



Title	胃集団検診における件数、国民線量およびリスクの推定
Author(s)	丸山、隆司；野田、豊；隈元、芳一 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1987, 47(7), p. 971-982
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/15530">https://hdl.handle.net/11094/15530</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## 胃集団検診における件数、国民線量およびリスクの推定

放射線医学総合研究所物理研究部

丸山 隆司 野田 豊

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

日本大学医学部放射線医学教室

浦橋 信吾 栗原龍太郎 鎌田力三郎

千葉県がんセンター

佐 方 周 防

（昭和61年10月14日受付）

（昭和61年11月25日最終原稿受付）

### Estimation of Frequency, Population Doses and Stochastic Risks in Stomach Mass Screening Examinations in Japan, 1980

Takashi Maruyama, Yutaka Noda, Yoshikazu Kumamoto\*, Kanae Nishizawa\*\*,  
Yoshiro Furuya\*\*, Kazuo Iwai\*\*\*, Singo Urahashi #, Ryutaro Kurihara #  
Rikisaburo Kamata # and Suoh Sakata ##

Division of Physics and Technical Services\*, National Institute of Radiological Sciences

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

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

Department of Radiology #, School of Medicine, Nihon University

Department of Radiology ##, Chiba Prefectural Cancer Center

---

Research No. : 302

---

Key words : Risk Estimation, Stomach mass screening, Population dose,  
Organ or tissue dose, Effective dose equivalent

---

The population doses and the stochastic risks from stomach photofluorographic examinations were estimated on the basis of a nationwide survey. The annual number of photofluorographic examinations was 2.14 million for male and 1.96 million for female, with a total of 4.10 million. Organ or tissue doses related to the stochastic effects were determined with a phantom measurement using X-ray apparatuses of stomach mass screening. The average organ or tissue dose per full examination was evaluated from the experimental data by assuming mean technical factors such as X-ray tube voltage and body thickness of person, based on the results of nationwide survey.

The collective effective dose equivalent from stomach mass screening was 16,135 man Sv, which was calculated according to the ICRP recommendation. The *per Caput* mean effective dose equivalent was 0.37 cSv for male and 0.42 for female, including skin cancer.

The annual population doses were 1.8 Gy for genetically significant dose, 117  $\mu$ Gy for *per Caput* mean bone arrow dose, 100  $\mu$ Gy for leukemia significant dose and 79.4  $\mu$ Gy for malignant significant dose. The population

risks, which were calculated using the population doses and risk factors of stochastic effects were 3 for genetic effects, 24 for leukemia and 153 for malignant diseases, respectively, for the whole population of Japan. The individual stochastic risks from photofluorographic examinations for stomach mass screening were lower than the risks from radiographic examination for stomach X-ray diagnosis.

## 1. 緒 言

最近の厚生省の統計<sup>1)</sup>によれば、我が国におけるがんによる死者は、1983年に176,206名であり、その28%（49,366名）は胃がんが原因であった。全がんに対する胃がん死亡率は、年々、わずかずつ減少している。しかし、胃がんによる死者数は1970年ごろから毎年約5万人と横ばい状態であるが、部位別死者数では依然として第1位である。国民は胃がんに対して特に関心を抱いており、職場や地域社会を中心にX線による胃の集団検診（以後、胃集検という）が実施されている。

胃集検では、検診あたりの撮影枚数が多く、撮影位置を決めるためのX線透視が行われ、被検者の被曝線量は大きくなる。胃集検は、自覚症状のない健康な人が有害な影響をもたらすかも知れない放射線被曝を受ける点で、一般診療でのX線検査と大きな差がある。

一方、胃集検による胃がん発見率は約1/1,000であり、がん以外の胃疾患の発見率は約1/20である。ICRP（国際放射線防護委員会）が勧告している放射線利用における正当化と放射線防護の最適化を考える上で、疾病の発見率や被曝によるリスクなどを評価することが必要である。ICRPは放射線による確率的影響のリスクを考慮した実効線量当量を、線量当量の基本限度とすることを勧告した<sup>2)</sup>。

放射線の線源と影響を中心に、データの収集につとめているUNSCEAR（原子放射線の影響に関する国連科学委員会）は、最近の報告書<sup>3)</sup>の中で、医療被曝についても総リスクの考え方から、ICRPの勧告した実効線量当量の概念を導入するよう勧めている。年齢別、性別に広い分布を有する医療被曝に、職業被曝という限られた分布に使用される概念を適用することには異論もある。しかし、種々の線源からの人類の被曝を考慮する上で、同じ尺度を用いることは大切である。過去の

データとの比較とリスクの評価を考慮して、遺伝有意線量などの国民線量の評価も重要である。集団に対する被曝に起因する損害（被曝した人々のグループに生ずる害の量の数学的期待値であって、生ずる可能性のあるいろいろな有害な影響の確率と重篤度とを両方とも考慮に入れたもの）を算定するとき、皮膚の表面全体に関する平均線量に対し $10^{-4} \text{Sv}^{-1}$  ( $10^{-6} \text{rem}^{-1}$ ) 程度のリスク係数を使って、皮膚に対する致死がんのリスクを考慮すべきことが勧告されている<sup>4)</sup>。従って、集団での実効線量当量を考えるとき、皮膚を含めるべきである。

本稿は、このようなICRPの勧告を取り入れると共に、従来の国民線量やリスクの評価方法を用いて、胃集検について検討した。

## 2. 実態調査

### 2.1. 調査方法

(1) 調査対象：一般に胃集検には間接撮影などによるスクリーニングとその結果に基づいて行われる精密検査がある。従来、精密検査は一般診断に含めているので、ここでは前者のみを胃集検とした。胃集検を行っている医療施設の大部分は、日本胃集団検診学会（以後、胃集検学会という）名簿に集大成されている。都道府県には、対がん協会やそれに相当する成人病予防協会などがある。しかし、新潟、静岡、広島の3県にはそのような施設がないので、県の衛生部を対象に調査を行った。

胃集検学会員名簿と厚生省のパンフレット<sup>1)</sup>を参考にして、全国の胃集検施設を次のように分類した。

A グループ=都道府県対がん協会あるいはそれに準ずる施設。

B グループ=成人病検診センターなどで地域検診を対象とすると思われる施設。

C グループ=民間企業の健康保険組合などで職

Table 1 The details of the size of samples for the nationwide survey

Group of facilities	Total number of facilities(A)	Sampled facilities(B)	Answered facilities(C)	Ratio	
				B/A	C/B
A	47	47	37	1.0	0.79
B	90	45	31	0.5	0.69
C	197	59	29	0.3	0.49
D	352	70	38	0.2	0.54

A : Japan Cancer Society ; B : Department of public Health in prefecture and Mass screening Center ; C : Mass screening Association(membership list classified by occupations)and D : Mass screening Association(membership list classified by regional group).

