



Title	密封小線源治療における頻度, 国民線量およびリスクの推定, 1983
Author(s)	丸山, 隆司; 野田, 豊; 隅元, 芳一 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1988, 48(5), p. 633-640
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/18999">https://hdl.handle.net/11094/18999</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## 密封小線源治療における頻度，国民線量および リスクの推定，1983

放射線医学総合研究所物理研究部

丸山隆司 野田 豊

放射線医学総合研究所技術部

隈元 芳一

杏林大学医学部放射線医学教室

西沢 かな枝 古屋 儀郎

日本大学歯学部放射線学教室

岩井 一男

（昭和62年7月22日受付）

（昭和62年9月14日最終原稿受付）

## Estimation of Frequency, Population Doses and Stochastic Risks in Brachytherapy in Japan, 1983

Takashi Maruyama, Kanae Nishizawa\*, Yoshikazu Kumamoto, Yutaka Noda,  
Kazuo Iwai\*\* and Yoshiro Furuya\*

National Institute of Radiological Sciences

\*Department of Radiology, School of Medicine, Kyourin University

\*\*Department of Radiology, School of Dentistry, Nihon University

---

Research Code No. : 000

---

Key Words : Medical Exposure, Brachytherapy, Population  
Doses, Risk Estimation

---

The genetically significant dose (GSD), *per Caput* mean bone marrow dose (CMD), leukemogenically significant dose (LSD), malignantly significant dose (MSD), and *per Caput* effective dose equivalent (EDE) from uses of small sealed radiation sources for radiotherapy have been estimated on the basis of a nationwide survey conducted throughout Japan in 1983. The survey was carried out for the collection of the over-all frequency of the radiotherapeutic uses of small sealed sources in the age-group and irradiation factors on the patients from a known fraction of hospitals and clinics over a 30 day period in 1983.

The annual frequency of the radiotherapy using small sealed sources was estimated to be about  $2.6 \times 10^3$  for male and  $36.3 \times 10^3$  for female, with a total of  $38.9 \times 10^3$ . The total number of patients treated was about  $1.6 \times 10^3$  for male and  $12.0 \times 10^3$  for female, with a total of  $13.6 \times 10^3$  in 1983. The annual frequency of treatments by means of afterloading technique was  $0.3 \times 10^3$  for male and  $18.8 \times 10^3$  for female, with a total of  $19.1 \times 10^3$ . The total number of patients treated by the afterloading technique was  $0.1 \times 10^3$  for male and  $4.1 \times 10^3$  for female, with a total of  $4.2 \times 10^3$ . The frequency of treatments and number of patients by means of afterloading technique were included in the corresponded figures in the radiotherapeutic uses of small sealed sources, respectively.

Organ or tissue doses related to population doses and effective dose equivalent were calculated

using a modified MIRD technique. The distance between a sealed source and organ or tissue of interest in the MIRD phantom was converted into the distance for averaged Japanese bodies with the use of the standard body sizes by sex and age-group.

The resultant annual population doses per person were 7.9 nGy for GSD, 118  $\mu$ Gy for CMD, 19.3  $\mu$ Gy for LSD, 172  $\mu$ Gy for MSD and 428  $\mu$ Gy for EDE, respectively. The annual collective effective dose equivalent from the therapeutic uses of small sealed sources in Japan was estimated to be about  $5.13 \times 10^4$  man Sv.

## 1. 緒言

我が国における年間の死因別死亡率では、いぜんとしてがんが第1位を占めている。がん治療に関しては、総理大臣のもとに「対がん10カ年総合戦略」というプロジェクト研究が展開され、種々の研究が実施されている。放射線治療においても重粒子線の医学利用計画などが進められている。がん治療は大型加速器によるだけでなく、線量分布に特徴を有する密封小線源の利用など従来の方法にも目がむけられている。

密封小線源による治療においては、 $^{125}\text{I}$ 、 $^{192}\text{Ir}$  など線源の改良と開発、およびアフタローディング法の普及により、益々、がん治療に成果が期待されている。医療被曝の中で、放射線治療は特別にみられる傾向がある。確かに、がんからの救命という点では、非常に大きな便益を患者にもたらしているかも知れないが、非常に大きな線量により大きなリスクを正常組織に与えていることも事実である。放射線の医学利用における正当化と最適化は、放射線治療の場合にも考慮されるべきである。このような考え方にに基づき、X線診断などの場合と同様に密封小線源治療についても、国民線量やリスクの推定を行っている。前回(1978年)に線量推定<sup>1)</sup>を実施してから5年を経過したので、1983年を対象に密封小線源治療に関して全国

