



Title	熱ルミネッセンス線量計による個人被ばく線量の測定
Author(s)	羽鳥, 昇; 羽部, 孝; 境野, 宏治 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1977, 37(7), p. 691-702
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18270
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

熱ルミネッセンス線量計による個人被ばく線量の測定

群馬県立がんセンター東毛病院放射線部

羽 鳥 昇 羽 部 孝

境 野 宏 治 松 本 満 臣

群馬大学医学部放射線医学教室

新 部 英 男 加 藤 正 臣

(昭和51年12月16日受付)

(昭和52年2月18日最終原稿受付)

Practical use and Characteristics of Thermoluminescence
Dosimeters as a Personal Monitor

Noboru Hatori, Takashi Habu, Kohji Sakaino and Mitsuomi Matsumoto

Department of Radiology, Gunma Cancer Center Hospital

Hideo Niibe and Masaomi Katoh

Department of Radiology, School of Medicine, Gunma University

Research Code No.: 302

Key Words: Thermoluminescence dosimeter, Personal monitor

Since 1972, Mg_2SiO_4 thermoluminescence dosimeter has been used as a personal monitor at Gunma Cancer Center Hospital. Reusability, energy dependence, dose dependence, mechanical strength, direction dependence, and fading of thermoluminescence dosimeter were suitable as a personal monitor.

Compared to the film badge, the most useful characteristic of a Mg_2SiO_4 thermoluminescence dosimeter is that its minimum dose was 1 mR.

I 緒 言

放射線作業従事者の個人被ばく線量の測定は、放射線測定器、または、放射線測定用具を用いて測定することとされており¹⁾²⁾³⁾⁴⁾、測定器としては、フィルムパッチ、ガラス線量計、熱ルミネッセンス線量計、ポケット線量計のいずれかを用いることと法的に定められている⁵⁾。さらに必要に応じては、適切なる補助測定器の併用が推められている⁶⁾⁷⁾。従来累積線量の測定には、フィルムパッチを用いている施設が多い。フィルムパッチの特徴は、小型かつ堅牢、取扱いも容易であり、さらにフィルターの利用によつて多くの情報

が得られるとともに、これらの情報の保持性にもすぐれている。しかし、最低検出限界線量が10 mR~20mRであること⁸⁾⁹⁾、即応性に乏しいことが欠点として指摘されている。

一方、熱ルミネッセンス線量計は、小型で堅牢、取扱いが容易で即応性にすぐれ、比較的自動化が可能であり⁷⁾、最低検出限界線量も、~1 mRと云われ mR 以上の被ばく線量の測定が可能であるとされている¹⁰⁾¹¹⁾。しかし、装置そのものが高価なことや、各施設において個々に測定を行う場合には、人手を要する欠点がある。

当院は、昭和47年4月、群馬県立がんセンター

東毛病院として開設されたものであるが、その前身は、群馬県立東毛病院と称し、結核診療を主体としていた。がんセンター開設に伴い、職員の大増員がなされ、医師、技師の大半は、新規に採用されたが、看護婦は、旧病院からの転属者が大半をしめていた。

放射線治療部、RI 診療棟は、まったく新規に設置されたものであり、そのため放射線業務に対する恐怖、不安感をもつ職員が多かった。この不安感の解消には、放射線に関する正しい知識をもたせると共に、放射線被ばく線量をより正確に把握することが必要であつた。

フィルムパッチを用いて個人被ばく線量を測定したのでは、最低線量が10mR 以下としか表示されず、これでも最大許容線量の概念からすれば十分であるが、知識の乏しい職員を説得するには不十分である。また、放射線作業従事者の適正配置を行うにも、10mR 以下の被ばく線量を知ることが有用である。

このことから、当院においては、10mR 以下の被ばく線量を知りうる熱ルミネッセンス線量計を用いて個人被ばく線量の測定を行い、今日まで、4年間の使用を経験したので、ここにその概要を報告する。

なお、実用に供するまえに、われわれの使用した熱ルミネッセンス線量計の特性に関して、小実験も試みたので、その結果もここに報告する。

II 熱ルミネッセンス線量計の特性

1 使用機器および方法

a) 素子および読取装置

使用した素子は、 $\text{Mg}_2\text{SiO}_4:\text{Tb}$ (MSO-L)、物理的形状は、ガラスカプセル $2\text{mm}\phi \times 27\text{mm}$ のものに片側10mm に $\text{Mg}_2\text{SiO}_4:\text{Tb}$ 粉末が封入されている。読取装置は、1,200、ヒーター加熱方式で全蛍光量を検出しデジタル表示するもので、いずれも極光製である。

b) 線源および線量計

γ 線源として、 ^{226}Ra 1—3 mg (Belgique 製)、 ^{137}Cs 30mCi、60mCi (Anersham, England 製)、 ^{60}Co 治療装置 RCR-120-B1 型、MTSW-21 型

(東芝、島津製)。

X線源として、診断用X線装置 KXO-1000 型、治療用X線装置 KXC-19 型 (いずれも 東芝製)、ライナック ML-15Me 型 (6, 12MV X線, 6, 9, 12, 15MeV 電子線, 三菱製) を用いた。

基準として使用した線量計は Radocon II 型 555線量計で、検出器は 1DAS (測定エネルギー範囲 20KeV—250KeV)、100MA (35KeV—400KeV)、100HA (400KeV—1,300KeV) である。検出器の較正は、医療線量標準関東地区センター (放医研) で較正したもの、および Victoreen 社から送付された較正表に従って較正した。この結果、 γ 線および高エネルギーX線については、誤差 $\pm 1\%$ であり、その他のX線については $\pm 3\%$ 以内であつた。

c) 実験方法

素子をホルダー¹⁴⁾に挿入し、Radocon 線量計と同時曝射を行い TLD の特性を調べた。

- 1) 素子間のバラツキ、2) 再使用性、3) 自然放置における線量、4) 被ばく後の経時変化、5) 線質特性、6) 線量特性、7) 方向依存性、8) 機械的強度について検討を加えた。

