

微量放射線の影響に関する最近の論争

—— マンロー論文によせて ——

1. はじめに —— 許容量の変遷とその歴史が意味するもの

- (注1)
- (1) 「許容量」は、国際放射線防護委員会(ICRP)の勧告に準じて、各国が独自に定めている。
 - (2) ICRPの前身である国際X線ラジウム防護委員会が、X線取扱者に対する障害防止のために1931年初の勧告(0.2 R/day)を行ってから、その勧告値は歴史的に^(注2)変更されてきた。(右表)
 - (3) 最初の勧告値は放射線被曝による急性障害のみに立脚して定められたものであり、不十分なものであった。
 - (4) その後、医療用等の放射線利用が普及するにつれて、人間に対する晩発性障害が、より低線量被曝でも発生し、低線量で遺伝的障害発生の恐れも明らかになってきた。こうした事実を反映してICRP勧告値、したがって「許容量」は下げられていった。(右表)
 - (5) ニニまでの「許容量」の変遷は、微量放射線の影響が年々判明してきた事実にもとづき、主に生物医学的見地によって行なわれてきた(1958年まで)。
 - (6) 放射線障害、特に突然変異の発生率が被曝線量と比例関係にあるという発見は、この関係がニニまで低線量域まで続くのかをめぐって微量放射線の影響が、多くの研究者の関心をよぶに到った。
 - (7) その結果、比例関係が次第に低線量域まで明らかにになってきた。このことは、「許容量」という考え方がもはや科学的概念としては存在しえないことを示唆した。
微量放射線問題は自然科学の領域を越えた社会問題であることが明らかになったのである。
 - (8) こうすると次には被曝を正当化する論理が必要になってくる。そこで登場したのがリスクーベネフィットのバランス論である。
 - (9) しかし、この考え方は現実の条件を無視した抽象論にすぎず、特に原子力施設立地地域の住民にとっては成立しないバランスである。したがって万人に共通の論理とはならず、微量放射線に対する見解はその立場により当然異なったものになる。
 - (10) ICRPは、ニニに到ってベネフィット側である原子力産業の立場を鮮明にせざるをえなくなった。1958年以後、微量放射線の影響が一段と詳細に判明してきたにもかかわらず(右表)、勧告値の切り下げは行なわれていない。それとニニ
 - (11) 勧告の運用精神もLPL精神(1954年)からアラフ精神(1958年)、さらに

表1 「許容量」の歴史とその背景

西歴	ICRP 勧告	許容量に関係する出来事	原子力情勢他
1931年	国際X線ラジウム防護委員会 勧告 許容線量 0.28 R/day		放射線の医学的利用 次第に増加
1944年		Lea: 放射線と突然変異発生率 との間にしきい値なしと報告	1945年 広島、長崎原爆
1950年	ICRP 勧告 最大許容線量 0.3 R/week		
1954年	ICRP 勧告 一般人線量限度 1.5 R/年 「to the lowest possible level」		
1958年	ICRP 勧告 職業人 5 R/年 一般人 0.5 R/年 「as low as practicable」	↑ スチアート(英), フォード(米) ママホン(米)らが、被曝量と 白血病発生率との関係報告 ↓	核施設の発電への 運動開始
1961年		H.E. Glassら: ショラシウバエによる 遺伝子変異とX線-突然変異率の比較	
1965年	ICRP 勧告 遺伝子線量限度 5 R/年 (平均) 「As low as readily achievable」		1968~1970 発電炉大型化
1970年		コブマン・ラングム: ICRP 勧告の危険性を 評価、低レベル放射能影響を 示唆 石丸: 広島、長崎原爆生存者の白血病 発生率が、許容線量域まで被曝量に 比例して放射能性ラジウム被曝事故 で25rad以下で発生	
1971年		米国防科学アカデミー報告 (BEIR報告) 平均 0.17 R/年 の基準を提示 スロー: ムラサキソウカ雄蕊毛の 突然変異の X線 0.25 R/1000 の割合 (女性では 0.1 R/1000)	
1972年			

