

Title	診断用X線によるリスクの推定 第3報 X線診断による 国民線量と集団のリスク
Author(s)	橋詰, 雅; 丸山, 隆司; 野田, 豊 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1981, 41(2), p. 132-143
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19299
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

診断用X線によるリスクの推定

第3報 X線診断による国民線量と集団のリスク

放射線医学総合研究所物理研究部
 橋詰 雅 丸山 隆司 野田 豊 岩井 一男
 技術部
 福久 健二郎
 杏林大学医学部放射線医学教室
 西沢 かな枝

(昭和55年7月17日受付)

(昭和55年9月17日最終原稿受付)

Stochastic Risk Estimation from Medical X-ray Diagnostic Examinations

3. Population Doses and Population Risks from X-ray Diagnosis

T. Hashizume*, T. Maruyama*, Y. Noda*, K. Iwai*, K. Nishizawa** and
 K. Fukuhisa***

Division of Physics* and Technical Services***, National Institute of Radiological Sciences, 9-1,
 Anagawa-4-chome, Chiba-shi 260, Japan

Department of Radiology**, School of Medicine, Kyorin University, Shinkawa, Mitaka-shi
 Tokyo 181, Japan

Research code: 302

key words: Population dose, risk estimate, medical exposure, X-ray diagnosis

The genetically significant dose (GSD), *per Caput* mean bone marrow dose (CMD), leukemia significant dose (LSD) and malignancy significant dose (MSD) from medical diagnostic X-ray examinations in Japan were estimated based on a 1979 nationwide survey of randomly sampled hospitals and clinics. The population risk estimates were carried out using the resultant values of GSD, LSD and MSD. In the risk estimates, the significant factors, namely, the relative child expectancy, the leukemia significant factor and the malignancy significant factor, for patients were assumed to be same as those of general population. The risk factors used were $185 \times 10^{-6} \text{ rad}^{-1}$ for genetic risk of all generations, $20 \times 10^{-6} \text{ rad}^{-1}$ for fatal leukemia and $165 \times 10^{-6} \text{ rad}^{-1}$ for fatal malignant diseases, respectively.

The resultant annual population doses per person were 15 mrad (0.15 mGy) for GSD, 107 mrad (1.07 mGy) for CMD, 86 mrad (0.86 mGy) for LSD and 43 mrad (0.43 mGy) for MSD, respectively. The present data other than the MSD were compared with the data in 1960, 1969 and 1974. For example, the GSD of 1979 was approximately same as that of 1974, although the annual number of examinations in 1979 increased by about 30 percent as compared with those of 1974.

The population risks from X-ray diagnosis were estimated to be 260 persons per year for genetic risk of all generations, 192 person per year for fatal leukemic risk and 825 person per year for malignant risk, respectively, for the whole population in Japan, assuming that the X-ray diagnosis in 1979 will be performed continuously in the future.

The average risks per one exposure for X-ray radiography were estimated using the weighted average of the significant factor and the organ or tissue dose with the number of radiographic exposures by age and by type of examination. The average risks per radiographic exposure were 176×10^{-9} for genetic risk, 285×10^{-9} for leukemic risk and 1.75×10^{-6} for malignant risk respectively.

1. 緒 言

人工放射線による人類の被曝の中で、医療被曝は最も重要なものとして、原子放射線の効果に関する国連科学委員会 (UNSCEAR) の発足と共に、世界の主要国を中心に医療被曝の実態や被曝による国民線量の調査が始まった。

日本でも1958～1959年にかけて、第1回目の全国調査を行い、X線診断による遺伝有意線量 (GSD) として、年あたり国民1人あたり38.6 mrad を推定した¹⁾。医療被曝による国民線量の中でX線診断からの寄与が最も大きいことは、その後に行った第2回²⁾ (1969年)、第3回³⁾ (1974年) の推定でも明らかであった。

国民線量として GSD の他に、1人あたりの平均骨髄線量 (CMD) および白血病有意線量 (LSD) が推定されるようになった。しかし、これらの線量は国民1人あたり、あるいは国民全体から将来、生まれてくる子供1人あたりの線量を示すものであり、直接、リスクに関係するものではなかった。1977年にICRPは職業上の被曝を対象にリスクを推定する方法を提案した⁴⁾。しかし、この方法の基礎となっているリスク係数には集団 (人種・国別) による差異が十分に考慮されていないことなど、この方法を日本人の医療被曝にそのまま適用するには問題が多い。我々はこれらの点を考慮して、日本人の医療被曝によるリスクを推定するため、がんや白血病の有意因子⁵⁾ やリスクの推定方法⁶⁾ について報告すると共に、それらの結果と1979年に行われた第4回目のX線診断の実態調査の結果⁷⁾ を用いて個人のリスクを推定⁸⁾ した。今回はこれらの結果を用い、遺伝有意線量、白血

病有意線量およびがん有意線量を求め、さらに、これらの有意線量から日本人全体の診断用X線によるリストを推定した。また、集団全体で考えた撮影1回あたりのリスクについて知見を得たので報告する。

2. 国民線量の推定

遺伝有意線量 (GSD)、1人あたりの平均骨髄線量 (CMD) および白血病有意線量 (LSD) は UNSCEAR⁹⁾ で報告している従来の方法¹⁰⁾ により、(1)～(3)式を生じて推定した。今回はこれらの線量の他に、新たにかん有意線量 (MSD) を導入した。MSDは致死のがんのリスク係数で荷重した平均の臓器・組織線量を実効線量 ED とし、(4)式で定義される。

