

# 放射線線量計 (イオノメーター)

## *Ionomètre radiologique*<sup>\*1</sup>

Solomon I. *J Radiol Électrologie* 5:509-12,1921

線量計 (イオノメーター) が、臨床で広く用いられるためには、以下の様な条件が必要である。

1. 非常に簡単に使えること
2. 体表 (入射線量) および体内 (深部線量) が簡単に測れること。深部線量 / 入射線量の比は非常に重要である。
3. 電離箱の壁を適切な材質として特性放射線をできるだけ除去し、空気と組織の電離の比例関係が確実であること。原子番号を非常に小さなものとすれば、医用放射線の圧力条件下では特性放射線は発生しない。

Roycourt 氏の設計による線量計 (イオノメーター)<sup>\*2</sup> は、これらの条件をみたまものである。

### 装置の解説

この装置は計測部、電離箱、接続部から成る

a) 計測部は金箔検電計で、2つの異なる静電容量を持ち、2つの感度を備えている。ボタン B を押し、感度が切り替わる。ボタンを引くと、箔 1 が検電計内にある空気コンデンサを導入し、容量 CA が加わる。容量が有意に増加することにより、金箔の降下が遅くなり、積分線量計として機能するようになる。

金箔のあるいは指針 a の動きを、角度目盛 G で曇りガラス a を通じて読む。

装置の後方に置かれた可動式光学装置が、平行光線を発生してスリガラス上に金箔の細い像を作り出す。

充電は、小さな静電摩擦装置で行なう。クランク M を動かすと絶縁系に電荷が送り込まれる。このため、蓄電池や複雑な装置を必要とせず、所定の目盛まで充電することができる。充電中に所定の目盛を超えると、放電装置 D が作動して緩徐に放電し、針が所定の目盛をさすようになる。

検電計は厚い鉛遮蔽 P に囲まれており、端子 T で接地され、静電気を完全に防護するとともに、X 線が電離箱だけに入射して検電計に当たらないようになっている。

1. 以下も参照。C. R. Académie des Sciences (1921 年 7 月 4 日号), Bulletin de Académie de Médecine (1921 年 7 月 5 日号), Rapport à l'A. F. S. (Journal de Radiologie 1921 年 7 月号)

2. De la Maison Popiquet, Hazart et Roycourt, avenue d'Orléans, 71, Paris

3. パラフィン製、20cm 角の立方体で、絞りによって 20 × 20cm までの照射野を設定できる。深さ 10cm の位置にある空洞に電離箱を挿入して、深部線量を評価する。

(b) 電離箱 CI は、小さな中空の黒鉛製シリンダーで、同じく黒鉛製の芯線 tg を覆っている。芯線はシリンダー壁からは絶縁され、バヨネットマウントで接続部に連結されている。大きさは、外径 15mm、長さ 50mm で、体腔や線量計校正装置の空洞内に挿入できる<sup>\*3</sup>。

c) 接続部 R は、電離箱と検電計を連結するもので、鋼線 f とこれを覆う接地した真鍮管で、自然漏洩が防止する強力な絶縁層を備えている。

臨床用モデルでは、電離箱を体腔に挿入しやすいように、接続部の両端が金属で覆われた一連の絶縁リングから成るフレキシブルなコネクター F1, F2 になっており、腔内で任意の方向に向けられる。研究用モデルでは、この関節部はない。この部分からの非常にわずかな漏洩は、臨床では無視しうるが、精密な研究では問題となるためである。接続部は硬性管である。

### 使用法

フレキシブルコネクター F が計測装置に接続されており、接続部はスプリング r によって指針支持ロッド t に接続している。端子 T は接地されており、フレキシブルな電源コードで電源コンセントに照明システムを接続する。

装置をたとえば目盛 50 まで充電し、X 線を照射する前に指針の動く速度を観測する。これが自然漏洩の値である。この状態の漏洩値は非常に小さい必要があり、1 目盛 / 50 分以下でなければならない。漏洩がこれ以上大きい場合は、絶縁不良によるもので、多くは絶縁部に埃が溜まっているためで、容易に修復できる。

放射線科医は、自然漏洩は大きな問題ではないと考えており、装置でただちに X 線強度を計測している。

放射線強度は、患者に使用して計測することができ、事前に (同じ電源、管球、条件、フィルター、照射野で) 校正しておく方が簡単である。

これを行なうためには、装置を小さなコンデンサーに接続し、電離箱を構成装置の表面に置いて X 線を照射し、次いで同じ条件で 10cm 深部を測定する。これによって深部放射線治療用の深部線量 / 表面線量比が得られる。