調査を行った。これらの調査結果に基づき、国民線量やリスクの推定を行った。

## 2. 全国調査

### 2-1. 調査

放射線利用統計<sup>2)</sup>によれば、密封小線源を保有している医療機関は全国に452事業所がある。このうち、小線源を放射線治療に利用している事業所数などは不明である。そこで、452事業所全部にアンケート用紙を送付して、密封小線源による治療の実態を調査した。回答があった292事業所(回答率64.6%)のうち、178事業所で小線源を治療に使っていることがわかった。回答のあった事業所の61%(178/292)が小線源の治療に使っているので、回答のなかった事業所でも同じ割合で使用していると仮定して、452事業所全体で275事業所が小線源を用いてがん治療を行っているものと推定した。

アフタローディングについては、メーカーの納入実績などから、1983年には全国で123台のアフタローダが使用されていたと推定した。実態調査では86事業所から回答(回答率:70%)が寄せられた。

調査は、昭和58年10月から11月までの連続した1カ月間に密封小線源治療を受けた患者について、Table 1に示す項目を調査した。治療部位は線

Table 1 Questionnaire Form

Sex	Age	Type of disease	Radiation source	Type of source	Position of tumor treated*	Type of irradiation	Activity (mCi)	Irradiation time
Male Female			Ra, Co, Cs, Au, Ir, Sr, Others( )	Tube, Needle, Seed, Wire, Batan Others ( )		In tumor, Interstitial, Intracavitary, Surface, Contact, Afterloading, Others( )		

\*Please write the numbers of coordinates shown in Fig. 1.

源位置とも一致するので、Fig. 1 に示す座標系により治療部位を表示した。例えば、子宮頸癌の場合には3-6となる。血管腫のように表面の場合では両側面や背面の座標でも表示される。

## 2-2. 調査結果

密封小線源治療については、実際に線源を使用していると考えられる275事業所のうち178事業所から回答された1カ月の治療件数および患者数に12月/年を乗じ、回答率を考慮して年間の治療件数および患者数を算定した。アフタローディング法

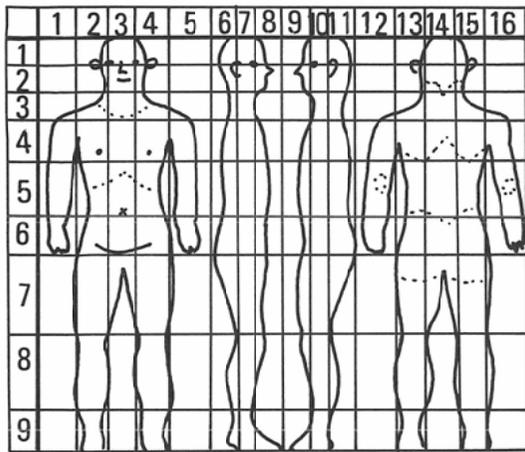


Fig. 1 Definition of irradiation positions for radiotherapy with small sealed radiation sources

については、所有数123から117を抽出したので、抽出率を95%(117/123)、回答率を73.5%(86/117)とし、同様に12を乗じて1年間の総数を算定した。算定した結果をTable 2に示す。性別、年齢別、線源別に治療件数を示すが、アフタローディング法には、 $^{60}\text{Co}$ が線源として用いられているので、線源別では $^{60}\text{Co}$ が全体の60%を占めていることになる。1978年の時点<sup>1)</sup>では $^{226}\text{Ra}$ が9,740件、 $^{60}\text{Co}$ が9,740件(内6,400件がアフタローディング法)であったことと比較すると、アフタローディング法による件数の増加分がほぼ5年間の増加分となる。すなわち、密封小線源の刺入等による治療件数は横ばいで、アフタローディング法の件数が増加したことを示している。

密封小線源による治療は、男性では口腔内、女性では子宮頸部を対象として行われている場合が多い。特に、子宮癌の治療件数は全体の約85%を占めている。新しい線源である $^{192}\text{Ir}$ は、約550件の治療に利用されていた。