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

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

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

$$MSD = \frac{\sum_j \sum_k (N_{jk}^{(F)} \cdot M_{jk}^{(F)} \cdot e \cdot D_{jk}^{(F)} + N_{jk}^{(M)} \cdot M_{jk}^{(M)} \cdot e \cdot D_{jk}^{(M)})}{\sum_k (N_k^{(F)} + N_k^{(M)})} \quad (4)$$

ここで、

N_{jk} : j タイプの部位のX線診断を受けたk年齢層の被検者の年間総数、

N_k : k年齢層の人口、

W_{jk} : j タイプの部位のX線診断を受けたk年齢層の被検者の相対子供期待率、

W_k : k 年齢層の人口における相対子供期待率,

gD_{jk} : j タイプの部位の X 線診断を受けた k 年齢層の被検者の生殖腺線量,

L_{jk} : j タイプの部位の X 線診断を受けた k 年齢層の被検者の白血病有意因子,

mD_{jk} : j タイプの部位の X 線診断を受けた k 年齢層の被検者の平均骨髓線量,

M_{jk} : j タイプの部位の X 線診断を受けた k 年齢層の被検者のがん有意因子,

eD_{jk} : j タイプの部位の X 線診断を受けた k 年齢層の被検者の実効線量,

(F) および (M) はそれぞれ女性および男性を示す.

(1)~(4)式で N_{jk} の値は第 1 報⁷⁾に報告した性別, 年齢別および診断部位別の年間の撮影照射回数を透視件数を用いる. N_k には 1979 年の総人口 116×10^6 人を, また, この人口から将来生まれてくる子供期待数として, 厚生省の統計¹¹⁾から得た 93.5×10^6 人を使用する. X 線診断を受ける人では, がん治療患者のように 5 年生存率が問題となるような病気とは限定できないため, W_{jk} , L_{jk} および M_{jk} の値は正常な人に対する年齢別の有意因子⁹⁾, W_k , L_k および M_k を用いる.

X 線診断における臓器・組織線量はファントム実験により測定されており, それらの結果は第 2 報⁹⁾に示してある.

(i) 国民 1 人あたり, 年あたりの GSD

(1)式から算出した GSD を性別および診断部位別に示すと Table 1 の如くなる. 1979 年の日本における X 線診断による GSD は国民 1 人あたり, 年あたり 15.0 mrad (1.5 mGy) であり, その内訳は男性から 5.34 mrad (0.534 mGy), 女性から 9.65 mrad (0.965 mGy) であった. X 線撮影による GSD は 10.0 mrad (0.10 mGy) および透視による GSD は 5.0 mrad (0.05 mGy) であった.

X 線撮影および透視による GSD を性別, 年齢別に Table 2 に示す. 撮影, 透視とも 15~19 歳および 20~24 歳からの寄与が最も大きいことを示している. 15~19 歳では全体の約 24%, 20~24 歳では約 23% を占めている.

(ii) 年あたりの CMD, 国民 1 人あたり年あたりの LSD

(2)式から算出した年あたりの診断部位別の CMD を Table 3 に, また年齢別の CMD を Table 4 に示す. 年あたりの CMD は男性で 40.5 mrad (0.405 mGy), 女性で 66.0 mrad (0.66 mGy) の計, 106.5 mrad (1.065 mGy) であった. 一方,

(3)式から求めた国民 1 人あたり, 年あたりの LSD を診断部位別に Table 5 に, また年齢別に Table 6 に示す. LSD は男性で 32.8 rad (0.328 mGy), 女性で 53.2 mrad (0.532 mGy) の計 85.9 mrad (0.859 mGy) であった. 年齢別に LSD をみると, 45~49 歳の LSD が最も大きく, 全体の 13% を占めている.

(iii) 国民 1 人あたり, 年あたりの MSD

(4)式から算出した MSD を診断部位別に Table 7 に, 年齢別に Table 8 に示す. 今回はじめて推定した MSD は男性で 24.1 mrad (0.241 mGy), 女性で 19.0 mrad (0.90 mGy) の合計 43.1 mrad (0.431 mGy) であった. 撮影による MSD は 16.5 mrad (0.165 mGy), 透視による MSD は 26.6 mrad (0.266 mGy) であった. 診断部位別では胃の診断が 29.1 mrad (0.291 mGy) で, 全体の MSD の約 68% を占めている.

3. リスクの推定

X 線診断による国民全体のリスクをすでに報告した方法⁹⁾で推定した. すなわち, X 線診断によって国民全体に起こるかも知れない遺伝的影響, 白血病およびがんのリスクをそれぞれ gR_p , eR_p および mR_p とすれば, それらのリスクは次式から推定できる.

$$gR_p = (\text{GSD}) \times 185 \times 10^{-6} \times (\text{将来生まれてくる子供期待数}) \quad (5)$$

$$eR_p = (\text{LSD}) \times 20 \times 10^{-6} \times (\text{人口}) \quad (6)$$

$$mR_p = (\text{MSD}) 165 \times 10^{-6} \times (\text{人口}) \quad (7)$$

185×10^{-6} , 20×10^{-6} および 165×10^{-6} はそれぞれ rad あたりの遺伝, 白血病およびがんのリスク係数であり, これらについてはすでに報告した⁹⁾.