### 単位の選択

線量計の針が降りる時間は、電離強度、すなわち電離光線の強度に反比例するので X 線量は任意の電離単

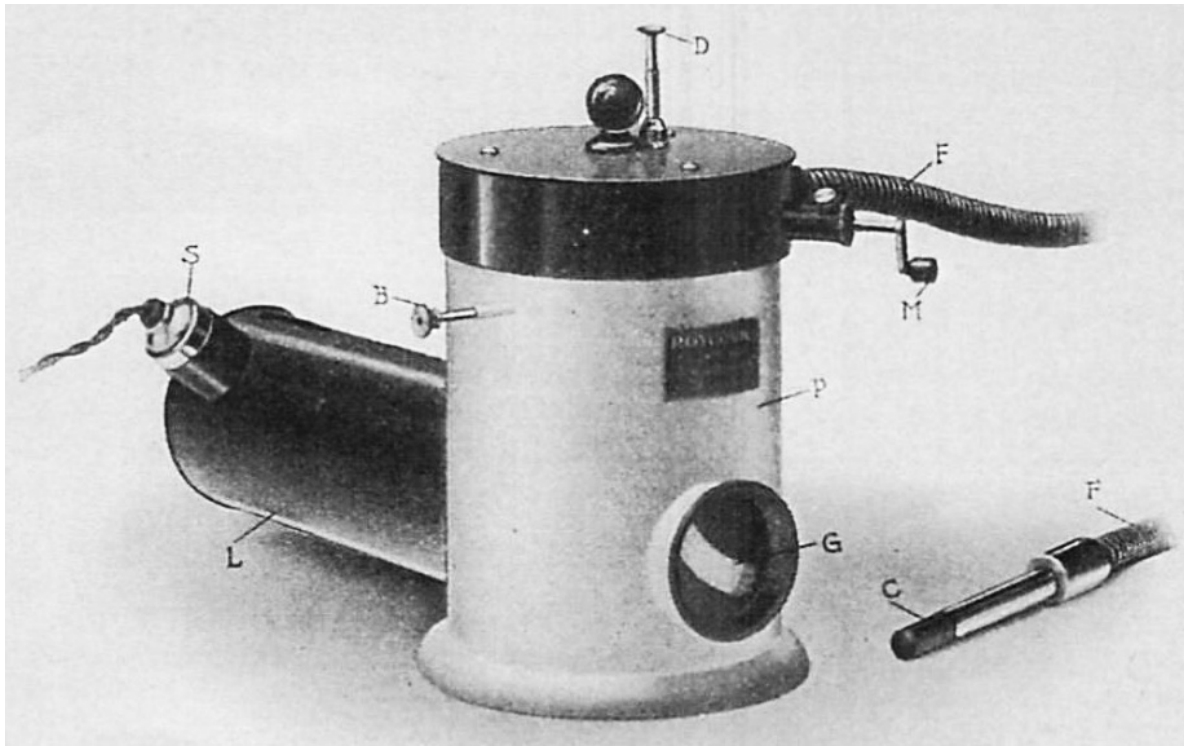


図1

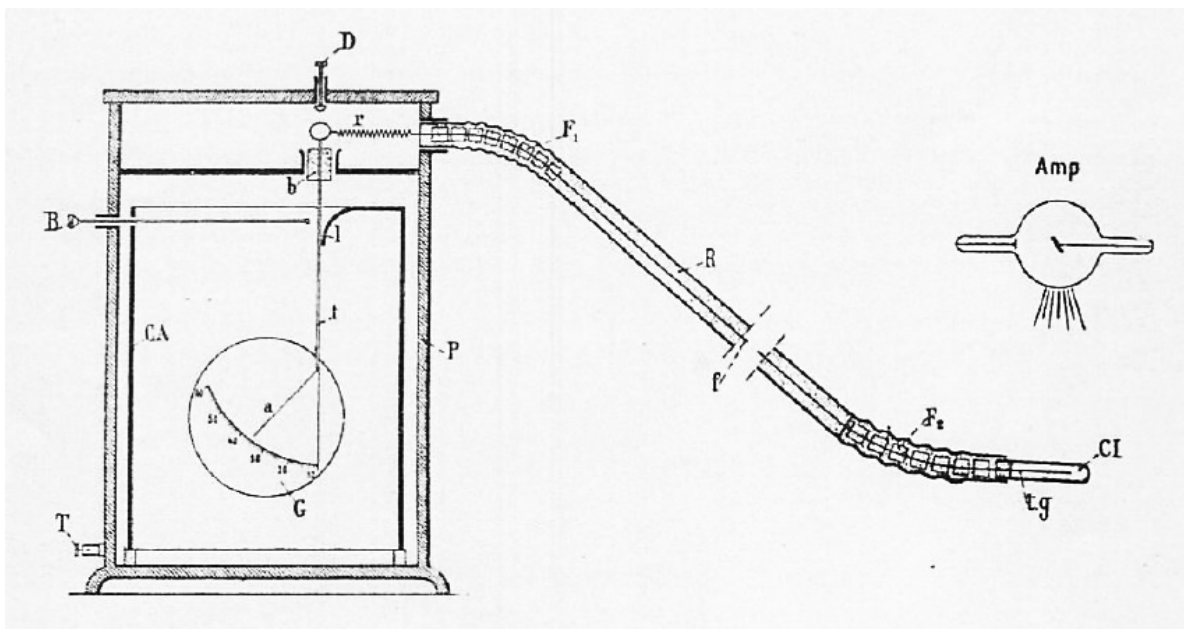


図2

検電計 - P: 鉛遮蔽, t: 指針を支えるロッド, a: 指針, b: 絶縁プラグ, G: 目盛, D: 放電装置, r: 連結バネ, CA: 付加容量, l: 接続板, B: 接続プラグ, T: 接地

接続部 - F1, F2: フレキシブル接続, R: 硬性部分, f: 電導線

電離箱 - CI: 電離箱, tg: 黒鉛製芯線

位で表示できるが、異なる線量計での比較はできない。示度を紅斑など生物学的な反応と比較することはできない。

我々は、既知量のラジウムを電離源として使用することでこの問題が解決できると考えた。2つの装置を1つの定常値で較正すれば、その結果は完全に比較できるものとなる。

我々は、既知量のラジウムが放出する  $\gamma$  線による電離

を計測し、電離源から 2cm の距離に装置を置いてラジウム 1g の  $\gamma$  線放射が生成する電離を求めた。電離単位の表示を R とし、ラジウム 1g が上記の条件下で生成する電離量と定義する。

電離強度、すなわち X 線エネルギー強度は次の式で表わされる。

$$i = nR = C/t \quad (\text{式 1})$$

ここで、 $nR$  は  $R$  値、 $C$  は事前の較正で得られる定数、 $t$  は指針が 1 目盛を降下する時間である。

例えば、 $C=2.2$  の装置では、放射線強度は

1 目盛あたりの  $R$  で表示すれば、 $i = 2.2 / t$ 、40 目盛については  $i = 88 / t$  となる

スパークギャップ 25cm の高圧コイル装置、3.5MA のクーリッジ管やケノトロンで、Abraham & Villard の静電電圧系で平均 38kV の場合、(小さなコンデンサーを使用して) 40 目盛の降下が認められた。

フィルターなし、12 秒、 $i = 7.5R$   
5mm Al フィルター、60 秒、 $i = 1.46R$   
10mm Al フィルター、90 秒、 $i = 0.98R$

