

# 子宮頸癌の $^{60}\text{Co}$ 遠隔照射法, 特に骨盤内線量 分布に関する研究

Studies on Tele  $^{60}\text{Co}$  radiation in Carcinoma colli, particularly  
on the Dose Distribution within the pelvis

熊本大学医学部産科婦人科学教室 (主任 加来道隆教授)

大学院学生 竹 昌 和 夫 Kazuo TAKEHATA

## 緒 言

子宮癌のレ線療法は, 1902年 Delphy, Seitz-Wintz により, ラジウム療法は1905年 Abbe により夫々始められ, 以後レ線療法は病巣部と周囲健常組織との感受性を大ならしめんとする生物学的要因と, 健常隣接臓器を被護しつつ病巣部線量を大ならしめんとする物理学的要因とを主眼にして照射法の工夫改善が試みられ, 全身一時照射法, 飽和照射法, 分割照射法, 節照射法, さらに廻転照射, 振子照射及び集光照射等の移動照射法が考案されると同時に, 又線質の方面からレ線質をラジウムの $\gamma$ 線に似させた超高压及び $\gamma$ 線照射法が試みられるに至った。ラジウムの経皮照射により優れた治療効果のある事は Krönig (1911), Lysholm (1915) 等が既に発表しているが, 大量のラジウムを必要とし, 十分な照射装置が得られないために普及しなかつた。戦後原子核物理の進歩は目覚しく, アメリカの Clinton やカナダの Chalk River の原子炉でラジオアイソトープが多量に生産され, トレーサーとして生物学や診断学に応用せられる許りでなく,  $\beta$ 線や $\gamma$ 線の放出体として広く治療に応用せられて来た。就中半減期が比較的長く然も強エネルギーの $\gamma$ 線を放出する  $^{60}\text{Co}$  や  $^{137}\text{Cs}$  が, ラジウムに比して大量に且つ廉価で生産される様になり, 爾来ラジウムの代用として  $^{60}\text{Co}$  遠隔照射が注目されて来た。我が国では中泉 (1934), 山川 (1935) 等がラジウムによる遠隔照射を試みたが, ラジウムが高価で多量に得られないために普及しなかつた。戦後  $^{60}\text{Co}$  の輸入により1952年以来50乃至100curie 照射装置が考案され, 最近では1,000curie 廻転照射装置も運転される様になり, 放射線療法の進歩には注目すべきものがある。かゝる照射装置の進歩発展に伴い充分な深部量が容易に得られる様になったが, 如何なる照射目標にどれだけの線量を, 時間的に空間的に配量するかを十分に検討する必要

があり, 唯漫然と  $^{60}\text{Co}$  療法を行う事は放射線療法の成果が見られぬのみならず, 徒らに放射線障害を伴うので実に危険と云わねばならぬ。当教室では, 昭和33年1月より東芝製RI-103C型  $^{60}\text{Co}$  遠隔照射装置を用い, 子宮頸癌の治療を行っているが, 治療成績の向上を計り, 副作用を減少せしめるため, 本装置の性能及び各種照射法に於ける線量分布をファントーム及び人体で測定し, 本装置による至適照射術式を検討した。

## 第1章 教室設置 $^{60}\text{Co}$ 照射装置とその性能

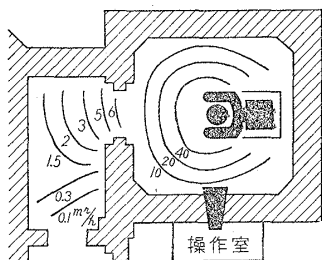
### 第1節 装 置

$^{60}\text{Co}$  遠隔照射装置は東芝製RI-103C型<sup>1)</sup>で,  $^{60}\text{Co}$  収容器 (定格収容量300curie, 現在250curie 収容), 照射紋り, 収容器支持装置, 電動押釦操作器及び治療台より構成される。 $^{60}\text{Co}$  線源は電動で収容器内を上下に移動し, 移動範囲は定位置 (Position S) から5cmの所 (Position 1), 10cmの所 (Position 2)迄で照射紋りの外部に5cm, 10cmの照射筒を附けて使用する事により, 線源表面間距離 (SSD) は30, 35及び40cmに, また照射筒なしで20cmとなし得る。 $^{60}\text{Co}$  収容器の上下移動は92cm, 左右廻転は180°, 前後廻転は180°及び絞り廻転は90°である。線源の開閉はシャッター廻転式で, 停電の際は手動的に線源の開閉が出来る。

### 第2節 治療室と漏洩線, 散乱線<sup>2)3)</sup>

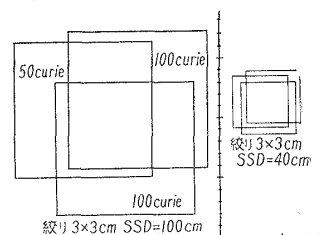
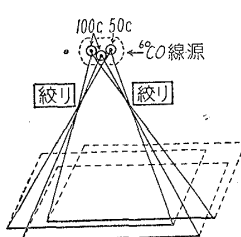
治療室は地下に位置し, 厚さ70cmのコンクリートで囲まれ, 治療中の患者は操作室より両側含鉛ガラス内に水を満した厚さ100cmの, のぞき窓を通じて監視出来る。 $^{60}\text{Co}$  は $\gamma$ 線を絶えず放射しているので, それが少量であつても治療室内の漏洩線と散乱線を測定し, 危険度を知る事が必要である。治療室内の漏洩線と散乱線を東芝製電離槽型サーベイメータ (SBI-52101型) で測定すると, 線源より1mの距離で, off の時は3.0mr/h, on の時は50mr/h,  $^{60}\text{Co}$  収容器の患者側最大漏洩線は13

表面間距離40及び100cm、照射絞り $3 \times 3$ でレ線フィルムに感光させると、線源位置のズレによる照射野内部の不均衡が見られ、SSDが大きくなればなる程このズレは大きくなり、治療上不都合である(第3, 4図)。かゝる見地より線源には比放射能の強い小容積線源が望まれる。



照射野の中心位置は照射皮膚上に十字線を投影させて指示し、照射野の幅は照射絞りと線源の位置で決定して

第4図 線源のズレによる照射野のズレ



$^{60}\text{Co}$  線源<sup>7)</sup>には公称 100curie 2個と 50curie 1個を使用しており、100curie は比放射能 31乃至 41curie/g で 10mm $\phi$ ×2mm の円板 2枚を 50curie 線源には 1枚を夫々真鍮のカプセルに封入している。本装置に於ける線強度<sup>8)9)</sup>を Reed Curtis 社製シンチレーション型線量計 Probitron 及び東芝深部線量計を用いて、治療状態に於ける主線軸上で測定すると計算値に比して可なり低値が得られた(第1表)。之は公称 curie 数が少いか、或は線源の自然減衰や自己吸収<sup>10)</sup>及び容器ごとにかプセルによる吸収のためかと考えられる。 $^{60}\text{Co}$  は 1.173 MeV と 1.332 MeV の2本の $\gamma$ 線を放出し、これから計算すると 1 curie の出力は、自己吸収、カプセル及び2次電子濾過板等の吸収がなければ 1 m で 1.28r/h である。