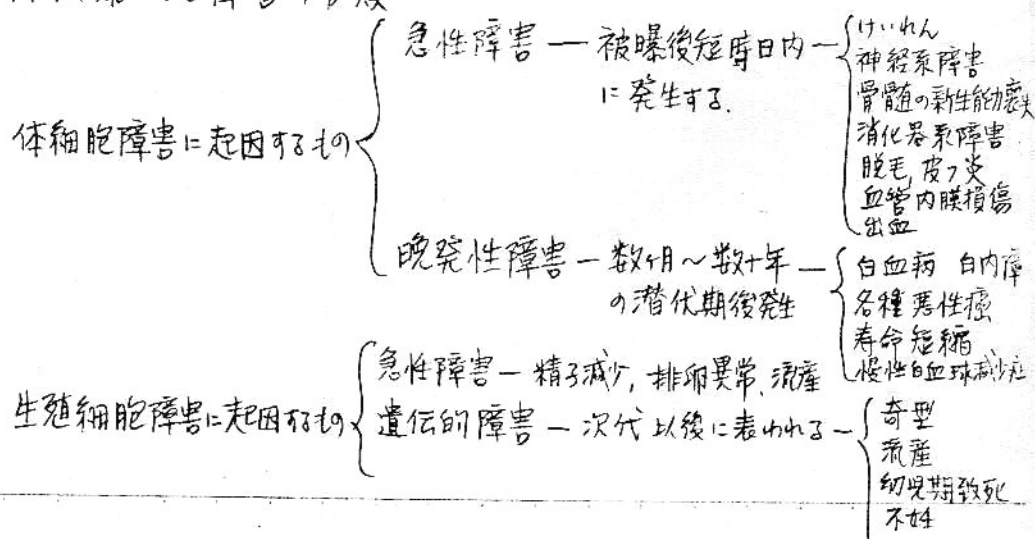
西 歴	ICRP 勧告	「許容量」に関する 出来事	原子力情勢 他
1973年	ICRP 勧告 「as low as reasonably achievable」	米国環境保護庁 (EPA) 新基準 一般人全身 0.025 μ R/年 甲状腺 0.075 μ R/年 マンクーン報告 ハンフォード労働者についての疫 学的調査から ICRP 勧告に疑問	第3次石油ショック
1977年			
1978年			第2次石油ショック

(注1)

表 2

	ICRP 勧告	日本の基準
職業人	最大許容線量 5 μ R/年	許容集積線量 最大許容被曝線量 平均 5 μ R/年 3 μ R/3ヶ月
一般人	線量限度 0.5 μ R/年	許容被曝線量 0.5 μ R/年

(注2) 放射線被曝による障害の分類



アララ精神 (1973年)へと後退をかさね、かつての生物医学的立場を
変更し、原子力産業の経済的条件を保健物理の側から補完するもの
となった。

- (12) 今後も、微量放射線問題は、「エネルギー危機」の下で石油代替エネルギーとして
原子力産業を経済的に成立させるため、「許容量」の引下げをふせごうとする
圧力を背景に論争されるものと思われる。

2. マンクーゾらの研究 (ハンフォード労働者の死亡統計から)

マンクーゾらの研究の意義は、職業的被曝という定量的に明らかなデータを使用
することによって、従来原爆被曝者からのデータではわからなかったより低線量
域における危険度を評価したことである。この結果、現行のICRPの値は危険
であることを疫学的に示した。

(1) 調査対象

1944年から1977年まで33年間に、ハンフォード原子力施設で何らかの放射性
物質加工に関係する作用に従事した人で記録のほつりしている人29318人
(死亡した人については死亡記録のほつりしている人)のうち、フィッセル・バノジ
により外部被曝線量の判明している23765人(うち女性5756人)。