年齢別では、男女とも全体の約90%が45歳以上の患者であり、若年層の患者が少ないのがこの治療の特徴である。しかし、血管腫の治療が若年層の女性にわずかながら行われていた。

患者数はTable 3に示すように、密封小線源の刺入等による治療で約9,400人、アフタローディン

Table 2 Annual frequency of brachy therapy by sex, age-group and type of sealed source

	Age group	$^{226}\text{Ra}$	$^{60}\text{Co}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{198}\text{Au}$	$^{192}\text{Ir}$	Sub-total	Afterloading	Total
Male	0-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15-29	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30-44	36	0	18	200	18	18	290	0	290
	45-	528	110	144	1036	144	54	2016	273	2289
	Sub-total	564	110	162	1236	162	72	2306	273	2579
Female	0-14	0	18	0	0	0	0	18	0	18
	15-29	254	0	0	54	0	0	308	0	308
	30-44	509	345	217	144	0	127	1342	565	1907
	45-	7913	4065	2586	925	72	345	15906	18203	34109
	Sub-total	8676	4428	2803	1123	72	472	17574	18768	36342
Total	0-14	0	18	0	0	0	0	18	0	18
	14-29	254	0	0	54	0	0	308	0	308
	30-44	545	345	235	344	18	145	1632	565	2197
	45-	8441	4175	2730	1961	216	399	17922	18476	36398
	Sub-total	9240	4538	2965	2359	234	544	19880	19041	38921

Table 3 Annual number of patients treated by brachy therapy

Type of sealed source	Male	Female	Sub-total	Afterloading		Total
				Male	Female	
<sup>226</sup> Ra	494	2960	3454			3454
<sup>60</sup> Co	45	2780	2825	136	4114	7075
<sup>137</sup> Cs	126	1181	1307			1307
<sup>90</sup> Sr	580	506	1086			1086
<sup>198</sup> Au	163	72	235			235
<sup>192</sup> Ir	36	418	454			454
Others	—	—	—			—
Total	1444	7917	9361	136	4114	13611

グ法で約4,200人, 合計13,600人であった。患者1人あたりの平均治療回数は, 刺入等で男性1.6, 女性2.2, アフタローディング法で男性2.0, 女性4.6回数と推定される。食道癌のアフタローディング法による治療が行われており, 少数ながら前回みられなかった治療法が回答されている。

### 3. 臓器・組織線量

#### 3-1. 方法

密封小線源治療に用いる線源は点状線源で近似できるとし, 人体は肺を除いては水と等価な物質から構成されているとした。体内に刺入あるいは挿入された小線源から種々の臓器・組織が受ける線量は, 次式<sup>3)</sup>によって計算した。

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

ここで,

$R(x)$ : 小線源から  $x$ cm の距離において臓器・組織が受ける吸収線量率 (cGy/sec)

$A$ : 線源の放射能 (Bq)

$k$ :  $1.60 \times 10^{-8}$  (g·cGy/MeV)

$n$ : 壊変あ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)

$\rho$ : 放射線が透過する媒質の密度 (g/cm<sup>3</sup>)

$\mu_{en}$ : 光子の線エネルギー吸収係数 (1/cm)

$\mu$ : 光子の線減弱係数 (1/cm)

$B_{en}(\mu x)$ : エネルギー吸収再生係数

線源から問題とする臓器・組織までの距離  $x$ cm を算出するため, MIRD 法の数学的ファントム<sup>3)</sup>

を用いた。このファントムの身長は174cm, 座高は94cmであり, 日本人の平均的体位に比べてかなり大きい。最近のデータ<sup>4)</sup>によれば, 日本人の成人(18歳以上)では, 平均的身長は男性で165.93cm, 女性で153.0cmである。身長, 座高, 胸囲の年齢別のデータ<sup>4)</sup>を参考にして, 体格による MIRD ファントムの縮小率を求め<sup>5)</sup>, 線量計算用の日本人のファントムを年齢群別に作成した。MIRD ファントムと日本人では, 身体の大きさは異なるが, 骨格や臓器の相互関係は同じであり, それらの相互間の距離は身体の大きさに比例するとして, 距離と  $x$ cm を算出した<sup>1)</sup>。