Table 2 The annual number of photofluorographic examinations(Stomach Mass Screening)(in thousand)in Japan, 1980, by sex and age group

Facilities	sex	Age group										Subtotal
		-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-69	
A	Male	0.42	7.30	35.75	66.04	124.62	202.61	221.55	219.15	136.69	118.09	33.43 1,165.65
	Female	0.24	1.87	12.23	54.06	125.08	189.66	204.28	199.21	159.54	155.61	33.12 1,134.90
	Subtotal	0.66	9.17	47.98	120.10	249.60	392.27	425.83	418.36	296.23	273.70	66.55 2,300.55
B	Male	0	0.84	3.61	8.94	21.23	44.02	52.33	49.20	28.81	15.10	3.68 227.76
	Female	0	0.15	1.20	8.11	16.90	28.64	34.01	30.24	21.96	17.70	2.89 161.80
	Subtotal	0	0.99	4.81	17.05	38.13	72.66	86.34	79.44	50.77	32.80	6.57 389.56
C	Male	0	1.33	3.15	11.45	31.81	104.29	66.64	43.41	23.45	6.68	0.87 293.08
	Female	0	0.19	2.45	5.62	14.29	44.12	36.50	18.66	6.75	2.62	0.16 131.36
	Subtotal	0	1.52	5.60	17.07	46.10	148.41	103.14	62.07	30.20	9.30	1.03 424.44
D	Male	0	0	8.39	16.67	30.26	79.14	95.81	77.43	59.38	68.63	16.96 452.67
	Female	0	0	5.37	20.84	36.66	74.29	97.53	93.99	87.13	99.58	13.70 529.09
	Subtotal	0	0	13.76	37.51	66.92	153.43	193.34	171.42	146.51	168.21	30.66 981.76
Subtotal	Male	0.42	9.47	50.90	103.10	207.92	430.06	436.33	389.19	248.33	208.50	54.94 2,139.16
	Female	0.24	2.21	21.25	88.63	192.93	336.71	372.32	342.10	275.38	275.51	49.87 1,957.15
	Subtotal	0.66	11.68	72.15	191.73	400.85	766.77	808.65	731.29	523.71	484.01	104.81 4,096.31

域検診を対象とすると思われる施設。

Dグループ=医療機関や農業協同組合連合会など一般X線診断を対象としているが、胃集検を行っていると思われる施設。

一部の保健所でも胃集検を行っているが、それらは対がん協会などに報告しているので、保健所は調査対象からはずした。Table 1は、調査対象施設数、任意抽出率、回答率を示す。B,CおよびDグループの一部は対がん協会などAグループに、年間の胃集検件数を報告しているので、二重集計をさけるため対がん協会への報告の有無を調査した。

(2) 調査項目：胃集検の集計が会計年度で行われているため、1980年4月から1981年3月までの

1年間に実施された胃集検の件数を、性別、年齢別に調査した。さらに、1件あたりの撮影枚数および検診時の体位、管電圧などの技術的条件、撮像系の種類などについて調査した。

## 2.2. 調査結果

### (1) 胃集検の件数

この調査に対する回答率はTable 1に示すように60~70%台であった。B,CおよびDグループでAグループの施設に件数を報告している割合は、それぞれ、63, 38および58%であった。グループ別の年間の胃集検件数は、集計された件数を抽出率と回答率の積で除し、Aグループ以外のグループについては、さらに、Aグループへの非報告率(B:37, C:62およびD:42%)を補正して求め

Table 3 Average number of exposures per examination by type of X-ray projection

Facilities*	Number of facilities	Type of projection**					Total
		A-P	P-A	RAO	LPO	Others	
A	35	1.9	1.9	1.5	0.5	0.3	6.1
B	29	1.8	1.9	1.4	0.9	0.3	6.3
C	26	2.3	1.7	1.4	0.8	0.8	7.0
D	27	1.8	2.2	1.3	0.7	0.6	6.6
Average***		1.9	1.9	1.4	0.7	0.4	6.4

\* see foot note of Table 1,

\*\*A-P : Antero-Posterior ; P-A : Postero-Anterior ; RAO : Right Antero-Oblique ; LPO : Left Postero-Oblique.

\*\*\*Average values weighted by the number of photofluorographic examinations given in Table 2.

た。Table 2はそのような補正を加えて推定したグループ別、性別および年齢別の年胃集検件数を示す。1980年度に日本全国で約410万件の胃集検が実施されたことになる。この数は厚生省の統計に比べて、約8%大きい。性別では、男性が52%，女性が48%とほぼ同数であるが、年齢別では全体の約83%が40歳以上であった。

### (2) 一件あたりの撮影枚数

撮影の際、被検者は種々の体位をとるが、イ. 腹背、ロ. 背腹、ハ. 第1斜位、ニ. 第2斜位、ホ. その他の5体位にまとめて1件あたりの撮影枚数を調査した。胃集検1件あたりの撮影枚数は施設によって異なり、4枚から12枚まで分布していた。Table 3はグループ別に部位別平均撮影枚数を示す。全グループの平均撮影枚数は単純平均で6.5枚であったが、件数で荷重した平均枚数はTable 3のように6.4枚であった。

### (3) 撮影・透視

111施設から回答のあった胃集検の技術的条件をFig. 1にまとめて示す。X線装置別ではUnder tube方式およびOver tube方式が、それぞれ55%および45%の割合で使用されていた。撮像系は全体の58.5%がII(X線輝度増倍管)方式で、41.5%がミラー・カメラ方式(このうち、90%はテレビジョン方式、10%が蛍光板方式)であった。レンズ・カメラ方式を時々使用していると回答したのが1施設あった。検診時のX線管電圧は施設により、撮影装置によって異なり、Fig. 1のように分布

