

Title	遠隔放射線治療による国民線量の推定 第二報 遺伝有意線量, 平均骨髓線量および白血病有意線量
Author(s)	橋詰, 雅; 松沢, 秀夫; 丸山, 隆司 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1980, 40(5), p. 466-475
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17460
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

遠隔放射線治療による国民線量の推定

第二報 遺伝有意線量, 平均骨髓線量および白血病有意線量

放射線医学総合研究所物理研究部

橋詰 雅 松沢 秀夫 丸山 隆司

河内 清光 白貝 彰宏 野田 豊

臨床研究部

館 野 之 男

(昭和54年9月17日受付)

(昭和54年12月17日最終原稿受付)

Population Doses from Beam Therapy in Japan, 1978

Part 2. Estimation of Genetically Significant Dose, *Per Caput* Mean Bone Marrow Dose and Leukemia Significant Dose

Tadashi Hashizume, Hideo Matsuzawa, Takashi Maruyama,
Kiyomitsu Kawachi, Akihiro Shiragai, Yutaka Noda
and Yukio Tateno*

Division of Physics and Division of Clinical Research*, National Institute of Radiological Sciences, 9-1, Anagawa, 4-chome Chiba, 260, Japan

Research Code No.: 302

Key Words: Population dose, Medical exposure, Radiotherapy, National wide survey

The population doses from beam therapy in Japan have been estimated on the basis of a nationwide survey carried out for 30 consecutive day period in October and November 1978. Dose distributions in the MixDP phantom irradiated with a given surface dose were measured with ionization chambers for useful beams, scattered and leakage radiations using a telecobalt unit, a conventional X-ray unit and a medical linear accelerator. The gonad and bone marrow doses were evaluated using the experimental data and the technical factors of radiation therapy obtained from the nationwide survey.

The genetically significant dose (GSD) was 39 μ rad per person per year for male and 27 μ rad per person per year for female, with a total of 66 μ rad per person per year. The *per Caput* mean bone marrow dose (CMD) was 54 mrad per year for male and 98 mrad per year for female, with a total of 152 mrad per year. The leukemia significant dose (LSD) was 6.8 mrad per person per year for male and 16.1 mrad per person per year for female, with a total of 23 mrad per person per year.

The results of present survey show a decrease of 93 percent for GSD, 26 percent for CMD and 37 percent for LSD, as compared with the last survey in 1971.

1. 緒 言

遠隔放射線治療の対象は、最近ではほとんどが悪性腫瘍に限定されてきている。そのため、この治療をいわゆる放射線のリスク・ベネフィットという観点から眺めたとしても、患者の当面の救命という課題が圧倒的比重を占めており、また、救命が充分期待できる場合でも治療後の生存の質の向上をめぐる非確率的放射線影響の抑止に重点があって、この治療による国民線量への負担増は二次的な意義しか持っていないと思われる。

しかし、総体としての国民線量という観点から見ると、部分的であっても、人体に数千ラドにも及ぶ照射をする事例は他にないこと、最近の悪性腫瘍治療の進歩により長期生存者の数も次第に増す傾向にあること、悪性腫瘍でない余命の長い患者も一部は放射線治療の対象とされていることなどのため、遠隔放射線治療による国民線量への寄与は、他の放射線源に比べてかなり大きく、その動向は長期的に調査を続けて行く必要があると思われる。そのため1977年の国連科学委員会の報告¹⁾でも、遠隔放射線治療を国民線量の対象として取り上げている。

日本においては各国に先がけて、遠隔放射線治療による国民線量の推定を既に2回(1961²⁾、1971⁴⁾)行なっており、今回の調査(1978年)は第3回目である。第1報³⁾で報告したように患者数は男3.6万人、女4.1万人、合計7.7万人で、その治療回数は男83.6万回、女93.9万回、合計177.5万回で前回の178.5万回と殆んど差がない。

しかし内容的には相当の変動があり、加速器特に直線加速器の普及によって、⁶⁰Co-γ線と慣用X線の治療患者がそれぞれ12%、90%減少した。また、加速器の普及にもかかわらず、電子線治療患者が50%減少した。また前回遺伝有意線量の大部分を占めていた形成外科のケロイド予防照射等、生殖腺近傍の非悪性腫瘍の照射が少なくなったために遺伝有意線量の大きな減少が期待される。さらに、ラルストロン(近接大線量率照射)の普及に伴って女性の遠隔照射が減少したこと、直線加速器の普及によって漏洩線量が減少したこと