子宮については解剖学的位置をファントム内に決定できたが, その他の部位については Fig. 1 の座標番号で表わされる部位の中心を治療とし, そこに点線源があるとしてファントム上に線源位置の座標を決めた。線源から問題とする臓器・組織を結ぶ直線に肺があるとき, 肺の中の通過距離を求め, それに密度0.3g/cm<sup>3</sup>を乗じて密度1g/cm<sup>3</sup>の軟組織中の距離に換算した。骨についてはこのような補正をしなかった。

(1) 式の線減弱係数, 線エネルギー吸収係数および再生係数には Berger の値<sup>3)</sup>を用い, 吸収線量変換係数,  $knE$  の算出には Brownell らの値<sup>6)</sup>を用いた。距離  $x$  の算出から (1) 式による吸収線量率  $R(x)$  の算出, さらに国民線量の計算などすべて ACOS-650(日本電気製)で行った。なお, <sup>226</sup>Ra については Berger のデータがないので, Quimby らのデータ<sup>7)</sup>から  $R(x) = 5.5 \times 10^4 \cdot A \cdot x^{-1.88}$  として計算を行った。

Table 4 Dosimetric points, distribution of active bone marrow and bone mineral component in average Japanese

Bone	Number of dosimetric points	Active bone marrow (g)	Bone mineral component (g)
Skull	4	55.6	694
Mandible	2	3.7	
Cervical Vertebrae	2	30.9	59
Sternum	2	19.98	21
Scapulae	2	16.47	129
Clavicle	2	5.69	50
Ribs	24	143.64	307
Thoracic Vertebrae	6	75.6	179
Lumbar Vertebrae	3	80.25	146
Sacral Vertebrae	2	60.62	83
Iliac Bone	10	158.41	354
Femur	4	87.56	781
Arm	4	28.28	284
Patella			28
Tibia	} 2		443
Fibula			104
Feet			229
Raius	} 2		90
Ulna			112
Hands			107
Total	71*	766.7	4,200

\*For the determination of bone marrow doses, 67 points were used.

骨髄および骨表面の線量を計算するため、人体の正中面を対称に左右の骨に56カ所、椎骨に11カ所の合計67カ所を指定し、それぞれに骨髄および骨ミネラル重量を Table 4 のように配分した。j タイプの治療による骨髄線量  $d_j$  を次式で計算した。

$$d_j = \frac{1}{M} \sum_r m_r d_{jr} \dots \dots \dots (2)$$

ここで、

M: 全骨髄重量, 成人では766.8gとした。子供については手足にも赤色髄が分布しているとし、その重量は体重に比例するとして、8~14歳で531.7g, 3~7歳で341.6gとした。

$m_r$ : 問題とする点 r の骨髄重量,

$d_{jr}$ : 問題とする点 r の線量

骨ミネラルについても (2) 式と同様の計算を行い、全身の平均骨表面線量を算出した。

### 3-2. 結果

線量計算結果の一例として、Table 5 に治療件数の多い子宮頸癌について、各線源37MBq (1 mCi) あたり臓器・組織が受ける線量率 cGy/hr (rad/hr) を示す。国際放射線防護委員会 (ICRP)

Table 5 Organ or tissue doses (Gy) per mCi hr in the treatment of uterine cervix (Coordinate 6-03 in Fig. 1.)

Organ or tissue (T)	<sup>226</sup> Ra	<sup>60</sup> Co	<sup>137</sup> Cs	<sup>198</sup> Au*	<sup>192</sup> Ir	Weighting factor (W <sub>T</sub> )	Modified weighting factor (W <sub>T</sub> ')
Gonad(Ovary)	2.57	4.36	1.292	80.9	0.868	0.25	
Bone marrow	0.405	0.565	0.1682	10.61	0.1138	0.12	0.08**
Thyroid	0.0302	0.0058	0.00074	0.0215	0.00023	0.03	0.02
Lung	0.095	0.067	0.0181	1.007	0.0108	0.12	0.20
Breast	0.063	0.0325	0.0075	0.302	0.00324	0.15	(0.12)***
Bone surface	0.162	0.205	0.061	3.79	0.0902	0.03	
Stomach	0.143	0.100	0.027	1.51	0.0162	0.06	0.30
Upper large intestine	0.99	1.47	0.44	28.2	0.302	0.06	0.06
Lower large intestine	0.90	1.32	0.40	25.3	0.272		
Small intestine	2.21	3.67	1.09	68.5	0.734	0.06	0.14
Rectum	3.13	5.40	1.60	100.0	1.073	0.06	
Bladder	3.13	5.40	1.60	100.0	1.073	0.06	0.08

\*Total absorbed dose during mean life time.