いる。本影及び半影が、照射絞りと線源の位置により、如何なる影響を受けるかを理論的に検討するため、本影 (D) と半影 (P) の作図により D 及び P を求めると、
$$D = S + \frac{1(b-S)}{a}, P = \frac{Sl}{a} - S$$
 となる (第 5 図)。先ず S S D を 40cm の一定値にし、Source Position を変えた場合の半影の大きさ及び絞りと照射野との関係を探ると、Position S の半影が最も小さい (第 6 図)。さらに Source Position を一定 (Position S) にし、S S D を変化させた場合の半影及び絞りと照射野との関係を探ると、S S D が小さい程半影も小さくなる (第 7 図)。以上の結果から半影 (P) は照射絞り (b) に関係せず、半影を小さくするには、線源 (S) に比放射能の大きい小容積の物を選び、線源絞り間距離を絞りからの二次線飛程外<sup>12)</sup>にして、出来るだけ近づけるべきである。

半影及び線源位置のズレによる照射野のズレが大きく

本装置の各  $^{60}\text{Co}$  線源の位置的關係を知るため、線源

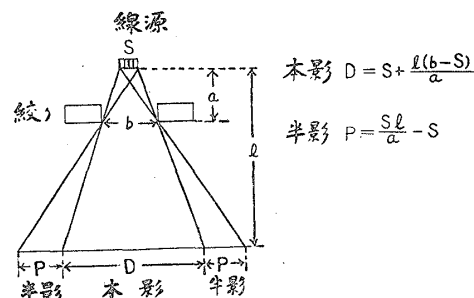
第5図 本影と半影の作図

| 距離<br>cm | 実 測 値                             |              | 計 算 値  |
|----------|-----------------------------------|--------------|--------|
|          | Reed Curtis<br>Roentgen Probitron | 東 芝<br>深部線量計 |        |
| 25       | 45.0 %                            | 35.5 %       | 85.3 % |
| 30       | 34.8                              | 26.5         | 59.3.  |
| 35       | 24.9                              | 21.5         | 43.5   |
| 40       | 18.7                              | 17.0         | 33.3   |

昭和33年1月現在

CO<sup>60</sup> 250 Curie 線源 (オークリッチ研究所製)

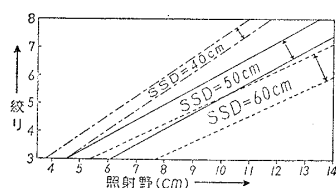
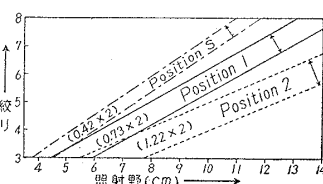
日本放射性同位元素協会にて昭和32年9月27日測定結果  
公 称 100 curie 線 源 ----- 88 rhm  
" 100 curie " ----- 91 "  
" 50 curie " ----- 51 "



昭和35年7月1日

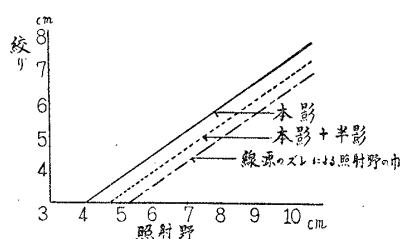
竹 島

1161-85

第6図 SSDを一定にし  
Source Positionを変え  
た時の半影(SSD40cm)第7図 Source Position  
を一定 (S) にし SSD  
を変えた時の半影

なれば、照射野周囲が不必要に広く照射され、容積線量の増大とともに、治療患者の副作用が多くなるのみならず、治療上甚だ不都合である。当教室ではSSD40cmで照射を行っており、この時の本影及び半影の関係を作図による計算で求め、線源のズレによる照射野の幅をレ線フィルムに感光させて実測すると、実測値は計算値に比して大きな値を示す(第8図)。之等半影除去について、照射絞り及び照射筒の研究<sup>7)13)~15)</sup>があるが、未だその完全なものを見ない。

第8図 絞りと照射野との関係



## 第2章 水ファントム中の深部線量

### 第1節 深部量率

1) 実験方法  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線測定には、化学的測定法<sup>16)~20)</sup>、生物学的測定法<sup>8)21)</sup>及び物理学的測定法等<sup>14)22)~27)</sup>が用いられており、夫々一長一短がある。著者は Reed Curtis 社製シンチレーション型線量計 Probitron を使用して、各種照射野の線量を、SSDを変化させて主線軸方向に於て測定したが、測定前には必ず10mgの標準ラジウムで線量計を矯正した。ファントムは木板及び Lucite 板で作った $30 \times 30 \times 30\text{cm}^3$ の水槽を使用し、車でプローブを前後左右に移動出来る装置を取り付けた。

2) 実験成績 深部線量は放射線のエネルギーの強さ、線源表面間距離及び照射野の大きさに左右される。 $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線は平均1.25MeVのエネルギーを持ち、水ファントム中で測定すると、3MeVの超高圧発生装置に相当し<sup>23)28)29)</sup>、最大線量は皮下4乃至6mmの深さにあると云われている<sup>12)23)24)30)</sup>。前記水ファントムの深

さ5mmの点に、プローブの中心を位置させ、この点の線量を100%にした深部量率は、SSD40cm、深さ10cm、 $10 \times 10\text{cm}^2$ で47.0%、 $5 \times 5\text{cm}^2$ で42.7%の値を示した(第2表)。之を Grebe u. Wiebe のレ線深部量率表<sup>38)</sup>より、半価層 0.9mmCu, FSD 40cm, 照射野 $10 \times 10\text{cm}^2$ のレ線深部量率29.0%と比較し、 $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線の方が遙に高率である。

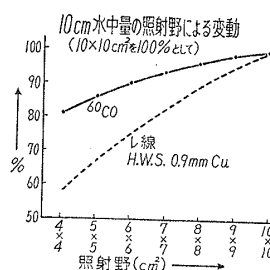
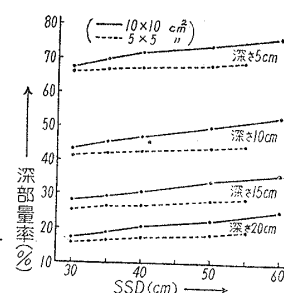
第2表 深部量率 SSD 40cm S-Position S