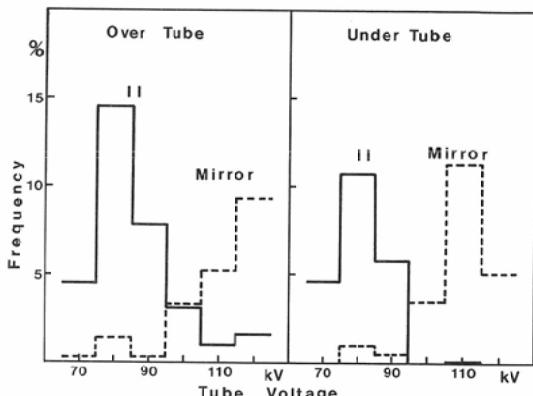


Fig. 1 Technical factors for stomach photofluorographic examinations. These data were obtained from a nationwide survey.

していた。II方式では45%が75~84kVを使用し、ミラー・カメラ方式では40%が105~114kVであった。撮影枚数が多いAグループから回答のあった33施設の平均値はII方式で80kV、ミラー・カメラ方式で110kVであった。また、撮影と透視とで管電圧を変えると回答した施設は全体の13%であり、A群では1施設のみであった。管電圧を変えると回答した施設では、撮影時の管電圧を10kV程度増減しているが、増減の大きさは施設によって異なる。

透視時の管電流については50施設のみの回答しか得られなかったが、II方式では0.3~0.5mA、ミラー・カメラ方式で1mAが最も多く、2mAとしている施設もあったが、平均値ではII方式で0.4

Table 4 Doses at entrance surface of X-rays by type of photofluorographic apparatus

X-ray Unit	Imaging system	Type of table	Focus-table distance(cm)	Radiography		Fluoroscopy	
				Tube voltage(kV)	Dose at entrance(cGy)	Tube voltage(kV)	Dose at entrance(cGy)
A	MC*	Under-tube	45	110	1.90	90	4.8
B	MC	Under-tube	45	110	1.63	110	3.5
C	MC	Under-tube	40	110	1.32	110	4.8
D	MC	Under-tube	45	110	0.97	110	2.2
E	MC	Over-tube	80	110	1.64	110	2.8
F	MC	Over-tube	77	110	1.69	110	3.5
G	MC	Over-tube	77	110	1.52	110	4.2
H	MC	Over-tube	77	105	1.28	110	4.2
I	II**	Under-tube	45	80	0.33	80	2.5
J	II	Under-tube	45	80	0.36	80	2.2
K	II	Under-tube	45	80	0.115	80	1.90
L	II	Under-tube	50	80	0.138	80	1.92
M	II	Over-tube	90	100	0.058	100	1.09

\*Mirror Camera : \*\*Image intensifier.

mA, ミラー・カメラ方式で1mAであった。透視時間はII方式で平均50sec, ミラー・カメラ方式で30secとする回答が全体の75%にあたる38施設からあった。照射野は、ミラー・カメラでは $22 \times 20\text{cm}^2$ , から $41 \times 40\text{cm}^2$ の長方形が、II方式では直径が約9~12インチ(23cm~30.5cm)の円形が用いられていた。平均で $30 \times 30\text{cm}^2$ であった。

### 3. 線量測定

#### 3.1. 皮膚面での線量

厚さ20cmのMix Dでつくられたマーゲン・ファントム(京都科学標本K.K.製)にバリウム糊300ccを注入し、電子技術総合研究所(以後、電総研という)で比較校正された0.6cc電離箱(応用技研製)を用いて、胃集検における入射皮膚面での線量を測定した。この測定は関東地区で胃集検を専門に行っている施設の協力を得て行った。それらの結果をTable 4に示す。

入射面での線量は同一管電圧に対してもバラツキが大きい。ミラー・カメラ方式は8機種のみであったが、入射面の線量に2倍の差がみられた。UnderおよびOver tube方式で、線量に有意な違いは認められなかった。II方式では5機種の測定データのみであるが、装置によってバラツキが大きく、最低と最高値で約10倍の違いがみられる。

一般に、撮影にはフォトタイマが使用されてい

るので、撮影条件の詳細がつかめず実験室での再現実験による線量推定が困難である。前回の調査<sup>5)</sup>では、被検者の入射皮膚面に貼布したTLD素子で線量を推定した。今回は、マーゲン・ファントムによる測定結果と前回のデータとから、入射皮膚線量を推定した。

#### 3.2. 臓器・組織線量

ランド女性用ファントムを用い、胃集検の撮影および透視条件での臓器・組織線量を測定した。ファントム中の臓器・組織の位置にTLD素子(化成オプトニクス製、MSO-S  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ 素子)をセットし、2機種の胃集検専用装置について線量を測定した。TLD素子は、Mix DPファントム中の種々の深さの位置で、電総研で比較校正された0.6cc電離箱を用いて照射線量単位に校正された。照射線量から吸収線量への変換には、変換係数f<sup>6)</sup>として0.95を用いた。

#### (1) 骨髄線量

成人の赤色骨髄の総重量は、日本人の場合、766.7gとされ、体内重量分布も宮川ら<sup>7)</sup>によって古くから決められている。左右対称に34本のTLDを頭部・体幹部、上腕部と大腿部の主な位置にセットし、それぞれの素子が代表する赤色骨髄重量m<sub>i</sub>と代表点の線量d<sub>i</sub>と積和 $\sum m_i d_i$ を766.7gで除して、個人の骨髄線量d<sub>g</sub>を求めた。

Table 5 Distributions of active bone marrow and bone mineral component in average Japanesees used for evaluation of mean bone marrow dose and bone surface dose