\*\*Lymphatic and hematopoietic doses were determined from bone marrow doses without weighting by the distribution of active bone marrow weight.

\*\*\*This factor was applied to female.

が勧告している実効線量当量  $H_E$  およびがん有意線量の算定の基礎となるがん実効線量 (従来, 実効線量<sup>9)</sup>としてきたが,  $H_E$  と区別するため名称を変更する),  $DE$  を求めるため, Table 5 に示す臓器・組織を対象とした,  $H_E$  は ICRP の勧告している荷重係数,  $WT$  を用いて次式で定義されている.

$$H_E = \sum_T WT \cdot HT \dots\dots\dots (3)$$

ここで,

$HT$ : 密封小線源による治療で受けた臓器組織線量当量 (線質係数を 1 とする), がん実効線量  $DE$  も (3) 式と同様に定義されるが, 荷重係数  $WT$  と異なる修正荷重係数<sup>9)</sup>,  $WT'$  が用いられた.  $WT'$  は長崎の原爆被爆者の疫学調査結果に基づき, Table 5 に示すように決められている. ICRP は遺伝的影響と白血病発生を含めて荷重係数<sup>9)</sup>  $WT$  を決めている. しかし, 修正荷重係数<sup>9)</sup>  $WT'$  はがんのみに着目している.

#### 4. 国民線量の推定

密封小線源による治療において, 稀に, 治療の対象外の臓器・組織に非確率的影響が生ずることはある. しかし, 一般には, がん組織にのみ損傷を与えることを意図して照射しており, 治療後の確率的影響を考えることが重要である.

人類は自然放射線以外に, 医療被曝などいろいろな人工放射線源に被曝している. ICRP は, 種々の線源からの被曝による確率的影響を評価するため, 集団実効線量当量やこれを集団の人数で除した 1 人あたり実効線量当量などを定義している.

確率的影響の発生確率は臓器・組織線量に比例するとしても, 実際の発生数は線量だけでなく種々の因子に関係する. 例えば, 遺伝的影響は, 生殖腺が被曝しても子孫が出来なければ, 発生しない. 従って, 生殖腺線量を将来生まれるであろう子供の数で荷重した, 生まれてくる子供 1 人あたりの線量 (遺伝有意線量: Genetically Significant Dose, GSD) が用いられている. 白血病は赤色骨髄の被曝によるとして, ある被曝による集団骨髄線量を国民総数で除した 1 人あたり平均骨髄線量 (*per Caput* Mean Bone Marrow Dose, CMD) が定義されている. しかし, 白血病

やがんの発生は, 被曝後ある期間にわたって潜伏期を有する. 確率的に白血病やがんの発生が考えられても, 潜伏期に事故などの原因によって死亡することがある. 原爆被曝者の疫学調査結果と日本人の平均余命から, 白血病有意率およびがん有意率を算定<sup>10)</sup>し, これらの有意率で骨髄線量および実効線量をそれぞれ, 荷重した白血病有意線量 (Leukemogenically Significant Dose, LSD) およびがん有意線量 (Malignantly Significant Dose, MSD) が国民 1 人あたりの線量として定義されている<sup>9)</sup>. ICRP は, 種々の被曝からの確率的影響を評価するため, 集団実効線量当量<sup>11)</sup>を導入している. 集団実効線量当量を国民総数で除すことにより, 国民 1 人あたりの実効線量当量 (*per Caput* Effective Dose Equivalent, EDE) が算出できる.

国民線量として, GSD, CMD, LSD, MSD および EDE の 5 つの 1 人あたり線量を考えることとする. 子供期待率, 白血病有意率およびがん有意率として, 1978 年に算出した値<sup>10)</sup>を用いることとした. 放射線治療を受ける患者の 5 年生存率は, 世界保健機構 (WHO) の資料に基づいているが, がんの潜伏期は長いために 5 年以内のがん死亡は考えられない. 従って, がん有意率については健康な人の値に 5 年生存率を乗じて求めることができる. 子宮頸癌の患者の子供期待率は 0 であるの

Table 6 Population doses from the uses of small sealed sources for radiotherapy.