| 照射野<br>深さ   | $10 \times 10$<br>$\text{cm}^2$ | $10 \times 8$<br>$\text{cm}^2$ | $10 \times 6$<br>$\text{cm}^2$ | $10 \times 5$<br>$\text{cm}^2$ | $10 \times 4$<br>$\text{cm}^2$ | $5 \times 5$<br>$\text{cm}^2$ |
|-------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 0.5<br>(cm) | 17.66%<br>100(%)                | 17.58%<br>100(%)               | 17.50%<br>100(%)               | 17.30%<br>100(%)               | 17.00%<br>100(%)               | 16.78%<br>100(%)              |
| 1           | 93.7                            | 97.0                           | 96.9                           | 96.7                           | 96.5                           | 96.3                          |
| 2           | 90.2                            | 90.0                           | 89.7                           | 89.1                           | 88.7                           | 88.3                          |
| 3           | 84.2                            | 83.7                           | 83.1                           | 82.4                           | 81.6                           | 80.7                          |
| 4           | 78.0                            | 77.5                           | 76.6                           | 75.5                           | 74.9                           | 74.1                          |
| 5           | 72.0                            | 71.3                           | 70.3                           | 69.5                           | 68.4                           | 67.6                          |
| 6           | 66.3                            | 65.7                           | 64.7                           | 63.7                           | 62.6                           | 61.7                          |
| 7           | 61.1                            | 60.5                           | 59.4                           | 58.4                           | 57.3                           | 56.2                          |
| 8           | 56.2                            | 55.5                           | 54.5                           | 53.4                           | 52.4                           | 51.4                          |
| 9           | 51.7                            | 51.0                           | 49.8                           | 48.9                           | 47.9                           | 47.0                          |
| 10          | 47.0                            | 46.8                           | 45.7                           | 44.9                           | 43.8                           | 42.7                          |
| 11          | 43.5                            | 42.9                           | 42.0                           | 41.0                           | 40.0                           | 38.9                          |
| 12          | 39.6                            | 39.2                           | 38.3                           | 37.4                           | 36.4                           | 35.3                          |
| 13          | 36.5                            | 35.9                           | 35.0                           | 34.3                           | 33.0                           | 32.0                          |
| 14          | 33.5                            | 33.0                           | 32.0                           | 31.0                           | 30.0                           | 28.9                          |
| 15          | 30.7                            | 30.2                           | 29.3                           | 28.4                           | 27.4                           | 26.3                          |
| 16          | 28.0                            | 27.5                           | 26.8                           | 26.0                           | 25.0                           | 24.0                          |
| 17          | 25.8                            | 25.0                           | 24.5                           | 23.6                           | 22.7                           | 21.8                          |
| 18          | 23.8                            | 23.0                           | 22.0                           | 21.4                           | 20.3                           | 19.8                          |
| 19          | 22.0                            | 21.1                           | 20.4                           | 19.6                           | 18.4                           | 18.0                          |
| 20          | 20.3                            | 19.5                           | 18.8                           | 18.0                           | 17.1                           | 16.6                          |

昭和34年4月20日現在

3) 照射野の大きさ及びSSDの変化による深部量率の影響 照射野中心部線量の照射野の大きさによる変動は、照射野の大きさに比して増大するが、レ線に比してその増減は少く、SSD40cm、照射野 $10 \times 10\text{cm}^2$ 、深さ10cmに於ける線量を100%にすると、照射野 $7 \times 7\text{cm}^2$ で93.5%、 $4 \times 4\text{cm}^2$ で81.4%を示す(第9図)。照射野 $10 \times 10\text{cm}^2$ と $5 \times 5\text{cm}^2$ の深部量率をSSD30乃至60cmに於て求めると、SSDを増す程、深部量率は良好となる(第10図)。SSD40cm、深さ10cmに於ける両照

第9図

第10図 SSDと深さの  
変化による深部量率

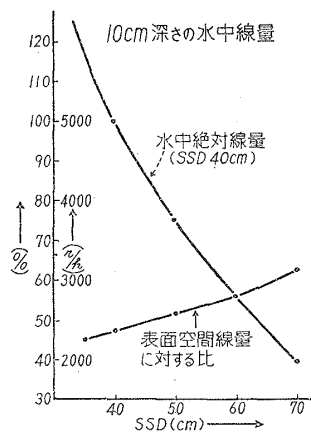
射野間の深部量率の差は 4.7%であり、レ線 (H.W.S.

1.0mmCu) の両照射野間の差10%に比較し、約半分の値を示した。 $^{60}\text{Co}$  深部量率の照射野による変動がレ線のそれに比して少いのは、 $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線がレ線に比較してエネルギーが高いため、側方及び後方散乱線が減少するからである。レ線 (H.W.S. 1 mmCu) の背後散乱線は照射野25乃至 400cm<sup>2</sup> で 24 乃至 49%である<sup>32)</sup>のに対し、 $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線では 2 乃至 5 %<sup>23) 30)</sup>と云われている。

### 第2節 表面空間線量に対する水中線量

以上の深部量率は水中 0.5mmの点を100%にした値であり、表面空間線量に対する線量率は、SSD 40cm, 照射野 10×10cm<sup>2</sup>, 水中深さ 10cm で 49.3 %を示し、前者の 2.3%増加となるが、両者を殆んど同一視しても、臨床には差支えないと思われる。本装置に於ける照射野 10×10cm<sup>2</sup>で、SSD を変化させた場合の10cm水中絶対線量とその部位に於ける深部量率を検討すると、SSD が増加すれば、深部量率も増加するのは当然であるが、その増加率が軽度なのに反し、絶対線量は急激に減少し、更に半影及び線量のズレによる照射野のズレも大きくなるので、本装置に於ては SSD 30乃至50cmで治療を行う事が好ましいと思われる (第11図)。

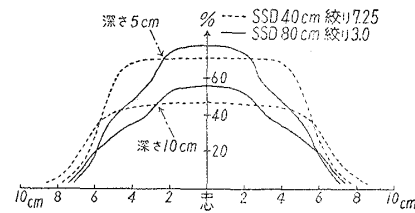
第 11 図



### 第3節 水中横の線量分布

SSD 40及び80cmで、水中深さ 5, 10及び15cmに於ける線量横断面上の中心軸線量を求めると、SSD 40cmに於ては、中央部線量はほぼ均等であり、辺縁部は半影及び線源のズレによる照射野のズレがあるが、線量のやゝ急激な減少が見られる。併し SSD を80cmの長距離にすると、線源位置のズレによる照射野のズレも著しくなるため、照射中心部線量は不均等となり、辺縁部は緩漫に減少する (第12図)。かゝる点からも、唯単に SSD を長

第12図 水中線量率横の分布状態



くする事は考慮すべきであり、治療に先だち充分に検討すべき事を痛感する。

### 第4節 等線量曲線

前記水ファントム中で照射野中心部は 1 cm間隔で、辺縁部は 0.5cm間隔で線量を測定し、等量点を結んで等量曲線を求めた。この等量曲線は 200KVp 級のレ線のそれと比較し、線量中心部が平坦で一樣になる<sup>13) 14) 23) 25)</sup>

<sup>31)</sup> (第13図)。 $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線は背後及び側方散乱線が少いので、照射線量中心部の線量は、原理的に著しく減少するはずであるが、レ線に比して透過性が大であるため、照射絞り、半影除去及び線源の大きさ等を考慮しなくては、照射野外にも相当の漏洩が起る事になる。

### 第5節 深部量率の理論的考察

Mayneord<sup>33) 34)</sup> は SSD の変化による深部量率の変化を検討し、小照射野に於ける深部量率を距離逆自乗の法則により直接求めた F factor より推定し、大照射野に於ける深部量率は F factor による推定値より幾分小さく、 $1+F/2$  factor による推定値より大きいと述べている。

$$F \text{ factor} = \left( \frac{f_2 + m}{f_1 + m} \cdot \frac{f_1 + d}{f_2 + d} \right)^2$$

$f_1$  = 参照する SSD (深部量率既知の SSD)

