

Title	子宮頸癌の高線量率腔内照射法の線量分布および治療スケジュールに関する一考察
Author(s)	佐方, 周防; 佐藤, 滋宏; 中野, 政雄 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1979, 39(7), p. 727-736
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/18916">https://hdl.handle.net/11094/18916</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

# 子宮頸癌の高線量率腔内照射法の線量分布 および治療スケジュールに関する一考察

千葉県がんセンター放射線治療部

佐方 周防 佐藤 滋宏 中野 政雄  
飯田 孔陽 油井 信春 秋山 芳久

(昭和54年 1月12日受付)

(昭和54年 2月26日最終原稿受付)

## A Consideration of Distributions and Treatment Schedules in High Dose Rate Intracavitary Therapy of Carcinoma of the Uterine Cervix

Suoh Sakata, Sigehiro Sato, Masao Nakano, Koyo Iida,  
Nobuharu Yui and Yoshihisa Akiyama  
Section of Radiation Therapy, Chiba Cancer Center Hospital

---

Research Code No.: 601

---

Key Words: Dosimetry, Treatment schedule, High dose rate intracavitary  
radiation, Cervix cancer

---

A remotely controlled afterloading device for high dose rate intracavitary radiation, the remote afterloader Shimadzu Ralstron MTSW-20, was installed at Chiba Cancer Center Hospital in 1973 and put into clinical use for the treatment of carcinoma of the uterine cervix.

This device has three sources which enclose several pellets (1 mm $\phi$ ×1 mm) of <sup>60</sup>Co. One used mainly for intra-uterine applicator was about 3 Ci in April, 1973, and the other two for pair of vaginal applicator about 2 Ci. The source for intra-uterine applicator can be so moved every centimeter or more in five steps with over-ride system that dose distributions similar to the linear sources are available according to the length of uterine canal.

Before the clinical use, isodose distributions and treatment schedules were investigated, compared with the low dose rate intracavitary radiation by linear sources of <sup>137</sup>Cs used hitherto. The isodose distributions, calculated by using an electronic computer, for various combinations of the length of uterine canal and the separation of vaginal applicators, were the same as those obtained with linear sources. As for the treatment schedules, by using PT (partial tolerance) which was derived from NSD concept of Ellis, a number of fractional radiation regimes with high dose rate, equivalent to continuous low dose rate radiation, was calculated. From these, a dose of 600 rad per fraction to point A every week has been chosen as the standard radiation schedule. The number of fractions has been varied with the clinical stages. Furthermore, some changes of total dose or small modification of

dose distribution have been made for individual lesions.

According to the preliminary results, three-year cumulative survival rate was 68.7% and complication rate was 15.2%. Comparing these results with those of the treatment at low dose rate, the former is nearly equal, while the latter is lower. The reduction of complication rate is probably due to the improvement of therapeutic techniques such as continuous observation by fractionated intracavitary radiation, variety of isodose distributions and accuracy of source placement by a short treatment time.

## I. 緒言

子宮頸癌の放射線治療は、小線源による腔内照射法を中心として幾多の変遷と改良を重ねてきたが、近年になり遠隔操作式腔内照射装置が開発され、古典的な低線量率照射に代わり高線量率照射が実用化されつつある<sup>1)~15)</sup>。

遠隔操作による高線量率腔内照射装置（以下、リモート・アフターローダと略す）の採用は、治療時間の短縮および医療従事者の被曝の防止等の主として技術的理由によるものであるが、従来の低線量率連続照射法と比較、検討されるべきもう一面は、物理的線量分布および生物学的効果の差であろう。これらのうち、線量分布の検討については、最近では電子計算機の利用により比較的容易に且つ迅速に行われるようになったが、線量率または分割照射 regime により影響される生物学的効果の差に関しては未だ成論は無く、高線量率

腔内照射法の最適照射スケジュールの模索が続けられている<sup>16)~21)</sup>。

著者らの施設には、当該装置として島津製作所製のラルストロン・MTSW-20特形が設置され、1973年より主として子宮頸癌の治療に使用されてきた。本論文では、リモート・アフターローダの臨床応用に先立ち、低線量率照射と比較して行った、子宮頸癌への高線量率腔内照射法の物理的線量分布および照射スケジュールの検討について述べ、また現在までの治療成績の予備的な報告を行う。

## II. 照射装置

著者らが使用しているリモート・アフターローダは、制御および操作装置、線源容器ならびに照射器により構成され、それぞれが内面をテフロンライニングされた厚肉ゴム製の案内管で接続されている。Fig. 2 にこれらの装置の構成を示す。

