



Title	密封小線源の医学利用からの国民被爆線量の推定
Author(s)	橋詰, 雅; 丸山, 隆司; 西沢, かな枝 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1975, 35(11), p. 1022-1031
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16939
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

密封小線源の医学利用からの国民被曝線量の推定

放射線医学総合研究所

橋詰 雅* 丸山 隆司* 西沢かな枝**
福久健二郎*** 間元 芳一***

(昭和50年6月5日受付)
(昭和50年7月23日最終原稿受付)

Estimation of Population Doses from Brachytherapy in Japan

Tadashi Hashizume*, Takashi Maruyama*, Kanae Nishizawa**,
Kenjiro Fukuhisa*** and Yoshikazu Kumamoto***

Division of Physics* and Technical Service***, National Institute of Radiological Sciences,
9-1, 4-chome Anagawa, Chiba, Japan

Research Code No.: 302

Key Words: Population dose, Brachytherapy

The genetically significant dose (GSD), *per caput* mean marrow dose (CMD) and the leukemia significant dose (LSD) from brachytherapy have been estimated. The survey was carried out for the collection of the over-all numbers of brachytherapy procedures in the age-group and exposure factors on the patients from a known fraction of hospital and clinics over a 30 day period in 1971. The annual number of brachytherapy treatments was estimated to be about 5×10^4 . About 60% of the number of treatments were due to the treatments of cancer of the cervix using ^{226}Ra and ^{60}Co gamma-source.

The distance between the source and the critical organs were determined with a measurement of paper phantom which represented the typical Japanese body. The gonad and active bone marrow dose were calculated using data on the mass attenuation coefficients and build-up factors for water.

The result of GSD, CMD and LSD was 0.012, 43.2 and 7.68 mrads per person per year, respectively.

*Present address; Department of Radiology, School of Medicine, Kyorin University, Mitaka, Tokyo.

1. 緒 言

原子放射線の効果に関する国連科学委員会は電離放射線および放射性同位元素の医学利用による集団被曝について、過去3回にわたって報告している^{13)~15)}。わが国からも多数の医療従事者の協

力を得て、診断用X線および治療用放射線による集団被曝の実態を同委員会に提出してきた。

医療用放射線からの集団被曝において考えられる危険度として、(1) 将来の世代への遺伝的効果、(2) 被曝考の一代での身体的効果の2つがある。後者は白血病などがんの発生に関係するものである。国連科学委員会はこのような危険度を評価するため、次の2つの集団被曝線量を提唱

*物理研究部

**現在、杏林大学医学部、放射線医学教室

***技術部

している。すなわち、(1) 遺伝有意線量、(2) 平均骨髓線量である。1972年の同委員会報告書¹⁵⁾には、我が国から提案していた「白血病有意線量」が取上げられた。

治療技術等の進歩により、放射線の医学利用は日進月歩の現状であり、同委員会は各國が5年に1回ずつ集団被曝の現状を報告するよう勧告している。これに従い、われわれは診断用X線や治療用放射線のみならず、密封小線源、非密封線源および歯科用X線による国民被曝線量を5年周期で推定している。今回は密封小線源による放射線治療からの遺伝有意線量や白血病有意線量を推定したので報告する。

国連科学委員会の報告書¹⁵⁾によれば、遺伝有意線量(GSD), D_g , および集団1人当たりの平均骨髓線量(CMD), D_c , は次式で与えられる。

$$D_g = \frac{\sum_j \sum_k (N_{jk}^{(F)} W_{jk}^{(F)} d_{jk}^{(F)} + N_{jk}^{(M)} W_{jk}^{(M)} d_{jk}^{(M)})}{\sum_k (N_k^{(F)} W_k^{(F)} + N_k^{(M)} W_k^{(M)})} \dots (1)$$

$$D_c = \frac{\sum_j \sum_d (N_{jk}^{(F)} b_{jk}^{(j)} + N_{jk}^{(M)} b_{jk}^{(M)})}{\sum_k (N_k^{(F)} + N_k^{(M)})} \dots (2)$$