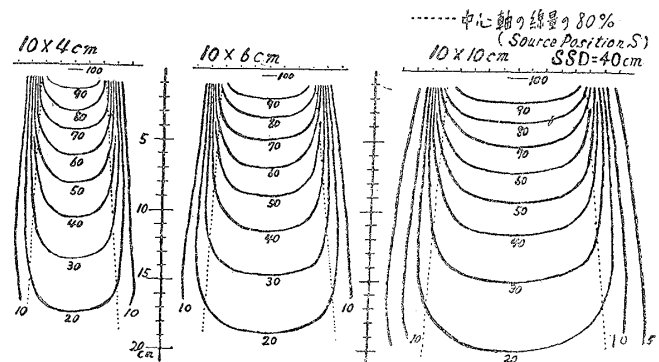
$f_2$  = 求める任意の SSD

$d$  = 深さ

$m$  = 皮下最大線量の加わる深さ

求める深部量率 =  $F \times$  参照した既知の深部量率 (K)

第13図 等量曲線



昭和35年7月1日

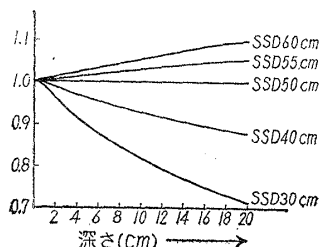
竹 島

1163—87

John 等<sup>24)25)</sup>は1000curie 装置で、既知のSSD80cmの深部量率より、SSD50乃至100cm、照射野0乃至400cm<sup>2</sup>迄のF factorを求め、実測値と比較検討し、照射野100cm<sup>2</sup>迄は1%以上の誤差を生ずる事なく使用出来ると述べている。

著者はSSD50cmの実測値を基にして、SSD30, 40, 50, 55及び60cmのF factorを計算で求め(第14図)、5×5cm<sup>2</sup>と10×10cm<sup>2</sup>の照射野に於ける深部量率の計算値と実測値を比較した。その結果、両者は殆んど一致し、計算の基としたSSDに近い程、誤差も少い(第3表)。

第14図 F-factor (SSD 50cmに対して)



第3表 実測値と計算値との比較

| 照射野        | 50    |      | 60    |      | 55    |      | 40    |      | 30    |      |      |      |      |      |
|------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 深さ<br>(cm) | 10×10 | 5×5  | 10×10 | 5×5  | 10×10 | 5×5  | 10×10 | 5×5  | 10×10 | 5×5  |      |      |      |      |
| 0.5        | 90.7  | 89.0 | 92.0  | 91.6 | 90.0  | 89.5 | 90.2  | 89.4 | 88.3  | 87.7 | 88.7 | 87.3 | 87.8 | 85.6 |
| 2          | 78.8  | 75.2 | 81.7  | 80.5 | 75.9  | 76.1 | 78.0  | 76.3 | 72.1  | 72.8 | 74.6 | 72.4 | 73.4 | 69.7 |
| 4          | 68.4  | 63.0 | 71.5  | 70.7 | 64.0  | 64.1 | 66.3  | 65.2 | 61.7  | 60.1 | 62.5 | 60.3 | 60.7 | 55.6 |
| 6          | 58.0  | 52.7 | 62.0  | 60.6 | 53.7  | 53.9 | 56.2  | 54.5 | 51.4  | 49.5 | 52.5 | 49.2 | 49.7 | 44.7 |
| 8          | 50.7  | 43.8 | 53.5  | 53.5 | 44.7  | 45.1 | 47.0  | 47.0 | 42.7  | 40.6 | 43.5 | 41.6 | 41.0 | 35.9 |
| 10         | 43.2  | 36.6 | 46.1  | 46.0 | 37.5  | 37.9 | 39.6  | 39.5 | 35.3  | 33.1 | 36.3 | 34.3 | 33.7 | 28.2 |
| 12         | 36.6  | 30.6 | 39.3  | 39.3 | 31.3  | 31.9 | 33.5  | 33.1 | 28.9  | 27.6 | 30.3 | 28.2 | 27.8 | 23.6 |
| 14         | 31.1  | 25.7 | 33.7  | 33.7 | 26.4  | 27.0 | 28.0  | 27.8 | 24.0  | 23.0 | 25.0 | 23.3 | 22.8 | 19.3 |
| 16         | 26.4  | 21.6 | 29.0  | 28.8 | 22.5  | 22.6 | 23.8  | 23.3 | 19.8  | 19.1 | 20.5 | 19.3 | 19.0 | 15.8 |
| 18         | 22.5  | 18.2 | 25.5  | 24.7 | 19.2  | 19.1 | 20.3  | 19.7 | 16.6  | 15.9 | 16.7 | 16.1 | 15.5 | 13.0 |

### 第3章 骨盤内線量分布

<sup>60</sup>Co γ線はレ線に比較して深部率が良好であり、しかも骨による線吸収が極めて少いので<sup>24)36)37)</sup>、病巣に向って直接照射する事が可能である。併しそれだけ健常組織を障害する危険も多い。頸癌放射線療法に際し、小骨盤内を全部均等に照射するには大照射野を用いた遠隔照射のみでも、その目的は達せられるが、隣接する膀胱、直腸等の健常臓器は癌浸潤のない限り出来るだけ被曝を避け、且つ大腿骨頸部を過量照射しない様な、必要最小の照射野を設け、病巣部に十分な癌腫量を与え得る照射法を選択する必要がある<sup>39)</sup>。この目的で種々の照射法に於ける骨盤内線量分布を測定した。

#### 第1節 実験方法

深部量測定に関しては種々の研究<sup>40)~48)</sup>が見られるが、一般的方法には i) 線錐中心軸の深部量率表より計算する方法 ii) 各門の等量曲線より、各交点の線量を合計する方法 iii) 被照射部位内に多数の点を設け、等線量曲線又は線量計を用いて、各門からの線量を測定且つ合計し、等量点を結んで等量曲線を描く方法 (Point Plot Calculation) 等がある。方法 i) は体表面から腫瘍迄の深さに於ける各々の深部量率を合計して、深部線量を決定する方法である。之では線錐中心軸の合する点だけの線量しか決定出来ず、最大線量が何処に加わるのか又如何なる部位迄照射されるのかが解らぬ。方法 iii)<sup>49)50)</sup>は前者に比較して複雑であるが、測定部位の数を多くする事により、正確に線量分布状態を把握出来る。もし測定箇所を少なくする場合には、各主要臓器の解剖学的位置を下腹部断面図に記入し、測定位置を適当に選択すべきである。著者は Point Plot Calculation により、短径18cm、長径28cmの人体下腹部断面図上に1cm間隔の点を設け、之等の各点が各照射野から受ける線量の総和を合計記入し、等量点を結んで、骨盤内線量分布を求めた。Tod & Meredith によるA及びB点<sup>51)~53)</sup>は中心より2及び5cmの点とした。

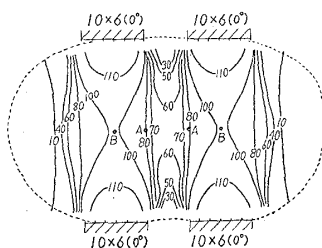
#### 第2節 垂直照射 (照射目標をB点)

1) 10×6cm<sup>2</sup>の前面野2門及び後面野2門、計4門照射法 各門を1巡すると、B点に1門照射量の100%、A点に80%、子宮陰部、膀胱及び直腸に約60%が照射される(第15図)。B点に3500rを照射するには1回照射量450rで、4門8巡照射が必要である。照射皮膚の被曝量を少くし深部量を増すには、更に照射門を設けるべきである。