からも国民線量の低減が期待される。このため本研究では新しい放射線発生装置によって、照射された線量に対する生殖腺線量、骨髄線量を測定し、実態調査の結果に基づき、遠隔放射線治療による遺伝有意線量、平均骨髄線量、ならびに白血病有意線量を次式により推定した。

$$GSD = \frac{\sum_j \sum_k [N_{jk}^{(F)} \cdot W_{jk}^{(F)} \cdot d_{jk}^{(F)} + N_{jk}^{(M)} \cdot W_{jk}^{(M)} \cdot d_{jk}^{(M)}]}{\sum_k [N_k^{(F)} \cdot W_k^{(F)} + N_k^{(M)} \cdot W_k^{(M)}]} \quad (1)$$

$$CMD = \frac{\sum_j \sum_k [N_{jk}^{(F)} \cdot m d_{jk}^{(F)} + N_{jk}^{(M)} \cdot m d_{jk}^{(M)}]}{\sum_k [N_k^{(F)} + N_k^{(M)}]} \quad (2)$$

$$LSD = \frac{\sum_j \sum_k [N_{jk}^{(F)} \cdot L_{jk}^{(F)} \cdot m d_{jk}^{(F)} + N_{jk}^{(M)} \cdot L_{jk}^{(M)} \cdot m d_{jk}^{(M)}]}{\sum_k [N_k^{(F)} + N_k^{(M)}]} \quad (3)$$

GSD: 遺伝有意線量

CMD: 平均骨髄線量

LSD: 白血病有意線量

N_{jk} : k年齢層の患者のj部位の照射による治療回数

N_k : k年齢層の人口

W_{jk} : j部位の照射による治療を受けたk年齢層の患者の子供期待率

W_k : k年齢層の人の子供期待率

d_{jk} : k年齢層の患者のj部位の照射による治療時の生殖腺線量

$m d_{jk}$: k年齢層の患者のj部位の照射による治療時の骨髄線量

L_{jk} : k年齢層の患者がj部位の照射を受けた時の白血病発生因子

(F): 女

(M): 男

2. 臓器線量

(1) 発生装置

放射線源としては次の装置を用いた。診療用高エネルギー放射線発生装置として三菱のML-15 M II型直線加速器、診療用放射線照射装置として島津製の⁶⁰Co RTGS-2DM、治療用(慣用)X線装置として島津製の信愛250kV、また表在治療用として東芝製のKXO-12である。

(2) 線量測定の方法

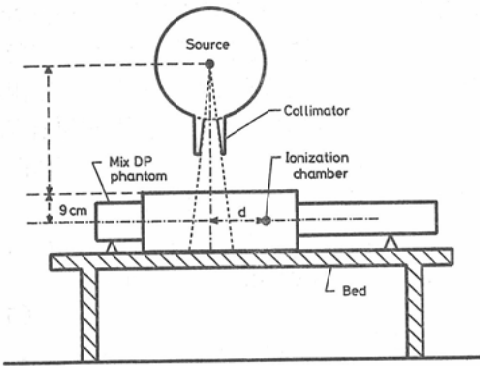


Fig. 1 Experimental arrangement for phantom measurement.

線量を測定するために30×18×60cmのMix DPファントムを使用した。放射線発生装置、ファントムの配置を Fig. 1 に示す。測定には応用技研製の広領域線量計を用いた。使用した電離箱は、主線束中に測定点がある場合は電離容積が0.6ccのもの、主線束外にある場合は12ccのもので、いづれも電子技術総合研究所で校正してある。

i) 照射部位

Fig. 2の如く全身の皮膚面を縦9、横16に分割し、縦一横の数字で照射部位を表わした。例えば子宮を腹部から照射したときの照射部位は6-3となる。

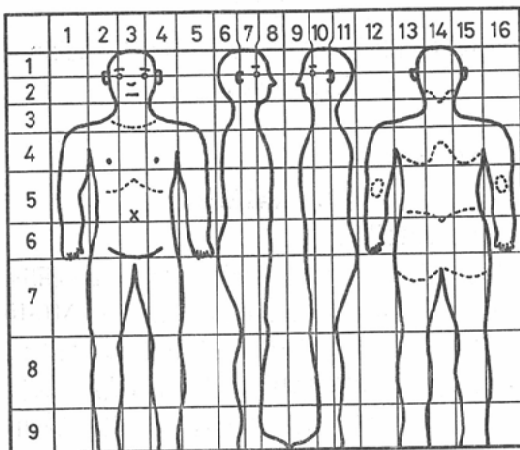


Fig. 2 Grid reference system for defining irradiation position.

ii) 測定位置

成人の卵巣の位置は恥骨結合から7cmで、体中心線から5cm離れた場所の深さ9cmの所であるとした。睾丸は7mmの軟組織でおおわれているとした。

赤色髄は前回同様橋本等⁷⁾の値を参考にして求めた分布から、全量を成人765g、子供は3~7歳の平均値として328gを用いた。その分布については前回報告した⁵⁾ので省略する。

iii) 生殖腺

前回の線量推定⁴⁾と同様に皮膚線量1rad当りの生殖腺線量 d_g を次式によって求めた。

$$d_g = M_g + T_g + S_g \cdot f \quad (4)$$

ここで

M_g : 主線束内に生殖腺がある場合に、照射野を0cm²に外挿したときの生殖腺線量

T_g : 漏洩線による生殖腺線量

S_g : 散乱線による照射野1cm²当りの生殖腺線量

f : 照射野の大きさ (cm²)