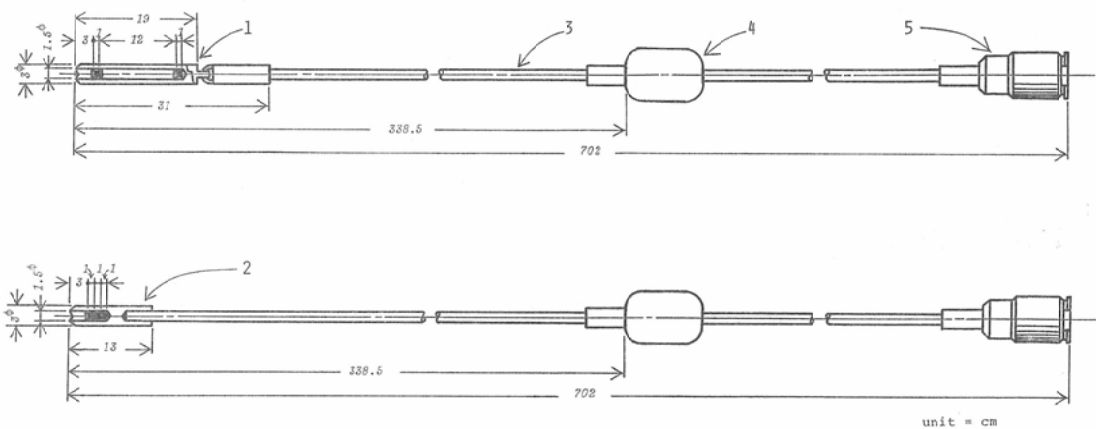


Fig. 1 Source capsules of remote afterloader. 1, source for vaginal applicator enclosing two  $^{60}\text{Co}$  pellets of 1.0Ci; 2, source for intra-uterine applicator enclosing three  $^{60}\text{Co}$  pellets of 1.0Ci; 3, steel wire; 4, stopper; 5, joint to connect the drive cable.

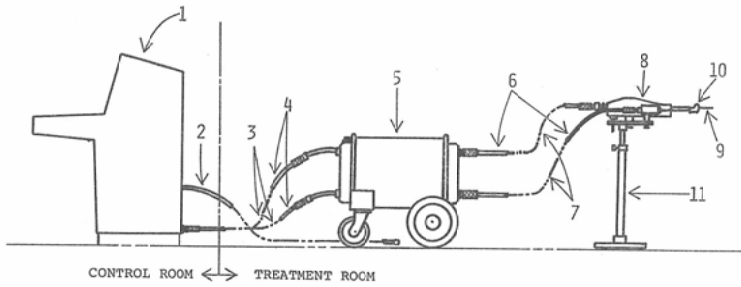


Fig. 2 Construction of remote afterloader. 1, control desk; 2, guide tubes (4.6m) for storage of drive cable; 3, drive cables; 4, guide tubes (2 m); 5, storage container of  $^{60}\text{Co}$  sources; 6, guide tubes (2m); 7, drive cables; 8, holder of applicators and over-ride unit; 9, intra-uterine applicator; 10, vaginal applicator; 11, stand.

線源容器および照射器は照射室にあり、隣接した操作室の制御および操作装置により治療を行う。

制御および操作装置は、3個の線源の移動および照射時間の指示ならびに駆動機構よりなり、更に主として子宮腔内に用いる線源を使用してオーバーライド方式による治療の設定が可能となっている。オーバーライド方式は、単一線源を自動的に複数点移動させるもので、本装置では一度の設定により4回迄の引戻しが可能であり、引戻す前の最初の1点を加え、合計5点迄の線源の位置および照射時間が任意に選択できる。

照射器は案内管と腔内照射支持器を連結するものであり、またオーバーライド駆動部も含んでいる。それ故、オーバーライド治療の際の線源の移動は照射支持器に近い場所で行われ、移動位置の設定値に対する誤差は少ない。腔内照射支持器は、子宮頸癌の治療用として広く普及している田崎ら<sup>22)</sup>のTAO式アプリケーターを使用した。

線源用RIは $^{60}\text{Co}$ であり、子宮腔内用として $^{32}\text{P}$ を、一対の腔内用として各 $2\text{Ci}$ の合計3個を備えている(放射能は1973年4月の値)。各線源の形状をFig. 1に示すが、いずれも比放射能が $143\text{Ci/g}$ の $^{60}\text{Co}$ ペレット( $1\text{mm}\phi \times 1\text{mm}$ )を直径 $3\text{mm}\phi$ のカプセルに封入し、スチールワイヤが接続されている。