ここで、

N_{jk} ; タイプjの照射を受けた年齢層kの年間の患者数

N_k ; 年齢層kの人口

W_{jk} ; タイプjの照射を受けた年齢層kの患者に将来期待される子供の数

W_k ; 年齢層kの平均的な人に将来期待される子供の数

b_{jk} ; タイプjの照射を受けた年齢層kの患者

の骨髓線量

(F) および(M) はそれぞれ女性および男性を意味する。

さらに、タイプjの照射を受けた年齢層kの患者に対する白血病発生の有意率を L_{jk} とすれば、白血病有意線量(LSD), D_e , は次式で与えられる⁵⁾。

$$D_e = \frac{\sum_j \sum_k (N_{jk}^{(F)} b_{jk}^{(F)} L_{jk}^{(F)} + N_{jk}^{(M)} b_{jk}^{(M)} L_{jk}^{(M)})}{\sum_k (N_k^{(F)} + N_k^{(M)})} \dots (3)$$

2. 放射線医学的調査

密封小線源による治療(いわゆる Brachytherapy)からのGSD, CMD および LSD を式(1)～(3)を使用して推定するために、性別、年齢別および照射条件別の年間治療患者数などの実態を調査した。調査の対象となる医療施設は科学技術庁の「放射性同位元素等使用事業所等一覧表」⁶⁾などを参考にして、A, B および C の3グループ分類した。

A グループ; ^{60}Co 遠隔照射治療装置を保有する施設

B グループ; ^{60}Co 遠隔照射治療装置を保有しないが、深部治療用X線装置を保有する施設

C グループ; A, B いずれのグループにも属さない施設

密封小線源を保有することが明らかである A, B および C グループから、それぞれ 50, 15 および 20 % の抽出率で調査対象となる施設を無作為に抽出した。抽出された施設に表1のアンケート用紙を送付し、昭和46年6月1日から7月31日までの連

Table 1. Form of questionnaire for physical factor of brachytherapy.

Sex	Age	Type of disease	Radiation source	Type of source	Position of source*	Method of exposure	Source intensity	Time of exposure	Frequency of exposure**
1. Male 2. Female			1. Ra, 2. Rn 3. Co, 4. Cs 5. Sr, 6. other	1. tube, 2. needle, 3. seed, 4. wire, 5. pustule, 6. button 7. other		1. interstitial, 2. cavity, 3. surface, 4. short-distance (cm) 5. other	(mCi)	<input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/> hr. min.	
1. 2.	<input type="checkbox"/>		1. 2. 3. 4. 5. 6. ()	1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. ()	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	1. 2. 3. 4. 5.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1. 2.	<input type="checkbox"/>		1. 2. 3. 4. 5. 6. ()	1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. ()	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	1. 2. 3. 4. 5. ()	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Table 2. Annual number of patients by sex, age, radiation source and source position

age	male	female	subtotal
0 — 14	400	1320	1720
15 — 29	180	460	640
30 — 44	560	3240	3800
45 ~	1720	13770	15490
radiation source			
²²⁶ Ra	1120	9780	10900
²²³ Rn	280	210	490
¹³⁷ Cs	160	1400	1560
⁶⁰ Co	260	5910	6170
⁹⁰ Sr	1040	1490	2530
source position			
Mouth	1590	1000	2590
Maxilla	70	270	340
Neck	70	70	140
Breast	40	110	150
Cervix	—	13000	13000
Femur	40	0	40
others	1050	4340	5390
subtotal	2860	18790	21650