S_g と T_g の値は照射野10×10cmと5×5cmの線量 S_{g5} と S_{g10} から次式によって求めた。

$$S_g = (S_{g10} - S_{g5}) / 75 \quad (5)$$

$$T_g = S_{g10} - S_g \cdot 100 \quad (6)$$

iv) 骨髄

骨髄線量 m_{ijk} も前回⁵⁾と同様に次式によって求めた。

$$m_{ijk} = \{ f \cdot (M_{ijk} + S_{ijk}) + T_{ijk} \} \cdot D_{ijk} \quad (7)$$

ここで

M : 表面線量1rad照射した時、照射野1cm²当りの主線束内の骨髄線量

S : 散乱線量

T : 漏洩線量

D : 皮膚表面線量

j, k : 照射部位、年齢層

S_{ijk} を求めるには、骨髄は広範囲にわたって分布しているため、各部位 i にある骨髄への散乱線による線量 s_i にその骨髄量 m_i を掛けたものを加え合わせる必要がある。

Table 1 Gonad dose per 1 rad at the surface due to useful beams, scattered and leakage radiations for adult

Irradiation position*	Male										Female										
	⁶⁰ Co		200kV X		10MV X		10MeV E		50kV X		⁶⁰ Co		200kV X		10MV X		10MeV E		50kV X		
	M _g +T _g **	S _g ***	M _g +T _g **	S _g ***	M _g +T _g **	S _g ***	M _g +T _g **	S _g ***	M _g +T _g **	S _g ***	M _g +T _g **	S _g ***	M _g +T _g **	S _g ***	M _g +T _g **	S _g ***	M _g +T _g **	S _g ***	M _g +T _g **	S _g ***	
1-2, 3, 4	0.21	0	0	0.04	0	0.55	0	0.25	0	0.01	0	0.17	0	0.03	0	0.34	0	0.20	0	0	0
7, 8	0.13	0	0	0.01	0	0.35	0	0.17	0	0	0	0.10	0	0.02	0	0.22	0	0.15	0	0	0
13, 14, 15	0.14	0	0	0.02	0	0.45	0	0.18	0	0	0	0.15	0	0.03	0	0.28	0	0.18	0	0	0
2-2, 3, 4	0.32	0	0	0.09	0	0.60	0	0.35	0	0.02	0	0.26	0	0.03	0	0.37	0	0.30	0	0	0
7, 10	0.21	0	0	0.04	0	0.45	0	0.25	0	0	0	0.16	0	0.02	0	0.28	0	0.20	0	0	0
13, 14, 15	0.25	0	0	0.06	0	0.52	0	0.30	0	0	0	0.24	0	0.03	0	0.32	0	0.28	0	0	0
3-2, 3, 4	0.42	0	0	0.09	0	0.60	0	0.45	0	0.02	0	0.35	0.003	0.03	0.01	0.35	0.001	0.40	0	0	0
12, 14, 15	0.28	0	0	0.06	0	0.48	0	0.32	0	0.01	0	0.32	0.003	0.03	0.01	0.32	0.001	0.35	0	0	0
4-2, 3, 4	0.60	0.003	0.09	0.01	0.55	0.002	0.62	0	0	0.02	0	0.46	0.01	0.04	0.03	0.26	0.007	0.48	0	0	0
7, 10	0.32	0.002	0.04	0.01	0.33	0.001	0.35	0	0.01	0	0.35	0.007	0.03	0.02	0.18	0.004	0.38	0	0	0	0
13, 14, 15	0.40	0.002	0.06	0.01	0.40	0.001	0.42	0	0.015	0	0.42	0.01	0.03	0.03	0.03	0.23	0.007	0.45	0	0	0
1, 5	0.58	0.003	0.08	0.01	0.48	0.002	0.61	0	0	0.02	0	0.43	0	0.03	0	0.24	0	0.46	0	0	0
5-2, 3, 4	0.64	0.007	0.09	0.02	0.42	0.005	0.68	0	0	0.02	0	0.48	0.035	0.03	0.07	0.13	0.023	0.47	0.002	0.01	0
7, 10	0.35	0.005	0.03	0.018	0.30	0.004	0.38	0	0.01	0	0.35	0.025	0.02	0.05	0.08	0.022	0.34	0.002	0.01	0	0
13, 14, 15	0.42	0.006	0.06	0.015	0.38	0.004	0.45	0	0.015	0	0.43	0.035	0.03	0.08	0.11	0.023	0.42	0.002	0.01	0	0
1, 5	0.30	0	0	0.04	0	0.20	0	0.33	0	0	0	0.17	0	0.01	0	0.04	0	0.18	0	0	0
12, 16	0.20	0	0	0.08	0	0.15	0	0.23	0	0.02	0	0.17	0	0.01	0	0.04	0	0.18	0	0	0
6-2, 4	0.85	0.035	0.09	0.08	0.20	0.025	0.86	0.002	0.02	0.02	0.02	0.490	0.67	214	1.34	670	0.42	2.0	0	60	0
3	0.90	0.05	0.09	0.15	0.26	0.035	0.91	0.003	0.02	0.02	0.04	0.53	0.08	0.04	0.2	0.08	0.50	0.005	0.01	0	0
7, 10	0.33	0.025	0.03	0.06	0.08	0.017	0.35	0.001	0.01	0.01	0.02	0.430	0.60	130	0.9	0.560	0.50	1.6	0	10	0
13, 15	0.70	0.035	0.06	0.08	0.17	0.025	0.72	0.001	0.015	0.015	0.02	0.460	0.65	150	1.10	590	0.53	1.8	0	22	0
14	0.75	0.05	0.06	0.15	0.19	0.035	0.78	0.003	0.015	0.015	0.04	0.50	0.07	0.04	0.2	0.06	0.046	0.48	0.005	0.01	0
1, 5	0.30	0	0	0.04	0	0.08	0	0.32	0	0.01	0	0.10	0	0.01	0	0.01	0	0.12	0	0.01	0
7-2, 4	0.75	0.035	0.08	0.08	0.14	0.024	0.76	0.002	0.02	0.02	0.012	0.40	0.007	0.03	0.02	0.11	0.005	0.42	0.001	0.01	0
3	965	0.16	945	0.05	877	0.18	970	0.800	0.2	0.800	0.2	0.45	0.01	0.03	0.03	0.14	0.007	0.47	0.001	0.01	0
14	725	0.58	670	0.15	715	0.35	600	0.190	0.16	0.16	0.16	0.42	0.01	0.03	0.03	0.10	0.007	0.43	0.001	0.01	0
7, 10	0.30	0.02	0.03	0.06	0.05	0.01	0.32	0.001	5.0	0.1	0.30	0.003	0.003	0.02	0.01	0.06	0.002	0.32	0.001	0	0
13, 15	0.40	0.035	0.07	0.04	0.01	0.024	0.44	0.002	0.02	0.02	0.01	0.35	0.006	0.02	0.02	0.07	0.004	0.37	0.001	0	0
8-2, 3, 13, 15	0.25	0	0	0.07	0	0.27	0	0.28	0	0.02	0	0.16	0	0.03	0	0.20	0	0.07	0	0	0
7, 10	0.15	0	0	0.03	0	0.17	0	0.18	0	0.01	0	0.15	0	0.01	0	0.15	0	0.06	0	0	0
9-2, 4, 13, 15	0.20	0	0	0.07	0	0.30	0	0.23	0	0.01	0	0.10	0	0.03	0	0.12	0	0.05	0	0	0
7, 10	0.10	0	0	0.03	0	0.15	0	0.12	0	0	0	0.05	0	0.01	0	0.10	0	0.04	0	0	0