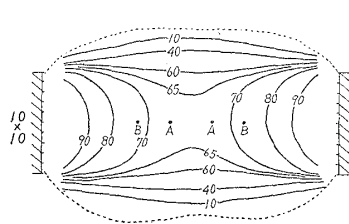
2) 10×4cm<sup>2</sup>の前面野2門、後面野2門及び10×10cm<sup>2</sup>の側面野2門、計6門照射法 1)の4門照射法に10×10cm<sup>2</sup>の側面野2門を追加すると(第16図)、最大線量は中心より5乃至6cm側方、即ち骨盤壁に加わり、B点に1門照射量の170%、A点に128%、中心部に67%が照射される(第17図)。1回照射量450rで6門5巡すると、B点に3825r、A点に2900r、中心部に1527rが照射される。

3) 10×6cm<sup>2</sup>の前面野2門、後面野2門及び10×10cm<sup>2</sup>の側面野2門、計6門照射法 最大線量は正中線より4乃至7cm側方の部位にあり、B点に1門照射量の174%が照射され、2)照射法とほぼ同量に加わる。A点及び中心部は各々152及び132%が照射され、中心部には2)照射法の約2倍量2960rが照射される(第18図)。

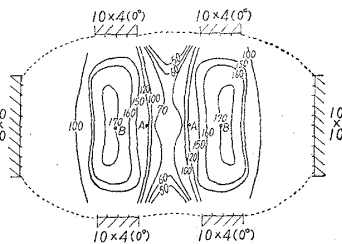
第15図



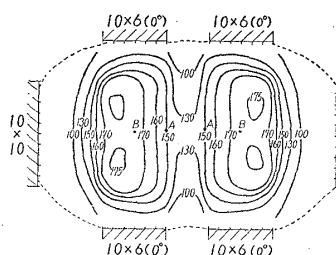
第16図



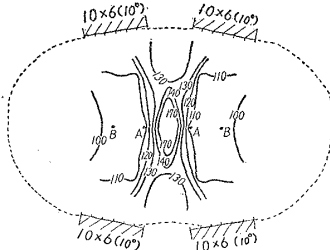
第17図



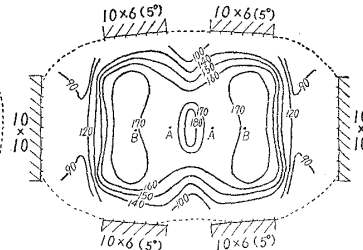
第18図



第19図



第20図



前面野及び後面野をさらに大きくし、 $10 \times 7 \text{ cm}^2$  にすると、A点、B点及び陰部はほぼ均等に照射され、各照射野を全部 $10 \times 10 \text{ cm}^2$  にすると、最大線量は陰部、膀胱及び直腸に加わり、B点線量の120%が照射される。

### 第3節 集中照射

1)  $10 \times 6 \text{ cm}^2$  の前面野2門 ( $10^\circ$  傾斜) 及び後面野2門 ( $10^\circ$ )、計4門照射法 中心部に最大線量に加わり、その値はB点線量の170%、A点線量は154%である。A及びB点はほぼ均等に照射され、1門照射量の100乃至110%が加わる (第19図)。

2)  $10 \times 6 \text{ cm}^2$  の前面野2門 ( $5^\circ$  傾斜)、後面野2門 ( $5^\circ$ ) 及び  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  の側面野2門、計6門照射法 最大線量は中心部に位置するが、骨盤内はほぼ均等に照射され、B点に1門照射量の169%、A点に159%、中心部に180%が照射される (第20図)。1回照射量450rで6門5巡照射すると、B点に3900r、A点に3650r、中心部に4050rが照射される。

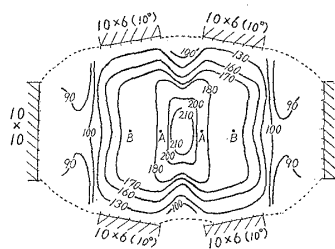
3)  $10 \times 6 \text{ cm}^2$  の前面野2門 ( $10^\circ$  傾斜)、後面野2

門 ( $10^\circ$ ) 及び  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  の側面野2門、計6門照射法 最大線量は中心部に位置し、1門照射量の210%が照射される。中心部より遠ざかるに従って漸次線量は減少し、A点に1門照射量の184%、B点に170%が加わる (第21図)。1回照射量450rで6門5巡照射すると、中心部に4725r、A点に4040r、B点に3825rが照射される。

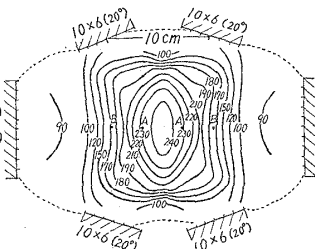
4)  $10 \times 6 \text{ cm}^2$  の前面野2門 ( $20^\circ$  傾斜)、後面野2門 ( $20^\circ$ ) 及び  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  の側面野2門、計6門照射法 B点の線量は  $5^\circ$  及び  $10^\circ$  傾斜の場合とほぼ同量で1門照射量の176%が照射される。中心部線量は傾斜角を増すに従って増加し、6門垂直照射の場合の1.7倍が照射される (第22図)。1回照射量450rで6門5巡照射すると、中心部に5400r、A点に5210r、B点に3960rが照射される。

5)  $10 \times 6 \text{ cm}^2$  の前面野2門 ( $30^\circ$  傾斜)、後面野2門 ( $30^\circ$ ) 及び  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  の側面野2門、計6門照射法。最大線量を受ける中心部の範囲が4)照射法より広

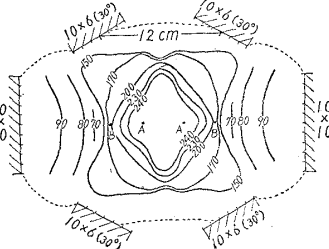
第21図



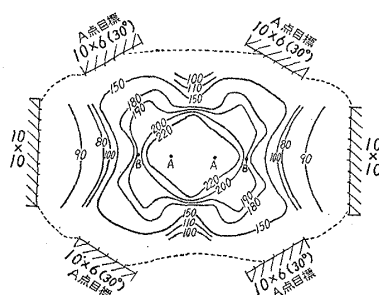
第22図



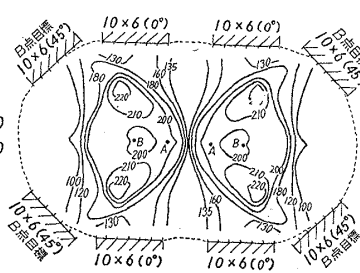
第23図



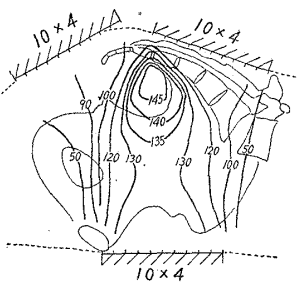
第24図



第25図



第26図



く、中心部及びA点線量はほぼ同量で1門照射量の240%が照射される。1側のB点は6門全部より照射されるので、前者のいずれの照射法より多くの線量加わる(第23図)。1回照射量450rで6門5巡照射すると、中心部及びA点に5400r、B点に4275rが照射される。