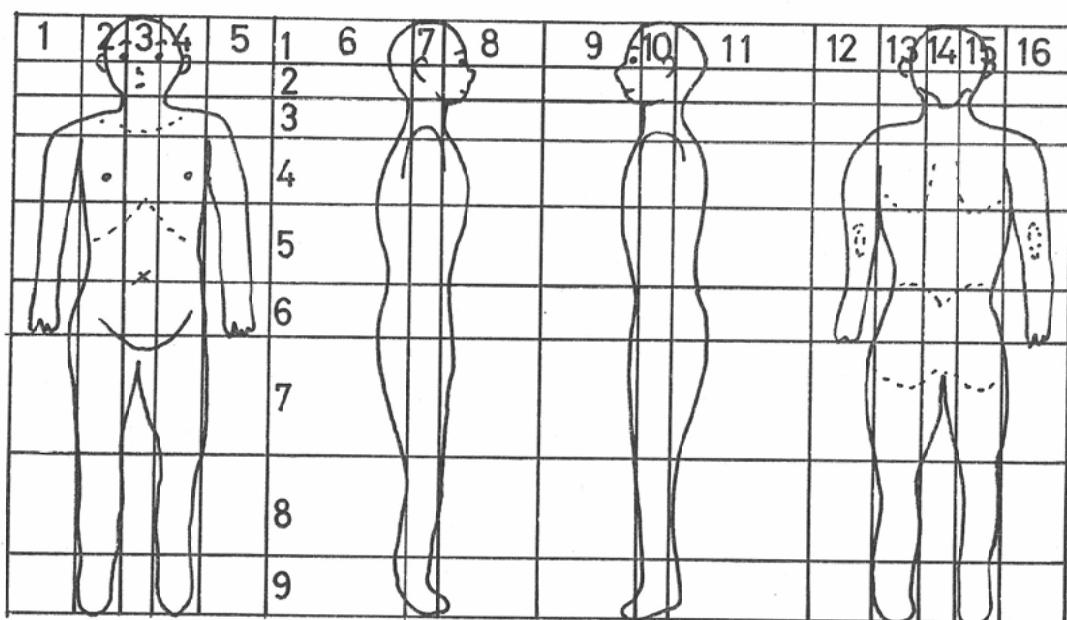


Fig. 1. Definition of irradiation sections (after Bone marrow dose research group, Miyakawa et al.¹⁰⁾)

統した1ヵ月間に各施設が行つた Brachytherapy の実態の回答を依頼した。このアンケートの回答率はA, BおよびCグループでそれぞれ70, 66および81%であった。

各施設からの回答にもとづいて集計された1ヵ月間の治療患者数に12を乗じ、さらに抽出率と回答率を考慮して年間の治療患者数を推計した。それらの結果を年齢別、線源別および治療部位別に表2に示す。日本全国で46年度に Brachytherapy を受けた患者は21,634人であった。また、患者1人当りの治療回数は月平均で2.3回であった。1回の治療回数を治療件数で1とすれば、1年間の総治療件数は約50,000と推定される。

3. 生殖腺および骨髄線量の計算

無限の均一媒質中に点状等方線源があつたとすれば、線源から距離xでの吸収線量率: R(x) は次式で与えられる¹¹⁾.

$$R(x) = A \cdot k n E \left[\frac{\mu_{\text{en}}}{\rho} \cdot \frac{1}{4\pi x^2} e^{-\mu x} \right] \cdot B_{\text{en}}(\mu x) \dots (4)$$

ここで、

R(x): 吸收線量率 (rad/sec)

x: 線源からの距離 (cm)

$$k: 1.60 \times 10^{-8} (\text{g} \cdot \text{rad}/\text{MeV})$$

n: 崩壊当たり放出されるエネルギー E の光子数
E: 線源から放出された光子のエネルギー (MeV/光子)

A: 線源の放射能 (崩壊数/sec)

ρ : 媒質の密度 (g/cm^3)

μ : 光子の線減弱係数 ($1/\text{cm}$)

μ_{en} : 光子の線エネルギー吸収係数, ($1/\text{cm}$)

$B_{\text{en}}(\mu x)$: エネルギー吸収再生係数

式 (4) を用いて生殖腺線量および骨髄線量を推定するために、次のような仮定を行つた。

(a) 人体は水と等価な均一物質から構成されているものとする。

(b) Brachytherapy に用いる線源は等方点状線源で近似できるものとする。

(c) ^{90}Sr など β 線だけを放出する線源では、生殖腺や骨髄への線量寄与はゼロとする。

(d) Brachytherapy に用いるガンマ線源では、比較的エネルギーの高いガンマ線を放出するので、骨によるガンマ線の吸収は軟組織のそれと同程度であるとする。

線源から問題とする決定臓器までの距離 x の測定

Table 1 に示したアンケート用紙の 7 列目の治療部位の欄には、Fig. 1 に示す人体照射部位区分表に従つて各患者への線源挿入位置が記入されている。例えば、子宮頸癌の治療では 6—3 が線源の位置である。距離 x の算定にあたつては、報告された照射部位区分表の各々の中心に線源があるとした。

米国アルダーソン社のランド・ファントムを参考にして、身長 155cm の女性と 165cm の男性の $1/10$ 縮尺のファントムを紙で作つた。このファントム中に、人体解剖図¹²⁾を参考にして主要臓器の位置をきめた。

卵巣の位置は個人差も大きく、治療時の患者の体位によつても異なるが、体表面から 10cm の深さで恥骨結合から 7cm の位置に 10cm の間隔に並んでいた。また、精巣は身体の中心軸上 7mm の深さにあるとした。紙ファントム中に生殖腺の位

置を固定し、各線源位置から生殖腺までの距離を測定した。線源と生殖腺とを結ぶ直線が肺を通過するときは、肺の密度を $0.3\text{g}/\text{cm}^3$ として肺を通過した長さに 0.3 を乗じ、密度 $1\text{g}/\text{cm}^3$ の軟組織中の長さに補正した。生殖腺から線源までの距離は身長に比例するとし、昭和46年度の年齢別の日本人平均身長¹¹⁾を使用して、患者の年齢別にこの距離を算定した。