* see Fig. 2 ** M_g and T_g : mrad·rad⁻¹ *** S_g : mrad·rad⁻¹·cm⁻²

Table 2 Active bone marrow dose per 1 rad at the surface due to useful beams, scattered and leakage radiations for adult

Bone Marrow	⁶⁰ Co		200kV·X		10MV·X		10MeV·E		50kV X	
	M+S*	T**	M+S	T	M+S	T	M+S	T	M+S	T
1- 3	310	290	340	43	320	180	165	280	85	9
2, 4	260	290	240	43	295	180	160	280	60	9
7, 10	290	239	310	21	280	87	169	240	78	4
14	330	345	370	58	310	240	230	330	93	12
13, 15	300	345	280	58	295	240	230	330	70	12
2- 2, 4	30	328	45	43	32	178	18	325	12	9
3	120	328	140	43	145	83	0	325	10	9
7, 10	140	295	165	20	180	83	0	290	42	4
14	180	390	185	58	185	240	0	380	47	12
13, 15	30	390	45	58	32	240	0	380	12	12
3- 2, 4, 6, 11	30	370	45	38	35	160	20	360	15	8
3, 7, 10	265	370	330	38	335	160	30	360	110	8
13, 15	45	450	50	50	40	210	35	430	17	10
14	390	450	477	50	430	210	70	430	160	10
1, 5, 12, 16	25	340	35	30	30	150	0	110	12	8
4- 2, 4	210	395	240	36	230	150	100	390	80	7
3	500	395	540	36	545	150	0	390	180	7
7, 10, 6, 11	330	343	390	19	380	78	80	340	130	4
13, 15	230	474	260	47	240	195	120	460	87	9
14	750	474	830	47	755	195	180	460	280	9
1, 5, 12, 16	50	340	80	18	70	75	31	320	25	4
5- 2, 4	0	410	0	34	0	141	0	400	0	7
3	530	366	610	20	620	83	96	360	60	4
7, 10, 6, 11	260	366	290	20	280	83	0	360	30	4
13, 15	0	500	0	40	0	165	0	480	0	8
14	810	500	940	40	350	165	45	480	130	8
1, 5	0	360	0	19	0	78	0	340	0	4
12, 16	0	480	0	38	0	153	0	440	0	8
6- 2, 4	170	390	200	33	270	138	0	370	30	7
3	470	400	520	35	530	144	0	380	75	7
7, 10, 6, 11	380	350	395	23	335	95	30	330	55	5
13, 15	340	480	415	43	355	180	150	460	60	9
14	720	490	790	45	730	185	220	470	140	9
1, 5	0	330	0	20	0	82	0	310	0	4
7- 2, 4	70	350	75	36	85	150	0	330	15	7
3	0	360	0	37	0	153	0	340	0	7
14	0	450	0	51	0	210	0	430	0	10
7, 10	70	320	75	22	85	92	0	300	15	4
13, 15	70	435	75	49	85	205	0	420	15	10
8- 2, 4, 13, 15	0	200	0	22	0	92	0	180	0	4
7, 10	0	160	0	18	0	75	0	160	0	4
9- 2, 4, 13, 15	0	40	0	5	0	20	0	35	0	1
7, 10	0	30	0	3	0	12	0	26	0	1