(5)~(7)式を用いて推定したリスクを Table 9 に示す. 表から明らかな如く, 1979 年の X 線診

Table 1. Genetically significant dose by type of examination (10^{-2} mrad person $^{-1}$ year $^{-1}$) for radiography and fluoroscopy.

Type of Examination	Radiography			Fluoroscopy			Total
	Male	Female	Sub T.	Male	Female	Sub T.	
1. Head	0.16	0.08	0.24	—	—	—	0.24
2. Cervical	0.07	0.01	0.08	—	—	—	0.08
3. Shoulder	0.01	0.01	0.02	—	—	—	0.02
4. Thorax	0.01	0.01	0.02	—	—	—	0.02
5. Chest	0.28	0.53	0.81	0.03	0.02	0.05	0.86
6. Esophagus	—	—	—	0.16	0.07	0.23	0.23
7. Barium meal	12.2	89.5	101.7	13.1	206	219	320.7
8. Gall	0.88	4.87	5.75	0.21	1.25	1.46	7.2
9. Abdomen	18.1	70.6	88.7	6.19	0.28	6.47	95.2
10. Barium enema	32.1	52.3	84.4	38.2	154.5	192.7	277.1
11. Dorsal spine	0.19	0.18	0.37	0.03	—	0.03	0.40
12. Lumbar spine	17.0	108.4	125.4	1.05	7.04	8.09	133.5
13. Pelvis	52.5	12.7	65.2	—	—	—	65.2
14. Urography	24.0	17.8	41.8	10.3	0.37	10.67	51.8
15. Bladder	0.44	30.2	30.6	3.17	12.2	15.4	46.0
16. Hystero	—	8.31	8.31	—	27.1	27.1	35.4
17. Pelvimetry	—	13.8	13.8	—	—	—	13.8
18. Obsteric	—	20.2	20.2	—	—	—	20.2
19. Mammography	—	0	0	—	—	—	—
20. Hip Joint	175.4	110.5	286	9.01	2.49	11.5	297.5
21. Femur	23.4	0.63	24.0	—	0.28	0.28	24.3
22. Lower leg	41.3	3.42	44.7	0.28	0.12	0.40	45.1
23. Myelography	0.03	—	0.03	0.08	4.88	4.96	5.0
24. Angiography	0.01	0.26	0.27	—	0.83	0.83	1.1
25. Tomography	0.77	0.07	0.84	—	—	—	0.84
26. Hand	—	—	—	—	—	—	—
27. Finger	—	—	—	—	—	—	—
28. CT (Head)	0.88	0.41	1.29	—	—	—	1.29
29—31. CT (Body)	12.7	3.45	16.2	—	—	—	16.2
Total	453.8	547.7	1002	81.8	417.4	499.2	1501.2

Table 2. Genetically significant dose by age-group (10^{-2} mrad person $^{-1}$ year $^{-1}$) for radiography and fluoroscopy

Age	0—4	5—9	10—14	15—19	20—24	25—29	30—34	35—39	40—44	
Radiography	Male	98.4	54.5	103.3	51.8	44.9	61.5	27.6	9.01	1.9
	Female	47.2	18.3	55.8	153.0	160.0	81.5	27.4	1.6	1.1
	Sub Total	145.6	72.8	159.1	204.8	204.9	143.0	57.0	10.6	3.0
Fluoroscopy	Male	18.0	1.1	3.0	20.0	13.2	9.4	11.6	4.2	0.8
	Female	12.1	5.9	30.2	134.1	132.3	61.6	45.1	1.6	1.3
	Sub Total	30.1	7.1	33.2	154.1	145.5	71.0	56.7	5.8	2.1
Total	157.7	79.9	192.3	358.9	350.4	214.0	113.7	16.4	5.1	

Aeg		45—49	50—54	55—59	60—64	65—69	70—74	75—	Total
Radiography	Male	0.47	0.25	0.07	—	—	—	—	453.8
	Female	—	—	—	—	—	—	—	547.7
	Sub Total	0.47	0.25	0.07	—	—	—	—	1002
Fluoroscopy	Male	0.23	0.13	0.04	—	—	—	—	81.8
	Female	—	—	—	—	—	—	—	418.0
	Sub Total	0.23	0.13	0.04	—	—	—	—	500
Total		0.70	0.38	0.11	—	—	—	—	1502

Table 3. *per Caput* mean bone marrow dose by type of examination (mrad person⁻¹ year⁻¹) for radiography and fluoroscopy.