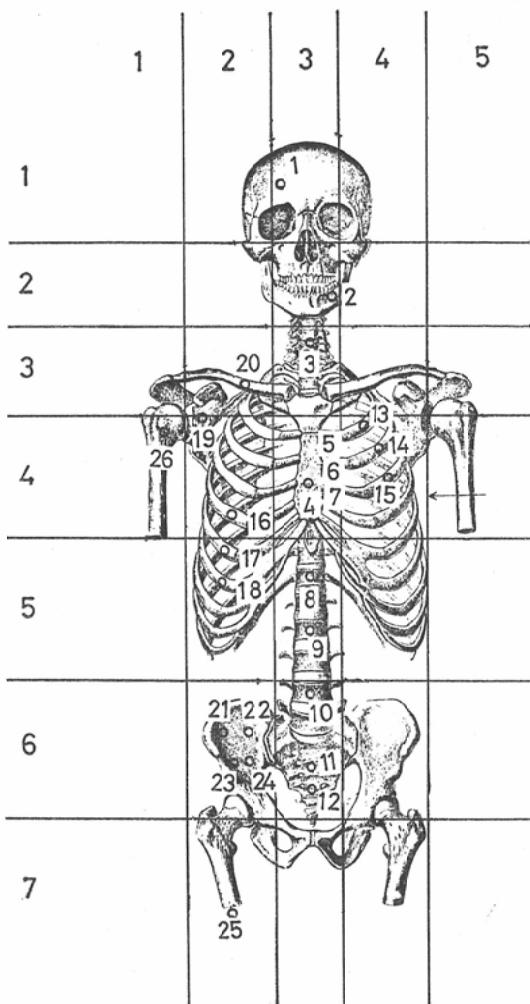


Fig. 2. Positions of detector for calculation of active bone marrow dose. The open circles show the positions of detector and the figures closed to the open circles show the number of detector given in Table 3.

Table 3. Active Bone Marrow Distribution and Number of Detector

Part	Adult		Children	
	Bone marrow weight (g)	No. of detector	Bone marrow weight (g)	No. of detector
Head	55.6	1	11.5	1
Mandible	1.8	2	11.5	2
Cervical vertebrae	22.3	3	8.9	3
Sternum	20.6	4	8.2	4
Thoracic vertebrae	34.0	5	13.5	5
	34.0	6	13.5	6
	33.0	7	13.5	7
Lumbar vertebrae	28.6	8	17.1	8
	28.6	9	17.1	9
	28.6	10		
Sacral vertebrae	32.9	11	26.3	10
	32.9	12		
Lung (scapulae)	16.7	13	7.0	11
(ribs)	17.4	14	7.0	12
	17.4	15	6.0	13
	17.4	16	6.0	14
(clavicles)	5.6	17	3.0	15
(ribs)	17.4	18	7.0	16
	17.4	19	6.0	17
	17.4	20	6.0	18
Iliac bone	42.6	21	17.0	19
	42.6	22	17.0	20
	42.5	23	17.0	21
	42.5	24	17.0	22
Femur	87.1	25	34.8	23
Arm	27.0	26	11.7	24
Leg			27.9	25
Hand			9.3	26
Total	763.9		340.8	

骨髓では生殖腺の場合と異なり、決定臓器となる赤色髓が人体の駆幹部を中心に分布している。そのため、Fig. 2に示すように成人については全身の赤色髓の分布に応じて26ヶの代表点を設定した。

子供の場合には、赤色髓が手足の末端にまで分布することが知られている³⁾。山田と橋本の調査結果³⁾にもとづき、各代表点の赤色髓の量をTable 3の如く成人および子供について求めた。

Table 4. Gonad dose and active bone marrow dose per 1 mCi hr of ²²⁶Ra, ⁶⁰Co and ¹³⁷Cs source embedded in uterus.