* M and S : g·mrad·rad⁻¹·cm⁻²

** T : g·mrad·rad⁻¹

$$S_{ik} = \sum_j s_j \cdot m_i \tag{8}$$

(3) 線量

T_{jk} についても同様にして次式で求める。

$$T_{ik} = \sum_j t_j \cdot m_i \tag{9}$$

Fig. 2の各部位を照射した時の生殖腺および骨髄の吸収線量を算出するための M, S, T の

値を Table 1 及び 2 に示す。

3. 有意因子

(1) 相対子供期待率

健康人の子供期待数 W_k については厚生省の簡速静止人口表⁸⁾ および人口動態統計⁹⁾ から求めた。また患者の場合の子供期待数 w_p は、病気によって5年生存率を Table 3の如く定め、治療開始より5年までは指数関数で死亡し、5年生存率は以後健康人と同様に生存すると仮定して、患

Table 3 5 years survival rate classified by type of disease

5 years survival rate	Type of disease*							
60	140	141	191	208				
30	143	144	161	173	174	186	188	
	193	201						
20	142	145	146	148	149	151	160	
	180	181	183	185	195	200	205	
10	147	154	184	187	189	202	206	
	207							
5	150	162	182	192	199			
1	151	153	155	156	163	170	171	
	172	190	194	196	197	198	203	
	204	209	300	301				
99	Others							

* The type of disease is described in terms of the International Index¹⁰⁾.

者の余命 F_p と健康人の余命 F_n から次式によって求めた。

$$w_p = \int W_k \cdot (F_p/F_n) \cdot dt \quad (10)$$

ここで t は年齢を表わす。

19歳までの w_k の値 $(w_k)_{19}$ で各年齢層の w を割った値を相対子供期待率とした。即ち

$$W_{ik} = W_p / (W_k)_{19} \quad (11)$$

$$W_k = W_k / (W_k)_{19} \quad (12)$$

以上の結果から算出した病気別、年齢別の相対子供期待率を Table 4 に示す。なお、生殖腺に300rad 以上あたった場合と生殖腺の悪性腫瘍の場合には子供期待率は0とした。

(2) 白血病発生因子

白血病は、広島・長崎の被爆資料から、被爆後数年で最高の発生率を示し、20~30年ではほぼ正常値にもどることがわかっている。患者の場合には前述の如く病気による余命の減少があるので、これらを加味して前回⁹⁾ と同様の計算により求めた病気別、年齢別の白血病発生因子を Table 5 に示す。

4. 遺伝有意線量 (GSD)

Table 1 の値を (4)式に入れて単位表面線量当りの生殖腺線量を得、それに表面線量を乗じるこ

Table 4 Relative child expectancy in 1978

5yr survival rate	Age	Normal	60%	40%	30%	20%	10%	5%	1%
Male	0-19	1.00	0.60	0.40	0.32	0.20	0.10	0.05	0.01
	20-24	0.97	0.59	0.41	0.31	0.21	0.181	0.073	0.033
	25-29	0.72	0.49	0.38	0.31	0.23	0.165	0.131	0.102
	30-34	0.34	0.24	0.20	0.16	0.133	0.100	0.083	0.07
	35-39	0.092	0.068	0.057	0.047	0.038	0.030	0.025	0.023
	40-44	0.019	0.014	0.012	0.010	0.008	0.006	0.005	0.005
	45-49	0.005	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
	50-54	0.002	0.001	0.001	0.001				
55-	0.001								
Female	0-19	1.00	0.61	0.42	0.31	0.21	0.114	0.064	0.024
	20-24	0.92	0.63	0.49	0.39	0.30	0.21	0.167	0.131
	25-29	0.48	0.35	0.29	0.25	0.20	0.152	0.127	0.108
	30-34	0.121	0.089	0.076	0.062	0.051	0.041	0.034	0.029
	35-39	0.007	0.005	0.005	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002
	40-44	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001			
	45-	0.00	0.00						