6)  $10 \times 6 \text{ cm}^2$  の前面野2門(30°傾斜・A点目標)、後面野2門(30°・A点目標)及び $10 \times 10 \text{ cm}^2$  の側面野2門、計6門照射法。5)の線量分布状態を左右に広げた様な等量曲線を示し、B点線量は1門照射量の190%で、5)照射法と同量であるが中心部線量は220%で、やや減少する(第24図)。

7)  $10 \times 6 \text{ cm}^2$  の前面野2門(垂直)、後面野2門(垂直)、 $10 \times 6 \text{ cm}^2$  の前斜方野2門(45°傾斜・B点目標)、後斜方野2門(45°・B点目標)、計8門照射法。最大線量は骨盤壁周辺にあり、B点に1門照射量の200%が照射される。正中線部分は前記集中照射の場合と反対に、最小線量加わり、1門照射量の135%が照射される(第25図)。1回照射量450rで8門5巡照射すると、正中線上に3038r、A及びB点に4500rが照射される。

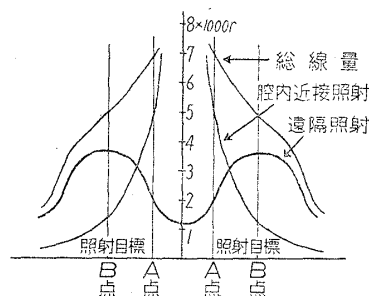
8)  $10 \times 4 \text{ cm}^2$  の前面野2門(垂直)、臀野2門(頭方へ40°傾斜)及び仙骨野2門(足方へ10°傾斜)、計6門照射法。B点を含む縦断面上に等量曲線を求めると、最大線量はB点よりやや背方に位置し、B点に130%が照射される(第26図)。1回照射量450rで6門6巡照射すると、B点に3600r、A点に2400r、腔部、膀胱及び直腸に1100rが照射される。以上の照射法中、この照射法の正中線量は、B点線量に比して最も少い。さらに各照射野を $10 \times 6 \text{ cm}^2$  にし、1回照射量450rで6門6巡照射すると、B点に3900r、A点に3360r、正中線に照射野 $10 \times 4 \text{ cm}^2$  の場合の約2倍量、2400rが照射される。

#### 第4節 小括

$^{60}\text{Co}$  遠隔照射で十分な深部量を与える事が可能になったが、照射法を誤ると膀胱や直腸等を障害する危険も増大したので、腔内近接照射を併用する場合には、最も理想的な線量分布が得られる様な遠隔照射術式を選ぶ

べきである。頸癌治療に際し、教室では、原発巣は先ず $^{60}\text{Co}$  小線源で腔内近接照射し、所属リンパ節及び傍組織には $^{60}\text{Co}$  遠隔照射を行う方針を取っている。遠隔照射では正中線部分を出来るだけ照射しない様な術式が望まれる<sup>53)54)</sup>。腔内近接照射はManchester法の变法に従い、原則として子宮腔内に、 $20\text{mc}+20\text{mc}+10\text{mc}$ 、腔内に、 $(20\text{mc}+10\text{mc}) \times 2$ 、又は腔内 $20\text{mc}+10\text{mc}$ 、腔内 $20\text{mc} \times 2$ になる様に線源を配置し、7乃至14日間隔で2乃至3回に分ち、照射を行っている(教室足達が近く発表の予定)。前記遠隔照射術式中、B点に充分な線量が照射され、しかも正中線部分が最も被曝されない術式は、 $10 \times 4 \text{ cm}^2$  の照射野で、前面野臀野及び仙骨野を用いた6門照射法である事が解った。之に腔内近接照射 $^{60}\text{Co}$  4000mchを併用した場合の線量は、A点に7000r、B点に5000rが照射される(第27図)。従来レ線治療に使用されていた、 $10 \times 10 \text{ cm}^2$  の大照射野を用いて、前面野、後面野及び側面野、計6門で $^{60}\text{Co}$  遠隔照射を行い、B点に3500rを照射すると、正中線に4200r加わる。さらに腔内近接照射を併用すれば、膀胱、直腸等の粘膜は勿論の事、大腿骨頸部骨折の危険も十分に考えられる。

第27図 腔内近接照射併用時の骨盤内線量分布



## 第4章 骨盤リンパ節の被曝量

### 第1節 下腹部ファントム及び測定法

60°に傾斜した靱帯骨盤及び大腿骨をパラフィンに包

埋し、断面 $28\times 18\text{cm}$ の類楕円形人体下腹部模型を作成し、骨盤腔のパラフィンを除去して水を満し、下腹部ファントムとした。今村<sup>1)</sup>は腹式広汎性子宮全剝術を受けた患者の所属リンパ節別出部及び基靭帯断端に、Dura Clip を装置し、立体撮影法によるレ線像から、仙腸関節下端或は恥骨上縁を原点とする之等の位置を求めた。著者はこの測定結果に従い、所属リンパ節、基靭帯断端、A及びB点の位置をファントム内に印し、測定部位とした。測定法は第4表の照射野（以下この条件にて照射す）を用い $10\times 4$ 、 $10\times 6$ 、 $10\times 8$ 及び $10\times 10\text{cm}^2$ で、SSD40cm、Source Position Sで照射し、前記線量計でプローブ固定装置を用いて、各点の線量を実測した。

第4表 照射野中心の位置

|     |                        |
|-----|------------------------|
| 前面野 | 恥骨結合上縁より頭方5cm更に側方5cmの点 |
| 後面野 | 仙尾関節より頭方2cm更に側方5cmの点   |
| 側面野 | 前腸骨棘より背方6cmの点          |
| 仙骨野 | 仙尾関節より頭方6cm更に側方5cmの点   |
| 臀野  | 仙尾関節より足方6cm更に側方5cmの点   |

## 第2節 実験成績

### A. 1門照射

照射野の大きさに比例して、各リンパ節への絶対量は増加するが、B点線量に対する割合は照射野の大きさに関係しない。

1. 前面野照射 深鼠蹊節に最も多くの線量加わり、 $10\times 4\text{cm}^2$ の照射野でB点線量の164%、次いで外腸節に116%が照射される。下腹節及び閉鎖節はB点線量に近く、閉鎖孔中心(82%)、基靭帯断端(76%)及び動脈分岐点(72%)等は、いずれもB点線量より少い。

2. 仙骨野照射 深鼠蹊節と外腸節はB点線量より少く、 $10\times 4\text{cm}^2$ の照射野で夫々、B点線量の74%、94%が照射される。他はB点より多くの線量を受け、B点線量比は閉鎖孔中心156%、基靭帯断端124%、下腹節120%、閉鎖節110%及び動脈分岐点110%である。

3. 臀野照射 基靭帯断端及び閉鎖孔中心はB点線量より多く、 $10\times 4\text{cm}^2$ の照射野で112%及び113%が照射される。他はB点線量より少く、閉鎖節92%、下腹節82%、外腸節78%で、動脈分岐点は38%と著しく減少する。

4. 後面野照射 仙骨野照射とほぼ同様に、閉鎖孔中心及び基靭帯断端に、 $10\times 4\text{cm}^2$ の照射野で、B点線量の149%及び125%が照射される。下腹節及び閉鎖節はB点線量とほぼ同値を示す。他はB点線量より少く、

動脈分岐点92%、外腸節85%及び深鼠蹊節75%である。

5. 側面野照射  $10\times 10\text{cm}^2$ の照射野に於ける照射側と反対側の各リンパ節被曝量は、他照射部位のそれに比して、B点線量に近い値を示し、反対側は殆んど差異を認めない。