Source	Age-group	Gonad dose (mrad/mCi hr)	Active bone marrow dose (grad/mCi hr)
²²⁶ Ra	20-29	195	91.5
	30-44	202	91.5
	45-	220	91.5
⁶⁰ Co	20-29	246	116
	30-44	255	116
	45-	278	116
¹³⁷ Cs	20-29	74.3	34.7
	30-44	76.9	34.7
	45-	83.8	34.7

各骨髓の代表点から線源までの距離 x を生殖腺の場合と同様にして、紙ファントムを使用して測定した。Brachytherapy に使用されているガンマ線源は ²²⁶Ra, ²²²Rn, ¹³⁷Cs, ⁶⁰Co の4核種である。式(4)の中のガンマ線の水に対する質量減弱係数 μ/ρ , エネルギー吸収係数 μ_{en}/ρ およびエネルギー・吸収再生係数 $B_{en}(\mu x)$ として、Berger によつて MIRD ベンフレット¹⁾に報告されている値を使用した。各医療施設から提出された患者の治療条件での生殖腺線量と骨髓積分線量を、東芝 TOSBAC-3400 電子計算機によつて算出した。²²⁶Ra, ¹³⁷Cs および ⁶⁰Co の単位放出量(1 mCi·hr)あたりの吸収線量変換係数(式(4)の knE の項に相当する)の算出には、Brownell らの値²⁾を用いた。²²²Rn の平均寿命を 133 時間として線量を計算した。計算結果の一例として、子宮頸癌(6-3)の治療の場合の生殖腺線量および骨髓積分線量を表4に示す。年齢によつて生殖腺線量に多少の差異が認められるのは、線源と生殖腺との間の距離の算定の際年齢別の平均身長を用いて距離の補正を行つたことによる。骨髓積分線量の算定には平均身長の補正を行わず、成人と子供にわけただけである。²²⁶Ra をいろいろな部位においたときの子供(6歳)と成人(30歳)の生殖腺線量と骨髓積分線量を Table 5 に示す。

Table 5. Gonad dose and active bone marrow dose per 1mCi hr of ^{226}Ra source embedded in various position.

Position*	Gonad dose (mrad/mCi hr)				Active bone marrow dose (grad/mCi hr)	
	Child (6 yr)		Adult (30 yr)		Child	Adult
	Female	Male	Female	Male		
1 — 3	2.81	0.201	0.172	0.0388	30.8	48.3
2 — 3	4.32	0.338	0.328	0.0732	36.1	56.9
3 — 3	10.1	0.770	1.14	0.198	29.7	46.3
4 — 3	26.6	2.56	4.30	0.840	317	505
5 — 3	213	12.4	51.2	5.32	317	505
6 — 3	783	62.8	202	32.0	78.6	91.5

* see Fig. 1.

4. 国民線量の推定

式(1)の子供期待率 W_{jk} と W_k を昭和47年度における人口統計表⁹⁾から計算した。悪性の病気をもつ患者の子供期待率は患者の5年生存率を考慮して計算した¹⁰⁾。Table 6に患者の子供期待率をTable 6に示す。Table 6の病気のタイプは国際指標によるもので、5年生存率もこの指標によつて決まる¹⁰⁾。生存率100%の子供期待率は平均的日本人のそれと同一である。

式(3)の白血病発生の有意率 L_{jk} は広島、長崎の原爆被曝者などの白血病発生率のデータにもとづいて推定されている^{6), 7)}。Table 7に L_{jk} の値を5年生存率別に示してある。

式(1)～(3)に、アンケートの解答に従つて式(4)から計算された生殖腺線量や骨髄積分線量、子供期待率および白血病発生の有意率を代入して、遺伝有意線量、国民1人当たりの骨髄線量および白血病有意線量を計算した。計算には東芝TOSBAC-3400型電子計算機を用いた。決定臓器となる全身赤色髓の量として、Table 3に示した成人で763.9 g、子供で340.8 gの値を用いた。計算の結果をTable 8に示す。

5. 考 察

Table 1に示したアンケートによるBrachytherapyの実態調査では、 ^{226}Ra や ^{60}Co ガンマ線源による子宮癌の治療が全体の70%を占めていた(Table 2)。しかし、この治療の対象となる患者の大部分は45歳以上の女性であり、この年齢層の

女性では子供期待率はゼロである。従つて、Table 8に示されるように、これらの患者からの遺伝有意線量への寄与はゼロとなる。20歳から44歳の子宮癌患者では子供期待率は大きいが、患者数が少いため遺伝有意線量への寄与はかなり小さい。

(Table 8)。大きな子供期待率をもつ子供では、生殖腺の近くにある腹部の血管腫の治療に ^{226}Ra や ^{60}Co ガンマ線源を使用している例がある。そのため0～14歳の子供の遺伝有意線量への寄与が成人に比べて大きくなる。成人男子では口内の癌患者が多いが、そのような癌治療による生殖腺線量は非常に低い(Table 5)。従つて、遺伝有意線量への寄与は小さくなる。