Table 5 Leukemia significant factor, L_{jk} , in 1978

5yr survival rate		normal	60%	40%	30%	20%	10%	5%	1%
Age									
Male	0-34	0.98	0.60	0.41	0.31	0.21	0.11	0.06	0.02
	35-49	0.94	0.58	0.39	0.30	0.21	0.11	0.06	0.02
	50-54	0.85	0.55	0.37	0.29	0.20	0.10	0.06	0.02
	55-59	0.78	0.50	0.34	0.26	0.18	0.09	0.05	0.02
	60-64	0.70	0.43	0.29	0.23	0.15	0.08	0.05	0.01
	65-69	0.57	0.35	0.24	0.18	0.13	0.07	0.04	0.01
	70-74	0.41	0.30	0.20	0.16	0.11	0.06	0.03	0.01
	75-	0.21	0.24	0.17	0.13	0.09	0.05	0.03	0.01
Female	0-44	0.98	0.60	0.41	0.31	0.21	0.11	0.06	0.02
	45-49	0.92	0.58	0.39	0.30	0.20	0.11	0.06	0.02
	50-54	0.87	0.56	0.38	0.29	0.20	0.11	0.06	0.02
	55-59	0.80	0.55	0.37	0.28	0.19	0.10	0.06	0.02
	60-64	0.80	0.50	0.34	0.26	0.17	0.10	0.05	0.02
	65-69	0.70	0.43	0.30	0.22	0.15	0.09	0.05	0.01
	70-74	0.58	0.38	0.27	0.20	0.14	0.08	0.04	0.01
	75-	0.40	0.30	0.22	0.16	0.11	0.07	0.04	0.01

Table 6 Genetically significant dose classified by sex, age-group, type of disease and type of radiations used for radiotherapy: GSD ($\mu\text{rad}/\text{person}/\text{year}$)

	Source	Total	age					non malignant	malignant*							
			0-14	15-29	30-44	45-59	60-		B	C	D	E	F	G	H	Sub T
Male	$^{60}\text{Co}-\gamma$	14.9	4.5	8.3	1.81	0.23	0	1.66	0.60	0.58	1.32	0.34	0.48	4.9	5.0	13.2
	SF. X	0.01	—	0.01	0	—	0	0.01	0	0	0	—	0	0	—	0.01
	Conv. X	—	0	0	—	0	0	—	0	0	0	0	0	0	—	—
	He. X	22	6.3	10.2	5.3	0.04	0	—	0.68	1.04	1.12	0.40	2.7	7.9	8.1	22
	He. E	1.75	1.19	0.49	0.06	—	0	1.36	—	—	—	0.06	0	0.32	0.10	0.49
	Sub T	39	12.0	19.1	7.2	0.27	0	3.0	1.28	1.62	2.4	0.80	3.2	13.1	13.2	36
Female	$^{60}\text{Co}-\gamma$	10.4	3.1	4.1	3.2	0	0	1.3	—	—	0.24	1.86	0.37	1.90	4.7	9.1
	SF. X	0.04	0	0	0.04	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0
	Conv. X	0.04	0	0	0.04	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0
	He. X	11.6	4.4	6.6	0.68	0	0	0	0.19	0.10	0.21	0.83	0.56	5.5	4.2	11.6
	He. E	4.4	3.2	0.75	0.41	0	0	3.5	—	—	—	0.51	0	0.18	0.15	0.85
	Sub T	27	10.7	11.5	4.4	0	0	4.9	0.19	0.10	0.45	3.2	0.93	7.6	9.1	22
Total	66	23	31	11.6	0.27	0	7.9	1.47	1.72	2.9	4.0	4.1	21	22	58	

- * B : M.N. (Malignant neoplasm) of buccal cavity and pharynx
 C : M.N. of digestive organs and peritoneum
 D : M.N. of respiratory system
 E : M.N. of bone, connective tissue skin and breast
 F : M.N. of genito-urinary organs
 G : Neoplasms of lymphatic and haematopoietic tissue
 H : M.N. of other and unspecified sites

Table 7 *per Caput* mean bone marrow dose classified by sex, age-group, type of disease and type of radiations used for radiotherapy
CMD (mrad/person/year)

	Source	Total	age						non Malignant	malignant*							
			0 -14	15 -29	30 -44	45 -59	60 -74	75—		B	C	D	E	F	G	H	Sub. T
Male	⁶⁰ Co-γ	25	2.7	1.1	2.7	6.6	9.0	2.6	0.02	0.58	6.2	6.8	0.51	4.8	3.1	2.8	25
	SF. X	—	—	—	0	—	0	0	—	0	0	0	—	0	0	—	
	Conv. X	0.09	0	0	0.02	0.06	0.01	—	—	0	0.01	0	0.01	—	0	0.07	0.09
	He. X	29	4.1	1.55	2.9	6.8	11.1	2.9	—	0.79	6.0	7.5	1.52	4.6	4.3	4.1	29
	He. E	0.28	0.02	0.03	0.01	0.1	0.09	0.04	0.01	0.01	0.13	0.03	0.08	—	0.04	0.10	0.27
	Sub T	54	6.8	2.7	5.6	13.6	20	5.5	0.03	1.4	12.3	14.3	2.1	9.4	7.4	7.1	54
Female	⁶⁰ Co-γ	56	0.36	0.81	9.5	18.9	20.4	5.8	0.17	0.17	2.3	1.59	7.0	40	1.02	4.2	56
	SF. X	0.01	—	0	—	—	0.01	—	0.01	0	0	0	0	0	—	—	
	Conv. X	0.75	0	0	0.23	0.24	0.14	0.14	0.05	0	0	0	0.02	0.68	—	0.01	0.70
	He. X	40	2.6	1.30	4.9	13.8	13.9	3.4	—	0.28	2.00	1.8	3.2	27	2.8	2.9	40
	He. E	0.97	0.03	0.02	0.42	0.33	0.14	0.03	0.01	—	0.01	0.01	0.71	0.01	0.04	0.13	0.96
	Sub T	98	3.0	2.1	15.1	33	35	9.4	0.24	0.45	4.3	3.4	10.9	68	3.9	7.3	98
Total	152	9.8	4.8	21	47	55	15	0.27	1.9	16.6	17.7	13.0	77	11.3	14.4	152	

* see footnote Table 6.