Type of Examination	Radiography			Fluoroscopy			Total
	Male	Female	Sub T.	Male	Female	Sub T.	
1. Head	0.44	0.31	0.75	—	0.01	0.01	0.76
2. Cervical	0.19	0.16	0.35	—	—	—	0.35
3. Shoulder	0.03	0.02	0.05	—	—	—	0.05
4. Thorax	0.18	0.09	0.27	—	—	—	0.27
5. Chest	1.24	0.90	2.14	0.38	0.26	0.64	2.80
6. Esophagus	0.11	0.10	0.21	1.56	1.31	2.77	2.98
7. Barium meal	13.3	9.85	23.2	30.0	21.5	51.5	74.7
8. Gall	0.76	0.81	1.57	0.47	0.49	0.96	2.53
9. Abdomen	1.31	1.02	2.33	0.06	0.02	0.08	2.41
10. Barium enema	1.12	1.05	2.17	4.27	4.51	8.78	10.95
11. Dorsal spine	0.18	0.19	0.37	—	—	—	0.37
12. Lumbar spine	1.10	0.97	2.07	0.10	0.07	0.17	2.24
13. Pelvis	0.05	0.08	0.13	0.01	—	0.01	0.14
14. Urography	0.50	0.30	0.80	0.22	0.07	0.29	1.09
15. Bladder	0.19	0.10	0.29	0.03	0.04	0.07	0.36
16. Hystero-graphy	—	0.02	—	0.28	0.28	0.28	0.30
17. Pelvimetry	—	0.08	0.08	—	—	—	0.08
18. Obstetric	—	0.09	0.09	—	—	—	0.09
19. Mammography	—	0	0	—	—	—	0
20. Hip Joint	0.08	0.12	0.20	0.06	0.10	0.16	0.36
21. Femur	0.02	0.10	0.12	—	—	—	0.12
22. Lower leg	—	—	—	—	—	—	—
23. Myelography	0.07	0.03	0.10	0.05	0.03	0.08	0.18
24. Angiography	0.03	—	0.03	0.09	—	0.09	0.12
25. Tomography	0.32	0.14	0.46	—	—	—	0.46
26. Hand	—	—	—	—	—	—	—
27. Finger	—	—	—	—	—	—	—
28. CT (Head)	1.00	0.57	1.57	1.57	—	—	1.57
29—31. CT (Body)	0.90	0.31	1.21	—	—	—	1.21
Total	23.2	17.3	40.5	37.4	28.6	66.0	106.5

Table 4. *per Capiti* mean bone marrow dose by age-group (mrad person⁻¹ year⁻¹) for radiography and fluoroscopy

Age		0—4	5—9	10—14	15—19	20—24	25—29	30—34	35—39	40—44
Radiography	Male	0.13	1.79	0.56	0.63	0.91	1.30	1.61	1.96	2.30
	Female	0.07	0.12	0.28	0.55	0.68	0.65	0.95	1.06	1.71
	Sub Total	0.20	1.91	0.84	1.18	1.59	1.95	2.56	3.02	4.01
Fluoroscopy	Male	0.07	0.02	0.10	0.60	1.13	2.11	2.52	3.32	4.45
	Female	0.07	0.03	0.11	0.74	0.91	0.89	1.69	1.73	3.08
	Sub Total	0.14	0.05	0.21	1.34	2.04	3.00	4.21	5.05	7.53
Total		0.34	1.96	1.05	2.52	3.63	4.95	6.77	8.07	11.54

Age		45—49	50—54	55—59	60—64	65—69	70—74	75—	Total
Radiography	Male	2.67	2.55	1.96	1.33	2.02	1.47	1.55	23.2
	Female	1.83	1.74	1.64	1.38	1.79	1.58	1.26	17.3
	Sub Total	4.50	4.29	3.60	2.71	3.81	3.05	2.81	40.5
Fluoroscopy	Male	4.54	4.52	3.46	2.19	3.63	2.58	2.06	37.4
	Female	3.24	3.07	2.75	2.15	3.32	2.76	2.02	28.6
	Sub Total	7.78	7.59	6.21	4.34	6.95	5.34	4.08	66.0
Total		12.28	11.88	9.81	7.05	10.76	8.39	6.89	106.5

断により将来生まれてくる子供のうち約260人が遺伝的影響を受けると推定される。また、致死性の白血病および致死性がんのリスクは全人口でそれぞれ192人および825人となり、致死性身体的影響のリスクは、合計で1017人と推定される。

4. 平均のリスク

X線診断による個人のリスク⁹⁾および国民全体のリスク(本論文)について推定したが、これらのリスク推定に用いたデータに基づき、X線撮影1回あたりの平均のリスク $i\bar{R}$ を次式で算定した。

$$i\bar{R} = iR_p \times i\bar{S} \times i\bar{D} \tag{8}$$

ここで

iR_p : 遺伝の場合は $100 \times 10^{-6} \cdot \text{rad}^{-1}$ 、白血病では $20 \times 10^{-6} \cdot \text{rad}^{-1}$ 、がんでは $165 \times 10^{-6} \cdot \text{rad}^{-1}$ 、

$i\bar{S}$: i 種のリスクに対する平均の有意因子で、年齢別の年間の撮影回数による有意因子の荷重平均(有意成分ともいう)。

$i\bar{D}$: i 番目のリスクに関する臓器・組織の線量の平均値で、子供と成人についてファントム実験で測定した値の、診断部位別の年間の撮影回数で荷重した平均値

ICRP は $i\bar{S}$ のうち、遺伝に関する $g\bar{S}$ を遺伝の有意成分と定義し、職業上の被曝に関する作業員集団についてこれを計算している¹²⁾。白血病やがんに対する $i\bar{S}$ も ICRP と同様の考え方に従って求めた。