一方、骨髄線量(CMD)は治療部位および使用線源によつて異なるが、ほぼ患者数に比例している。しかし、0～14歳の子供では、腹部の血管腫の ^{226}Ra などガンマ線源による治療(約70例)を除いては、ほとんどが ^{90}Sr ベータ線源による翼状片の治療であり、集団一人あたりの骨髄線量への寄与は患者数の少い15～29歳の年齢層のそれより小さくなる。子宮癌患者の多い45歳以上の女性の骨髄線量への寄与は最大である。

白血病有意線量は集団一人当たりの骨髄線量の約 $\frac{1}{5}$ になる。Table 7に示すように、悪性の病気をもつ患者では生存率が低いため、白血病発生の有意率が小さくなる。すなわち、白血病は被曝後数年を経てから発生するので、悪性の病気をもつ患者はそれまで生存し得ないことがある。子供では

Table 6. Expected number of children for patients

	Non-malignant			Malignant			F	M	F	M	F	M	F	M	
	5 year survival rate	100%	60%	40%	30%	20%									
Disease (Internal- tional) (Index*)	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	
Age group															
0—9	2.12	2.20	1.27	1.32	0.848	0.878	0.636	0.659	0.423	0.439	0.212	0.225	0.107	0.110	
10—14	2.12	2.20	1.27	1.32	0.848	0.878	0.636	0.659	0.423	0.439	0.212	0.225	0.107	0.110	
15—19	2.12	2.20	1.27	1.32	0.848	0.878	0.636	0.658	0.423	0.439	0.212	0.225	0.107	0.110	
20—24	2.02	2.16	1.15	1.30	0.770	0.875	0.577	0.657	0.384	0.436	0.201	0.222	0.097	0.108	
25—29	1.12	1.64	0.840	1.12	0.665	0.843	0.472	0.644	0.213	0.425	0.107	0.195	0.054	0.092	
30—34	0.306	0.555	0.237	0.527	0.191	0.533	0.167	0.288	0.140	0.238	0.061	0.145	0.025	0.084	
35—39	0.053	0.151	0.042	0.117	0.035	0.093	0.032	0.084	0.028	0.072	0.022	0.051	0.015	0.037	0.001
40—44	0.005	0.044	0.003	0.032	0.003	0.026	0.002	0.022	0.001	0.018	0.001	0.011	0.007	0.001	0.001
45—49	—	0.015	—	0.011	—	0.008	—	0.007	—	0.005	—	0.001	—	0.001	—
50—54	—	0.005	—	0.004	—	0.003	—	0.002	—	0.001	—	—	—	—	—
55—59	—	0.002	—	0.002	—	0.001	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60—	—	0.001	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

F; Female, M; Male

* The type of disease is described in terms of the International Index.
International Classification of Diseases.¹⁶⁾

- 140-149 malignant neoplasm of buccal cavity and pharynx, 150-159 of digestive organs and peritoneum,
160-163 of respiratory system,
180-189 of genito-urinary organs,
200-209 Neoplasms of lymphatic and haematopoietic tissue 210-229 Benign neoplasms
230-239 Neoplasm of unspecified organs and tissue. 240-999 others