2 実験結果

a) 素子のバラツキ

入手した素子 100本に ^{60}Co γ 線、 ^{226}Ra γ 線および 80KV X線 (HVL, 2.8mm Al) X線を用いて、50mR、100mR 各々照射し素子相互間のバラツキを求めた。結果は、Fig. 1 のごとくなり $\pm 10\%$ 以内にあるものは、60—65%、 $\pm 20\%$ 以内

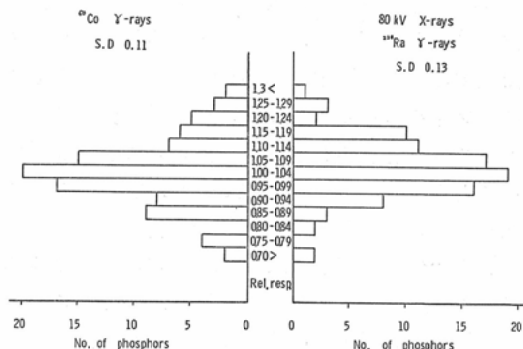


Fig. 1. Distribution of phosphors

にあるものはともに90%であつた。

b) 再使用性

素子6本に80KV X線、および ^{226}Ra γ 線を用いて50mR照射を30回繰返し行つた場合の再使用性は、 $\pm 10\%$ 以内の誤差範囲にとどまつていた (Fig. 2)。

c) 自然放置における線量

素子4本をアエリングの後に自然放射線のみに影響されると思われる場所に放置し、放置日数との関係を検討した。その結果、10日後では $2.31 \pm$

0.22 (mR)、30日後では 6.98 ± 0.31 (mR)、60日後では 14.0 ± 0.25 (mR) となり放置日数とともに比例した読値の増加をみた (Fig. 3)。

d) 被ばく後の経時変化

80KV X線50mR照射ののち、時間の経過にもなう線量の変化を500時間まで調べた。照射後の時間経過とともに線量の増加がみられたが、自然放置の線量を減ずるとほとんど経時変化はみられず、素子間のバラツキの範囲におさまつていた (Fig. 4)。