Table 10 は i タイプのリスク、すなわち遺伝 $g\bar{S}$ 、白血病 $l\bar{S}$ およびがん $m\bar{S}$ について算出したX線撮影における平均の有意因子(ICRP¹²⁾の有意成分に相当する)を示す。遺伝、白血病およびがんの有意成分は男性のX線撮影でそれぞれ0.206、0.775および0.313、女性でそれぞれ0.148、0.803および0.340である。

i タイプのリスクに関する臓器・組織の平均線量、すなわち、遺伝の生殖腺線量 $g\bar{D}$ 、白血病の平均骨髓線量 $m\bar{D}$ およびがんの実効線量 $o\bar{D}$ は第2報⁹⁾に示した診断部位別のこれらの線量に部位別の年間の撮影回数を乗じた値を、年間の全撮影回数で除して算出する。

Table 12 は (8)式から求めたX線撮影1回あたりの平均のリスクを示す。遺伝のリスクは女性の方が男性より約3.5倍大きい。これは件数が多い消化器の撮影で、女性の生殖腺線量が高いため

Table 5. Leukemia significant dose by type of examination (mrad person⁻¹ year⁻¹) for radiography and fluoroscopy.

Type of Examination	Radiography			Fluoroscopy			Total
	Male	Female	Sub T.	Male	Female	Sug T.	
1. Head	0.37	0.27	0.64	—	0.01	0.01	0.65
2. Cervical	0.17	0.14	0.31	—	—	—	0.31
3. Shoulder	0.02	0.01	0.03	—	—	—	0.03
4. Thorax	0.15	0.07	0.22	—	—	—	0.22
5. Chest	0.95	0.72	1.67	0.25	0.22	0.47	2.14
6. Esophagus	0.08	0.08	0.16	1.20	0.97	2.17	2.33
7. Barium meal	10.72	8.11	18.8	24.1	17.9	42.0	60.8
8. Gall	0.57	0.71	1.28	0.38	0.43	0.81	2.09
9. Abdomen	0.87	0.81	1.68	0.04	0.01	0.05	1.73
10. Barium enema	0.84	0.83	1.67	3.25	3.49	6.74	8.41
11. Dorsal spine	0.14	0.15	0.29	—	—	—	0.29
12. Lumbar spine	0.90	0.80	1.70	0.09	0.06	0.15	1.85
13. Pelvis	0.04	0.07	0.11	0.01	—	0.01	0.12
14. Urography	0.39	0.25	0.64	0.16	0.07	0.23	0.87
15. Bladder	0.12	0.08	0.20	0.02	0.03	0.05	0.25
16. Hystero	—	0.02	0.02	—	0.28	0.28	0.30
17. Pelvimetry	—	0.07	0.07	—	—	—	0.07
18. Obstetric	—	0.08	0.08	—	—	—	0.08
19. Mammography	—	—	—	—	—	—	—
20. Hip Joint	0.07	0.10	0.17	0.05	0.03	0.08	0.25
21. Femur	0.01	0.01	0.02	—	—	—	0.02
22. Lower leg	—	—	—	—	—	—	—
23. Myelography	0.06	0.02	0.08	0.04	0.03	0.07	0.15
24. Angiography	0.03	—	0.03	0.04	—	0.04	0.07
25. Tomography	0.22	0.11	0.33	—	—	—	0.33
26. Hand	—	—	—	—	—	—	—
27. Finger	—	—	—	—	—	—	—
28. CT (Head)	0.92	0.51	1.43	—	—	—	1.43
29—31. CT (Body)	0.81	0.28	1.09	—	—	—	1.09
Total	18.5	14.3	32.8	29.6	23.5	53.1	85.9

Table 6. Leukemia significant dose by age-group (mrad person⁻¹ year⁻¹) for radiography and fluoroscopy.

Age		0—4	5—9	10—14	15—19	20—24	25—29	30—34	35—39	40—44
Radiography	Male	0.13	0.18	0.56	0.63	0.90	1.28	1.57	1.87	2.15
	Female	0.08	0.12	0.28	0.55	0.67	0.64	0.94	1.04	1.63
	Sub Total	0.21	0.30	0.84	1.18	1.57	1.92	2.51	2.91	3.78
Fluoroscopy	Male	0.07	0.02	0.11	0.60	1.11	2.08	2.45	3.18	4.16
	Female	0.07	0.03	0.11	0.73	0.91	0.88	1.67	1.68	2.94
	Sub Total	0.14	0.05	0.22	1.33	2.02	2.96	4.12	4.86	7.10
Total		0.35	0.35	1.06	2.51	3.59	4.86	6.63	7.77	10.88

Age		45—49	50—54	55—59	60—64	65—69	70—74	75—	Total
Radiography	Male	2.41	2.23	1.58	0.93	1.14	0.56	0.34	18.5
	Female	1.71	1.57	1.44	1.11	1.24	0.89	0.42	14.3
	Sub Total	4.12	3.80	3.02	2.04	2.38	1.45	0.76	32.8
Fluoroscopo	Male	4.10	3.95	2.78	1.52	2.04	0.99	0.48	29.7
	Female	3.03	2.78	2.41	0.87	2.30	1.55	0.66	23.5
	Sub Total	7.13	6.73	5.19	2.39	4.34	2.54	1.14	53.1
Total		11.25	10.53	8.21	4.43	6.72	3.99	1.90	85.9

Table 7. Malignancy significant dose by type of examination (mrad person⁻¹ year⁻¹)
for radiography and fluoroscopy