Bone	Active bone marrow weight(g)	Bone Minaral Component			
		Male		Female	
		Weight(g)	Fraction	Weight(g)	Fraction
Skull	55.6	694	0.165	632	0.198
Mandible	3.7				
Cervical Vertebrae	30.9	59	0.014	44	0.014
Sternum	19.98	21	0.005	16	0.005
Scapulae	16.47	129	0.031	97	0.030
Clavicle	5.69	50	0.012	38	0.012
Ribs	143.64	307	0.073	230	0.072
Thoracic Vertebrae	75.6	179	0.043	134	0.042
Lumbar Vertebrae	80.25	146	0.035	110	0.034
Sacral Vertebrae	60.62	83	0.020	62	0.019
Illioc Ischial Bone	158.41	354	0.084	280	0.088
Femur	87.56	781	0.186	571	0.178
Arm	28.28	284	0.068	190	0.059
Patella		28	0.007	21	0.007
Tibia		443	0.105	324	0.101
Fibula		104	0.025	76	0.024
Feet		229	0.055	167	0.052
Radius		90	0.021	60	0.019
Ulna		112	0.027	76	0.024
Hands		107	0.025	72	0.023
	766.7	4,200	1.001	3,200	1.001

## (2) 骨表面線量

ICRP の勧告<sup>2)</sup>によれば、実効線量当量の算出には骨表面線量が必要である。骨は成人でも全身に分布しており、骨がんの発生は内骨細胞および骨表面にある細胞に関係している。このため、ICRP は骨の表面から10μmまでの深さの組織についての平均値を骨表面線量とすることを勧告している。

ここでは、骨がんの発生は骨容量に関係するとし、田中ら<sup>8)</sup>が測定した骨重量分布を用いて、骨容量百分率分布を求めた。このとき、骨の密度は一定と仮定した。Table 5はそれらの結果を示す。

骨表面から10μmの深さまでの平均線量を求ることは困難である。ファントム中の骨の代表点の線量、 $\delta d_i$ を測定し、その線量代表点の骨容量百分率  $B_i$ との積和  $\sum \delta d_i B_i$ を求める。この積和に、骨に対する  $f$  値を乗じて平均骨表面線量を算出す。80~110kVのX線に対する  $f$  値<sup>8)</sup>として2.5を

用いた。

## (3) 臓器・組織線量

ICRP の実効線量当量の概念<sup>2)</sup>と医療被曝におけるがん有意線量の考え方<sup>10)</sup>に従い、確率的影響に関連した臓器・組織の線量を測定した。実効線量当量を求めるとき、胃集検における他の臓器・組織として、被曝が大きいと思われる胃、肝臓、大腸上部、膀胱および直腸の5つを選んだ。

臓器・組織の位置は、X線 CT像<sup>11)</sup>を参考にして決めた。肺、胃、肝臓など大きな臓器では5~10本のTLD 素子を分散してセットし、線量を測定した。

ミラーカメラ方式の胃集検装置を用いて測定した撮影および透視における臓器・組織線量の結果をTable 6に示す。この装置では撮影が110kV、透視が90kVの管電圧で行われるので、実験でもそれに従った。

## (4) 実効線量当量

Table 6 Organ or tissue doses from Photofluorographic examination(stomach mass screening)determined with a phantom measurement. Stomach photofluorographic apparatus used for the phantom measurement was a mirror-camera system which was composed of a X-ray generator(DRX 190D Rotanode manufactured by Toshiba Co., Ltd.)and a mirror camera(CXMS-70 manufactured by Cannon Co., Ltd.)

Organ or Tissue	Radiography (110 kV, one exposure)*						Fluoroscopy (90 kV, 2mA, 1 min)**					
	AP #		OB ##		PA ###		AP		OB		PA	
	Dose	Ratio	Dose	Ratio	Dose	Ratio	Dose	Ratio	Dose	Ratio	Dose	Ratio
Lung	390μGy	$3.8 \times 10^{-2}$	290μGy	$2.8 \times 10^{-2}$	380μGy	$3.7 \times 10^{-2}$	1960μGy	$3.5 \times 10^{-2}$	1340μGy	$2.4 \times 10^{-2}$	1800μGy	$3.2 \times 10^{-2}$
Thyroid	40	$3.9 \times 10^{-3}$	9	$8.7 \times 10^{-4}$	8	$7.8 \times 10^{-4}$	187	$3.4 \times 10^{-3}$	52	$9.3 \times 10^{-4}$	63	$1.13 \times 10^{-3}$
Breast	460	$4.5 \times 10^{-2}$	161	$1.56 \times 10^{-2}$	165	$1.60 \times 10^{-2}$	2800	$5.0 \times 10^{-2}$	1000	$1.75 \times 10^{-2}$	1300	$2.3 \times 10^{-2}$
Liver	4000	$3.8 \times 10^{-1}$	2300	$2.2 \times 10^{-1}$	3500	$3.4 \times 10^{-1}$	18900	$3.4 \times 10^{-1}$	11600	$2.1 \times 10^{-1}$	16800	$3.0 \times 10^{-1}$
Stomach	6700	$6.5 \times 10^{-1}$	2100	$2.0 \times 10^{-1}$	2100	$2.0 \times 10^{-1}$	31600	$5.7 \times 10^{-1}$	11000	$1.97 \times 10^{-1}$	11000	$1.97 \times 10^{-1}$
Large Intestine	1050	$1.00 \times 10^{-1}$	570	$5.5 \times 10^{-2}$	900	$8.7 \times 10^{-2}$	5000	$9.0 \times 10^{-2}$	2800	$5.0 \times 10^{-2}$	3600	$6.5 \times 10^{-2}$
Rectum	83	$8.1 \times 10^{-3}$	127	$1.23 \times 10^{-2}$	119	$1.16 \times 10^{-2}$	520	$9.3 \times 10^{-3}$	600	$1.08 \times 10^{-2}$	1000	$1.80 \times 10^{-2}$
Bladder	143	$1.39 \times 10^{-2}$	122	$1.18 \times 10^{-2}$	115	$1.12 \times 10^{-2}$	1150	$2.1 \times 10^{-2}$	580	$1.04 \times 10^{-2}$	980	$1.76 \times 10^{-2}$
Bone surface	270	$2.6 \times 10^{-2}$	330	$3.2 \times 10^{-2}$	350	$3.4 \times 10^{-2}$	1600	$2.9 \times 10^{-2}$	1740	$3.1 \times 10^{-2}$	1160	$2.0 \times 10^{-2}$
Bone marrow	480	$4.7 \times 10^{-2}$	590	$5.7 \times 10^{-2}$	610	$5.9 \times 10^{-2}$	2900	$5.2 \times 10^{-2}$	3200	$5.7 \times 10^{-2}$	3100	$5.6 \times 10^{-2}$
Ovary	500	$4.9 \times 10^{-2}$	420	$4.1 \times 10^{-2}$	520	$5.0 \times 10^{-2}$	2400	$4.3 \times 10^{-2}$	2600	$4.7 \times 10^{-2}$	250	$4.4 \times 10^{-2}$
Testes	85	$8.3 \times 10^{-3}$	26	$2.5 \times 10^{-3}$	24	$2.3 \times 10^{-3}$	370	$6.6 \times 10^{-3}$	96	$1.72 \times 10^{-2}$	109	$1.96 \times 10^{-2}$