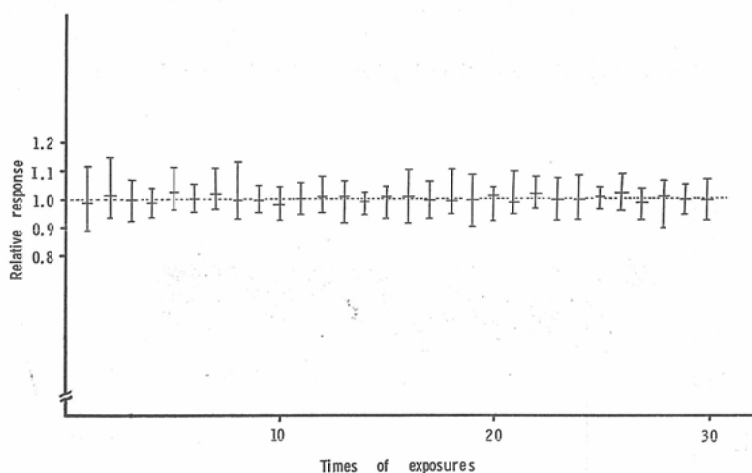


Fig. 2. Re-usability of phosphors

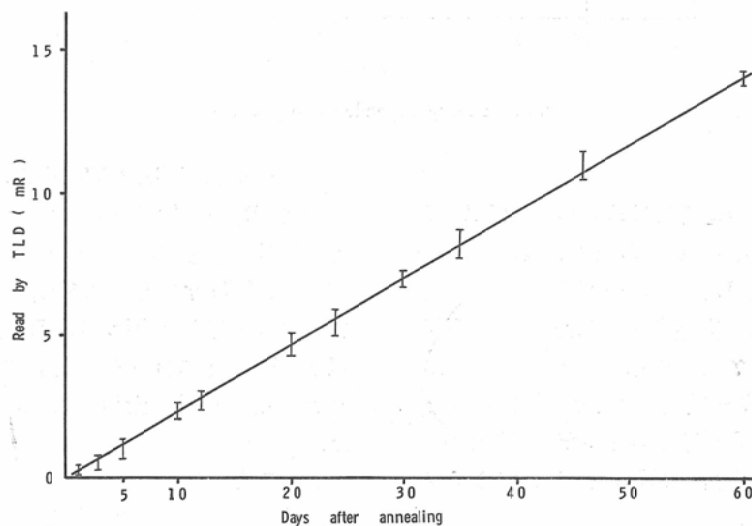


Fig. 3. Response of phosphors without irradiation

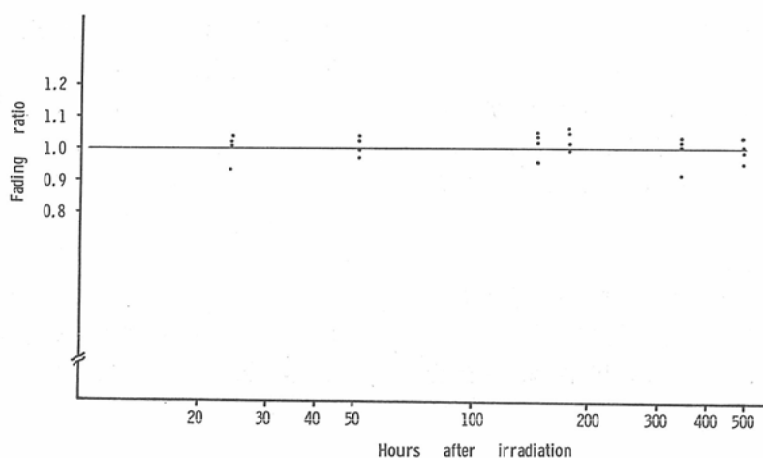


Fig. 4. Dependence of time lag between irradiation and read-out

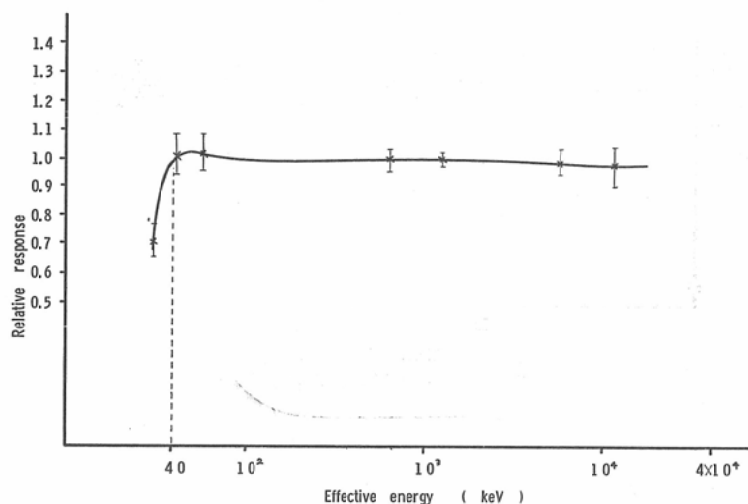


Fig. 5. Energy dependence of response

e) 線質特性

80KV X線 (実効電圧 32KeV) から 12MV X線を用いて、それぞれ 100mR (6, 12MV X線は 1,000mR) 照射した。その結果、相対感度は、50KeV 附近で最高感度を示したが、40KeV—1.25MeV (^{60}Co γ 線) までは、ほぼ 1 を示し、これ以上のエネルギー領域では、やや低い感度を示した。他方 40KeV 以下のエネルギー領域では、急峻な下降曲線を描き、32KeV においては 0.7 であった (Fig. 5)。

f) 線量特性

80KV X線, ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{226}Ra 各 γ 線で 3 mR—1,000mR, 6 MV X線では、40mR—1,050mR まで照射線量を段階的に上げて照射線量の変化を調べた。 ^{60}Co γ 線を基準とし、感度補正を行わない生の測定値を Fig. 6 に示したもので、10mR 以下の線量域において、上下にバラツキを生じたが、その範囲は $\pm 10\%$ 以内にとどまっていた。

g) 方向依存性

素子に直角な方向を 0° とし、これより入射角を変化させ、 15° , 30° , 45° , 60° , 90° について、

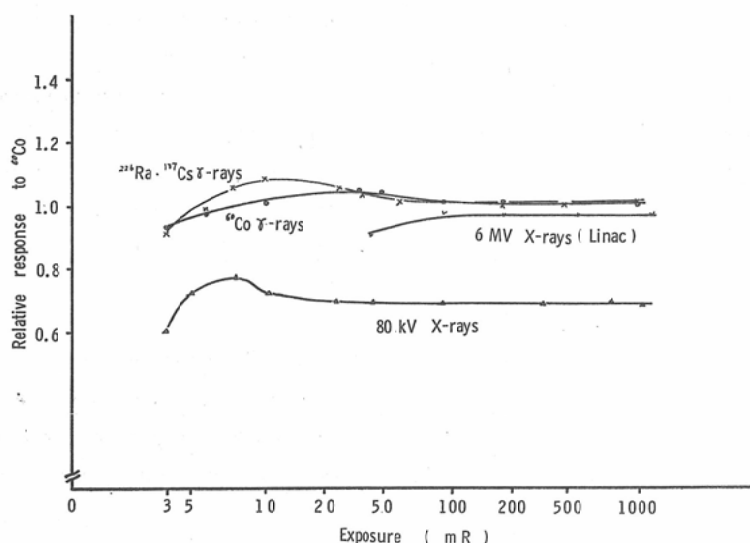


Fig. 6. Dose dependence of response

80KV X線, ^{60}Co γ 線を用いて検討した。その結果, ^{60}Co γ 線については, 0° — 60° までは感度 1 を示し, 90° においては 0.85 となつた。

80KV X線では, 0° — 45° までは 1, 60° で 0.84, 90° においては 0.5 以下となつた。したがってエネルギーが低いと角度の違いによって大きく左右された (Fig. 7)。

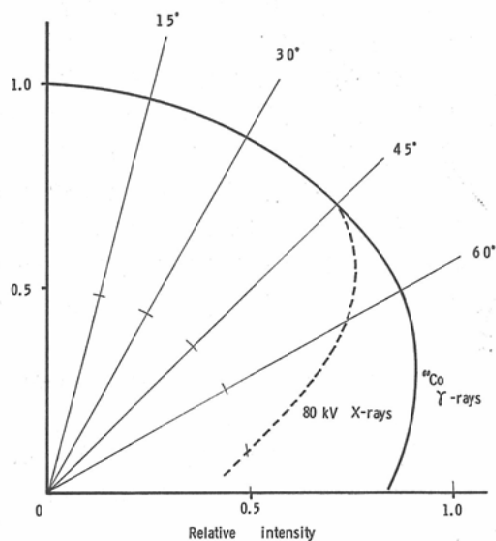


Fig. 7. Direction dependence of TLD

h) 機械的強度

コンクリート上にP-タイルを貼った床上に50 cm—200 cm までの距離を段階的にとり, TLD 線量計を落下させて破損の状況を調べた。その結果は Fig. 8 に示すごとくで, 白ぬきが長軸方向 (縦) に落下させたものであり, 斜線が短軸方向 (横) に落下させたときの破損率である。50 cm では, 破損率は 0 で, 100 cm 以上において認められ, 横に落下させた場合には, 縦に落下させた場合の約 2 倍となつた。

3 小括

熱ルミネッセンス線量計 (以下 TLD とする) の精度は, 素子と読取装置との組合せによつて異ってくるが, われわれの使用した TLD は, 素子間のバラツキ範囲の $\pm 10\%$ のものを採用¹²⁾¹⁸⁾すれば入手素子のうち 30—40% はこの範囲をこえ使用に耐えなかつた。

