

## X線検査における患者被曝線量測定用二重電極型電離箱

江副, 正輔

竹井, 力

<https://doi.org/10.15017/73>

---

出版情報 : 九州大学医療技術短期大学部紀要. 3, pp.59-62, 1976-03-10. 九州大学医療技術短期大学部  
バージョン :  
権利関係 :

# X線検査における患者被曝線量測定用

## 二重電極型電離箱

江 副 正 輔, 竹 井 力

A New Double Ionization Chamber for Measuring  
Patients' Dose in X-Ray Examination

Seisuke Ezoe and Chikara Takei

### I. 緒 言

医療における被検者の被曝線量を軽減して国民有意線量の軽減を図ることの重要性が認識され、この対策が各方面で実施されつつある。このため我々は被検者の被曝線量を正確に測定できる線量計の試作研究を行ってきたが、その線量計<sup>1)</sup>は現在臨床において実用しており、成果をあげつつある。

その後更に線量計の特性の向上を図るとともに、表面積線量 ( $R \cdot cm^2$  値) の測定に加えて、X線管の放射口位置における照射線量 (R値) を同時に測定できる二重電極型の電離箱を考案、製作した。  $R \cdot cm^2$  値とR値とを同時に測れる二重電極型電離箱については、いまだ他に報告をみない。

### II. 方 法

#### 1. 電 離 箱

電離箱は二重電極型構造であって、中間層の高圧電極を共通にして、上部電離箱で照射線量を下部電離箱で表面積線量を同時に測定できるものである。その構造を図1に示す。電離箱は平行平板型でX線管の放射口に取付けて測定する。電離箱の枠は5mm厚のアルミニウム板を切抜いて、外法180mm×180mm、内法144mm×144mmの正方形とし、電離箱の壁は0.1mm厚のMylarをこの枠に5mm間隔で3層に張り、この上層と下層の内面に集電電極(1)および(2)を、中間層の両面に高圧電極を、いずれも0.013mm厚のア

ルミニウム箔をアラルダイトにより接着して形成した。Mylarを枠に張る場合、強度の緊張を持たせて張る必要がある。このため我々は特別に設計して工作させた薄膜伸展器を用いて十分に張った状態で固定した。

電極面積は集電電極(1)を20mm×20mm、同じく(2)を120mm×120mm、高圧電極を134mm×134mmとし、いずれも正方形とした。また電離箱の壁の外面は同じアルミニウム箔でシールドを施し、外部電界の影響を遮断した。電離箱の壁厚は片面について集電電極(1)が17mg/cm<sup>2</sup>、同じく(2)が34mg/cm<sup>2</sup>である。

通常のX線検査において集電電極(1)は常時電極の全面がX線照射野内に含まれるため、常にこの位置における照射線量が測定できる。集電電極(2)は変化する照射野面積に対応する電極面積にX線が照射されるため、照射野面積を加味した表面積線量(照射線量×照射野面積： $R \cdot cm^2$ )が測定できる。なお集電電極(2)は十分な電極面積をもち、照射野を最大にした場合でもX線錐がその電極面積をこえることはない。また