\*Dose on the skin exposed to X-rays: 10.30 mGy; \*\*Dose on the skin exposed to X-rays: 55.70 mGy;

# Antero-posterior; ## Oblique; ### Postero-anterior

次式に従い、実効線量当量を算出した。

$$HE = \sum_T W_T H_T \quad (1)$$

ここで、HEは実効線量当量、WTは臓器Tに対する荷重係数、HTは臓器Tに対する線量当量である。X線の線質係数は1として線量当量を求めた。

(1) 式のWTの代わりに修正荷重係数W'Tを用い、Tの線量DTとの積和を実効線量DEとした。DEはがん有意線量の算出に用いられる。Table 7はこのようにして算出された実効線量当量HE、および実効線量DEを示す。

#### 4. 集団実効線量当量および国民線量

##### 4.1. 胃集検における平均線量

実態調査で得られた性別、年齢別の胃集検件数および実験で測定された線量データを用いて、集団実効線量当量および国民線量を評価するため、胃集検における平均の入射皮膚面線量を推定し、その数値をもとに臓器・組織線量を求めた。

##### (1) 1件あたりの入射皮膚面線量

被検者に貼布したTLDの測定結果<sup>5)</sup>でも、マーケン・ファントムによる今回の実測結果でも、被検者の腹厚や撮像系の特性など種々の要因によって、入射皮膚面線量がかなりのバラツキを有することを示している。データ数は不十分であるが、

Table 4に示した実測結果から入射皮膚面線量を推定した。ミラー・カメラ方式では、110kVの管電圧が平均的に用いられているとして、撮影で1枚あたり平均で1.5cGy、透視で3.6cGy/min・mAであった。II方式では、撮影で1枚あたり平均で0.23cGy、透視で2.1cGy/min・mAであった。

ミラー・カメラ方式およびII方式の使用頻度は、それぞれ41.5%および58.5%である。使用頻度で荷重して求めた胃集検1枚あたりの平均の入射皮膚面線量は0.76cGyである。透視では、ミラー・カメラ方式での条件1mA×30sec、II方式で0.4mA×50secを考慮して、使用頻度で荷重した入射皮膚面線量を求める2.5cGyとなる。これらの数値は、腹厚18~20cmで立位正面の撮影を仮定した場合であるが、斜位では1.2倍、臥位では0.8倍と考える<sup>5)</sup>。Table 3の体位別撮影枚数にこれらの倍率で荷重した、胃集検1件あたりの撮影による平均入射皮膚面線量は4.8cGyであり、透視による線量を加えると胃集検1件あたりの平均入射皮膚面線量は7.3cGyとなる。

##### (2) 胃集検1件あたりの臓器・組織線量および実効線量当量

胃集検専用装置を用いた臓器・組織線量の測定は、Table 6に示したように110kVおよび90kV

Table 7 Effective dose equivalents determined using the weighting factor recommended by ICRP and Effective dose determined using a modified weighting factor which was prepared for the calculation of malignant significant dose

Photofluorography (110 kV)							
Quantity	Sex	Antero-Posterior		Oblique		Postero-Anterior	
		H <sub>E</sub> or D <sub>E</sub>	Ratio H <sub>E</sub> , D <sub>E</sub> /D <sub>s</sub>	H <sub>E</sub> or D <sub>E</sub>	Ratio H <sub>E</sub> , D <sub>E</sub> /D <sub>s</sub>	H <sub>E</sub> or D <sub>E</sub>	Ratio H <sub>E</sub> , D <sub>E</sub> /D <sub>s</sub>
Effective dose equivalent ICRP	Female	1030 μSv	1.00 × 10 <sup>-1</sup>	560 μSv	5.4 × 10 <sup>-2</sup>	690 μSv	6.7 × 10 <sup>-2</sup>
	Male	920	9.0 × 10 <sup>-2</sup>	460	4.5 × 10 <sup>-2</sup>	560	5.5 × 10 <sup>-2</sup>
Effective dose Cartcinogenesis	Female	2540 μGy	2.5 × 10 <sup>-1</sup>	970 μGy	9.4 × 10 <sup>-2</sup>	1090 μGy	1.06 × 10 <sup>-1</sup>
	Male	2490	2.4 × 10 <sup>-1</sup>	950	9.2 × 10 <sup>-2</sup>	1070	1.04 × 10 <sup>-1</sup>
Fluoroscopy (90 kV)							
Quantity	Sex	Antero-Posterior		Oblique		Postero-Anterior	
		H <sub>E</sub> or D <sub>E</sub>	Ratio H <sub>E</sub> , D <sub>E</sub> /D <sub>s</sub>	H <sub>E</sub> or D <sub>E</sub>	Ratio H <sub>E</sub> , D <sub>E</sub> /D <sub>s</sub>	H <sub>E</sub> or D <sub>E</sub>	Ratio H <sub>E</sub> , D <sub>E</sub> /D <sub>s</sub>
Effective dose equivalent ICRP	Female	5090 μSv	9.1 × 10 <sup>-2</sup>	2990 μSv	5.4 × 10 <sup>-2</sup>	2890 μSv	5.1 × 10 <sup>-2</sup>
	Male	4580	8.2 × 10 <sup>-2</sup>	2370	4.2 × 10 <sup>-2</sup>	2830	5.1 × 10 <sup>-2</sup>
Effective dose Cartcinogenesis	Female	12200 μGy	2.2 × 10 <sup>-1</sup>	5010 μGy	9.0 × 10 <sup>-2</sup>	5610 μGy	1.00 × 10 <sup>-1</sup>
	Male	11900	2.1 × 10 <sup>-1</sup>	4900	8.8 × 10 <sup>-2</sup>	5450	9.8 × 10 <sup>-2</sup>

