depth in water d (cm)	$(E_p)_d^*$ (MeV)	C_E (rad/R)	Repetition of experiment
Nominal energy (MeV)	$(E_p)_0$ (MeV)				
15	13.2	1.5	10.6	$0.848 \pm 0.008^{**}$	5
		2.0	9.6	0.865 ± 0.002	5
		4.0	5.9	0.902 ± 0.005	3
20	18.8	1.5	15.6	0.834 ± 0.004	5
		2.0	14.6	0.847 ± 0.002	5
		4.0	11.8	0.862 ± 0.008	3
25	23.7	1.5	21.0	0.823 ± 0.002	3
		2.0	20.0	0.838 ± 0.005	5
		4.0	16.5	0.854 ± 0.004	3
30	27.7	1.5	23.6	0.819 ± 0.004	3
		2.0	22.5	0.836 ± 0.003	5
		4.0	19.0	0.845 ± 0.006	3

* most probable energy of electrons at depth, d, in water⁽⁴⁾⁽⁵⁾

** standard deviation, σ

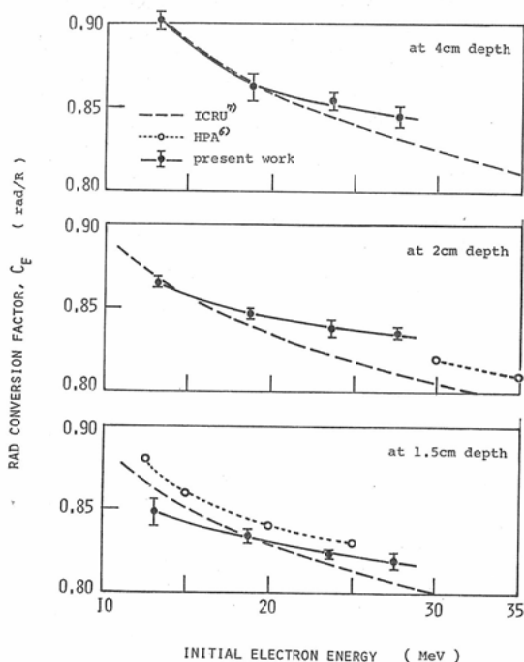


Fig. 3 Comparison of C_E for air-filled ionization chamber, plotted against initial electron energy, at depth of 1.5cm, 2cm and 4cm in water. Solid curve: the present work, plotted against $(E_p)_0$. Dashed curve: ICRU Report 21⁷⁾. Dotted curve: HPA Report No. 4⁶⁾

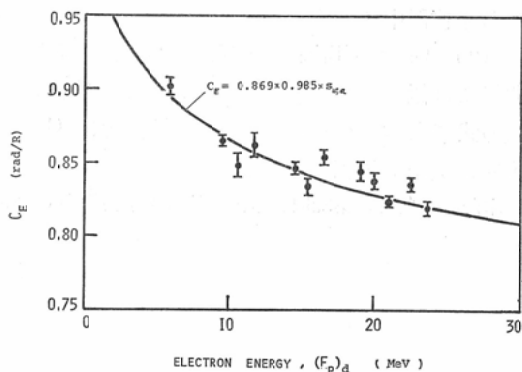


Fig. 4. Comparison of C_E for JAPM dosimeter, plotted against $(E_p)_d$, at the point of interest in water. $\bar{\Gamma}$: the present work; Full curve: computed from equation (4) using unrestricted collision mass stopping power ratio, $S_{w,a}$, for water and air

正值) = 0.985と置いて計算された。

$$C_E = \bar{W}/e \cdot A \cdot S_{w,a} \quad (4)$$

電子線に対する水と空気の衝突質量阻止能比 $S_{w,a}$ は ICRU Report 21 (Table 2.2)⁷⁾の値を用いた。Fig. 4に示されるように、 C_E 対 $(E_p)_d$ の関係についての実験結果は (4)式による理論曲線にはほぼ一致する。電子線の实用飛程 R_p が既知な

らば $(E_p)_d$ は (5)式⁹⁾で近似できるので、この理論曲線は C_E の推定に実用上便利であろう。

$$(E_p)_d = (E_p)_0 \left\{ 1 - \frac{d}{R_p} \right\} \quad (5)$$

4. 結 論

フリッケ線量計との比較にもとづき、JAPM 電離箱線量計の電子線に対するラド変換係数 C_E を評価した。線量測定は治療用ベータトロン電子線について水ファントム中 1.5 cm, 2 cm および 4 cm の深さで行ない、次の結論が得られた。

(1) 不均等な線量分布に対する補正およびモニタ線量計の構造、配置について特に工夫したので、精度の良い測定結果が得られた。

(2) フリッケ線量計の G 値を一定 (15.7 イオン/100 eV) として得られた C_E の値は ICRU⁷⁾ の理論値と ±3% 以内の相違で一致した。入射電子線エネルギーが 20 MeV 近傍を越えると両者間の相違が大きくなるようであるが、これについては目下検討中である。

(3) C_E と $(E_p)_d$ の関係は (4) 式による理論曲線で近似されることが判つた。また $(E_p)_d$ は (5) 式で求められるので、この理論曲線は C_E の推定に実用上便利であろう。

本研究の要旨は第32回日本医学放射線学会総会(昭和

48年5月)において発表した。また、本研究は厚生省がん研究助成金の援助を受けたことを記し感謝の意を表す。

(参考文献)

- 1) 安徳重敏, 砂屋敷忠, 竹下健児: 日本医放会誌, 33 (1973), 683—688.
- 2) Boag, J.W.: Radiation Dosimetry vol. II, p. 1—72, Attix, F.H., Roesch, W.C., and Tochlin, E. ed. Academic Press, New York, 1966.
- 3) 平岡 武, 川島勝弘, 松沢秀夫: 日本医放会誌, 31 (1971), 96 (抄).
- 4) 星野一雄, 稲田哲雄, 松沢秀夫: 日本医放会誌, 34 (1974), 433—439.
- 5) 星野一雄, 稲田哲雄, 松沢秀夫: 日本医放会誌 (投稿予定)
- 6) Hospital Physicist's Association: HPA Report series No. 4, A practical guide to electron dosimetry, 1971.
- 7) ICRU: ICRU Report 21, p. 12 and p. 43, ICRU Publications, Washington D.C., 1972.
- 8) 日本医学線学放射会物理部会: 放射線治療における高エネルギー電子線の吸収線量の標準測定法, 27頁, 通商産業研究社発行, 東京, 1974.
- 9) 尾内能夫, 都丸禎三, 入船寅二, 内田 勲, 梅垣洋一郎, 松川取作: 日本医放会誌, 29 (1970), 1474—1483.
- 10) Svensson, H., Pettersson, C., and Hettinger, G.: Acta Radiol., Ther. Pys. Biol. 10 (1971), 504—512.