自然放置における読値については, 放置日数とともにほぼ直線的に増加し, 自然放射線による値であると考えられた。この値は, 渡部¹¹⁾らの示す 14 日後 $2.92 \pm 0.11 \text{ mR}$, 28 日後 $6.90 \pm 0.16 \text{ mR}$ の数値とほぼ一致をみた。

再使用性, 経時変化についても良好で, 素子間

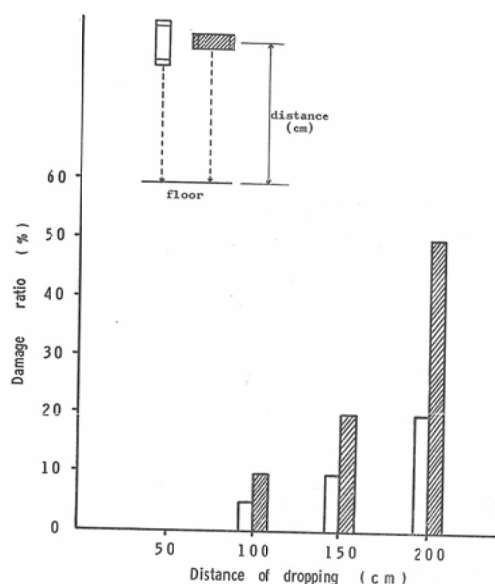


Fig. 8. Mechanical strength of TLD

のバラツキ範囲±10%をこえてなかった。

線質特性では、低エネルギー領域で感度の著しい低下が認められ、32KeVで0.7の感度を示し、低エネルギー領域での線量評価が問題となる。渡部¹¹⁾らは、20KeV以上のエネルギーにおいては、相対感度0.8、極光データ¹⁴⁾では、±20%以内に入ると報告している。また、河野¹⁵⁾らは、フィルターの附さないものと併用によつて両者を比較検討し、線量評価を行うよう推めており、山本¹⁶⁾らは、エネルギースペクトルの不明な場合には、別の校正方法を考えなければならないと報告していることから、本院では、この領域における線量には安全を見積つて2の係数を乗することとした。

方向依存性も、低エネルギーの場合には大きく、今後改良すべき余地が多い。

機械的強度については、フィルムパッチに比して弱いので安易な着脱はさけなければならないが、通常の使用では十分に耐えうるものであった。

われわれの使用したTLDは、個人被ばく線量測定マニュアル⁵⁾に示された条件を下廻つたものはみられなかった。したがつて、他の線量測定器

と同様に個人被ばく線量の測定に使用できるものと考え、実用に供した。

III 個人被ばく線量

1. 対象および方法

本院は、昭和47年4月に群馬県立がんセンター東毛病院として癌患者を中心に診療を開始した。昭和50年12月における職員数は、医療技術者162名を含む総員209名である。このうち放射線作業にたずさわる者は、約18%の30名であり、これらの全員に個人被ばく線量の測定を行つた。

1回の着用期間は、2週間を原則とし、作業内容により被ばく線量が特に多いと思われる場合には、さらにもう1個の線量計を追加し、その都度の被ばく線量の測定を行つた。

着用部位は、胸部または腹部とした。測定値の記録は、使用した2本の素子間の差が10%以内の場合には、高値を示したものを採用した。1本のみに異常に高い値を示したものについては、原因調査を行い、測定器の取扱い上の事故によるものと決定した場合には、低値を採用した。今回調査期間中の測定回数は、2,700回中7回このような事故が認められた。

2 結果

a) 診断部

業務量は、発足当初において、件数1,759件、フィルム枚数4,565枚であつたものが、4年後には、件数4,558件、フィルム枚数17,437枚と約4倍にも増加し、年々増加の一途をたどつていますが、被ばく線量はいづれも低く、3カ月ごとの集積線量は、医師、技師、看護婦ともに20mR以下がほとんどであつた。Fig. 9に業務量（フィルム枚数）と被ばく線量との関係を示す。横軸は3カ月ごとの期間、縦軸は被ばく線量およびフィルム枚数である。

医師、技師で3カ月間の被ばく線量が20mRをこえた者がそれぞれ2名いるが、これは医師については、透視によるものであり、技師については、ポータブル撮影による被ばくが主因と考えられた。

