OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	X線並びにγ線の生物学的効果比について(S.M系及びd.d.N系マウスの放射線感受性の差による検討)
Author(s)	渡辺, 哲敏
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1959, 19(3), p. 461-476
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19495
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

X線並びにγ線の生物学的効果比について

(S.M系及びd.d.N系マウスの放射線感受性の差による検討)

東京大学医学部放射線医学教室(主任　宮川正教授)

渡辺　哲敏

(昭和34年2月10日受付)

I 緒　言

放射線の種類と利用が比較的狭い範囲に限られていた時代と違つて現在の様に高圧技術の進歩による超高圧X線，原子核エネルギーの副産物としての人工放射性同位元素の利用，核分裂の実際的応用，更に原子力利用等に伴う放射線により我々がたずさわる放射線の種類が増加し又各種放射線のエネルギーも広範囲に汎つてきた．今日これらの放射線を直接，間接に取扱う職場が非常に拡大されつつあり，特に医学の面においては放射線は以前から悪性腫瘍の治療及び診断に大きな役割を演じてきたが，今日では従来のX線，Radiumに加えて超高圧X線，本邦ではこれに準ずるものとして Co^{60}-γ 線の利用及び Cs^{137}, Ta^{182}, Sr^{90}, Y^{90}, Au^{198}, Ir^{192}, I^{131}, P^{32}, Na^{24}, Ga^{72}, Mn^{52}, As^{74} 等の人工放射性同位元素が用いられている．更に将来わが国においても中性子捕捉療法，陽子線療法並びに各種タイプの放射線による診断の研究が期待される．従つてこれら放射線による人体障害の危険は僅かな科学者や医師に限られていた昔と異なり，今日では我々の日常生活面に非常に密接な関係をもつ様になつた．従つてこれら放射線による生物学的障害を正しく評価する事は極めて重要な事である．この場合数多い放射線を生物面から同一の単位，即ち生物学的障害を対照とした単位で表現する必要が生じてくる．しかし従来は放射線量はイオン対の測定に基づいたレントゲン(r)単位を基準としてきたが，之れは空中線量であり，生物体を対照とする場合当然吸収されたエネルギーを問題とするべきで，1953年に吸収線量の単位として物質1gramあたり100ergsのエネルギーを授与する様な放射線量を1radと定義した．即ちradは放射線の型，エネルギーならびに被射体の種類に無関係の単位である．この様に放射線量は主に物理学的立場から検討，改正されて来たが，生物学的変化を対照とする場合，照射された放射線の種類が異なると假令吸収されたエネルギーが同一であつても生物学的効果が異なるので，ここで1rのX線やγ線を吸収したと同じ生物学的障害を人体に及ぼす様な放射線の量，即ち人体レントゲン当量(rem)－roentgen equivalent of manと云う単位が考え出された．従つて生物学的に測定されたradからremを算出するためにはある係数，即ちその放射線の生物学的な効果比(relative biological effectiveness＝R.B.E.)を乗ずる必要がある．この係数はいくつかの因子によつて変動するものであろうがremを計算するにはどうしても設定しなければならぬものである．即ち放射線による生物学的作用と，その部位に吸収された線量との割合を示すものである．従つて放射線による生物学的障害を正しく評價する場合にR.B.Eを正確に知る事は重要な事である．併しR.B.Eを正確に求める事は実際には非常に困難な事で実験者によりかなり相違し今後更らに検討される可き多くの問題を含んでいる．R.B.Eの決定にはまづ基準となる可き放射線がきめられていなくてはならないが，R.B.Eは相対的なものであるから，何を基準としても差支えないわけであるが，実際には200～250

KVp のX線を基準とする場合が多いが，X線の電圧を一定に保つ事が困難で多少の電圧変動は避けられないので Co^{60}-γ 線を基準とする場合もある．R.B.Eの決定において先づ問題となるのは，対照となる生物の選定である．勿論人間を用いる事は困難であるから他の哺乳動物を用いた実験成績から推算しなければならぬ事が多い．しかも実験成績に統計学的意義をもたせるためには多数の動物を必要とする．従つて飼育面での制約から小動物を使用する（物理的条件にもよるが）事になる．しかも動物はその系統，性，年令，或は又体重の相違に基づく生物学的効果の変動が考えられるので，動物は純系，同一年令，同性，同体重の動物を選定し，一定[2)15)16)]の生物学的条件の下に飼育管理を行い，その生物について対照とする生物現象の中で，変動の少ない正確度の高い現象を生物学的効果[23)]の目標として，R.B.E の算定が行われなければならない．次いで物理学的因子としては次の事が考えられる．即ち全吸収線量吸収線量の分布，放線射の種類，[3)4)5)23)]L.E.T (Linear Energy Transfer)．線量率などが考えられる．これらの物理的因子の中で，L.E.T 即ち放射線の飛跡の単位長あたりのエネルギーの消費が R.B.E に重要な関係をもつている．が R.B.E には当然複雑な生物学的因子が加わるから，たとえ L.E.T が正確に求められても，R.B.E は確定しない．かかる見解からすれば，R.B.E は放射線の種類に依存される一方対象とする生体の種類（組織の種類も含む）によつても，多少変化することが考えられる．以上のべた様に R.B.E を単純に求める事は多くの困難があり，その方法もまだ完全なものではない．放射線医学の立場から特に臨床面においては悪性腫瘍と正常組織の R.B.E が線質によつて異なる可能性があるか否かが問題になる．かかる意味から悪性腫瘍の治療面において現在我国で最も利用されている 200KVp のX線及び超高圧X線に準ずるものとしての Co^{60} -γ 線を使用し生物学的反応として致死効果及び体重減少の面からの観察を行い，併せて近時問題となりつつある使用動物の系統性差による放射線感受性の差の有無について検討を加えた．

II 研究方法

1. 使用動物（表1）

実験動物中央研究所より購入した S.M 系 d.d. N系マウスを使用した．飼育は縦18cm，横16，高さ20cmの金網製の飼育箱に各雌雄別に1箱4～5匹宛を入れたが，他のものに噛みつき又危害を加えるものは之れを1匹宛隔離し，各動物は平等に食餌をとり得る様に注意すると共に噛傷に起因し易い細菌感染による死亡を照射による死亡に加える危険をさけた．室温は大体20°C，飼育室，箱の清掃に注意し飼育箱内の飼料の残渣の湿気による分解及び尿分解物のマウスに及ぼす影響をさける様にした．飼料は実中研の固型飼料ＣＥ－２型を使用した．水は給水瓶から自由に与えた．実験開始前2週間の観察期間をおき出来得る限り健康と考えられるもののみを使用した．対照群と照射群の撰別は任意にマウスを摑み出して区分した．尚全例共に照射時年令は生後6週（1～2日の変動）であつた．実験に供したマウスの分類は第1表に示す．