装置の容量を小さなものでなく (4, 5 倍の) 大きなものとしても、あるいは他の装置を使用しても、同じ電氣的条件下で放射線強度が等しければ、 $i$  の値は同じである。これは容量の変化に応じて、式の分子にも分母にも同じ値を乗ずるので、結果は変化しないからである [1]。

従って装置によってラジウム量が変わっても、同じ条件であれば、同じ強度の放射線については同じ数値が得られる。

ここで、単位  $R$  は強度の単位であり、1 秒間に放出される放射線量を表わすものであることに注意しておく。

例えば、X 線管球の強度が  $7.3R / \text{秒}$  の場合、 $t$  秒間の X 線エネルギーは次式で与えられる

$$Q = i \times t$$

照射時間が 100 秒であれば、

$$Q = 7.3 \times 100 = 730$$

100 秒で  $7.3R$  を照射した、あるいは簡単に  $730R$  を照射したといえる。

単位  $R$  の定義は現状としては満足なものであるが、臨床医にはこれまでの単位との対応を示す必要がある。1 回毎に紅斑線量に対応する照射時間を求めるドイツ方式は、紅斑の評価、個人差、部位による線量と紅斑の関係にばらつきがあり、不正確かつ危険と思われる。例えば歯肉潰瘍を来たす水銀量の  $1/5$  といった、生物学的反応によって物理量を計測する方法は、経験の浅い者の手にかかれれば危険であり、容易に過線量による急性放射線皮膚炎を来たしうる。

$R$  単位を他の既知の単位と比較するために、一定範囲の波長でのみ対応が得られることがわかっていたため、正確な実験条件を設定して、この線量計 (イオノメーター) と他の装置で同時に一連の計測を行なった。

Sabouraud-Noiré 法では、前述の電氣的条件の下で、下記の関係式を得た。

$$\begin{aligned} \text{色調 } B &= 5H = 1000R \\ \text{従って } 1H &= 200R \end{aligned}$$

前掲の例で、 $7.3R / \text{秒}$ 、3.5MA の装置で、22cm の距離で  $5H$  の強度を得るための照射時間は、

フィルターなし：137 秒  
5mm Al : 11 分 20 秒  
10mm Al : 17 分

各装置 (イオノメーター) には、以下が付随する。

1. 装置固有の較正法、あるいは 1 目盛に対応する  $R$  値
2. 1 目盛に対応する  $H$  値
3. その他の単位に対する概算換算値