実際の治療時には、患者は処置室において適当なアプリケーターを装着され、シミュレータ室で直角2方向より標準用X線写真を撮影後、リモー

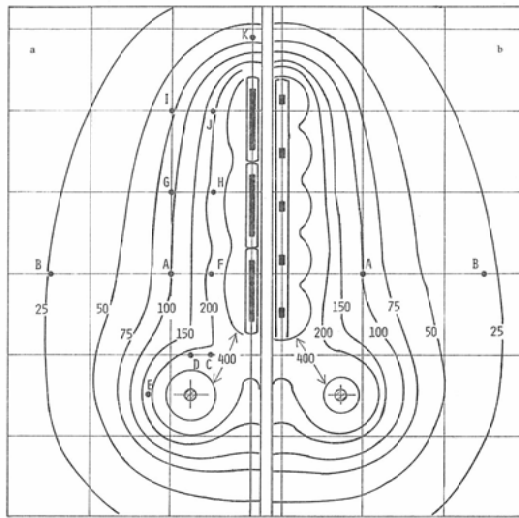
ト・アフターローダの照射室にて遠隔操作により線源を挿入される。

### III. 線量分布について

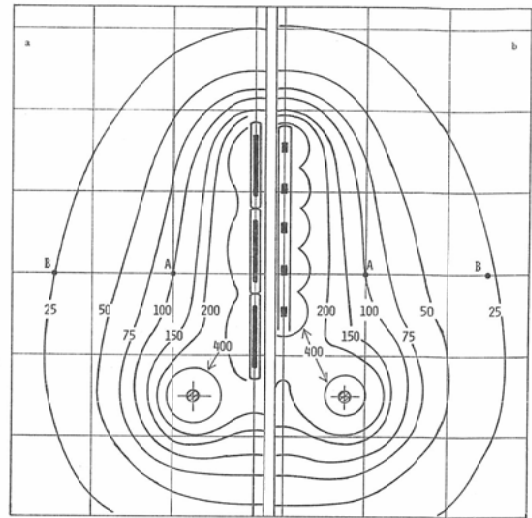
従来の低線量率照射に使用されてきた線線源とFig. 1のような点線源では当然線量分布が異なることが予想される。また、これまで子宮腔内用線源は子宮腔の長さに応じて複数本を接続して用いられてきたが、線源の合計長が適合しない場合には病巣部附近の線量に過不足を生ずることがある。強度の異なる線源を組合せてこれを防ぐこともできるが、現装置のオーバーライド方式を用いれば容易に子宮腔の長さに合致させて線源を配置できる。

子宮頸癌の腔内照射用の線源の配置およびその強度の組合せに関しては、低線量率線源を用いていくつかの標準システムが確立されており、既設の各リモート・アフターローダの線源配置もこれらのシステムに準拠している。たとえば、O'Connellら<sup>4)</sup>のCathetronはManchester法<sup>23)</sup>と同様の強度比の線源を使用し、井上ら<sup>14)</sup>は子宮腔内線源のオーバーライドの各引戻し段の照射時間を調節することにより、やはりManchester法に準じた線量分布を得ている。

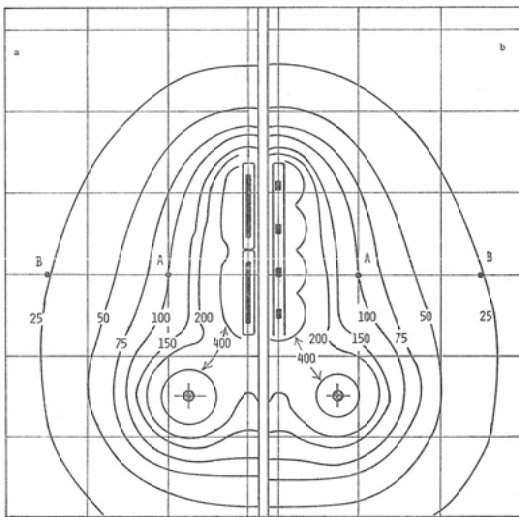
著者らの場合は、リモート・アフターローダの導入前に用いていた田崎ら<sup>24)</sup>の低線量率腔内照射法の線源配置、すなわち同一強度の線源を腔内へ一対および子宮腔へその長さに応じて複数本を使用し、同一時間挿入した場合の線量分布に一致さ



A



B



C

Fig. 3 Comparison of isodose distribution of intracavitary radiation for carcinoma of the uterine cervix. a,  $^{137}\text{Cs}$  linear sources of 22 mgRaeq and b,  $^{60}\text{Co}$  point sources of remote afterloader. Isodose curves are drawn relative to the dose at point A. Fig. 3-A, -B and -C correspond to the lengths of uterine canal of 7, 6 and 5 cm. The separation between center of vaginal sources is 3cm in every case. In Fig. 3-A, the points of interest used in this work are also shown (see Table 1).

せるよう、リモート・アフターローダの各線源の照射時間およびオーバーライド間隔を決定した。密封小線源の線量分布計算法に関しては数多くの報告があるが、ここでは Shalek ら<sup>25)</sup>および Onai ら<sup>26)</sup>を参考にした。実際の計算には、当センター電算室の FACOM 230—28S 電子計算機を使用した。

Fig. 3—A, B および C に、長さ 21mm の  $^{137}\text{Cs}$  管を用いた場合の腔内照射に相当するリモート・

アフターローダの線量分布を、両者を対比させて示す。Fig. 3—A および C は、子宮腔の長さがそれぞれ 3 本または 2 本の  $^{137}\text{Cs}$  管の合計長に適合する場合である。Fig. 3—B に、この 2 者の中間程度の長さの子宮腔の場合を示すが、子宮腔に 3 本の  $^{137}\text{Cs}$  管を用いた分布に対し、リモート・アフターローダの方が無理なく線量分布を構成できることがわかる。

また、Table 1 に、この 3 種類の分布について

Table 1 Dose to the points of interest, as a percentage of the dose at point A.  
Cases A, B, and C correspond to Fig. 3-A, B, and C, respectively.