2. 照射方法

（i）X線照射

厚さ2㎜の紙製，高さ 2.5cm，直径20cmの箱の中心より放射状に走る12の隔壁をつけ，蓋は透明セルロイドとし，箱には多数の換気孔をあけて照射中マウスは充分呼吸の出来る様にした．

この箱を厚さ2cm，巾5cmの板で行つた高さ110cm，縦横各60cmのヤグラの上面中央に紐で固定し脊後散乱線の影響をさける様にした．

照射条件

東芝製 K.X.C. 18型，200Kvp，25mA，フィルター 1.0mmCu＋ 0.5mmAl. 半價層1.73mm Cu. 線量率62r/min. 焦点動物間距離50cm，照射線量 400r，600r，800r（便宜上空中線量を基準とした）．照射線量の決定[2)]はX線の場合電源電圧の変動による出力の変動が相当大きく，正確な生物学的効果を対照とする場合照射線は線量率と曝射時間との計算からでは望ましくないので，Siemens の Universal 線量計を用い，照射箱の隔

Table I. Materials

I. X-ray irradiated groups.

Strain Sex	Dose	No, of animals	Dose	No, of animls	Dose	No, of animals	controls
S.M. Female	400r	39	600r	30	800r	10	10
S.M. Male	400r	30	600r	30	800r	10	10
d.d.N. Female	400r	30	600r	35	800r	15	9
d.d·N. Male	400r	30	600r	30	800r	15	10
total		129		125		50	39

2. Co^{60}-γ ray irradiated groups.

S.M. Female	500r	12	600r	12	700r	12	800r	12	controls	9
S.M. Male	500r	12	600r	12	700r	12	800r	12	〃	9
d.d.N. Female	500r	12	600r	12	700r	12	800r	12	〃	8
d.d.d.N. Male	500r	12	600r	12	700r	12	800r	12	〃	8
total		48		48		48		48	〃	34

第2表 X線全身照射後の実験成績の反復，再現のための必要条件

1. 物理的条件
   （1）電源電圧の安定化
   （2）線量決定の恒常化
   （3）照射野の一定化
   （4）散乱線の一定化
2. 生物的条件
   1. （イ）最低2週間の照射前隔離
      （ロ）体重の調整
   2. 個別飼育
   3. 照射野の注意事項
      （イ）1週1回飼育箱の変換
      （ロ）空気汚染の最少化
      （ハ）室温の調整

壁の1つに電離槽を入れ，積算線量計装置で照射線量の決定を行つた．

（ii）Co^{60} γ 線照射

厚さ2㎜の厚紙で高さ 2.5cm，縦14cm，横8cmの多数の換気孔をもつ箱を使用した．この範囲内の線量分布は Universal dosemeter で変動は±0.5%以内であつた．使用装置，東芝製 107型 Co^{60} 大量遠隔照射装置 996curies unit（癌研放射線科）線量率66r/min. 絞り 4.9× 6.4cm^2. 線量測定には電離槽に厚さ 0.5の Paraffin cap を蔽い使用した．

射線量： 500r, 600r, 700r, 800r（空線量）．

即ちX線 Co^{60} γ 線照射は略ゝ同様の条件下[2)6)9)12)]で実験を行つた．

実験成績の反復性を得るための所謂生物学，物理学的必須条件[2)]として第2表に示す条件に出来る限り副ふ様に実験及び飼育を行つた．

III 実験成績及び考按

（A）致死効果よりの観察（第3表）

第3表に示す各項については検討は既に前報[17)8)]に述べたがX線，Co^{60} γ 線両照射群について比較を行つて見ると，第一死亡例を見る迄の期間は明らかに Co^{60} γ の方がX線照射群よりも長い期間を示した．♂♀間では両照射群共に大体♀の方が♂よりも遅れて第一死亡例を見ている．たゞX線 400r 照射群 d.d.N 系，Co^{60} γ線 700r 照射群 d.d.N 系では♂の方が♀よりも遅れて第一死亡例を見た．死亡は照射後大体2週間以内に始まるのでこの期間に非照射理由による死亡を来す事を厳重にさけるべきであろう，最高匹数死亡日数は大体両照射群共に♀の方が遅く系統間では S.M. 系の方が遅れて最高匹数死亡日に到達した．この期間は死亡持続期間の前半に相当するものである．最高匹数死亡日の死亡率は両照射群共に最終死亡率の1/4程度であつて Yates の補正法により系統性に基く推計学的有意差は認められなかつた．第一死亡日との間の期間差は両照射群共に♀の方が短く，系統間では一定した規則は認められなかつた．死亡持続期間も同様に両照射群共に♀の方が♂よりも長く期間は大体2～3週間であり，最終死亡日も両照射群共に♀の方が遅れて最終死亡日に到達している．照射後30日間の観察期間の最終

Table 3

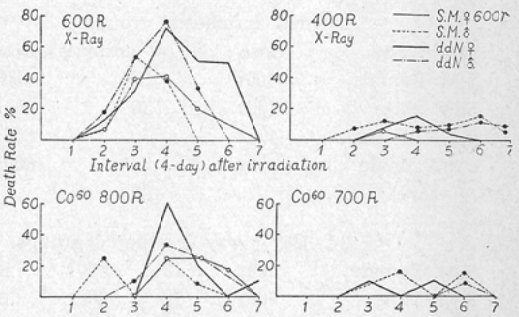
放射ノ種類	線量（r）	性別	第1例死亡日（日）		最高匹数死亡の日（日）		第1例死亡例7日と最高匹数死亡日との差（日）		死亡の持続期間（日）		最終死亡日（日）		最高匹数死亡日と最終死亡日の差（日）		50%死亡日（日）		最終死亡率（%）	
Type. of. rad.	Dose	Sex	S	d	S	d	S	d	S	d	S	d	S	d	S	d	S	d
X-ray	400r	F	15	11	15, 19,	11, 15,	0～4	4	15	18	29	28					6.8%	26.4%
	400r	M	6	15	22	15, 23,	16	3	20	15	25	29	3				46.2%	33.0%
X-ray	600r	F	7	5	10, 11,	10, 12,	4	6	16	16	22	20	12	9	12	11	75.9%	96.0%
	600r	M	6	4	9	10,	3	6	8	14	13	17	4	7	11	10	74.8%	92.4%
Co^{60}	700r	F	21	11					10	20	30	29					25.0%	9.1%
	700r	M	10	23	15		7		6	1	15	23					25.0%	16.7%
X-ray	800r	F	1	1	2	3	1	2	5	5	6	6	4	3	2	3	100 %	100 %
	800r	M	1	1	4	3	3	2	6	5	7	6	3	3	4	3	100 %	100 %
Co^{60}	800r	F	13	13	19	16	6	3	15	13	27	26	8	9	21	15	69.3%	91.6%
	800r	M	5	10	19	14	8	4	16	12	20	21	7	7	23	14	77.8%	88.9%

c.f. S. ……S.M. strain mice　F……Female　d……d.d.N. strain mice　M. Male

Co^{60}　500r …all mice survived during for 30 days.　Co^{60}　600r …S.M. strain mice Mortality (0%)

d.d.N. strain mice Mortality F. (9.0%)　M. (16.7%)

図1．死亡の時間的分布



以下（ ）内の数字は probit 法による実験式より算出した値である

Table 4．LD50/30 Value.