Table 7. Significant factor of leukemia incidence, L_{jk}

	Non-malignant		Malignant											
	Disease (Internal- tional Index)	0—139 210—229 240—999	140, 141 178, 179 194	170, 171 172, 179 192	143, 161, 174, 177, 193	144 148, 174 180, 193	142, 160, 180, 197, 205	145, 176, 181, 195, 230— 239	146 154, 195 200, 201	147, 151 196 202	150, 156, 159, 163, 205	162 199 198, 230— 239	153, 157, 163, 190, 204	
5 year survival rate	100% female male	60% female male	40% female male	30% female male	20% female male	10% female male	5% female male	5% female male	5% female male	5% female male	1% female male	1% female male	1% female male	
0—4	0.98	0.98	0.61	0.61	0.41	0.41	0.31	0.21	0.21	0.11	0.06	0.06	0.02	
5—9	1.00	0.99	0.61	0.61	0.41	0.41	0.31	0.21	0.21	0.11	0.06	0.06	0.02	
10—14	1.00	0.99	0.61	0.61	0.41	0.41	0.31	0.21	0.21	0.11	0.06	0.06	0.02	
15—19	0.99	0.99	0.61	0.60	0.41	0.41	0.31	0.21	0.21	0.11	0.06	0.06	0.02	
20—24	0.99	0.98	0.61	0.60	0.41	0.41	0.31	0.21	0.21	0.11	0.06	0.06	0.02	
25—29	0.99	0.98	0.60	0.60	0.41	0.41	0.31	0.21	0.21	0.11	0.06	0.06	0.02	
30—34	0.98	0.97	0.60	0.60	0.41	0.40	0.31	0.21	0.21	0.11	0.06	0.06	0.02	
35—39	0.98	0.96	0.60	0.59	0.41	0.39	0.31	0.30	0.21	0.21	0.11	0.06	0.06	
40—44	0.97	0.94	0.59	0.58	0.40	0.38	0.31	0.30	0.21	0.20	0.11	0.06	0.06	
45—49	0.95	0.89	0.58	0.56	0.39	0.36	0.30	0.29	0.20	0.20	0.11	0.06	0.06	
50—54	0.92	0.83	0.56	0.53	0.38	0.33	0.29	0.28	0.20	0.19	0.11	0.06	0.02	
55—59	0.86	0.76	0.54	0.49	0.36	0.28	0.28	0.25	0.19	0.17	0.10	0.06	0.02	
60—64	0.79	0.68	0.49	0.42	0.33	0.24	0.25	0.22	0.17	0.15	0.09	0.08	0.01	
65—69	0.68	0.57	0.42	0.35	0.29	0.18	0.22	0.18	0.15	0.13	0.08	0.07	0.01	
70—74	0.50	0.37	0.33	0.27	0.23	0.14	0.17	0.14	0.12	0.10	0.07	0.04	0.01	
75—	0.35	0.25	0.27	0.21	0.19	0.12	0.14	0.12	0.10	0.08	0.06	0.03	0.01	

Table 8. Population dose classified by sex and age-group.

Age-group	Genetically significant dose (10^{-3} mrad per person per year)		per caput mean marrow dose (mrad per year)		Leukemia significant dose (mrad per person per year)	
	Female	Male	Female	Male	Female	Male
0 - 14	10.7	1.033	0.077	0.120	0.075	0.119
15 - 29	0.003	0.155	0.415	0.144	0.088	0.081
30 - 44	0.465	0.001	6.399	0.100	1.327	0.031
45 -	0	0.001	33.280	2.724	5.469	0.493
Subtotal	11.178	1.190	40.149	3.088	6.959	0.724
Total	12.368		43.237		7.683	

Table 9. Comparison of population dose in Japan.

	Number of examinations or treatments	Genetically significant dose (mrad per person per year)	per caput mean marrow dose (mrad per year)	Leukemia significant dose (mrad per person per year)
X-ray diagnosis*				
Radiography	6.41×10^7	15.2	36.6	32.7
Photofluorography	6.58×10^7	0.83	26.8	24.6
Fluoroscopy	1.70×10^7	10.5	126.1	112.1
Teletherapy**	1.79×10^6	0.98	206	36.6
Brachytherapy	5.0×10^4	0.012	43.2	7.68

* Refs (4) and (5)

** Refs. (6) and (7)

大部分が良性の患者であるため、有意率が1に近く、白血病有意線量は骨髓線量とほぼ等しい。

Brachytherapy からの国民被曝線量をさきに報告した診断用X線⁴⁽⁵⁾および遠隔照射治療用放射線⁶⁽⁷⁾からの国民線量と比較した。その結果をTable 9に示す。X線診断の実態調査は昭和44年に行われたものであるから、昭和46年度には診断件数はTable 9の値よりも増加しているかも知れない。いずれにしても、放射線の医学利用ではX線診断件数が圧倒的に多く、遺伝有意線量も26.53 (mrad/person/year) に達する。これに比して Brachytherapy の治療件数はX線診断件数の約 $1/3000$ であり、遺伝有意線量も約 $1/2000$ である。しかし、骨髓線量は約 $1/50$ であり、白血病有意線量は約 $1/200$ である。遠隔治療の件数に比べても Brachytherapy の件数は約 $1/36$ であるが、遺伝有意線量は約 $1/100$ であり、骨髓線量は約 $1/5$ である。Brachytherapy による治療件数は現在のところX

線診断に比べてかなり小さいが、この治療における生殖腺や骨髓の放射線防護は困難であるため、治療件数が増加すれば国民線量もそれに比例して増加することになる。

6. 結 論

(1) 全国の医療施設から無作為に抽出した施設での Brachytherapy の実態調査の結果、昭和46年度にこの治療を受けた患者は21,650人であった。また、患者1人当たりの治療回数は月平均2.3回であった。