D<sub>s</sub>: Dose at entrance

Table 8 Average organ or tissue doses, effective dose and effective dose equivalent per X-ray exposure or mean fluoroscopic examination for stomach photofluorographic examinations, and average organ or tissue doses, effective dose and effective dose equivalent per full stomach photofluorographic examination

Type of examination	Type of imaging system	Dose on the skin at entrance	Gonadal dose (cGy) per examination	Bone marrow dose(cGy) per examination	Effective dose (cGy) per examination	Effective dose equivalent(cSv) per examination	
			Testes Ovary		Male	Female	Male
Photofluorography	Mirror*	1.5cGy/exposure	0.036 0.44	0.53	1.26	1.29	0.57 0.66
	II**	0.23	0.0040 0.069	0.083	0.17	0.18	0.077 0.087
Fluoroscopy	Mirror*	1.8cGy/examination	0.0077 0.082	0.096	0.26	0.26	0.110 0.128
	II**	0.70	0.0021 0.028	0.039	0.090	0.091	0.039 0.043
Average***			0.022 0.27	0.33	0.78	0.80	0.36 0.41

\*Mirror Camera System ; \*\*Image Intensifier System.

\*\*\*Average values weighted by the frequency of use of imaging system(0.415 for mirror camera and 0.585 for image Intensifier)

の管電圧について行った。しかし、II 方式では撮影および透視が、80kV の管電圧で行われていることが多い (Fig. 1)。

一方、西沢の測定<sup>12)</sup>によれば、胃撮影において、2, 3 の例外はあるが、管電圧を横軸に線型目盛で表わし、入射皮膚面線量に対する臓器・組織線量の比を縦軸に対数で表わしたとき、両者はほぼ直線関係をもつ。110kV と 90kV のデータを片対数グラフにプロットして、80kV の入射皮膚面線量に対する臓器・組織線量の比を推定した。それ

らの結果の 1 例として、生殖腺線量および骨髄線量、さらにがんの実効線量 DE および実効線量当量 HE を Table 8 に示す。

ミラー・カメラ方式および II 方式の使用頻度、部位別撮影枚数、入射皮膚面線量で荷重して求めた、国民線量や集団実効線量当量を算出するための、胃集検 1 件あたりの平均の生殖腺線量、骨髄線量、実効線量および実効線量当量を Table 8 の最下欄に示した。

#### 4.2. 集団実効線量当量

Table 9 Significant factors used for calculation of population doses

Age group	Child expectancy		Leukemia significant factor		Malignancy significant factor	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female
-19	1.717	1.773	0.99	0.99	0.87	0.91
20-24	1.672	1.626	0.98	0.99	0.74	0.82
25-29	1.280	0.849	0.98	0.98	0.65	0.74
30-34	0.542	0.203	0.97	0.98	0.54	0.65
35-39	0.1226	0.01967	0.95	0.97	0.45	0.54
40-44	0.01724	0.00293	0.93	0.95	0.34	0.45
45-49	0.00424	0.0000894	0.90	0.93	0.26	0.34
50-54	0.001193	—	0.87	0.90	0.18	0.26
55-59	0.000357	—	0.69	0.87	0.10	0.18
60-69	0.00000133	—	0.51	0.63	0.035	0.075
70-	—	—	0.31	0.42	0.002	0.012

Table 10 Population doses from photofluorographic examination(stomach mass screening) in 1980

Age group	GSD			CMD			LSD			MSD		
	$\times 10^{-6}$ cGy per person			$\times 10^{-5}$ cGy per person			$\times 10^{-5}$ cGy per person			$\times 10^{-5}$ cGy per person		
	Male	Female	Subtotal									
-19	0.18	1.32	1.50	0.12	0.07	0.19	0.12	0.07	0.19	0.25	0.15	0.40
20-24	3.86	11.02	14.88	2.70	0.63	3.33	2.65	0.62	3.27	4.70	1.24	5.94
25-29	15.90	55.35	71.25	14.53	6.07	20.60	14.24	5.95	20.19	22.19	10.82	33.01
30-34	13.64	55.19	68.83	29.43	25.30	54.73	28.55	24.79	53.34	37.33	39.64	76.97
35-39	6.21	11.66	17.87	59.32	55.07	114.39	56.35	53.41	109.76	62.71	71.68	134.39
40-44	1.81	3.03	4.84	122.75	96.10	218.85	114.16	91.30	205.46	98.25	104.25	202.50
45-49	0.48	0.10	0.58	124.54	106.27	230.81	112.08	98.83	210.91	76.08	87.09	163.17
50-54	0.11	0.00	0.11	111.08	97.64	208.72	96.64	87.88	184.52	46.97	61.20	108.17
55-59	0.00	0.00	0.00	70.88	78.60	149.48	56.70	68.38	125.08	16.65	34.10	50.75
60-69	0.00	0.00	0.00	59.51	37.49	97.00	37.49	40.10	77.59	4.90	14.21	19.11
70-	0.00	0.00	0.00	15.68	14.23	29.91	7.37	4.41	11.78	0.07	0.04	0.11
Total	42.19	137.67	179.86	610.54	517.47	1128.01	526.35	475.74	1002.09	370.10	424.42	794.52

X線診断に用いられる平均的照射野の大きさは、全身の約5%である<sup>3)</sup>。胃集検の場合でも特に大きな照射野を用いることはない、全身の体表面の被曝に対して、ICRPは荷重係数0.01を勧告している。胃集検の場合は、他のX線診断と同様に照射される皮膚面積が全身の5%程度であるので、荷重係数が皮膚について $0.01 \times 0.05 = 0.0005$ となる。胃集検1件あたりの平均入射皮膚面線量は7.3cGyであるので、1件あたりの皮膚の寄与分は約0.0072cGyである。胃集検用X線の線質係数を1として、Table 8のHEに加えると集団実効線量当量を求める場合の胃集検1件あたりの実効線量当量は、男性で0.37cSv、女性で0.42cSvとなる。これらの数値とTable 2の件数から算出し