Strain	Sex	X-ray	Co^{60} gamma ray
S.M.	Female	(527r)	(704r)
S.M.	Male	(423r)	(745r)
d.d.N.	Female	(454r)	(731r)
d.d.N.	Male	(459r)	(753r)

Ratio of the LD50/30 Values.

	X-ray	Co^{60} gamma ray
S.M. Female/S.M. Male	(1.25)	(0.95)
S.M. Female/d.d.N. Female	(1.16)	(0.96)
S.M. Female/d.d.N. Male	(1.15)	(0.94)
S.M. Male/d.d.N. Female	(0.95)	(1.02)
S.M. Male/d.d.N. Male	(0.92)	(0.99)
d.d.N. Female/d.d.N. Male	(0.97)	(0.97)

死亡率においてX線 600r 照射群[17]の d.d.N が S.M 系よりも死亡率が高く（危険率$\alpha=0.05$），400r照射群の S.M 系の♂♀間において♂の死亡率が♀よりも高く（$\alpha=0.05$），即ち系統性の相違による死亡率の相違を推計学的に認め得た．併し Co^{60} γ 線照射群ではかかる系統性の相違により死亡率の推計学的有意差を認め得なかつた．又死亡の時間的分布[10]について，各系統性別，線量別群の死亡率の分布を知るために照射後の 28 日間を夫々 4 日間宛の 7 つの期間に分けた．即ち 0～3，4～7，8～11，12～15，16～19，20～23，24～28の 7 期間である．各期間の死亡率はその期間（4 日間）に死亡したマウスの数を，その期間の始まる日に生存していたマウスの数で除した%で表わしたもので，この値を縦軸に，照射後の各期間を横軸にとつて死亡の時間的分布を分析したもので，H.I. Kohn[10]等が A/He, C_3H, BALB/C, $C_{57}BL$, CAF_1, ACF_1 系のマウスについて分析し

Table 5. LD50/30 values for mice whole body irradiation.

Strain.	Sex.	Radiation.	KV.	Dose RateL	D50/30	Reference
BALB/C	either male or female	X-ray	250KVp	35r/min	544r	10
C57BL	either male or female	X-ray	250KVp	35r/min	618r	10
A/He	either male or female	X-ray	250KVp	35r/min	632r	10
C3H	either male or female	X-ray	250KVp	35r/min	665r	10
CAF′	either male or female	X-ray	250KVp	35r/min	656r	10
ACF′	either male or female	X-ray	250KVp	35r/min	659r	10
RF	female	X-ray	250KVp	79.8r/min	528rep	3
BAF′	either male or female	X-ray	250KVp	9.5r to 10.5r/min	634r	20
BAF′	either male or female	X-ray	135KVp	9.5 to 10.5r/min	663r	20
BAF′	either male or female	X-ray	80KVp	9.5 to 10.5r/min	816r	20
Mongrel	either male or female	X-ray	150KVp	16.1r/min	532r	19
S.A.	either male or female	X-ray	150KVp	16.1r/min	593r	19
CF#1	femle	X-ray	250KVp	50r/min	560r	12
CF#1	female	X-ray	250KVp	7.9rad/min	501rads	23
CF#1	female	X-ray	250KVp	7.9rad/min	558rads	23
	female	X-ray	150KVp	120r/min	445r	15
	male	X-ray	150KVp	120r/min	225r	15
NMRI	female	X-ray	2000KVp	15r/min at	770r	8
NMRI	male	X-ray	2000KVp	15r/min > 2 meter	720r	8
RF	female	Co^{60}		62r/min	730rep	19
Mongrel	either male or female	Co^{60}		3.3r/min	765r	19
S.A.	either male or female	Co^{60}		3.3r/min	800r	3
CF#1	femal	Co^{60}		42.1r/min	772r	12
CF#1	femal	Co^{60}		15 r/min	785r	12
CF#1	femal	Co^{60}		4 r/min	800r	12
CF#1	femal	Co^{60}		1.5r/min	1010r	12
CF#1	femal	Co^{60}		0.6r/min	6081r	12
CF#1	femal	Co^{60}		7.5rads/min	671rads	23
CF#1	female	Co^{60}		7.5rads/min	720rads	23

た所 C_{57}BL 系のみに2峰性の死亡率のピークを見ているが，本実験では図1の如くX線[17] 照射 400r d.d.N系 Co^{60} γ 線照射 800r S.M 系♂，700r. d.d.N系♀において2峰性のピークを見た．

従つてこのことは系統に特有の性質ではなく，線質及び線量によつて変化するものであろう．本実験より得た $LD^{50}/_{30}$ 値は第4表に示す通りである．S.M 系♀X線照射群の 527rと云う値は第5表に示された各実験者の $LD^{50}/_{30}$ 値に比べるとBALB/C[10] 系，R.F[3] 系♀，CF#1[21)23)]系，Mongrel[19] 系と似た範囲の値であるが，S.M系♂，d.d.N系♂♀は各系統に比べて低い値を示した．

即ち S.M系 d.d.N 系は系統として $LD^{50}/_{30}$ 値は低い系統のものである．各実験者との照射条件の相違について考えると，電圧の相違による $LD^{50}/_{30}$ 値の変動については D.Grahm[20] の報告によれば BAF_1 系マウスでは電圧の増加により $LD^{50}/_{30}$ 値の減少を認め，又 J.L. Tullis[1]等は豚を使用して，1000KVp. 2000KVp のX線照射を行い同様の実事を認めている．線量率の相違[3)4)]はX線γ線による $LD^{50}/_{30}$ 値に対しては Zirkel et al, Evans, Clark et al の報告によればさほど重大な相違はないとされている．又 T.F. Thomson[12] によればCF# 1系マウスで線量率42r/min ～3 r/min の間では Co^{60} γ 照射の際の $LD^{50}/_{30}$ 値は比較的に線量率の大小には左右されなかつたと報告されている．本実験での線量率はX線62r/min, Co^{60} γ 線66r/min であつた．Co^{60} γ 線照射の S.M 系 d.d.N 系の $LD^{50}/_{30}$ 値は 753r～ 704rで，X線照射群の $LD^{50}/_{30}$ 値に見られた様な系統

