

Title	電離槽大きさと電離電流の関係について
Author(s)	松沢, 秀夫; 川島, 勝弘; 高久, 祐治 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1961, 20(11), p. 2410-2414
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20382
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

電離槽大きさと電離電流の関係について

放射線医学総合研究所物理研究部 (部長 伊藤岳郎)

松沢秀夫 川島勝弘 高久祐治
稲田哲雄

(昭和35年11月11日受付)

I. 緒言

Gray¹⁾ の提唱以来、空洞電離槽はレントゲン線量の測定に広く利用されて来たが、これは亦媒質内吸収エネルギーの測定に欠くことのできないものとなっている²⁾。

そもそも空洞理論の関係式は原理的に $E = JW S$ (E : 吸収エネルギー, J : 電離密度, I イオン対数, W : 空洞気体中において1イオン対を生成するために必要なエネルギー, S : 媒質の阻止能と空洞気体のそれとの比) で表わされ、厳密には J が無限小空洞内の電離密度 J_0 に等しいことが要求される。然し、実際の空洞電離槽は有限の体積を持つているので、如何なる体積まで空洞理論が適応され得るかを知ることは理論的にも実用的にも重要な問題である³⁾⁻⁹⁾。

このような観点から、吾々は特に媒質深部の air cavity 中に生ずる電離に注目し、これに及ぼす空洞体積の効果を検討するために次の実験を試みた。

II. 実験方法

① 外挿電離槽¹⁰⁾

Fig. 1 は実験に用いた平行電極型外挿電離槽の概要図である。前後の電極は内側にアカダックを塗布したルサイト壁(前壁厚1mm, 後壁厚3mm)から成り、後電極には中央の直径2cmの集電極を囲んで earth 電位の保護電極 (guard ring) がある。従つて、電離空洞は両電極間に挟まれた断面2cmφの円柱である。この体積は、後電極の前後移動(ピッチ0.5mm, 電極間隔の変動0.1~15mm)によつて自由に変えることが出来る。

電離電流 I は集電極に接続する高抵抗 R を通

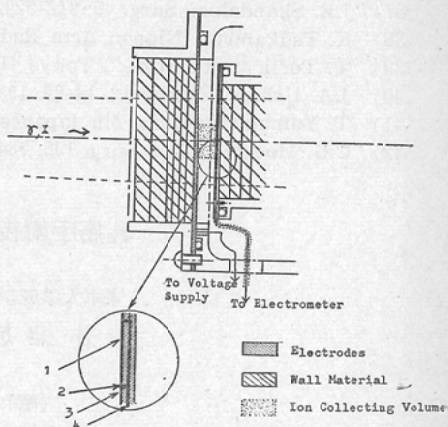


Fig. 1. Construction of extrapolation chamber.
1: Collecting Electrode, 2: Insulating Groove 3: Guard Ring, 4: Connecting Wire.

り、電圧降下 IR として振動容量電位計 (Applied Physics社製 Model 31型) で測定した。両電極間に与える電位勾配は ± 20 V/mm である。

② 実験装置の幾何学的配

Fig. 2 に実験系の幾何学的配置を示す。即ち air cavity を X線管焦点 (又は Co^{60} γ 線源) から 1m の位置に固定し、その前後に壁物質(本実験ではルサイト板*)のみを使用した)を順次積み重ねて電離電流を測定した。parameter は電極間隔であるから、任意の大きさの air cavity について一般に Fig. 3 の曲線が得られる。Exp. 1, 2 は深部線量の測定である、が特に前者は air cavity が媒質中に完全包囲された最も理想的な状態である。Exp. 3, 4 は透過線量の測定に相当する。

*)ルサイトはメタアクリル酸メチルエステル樹

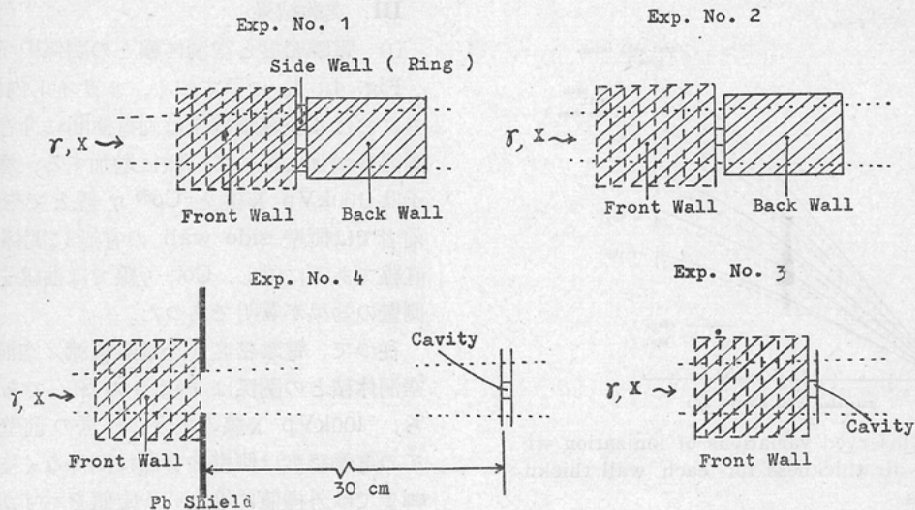


Fig. 2. Schematic diagram of the experimental arrangements.