Table 8 Leukemia significant dose classified by sex, age-group, type of disease and type of radiations used for radiotherapy
LSD (mrad/person/year)

	Source	Total	age						non malignant	malignant*							
			0 -14	15 -29	30 -44	45 -59	60 -74	75—		B	C	D	E	F	G	H	Sub T
Male	⁶⁰ Co-γ	3.1	0.35	0.34	0.60	0.96	0.66	0.15	0.02	0.11	0.28	0.45	0.05	1.01	0.47	0.68	3.1
	SF. X	—	0	—	0	—	0	0	—	0	0	0	—	0	0	—	
	Conv. X	—	0	0	—	—	—	0	—	0	—	0	—	0	—	—	
	He. X	3.7	0.72	0.40	0.58	0.98	0.89	0.10	—	0.16	0.33	0.51	0.21	0.91	0.62	0.94	3.7
	He. E	0.04	—	0.01	—	0.02	0.01	—	0.01	—	—	—	0.01	—	0.01	0.01	0.03
	Sub T	6.8	1.07	0.75	1.18	2.0	1.56	0.25	0.03	0.27	0.61	0.96	0.27	1.92	1.10	1.63	6.8
Female	⁶⁰ Co-γ	9.5	0.26	0.21	2.2	3.6	2.8	0.41	0.16	0.03	0.12	0.12	1.77	6.4	0.13	0.72	9.3
	SF. X	0.01	—	—	—	—	0.01	—	0.01	0	0	0	0	0	—	—	
	Conv. X	0.15	0	0	0.04	0.05	0.04	0.02	0.04	0	0	0	0.01	0.11	—	—	0.11
	He. X	6.3	0.30	0.27	1.05	2.5	1.9	0.23	—	0.05	0.14	0.12	0.78	4.3	0.40	0.47	6.3
	He. E	0.20	0.01	0.01	0.09	0.07	0.02	—	0.01	—	—	—	0.17	—	0.01	0.01	0.19
	Sub T	16.1	0.57	0.49	3.4	6.2	4.8	0.66	0.22	0.08	0.34	0.24	2.7	10.8	0.54	1.20	15.9
Total	23	1.64	1.24	4.6	8.2	6.4	0.91	0.25	0.35	0.95	1.20	3.1	12.7	1.64	2.8	22.7	

* See footnote Table 6

とにより各人の生殖腺線量が求まる。さらに第1報⁹⁾の結果と Table 4 を用いることにより (1)式から GSD を算出した。

病気群別、線源別、年齢別に得た GSD を Table 6 に示す。年当たり1人当たりの GSD は、男からの寄与分が $39\mu\text{rad}$ 、女からの寄与分が $27\mu\text{rad}$ で、合計 $66\mu\text{rad}$ であった。線源別にみると、加速器の X 線によるものが $34\mu\text{rad}$ と最も高く、次いで $^{60}\text{Co-}\gamma$ 線の $25\mu\text{rad}$ であった。表と慣用 X 線は共に低く、それぞれ 0.05 、 $0.04\mu\text{rad}$ で無視できる。年齢群別では15～29歳が男女共最も高く、合計で $31\mu\text{rad}$ となっている。

5. 平均骨髄線量 (CMD) と白血病有意線量 (LSD)

Table 2 の値を (7)式に入れて各人の骨髄線量を求め、さらに第一報⁹⁾の結果を用いることにより (2)式から CMD を算出した。線源別、年齢群別、病気群別に得た CMD を Table 7 に示す。年当たり1人当たりの CMD は、男からの寄与分が 54mrad 、女からの寄与分が 98mrad で合計 152mrad であった。線源別では $^{60}\text{Co-}\gamma$ 線が一番高く、加速器の X 線がそれに次ぎ、年齢群別では男女共60～74歳で最も高い。

(7)式で求めた各人の骨髄線量に Table 5 の白血病発生因子を掛けて、(3)式から LSD を求めた。線源別、年齢群別、病気群別に得た LSD を Table 8 に示す。年当たり1人当たりの LSD は、男からの寄与分が 6.8mrad 、女からの寄与分が 16.1mrad で、合計 22.9mrad であった。この値は平均骨髄線量の、男で13%、女で17%、平均で15%である。年齢群別では男女共45～59歳で一番高い値を示す。