性別による大きな相違は見られなかつた．又この Co^{60} γ 線照射 d.d.N 系 S.M 系の $LD^{50}/_{30}$ 値は各実験者の値とほゞ同範囲の値を示した．（表5）．$LD^{50}/_{30}$ 値の♂♀間の相違については多くの報告[8)10)13)14)21)22)]が見られる．即ちH.L. Abrans によれば C_{57}BL. マウスでは♂♀間の放射線感受性の差の存在を否定し，H.M. Pattは性による感受性は殆どないが♀は僅かに♂よりも抵抗性があると報告している．M.C. Reinhard は aha, Marsh, C_{57}BL, C_3H マウスでは $LD^{50}/_{30}$ 値に差はないと報告しているが，之れと反対に H.I. Kohn 等は A/He, C_3H, BALB/C, C_{57}BL, CAF, ACF 系マウスを用いての実験では♀の $LD^{50}/_{30}$ 値は♂よりも4％を超えない範囲で高く，W.H. Chapmann はNMRI系マウスでは♀は7％，R. Rough. H. Clugston は CF#1系マウスでは♀は♂よりも8％高い $LD^{50}/_{30}$ 値を示したと報告している．反之 H. Langendorff[15)] と R. Koch はマウスにおいて両性の放射線感受性の明らかな性差（♂ 225r, ♀ 450r)認め，その本質的な原因としては生殖腺ホルモンの相違をあげている．本実験では第4表に示した様に S.M 系♀ 527r. S.M系♂ 423r 即ち♀は♂よりも25％の高率で高かつた．

併し Co^{60} γ線照射群ではSM系の♂♀間に5％，d.d.N 系では♂が♀よりも3％高い値を示したが $LD^{50}/_{24}$ 値では♀の方が♂よりも2％高い値を示した．従つて線量によつて♂♀の反応が異なる印象を受けた．系統間の相違については Grahn 等は BALB/C系 R.F 系マウスは C_{57}BL, A/He, C_3H, CAF_1 ACF_1 系マウスに比べて低い $LD^{50}/_{30}$ 値（26～12％）を示したと報告しているが，本実験でのX線照射群では d.d.N 系の♂♀は S.M 系♀にくらべて16％低い値を示し，S.M 系♂は d.d.N系♂♀よりも5～8％低い値を示した．即ちX線照射群では $LD^{50}/_{30}$値において S.M 系 d.d.N 系♂♀差による相違を認めた．併し Co^{60} γ線照射群では S.M 系 d.d.N 系の♀の間に4％，又 d.d.N 系の♂♀間には3％の相違を認めたのみであつた．既述した様にS.M 系d.d.N系マウスのX線照射による $LD^{50}/_{30}$ 値は各実験者の値よりも低く，反之 Co^{60} γ線照射群の $LD^{50}/_{30}$ 値は各実験者の値と同一範囲内の値をを示した．従つて R.B.E を求めれば，SM系♀のR.B.Eはほゞこれ迄の各実験者の報告（表6）の範囲[3)10)19)23)]（0.73～0.70）－（報告者は Co^{60} γ 線を基準にしているがX線を基準とした値（逆数）に訂正した）内にあるが，S.M 系♂ d.d.N 系マウスではこれより低い R.B.E 値を示した．

表6．文献によるRBEの考察

RF系♀	0.72	文献（3）		
SA系	0.74	（19）	本実験のRBE	
Mongrel 系	0.70	（19）	R.B.E.	
CF#1系♀	0.73	（23）	S.M. female	（0.75）
	0.77	（10）	S.M. male	（0.57）
	0.71	RH. Synder	d.d.N. female	（0.61）
			d.d.N. male	（0.61）

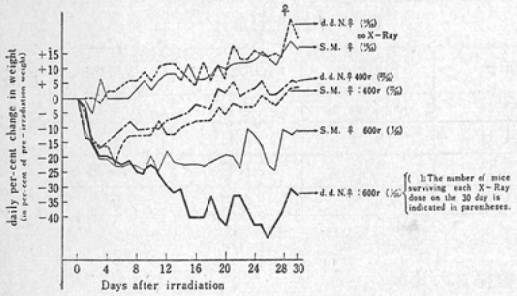
表7 各照射群の照射前の平均体重X一線照射群．

系統	性	照射側量	平均体重
S.M系	♀	600r	19.9(gr)
S.M系	♀	400r	18.5
S.M系	♂	600r	20.6
S.M系	♂	400r	20.0
d.d.N系	♀	600r	21.0
d.d.N系	♀	400r	19.9
d.d.N系	♂	600r	20.6
d.d.N系	♂	400r	21.3

Co^{60} γ線照射群

系統	性	照射線量	平均体重
S.M系	♀	500r	20.6(gr)
S.M系	♂	500r	22.6
d.d.N系	♀	500r	21.6
d.d.N系	♂	500r	23.8
S.M系	♀	600r	21.2
S.M系	♂	600r	22.3
d.d.N系	♀	600r	21.3
d.d.N系	♂	600r	22.5
S.M系	♀	700r	20.5
S.M系	♂	700r	22.2
d.d.N系	♀	700r	18.8
d.d.N系	♂	700r	22.5
S.M系	♀	800r	21.0
S.M系	♂	800r	21.4
d.d.N系	♀	800r	18.5
d.d.N系	♂	800r	22.0

図2．　X線照射群各群の平均体重曲線



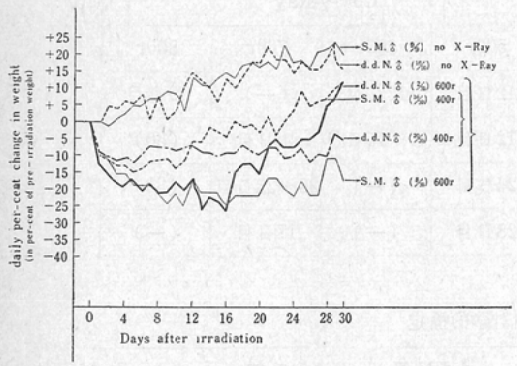
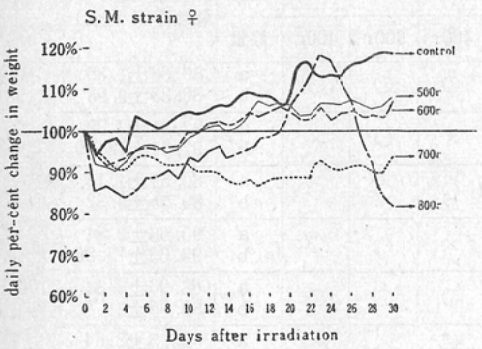
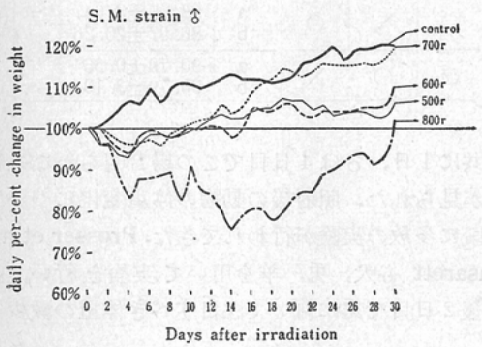
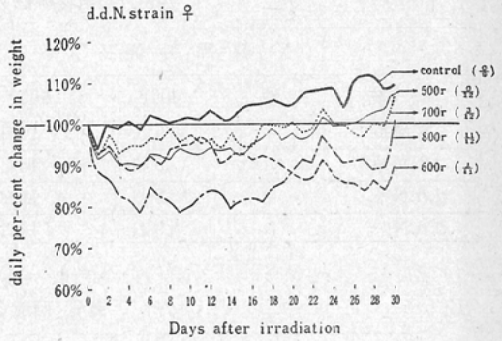
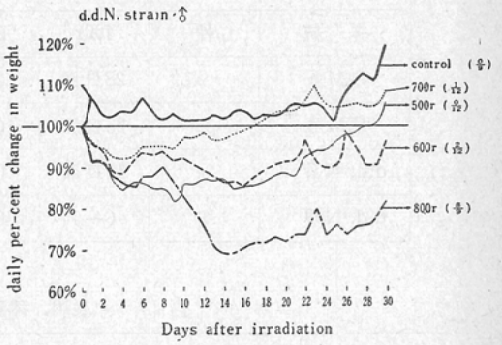