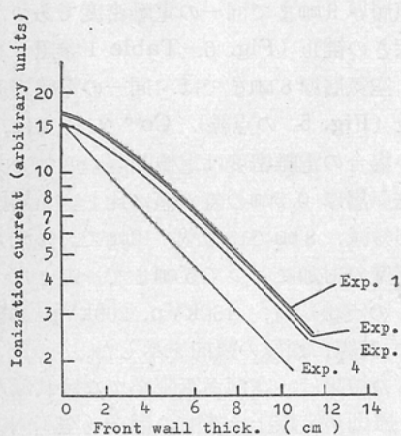


Fig. 3. Variations of ionization with the front wall thickness for each experimental arrangement in fig. 2.

脂(C₅H₈O₂)_nから成り, 比重1.20, 電子密度3.25×10²³個/瓦, $\bar{Z}T=5.47$, $\bar{Z}K=5.85$ である.

③ 照射条件

Co⁶⁰ (約60キュリー)のγ線及び管電圧 100kVp ~ 200kVp のX線を照射した. X線の特性は次の如くである.

管電圧 (kVp)	附加フィルター (mm)	半價層 (mm)	実効エネルギー (kV)
100	—	0.20Cu	44
150	0.5Cu+0.5Al	0.88Cu	76

200 1.5Cu+0.5Al 1.80Cu 103
照射野は, air cavity の位置において X線では 5 cmφ, Co⁶⁰ γ線では 3.5cm×4.5cmである.

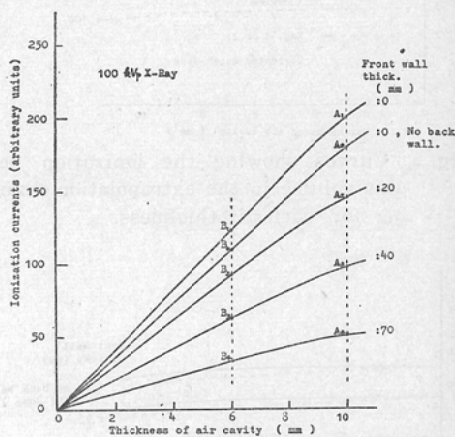


Fig. 4a. Observed variations of ionization with air thickness for each wall thickness (Exp. 1 and 2). The air thickness is confined to desired size by electrode spacing. The front wall thickness noted in the figure means the added wall thickness in front of the experimental chamber. The curve A₀-B₀ shows the ionization corresponding to air does, because both front and back wall materials are not added.

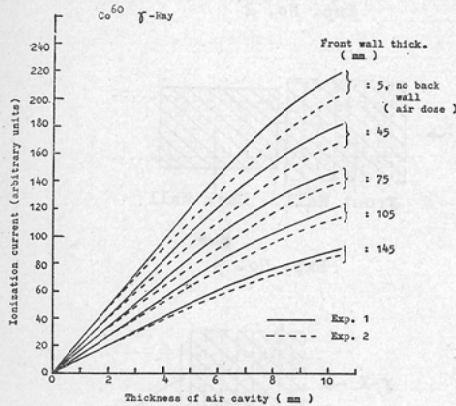


Fig. 4a. Observed variations of ionization with air thickness for each wall thickness.

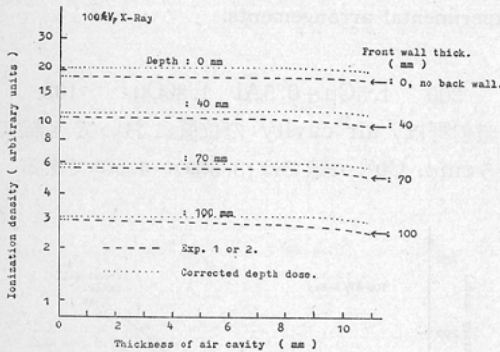


Fig. 5a Curves showing the ionization per unit volume in the extrapolation chamber for each air thickness.