また、医師の近接の透視下における透視時間と

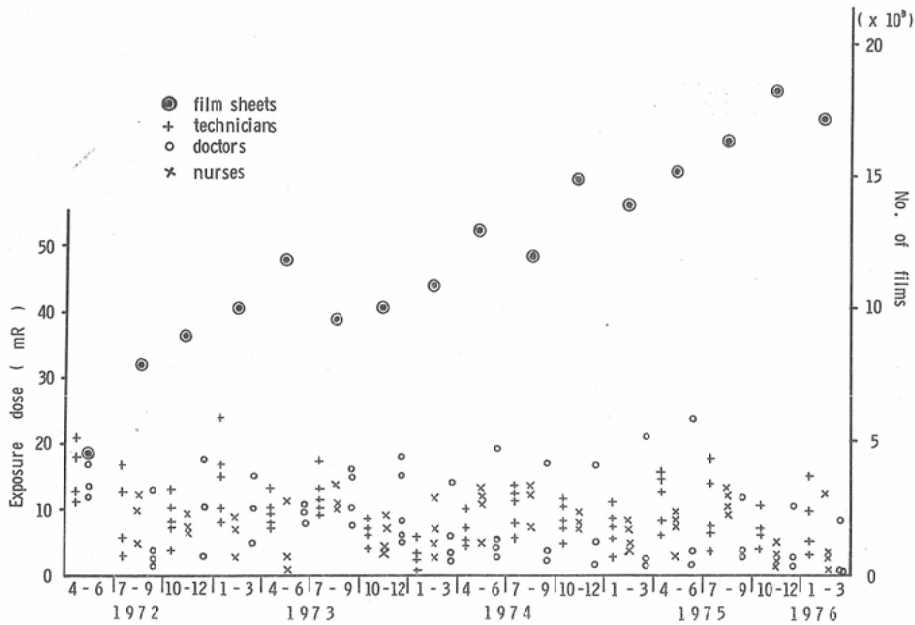


Fig. 9. Personal exposure dose in division of diagnostic radiology

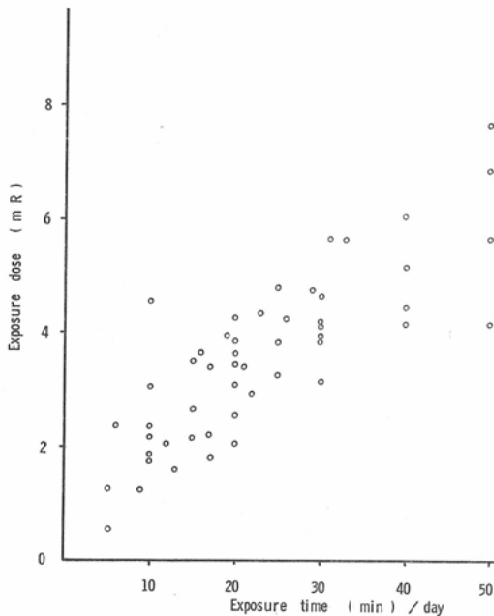


Fig. 10. Exposure of doctors by fluoroscopic examination

被ばく線量との関係を Fig. 10に示す。被ばく線量は、透視時間とともに増加しているが、この時間内ではほとんど10mR 以下であつた。

b) 治療部

ライナック、コバルトなどの遠隔治療（治療計画を含む）における技師の被ばく線量と患者数の関係を Fig. 11に示した。横軸に3ヵ月ごとの期間、縦軸に被ばく線量と患者数（患者数×門数の総和）を示した。患者数は年々増加し、4年後には、2倍以上になつたが、被ばく線量は当初より少なくなつてゐる。昭和48年7月から9月までと、昭和49年1月から6月までの期間において、50mR 近い被ばく線量をうけたものがあるが、これは、コバルト治療における被ばくであり、重篤な患者の位置決定に長時間要したためである。通常の治療では、1門当たり0.06—0.1mRであつた。医師、看護婦については、室内への出入と、照射室附近への出入は稀少であることからここでは除外した。

c) RI 部

線源取扱量と被ばく線量との関係を Fig. 12に示した。横軸に3ヵ月ごとの期間、縦軸に被ばく線量と取扱量を示し、被ばく線量は、ほぼ取扱量に比例して増減し、医師では50mR—140mR、多いときは184mR のときもあつた。技師では、