図3．Co^{60}-γ 線照射群―各群の平均体重曲線









（B）体重変化よりの観察

体重減少は急性放射線症状の続発症の1つとして長い間認められてきたことである．本実験はX線，Co^{60} γ 線全身一時照射の条件で使用動物の系統性別と照射線量とが体重の変化といかなる関係をもつかを分析した．使用動物は第7表に示す通りである．

体重は対照群，照射群共に照射前日の体重を各群の基本体重とし，毎日 0.1gr 迄測定し，体重変化の百分率は次式によつて計算した．

$$\frac{\text{照射後観察期間中の毎日の生存例の平均体重}}{\text{照射前の平均}} \times 100\ (\%)$$

実験結果（図2，3）

縦軸に体重の日別変化の百分率，横軸に照射後の日数をとり体重の変化を示した．

研究成績

照射後の体重は減少の傾向を示し，ある期間後に減少傾向を脱し，体重増加の傾向に移行し始める．今最も体重が減少した日について両照射群を比較すると，表8 の如くであつた．即ちX線群

表8．照射後各群の最低体重を示すまでの日数

X 線 照 射 群				Co^{60}-γ 線照射群			
系 統	性	400r	600r	500r	600r	700r	800r
S.M系	♀	5 日	11日	3 日	2 日	3 日	4 日
S.M系	♂	5 日	16日	4 日	4 日	7 日	4 日
d.d.N系	♀	3 日	11日	1 日	1 日	1 日	5 日
d.d.N系	♂	5 日	16日	4 日	4 日	4 日	5 日

表9 照射前体重への復帰日の比較

X-Ray				Co^{60}-γ-Ray			
系 統	性	400r	600r	500r	600r	700r	800r
S.M系	♀	28日目	(—)	12日目	12日目	(—)	19日目
S.M系	♂	23日目	(—)	12日目	10～15日目	10日目	(30)
d.d. N系	♀	19日目	(—)	24日目	(—)	20～23日目	(30)
d.d. N系	♂	(—)	(—)	28日目	(—)	17日目	(—)

表10．体重減少の推計学的検定

X線照射群 m_1. m_2 は平均 ○……$m_1=m_2$ ×……$m_1 \neq m_2$			S M系				d.d.N 系				系統	a＝信頼限界 b＝棄却限界 危険率（5％）	
			♀		♂		♀		♂		性別		
			600r	400r	600r	400r	600r	400r	600r	400r	線量		
S M系	♀	600r	＼	○	×	○	○	○	○	○	a	80.33±1.89	（照射前体重を100％とする）
											b	80.33±9.93	
	♀	400r	○	＼	○	○	○	×	○	×	a	92.21±2.39	
											b	92.21±12.29	
	♂	600r	×	○	＼	○	○	○	○	○	a	80.55±1.13	
											b	80.55±9.32	
	♂	400r	○	○	○	＼	○	×	○	○	a	96.66±2.84	
											b	96.66±15.86	
d.d.N系	♀	600r	○	○	○	○	＼	○	○	○	a	68.96±3.84	
											b	68.96±21.35	
	♀	400r	○	×	○	×	○	＼	○	○	a	95.5±2.64	
											b	95.5±14.80	
	♂	600r	○	○	○	○	○	○	＼	○	a	86.97±3.64	
											b	86.97±20.26	
	♂	400r	○	×	○	○	○	○	○	＼	a	90.79±0.56	
											b	90.79±3.10	

400r 照射群では系統性別とは無関係に5日目で600r群では♀は11日，♂は16日目で，系統には無関係であった．Co^{60} γ線照射群ではいづれも，3～5日目で照射線量による日数の変動は殆ど見られなかつたが，d.d.N 系の♀♂間には♀は各線量群共に1日，♂は4日目でこの場合明らかな系統差が見られた．照射後の動物の体重変化については既に多数の実験が行われてきた．Prosser et al, Casarett も犬，兎，羊を用いて実験を行い，照射後2日目で兎において注目すべき体重の減少を

表11. Co^{60}-γ 線全身1回照射後の30日間生存例の平均体重（照射前体重を 100%）とする

Total	X	S	S^2	u^2	weight	
					棄却限界	信頼限界
Female						
S.M. 800r 2882.1	96.7	311.54	10.38	10.74	96.71±9.19	96.7±1.22
S.M. 700r 2717.8	90.6	194.35	6.48	6.70	90.6±7.25	90.6±2.78
S.M. 600r 3022.8	100.78	555.6	18.5	19.16	100.7±12.3	100.7±1.63
S.M. 500r 3040.1	101.33	917.6	30.59	31.6	101.3±11.1	101.3±2.1
Male						
S.M. 800r 2621.6	87.4	1101.06	37.7	37.94	87.4±16.7	87.4±2.25
S.M. 700r 3111.4	103.0	1752.44	58.41	60.43	107.0±21.8	107.0±2.9
S.M. 600r 3051.5	101.7	414.99	13.81	14.2	101.7±3.5	101.7±1.41
S.M. 500r 3084.4	102.8	473.32	15.78	16.28	102.8±11.3	102.8±1.51
Female						
ddN. 800r 2584.8	85.6	670.71	22.36	23.13	85.6±13.45	84.6±1.83
d.d.N. 700r 2928.1	97.6	252.58	8.42	8.71	97.6±8.1	97.6±1.1
d.d.N. 600r 2711.3	90.4	344.83	11.5	11.9	90.4±9.5	90.4±1.29
d.d.N. 500r 2885.0	96.1	595.81	19.86	20.5	96.2±12.75	96.2±1.69
Male						
d.d.N. 800r 2362.5	78.8	1451.05	48.37	50.03	78.8±19.8	78.8±2.64
d.d.N. 700r 3006.4	100.2	756.58	25.22	26.1	100.2±4.56	100.2±1.9
d.d.N. 600r 2733.1	91.1	309.58	10.23	10.67	91.1±9.15	91.1±1.22
d.d.N. 500r 2690.1	89.7	1036.48	34.55	35.95	89.6±16.8	89.6±2.23