Population doses	GSD (nGy/person year)	CMD	LSD ( $\mu$ Gy/person year)	MSD
Male	1.08	2.89	0.54	1.87
Female	6.81	114.8	18.71	169.7
Total	7.89	117.7	19.25	171.6

Table 7 Population doses from afterloading technique in radiotherapy

Population doses	GSD	CMD	LSD ( $\mu$ Gy/person year)	MSD
Male	0	0.85	0.041	0.74
Female	0	57.6	9.40	93.7
Total	0	58.5	9.44	94.4

Table 8 Collective effective dose equivalent and *per Caput* effective dose equivalent from the uses of small sealed sources for radiotherapy ( $\mu\text{Sv}/\text{person year}$ ) (including afterloading technique)

Sex	Collective dose equivalent (manSv/year)	population	<i>per Caput</i> effective dose equivalent ( $\mu\text{Sv}/\text{person year}$ )
Male	$3.20 \times 10^2 (1.32 \times 10^2)^*$	$1,188 \times 10^5$	2.7(1.11)
Female	$5.10 \times 10^4 (2.67 \times 10^4)^*$	$1,188 \times 10^5$	425(225)
Total	$5.13 \times 10^4 (2.68 \times 10^4)^*$		428(226)

\*The figures in parenthesis show the values from afterloading techniques.

で、密封小線源による治療の GSD はかなり小さいことが予想される。

国民線量の計算式については、すでにいろいろな報告で取扱われているので省略するが、算定の結果を Table 6 に示す。国民線量の表示法としては、1年あたり国民1人あたりの線量が用いられる。Table 6 はアフタローディングを含めた、すべての密封小線源を用いた治療による国民線量を示す。GSD は  $7.9\text{nGy}$ 、CMD は  $118\mu\text{Gy}$ 、LSD は  $19.3\mu\text{Gy}$  および MSD は  $172\mu\text{Gy}$  であった。このうち、アフタローディング法による国民線量は Table 7 に示すように、密封小線源全体による値のほぼ1/2であった。ただし、GSD はゼロであった。このことはアフタローディング法による治療が子供期待率ゼロの年齢群に集中していることを示している。

国民1人あたりの実効線量当量 (EDE) は Table 8 に示すが、年あたり1人あたり  $428\mu\text{Sv}$  であった。性別では治療件数の多い女性の寄与が  $425\mu\text{Sv}$  で99%を占めていた。アフタローディング法によるEDE は  $226\mu\text{Sv}$  で全体の約53%を占めていた。密封小線源による治療の集団実効線量当量は、男性で  $3.2 \times 10^2 \text{man} \cdot \text{Sv}$ 、女性で  $5.1 \times 10^4 \text{man} \cdot \text{Sv}$  であり、合計で  $5.13 \times 10^4 \text{man} \cdot \text{Sv}$  であった。

## 5. 考 察

(1) 1983年における日本全国での密封小線源による治療件数は、男性2,580件、女性36,340件、合計で38,920件であった。これは1978年の調査結果に比べて、約13,600件の増加と考えられる。線源別にみると、前回に比べて $^{60}\text{Co}$ の使用が約13,800件増加し、 $^{192}\text{Ir}$ の使用が約540件加わった反面、 $^{137}\text{Cs}$ が約1,000件減少した。一方、 $^{60}\text{Co}$ を線源とし

たアフタローディング法が、1978年の6,400件から今回は19,000件で約12,000件増加しており、アフタローダの台数が5年間に50台から123台と約2.5倍に増加したことを反映している。

線源を保有している事業所は452と計上された<sup>2)</sup>が、実際に密封小線源を使用していると回答されたのは178事業所であったが、回答率で補正し、全国で275事業所で密封小線源による治療が実施されたと推定した。線源利用率60%という結果は、密封小線源治療の特殊性からみて、少し大きいとも考えられるが、全数調査で回答率約65%であったことから妥当な数字と判断した。

(2) 臓器・組織線量は、MIRD法で用いられる数学的ファントムに、日本人の体格の補正を加えて作成したファントムを使用した。5年間に日本人の体格も年齢別に変動しており、(1)式の線源臓器間距離  $x\text{cm}$  が多少長くなったこと、骨髄線量測定点を26点から67点と数を増やすと共に全身に分布させたことなど<sup>2</sup>、3の改良を加えたため、臓器・組織線量は前回に比べて変動した。