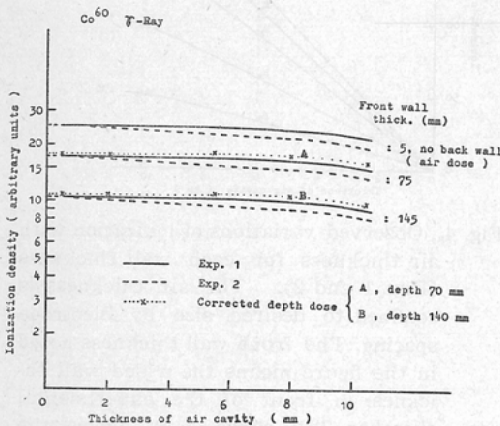


Fig. 5b Curves showing the ionization per unit volume in the extrapolation chamber for each air thickness.

III. 実験結果

① 電離密度と空洞体積との関係^{(11)–(13)}

Fig. 4a, 4b に示す如く、ルサイト内任意の深さにおける全電離電流は両電極間に介在する空気層厚の増加に伴って一様に増加する。然しその様子は 100kVp X線と Co⁶⁰ γ 線とでやゝ異り、前者では側壁 side wall の有無に関係なくほぼ直線であるに対し、Co⁶⁰ γ 線では曲線を描き而も側壁の効果が著明であつた。

従つて、電離密度(全電離電流/空洞体積)と空洞体積との関係は Fig. 5 の如くであつた。即ち、100kVp X線の場合、任意の前壁厚についての電離密度は側壁の有無に関係なく空気層厚 4 mm までは外挿値に等しい一定値を示すが 5 mm 以上では漸減の傾向であつた(空気層厚 8 mm で 4% 減, 10 mm で 11% 減)。但し前後壁を附加しない時には、空気層厚 9 mm まで同一の電離密度であつた。これに深さの補正(Fig. 6, Table 1 参照)を加えると、空気層厚 8 mm までほぼ同一の電離密度が得られた(Fig. 5a の点線)。Co⁶⁰ γ 線では、側壁のない場合の電離密度は電極間隔の増加と共に漸減(空気層厚 0.5 mm の時の値に比し空気層厚 5 mm で 8.5% 減, 8 mm で 15% 減, 10 mm で 21% 減)するが、側壁の附加によつて 5 mm まで一定となつた(Fig. 5b の実線)。尚、150kVp, 200kVp X線も 100kVp X線に類似の傾向を示した。

これらの結果は、空洞が無限小でなければならぬと云う原則が実際上は諸種の因子(空洞内に発

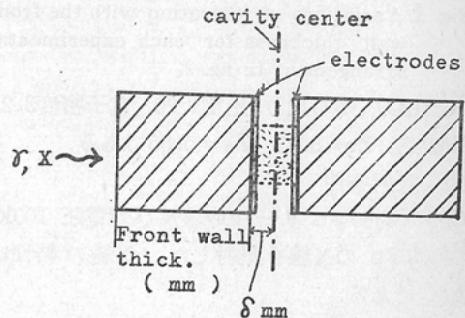


Fig. 6. Schematic diagram as to the depth and front wall thickness. The thickness of front electrode is 1 mm. Depth = Front wall thick. + δ

Table 1. Values of δ

To estimate the depth doses of Co^{60} γ -ray, the values in bracket are to be adopted.

air thick. (mm)	δ (mm)
0.5	1.25 (4.25)
1.0	1.50 (4.50)
2.0	2.00 (5.00)
5.0	3.50 (6.50)
8.0	5.00 (8.00)
10.5	6.25 (9.25)

Table 2. Values of tumor air ratio.

Tumor air ratio (%)				Focus cavity distance: 100cm Field at cavity: 5 cm ϕ .
Depth (mm)	100kVp	150kVp	200kVp	Co^{60}
0	113	108	106	
5	111	107	103	101
10	105	104	100	98.0
20	91.0	94.0	92.0	96.0
30	76.0	82.4	80.3	90.4
40	62.7	70.2	70.1	86.0
50	50.8	59.7	60.5	80.7
60	41.2	50.2	52.0	75.8
70	32.4	42.0	44.0	70.5
80	26.0	34.7	37.3	66.2
90	20.8	28.3	31.4	62.0
100	16.3	23.3	26.6	58.0
110	13.0	19.3	22.5	54.0
120	10.2	15.7	19.0	50.2
130	8.00	12.9	15.7	46.8
140	6.30	10.8	13.0	43.8
150	4.90	8.60	10.7	40.3

生する2次電子、深さの補正等)によって補償されることを示している。即ち、空洞の電極間隔が8mm以下(100~200kVp X線)又は5mm以下(Co^{60} γ 線)であるならば、電離密度は無限小体積における値にほぼ等しいであろう。