Control groups

Female S.M.	3228.1	107.6	1430.07	47.67	49.3	107.6± 18.65	107.6±2.62
Male S.M.	3361.2	112.0	848.65	28.27	2.924	112.0± 15.2	112.0±2.02
Female d.d.N.	3112.6	103.8	505.66	16.86	17.53	103.8± 11.73	103.8±1.55
Male d.d.N.	3018.3	104.1	259.08	8.63	8.93	104.1± 8.4	104.1±1.11

認め，兎と羊の体重減少は同時に始まり，犬は僅かにこれより早く減少をきたしたといわれる．Smith et al は兎，モルモットで体重減少は兎が最も大きく，モルモットは最も少なかつたと報告している．体重変化とX線線量との間の相関関係について Ellinger et al, Nims[7], Sutton らの報告がある．W.H. Chapmann[8] によればNMRI系♂マウス，生後60～80日，体重20～27grのもので，体重減少から上昇に向う線量はX線で 700r であり，$LD^{50}/_{30}$ 値に非常に接近した値であるが，本実験の 400r（S.M.♂）は S.M 系♂の $LD^{50}/_{30}$ 値より6%低い値であつた．S.M 系♂の5日以後の体重増加傾向は対照射群と同様の傾向を示したが d.d.N 系♂では照射後5日目以後 の体重上昇傾向は少なく基線と平行であつた．♀では両系統共に照射後3～5日後において照対群と同様又はそれ以上の体重増加傾向を示したが，このことは W.H. Chapmann もNMRI系マウスで経験している．600r照射群では両系統共♀は10日目，♂では16日目まで体重減少傾向は殆んど一致し♀♂間の体重差は 400r 群よりも少なかつた．

最高体重減少率はX線照射群では 400r 群では♂が♀よりも減少が少なく， 600r 群では反対の関係を見た．系統間の明らかな相違は認められなかつた．Co^{60} γ 線照射群では♂♀間では♂の方が♀よりも減少率が少なく，系統間では d.d.N 系の方が S.M 系よりも体重減少が少なかつた．全般的に見て Co^{60} γ 線群の方がX線群よりも体

表12. Co^{60}-γ 線全身1回照射後の死亡例の平均体重（照射前体重を 100%とする）

Strain & sex Total	X 標本平均	S 標本変動	s^2 標本分散	u^2 不偏分散	棄却限界	信頼限界	% 死亡時体重
S.M. ♀ total							
700r 2151.8	71.73	5039.96	167.97	173.76	71.73±36.8	71.73±4.92	50.7%
800r 1312.4	87.5	2867.15	191.14	204.8	87.5±43.5	87.5±7.90	58.2%
800r 1898.6	82.55	3689.99	160.4	167.7	82.55±37.0	82.55±5.60	58.0%
800r 1576.8	82.99	2009.72	105.77	111.65	82.99±31.05	82.99±5.07	63.3%
S.M. ♂							
700r 874.9	87.49	528.25	52.83	58.65	87.49±25.4	87.49±5.38	79.5%
800r 520.0	86.67	478.07	79.68	95.6	86.67±39.14	86.67±9.8	72.4%
800r 600.1	85.73	588.76	84.11	96.13	85.73±36.7	85.73±8.53	77.6%
800r 1628.1	81.4	2592.91	125.15	131.73	81.4±33.4	81.4±5.35	62.2%
d.d.N. ♀							
600r 1129.4	70.59	1019.56	63.72	67.97	70.59±25.24	70.59±4.32	54.3%
700r 753.0	68.46	768.06	69.82	76.81	68.46±28.3	68.46±5.80	56.5%
700r 2140.9	79.29	1670.80	61.88	68.1	79.29±23.13	79.29±3.26	56.1%
800r 1074.8	82.68	637.62	49.05	53.14	82.68±22.8	82.68±7.29	70.0%
800r 1142.7	71.42	817.45	51.09	54.5	71.42±22.2	71.42±3.9	57.2%
800r 1969.6	78.8	998.61	39.94	41.6	78.8±18.34	78.8±2.66	61.7%
d.d.N. ♂							
600r 1135.3	71.0	1472.41	92.03	98.16	71.0±29.8	71.0±5.25	56.4%
700r 1751.7	68.34	756.84	68.8	75.68	68.34±28.2	68.34±5.75	56.5%
800r 1177.2	83.66	681.81	48.7	52.15	83.66±22.5	83.66±4.17	69.1%
800r 718.9	71.89	1878.71	183.87	204.3	71.89±47.0	71.89±10.06	47.0%
800r 1032.8	68.85	2183.39	145.56	156.0	68.85±12.0	68.85±6.9	51.4%

表13. 系統内及び系統間の比較

系統	性	500r	600r	700r	800r	Control	順位大→小
S.M系	♀	101.3%	100.7%	90.6%	96.7%	107.6%	Control > 500 r > 600 r > 800 r > 700 r
S.M系	♂	102.8%	101.7%	107.0%	87.4%	112.0%	Control > 700 r > 500 r > 600 r > 800 r
d.d.N系	♀	96.2%	90.4%	97.6%	85.6%	103.8%	Control > 700 r > 500 r > 600 r > 800 r
d.d.N系	♂	89.7%	91.1%	100.2%	78.8%	104.1%	Control > 700 r > 600 r > 500 r > 800 r
S.M系	♀	98 %	97%	90%	92%	100%	500r 群 S♀>d♀≧S♂>d♂
S.M系	♂	94%	92%	104%	86%	100%	600r 群 S♀>S♂>d♀=d♂
d.d.N系	♀	95%	90%	96%	86%	100%	700r 群 S♂>d♂>d♀>S♀
d.d.N系	♂	90%	90%	99%	78%	100%	800r 群 S♀>S♂=d♀>d♂

重減少が少なく，同線量群間又同死亡率線量間でも約1/2程度の減少であつた．又 Co^{60} γ 線群では 800r 群も除き，500，600，700r 群では減少率と線量の間には相関関係がなく，殆ど同様の減少率を見た．次いで体重増加を来した各群は照射前体重に復帰するかどうかを分析した．（表9）．

即ち Co^{60} γ 線照射群では S.M 系（10日～15日），d.d.N 系（20～28日）で系統間の相違を認めた．次いで平均体重について比較検討し次の結果を得た．♂♀いずれが放射線感受性が高いかは種々の研究が行われてきた．Kim, W.H. Chapmann[8]らによれば♂は♀よりも体重減少が少ないといわれている．本実験では♂♀共に同一年令，同一環境で同じ食餌を与えて飼育したが一般に♂の

