



Title	LiF-TLDによる高エネルギー電子線の線量測定の国内相互比較
Author(s)	加藤, 義雄; 白貝, 彰宏; 饗元, 芳一 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1969, 29(1), p. 7-11
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/17351">https://hdl.handle.net/11094/17351</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## 特別掲載

# LiF-TLDによる高エネルギー電子線の 線量測定の国内相互比較

放射線医学総合研究所 物理研究部

加藤 義雄 白貝 彰宏 隅元 芳一  
 丸山 隆司 吉田 吉一 橋詰 雅

(昭和44年3月13日受付)

Intercomparison in Japan of Dosimetry for High Energy Electrons  
 Using Maled LiF-TLD

By

Yoshio Kato, Akihiro Shiragai, Yoshikazu Kumamoto, Takashi Maruyama,  
 Yoshikazu Yoshida and Tadashi Hashizume

Division of Physics, National Institute of Radiological Sciences, Chiba-Shi

LiF-TLD is not only useful for dose measurements in laboratory, but also for intercomparison of dosimetry between institutes.

An intercomparison in Japan of dosimetry for high energy electrons using LiF-TLD was carried out in August 1968. A series of lucite blocks in which three capsules containing LiF phosphors were imbedded were distributed by mail to 23 institutes and, after irradiation to about 200 r (roentgen equivalent to exposure of  $^{60}\text{Co}$  gamma rays) of 15 or 16 MeV electrons, were returned to National Institute of Radiological Sciences for read-out and evaluation. The doses were evaluated with root-mean-square deviations within  $\pm 2\%$ . The differences in dose evaluation between institutes were remarkable because of uncertainty of method of dose measurements.

## 1. 緒 言

放射線が治療や生物学的研究に使用されるようになって久しいが、同じ放射線を同じ生物組織に等線量照射しているにもかかわらず治療結果や生物学的効果について違つた報告がなされている事実にしばしば出合う。そのような違いは時として重要な問題をもたらすが、線量評価に誤りがあつて、事実上は線量が等しくないという点に1つの大きな原因がある。

最近高エネルギー電子線もX線や $\gamma$ 線とならんできかんに使用されるようになつてきているが、

その線量測定はとりわけ困難である。というのは、被照射体中では深さと共に電子線のエネルギースペクトルが急速に変化し、質量阻止能比(Smaller/Sair)がそれとともに変るため、r-rad変換係数の決定が一層困難になつてくるからである。

このような理由から、線量測定が現在いかに行なわれているかについての相互比較を行なう必要性のあることが認められるようになつてきた。

IAEAは、ICRUの勧告<sup>1)</sup>や1964年9月にMontreuxで開かれたシンポジウムでの討論に基

づいて、1965年から1966年にかけて、Fricke 線量計を使用して高エネルギー電子線の線量測定の比較を行なうことを試みた<sup>2)</sup>。また1967年には<sup>60</sup>Co γ線についても Fricke 線量計と LiF 热蛍光線量計<sup>3)</sup>とを用いて同様の比較がなされた。わが国においてもいくつかの機関がこれらに参加した。

われわれは先に<sup>60</sup>Co γ線の線量測定についてガラス線量計を用いて国内の相互比較を行なつたが<sup>4)</sup>、ここで1968年8月に医療用ベータトロンを有するわが国の全24施設を対象に LiF 热蛍光線量計を用いて行なつた高エネルギー電子線の線量測定の相互比較の結果を報告する。数%の短期間の fading を除けば経時的変化がほとんどなく、高エネルギー電子線に対して、線量率に依存しない<sup>5)</sup>ことなどから相互比較のために使用する線量計として LiF 热蛍光線量計を選んだ。

## 2. 比較の方法

使用した LiF 热蛍光体は、応用光研(東京)から購入した LiF 単結晶を $43\mu$ 以下の大きさに粉碎し、400°Cで約2時間熱処理後急冷し、さらに80°Cで約30時間熱処理後徐冷したものである。

第1図に示すような LiF 热蛍光体を封じこめた大きさ $10 \times 10 \times 3 \text{ cm}^3$ のルサイトブロックを各施設に郵送し、中央の LiF に15MeV(ベータトロンの種類によりこのエネルギーが出ない場合はこ