(3) 国民線量にがん有意線量と実効線量当量を加え、従来の遺伝有意線量などと併せて、5つの線量を推定した。Table 9 に、1971、1978年と今回の推定結果を比較した。1971年は治療件数が50,000件と多い上に、臓器・組織線量が比較的高い $^{226}\text{Ra}$ が多く使われていたことなどから、国民線量が大きかったと考えられる。1978年と今回の値で、件数に比べて線量の変動が大きいのは、前述のように今回線量計算法を多少改良したことにも関係している。

(4) 密封小線源による治療のリスクを国民全体への確率的影響としてとらえてみる。集団に対す

Table 9 Comparison of present data with previous data

	1971	1978	1983
Frequency	50,000	25,260	38,920
Number of patients	21,650	12,600	13,610
GSD(nGy/person year)	123.4	14.89	7.89
CMD( $\mu$ Gy/person year)	432.6	156.2	117.7
LSD( $\mu$ Gy/person year)	76.8	26.0	19.24
MSD( $\mu$ Gy/person year)	—	—	171.5
EDE( $\mu$ Sv/person year)	—	—	428

る遺伝のリスク係数を $185 \times 10^{-4} \cdot \text{Gy}^{-1}$ とし、白血病のリスク $20 \times 10^{-4} \cdot \text{Gy}^{-1}$ 、がんのリスク $165 \times 10^{-4} \cdot \text{Gy}^{-1}$ としたとき<sup>9)</sup>、現在の人口から生まれてくる子供のうち0.01人に致死性的遺伝リスクが、また、全国民の4.6人に白血病が、340人にがんが発生することになる。

#### 6. 結 語

1) 1983年における日本全国の密封小線源による治療件数は、男性2,580件、女性36,340件の合計38,920件であった。そのうち、アフタローディングは男性270、女性18,770の合計19,040件であった。

2) 遺伝有意線量は年間1人あたり7.9nGy、平均骨髄線量は118 $\mu$ Gy、白血病有意線量は19.3 $\mu$ Gyおよびがん有意線量は172 $\mu$ Gyであった。

3) 密封小線源による治療からの集団実効線量当量は、男性 $3.2 \times 10^2$ 、女性 $5.1 \times 10^4$ の合計 $5.13 \times 10^4 \text{man} \cdot \text{Sv}$ であった。

4) 密封小線源治療による確率的影響のリスクは、遺伝で0.01人、白血病で4.6人、がん340人であった。

#### 文 献

- 1) 橋詰 雅, 丸山隆司, 西沢かな枝: 密封小線源治療による国民線量の推定, 日本医放会誌, 25: 878-884, 1980
- 2) 日本アイソトープ協会: 放射線利用統計 (1982). 日本アイソトープ協会, 東京, 1983
- 3) Berger MJ: Energy deposition in water by photons from point isotropic sources. MIRD J Nucl Med/Suppl 1: 17-25, 1968
- 4) 厚生統計協会: 国民衛生の動向・厚生指標, 特集, 第30巻, 第9号, (財)厚生統計協会, 東京, 1983
- 5) 山口 寛: 大きさの異なる人体へのMIRD法を適用する際の変換法, 日本医放会誌, 39: 252-266, 1979
- 6) Brownell GL, Ellet WH, Reddy AR: Absorbed fractions for photon dosimetry. MIRD J Nucl Med/Suppl 1: 29-39, 1968
- 7) Quimby EH: Dosage tables for linear radium sources. Radiology 43: 572-577, 1944
- 8) 日本アイソトープ協会(翻訳): 国際放射線防護委員会勧告(ストックホルム会議を含む), ICRP-Pub 26, 日本アイソトープ協会, 東京, 1979
- 9) 橋詰 雅, 丸山隆司: 医療被曝のリスク推定方法について, 日本医放会誌, 40: 1175-1182, 1980
- 10) 橋詰 雅, 丸山隆司, 館野之男: がん有意因子について, 日本医放会誌, 40: 815-822, 1980
- 11) 日本アイソトープ協会(翻訳): ICRPが使用しているおもな概念と量の用語解説. ICRP-Pub. 42, 日本アイソトープ協会, 東京, 1985