Type of Examination	Radiography			Fluoroscopy			Total
	Male	Female	Sub T.	Male	Female	Sub T.	
1. Head	0.11	0.09	0.20	—	—	—	0.26
2. Cervical	0.15	0.10	0.25	0.01	—	0.01	0.26
3. Shoulder	0.01	—	0.01	—	—	—	0.01
4. Thorax	0.14	0.06	0.20	—	—	—	0.20
5. Chest	0.42	0.33	0.75	0.06	0.09	0.15	0.90
6. Esophagus	0.03	0.03	0.06	0.28	0.28	0.56	0.62
7. Barium meal	4.10	2.79	6.89	12.5	9.70	22.2	29.1
8. Gall	0.21	0.31	0.52	0.45	0.62	1.07	1.59
9. Abdomen	0.20	0.20	0.40	0.09	0.01	0.10	0.50
10. Barium enema	0.25	0.25	0.50	0.85	0.75	1.60	2.10
11. Dorsal spine	0.09	0.08	0.17	—	—	—	0.17
12. Lumbar spine	1.46	1.10	2.56	0.13	0.06	0.22	2.78
13. Pelvis	0.04	0.05	0.39	—	—	—	0.09
14. Urography	0.64	0.39	1.03	0.23	0.02	0.29	1.23
15. Bladder	0.04	0.03	0.07	0.01	0.02	0.03	0.10
16. Hystero	—	0.05	0.05	—	0.21	0.21	0.26
17. Pelimetry	—	0.05	0.05	—	—	—	0.05
18. Obstetric	—	0.06	0.06	—	—	—	0.06
19. Mammography	—	0.01	0.01	—	—	—	0.01
20. Hig Joint	0.05	0.07	0.12	0.01	—	0.01	0.13
21. Femur	0.01	—	0.01	—	—	—	0.01
22. Lower leg	0.01	0.01	0.02	—	—	—	0.02
23. Myelography	0.03	0.01	0.04	0.07	0.08	0.15	0.19
24. Angiography	0.03	0.02	0.05	0.05	0.04	0.09	0.14
25. Tomography	0.94	0.51	1.45	—	—	—	1.45
26. Hand	—	—	—	—	—	—	—
27. Finger	—	—	—	—	—	—	—
28. CT (Head)	0.30	0.15	0.45	—	—	—	0.45
29—31. CT (Body)	0.43	0.14	0.57	—	—	—	0.57
Total	9.5	7.0	16.5	14.7	11.9	26.6	43.1

Table 8. Malignancy significant dose by age-group (mrad person⁻¹ year⁻¹) for radiography and fluoroscopy.

Age		0—4	5—9	10—14	15—19	20—24	25—29	30—34	35—39	40—44
Radiography	Male	0.12	0.18	0.48	0.75	1.10	1.31	1.23	1.31	0.97
	Female	0.13	0.28	0.48	0.57	0.75	0.63	0.74	0.76	0.94
	Sub Total	0.25	0.46	0.96	1.32	1.85	1.94	1.97	2.07	1.91
Fluoroscopy	Male	0.08	0.11	0.18	0.75	1.25	2.06	2.02	2.18	2.26
	Female	0.05	0.10	0.17	0.92	1.06	0.97	1.43	1.36	1.98
	Sub Total	0.13	0.21	0.35	1.67	2.31	3.03	3.45	3.54	4.24
Total		0.38	0.67	1.31	2.99	4.16	4.97	5.42	5.61	6.15

Age		45—49	50—54	55—59	60—64	65—69	70—74	75—	Total
Radiography	Male	0.95	0.66	0.29	0.12	0.06	0.01	—	9.5
	Female	0.74	0.64	0.38	0.17	0.12	0.04	—	7.0
	Sub Total	1.69	1.30	0.67	0.29	0.18	0.05	—	16.5
Fluoroscopy	Male	1.80	1.15	0.53	0.16	0.10	0.02	—	14.7
	Female	1.62	1.11	0.69	0.33	0.27	0.07	0.01	11.9
	Sub Total	3.42	2.25	1.22	0.49	0.37	0.09	0.01	26.6
Total		5.11	2.55	1.89	0.78	0.55	0.14	0.01	43.1

Table 9. Population risks from radiographic and fluoroscopic examination by sex

Type of risk	Type of examination	Sex	Significant Dose	Risk Factor	Population	Risk
Genetic	Radiography	Male	4.54×10^{-3}	185×10^{-6}	93.5×10^6	78.50
		Female	5.48×10^{-3}	185×10^{-6}	93.5×10^6	94.80
	Fluoroscopy	Male	0.82×10^{-3}	185×10^{-6}	93.5×10^6	14.18
		Female	4.18×10^{-3}	185×10^{-6}	93.5×10^6	72.30
Total			15.00×10^{-3}	185×10^{-6}	93.5×10^6	260.00
Leukemic	Radiography	Male	18.50×10^{-3}	20×10^{-6}	116.0×10^6	42.90
		Female	14.30×10^{-3}	20×10^{-6}	116.0×10^6	33.20
	Fluoroscopy	Male	29.70×10^{-3}	20×10^{-6}	116.0×10^6	68.90
		Female	23.50×10^{-3}	20×10^{-6}	116.0×10^6	54.50
Total			82.90×10^{-3}	20×10^{-6}	116.0×10^6	192.00
Malignant	Radiography	Male	9.50×10^{-3}	165×10^{-6}	116.0×10^6	181.8
		Female	7.00×10^{-3}	165×10^{-6}	116.0×10^6	134.0
	Fluoroscopy	Male	14.60×10^{-3}	165×10^{-6}	116.0×10^6	279.4
		Female	12.00×10^{-3}	165×10^{-6}	116.0×10^6	229.7
Total			43.10×10^{-3}	165×10^{-6}	116.0×10^6	824.9