6. 考 察

a) 遺伝有意線量 (GSD) について

(1) GSD が前回 (1971年)⁹⁾の15分の1に減少している。これは、良性疾患の照射が80%も減っている⁶⁾、特に前回の調査にみられた形成外科のケロイド予防のための表在治療 (主線束に生殖腺が入る) がなくなったのが主な原因である。

(2) 良性疾患の治療による寄与は、GSD で

は約 $8\mu\text{rad}$ 、全体の12%で、前回の71%に比して著しく小さくなっている。

(3) GSD でその寄与の最も大きい病気群は G (白血病、リンパ肉腫)、H (甲状腺、リンパ節等の転位) 群で、全体の65%を占めている。

(4) 慣用 X 線による寄与は、1,000分の1以下である。

(5) 100kV 以下の X 線を用いた表在治療による寄与も殆んどなくなったが、その一部が電子線治療に移行しているものと思われる。しかし、電子線治療による寄与も女で $4.4\mu\text{rad}$ と全体の7%にすぎない。

(6) 年齢別では、15～29歳の群が患者数では全体の4%弱にすぎないにもかかわらず、GSD では全体の47%も占めている。これは子供期待率が大きいためである。

b) 平均骨髄線量 (CMD) と白血病有意線量 (LSD)

(1) CMD と LSD はそれぞれ152、23mrad で前回のそれら⁹⁾の74%、63%である。前者の減少の主な原因は女の F 群 (生殖腺関係) の減少にある。後者の原因は、さらに良性疾患の治療の減少にもよる。

(2) CMD、LSD の寄与の最も大きい病気群は、男では D 群 (呼吸器等) で26%、女では F 群で約69%を占めている。

(3) 年齢では男女共60～74歳群が最も高く、次いで45～59歳群が高い。

(4) 良性疾患の治療による寄与は CMD と LSD とではそれぞれ 0.27 、 0.25mrad で全体の0.2%及び1%である。

(5) CMD に対する LSD の比は、前回⁹⁾は 0.178 であったのが今回 0.151 になったのは、良性疾患の放射線治療が激減したこと、170、171、192 および194の病気の5年生存率が40～60%から1%にしたこと、さらに196、197および198の病気のそれを10～20%から1%にしたことが主な原因である。

(6) ICRP 26による白血病以外の発癌についてのリスクを評価するための実効線量については

現在測定，計算中であるので次回に報告する。

7. 結 論

遠隔放射線治療による遺伝有意線量への寄与は，年当たり1人当り男39，女27，合計66 μ radで，1971年の約15分の1になった。この主な原因は良性疾患に対する照射が少なくなったためである。

一人あたりの平均骨髄線量は，年あたり男54，女98で合計152mradで，1971年のその74%となっている。

これは女性の生殖器関係の治療が減少したことが最大の原因である。

白血病有意線量は，年あたり1人あたり男6.8，女16.1で合計で23mradで，1971年のその63%となっている。これは女性の生殖器関係の治療の減少に加え，良性疾患の治療の減少によるものである。

診断用X線と比較すると遠隔照射治療による遺伝有意線量はわずか0.4%にしかすぎず問題になる線量ではないが，平均骨髄線量は逆に140%と高い値を示し，また白血病有意線量も25%であり，国民線量としては注目すべきである。

本稿を終るに当り，本調査に協力下さいました各施設の放射線治療関係者，ならびに線量計算に御協力下さった当研究所データ処理室の方々に深く感謝の意を表します。

参考文献

1) UNSCEAR Report: Sources and effects of ionizing radiation. United Nation Scientific

Committee on the Effects of Atomic Radiation: 1977 Report to the General Assembly, with Annexes.

- 2) Bone Marrow Dose Research Group: The bone marrow dose in tele-radiotherapy in Japan. *Nippon Acta Radiol.*, 30: 368—384, 1970
- 3) 橋詰 雅，加藤義雄，丸山隆司，白貝彰宏，丸山静雄，滝沢正臣：治療用放射線による遺伝有意線量の推定。日本医放会誌，25：192—199，1965
- 4) Hashizume, T., Kato, Y., Kumamoto, Y., Yamaguchi, H. and Nishizawa, K.: Genetically significant dose from beam therapy in Japan, 1971. *Health Phys.*, 26: 449—459, 1974
- 5) Hashizume, T., Kato, Y., Kumamoto, Y., Kawachi, K., Nishizawa, K. and Yamaguchi, H.: Population mean marrow dose and leukemia significant dose from beam therapy in Japan, 1971. *Health Phys.*, 26: 461—467, 1974
- 6) 橋詰 雅，松沢秀夫，丸山隆司，河内清光，館野之男：遠隔放射線治療による国民線量の推定。第一報。治療照射日数，照射門数，患者数について。日本医放会誌，40:52—61，1980
- 7) Hashimoto, M. and Yamada, T.: Annual Report of Scientific Research Grants 1963. Ministry of Education, 1964
- 8) 厚生省人口問題研究所：簡速静止人口表，昭和53年12月1日
- 9) 厚生省大臣官房統計情報部：人口動態統計（昭和52年）
- 10) WHO: International classification of disease. World Health Organization, Geneva, 1969