表14．放射線に対する哺乳動物の量的生物学的反応及び照射線量に対する反応の相関々係

反　応			（文献23）
30日間死亡率		：の Probit法による値は照射量線と指数函数的関係にある	
生存期間の中位数（大量照射）		：は照射線量と指数函数的関係にある	
脾，胸腺並びに睾丸の重量減少率		：は照射線量と指数函数的関係にある．	
消化管の重量減少率		：は照射線量と直線関係にある	
体重減少率＜	（普通対象群）	：は	照射線量と直線関係にある
	（飢餓動物を対象とした時	：Prolit 法による値は	照射線量と直線関係にある
赤血球の Fe^{59} 摂取減少率		：は照射線量と抑数函数的関係にある	
異系動物腫瘍の移植率		：は照射線量と指数函数的関係にある	
有糸分裂遅延期間		：は照射線量と指数函数的関係にある．	

方が♀よりも体重減少が少ない結果を得た．ただ400r d.d.N 系では♀95.5%＞♂90.8%で♀の方が体重減少が少なかつた．照射後30日間の生存例平均体重について表11の如く系統，性，線量別に各群間の推計学的処理及び検定を行つた．即ち 600r 群では S.M 系♂♀間に有意差を認めなかつた外は有意差を認め，400r 群では S.M 系♂♀間，d.d.N 系の♂♀間および S.M 系♂と d.d.N 系♂との間に有意差を認めた．即ち系統，性別，線量別によつて体重間に有意差を見た．(表10)．

以上を総括すると，(表13)即ち系統内では 700r 照射群を除くとControl＞ 500r＞ 600r＞ 800rの順位となり Control 群の平均体重を越えることはなかつた．系統間の比較では，S.M 系♀が最も体重が重く(減少が少なく)，系統内では S.M 系の方が d.d.N 系よりも体重減少が少なかつた．死亡例の平均体重は(表12)．照射線量の増加に従つて生存例の平均体重との差が少なくなつた．死亡時の体重と死亡日数との間には相関関係は認められなかつた．大体照射前体重の60%に体重が減少すると死亡を了知出来そうであつた．また死亡，生存例の日別体重変化より観察すると，両系統の♂♀共に 600r，700r群では死亡例の体重はつねに生存例の体重より少なく，その間の体重差は照射直後より明らかであり，600r 群より 700r 群の方が体重差が大きく又系統間では d.d.N 系♂＞d.d.N 系♀＞S.M 系♂＞S.M 系♀の順に体重差は大きくなつた．800r 群では S.M 系♀は照射後12日間，d.d.N 系♂では 6 日間，いずれも死亡例の平均体重の方が生存例よりも大きく，d.d.N系♀S.M 系♂では生存例の体重は死亡例体重の中間にあつた．即ち 800r 群では照射後少なくも10日間位は体重の減少傾向から見て個体の死亡を了知出来ないことを示したものと考えられる．体重減少率と照射線量との関係について，放射線生物学的研究において，照射線量と生物学的反応の間の相関関係を求める研究は表14に示す如き内容に関して既に多くの研究発表[24)25)26)27)28)]がなされて来た．

（A）において30日間致死効果の面から検討を加えたが，今回はX線 Co^{60} γ線全身一時照射後の体重減少の面から減少率と照射線量との間の相関関係を検討した．K.T. Woodward.[23)26)] S.M. Rothermel（1954年）はラット，マウスを用いて，照射後の体重減少率と照射線量との間の相関関係について照射後72時間後の動物の対照群に対する被照射群の体重減少率と照射線量との間に $Y=a+bX$ なる関係があると報告している，この場合 Y は体重の百分率，X は放射線の量，a は常数，b は勾配を示す．以上の関係は 100～1200radsの範囲内において成立すると云われる．線量が増加した場合，体重と照射後日数との間にはシグモイド曲線が得られたが，が，この場合は Fischer の Probit 法で直線化される．この関係は 50～1800 rads の範囲内で成立するとされている．対照とする反応により生物学的反応のとりかたに相違があり，たとえば睾丸萎縮を対照とする場合は Eschenbrenner[23)]，Miller 等は最高の睾丸萎縮を示した照射後4週目の睾丸重量を対照とし，脾臓，胸腺を生物学的反応の対照とした場合は L. Edward[23)]，Ellinwood[35)] は照射後5日目（120±

表15. 最大体重減少時間

Hours of the largest weight loss.

	X-Rays. dose			Co^{60} gamma rays			
strain, sex	400r	600r	800r(hr)	500r	600r	700r	800r(hr)
S.M. Female	72	384	96	72	72	72	72
S.M. Male	120	384	96	96	96	96	96
d.d.N. Female	72	384	96	96	96	96	96
d.d.N. Male	120	384	96	96	96	96	96
weight loss at 72 hours after whole body irradiation. (%)							
S.M. Female	16.0	20.5	27.0	8.5	6.2	8.9	13.4 (%)
S.M. Male	14.0	16.5	22.0	9.0	5.0	9.0	14.0
d.d.N. Female	15.5	18.5	29.0	8.5	8.6	4.6	16.4
d.d.N. Male	15.5	22.0	30.0	14.4	12.4	8.6	18.0
after 96 hours.			(%)				
S.M. Female	15.0	20.5	dead	8.0	6.0	8.0	13.0 (%)
S.M. Male	15.5	18.0	41.0	13.7	12.1	10.0	25.0
d.d.N. Female	19.0	22.5	32.0	10.0	11.0	6.0	20.0
d.d.N. Male	17.5	25.5	41.0	14.0	10.0	10.0	22.0

表16 体重一線量関係式（全身照射後72時間後の体重）

I. X-rays	
S.M. strain Female	$Y = 1.517X - 0.00567$
S.M. strain Male	$Y = 1.463X - 0.00427$
d.d.N strain Female	$Y = 1.554X - 0.21236$
d.d.N strain Male	$Y = 1.531X + 0.0152$
2 Co^{60} gamma rays	
S.M. strain Female	$Y = 1.299X - 0.00106$
S.M. strain Male	$Y = 1.307X + 0.0047494$
d.d.N, strain Female	$Y = 1.3123X - 0.0134$
d.d.N. strain Male	$Y = 1.3617X + 0.1765$

3時間）の重量をとり，R.F[36]，Carter 等は55%重量喪失時を対照としている．腸管萎縮[23)37)]を対照とする場合は照射後24，48時間目の重量をとり上げている．

本実験に使用した S.M 系 d.d.N 系マウスの X線 Co^{60} γ 系全身一時照射後の体重減少が最高になる時間は次に示す通りであつた．（表15）．

照射後72時間の体重減少率と照射線量との間には直線関係を証明したが，96時間後の体重減少率をとつた場合X線照射群では減少率と線量との間に♂♀で互いに交叉するシグモイド状の曲線を得，又 Co^{60} γ 線照射群ではシグモイド曲線が得られた．従つて本実験では W.H. Langham[23)]，Woodward, Rothermel 等の研究により，生物学的反応の対照として最も適切と考えられた照射後72時間の体重をとり，対照群と照射群の72時間後の体重減少率（第15表）と照射線量との間の関係について検討を加えた．Fischer の方法より計算した体重一線量の関係式は第16表に示す通りであつた．この場合Yは体重減少率の Probit Xは照射線量の対数である．又 Woodward. Rothermel[23)] の方法によれば第17表に最す通りであつた．