ある。年齢や撮影部位が不明な場合、撮影1回あたりの平均リスクは男性で 1.6×10^{-6} 、女性で 1.7×10^{-6} であった。性別も不明の場合は Table 12 の平均の値が利用できる。

5. 考 察

(1) 1979年のX線診断の実態調査⁷⁾では、診

断件数は約 $9,630 \times 10^4$ 件で1974年¹³⁾の $7,300 \times 10^4$ 件に比べて30%増加したが、遺伝有意線量(GSD)は国民1人あたり年あたり15mradで1974年³⁾の16.5mradとあまり差異はなかった。1969年²⁾の値とも比較するため、Table 12に5年毎に行われた調査で得た診断件数とそれによるGSDを示

Table 10. Genetically, leukemia and malignancy significant component of annual radiographic exposures for patient population

Age group	Male						
	Ann. No. of exposures (N)	Genetic		Leukemia		Malignancy	
		G _k	NG _k	L _k	NL _k	M _k	NM _k
0—9	5.6 × 10 ⁶	1	5.6 × 10 ⁶	0.99	5.5 × 10 ⁶	0.92	5.2 × 10 ⁶
10—14	6.4	1	6.4	0.99	6.3	0.87	5.6
15—19	5.4	1	5.4	0.99	5.3	0.82	4.4
20—24	7.6	0.97	7.4	0.98	7.4	0.74	5.6
25—29	12.0	0.72	8.6	0.98	11.8	0.65	7.8
30—34	13.6	0.34	4.6	0.97	13.2	0.54	7.3
35—39	16.1	0.092	1.5	0.95	15.3	0.45	7.2
40—44	17.8	0.019	0.34	0.93	16.6	0.34	6.1
45—49	21.4	0.0045	0.10	0.90	19.3	0.26	5.6
50—54	20.2	0.0015	0.03	0.87	17.6	0.18	3.6
55—59	15.6	0.0007	0.01	0.69	10.8	0.10	1.6
60—64	12.2	—	—	0.56	6.8	0.05	0.61
65—69	16.5	—	—	0.46	7.6	0.02	0.33
70—74	12.4	—	—	0.38	4.6	0.004	0.05
75—	11.8	—	—	0.23	2.7	—	—
Total	194.6 × 10 ⁶		40.0 × 10 ⁶		150.8 × 10 ⁶		61.0 × 10 ⁶
Significant component			0.206		0.775		0.313

Age group	Female						
	Ann. No. of exposures (N)	Genetic		Leukemia		Malignancy	
		G _k	NG _k	L _k	NL _k	M _k	NM _k
0—9	4.1 × 10 ⁶	1	4.1 × 10 ⁶	0.99	4.1 × 10 ⁶	0.94	3.9 × 10 ⁶
10—14	3.8	1	3.8	0.99	3.8	0.91	3.5
15—19	4.6	1	4.6	0.99	4.6	0.87	4.0
20—24	6.1	0.92	5.6	0.99	6.0	0.82	5.0
25—29	5.9	0.47	2.8	0.98	5.8	0.74	4.4
30—34	7.8	0.12	0.94	0.98	7.6	0.65	5.1
35—39	9.0	0.007	0.06	0.97	8.7	0.54	4.9
40—44	13.8	0.003	0.04	0.95	13.1	0.45	6.2
45—49	14.5	0.0001	0.0015	0.93	13.5	0.34	4.9
50—54	14.8	—	—	0.90	13.3	0.26	3.8
55—59	14.1	—	—	0.87	12.3	0.18	2.5
60—64	11.6	—	—	0.69	8.0	0.10	1.2
65—69	14.8	—	—	0.56	8.3	0.05	0.74
70—74	13.1	—	—	0.46	6.0	0.02	0.26
75—	10.4	—	—	0.38	4.0	0.004	0.04
Total	148.4 × 10 ⁵		21.9 × 10 ⁶		119.1 × 10 ⁵		50.4 × 10 ⁶
Significant component			0.148		0.803		0.340

Ann. No. of exposures: Annual number of exposures, G_k: Genetically significant factor, L_k: Leukemia significant significant factor, M_k: Malignancy significant factor.

Table 11. Average risks per radiographic exposure by sex.

Average	Sex	Average significant factor	Average organ tissue dose (rad)	Risk factor (10^{-6} rad^{-1})	Average risk per exposure
Genetic	Male	0.206	3.61×10^{-3}	100	74×10^{-9}
	Female	0.148	17.7×10^{-3}	100	262×10^{-9}
	Average	0.181	9.7×10^{-3}	100	176×10^{-9}
Leukemic	Male	0.775	18.2×10^{-3}	20	282×10^{-9}
	Female	0.803	18.0×10^{-3}	20	289×10^{-9}
	Average	0.787	18.1×10^{-3}	20	285×10^{-9}
Malignant	Male	0.313	25.0×10^{-3}	165	1291×10^{-9}
	Female	0.340	22.6×10^{-3}	165	1268×10^{-9}
	Average	0.325	24.0×10^{-3}	165	1287×10^{-9}
Total	Male				1.58×10^{-6}
	Female				1.82×10^{-6}
	Average				1.75×10^{-6}

Table 12. Comparison of the number of X-ray diagnostic examinations and GSD between present data and previous data, and GSD per diagnostic examination.