### B. 多門照射

1. 前面野2門、仙骨野2門及び臀野2門、計6門照射法 各リンパ節が6門より受ける線量を合計し、B点線量と比較すると、 $10\times 4\text{cm}^2$ の小照射野を用いても、各リンパ節は充分に照射され、B点線量に近い値を示す(第5表)。

第5表 各リンパ節被曝量

| 照射野<br>測定部位<br>術式                                                                                        | B<br>点     | 下<br>腹<br>節 | 閉<br>鎖<br>節 | 閉<br>鎖<br>孔<br>中<br>心 | 外<br>腸<br>節 | 深<br>鼠<br>蹊<br>節 | 動<br>脈<br>分<br>岐<br>点 | 基<br>靭<br>帯<br>断<br>端 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|------------------|-----------------------|-----------------------|
| $10\times 4\text{cm}^2$ 前面野(2門)<br>$10\times 4\text{cm}^2$ 仙骨野(2門)6門<br>$10\times 4\text{cm}^2$ 臀野(2門)   | 100<br>(%) | 98.1        | 99.4        | 120.0                 | 95.0        | 102.5            | 71.3                  | 107.5                 |
| $10\times 4\text{cm}^2$ 前面野(2門)<br>$10\times 4\text{cm}^2$ 後面野(2門)6門<br>$10\times 10\text{cm}^2$ 側面野(2門) | 100<br>(%) | 109.2       | 98.7        | 109.7                 | 101.6       | 110.3            | 84.2                  | 97.6                  |

2. 前面野2門、後面野2門及び側面野2門、計6門照射法 1の照射法と同様に、各リンパ節被曝量はB点線量とほぼ一致するので、B点線量を骨盤リンパ節被曝量と見做してよいと思われる(第5表)。

## 第5章 A点、B点及び腔部線量

### 第1節 1門照射

前記ファントム中に於ける、正中線、A点及びB点線量を、各照射野毎に求めると、腔部線量は照射野の増大するに従って著しく増量し、 $10\times 4\text{cm}^2$ の照射野でB点線量の10乃至12%、 $10\times 10\text{cm}^2$ で75乃至100%が照射される。

### 第2節 多門照射

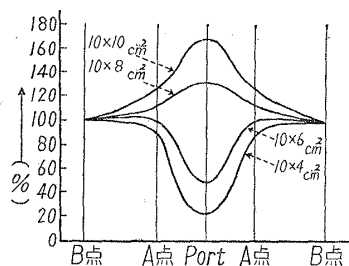
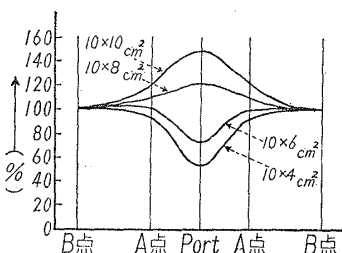
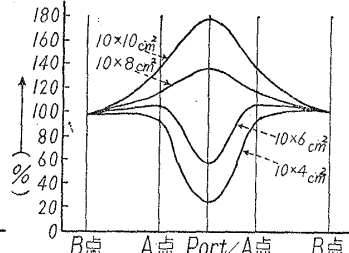
1) 前面野2門、臀野2門及び仙骨野2門、計6門照射 B点線量を100%とした場合の腔部及びA点線量を求めると、腔部線量は照射野の大きさにより著しく変動し、照射野 $10\times 10\text{cm}^2$ でB点の170%、 $10\times 4\text{cm}^2$ で21.3%が照射される。A点線量は照射野の大きさによる変動が少く、照射野 $10\times 10\text{cm}^2$ で、B点線量の125%、 $10\times 4\text{cm}^2$ で90%が照射される(第28図)。

2) 前面野2門、後面野2門及び側面野2門、計6門照射 腔部線量の照射野の大きさによる変動は1)の照射法に比して少く、照射野 $10\times 10\text{cm}^2$ でB点線量の149%、 $10\times 4\text{cm}^2$ で56.2%が照射される。A点線量は前者とほぼ同量で、照射野 $10\times 10\text{cm}^2$ でB点線量の121

昭和35年7月1日

竹 島

1167—91

第28図 前面野，臀野・仙骨野  
計6門照射第29図 前面野，後面野，側  
面野計6門照射第30図 前面野，後面野計4  
門照射

%,  $10 \times 4 \text{ cm}^2$  で95%が照射される(第29図). A, B点及び腔部を均等に照射するには, 前面野及び後面野の照射野を $10 \times 7 \text{ cm}^2$  にすればよい.

3) 前面野2門及び後面野2門, 計4門照射. 前記1)照射法と同様な線量分布を示し, 腔部は照射野 $10 \times 10 \text{ cm}^2$  でB点線量の179%,  $10 \times 4 \text{ cm}^2$  で22%が照射される(第30図).

### 第3節 人体子宮腔部線量

人体子宮腔部線量を30例の頸癌患者について, 前記線量計プローブを挿入して実測した. 照射野及びその中心位置を第4表の如く定め,  $10 \times 4$ ,  $10 \times 6$ ,  $10 \times 8$ 及び $10 \times 10 \text{ cm}^2$ の4種類照射野で,  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ 及び $10^\circ$ 内方傾斜を用い, 計36種の照射状態について, SSD 40cm, Source Position Sで経皮照射した. 各門とも照射野の大きさ及び照射角を増す程, 腔部線量は増加し, 照射野 $10 \times 4 \text{ cm}^2$ で垂直照射しても, 表面空中量の5乃至10%, 平均6%が照射される. 前面野及び後面野で集中照射した場合, その増加率は小照射野程大きく, 大照射野程少い. 大照射野 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ に於ける腔部線量は, 前面

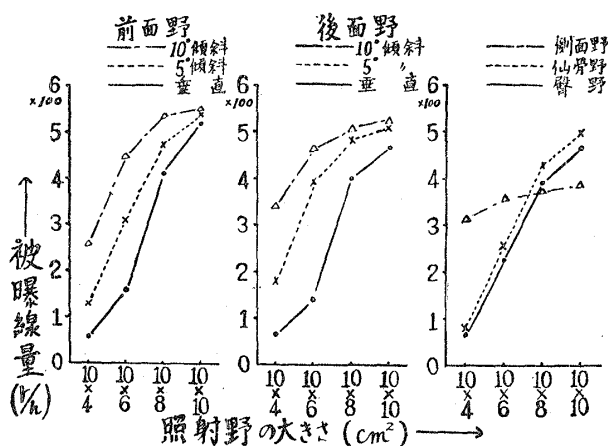
野, 後面野, 仙骨野, 臀野及び側面野の順に減少する(第31図).

### 第4節 小括

以上三つの照射法に於ける腔部線量は, 照射野の大きさにより著しく変動し,  $10 \times 4$ 及び $10 \times 6 \text{ cm}^2$ の照射野を用いると, 腔部はB点線量より少く,  $10 \times 8$ 及び $10 \times 10 \text{ cm}^2$ の照射野を用いると, B点線量より多くなる.