そのうち、死因の明らかな死亡者は4033人(うち女性291人)。

(2) 調査方法

- 基本的な方針は、癌で死んだ人と癌以外で死んだ人との被曝線量を比較し、両者の有意差を統計手法により検定するもの
- 比較は、男女別に、死亡時の年齢、勤続年数、被曝後死亡までの年数、被曝した時の年齢、癌の種類など種々の分類に区分けしては癌死者と非癌死者との間の平均被曝線量の差を求め、その差が有意であるかを検定した。
- 癌発生は被曝量に比例して増加すると仮定し、被曝後死亡までの年数によって整理した平均集積線量を非ガン死者のそれと比較したデータを使って次式により倍加線量を癌の種類ごとに求める。

$$Y = \frac{R + S/D}{1 + R/D}$$

R: 母集団の平均線量

Y: ガン死者(部分集団)の平均線量

S: 母集団の線量の2乗の平均 ($= R^2 - V$ V: 分散)

D: 倍加線量

○ 被曝時の年齢による癌発生感度をしらべる

(3) 基礎データ (表3, 表4)

表 3

性別	死亡者 (死因及び被曝量が不明でない)					死亡者	生存者
	癌 死		非 癌 死		合計	(死因不明)	
	人数	平均被曝量	人数	平均被曝量			
男	743人	<u>2.03</u> ラド	2999人	<u>1.57</u> ラド	3742人	129人	17929人
女	89人	<u>0.89</u> ラド	202人	<u>0.50</u> ラド	291人	35人	5756人
全体	832人	<u>1.90</u> ラド	3201人	<u>1.50</u> ラド	4033人 1.59ラド	164人	23765人

(4) 主な結果

(男性の)

- ① 被曝後死亡までの潜伏期をもとにして、ガン死者と非ガン死者の外部被曝量を比較すると、図1及び表5のようにガン死者の方が多く被曝している。
- ② ICRP 14の分類による、ガンの種類別被曝量は図2のとおりで、骨髄系、肺、胃、大腸などが多い。(I及びII類系)
- ③ 表5、表6のよう甘表を、線量効果のあったと思われる個別のガンについて作成し、それをもとにして倍加線量をもとめると表7のようになる。これは、これまで考えられた値より小さい。(ICRP勧告26の倍加線量値にもとずくと743人中(男性)4.8人が放射線被曝による)

表4

Factors	Levels	Cases (Cancers)	Controls (Non-cancers)
Sex	Male	743	2999
	Female	89	202
Final age	Under 40 years	38	206
	40-49 years	96	396
	50-59 years	223	707
	60+ years	475	1892
Death year	1944-54	69	284
	1955-59	79	327
	1960-64	123	575
	1965-69	181	715
	1970-77	380	1300
Internal radiation	Not monitored	297	1283
	Monitored (negative)	215	832
	Monitored (positive)	320	1086
Exposure period	Under 2 years	280	1223
	Over 2 years	552	1978
External radiation	Under 8 centirads	256	1068
	8-31 centirads	131	592
	32-63 centirads	119	428
	64-127 centirads	123	448
	128-255 centirads	91	320
	256-511 centirads	48	147
	over 511 centirads	64	198

ガン死者とするが、
今回の倍加線量値を
用いると35人に増える。

- ④ 被曝時の年齢による
ガン誘発感度は、
30才～60才の間では
年齢とともに感受性が
高くなっている。(図5)
しかし、30才以下及び
60才以上の年齢傾向
を見るにはデータが
不足している。

- ⑤ 線量－ガン発生増の
直線性をチェックした。
(図4)

(5) 結論

ICRP 26 は、原爆生存者及び医療患者のデータにもとずいてな
されたものであるが、原子力施設労働者のデータにもとずくものとの間に
大きな差があり、後者を使用すべきだ。