	1969	1974	1979
Number of examination	6400×10^4	7300×10^4	9630×10^4
GSD (μrad)	25700	16500	15000
GSD/exam ($10^{-4} \mu\text{rad}$)	4.02	2.36	1.56

す。件数は増加しているが、GSD は逆に減少しており、1件あたりのGSDは減少を示している。この理由は診断機器の技術的進歩や術者の被曝低減への努力などによるものと思われる。

(2) 白血病有意線量 (LSD) は国民1人あたり年あたり86mradであり、1974年¹⁰⁾の118mradより30%減少している。この減少の理由もGSDの場合と同様と考えられる。

(3) がん有意線量 (MSD) は今回初めて推定したものであるが、国民1人あたり年あたり43mradであった。MSDはLSDの約1/2となっている。この比はこれまでのX線診断の場合もあまり差異がなかったのではないと思われる。

(4) X線診断による遺伝的影響のリスクは女性の方が男性に比して80%も高い。これは透視によるGSDが若年層では、女性の方が男性より2

～10倍程度大きいことに起因している。

(5) 身体的リスクでは、がんのリスクが白血病のリスクの4倍になっている。これはMSDがLSDの1/2であるが、リスク係数の比が165/20でがんのリスク係数が白血病のそれより8.3倍もあるためである。

(6) 身体的リスクは男性の方が大きく、遺伝的リスクの場合と逆になっている。

(7) 透視による身体的リスクは撮影によるリスクに比して約60%高く、遺伝的リスクとは逆になっている。これは透視の大部分が比較的高い臓器・組織線量をもたらす胃や胸部診断であったことによる。

(8) 診断部位別撮影照射回数を荷重した平均の臓器・組織線量と年齢別撮影照射回数を荷重した平均の有意因子を用いて、撮影照射1回あたりの平均のリスクを求めた。トータル・リスクで見ると撮影1回あたり、男性で約 1.6×10^{-6} 、女性で 1.8×10^{-6} のリスクであった。遺伝的リスクでは女性の方が男性より約3.5倍大きかったが、トータル・リスクでは男女差はほとんどなかった。これはトータル・リスクのはほぼ80%を占めるがんのリスクが男女で差がないためである。

6. 結 論

日本における1979年の診断用X線による国民線量より集団のリスクを推定し、次のような結論を

得た。

(1) 遺伝有意線量および白血病有意線量とも1974年のデータよりやや減少し、国民1人あたり年あたりの線量で、前者が15mrad (0.15mGy)、後者が85.9mrad (0.859mGy)であった。

(2) がん有意線量は今回初めて推定したが、国民1人あたり年あたり43mradであった。

(3) 致死的风险は、国民全体で白血病192人、がん825人と推定され、致死的风险は両者合わせて1,000人となる。

(4) 遺伝的影響のリスクは、この年と同じ量の被曝が長年つづいたとし平衡状態を考えれば、致死的风险として年間260人が見込まれる。

(5) 撮影1回あたりの平均のトータル・リスクは男性で約 1.6×10^{-6} 、女性で約 1.8×10^{-6} であった。

(本研究の1部は昭和55年5月に行われた日本医学放射線学会総会における宿題報告で発表した。)

参考文献

- 1) 文部省研究班(宮川 正 班長): 医学診療用放射線による遺伝有意線量に関する研究. 日本医放会誌, 21: 565—616, 1961
- 2) 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: 827—843, 1972

- 3) 橋詰 雅, 丸山隆司, 隈元芳一: 診断用X線による国民線量の推定(1974). 第二報, 遺伝有意線量の推定. 日本医放会誌, 36: 208—215, 1976
- 4) ICRP: Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 26, Pergamon Press, Oxford, 1977
- 5) 橋詰 雅, 丸山隆司, 館野之男: がんの有意因子について, 日本医放会誌 40, 815—822, 1980
- 6) 橋詰 雅, 丸山隆司: 医療被曝におけるリスクの推定方法について, 日本医放会誌 40, 1175—1182, 1980
- 7) 橋詰 雅, 丸山隆司, 野田 豊, 福久健二郎: 診断用X線によるリスクの推定, 第1報. 撮影回数, 診断件数および透視件数について. 日本医放会誌 40, 885—897, 1980
- 8) 橋詰 雅, 丸山隆司, 野田 豊, 岩井一男, 館野之男, 西沢かな枝: 診断用X線によるリスクの推定, 第2報. X線診断による個人のリスク. 日本医放会誌 41: 59—70, 1981
- 9) UNSCEAR: Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations New York, 1977
- 10) 橋詰 雅, 丸山隆司, 隈元芳一: 診断用X線による国民線量の推定(1974), 第三報. 骨髄線量と白血病有意線量. 日本医放会誌, 36: 216—224, 1976
- 11) 厚生省統計情報部: 私信, 1979
- 12) ICRP: Problems of developing an Index of Harm, Publication 27, Pergamon Press, Oxford, 1977
- 13) 橋詰 雅, 丸山隆司, 隈元芳一: 診断用X線による国民線量の推定(1974). 第1報. 撮影照射回数, 透視件数および診断件数について. 日本医放会誌, 36: 47—55, 1976