② Tumor Air Ratio^{(14), (15)}

X線管焦点(又は Co^{60} γ 線源)から1mの位置における Tumor Air RatioをTable 2に示す。照射野は前項II. ③の通りである。この数値は、前後の壁物質を附加しない場合(但し Co^{60} γ 線では壁厚5mm)の電離密度に対する各深さの電離

密度の比率である。前項に述べた如く空洞が大きいと絶対の電離密度は小さいけれども、相対比としての Tumor Air Ratioは空洞の大きさに関係なくほぼ同一の値であった。

③ 透過線の減弱 (Fig. 7)

Exp. 3の実験条件で測定した電離密度は、Fig. 5_{a, b}の破線に類似であった。従つて、前壁のない

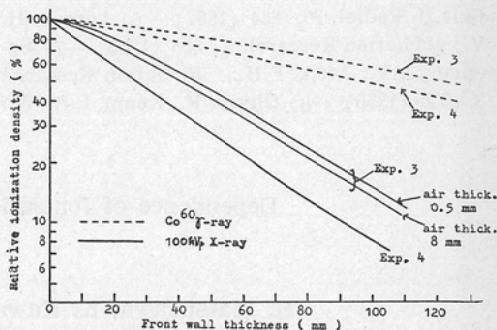


Fig. 7. Variations of percentage exit doses with the front wall thickness for Exp. 3 and 4.

時の電離密度に対する各前壁厚における電離密度の比(透過線量率)は、X線の場合空洞の大小に依存する結果となつた。例えば100kVp X線で前壁厚10cmの場合、電極間隔8mmでは0.5mmに比して約10%小さい値であった。これに反し、 Co^{60} γ 線ではこの様な差異が認められなかつた。

次にExp. 4の実験条件でX, γ 線の透過線量率を求めたが、空洞体積の大小による減弱率の相違は認められなかつた。それ故、X線の場合Exp. 3における透過線量率の空洞体積依存性は、前壁厚をparameterとするExp. 1, 2の電離密度についてと同様、側方からの散乱線が発生させる低エネルギー2次電子の寄与に帰因すると思われる。

IV. 結 論

外挿電離槽を用い、ルサイト内 air cavityの大きさと電離の関係を検討して次の結果を得た。

- 1) 空洞の空気層厚が8mm以下(100~200kVp X線)又は5mm以下(Co^{60} γ 線)であれば、空洞理論の原則に適合する電離密度を實際上得ることが出来る。
- 2) 電離密度の相対値として表わされる Tumor Air Ratioは空洞の大きさに無関係であ

る。3)低エネルギーX線の場合、媒質直後における透過線量率は空洞の大きさに依存する。

文 献

- 1) Gray, L. H.: Proc. Roy. Soc. (London) A 156, 578 (1936). —2) ICRU Report, NBS Handbook No. 62 (1957). —3) Wang, T.J.: Nucleonics 7, 55 (1950). —4) Burch, P.R.J.: Radiation Research 3, 361 (1955). —5) Greening, J. R.: Brit. J. Radiol. 30, 254 (1957). —6) Larson, H. V.: Radiation Research 5, 558 (1956). —7) Spencer, L.V., Attix, F.H.: Radiation Research 3, 239 (1955). —8) Oliver, R., Kemp, L.A. W.: Brit. J. Radiol. 22, 33 (1949). —9) Quimby, E. H., Laurence, G.C.: Radiology 35, 138 (1940). —10) Failla, G.: Radiology 29, 202 (1937). —11) Ibrahim, A. A. K., and Wilson, C. W.: Brit. J. Radiol. 25, 57 (1952). —12) Attix, F. H., Vergne, R., and Ritz, V. H.: J. Research N.B.S. 60, 235 (1958) Research Paper 2842. —13) Klumpar, J.: Report of 2nd. United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy p. 162 (1960). —14) 小野山: 日本医放会誌, 20, 733 (1960). —15) Johns, H.E., Morrison, M.T., and Whitmore, G.F.: Amer. J. Roentgenol. 75, 1105, (1956).

Dependence of Ionization Currents on Air Cavity Size

By

H. Matsuzawa, K. Kawashima, Y. Takaku and T. Inada

Physics Division, National Institute of Radiological Sciences (Director G. Ito)

Using an extrapolation ionization chamber, the relations between the ionization currents and the volume of air cavity in lucite are examined and the following results are derived.

- 1) While the air thickness of the cavity is less than 8 mm for 100-200 kVp x-ray or less than 5 mm for Co⁶⁰ gamma-ray, it is attainable to obtain the ionization currents adaptable for the cavity theory principle.
- 2) The tumor air ratios taken as the relative values of the ionization currents are independent of the cavity volumes.
- 3) As for the low energy x-ray, the percentage exit doses just behind the wall materials are depending on the cavity volumes.