表5 男性のガン死者
(ガンの種類別)
と非ガン死者の
潜伏期毎ヒバク量
の比較

Pre-death years	Expected mean doses	Actual mean doses of cancer cases ^a				All cancers
		I	II	III	IV	
29	21	52	27	31	25	28
28	22	44	30	37	26	28
27	23	49	29	23	26	28
26	26	41	32	26	27	30
25	27	26	33	26	32	31
24	30	25	30	29	28	32
23	34	34	39	31	30	35
22	37	31	44	31	34	40
21	40	39	50	30	38	43
20	44	47	55	33	40	47
19	48	59	63	38	42	54
18	51	57	68	46	46	59
17	56	83	75	52	51	67
16	61	112	85	57	55	75
15	66	140	100	63	59	83
14	71	161	105	69	61	91
13	77	179	116	76	64	100
12	84	204	125	89	66	109
11	91	235	138	93	68	119
10	98	271	150	97	71	128
9	106	313	160	102	73	137
8	114	346	173	111	75	147
7	121	365	185	121	78	158
6	129	386	198	128	80	167
5	137	374	203	137	83	175
4	143	389	214	142	86	183
3	148	403	229	143	90	190
2	152	413	234	149	92	197
1	155	414	242	153	95	202
0	157	414	244	153	96	204

^a For cancer classifications see Table V and for expected doses see non-cancers in Table VI; all radiation doses in centirads.

図1 ガン死者(全体)
と非ガン死者との
被曝量のちがい
(潜伏期ごとの)

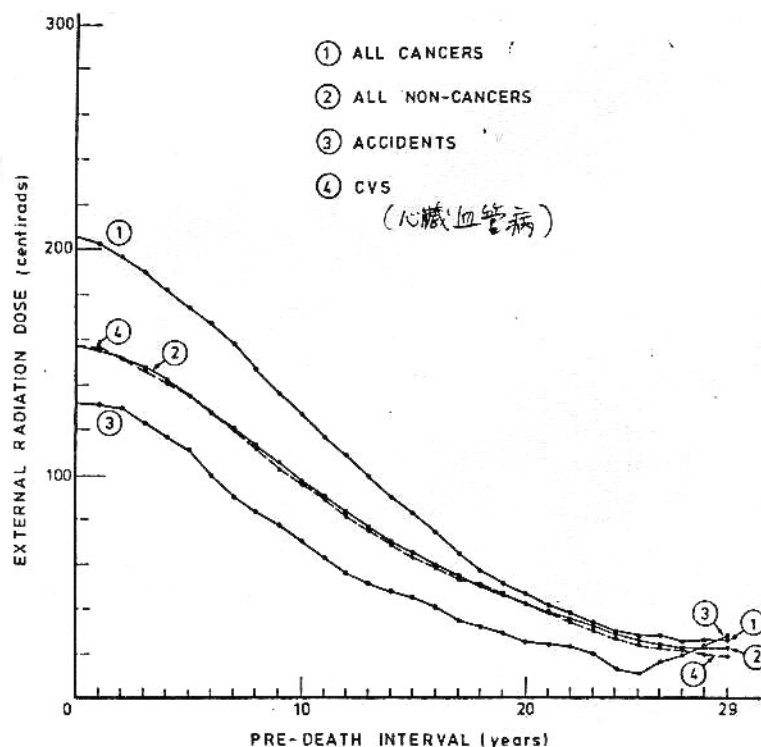


FIG. 1. Male cancer and non-cancer deaths; CMD analysis by pre-death years.