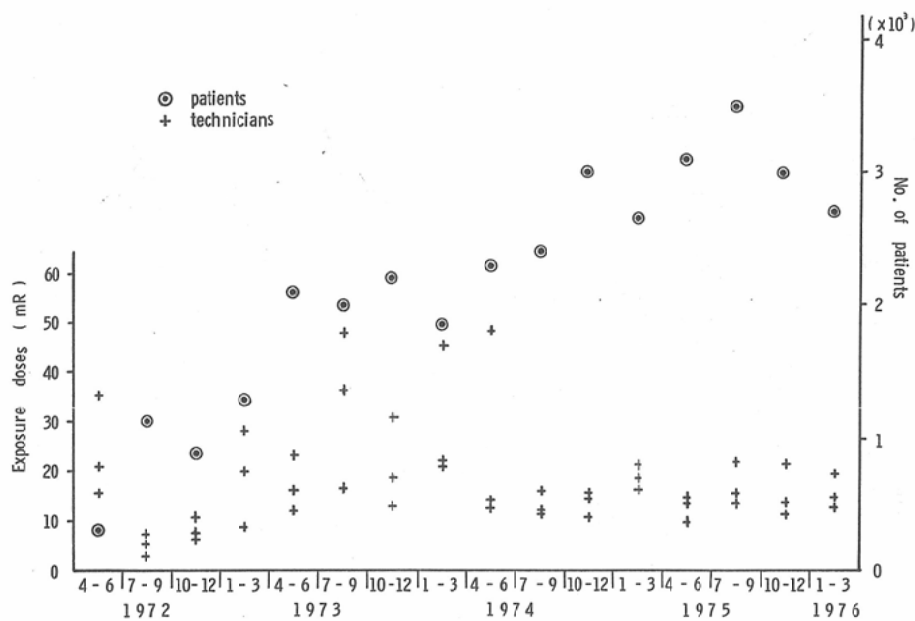


Fig. 11. Personal exposure dose in division of therapeutic radiology

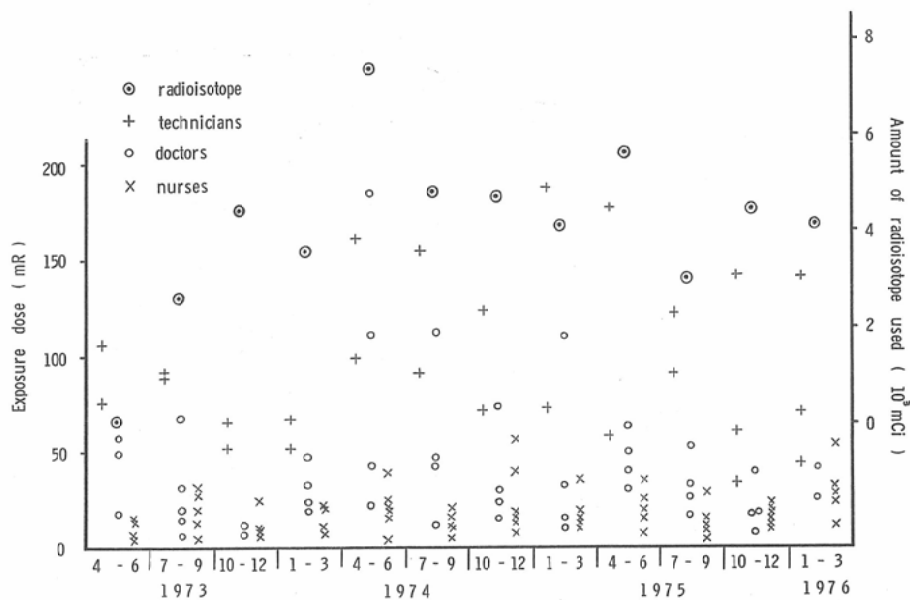


Fig. 12. Personal exposure dose in division of radioisotope

28mR—186mR で医師と同程度の被ばく線量であつた。一方看護婦は、30mR 以下がほとんどで、まれに50mR をこえて被ばくしたものもあつた。

これら被ばくの原因を作業内容別に検討してみた。

密封小線源の取扱いによる医師、技師の被ばく線量を Fig. 13, Fig. 14に、看護婦の被ばく線

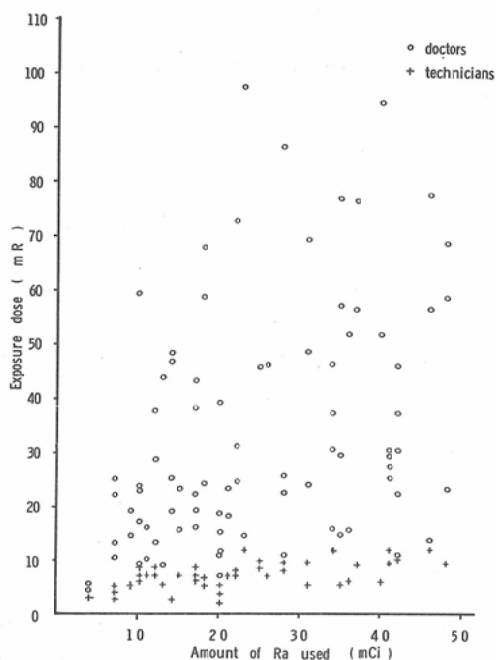


Fig. 13. Interstitial therapy

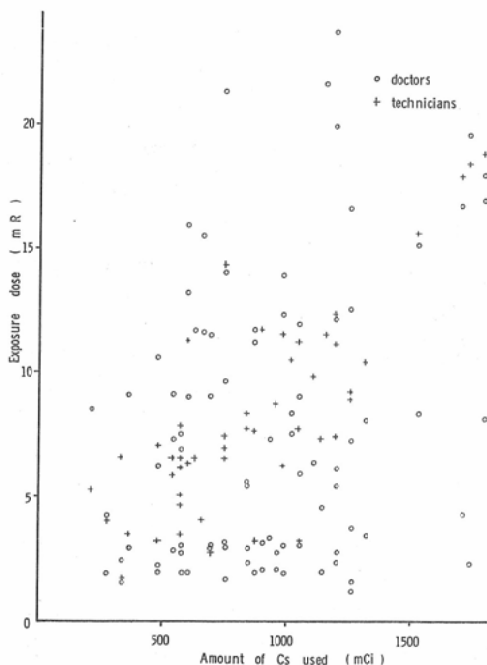


Fig. 14. Intracavitary therapy

量を Fig. 15に示した。Fig. 13は、 ^{226}Ra 針の取扱量と被ばく線量との関係で、横軸は取扱量であり、縦軸は被ばく線量である。医師では、取扱量ならびに作業内容によつて大きな差異が認められた。技師では、取扱量の増加にともなつて多少の被ばく線量の増加の傾向がみられたが、50mg 以下の取扱量では、10mR 以下であつた。

Fig. 14は、 ^{137}Cs 管の取扱量と被ばく線量との関係を示したもので、横軸に取扱量 (mCi) 縦軸に被ばく線量を示した。医師は、取扱量が増加するに従つて多くなる傾向がみられたが、大部分は20mR 以下であつた。技師も20mR 以下であつたが、取扱量に比例して被ばく線量の増加の傾向は、医師よりも明瞭であつた。

Fig. 15は、密封小線源治療における看護婦の被ばく線量で、24時間あたりの1年間の集計線量である。横軸に被ばく線量、縦軸には頻度を表わしたもので、白ぬきが ^{226}Ra 治療患者の看護時であり、斜線が ^{137}Cs 治療患者の看護時である。 ^{226}Ra 治療患者の看護においては、10mR 以下の者が55%もしめており、 ^{137}Cs 治療患者の看護で

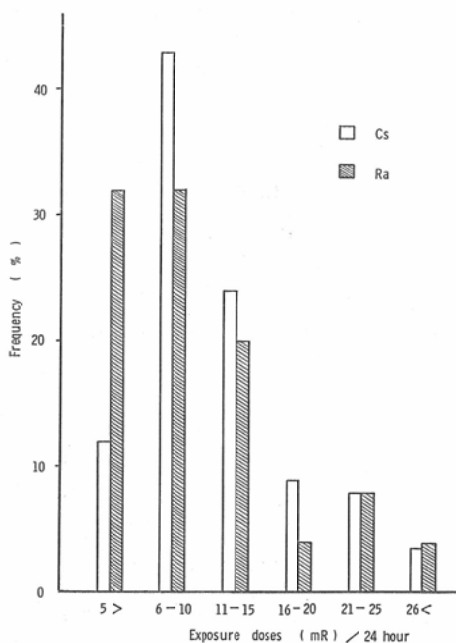


Fig. 15. Exposure dose of nurses due to small sealed sources

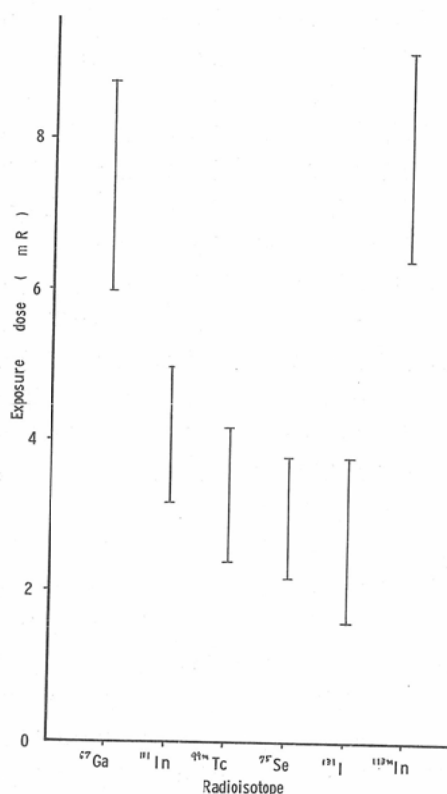


Fig. 16. Exposure dose due to unsealed sources

は、64%の者が入り、比較的低い被ばく線量であった。

Fig. 16に非密封線源の50mCiあたりの被ばく線量を示した。これによれば、 ^{67}Ga 、 ^{111}In による被ばくが多いが、いずれも10mR以下であった。