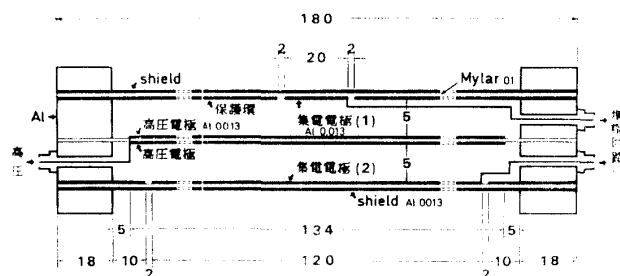


図1 電離箱の構造

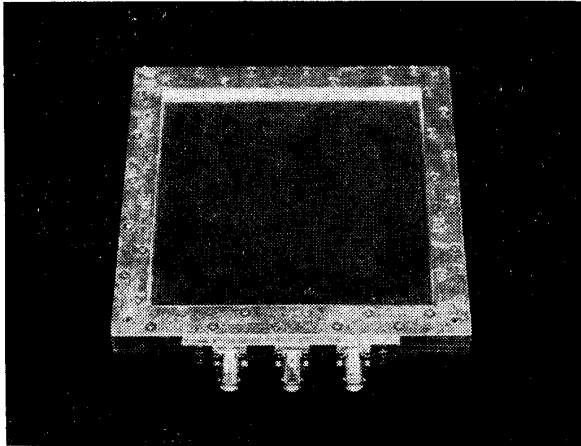


図2 電離箱

この電離箱はX線写真ならびに透視像に陰影を与えることはなく、診断効果を低下させることはない。

図2は電離箱の外観である。集電電極および高圧電極はBNCコネクタにより外部に取出し、同軸ケーブル(3C2V)により操作室内に置いた測定回路部に接続した。

### 2. 測定回路

測定回路は一般に用いられているもの<sup>1)~4)</sup>と原理的には同一であるが、増幅回路を2回路とし、集電電極(1)および(2)の電離電流を同時に測定できるものとした。図3は測定回路部の外観である。

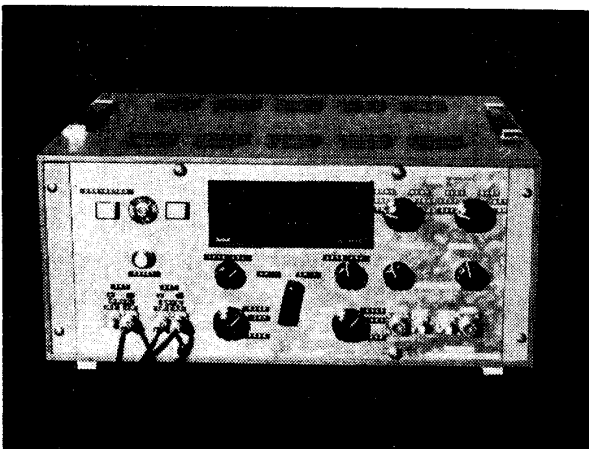


図3 測定回路部

## III. 結 果

通常のX線検査に最もよく用いられる60~120 kVp X線について、試作線量計の諸特性を調べた。

### 1. 電離箱の電圧特性および線量率特性

電離箱の高圧電極電圧を30, 45, 60, 90, 180, 950Vに設定し、その各々について線量率を0~60R/minまで変化させたときの線量計の出力の変化を図4に示した。図の横軸は実験

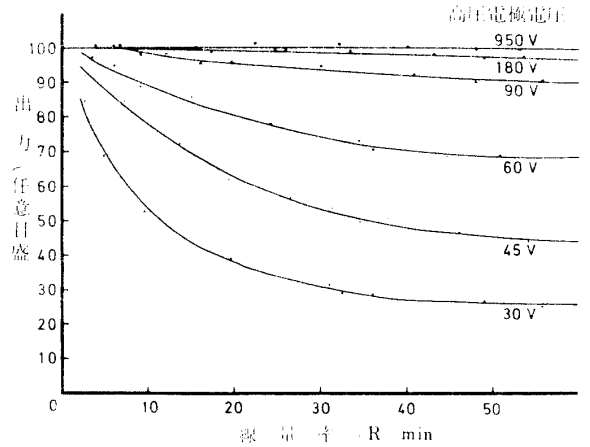


図4 電離箱の電圧特性および線量率特性

した透視および撮影時間当りの積算線量を R/min 単位に直した値である。透視時のような低線量率(例, 90 kVp, 0.5mA; 約2.2R/min)では高圧電極電圧が低くても十分な収集効率をもち、出力はほぼ飽和値を示すが、撮影時の高線量率(例, 120 kVp, 200mA; 約42.4R/min)では高圧電極電圧により収集効率は大きく変化する。

通常のX線検査の線量率範囲では、高圧電極電圧は180Vで収集効率がほぼ飽和する。ここでは高圧電極電圧を180Vに決め、実験はすべてこの電圧で行った。

### 2. 照射野面積と出力の関係

X線照射条件を一定とし、照射野面積を変化

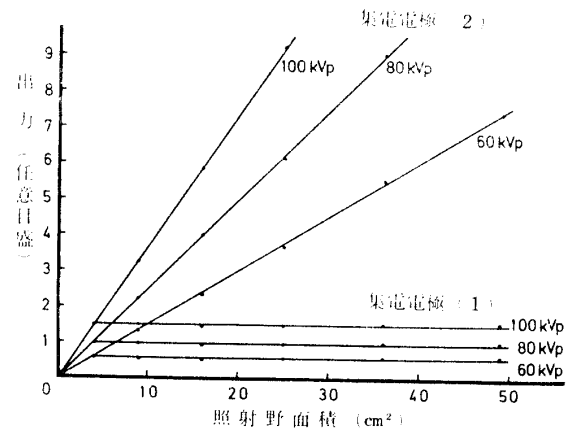


図5 照射野面積と出力の関係

させたときの線量計の出力の変化を図5に示した。集電電極(1)は照射野面積が電極面積(20mm×20mm)をこえると常に一定の出力を示す。集電電極(2)の出力は照射野面積に正しく比例する。