Points of interest	<sup>137</sup> Cs tubes of 22mgRaeq			<sup>60</sup> Co of remote afterloader		
	Case A	Case B	Case C	Case A	Case B	Case C
A. Point A	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
B. Point B	25.4	24.7	23.8	27.0	26.2	25.5
C. Cervix	220.1	296.1	237.3	218.1	220.7	234.9
D. Lateral fornix of vagina	222.1	246.2	239.7	210.3	217.5	228.0
E. Vaginal mucosa*	183.4	182.2	198.9	170.3	179.9	186.8
F. Uterus 1	228.7	223.0	239.3	219.0	225.8	231.0
G. Uterus 2	92.3	80.9	74.5	90.3	84.0	72.8
H. Uterus 3	227.0	195.6	198.3	211.7	209.3	183.1
I. Uterus 4	70.6	46.2		69.8	47.9	
J. Uterus 5	188.7	85.6		177.3	88.3	
K. Uterus 6**	63.8	60.9	69.3	65.7	63.0	66.5

\* Lateral surface of vaginal applicator. \*\* 1cm up from top of uterine canal.

いくつかの関心点における両照射法の線量の比較を示す。Table 1 の各点は Fig. 3-A にその位置を図示してあるが、このような点の選択は、腔内照射の治療計画への電子計算機利用に伴って幾種類かの local trial<sup>27)28)</sup> が報告されている。ここでは、線量分布の比較のため我々の関心のある点を適当に選んだ。Table 1 のA点およびB点の定義は Manchester 法と同じであり、その他の点の値はA点に対する百分率で表わされている。

Fig. 3-A, C および Table 1 に見られるように、リモート・アフターローダの線量分布は、線源の配置および照射時間を適切に選ぶことにより、低線量率の線源とほぼ同様のものを得ることができる。線源の極く近傍では両者の分布は多少異なるが、その大部分はアプリケータの内部に含まれ、また占める容積も少なく実際の治療にはほとんど影響は無いと思われる。更に、Fig. 3-B のように、リモート・アフターローダは解剖学的個人差や病巣の拡がりに応じて合目的な線量分布の合成または一部修飾も可能である。

#### IV. 1回線量と分割回数について

高線量率による腔内照射法の1回線量、分割回数および照射期間などの臨床上的ことは未だ確立されていない。線量率の差により放射線の生物学

的効果は異なるから<sup>18)20)</sup>、高線量率の場合には低線量率と同じ照射 regime をそのまま適用はできないであろう。著者らは、リモート・アフターローダによる子宮頸癌の治療スケジュールの計画に際し、生物学的効果を考慮した線量評価量を用いて、従来の<sup>137</sup>Cs管による低線量率照射に等価なものを得ようと試みた。現在、このような線量評価量としていくつかの概念が発表されているが、いずれも内容的に不確定要素を含み、合意に達したものはない<sup>29)</sup>。

本研究では、正常組織の耐容の指標として比較的、臨床に広く浸透している Ellis の NSD 概念<sup>30)</sup> より派生した partial tolerance<sup>31)</sup> (以下、PT と略す) を用いて解析を行った。実際の計算では、Orton らの導いた TDF<sup>32)~34)</sup> (time, dose and fractionation factor 又は time, dose, rate factor) を求め、これより PT へ、NSD を 1,800ret とし換算した。また、高線量率腔内照射を行うことにより線量の不規則な照射パターンが生ずる場合は、Goitein の single session TDF<sup>35)</sup> を使用した。

リモート・アフターローダによる高線量率腔内照射を行う場合の治療スケジュールは以下のようにして求めた。低線量率腔内照射を用いた治療法の PT を計算し、高線量率腔内照射の照射方式

(週間分割数と照射期間)を仮定して、腔内照射のPTが等しくなるように1回線量を定める。次に、この1回線量を用いて治療スケジュールを計画し、外部照射を含めた合計のPTを求めて低線量率腔内照射の場合と比較した。

例として2期子宮頸癌の場合を示す。著者らの低線量率腔内照射を用いた標準的な治療方法は次の通りであった。外部照射は、リニアックのX線(4MV)により全骨盤照射を2,000rad行い、次いで中央遮蔽をして3,000radを追加する。いずれも原則として1回線量が200radで週5回照射法である。腔内照射は、中央遮蔽をした外部照射に併行して、A点へ2,000radを2回、1週間の間隔をおいて行う。線源として22mgRaegの<sup>137</sup>Cs管を5本用い、Fig. 3-Aの如く配置した場合のA点の線量率は約100rad/hrとなる。PTは、全骨盤への外部照射が579ret、中央遮蔽をした外部照射が862retおよび腔内照射によるA点の値が1,692retである(後出のTable 3および4のSchedule 1参照)。

腔内照射にリモート・アフターローダを用いる場合は、次のような照射方式を仮定し、前述の<sup>137</sup>Cs管による腔内照射のA点のPT, 1,692retに等しくなるよう1回線量を計算した。仮定した照射方式は、週間分割数を1回、2回および3回とし、照射期間を3週、4週および5週として、

Table 2 Dose per fraction for acute fractional regime which is the same PT as a total dose of 4000 rad in two 20 hour insertions of <sup>137</sup>Cs.