### 第6章 総括及び結論

子宮頸癌の放射線療法の眼目は, 隣接する膀胱, 直腸等の健常臓器を被護しつつ原発巣, 子宮旁組織及び転移を予想される所属リンパ節等に対して, 癌細胞を死滅させるに十分な線量を与える事である.  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 線は深部量率が良好で, しかも骨による吸収が少なく, 十分な深部量を与える事が可能であるが, それだけ膀胱, 直腸等の健常臓器を障害する危険も多い. 著者は骨盤内線量を充分に把握するため, 本装置の性能を検討し, 靱帯骨盤包埋パラフィンファントム及び水ファントムを使用して, 深部量率, 等量曲線, 腔部, A点及びB点線量, 骨盤内リンパ節被曝量等を測定した. 装置は東芝製RI-103C型で公称250curieを収容している. 本装置の線強度を東芝製深部線量計及びReed Curtis社製シンチレーション型線量計Probitronで治療状態に於て測定すると, 計算値に比して低値を示した. 次に本装置での線源配列状態と照射野との関係をレ線フィルムに感光させて検討すると, 線源のズレによる照射野のズレが見られた. 又照射絞りと本影及び半影との関係を計算で求め, 線源のズレによる照射野の幅をレ線フィルムに感光させて実測した. 水ファントム中で深さ5mmの点を100%にし,  $5 \times 5$ 乃至 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ の各照射野について, 深部量率を測定し, SSD 40cm, 深さ10cmでは総て42.7%以上であった. 又之等各照射野での等線量曲線を求めた. 本装置に於ける10cm水中絶体量と, その深部率及び半影の検討により, 本装置による照射ではSSD 30

第31図 人体子宮腔部線量  
(SSD=40 S-Position S)

乃至50cmが望ましい。

頸癌治療に際し、当教室では原発巣をまず腔内近接照射し、子宮旁組織や所属リンパ節を  $^{60}\text{Co}$  で遠隔照射する方針を取り、照射量は Garcia<sup>55)</sup>, Nolan<sup>56)57)</sup>, Paterson<sup>58)22)</sup> 等の文献を参考にして、当分の間6週間にA点へ6500乃至8000r, B点へ3500乃至5000rを一応の目標にしている。従つて  $^{60}\text{Co}$  による遠隔照射術式は子宮旁組織やリンパ節に充分量を照射し、しかも正中線被曝量の最も少ないものが望まれる。そこでファントム及び人体で各種照射野下に於けるリンパ節被曝量及び腔部, A, B点線量を測定した所、リンパ節は照射野10×4 cm<sup>2</sup> で充分に照射出来、その線量はB点線量と略々一致する。腔部線量は多門垂直照射では、照射野の大きさに著しく変動し、10×10cm<sup>2</sup> 乃至10×8 cm<sup>2</sup> でB点線量より多く、10×7 cm<sup>2</sup> で骨盤内は略々均等に照射され、10×4 cm<sup>2</sup> の時が最少で各門とも垂直照射で表面空中量の約6%が照射される。10×4 cm<sup>2</sup> の前面野、臀野及び仙骨野計6門照射は  $^{60}\text{Co}$  遠隔照射の目的をよく達成しうる事を知り、この術式を用いて1回照射量450rでSource Position Sで治療を行つている。また子宮の左右転位例には、照射野の大きさを適当に加減すべきである<sup>8)39)</sup>。

稿を終るに当り、御懇篤な御指導と御校閲を賜つた恩師加来教授に深謝すると共に、遠隔照射装置を御寄贈して戴いた上野一男氏並びに御教示、御鞭撻を戴いた今村博士に謝意を表する。

尚本論文の要旨は第18回日本癌学会総会の席上で発表した。

#### 主要文献

- 1) 東芝X線資料: 22: 1, 1957. —2) 藤田: Radi-isotopes, 3: 49, 1954. —3) 山田他: 総合医学, 12: 646, 1955. —4) 原子力ハンドブック: 原子炉篇, 下巻. —5) 吉川: ラジオアイソトープの医学的応用, 1953. —6) 藤森: ラジオアイソトープ. —7) 山下: 放射性コバルト60療法. —8) 岩井: 子宮頸癌の放射線療法, 第10回日産婦総会. —9) 塚本: Radioisotopes, 7: 107, 1958. —10) John: Brit. J. Rad., 25: 246, 1955. —11) 浜田: Radioisotopes, 5: 25, 1959. —12) Richardson: Radiol., 63: 1954. —13) Fedoruk: Radiol., 60: 348, 1954. —14) Fletcher: Am. J. Roent., 75: 117, 1956. —15) 尾関: 日放誌, 18: 896, 1958. —16) 尾内: 癌研究の進歩. —17) Quimby: Am. J. Roent., 54: 688, 1954. —18) 江藤: 日放誌, 2: 249, 1941. —19) Laughlin: Radiol., 64: 646, 1954. —20) Goldblith: Nucleonics, 12: 32, 1954. —21) 山下: Radioisotopes, 4: 39, 1955. —22) Delario: Roentgen radium and radioisotopes therapy, 1953. —23) Dixon: Brit. J. Rad., 25: 34, 1952. —24) 宮川: 日放誌, 14: 519, 1954. —25) Watson: Radiol., 62: 165, 1954. —26) Green: Brit. J. Rad., 25: 309, 1952. —27) Spiers: Brit. J. Rad., 28: 2, 1955. —28) Braestrup: Radiol., 70: 516, 1958. —29) Jsien: Radiol., 70: 486, 1958. —30) Burkell: Brit. J. Rad., 27: 171, 1954. —31) 入江: 最新医学, 10: 2081, 1955. —32) Glasser: Physical foundation of Radiology, 518, 1954. —33) Mayneord: Brit. J. Rad., 14: 225, 1941. —34) Mayneord: Brit. J. Rad., 13: 235, 1940. —35) John: Brit. J. Rad., 25: 302, 1952. —36) Jacobson: Radiol., 66: 70, 1956. —37) Laughlin: Radiol., 63: 646, 1954. —38) Grebe u. Wiebe: Tabellen zu Dosierung der Roentgenstrahlen, 1950. —39) 加来: 産婦の世界, 11: 8, 1959. —40) Winternitz: Brit. J. Rad., 21: 27, 1948. —41) Lindsay: Radiol., 58: 850, 1952. —42) Combs: Radiol., 57: 169, 1951. —43) Quimby: Radiol., 58: 881, 1952. —44) Howarth: Brit. J. Rad., 23: 385, 1950. —45) Quimby: Radiol., 66: 667, 1956. —46) Mayneord: Brit. J. Rad., 12: 262, 1939. —47) Wilson: Brit. J. Rad., 13: 345, 1940. —48) Flander: Brit. J. Rad., 16: 314, 1943. —49) Paterson: The Treatment of Malignant Disease by Radium and X-Ray. —50) Bloor: Am. J. Roent., 72: 961, 1954. —51) 今村: 日産婦誌, 9: 1507, 1957. —52) Jod: Acta Radiol., 28: 564, 1947. —53) Fletcher: Radiol., 54: 832, 1950. —54) Sandler: Brit. J. Rad., 16: 331, 1943. —55) Garcia: Am. J. Roent., 73: 35, 1955. —56) Nolan: Am. J. Obst. & Gynec., 72: 789, 1956. —57) Nolan: Am. J. Roent., 81: 111, 1959. —58) Paterson: Brit. J. Rad., 25: 505, 1952.

(No. 1220 昭35・2・5受付)