3. 焦点—電離箱距離間と出力の関係

一定の大きさのX線錐になるように絞りを固定して、照射野面積が集電電極(2)の電極面積をこえない範囲でX線管焦点—電離箱間距離を変化させたときの特性を図6に示した。

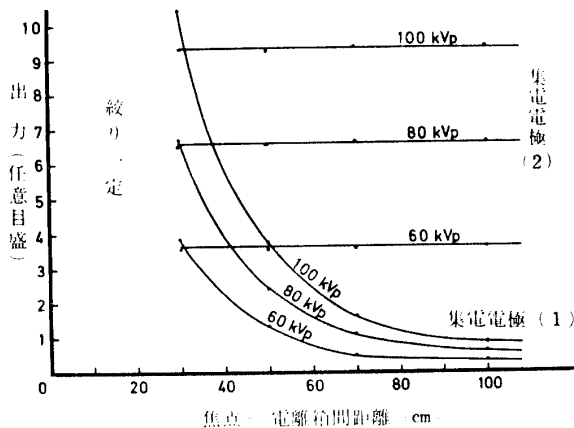


図6 焦点—電離箱間距離と出力の関係

照射野面積はX線管焦点—電離箱間距離50cmのとき5×5cm<sup>2</sup>, 100cmのとき10×10cm<sup>2</sup>に設定したが、集電電極(1)は距離の2乗に反比例して減少を示し、集電電極(2)は距離に無関係に一定の出力を示す。60～120kVpの実験範囲では空気による吸収は無視できる。すなわち、集電電極(1)の測定値から被検者位置における照射線量を求めることができ、集電電極(2)の測定値はそのまま被検者位置の表面積線量として用いることができる。

4. 市販線量計との比較

一般に使用されている線量計のうち、信頼度の高い Ionex, Radocon II, R-meter 等を比較対照線量計として試作線量計との比較を行った。このうち Ionex Ionization Meter との比較結果を図7に示した。

Ionex の電離箱は0.6cm<sup>3</sup>を使用し、線量値の較正については付属の較正值を用いている。試作線量計の電離箱はX線管の放射口に取付け、X線管焦点より60cmの距離に Ionex の電離箱を置き、60～120kVp X線の同時曝射を行った

ものである。集電電極(1), (2)ともに Ionexと直線関係にある。

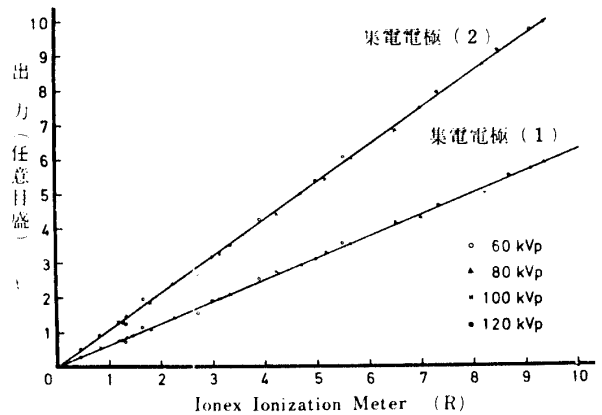


図7 Ionex Ionization Meter の指示値との比較

IV. 考 察

透過型の面積線量計については、すでにくつかの試作がなされ<sup>5)</sup>, 一部商品化されたものもあるが<sup>6)</sup>, 著者らが前に報告したように<sup>1)</sup> 測定回路に I. C. を採用し、小型化と安定化を図るとともに電離箱の特性の向上に努力した。すなわち電極間距離を10mm<sup>1)</sup>から5mmにすることにより線量率依存性を改善した。このため臨床への実用性が高まり、特にX線透視撮影検査のようにX線曝射が低線量率から高線量率にわたる場合でも安定した測定値が得られるようになった。

電離箱の設計にあたっては収集効率を100%に近付ける構造とすることが必要である。収集効率についてはBoagの理論があり、Hine and Brownell<sup>2)</sup>とNBS Handbook 62<sup>7)</sup>に詳述されている。