Overall treatment period by remote afterloader	fractional regime		
	1 fr/wk	2 fr/wk	3 fr/wk
3 weeks	845rad	538rad	414rad
4	701	447	343
5	606	386	297

それぞれを組合せた9通りである。結果をTable 2に示す。すなわち、高線量率腔内照射を行う場合のA点の1回線量は、週間分割数および照射期間の組合せに応じて300radないし850rad程度となった。

この1回線量に基づき、高線量率腔内照射を用いた数種の治療スケジュールを計画して合計のPTを求めた。外部照射は、低線量率腔内照射を行う場合のスケジュールとほぼ同様に、すなわち、全骨盤への外部照射を先行させ、続いて中央遮蔽による外部照射を腔内照射に併行して実施する。2期の子宮頸癌用として検討した治療スケジュールをTable 3に、PTの計算結果をTable 4に示す。これらの表の、Schedule Iは<sup>137</sup>Cs管による従来の低線量率腔内照射を用いた場合であり、Schedule II, IIIおよびIVはリモート・アフターローダによる高線量率腔内照射を行う場合で

Table 3 Treatment schedules of low dose rate intracavitary radiation with <sup>137</sup>Cs tubes used before and of high dose rate intracavitary radiation with remote afterloader proposed hypothetically in this work to perform as same effect as low dose rate.

Weeks	Schedule I	Schedule II	Schedule III	Schedule IV
1	1000 rad to whole pelvis	1000 rad to whole pelvis	1000 rad to whole pelvis	1000 rad to woole pelvis
2	do	do	do	do
3	2000 rad to point A in 20 hr* 600 rad to parametrium	600 rad to point A** 800 rad to parametrium	Two 445 rad to point A** 600 rad to parametrium	Three 415 rad to point A** 400 rad to parametrium
4	do	do	do	do
5	1000 rad to parametrium	do	do	do
6	800 rad to parametrium	600 rad to point A** 600 rad to parametrium	do	1000 rad to parametrium
7		600 rad to point A**	600 rad to parametrium	800 rad to parametrium

\* Dose with <sup>137</sup>Cs tubes. \*\* Dose with remote afterloader.

Table 4 PT for schedules of Table 3. The value of "a" is sum of PT of all external and intracavitary radiations at point A and the value of "b" at point B. In the case of "a'", no dose contribution from the external radiation to parametrium is assumed to be added to point A. The value of "a'", therefore, is sum of PT of external radiation to whole pelvis and of intracavitary radiation at point A including the reduction due to the rest times between intracavitary radiations.

	Schedule I	Schedule II	Schedule III	Schedule IV
Whole pelvis (external)	579 ret	579 ret	579 ret	579 ret
Parametrium (external)	862	851	878	903
Point A (intracavitary)	1692	1661	1679	1600
Point B (intracavitary)*	275	221	228	212
At the end of treatment				
a	3132 ret	3091 ret	3136 ret	3082 ret
a'	2161	1775	1944	2046
b	1716	1651	1685	1694

\* Calculated by taking the dose at point B as 25.4% of that at point A for <sup>137</sup>Cs tubes and 27.0% for remote afterloader (see case A of Table 1).

ある。高線量率腔内照射の方法は、A点に対し3,000rad/5回/5週、3,560rad/8回/4週および3,735rad/9回/3週の3種類とし、いずれの場合も、腔内照射の無い週日は中央遮蔽をした外部照射を3,000radに達するまで行うものとする。

著者らの中央遮蔽外部照射は、遮蔽の幅を田崎ら<sup>21)24)</sup>と同じく3cmとしているため、A点に対し外部照射の線量のかんりの部分が加えられる可能性がある。Table 4には、治療終了時のPTとして、(a) A点に中央遮蔽外部照射の線量が全て加わった場合、(a') 反対にその寄与がない場合および(b) B点の値が示してある。高線量率腔内照射を用いたいずれのスケジュールにおいても、合計のPTは低線量率腔内照射による方法とほぼ同様の値を得ることがわかる。ただ、Table 4のa'に見られるように、中央遮蔽外部照射の寄与のない場合のA点のPTは、高線量率腔内照射の週間分割数により変化し、分割数を多くするとPTも増加する。

子宮頸癌の放射線治療の際に問題になる直腸および膀胱の後期障害は、外部照射の中央遮蔽により効果的に予防できるとされているが<sup>21)</sup>、Table 4のa'を直腸および膀胱のPTの推定値とすれば、一般に正常組織の耐容とされている1,800ret

を大幅には上廻っていない。また、高線量率腔内照射を用いた場合のa'は低線量率腔内照射のそれと比較してほぼ等しいかあるいはより少であり、同程度の障害発生が予想される。

著者らは、一応Table 3のSchedule II、すなわちA点へ3,000rad/5回/5週を高線量率腔内照射の標準の線量配分とした。治療に供するため、電子計算機を用いて標準線量分布を計算し、加えて<sup>60</sup>Coの減衰を考慮した各線源の毎月の照射時間表を出力した。標準線量分布および照射時間表は、子宮腔の長さおよび腔内線源の間隔の約50種類の組合せについて作成した。