れに最も近いエネルギー)の電子線を $10 \times 10 \text{ cm}^2$ の(またはそれに近い)照射野で約200r(<sup>60</sup>Co ガンマ線の“R”等価)照射して返送してもらつた。LiF 热蛍光体は、ビルドアップを考慮してブロックの $10 \times 10 \text{ cm}^2$ の面から深さ1.75cmの位置に、ビームプロファイルも合せ知るために、中央と左右に1.5cm間隔であけた $1.5 \times 0.5 \times 0.5 \text{ cm}^3$ の3つの穴に、各250mg、薄いポリエチレンの袋につつんで封じこめてある。放射線場の乱れを避けるためにブロックと LiF の間の空気間隙ができるだけ小さくなるように務めた。

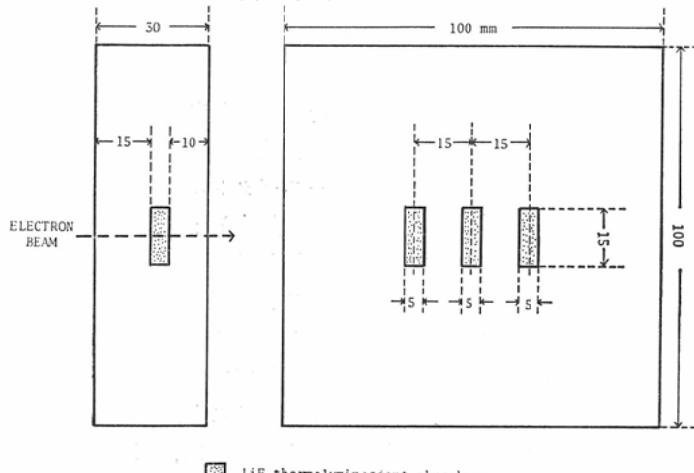
返送されたブロックはただちに封を開き、各施設からの返送に要する日数、光や温度による fading を考慮して、照射して15日経過した後に熱蛍光測定を行なつた。

1回の熱蛍光測定には80mgを使用し、従つて各3点の response としては3回の測定の平均値をとつた。3回の測定誤差は標準偏差で最大約±2%であつた。

ブロックの返送をうけるに際して、電子線のエネルギー、使用線量計、線量測定方法、照射野、scattering foil の材質・厚さ、cone の材質についての回答を得た。それらを第1表の第2欄から第7欄に示す。

比較を遂行する過程で(1)力学的操作による

Fig. 1 Lucite block.

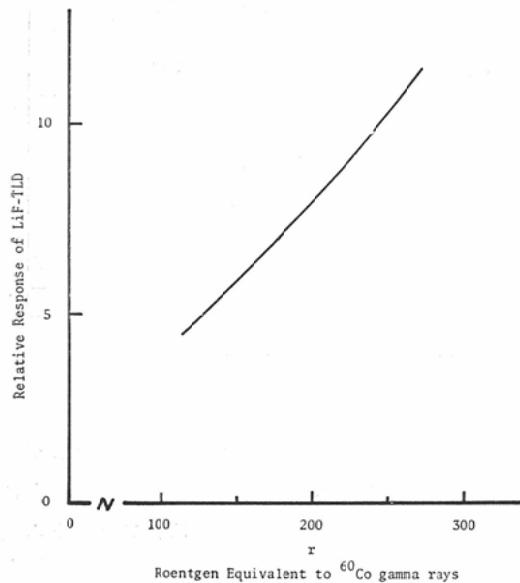


responseの変化、(2) 偶然の被曝による response の増加、(3) 偶然の過熱による response の減少等が起こり線量評価を不正確にする可能性のあることが考えられた。しかし、(1)は無視できることを確かめたが、(2)、(3)に関してはその可能性がきわめて小さいことからそれを調べるために対策はしなかつた。