図2. ガンの種類別
被曝量の比較
(潜伏期ごとの)

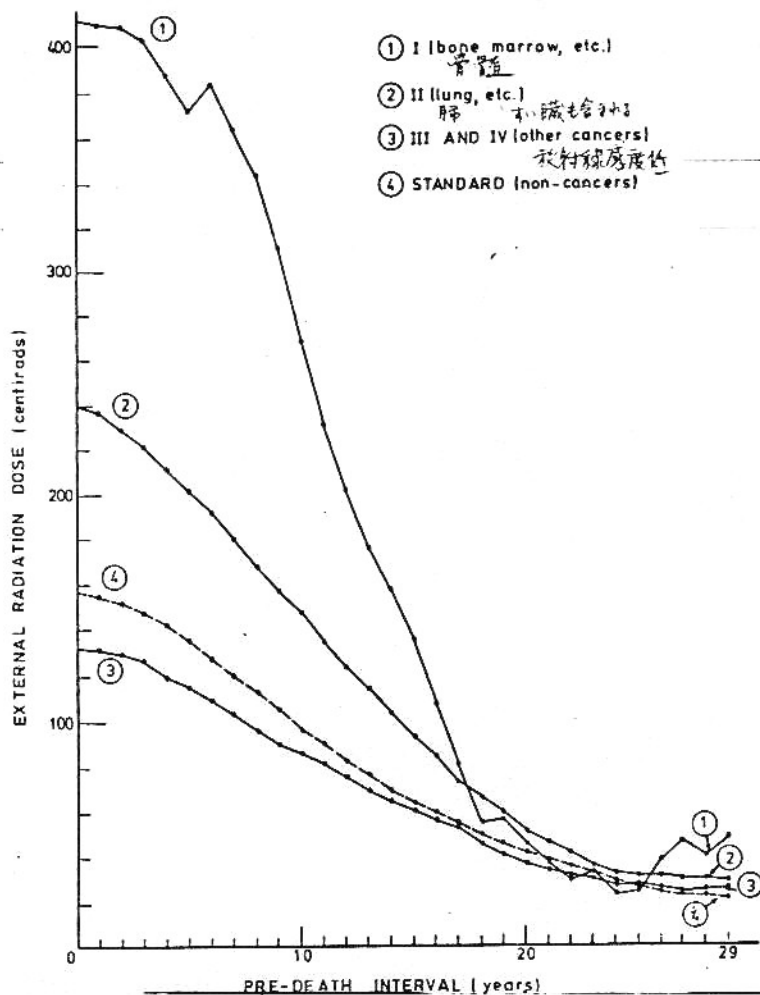


表6 男性のガン種類別被曝
量の、非ガン死者被曝量
との差のt-値

Pre-death years	t-values for the difference between observed and expected doses*				All cancers
	Ca I	Ca II	Ca III	Ca IV	
29	+1.4	+1.1	+0.5	+0.3	+1.5
28	+1.0	+1.4	0.0	+0.4	+1.5
27	+1.2	+1.3	-0.2	+0.3	+1.3
26	+0.7	+1.5	-0.2	+0.1	+1.3
25	-0.1	+1.4	-0.5	+0.6	+1.2
24	-0.3	+1.1	-0.3	-0.4	+0.5
23	0.0	+1.1	-0.3	-0.7	+0.4
22	-0.3	+1.5	-0.7	-0.5	+0.5
21	-0.1	+1.7	-0.9	-0.4	+0.7
20	+0.1	+1.8	-0.8	-0.5	+0.8
19	+0.4	+2.1	-0.7	-0.6	+1.1
18	+0.2	+2.1	-0.4	-0.6	+1.3
17	+0.8	+2.3	-0.3	-0.5	+1.6
16	+1.4	+2.5	-0.3	-0.6	+1.9
15	+1.8	+2.7	-0.2	-0.7	+2.1
14	+2.0	+2.9	-0.3	-0.8	+2.2
13	+2.1	+3.1	-0.2	-0.9	+2.3
12	+2.3	+3.0	+0.1	-1.1	+2.4
11	+2.5	+3.2	-0.0	-1.3	+2.4
10	+2.8	+3.3	-0.1	-1.4	+2.5
9	+3.2	+3.3	-0.0	-1.6	+2.4
8	+3.6	+3.6	0.0	-1.9	+2.7
7	+3.7	+3.7	+0.0	-1.9	+2.8
6	+3.6	+3.7	0.0	-2.0	+2.7
5	+3.4	+3.7	+0.0	-2.1	+2.7
4	+3.5	+3.9	+0.0	-2.3	+2.8
3	+3.5	+4.1	-0.1	-2.2	+2.9
2	+3.6	+4.4	-0.1	-2.4	+3.1
1	+3.6	+4.7	-0.1	-2.4	+3.2
0	+3.5	+4.6	-0.1	-2.4	+3.1