2期以外の子宮頸癌についても、同様の方法により低線量率照射と同等のPTを示す高線量率腔内照射を用いた場合の治療スケジュールを求めた。実際には、多分割腔内照射による連続した経過観察が可能なので、前述の線量分布の修飾も加えて治療法の多少の個別化がなされている。

### V. 考案

リモート・アフターローダによる高線量率腔内照射は、既発表の報告に見られるように技術的な利点が多く、また物理的線量分布の合成が比較的容易であるため実用化が進んでいる。しかし、開発後の経験期間が未だ短く、標準の線量配分法の



合意には致っていない。一方では、術者、介助者の被曝の減少という長所のみを生かして、従来の治療法と変らない低線量率腔内照射用のリモート・アフターローダが考案され臨床に用いられている<sup>36) 37)</sup>。

高線量率の腔内照射技術は、開発初期の段階における低線量率照射の代替的な小分割大線量照射法より、主として正常組織の耐容性の向上を目的とし、外部照射に似せた比較的、分割数の多い照射法に変遷してきたが、放射線生物学的解析と臨床観察結果の一致した治療法の確立が望まれる。

生物学的効果を考慮した高線量率腔内照射の線量配分の検討として、Joslin ら<sup>6) 16)</sup>は細胞生残率より <sup>226</sup>Ra による治療に等しい1回線量と分割回数を求め、後に Liversage<sup>17)</sup> は、細胞の sub-lethal damage よりの回復の理論を用いて、低線量率照射に等価な高線量率照射の計算法を発表している。また、Joslin ら<sup>9)</sup>および Hilaris ら<sup>13)</sup>は、リモート・アフターローダによる腔内照射の効果の指標に、Schuttleworth ら<sup>38)</sup>の equivalent single dose を使用している。

本研究では、PT の概念を用いて、これまで著者らが行ってきた <sup>137</sup>Cs 管による低線量率照射に等しい効果の、高線量率腔内照射による治療スケジュールを求めたが、Ellis ら<sup>39)</sup>もほぼ同様の方法で、<sup>226</sup>Ra を使用した子宮頸癌の放射線治療の際の PT を評価している。

ただし、PT は正常組織の耐容の指標として提唱された量であり、腫瘍への効果に関しては別の考慮が必要であろう。更に、前述のように、これらの生物学的線量評価量の適否については論議も多く、その取扱いは慎重に行わなければならない。

著者らの場合、臨床経験および他報告との比較により PT の適用性の検討を行っている。荒居ら<sup>10) 11)</sup>は、著者らのリモート・アフターローダの使用開始時において、同型装置による比較的多数の好成績の臨床経験例を報告しているが、我々の求めた1回線量の推定値とほぼ同様のA点線量を採用している。また、著者らはA点の合計の PT

Table 5 Three-year cumulative survival rate of carcinoma of the uterine cervix. Group A is treated with low dose rate intracavitary radiation and group B with high dose rate. The figure in parentheses is the number of patients with 1 year or longer follow-up after the treatment.

Stage	Group A	Group B
I	100% (3)	100% (7)
II	76 (27)	70 (45)
III a	65 (12)	62 (24)
III b	42 (11)	49 (28)
Total	73 (53)	69 (104)

Table 6 Incidence of complications to the rectum and the bladder following radiation therapy for carcinoma of the uterine cervix. Groups A and B are the same as in Table 5. Complications were classified into three grades of severity according to Arai et al<sup>42)</sup>. Grade I, temporary complications. Grade II, lasting complications which require internal treatment. Grade III, lasting complications which require surgical treatment.

Grade of complication	Group A (41 patients)	Group B (33 patients)
Grade I	14 (34.1%)	3 (9.1%)
Grade II	1 (2.4%)	1 (3.0%)
Grade III	3 (7.3%)	1 (3.0%)
Total	18 (43.9%)	5 (15.2%)

として約3,100ret (Table 4の a)を得たが、上記の Ellis ら<sup>39)</sup>は Fletcher<sup>40)</sup>の治療スケジュールについてA点のPTの計算を行い、我々の結果に近い3,000ret 附近の値を示している。

次に、短い観察期間であるが、著者らの1977年までの予備的な子宮頸癌の治療成績と障害発生率<sup>41)</sup>を Table 5 および Table 6 に示す。1年以上経過観察を行った症例数は、低線量率腔内照射群が53例、高線量率腔内照射群が104例である。4期癌は症例数が少なく、外部照射が主体なので治療成績より除いた。障害発生率の検討は3年以上の経過観察症例を対象とした。<sup>137</sup>Cs 管による低線量率腔内照射を用いた症例に比べ、リモート・アフターローダにより治療された症例の3年累積生存率はほぼ同等であり、直腸および膀胱の障害発

生は減少している。これは荒居ら<sup>42)</sup>の最近の報告と同様の傾向であった。著者らの、PTによる高線量率腔内照射の照射 regime の推定は、概ね妥当な値を得たものと思われる。

放射線生物学的な考察によれば<sup>19)19)</sup>、低線量率照射の方が治療に有利とされているが、上述の障害発生率の減少は、荒居ら<sup>42)</sup>も述べているように、多分割腔内照射による連続した経過観察および線量分布構成の柔軟性による治療の個別化ならびに短時間照射による線源配置の確実性などの、照射技術の改善によるものが多いであろうと思われる。