た胃集検による集団実効線量当量は、男性で7,915 man·Sv、女性で8,220man·Svの合計16,135 man·Svであった。

#### 4.3. 国民線量

医療被曝による国民線量として、遺伝有意線量(GSD)、平均骨髄線量(CMD)、白血病有意線量(LSD)およびがん有意線量(MSD)が算定されてきた。特に、MSDは長崎の原爆被爆者の疫学調査結果にもとづいて決定した、がん有意因子<sup>13)</sup>を用いて計算する。

Table 2の性別、年齢別の胃集検件数を用い、国民線量の計算式<sup>14)</sup>にもとづいて、GSD、CMD、LSDおよびMSDを求めた。子供期待率、白血病有意因子およびがん有意因子としてTable 9の値

Table 11 Comparison of population doses in 1980 with population doses in 1975

Year	GSD(μGy/person year)			CMD(μGy/person year)			LSD(μGy/person year)			MSD(μGy/person year)		
	Male	Female	Total									
1975	0.3	1.2	1.5	102	63	165	89	56	145	—	—	—
1980	0.42	1.38	1.80	61.1	51.7	112.8	52.6	47.6	100.2	37.0	42.4	79.4

Table 12 Population risks from photofluorographic examination(stomach mass screening) in 1980

Type of risk	Sex	Population dose	Risk factor	Population	Risk
Genetic	Male	$42.19 \times 10^{-6}$ Gy	$185 \times 10^{-6}$ Gy <sup>-1</sup>	$89.39 \times 10^6$	0.70
	Female	$137.67 \times 10^{-6}$	$185 \times 10^{-6}$	$89.39 \times 10^6$	2.3
	Total	$179.86 \times 10^{-6}$	$185 \times 10^{-6}$	$89.39 \times 10^6$	3.0
Leukemic	Male	$5.26 \times 10^{-3}$ mGy	$20 \times 10^{-6}$ mGy <sup>-1</sup>	$116.32 \times 10^6$	12.3
	Female	$4.76 \times 10^{-3}$	$20 \times 10^{-6}$	$116.32 \times 10^6$	11.1
	Total	$10.02 \times 10^{-3}$	$20 \times 10^{-6}$	$116.32 \times 10^6$	23.4
Malignant	Male	$3.70 \times 10^{-3}$ mGy	$165 \times 10^{-6}$ mGy <sup>-1</sup>	$116.32 \times 10^6$	71.0
	Female	$4.24 \times 10^{-3}$	$165 \times 10^{-6}$	$116.32 \times 10^6$	81.5
	Total	$7.94 \times 10^{-3}$	$165 \times 10^{-6}$	$116.32 \times 10^6$	152.5

を用いた。また、生殖腺線量、骨髄線量およびがんの実効線量は、Table 8に示す胃集検1件あたりの平均の線量を用いた。

計算の結果をTable 10に示す。1980年の胃集検によるGSDは $1.80\mu\text{Gy}$ 、CMDは $117\mu\text{Gy}$ 、LSDは $100\mu\text{Gy}$ およびMSDは $79.4\mu\text{Gy}$ であった。これらの国民線量を5年前の1975年のそれらと比較すると、Table 11のようになり、5年間に顕著な増減はみられない。

##### 5. 胃集検によるリスクの推定

胃集検によるX線被曝によって、国民全体に起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、 ${}_gR_p$ 、 ${}_1R_p$ および ${}_mR_p$ とすれば、それらのリスクは次式で推定できる。

$$\left. \begin{aligned} {}_gR_p &= (GSD) \times 185 \times 10^{-6} \times \\ &\quad (\text{将来生まれる子供総数}) \\ {}_1R_p &= (LSD) \times 20 \times 10^{-6} \times (\text{人口}) \\ {}_mR_p &= (MSD) \times 165 \times 10^{-6} \times (\text{人口}) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ここで、右辺の数値<sup>10)</sup>は、それぞれ、遺伝的影響、白血病およびがんのリスク係数( $\text{cGy}^{-1}$ )である。Table 10の国民線量と1980年の人口<sup>15)</sup>を用いて計算した国民全体のリスクをTable 12に示す。1980年の胃集検により、現在の人口から将来生ま

れるであろう子供の3人に何らかの致死的遺伝的影響が予想される。全人口のうち約24人が致死的白血病に、また約153人が致死的がんになることが予想される。

一般胃部X線診断により国民全体へのリスクは、1979年には遺伝的影響が55人、白血病が136人およびがんが557人であった。胃集検に比べてリスクが大きいのは、撮影枚数が約15,500万枚で胃集検の約2,620万枚の約6倍も大きいことによる。

胃集検による個人のリスクは、集団の場合と同様に遺伝的影響のリスク、白血病のリスクおよびがんのリスクの3つからなる。個人の場合には、3つの確率的影響が起こるかも知れない確率として与えられる。

$$\left. \begin{aligned} {}_gR_k &= {}_gR \cdot DG_k \cdot G_k \\ {}_1R_k &= {}_1R \cdot DL_k \cdot L_k \\ {}_mR_k &= {}_mR \cdot DE_k \cdot M_k \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ここで、 ${}_gR_k$ 、 ${}_1R_k$ および ${}_mR_k$ は胃集検によりk年齢層の人が受けるかも知れない、それぞれ遺伝的影響、白血病およびがんのリスクである。 ${}_gR$ 、 ${}_1R$ および ${}_mR$ は、それぞれのリスク係数で、 ${}_gR = 100 \times 10^{-6} \cdot \text{cGy}^{-1}$ 、 ${}_1R = 20 \times 10^{-6} \cdot \text{cGy}^{-1}$ および ${}_mR = 165 \times 10^{-6} \cdot \text{cGy}^{-1}$ である<sup>10)</sup>。 $DG_k$ 、 $DL_k$ 、および

Table 13 Individual risks from photofluorographic examination(stomach mass screening) in 1980  
(Risk level :  $10^{-6}$ )