Because of the skewness of the dose distribution normal approximations to one-sided significance levels for t-values only apply if the number (n) in Table VI exceeds the given value; thus:

n > 20 and t > 1.7 means p < 0.05
n > 50 and t > 2.3 means p < 0.01
n > 200 and t > 3.0 means p < 0.001

表7. 男性についての
各ガンの倍加線量
(女性については
全ガンのみ)

Sex	Cancers	Cases	Doubling dose in rads ^a			Pre-death years ^b	
			Estimate	95% Confidence limits		Exceptional ones	Maximum r-value
Males	Myeloma and myeloid leukaemia	25	3.6	1.7 10.3		15-0	3.7*
	Lymphoma and reticulum cell sarcoma	40	-	- -		-	0.7
	Lung cancer	215	13.7	7.3 28.7		20-0	3.7*
	Pancreas, stomach and large intestine	165	15.6	7.3 55.0		8-0	2.7*
	All high sensitivity groups (I and II)	456 ^c	13.9	8.4 21.2		21-0	5.3*
	Other cancers (III and IV)	287	-	- -		-	0.6
	All cancers	743	33.7	15.3 79.7		16-0	3.2*
Females	All cancers	89	8.7	2.6 ∞		4-0	1.9*

- ^a Assuming a linear model (see Ref. [1]).
- ^b Exceptional years when the total radiation dose was significantly higher than the corresponding dose for non-cancer deaths.
- ^c Including cancers of thyroid and pharynx (see Table V).
- * See Table IV.

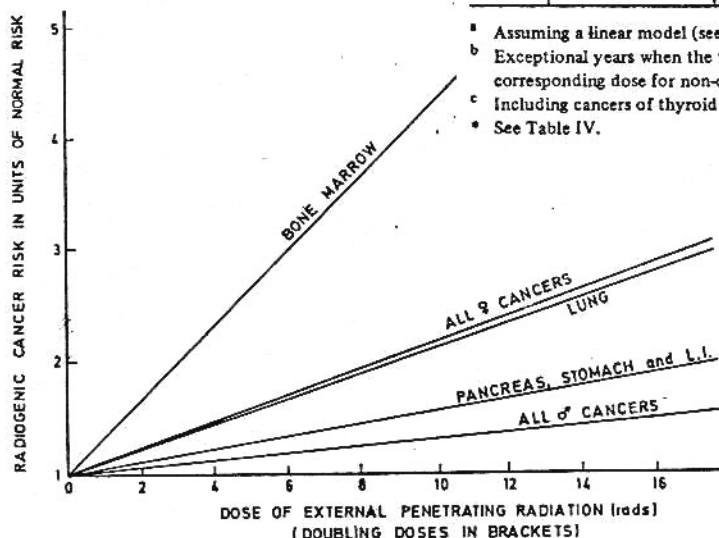


図3 外部被曝量とガン発生率
増加との関係

Projection lines for various forms of radiation-induced cancers.