## VI. まとめ

千葉県がんセンターに遠隔操作式高線量率腔内照射装置が設置され、主として子宮頸癌の治療に用いられている。

本装置の臨床応用に先立ち、線量分布および治療スケジュールについて検討を行った。線量分布に関しては、子宮腔内に用いる線源のオーバーライド方式により、線源と同様あるいは症例により相応のものが得られた。治療スケジュールについては、EllisのPT概念を用いて、従来の低線量率照射の場合と同等の効果になる高線量率腔内照射の1回線量、照射回数および週間分割数の組合せをいくつか求めた。これらの内より、A点線量600rad、週1回照射を標準の手法とし、症例に応じて照射回数を決めた多少の線量の増減を行っている。

高線量率腔内照射を用いた子宮頸癌の予備的な治療成績の結果は、3年累積生存率が68.7%（1～3期の合計）で、障害発生率は15.2%であった。低線量率腔内照射法による治療例に比べ、3年累積生存率はほぼ同等であり、障害発生率は減少した。

稿を終るにあたり、電子計算機の使用に御協力頂いた当センター電算室の吉原和美技師および山田宏信主事に深く感謝いたします。尚、本論文の要旨は第30回日本医学放射線学会物理部会にて発表した。

## References

- 1) Henschke, U.K., Hilaris, B.S. and Mahan, G.D.: Remote afterloading with intracavitary applicators. *Radiology*, 83: 344—345, 1964
- 2) Henschke, U.K., Hilaris, B.S. and Mahan, G.D.: Intracavitary radiation therapy of cancer of the uterine cervix by remote afterloading with cycling sources. *Am. J. Roentgenol., Rad. Therapy & Nuclear Med.*, 96: 45—51, 1966
- 3) 若林 勝, 入江五郎, 菅原 正, 三橋英夫, 山口成厚, 重松 潔, 花島尚子, 加藤齊之, 松田正二, 乾 安行, 田近邦夫, 平山喜明: 遠隔操作式 Afterloading 装置の試作. *臨放*, 11: 678—684, 1966
- 4) O'Connell, D., Joslin, C.A.F., Howard, N., Ramsay, N.W. and Liversage, W.E.: The treatment of uterine carcinoma using the Cathetron. Part I. *Brit. J. Radiol.*, 40: 882—887, 1967
- 5) Liversage, W.E., Martin-Smith, P. and Ramsay, N.W.: The treatment of uterine carcinoma using the Cathetron. Part II. *ibid*, 40: 887—894, 1967
- 6) Joslin, C.A.F., O'Connell, D. and Howard, N.: The treatment of uterine carcinoma using the Cathetron. Part III. *ibid*, 40: 895—904, 1967
- 7) Hilaris, B.S.: Technique of interstitial and intracavitary radiation. *Cancer*, 22: 745—751, 1968
- 8) Wakabayashi, M., Ohsawa, T., Mitzuhashi, H., Kikuchi, Y., Mita, M., Watanabe, T., Saito, K., Suda, Y., Yoshii, M., Kato, S., Koshiha, R., Furuse, M., Wakabayashi, M., Nishiyama, I., Irie, G., Suzuki, K., Iwasaki, N., Kitagawa, T. and Inui, Y.: High dose rate intracavitary radiotherapy using the Ralstron. *Nippon Acta Radiol.*, 31: 340—378, 1971
- 9) Joslin, C.A.F., Smith, C.W. and Mallik, A.: The treatment of cervix cancer using high activity <sup>60</sup>Co source. *Brit. J. Radiol.*, 45: 257—270, 1972
- 10) 荒居竜雄: 高線量率腔内照射治療. *臨放*, 18: 1089—1090, 1973.
- 11) 荒居竜雄, 森田新六: 高線量率腔内照射による子宮頸癌の放射線治療. *癌の臨床*, 20: 33—36, 1974.
- 12) von Essen, C.F., Seay, D.G., Moeller, J. and Hilbert, J.W.: Fractionated intracavitary radiation therapy with the Brackyttron: General techniques and preliminary results in the treatment of cervix cancer. *Am. J. Roentgenol., Rad. Therapy and Nuclear Med.*, 120: 101—110, 1974