d) 集積線量

当院での4年間の集積線量をTable 1に示した。診断部、治療部の作業者は、ともに250mR以下であったが、RI部においては全体に高い線量であり、各職域における最高値は、医師1,013mR、技師1,480mR、看護婦380mRで、診断、治療部に比して2—6倍の線量となつた。

IV 総括ならびに考察

個人被ばく線量の測定器としては、一般的に小型で堅牢であること、取扱が容易で湿度、温度、光などの影響を受けず、情報の保持性に優れてい

Table 1. Personal cumulative dose per four years

Occupation division	Technician	Physician	Nurse	Assistant
diagnosis	T ₁ 110	D ₁ 77	N ₁ 380	82
	T ₂ 175	D ₂ 101	N ₂ 119	
	T ₃ 156	D ₃ 133	N ₃ 155	
	T ₄ 184	D ₄ 187	N ₄ 235	
therapy	T ₅ 203		N ₅ 137	
	T ₆ 232		N ₆ 237	
	T ₇ 356		N ₇ 134	
radio isotope	T ₈ 586	D ₅ 372	N ₈ 139	
	T ₉ 1480	D ₆ 1013	N ₉ 187	
	T ₁₀ 449	D ₇ 285	N ₁₀ 65	
		D ₈ 306		
		D ₉ 204		

ること、使用可能な線量範囲が広く、経済性であり、自動化が容易であることなどがあげられるが、これらの条件を満足するものは現状では不可能に近いとされている。したがって、これらの条件にもつとも近い性能をもつ測定器が望ましく、現状では、フィルムバッチ、ガラス線量計、熱ルミネッセンス線量計、ポケット線量計のいずれかを用いることとされている。近年熱ルミネッセンス線量計についても、多くの基礎研究がなされ¹⁰⁾¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾²²⁾、治療線量の測定²³⁾²⁴⁾や、診断における患者の被ばく線量の測定²⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾、個人被ばく線量の測定¹¹⁾¹³⁾にも応用され、TLDの有用性が立証されている。

今回われわれの示したデータもTLDの有用性を示すものであつた。

個人被ばく線量の測定にTLDを使用するにあたり、経済性、ならびに人力の問題が懸念されたが、経済性については、放射線治療の線量測定用に購入した装置と兼用にしたため、経常費としては、素子の消耗費にとどまり、フィルムバッチに比してむしろ安価となつた。また人力も2週間に一度の測定で4時間程度の作業で十分であり、懸念したほどのことはなかつた。しかし、Lindsay²⁸⁾²⁹⁾らは、自動読取器の作成、およびこれに小型電子計算機を組合せて自動化を行つており、

個人被ばく線量計にも応用できれば所用時間の短縮、ならびに人力の軽減が計られると思われる。

作業者の被ばく線量は、診断部、治療部とも比較的低い線量であり、透視下における造影撮影、ポータブル撮影、コバルト治療における部位の決定が著しく困難なため、室内に長時間滞在を余儀なくされた場合などでは多いことがあつたが、技師、看護婦の2週間あたりの被ばく線量は約 1.5 mR 以下で、年々増加している作業量との相関関係はみられなかつた。

RI 部においては、診断部、治療部に比して全般に多かつた。これらは、密封小線源治療が主体をなし、 ^{226}Ra 針での頭頸部領域の治療、 ^{137}Cs 管での婦人科領域の治療によるものであつた。

看護婦については、重篤な患者の介助において多いこともあつたが、通常の看護では、約10mR/2週であつた。これは渡部¹¹⁾らの報告による4 mR 以下に比し高い値であり、今後の検討を要するところである。

技師においては、密封小線源の糸通しや、線源配列などの前準備と使用後の洗じよう、格納による被ばくが多く、また、非密封線源の製剤、分配時の被ばくも多かつた。

集積線量については、荒川³⁰⁾、川崎³¹⁾、石坂³²⁾らは、過去の調査報告によると、放射線従事者の年間当りの被ばく線量は、最大許容集積線量のほぼ10分の1である 499mR 以内に70—84%のものが入るとされているが、当院では、この範囲内に100%のものが入つていた。

個人被ばく線量をより一層軽減させるためには、診断部においては、可能な限り遠隔操作に心掛けるとともに、近接透視の場合は、短時間の操作とより一層の防護具の使用が必要であり、治療部では、短時間の位置決定が肝要である。RI 部では、取扱う患者数は定まりつつあるが、特定の医師において 100mR/2週となることもあり、全般に技術の向上をはかり、作業時間の短縮と、より一層の防護具の使用を行うことが必要であらう。

これらの条件をふまえてもなおかつ不可能の場

合には、人員の増加や、配置転換なども考慮し、特定な人のみが高い被ばく線量を受けることをさけるべきであろう。幸い本院での被ばく線量は、許容範囲内にあり、最高に被ばくした人でも最大許容集積線量の10分の1以下の線量にとどまつており、危険度は低いと考えられるが、業務遂行にあたりより一層の被ばく軽減の努力が肝要である。