図4. 被曝量とガン発生率増
加との直線関係の
チェック

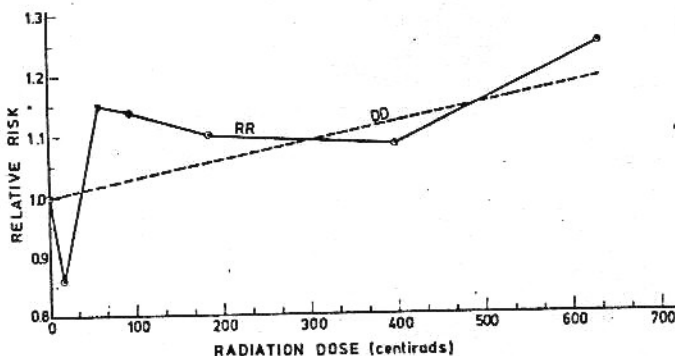


FIG. 7. Male cancers; Doubling-Doses (DD) and Relative Risk Estimates (RR) from the Mantel-Haenszel analysis.

図5. 被曝時年齢と
がん誘発感度の
変化 (男性)

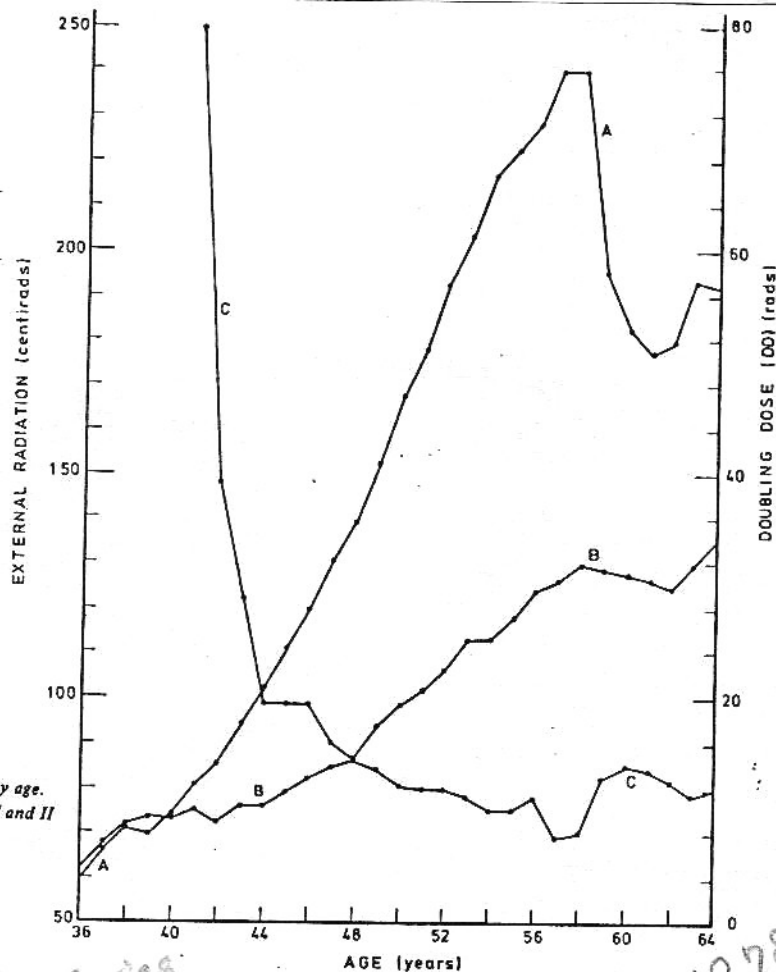


FIG. 5. Male cancers in Groups I and II; CMD analysis by age.
A. Mean cumulative radiation doses for Cancer Groups I and II
B. Ditto Non-cancers
C. Doubling Dose (DD) for Cancer Groups I and II

IAEA Symposium Series
In late Biological Effects of
Ionizing Radiation (1978)
Vol. 2 P387

IAEA-SM-224/509

IAEA-SM-224/510
Re-Analysis of data
Relating to the Hanford
Study of the Cancer
Risks of Radiation
Workers

G.W. Kneale,
A.M. Stewart
T.P. Mancuso

~~Risk Analysis~~
Cancer Mortality in
Hanford Workers
S. Marks, E.S. Gilbert
B.D. Breitenstein