- 13) Hilaris, B.S., Ju, H.W., Lewis, J.L., Homesly, H.D. and Kim, J.H.: Normal and neoplastic tissue effects of high intensity intracavitary irradiation: Cancer of the corpus uteri. *Radiology*, 110: 459—462, 1974
- 14) 荒居竜雄, 森田新六, 栗嶺 明: 4期子宮頸癌の放射線治療. 癌の臨床, 22: 258—263, 1976.
- 15) 井上俊彦, 大関修治, 雄川恭行, 森 嘉信, 速水昭宗, 金森宏司, 駒井徳蔵, 中西正吾: 子宮頸癌ラルストロン治療の小型半導体検出器による直腸線量実測—5点線量計 ICD-5 の試作—。島津評論, 34: 39—45, 1977.
- 16) Liversage, W.E.: The application of cell survival theory to high dose-rate intracavitary therapy. *Brit. J. Radiol.* 39: 338—349, 1966
- 17) Liversage, W.E.: A general formula for equating protracted and acute regimes of radiation. *ibid.*, 42: 432—440, 1969
- 18) Hall, E.J.: Radiation dose-rate: A factor of importance in radiobiology and radiotherapy. *ibid.*, 45: 81—97, 1971
- 19) 望月幸夫: 時間的線量分布からの照射計画法, 現代産科婦人科学大系, 第13巻 G, 放射線療法, pp. 279—285, 1972, 中山書店, 東京
- 20) Hall, E.J.: *Radiobiology for Radiologist*. pp. 95—131, 1973, Harper and Row, Publishers, Inc., Hagerstown
- 21) 田崎瑛生, 伊藤よし子: 子宮頸癌の放射線療法—照射技術と治療成績に関する2, 3の考察—。産婦人科治療, 30: 314—320, 1975
- 22) 田崎瑛生, 荒居竜雄, 尾立新一郎: 子宮頸癌腔内照射支持器について. 臨放, 10: 768—775, 1965
- 23) Meredith, W.J.: Dosage for cancer of cervix uteri. In *Radium Dosage, the Manchester System*. Second edition, pp. 42—49, 1967, E. & S. Livingston Ltd. Edingburgh
- 24) 田崎瑛生, 尾立新一郎, 荒居竜雄, 池田知恵子, 伊藤律子: 子宮頸癌の放射線療法—その根治的照射方針の検討—。癌の臨床別冊, 癌・放射線療法, pp. 174—179, 1969, 篠原出版, 東京
- 25) Shalek, R.J. and Stovall, M.: Dosimetry in implant therapy. In Attix, G.H., Tochilin, E., ed: *Radiation Dosimetry*. Second edition, Volume III, pp. 743—807, 1969, Academic Press, New York
- 26) Onai, Y. and Irifune, T.: Calculation of dose distribution in radiation therapy by a digital computer. II. Computation of dose distribution in Radium therapy. *Nippon Acta Radiol.*, 28: 1629—1636, 1969
- 27) Maruyama, Y., Van Nagell, J.R. Jr., Wrede, D.E., Coffey, C. II, Utley, J.F. and Avila, J.: Approaches to optimization of dose in radiation therapy of cervix carcinoma. *Radiology*, 120: 389—398, 1976
- 28) Rosenstein, L.M.: A simple computer program for optimization of source loading in cervical intracavitary applicators. *Brit. J. Radiol.*, 50: 119—122, 1977
- 29) 小西圭介: NSD (nominal standard dose) および類似概念について. 臨放, 23: 33—41, 1978
- 30) Ellis, F.: The relationship of biological effect to time-dose-fractionation factors in radiotherapy. *Current Topics in Radiation Research*, Vol. 4: 357—397, 1968
- 31) Ellis, F.: Dose, time and fractionation: A clinical hypothesis. *Clin. Radiol.*, 20: 1—7, 1969
- 32) Orton, C.G. and Ellis, F.: A simplification in the use of NSD concept in practical radiotherapy. *Brit. J. Radiol.*, 46: 529—537, 1973
- 33) Orton, C.G. and Ellis, F.: Definition of T in the NSD equation. *ibid.*, 47: 200—201, 1974
- 34) Orton, C.G.: Time-dose factors (TDFs) in brachytherapy. *ibid.*, 47: 603—607, 1974
- 35) Goitein, M.: The computation of time, dose and fractionation factors for irregular treatment schedules. *ibid.*, 47: 665—669, 1974
- 36) Chassagne, D.J.: Low dose-rate technique of endocavitary brachytherapy. *Proc. roy. Soc. Med.*, 66: 936—938, 1973
- 37) 小川史顕, 村上晃一, 林繁次郎, 佐伯祐司, 西口弘恭, 伊藤秀源, 松本繁世, 田辺親男, 田中紀元, 前田知穂, 中野泰彦, 松本邦彦: <sup>137</sup>Cs 低線量率腔内照射用 Remote afterloading 装置による子宮頸癌の放射線治療. 臨放, 20: 225—232, 1975.
- 38) Shuttleworth, E. and Fowler, J.F.: Nomograms for radiobiologically-equivalent fractionated X-ray doses. *Brit. J. Radiol.*, 39: 154—155, 1966
- 39) Ellis, F. and Sorensen, A.: A method of estimating biological effect of combined intracavitary low dose rate radiation with external radiation in carcinoma of the cervix uteri. *Radiology*, 110: 681—686, 1974
- 40) Fletcher, G.H.: *Textbook of Radiotherapy*. p. 440, 1966, Lea & Febiger, Philadelphia
- 41) 佐藤滋宏, 佐方周防, 飯田孔陽, 中野政雄: 子宮頸癌放射線治療の PT volume 分布の臨床への応用 (障害の回避を目指して). 昭和52年度科研総合研究 A, 重松班会議資料: 1977.
- 42) 荒居竜雄, 森田新六, 栗嶺 明: 子宮頸癌放射線治療による局所障害—低線量率および高線量率腔内照射の相違について—。癌の臨床, 22: 1417—1423, 1976.