### 3. 線量の評価

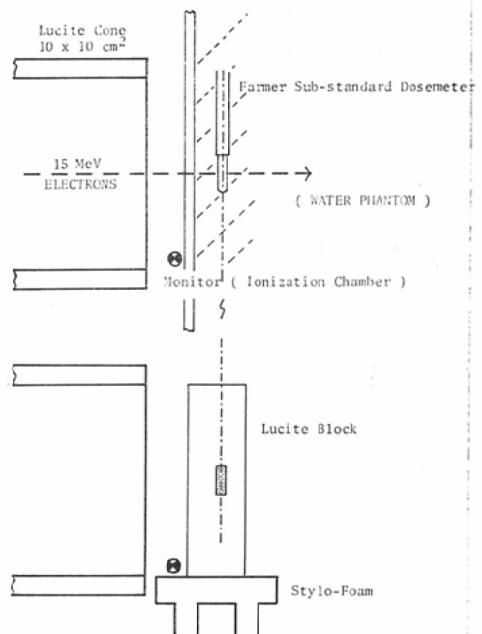
高エネルギー電子線に対して LiF 热蛍光線量計の response は線量依存性を示すことが知られている<sup>6)</sup>。そこで、各施設で照射された線量を評価するために、第 2 図に示す Dose-Response 曲線を求め、返送してきた LiF 热蛍光体の response に対応する線量は図から読みとられた。

Fig. 2 Response of LiF-TLD versus dose for 15MeV electrons.



この Dose-Response 曲線は次のようにして得た。まず第 3 図の上に示すように、 $40 \times 40 \times 50\text{cm}^3$  のルサイト製水ファントムを  $10 \times 10\text{cm}^2$  の照射野をもつ 15MeV の電子線(scattering foil 0.1mmPb)で照射し、表面から深さ 2 cm の所において Farmer Substandard Dosemeter で線量を求め、表面においてモニター用電離箱を校正した。次に第 3 図の下に示すように水ファントムを取り除き、Dose-

Fig. 3 Geometry for dose calibration of LiF-TLD. The Farmer substandard dosimeter was placed at a depth of 2cm in water.



meter のあつた位置に LiF がくるように発泡スチロール製の照射台上に各施設に送つたものと同じルサイトブロックをおき、モニターの指示によつて種々の線量を照射し、response を求めた。

線量は  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 線の exposure に等価な “r” 値で示した。即ち、上記の Dosemeter で読んだ R 値に  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 線に対する校正定数 1.08 および温度気圧補正係数をかけて線量とした。

ペータロンの出力は rad 値で測定されなければならないが、そのためには r-rad 変換係数の決定が重要な問題となる。この値は線量計により異なり<sup>7)8)</sup>、しかも測定が困難で、Farmer Substandard Dosemeter に対してもいろいろな値が与えられている<sup>7)8)</sup>。それゆえここではこの Dosemeter に対する “r” 値で示した。最近松沢らは 2 次電子スペクトルの測定から 15MeV 電子線に対して水中 2 cm で 0.87 という値を得ている<sup>9)</sup>。従つて線量を water rad で表わすとしてこの値を採用すれば、評価した線量に 0.87 を掛けねばよいことになる。

Table 1 Intercomparison of dosimetry for high energy electrons using LiF-TLD.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Institute	Electron Energy (MeV)	Dosimeter	Method of Dose Measurement	Field Size (cm)	Scattering Foil (mm)	Cone Material	Dose		
							Given (r)	Evaluated (r)	(9)/(8)
NIRS*	15	Farmer Sub-standard	I	10×10	0.1Pb	Lucite	232	232	1.00
A	15	Victoreen 621		10×10	0.2Pb	Pb+Al	200	194	0.97
B	15	Siemens		12φ	0.6Pb	Brass	210	218	1.04
C	16	Ionex		10×10	0.3Cu	Brass	239	238	1.00
D	16	Radocon		10×10	0.1Ta	Brass	200	200	1.00
E	16	Victoreen 621		10×10	0.1Ta	Brass	200	194	0.97
F	15	Glass	II	10×10	0.3Pb	Pb+Lucite	203	224	1.10
G	16	Siemens		10×10	0.05Ta	Brass	198	236	1.19
H	16	Glass		10×10	0.1Ta	Brass	200	174	0.87
I	15	Siemens		12φ	0.6Pb	Brass	200	221	1.11
J	15	Victoreen 621		10×8	0.1Pb	Pb+Al	186	175	0.94
K	15	Siemens		12φ	0.6Pb	Brass	235	251	1.07
L	15	Siemens	III	12φ	0.6Pb	Brass	(200 rad)	(164 rad)	(0.82)
M	15	Radocon 607		10×10	0.1Pb	Al	220	206	0.94
N	15	Toshiba		6×8	0.2Pb	?	(200 rad)	(196 rad)	(0.98)
O	16	Radocon 607		10×10	0.3Cu	Brass	200	212	1.06
P	16	Radocon 607		10×10	0.1Ta	Brass	200	214	1.07
Q	15	Radocon 607		10φ	0.2Pb	Fe	198	184	0.93
R	16	Radocon	IV	10φ	0.2Pb	Brass	200	257	1.29
S	15	Toshiba		6×8	0.2Pb	Al	(200 rad)	(234 rad)	(1.17)
T	15	Radocon 606		8×8	0.05Pb	Al+Lucite	213	208	0.98
U	16	Victoreen 621		10×10	0.1Ta	?	200	223	1.12
V	15	Ionex		10×8	0.2Pb	Fe	(200 rad)	(165 rad)	(0.83)
W	15	?		10φ	?	?	200	221	1.11