V 結 び

群馬県立がんセンター東毛病院において、開院された昭和47年4月以来、個人被ばく線量の測定に $\text{Mg}_2\text{SiO}_4:\text{Tb}$ 熱ルミネッセンス線量計を用いてきた。4年間の使用経験からみて、この TLD は、Personal monitor として十分使いうることを立証する結果を得た。特に最少検出限界線量がフィルムパッチの 10mR—20mR に比して、10mR 以下の線量測定が可能なが最も大きな利点と考えられた。これにより職員の放射線に対する恐怖感の解消と、各業務内容の違いによる被ばく線量の把握ができた。

稿を終るに当たり、御支援、御協力を戴いた放射線部技師諸兄、ならびに岩崎尚弥部長に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律、日本アイソトープ協会、42, 1974.
- 2) 労働省労働基準局編：電離放射線障害防止規則の解説、中央労働災害防止協会、94, 1969.
- 3) 厚生省監修：実務衛生行政六法、新日本法規出版、613—633, 1975.
- 4) 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律関係法令集、大成出版、94, 1969.
- 5) 個人被ばく線量の測定マニュアル策定検討会報告書（抜萃）、日本アイソトープ協会、3—11, 1971.
- 6) ICRP Publication 15, 体外線源からの電離放射線に対する防護、日本アイソトープ協会、65, 1972.
- 7) 立田初己：個人の放射線防護技術の現状と問題点、日本原子力学会誌、10：347—349, 1968.
- 8) フィルムパッチニュース：向上した線量測定範囲と精度、日本保安用品協会、22：2, 1968.
- 9) 荒川 昌：フィルムパッチサービス15年の歩み（Ⅱ）、フィルムパッチニュース、27：5, 1969.

- 10) 中島敏行, 加藤義雄, 加藤仁三, 赤津康夫, 田中敬正, 佐藤敏市, 高久祐治, 笹沼義雄: 個人モニターとしての各種熱ルミネッセンス線量計の特性. 日本原子力学会誌, 14: 214—221, 1972.
- 11) 渡部洋一, 奥村彦太郎, 杉江義男, 早川紀和, 成田広幸, 嶋 考治: TLD (Mg_2SiO_4) 個人被ばくモニター, Film Badge, Pocket chamberの特性の比較について. 日放技会誌, 29: 271—277, 1973.
- 12) 前越 久, 西沢邦秀, 古賀佑彦, 金子昌生, 佐久間貞行: ^{99m}Tc を含むシリンジおよびバイアル取扱時の放射線被ばく. Radio isotope, 21: 53—56, 1972.
- 13) 山本千秋, 渡辺道子, 古賀佑彦, 金子昌生: ^{99m}Tc 使用時の RI 検査室放射線量率および術者の被ばく線量の実測値. Radio isotope, 21: 57—59, 1972.
- 14) 極光テクニカルデータ (第4集). 28.
- 15) 河野敏彦, 堤 直葉: Personal monitor としての TLD の線量評価. 第31回日放技総会抄録集, 478—479, 1975, 神戸.
- 16) 山本千秋, 古賀佑彦: 熱蛍光線量計 (Mg_2SiO_4 : Tb, $Mg_2B_4O_7$: Tb) の特性と臨床応用. 臨床放射線, 21: 819—824, 1976.
- 17) 東田善治, 太田正治, 山根 智, 吉本政弘: 熱蛍光線量計に関する2, 3の考察. 日放技会誌, 30: 534—538, 1976.
- 18) 田中敬正, 黒田康正, 高橋正治: 熱ルミネッセンス線量測定について. 日本医放会誌, 28: 26—35, 1968.
- 19) 高久祐治: 熱ルミネッセンス線量計の研究. 日本医放会誌, 30: 55—59, 1970.
- 20) 遠藤幸一, 石坂正綱: 熱蛍光線量計に関する基礎的研究. TLD 素子の方向性について. 日放技会誌, 32: 128—133, 1976.
- 21) 高久祐治, 中島敏行, 加藤義雄: 熱ルミネッセンス線量計の研究. 2報, 弗化リチウム結晶の個人被ばく線量としての性能について. 日本医放会誌, 32: 39—43, 1972.
- 22) 西台武弘, 小野山靖人, 阿部光幸, 高橋正治, 陶山純夫: 熱蛍光線量計に関する基礎的研究. 第1編, 各種蛍光体の Glow curve について. 第2編, とくに Supra linearity について. 日本医放会誌, 33: 877—888, 889—902, 1973.
- 23) Rossiter, M.: The use of precision thermoluminescence dosimetry of intercomparison of absorbed dose. Physics in Medicine & Biology, 20: 735—745, 1975.
- 24) 都丸禎三: $CaCO_3$ と BeO 熱ルミネッセンス線量計素子の特性と線量測定への応用. 日本医放会誌, 36: 41—57, 1976.
- 25) Langmead, W. and Wall, B.: A TLD System based on Lithium Barate for the Measurement of dose to Patients Undergoing Medical Irradiation. Physics in Medicine & Biology, 21: 39—51, 1976.
- 26) 古賀佑彦, 山本千秋, 沢田武司, 鈴木昇一: CT の被ばく線量. 臨床放射線, 21: 1073—1076, 1976.
- 27) 前越 久, 古賀佑彦: 廻転横断撮影時の患者被ばく線量. 日本医放会誌, 34: 108—115, 1974.
- 28) Lindsoug, B. and Bengtsson, B.E.: Automated Thermoluminescence Reader. Acta, Radiol., 12: 195—208, 1974.
- 29) Lindsoug, B.: Automated Thermoluminescence Reader. Acta, Radiol., 10: 347—361, 1974.
- 30) 荒川 昌: 放射線従事者被ばく線量のフィルムパッチによる測定結果. 日放技会誌, 19: 160—164, 1963.
- 31) 川崎幸雄: 国民遺伝有意線量に寄与する線量の軽減について. 日放技会誌, 27: 1—25, 1971.
- 32) 石坂正綱, 遠藤幸一: 放射線業務従事者の障害に関する調査研究. 日放技会誌, 26: 69—79, 1970.