収集効率  $f$  は電極間距離  $d$  cm, 電圧  $V$  volt, 線量率  $q$  R/sec (または  $esu/cm^3/pulse$ ) の関数で表わされる。

a) continuous radiation の場合

$$\xi = m \frac{d^2 \sqrt{q}}{V}$$

とおけば、 $f$  は次のようになる。

$$f = \frac{2}{1 + \sqrt{1 + \xi^2}} \dots \dots \dots (1)$$

ここで  $m$  は気体の種類, 気圧, 温度により決まる定数で、空気では  $m = 15.98^8)$  と実験

的に求められている。

b) pulsed radiation の場合

$$u = \mu \frac{d^2 q}{V}$$

とおけば、 $f$  は次式で表わされる。

$$f = \frac{1}{u} \ln(1 + u) \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 $\mu$  は実験より決められる定数で、 $\mu = 1000^{2),8),9)}$  または  $\mu = 750^{10)}$  と得られている。

いま、 $q$  を一定としたとき(1)、(2)式ともにそれぞれ同じ  $f$  に対しては  $d^2/V$  値が等しければよい。前に報告した電離箱は  $d = 10mm^{1)}$  であり、本論文では  $d = 5mm$  である。仮に同じ収集効率を得るためには電圧は後者は前者の  $1/4$  でよいことになる。線量計を臨床に実用する場合には、高電圧電源 (400 ~ 1000V) を使用するのには経費や保守の面から好ましくないの、電極間距離  $d = 5mm$  にして 90V の電池 2 個を用い、 $d = 10mm$  の場合<sup>1)</sup> と同じ 180V の低電圧で十分な収集効率が得られるように改善した。

電極間距離が小さければそれだけ電圧は小さくされるが、高圧電極と集電電極との接触を考えると  $150mm \times 150mm$  程度の大面積電離箱では、製作上からは  $d = 3 \sim 5mm$  が適当であろう。例えば  $60mm \times 80mm$  の小面積電離箱では  $d = 1.5 \sim 2mm$  まで竹井は製作している。

収集効率については、透視条件では(1)式でよいが、撮影条件では pulsed radiation としての(2)式が妥当であるか明らかでない。撮影条件に対する収集効率の問題は今後の実験的検討を待たねばならない。

### V. 結 語

X線検査における患者被曝線量を測定する目的で試作した二重電極型電離箱の概要を述べ、この特性に関する基礎実験の結果について言及した。

1) 電離箱は壁厚が  $17mg/cm^2$  および  $34mg/cm^2$  と非常に薄く、管電圧依存性がきわめて少ない。X線検査に多用される 60 ~ 120 kVp の範囲では、校正された Ionex の特性と同程度である。

2) 線量計の出力は、集電電極(1)は照射野面積に関係なく一定であり、集電電極(2)は照射面積に正しく比例する。

3) 電離箱は二重電極型で、これを X線管の放射口に取り付けて測定することにより、被検者位置における表面積線量とともに、焦点—被検者間距離により被検者位置における照射線量を同時に線量単位として測定することができる。また積算線量計および線量率計として両用できる。

4) 電極間距離を  $5mm$  として低電圧でも十分な収集効率が得られるようにした。撮影条件での収集効率については、continuous radiation と pulsed radiation のいずれの式が妥当であるか、今後の検討課題である。

### 文 献

- 1) 江副正輔, 竹井力: X線検査における患者被曝線量計の考案. 九大医短部紀要 1 : 23, 1974.
- 2) Hine, G. J. and Brownell, G. L. : Radiation Dosimetry, Academic Press Inc., 1956.
- 3) 橋本順次: 電子計測における数学の応用. 電子展望 99: 2月号, 1967.
- 4) 竹井力: 日医放会誌 30 : 210, 1970.
- 5) 古賀佑彦他: 日医放会誌 33 : 増刊号, 66, 1973.
- 6) 安徳重敏: 私信
- 7) N B S Handbook no. 62, 1956.
- 8) Johns, H. E. and Cunningham, J. R. : The Physics of Radiology, 3rd edition Charles C Thomas Publisher, 1969.
- 9) Ellis, R. E. and Read, L. R. : Phys. Med. Biol. 14: 293, 1969.
- 10) McGowan, S. : Phys. Med. Biol. 10:25, 1965.