\* National Institute of Radiological Sciences.

The doses were measured in water phantom (I), in solid phantom (II), in air (III) and at the surface of water phantom (IV).

#### 4. 結果の論議

第1表の第8欄および第9欄にそれぞれ各施設が与えた線量とわれわれが評価した線量を示す。また比較をわかりやすくするために第9欄の値を第8欄の値で割った値を第10欄に示す。施設によつては rad で線量を示したところもあり、その場合は第9欄にも rad 値を示した。

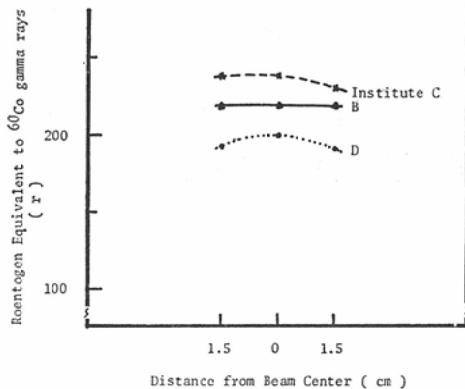
水ファントムを使用した測定の間にはよい一致がみられたが、同様にビルドアップを考慮して固体ファントムを使用した測定の間にはかなりの違いがあつた。しかし、これらの一一致と違いは普遍的なものとは考えられず、どこに原因があるのか検討する必要があろう。空中に線量計をおいて測

定している施設がかなりあるが、ビルドアップの様相がベータトロンによつて違うこと等からもこれらの間の違いは当然うなづける。ファントム表面で測定した1例があるが、out-put の測定法としては疑問がある。また1例は線量測定方法についての回答をもらえなかつた。

3例のビームプロファイルを第4図に示す。装置によつて違い、平坦な例もあれば scattering foil を使用していてもなおビームのかなり偏つた例もある。

一部の一一致を除いて全体としては線量測定方法や示された線量の間にかなりの違いのあることがわかつた。この事実は、個々の施設でのみの照射

Fig. 4 Beam profiles.



結果の評価をする場合はさしつかえないとしても、他の施設での結果との比較をしようとする場合おおいに問題となる。高エネルギー電子線発生装置が国内で使用されるようになつてからそれ程年月がたつていないことや、国際的にも r-rad 変換係数の確定された値が得られていないことにも見られるように線量測定方法が十分に確立されて

いないことなどもあつてやむをえないことであるかもしれない。しかし、種々の実験結果や治療成績などが相互の施設間で正しく比較検討され、関連分野での仕事が一層発展させられるためにも、早急に、現在得られている最善の方法での線量測定の統一がなされるべきであろう。

#### 文 献

- 1) NBS Handbook 85, ICRU Report 10b(1962).
- 2) Nagl, J. und Sanielevici, A.: Strahlentherapie 133 (1967), 561.
- 3) Pfalzner, P.M. and Alvareg, S.M.: Acta Radiologica 7 (1968), 379.
- 4) 橋詰雅、丸山隆司：文部省科研費による研究報告集録（放射線影響編）(1965), 177.
- 5) Karzmark, C.J., White, J. and Fowler, J.F.: Phys. Med. Biol. 9 (1964), 273.
- 6) 白貝彰宏、野田博治、加藤義雄：日本医放会誌 28 (1968), 1360.
- 7) 平岡武、羽部孝、松沢秀夫：日本医放会誌 27 (1967), 1315.
- 8) Almond, P.R.: Phys. Med. Biol. 12 (1967), 13.
- 9) 松沢秀夫：私信。