Type of risk	Age and Sex											
	22		32		42		52		62		72	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Genetic	2.1	25	0.7	3.0	0.022	0.045	0.00153	—	—	—	—	—
Leukemic	6.5	6.5	6.4	6.5	6.1	6.3	5.7	5.9	4.5	5.3	2.0	2.8
Malignant	95	108	69	86	44	59	23	34	6.4	13.2	0.3	1.6
Total risk	103.6	139.5	76.1	95.5	50.122	65.345	28.70153	39.9	10.9	18.5	2.3	4.4

Table 14 Comparison of individual stochastic risk from stomach photofluorographic examination and from stomach radiographic examination<sup>13)</sup>

Age	22		32		42		52		62		
	Sex	Male	Female								
Photofluorography (P)		104	140	76	96	50	65	29	40	11	19
Radiography (R)		166	176	110	121	75	85	46	54	20	28
Ratio R/P		1.60	1.26	1.45	1.26	1.50	1.31	1.59	1.35	1.82	1.47

$DE_k$ はそれぞれ k 年齢層の人の胃集検による生殖腺線量、骨髄線量および実効線量である。  $G_k$ ,  $L_k$  および  $M_k$  は、それぞれ k 年齢層の人の相対子供期待率<sup>7)</sup>、白血病有意率およびがん有意率である。すべての年齢について、Table 8 の平均線量を用い、Table 9 から得られる  $G_k$ ,  $L_k$  および  $M_k$  を用いて算出した個人のリスクを Table 13 に示す。実効線量は男女で大きな差はないが、がん有意因子が各年齢層で女性の方が大きいため、がんのリスクは女性の方が大きくなる。

胃の X 線診断による個人のリスクを胃集検と一般 X 線診断<sup>16)</sup>について比較すると Table 14 のようになる。男女で多少の差はあるが、胃集検の方がリスクは小さいことがわかる。これは一般 X 線診断の方が枚数が多く、患者の受けける線量が大きいことによる。

## 5. 結 論

(1) 1980年度に我が国で行われた胃の集団検診は、男性214万件、女性196万件で合計410万件であった。これは厚生省の調査による同年度の合計383万件に比べて 7 %多かった。

(2) 胃の集団検診には、被曝線量が少い II (X 線輝度増倍管) 方式の診断装置の使用率が全体の

58.5%を占め、1975年の26%の 2 倍以上であった。

(3) ファントム実験で胃の集団検診における臓器・組織線量を測定した。また、13機種の胃集検専用装置について、ファントム表面での線量を測定した。実態調査で得られた検診条件などを参考にして、胃の集団検診 1 件あたりの入射皮膚面線量を 7.3cGy と推定した。これらの線量を基にして、胃の集団検診 1 件あたりの臓器・組織線量を算定した。

(4) ICRP の勧告に従って算定した胃の集団検診による集団実効線量当量は、16,135man·Sv であった。なお、胃の集団検診 1 件あたりの平均の実効線量当量は、男性で 0.37cSv、女性で 0.42cSv であった。

(5) 1980年度の胃の集団検診による国民線量は、遺伝有意線量が、 $1.80\mu\text{Gy}$ 、平均骨髄線量が  $117\mu\text{Gy}$ 、白血病有意線量が  $100\mu\text{Gy}$  およびがん有意線量が  $79.4\mu\text{Gy}$  であった。

(6) 胃の集団検診による国民全体のリスクは、遺伝的影響で 3 人、白血病で 24 人およびがんで 153 人と推定された。

(7) 胃の集団検診による個人のリスクが代表的年齢について推定されたが、一般の X 線撮影によ

る胃の検査に比して、4～6割低かった。  
本稿を終わるにあたり、実態調査に御協力下さった都道府県対がん協会をはじめ関係機関ならびに関係者の各位に深甚の謝意を表します。本実験に御協力下さいました東京都立がん検診センター、東京予防協会、日本成人病協会の関係者各位に深く感謝します。

## 文 献

- 1) 厚生省保健医療局老人保健課編：成人病のしおり、1985、(社会保険出版社、東京)、1985
- 2) ICRP-Publication 26：国際放射線防護委員会勧告、(日本アイソトープ協会翻訳)、1981
- 3) United Nations: Ionizing Radiation : Sources and Biological Effects, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1982 Report to the General Assembly, with annexes, 333-369, (United Nations, New York), 1982
- 4) ICRP 1978年ストックホルム会議の声明、国際放射線防護委員会勧告の付(日本アイソトープ協会翻訳) 1981
- 5) 橋詰 雅、加藤義雄、丸山隆司、他：胃集団検診による国民線量の推定、日本医学会誌、37: 578-589, 1977
- 6) ICRU 14: Radiation dosimetry : X-rays and gamma rays with maximum photon energies between 0.6 and 50MeV, International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, DC, 1969
- 7) Bone Marrow Dose Research Group (Chairman: Miyakawa T): The bone marrow dose in tele-radiotherapy in Japan, Nippon Act Radiol 30: 368-384, 1970
- 8) Tanaka G, Kawamura H, Nakahara Y: Reference Japanese man I. Mass of organs and other characteristics of normal Japanese, Health Phys 36: 333-346, 1979
- 9) ICRU 17: Radiation dosimetry : X-rays generated at potentials of 5 to 150 kV, International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, DC, 1970
- 10) 橋詰 雅、丸山隆司：医療被曝のリスク推定方法について、日本医学会誌、40: 1175-1182, 1980
- 11) Gambarelli J, Gurinelli G, Chelvot L, et al: Computerized axial tomography, (Springer Verlag, Berlin, Heiderberg, New York)
- 12) 西沢かな枝：胃部・胸部撮影における臓器・組織線量の簡易計算、日本医学会誌、44: 1279-1293, 1984
- 13) 橋詰 雅、丸山隆司、館野之男：がん有意因子について、日本医学会誌、40: 815-822, 1980
- 14) 橋詰 雅、丸山隆司、野田 豊、他：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、日本医学会誌、41: 132-143, 1981
- 15) 厚生の指標、国民衛生の動向：厚生の指標(厚生統計協会)、33: 355-357, 1986
- 16) 橋詰 雅、丸山隆司、野田 豊、他：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、日本医学会誌、41: 59-70, 1981