(2) Brachytherapy の治療件数では、²²⁶Ra や⁶⁰Co ガンマ線源を用いた子宮癌の治療が全体の60%を占めていた。成人男子では、口内の癌治療が多く、子供では血管腫の治療が多かつたが、これらの治療患者数は全体の10%以下であった。

(3) 生殖腺および骨髓線量は実態調査で得た照射方法に基づき、MIRD 法を適用した計算で求めた。

(4) Brachytherapy による遺伝有意線量は 0.012mrad per person per year であつた。子供期待率の高い 0～14 歳までの女性と男性の遺伝有意線量への寄与はそれぞれ、0.011, 0.001mrad per person per year であつた。これらはいずれも生殖腺に近い腹部などの血管腫の治療による。子宮癌の治療件数は非常に多かつたが、治療の対象となる患者のほとんどが生殖年齢をすぎた女性であり、子供期待率がゼロであつた。

(5) 骨髄線量は年間 1 人当たり 43.2mrad であつた。45 歳以上の女性からの寄与は 33.3mrad per person per year で最も大きく、男性からの寄与は 3.09mrad per person per year でしかなかつた。

(6) 白血病有意線量は 7.68mrad per person per year であつた。骨髄線量に比して小さな値となるのは Brachytherapy を受ける患者の 5 年生存率が低いため、白血病が発生する以前に寿命がつきたことによる。

(7) X 線診断や遠隔照射治療に比して、Brachytherapy による遺伝有意線量は無視できるほど小さいが、骨髄線量は直接撮影からのそれに匹敵する程度である。

謝辞：本研究のため心よくアンケート調査に御協力下さった関係者各位に深甚の謝意を表します。

文献考参

- 1) Berger, M.J.: Energy deposition in water by photons from point isotropic sources, MIRD, J. Nucl. Med./supplement No. (1968).
- 2) Brownell, G.L.: Absorbed fractions for photon dosimetry, ibid, (1968).
- 3) 橋本美智雄, 山田和麻呂：診療用電離放射線による国民線量について（代表者宮川正），昭和 38 年度研究報告集録（放射線影響編），文部省（昭和 39 年）。
- 4) Hashizume, T., Kato, Y., Maruyama, T., Kumamoto, Y., Shiragai, A. and Nishimura, A.: Genetically significant dose from diagnostic medical X-ray examinations in Japan, 1969, Health Phys., 23, 837, (1972).
- 5) Hashizume, T., Kato, Y., Maruyama, T., Kumamoto, Y., Shiragai, A. and Nishimura, A.: Population mean marrow dose from diagnostic medical X-ray examinations in Japan, 1969. Health Phys., 23, 845, (1972).
- 6) Hashizume, T., Kato, Y., Kumamoto, Y., Yamaguchi, H. and Nishizawa, K.: Genetically significant dose from beam therapy in Japan, 1971. Health Phys. 26, 449, (1974).
- 7) Hashizume, T., Kato, Y., Kumamoto, Y., Kawachi, K., Nishizawa, K. and Yamaguchi, H.: Population mean marrow dose and leukemia significant dose f from beam-therapy Japan, 1971. Health Phys., 26, 461, (1974).
- 8) 科学技術庁：放射性同位元素等事業所等一覧表（昭和 45 年）。
- 9) 厚生省統計局：人口統計表（昭和 46 年度）, (昭和 47 年)。
- 10) Miyagawa, T., Adachi, T., Egawa, J., Eto, H., Hashizume, T., Kawamura, F., Masuyama, M., Misono, K., Nozaki, S., Okajima, Y., Sakka, M., Sugawara, T., Tajima, E., Tamaki, M., Wakabayashi, M. and Yoshinaga, H.: The bone marrow dose in teletherapy in Japan, Nippon Acta Radiol., 30 (1970), 368-384.
- 11) 文部省統計局：私信（昭和 46 年）。
- 12) 西成甫監修：人体解剖図譜，金原出版，東京（昭和 35 年）。
- 13) United Nations: Report of the united nations scientific committee on the effects of atomic radiation, supplement No. 17 A/3838, (1958).
- 14) United Nations: Report of the united nations scientific committee on the effects of atomic radiation, supplement No. 16 A/5216, (1962).
- 15) United Nations: Report of the united nations scientific committee on the effects of atomic radiation, Ioniing radiation: Level and Effects, (1972).
- 16) World Health Organization: International Classification of Diseases, Vol. 1, WHO, Geneva (1967).