この場合Yは上注に示す通りであつた．Probit 法による関係では a はX線4.15（平均）Co^{60} γ 線群3.76（平均）で，勾配 b はX線群 1.516（平均）Co^{60} γ 線群1.32（平均））で，従つてX線照射群

表17. 体重一線量関係式（Woodward. Rothermel の方式）

I. X-rays irradiated groups.		2. Co^{60} gamma raysr irradiated groups.
S.M. strain Female	$Y = 3.62 + 2.875X$	$Y = -4.24 + 2.0X$
S.M. strain Male	$Y = 3.08 + 2.626X$	$Y = -4.075 + 2.17X$
d.d.N. strain Female	$Y = 4.0 + 3.50X$	$Y = 5.0 + 2.5X$
d.d.N. strain male	$Y = 4.0 + 3.0X$	$Y = -3.145 + 2.83X$

cf. Y…body weight loss as per cent of normal control weight.
X…Irradiation dose (10^2 roentgen)

表18. 20%体重減少に要する線量

		(X-rays)	標準偏差
S.M. strain Female	557r	log. 2.74599	0.1242
S.M. strain Male	702r	log. 2.83639	0.1334
d.d.N. strain Female	651r	log. 2.81361	0.1182
d.d.N. strain MaIe	510r	log. 2.79738	0.1180
10%体重減少に要する線量		(Co^{60} γ rays)	
S.M. strainFe, male	732r	log. 2.86455	0.1506
S.M. strain Male	696r	log. 2.84258	0.1406
d.d.N. strain Female	698r	log. 2.84416	0.1365
d.d.N. strain Male	410r	log. 2.60226	0.1929

表19. d.d.N. 系♂との比較

X線照射群	Co^{60}. γ 線群
S.M. 系 ♀ 1.09	1.79
S.M. 系 ♂ 1.38	1.70
d.d.N. 系 ♀ 1.28	1.70
d.d.N. 系 ♂ 1.00	1.00

の体重減少は Co^{60} γ 線群よりも大きく，又♂♀間ではX線照射群では S.M 系 d.d.N系共に♀，Co^{60} γ 線照射群では♂の方が大きな勾配を示した．照射線量の函数として表わされた反応の関係式の勾配が平行であるならば，使用された線量の

表20. 線量比

	Ratio of the LD50/30 X-rays	Co^{60} γ rays	Ratio of the 20%(X-ray) and 10% (Co^{60}) weight loss X-ray(20% weight loss) Co^{60} (10% weight loss)	
S.M. Female/S.M. Male	(1.25)	(0.95)	0.79	1.05
S.M. Female/d.d.N. Female	(1.16)	(0.96)	0.86	1.05
S.M. Female/d.dN. Male	(1.15)	(0.94)	1.09	1.79
S.M. Male/d.d.N. Female	(0.95)	(1.02)	1.08	1.00
S.M. Male/d.d.N. Male	(0.92)	(0.99)	1.38	1.70
d.d.N. Female/d.d.N. Male	(0.97)	(0.97)	1.28	1.70

表21 体重減少率及び死亡率よりのＲＢＥの比較

	ＲＢＥ（体重減少より）	ＲＢＥ（致死効果より）
S.M. 系 ♀	0.59	(0.75)
S.M. 系 ♂	0.63	(0.57)
d.d.N. 系♀	0.57	(0.62)
d.d.N. 系♂	1.20	(0.61)

範囲外の2つの照射の有効率（$\log E=\frac{a_1-a_2}{b_1}$）を比較することが可能であるが，本実験では既に述べた様に勾配が平行でないために，2つの照射の有効率の比較は行い得ず，従つて実際に照射した線量の範囲内において比較・検討を加えた．従つてX線照射群では20%，Cc^{60} γ 線照射群では10%の体重減少を目標とし，これに要する線量を第

表22. 10%体重減少に要する線量

	X—線		Co^{60} γ rays		線量化（10%/weight loss）
S.M. Female	286r	log. 2.456	732r	log. 2.86455	log 2.86455 —log. 2.456=2.56
S.M. Male	352r	log 2.546	696r	log 2.84258	log 2.84416 —log 2.546=1.98
d.d.N. Female	340r	log 2.531	698r	log 2.84258	log 2..84416—log 2.531=2.06
d.d.N. Male	263r	log 2.420	410r	log 2.60226	log 2..60226—log 2.420=1.52

16表より求め次の結果を得た．(表18).

この場合標準偏差は$\sqrt{V(m)}$であり，

$$V(m)=\frac{1}{b^2}\left[\frac{1}{\Sigma nw}+\frac{(m-\bar{x})^2}{\Sigma nw\,(x-\bar{x})^2}\right]$$

$$\chi^2_s=\Sigma nw\,(y-\bar{y})^2-\frac{[\Sigma nw\,(x-\bar{x})(y-\bar{y})]^2}{\Sigma nw\,(x-\bar{x})^2}$$

$k=1$ $(\chi^2=3.841)$

$k=2$ $(\chi^2=7.824)$

(表19). この場合両照射群共に d.d.N 系♂が最も低い値を示した．今 d.d.N系♂を1.00と假定すれば，表19の如くになる．d.d.N 系の♂♀間で28%（X線), 70%（Co^{60} γ 線), S.M 系♂との間には38%（X線), 70%（Co^{60}. γ 線）の高率で相違が認められた．

X線照射群の S.M 系では♂＞♀の以外は両照射群共に♀の方が高線量を見た．これらの線量について（A）の致死効果よりの $LD^{50}/_{30}$ 値の比較のときに試みた線量間の比を体重減少面の観察においても検討して，その比を表20に示す．X線照射群の S.M. 系の♂♀, S.M 系♀/d.d.N 系♀の間の比は $LD^{50}/_{30}$ 値の比と全く逆の関係にあり，S.M 系では♂，S.M 系，d.d.N系の♀間では d.d.N 系の方が20%，15%の高率で高い値を示した．しかし Co^{60} γ 線照射群ではX線照射群とに逆に，即ち $LD^{50}/_{30}$ 値の比と殆んど同じ傾向を見たが，体重減少面からの線量の比は $LD^{50}/_{30}$ 値の比にくらべて系統性の相違による比の違いが遙かに大きく，又致死効果と体重減少（20%－10%）との間には線量の相関関係は明らかでなかつた．第16表に示した式から単位線量辺りの体重減少が照射前体重に対する百分率から計算した R. B. E[37] は表21に示す様に d. d. N 系♂では $LD^{50}/_{30}$ 値の R.B.E の2倍であり，又 d.d.N 系♀♂間では1.20：0.57＝2：1で$^1/_2$であつた．

今X線，Co^{60} γ 線照射群の10%体重減少に要する線量を求められば次の如くである(表22)．

この場合同じ10%と云う体重減少に要する線量の比を考えると上記の如く，S.M系♀では2.56, S.M 系♂1.98, d.d.N 系♀では2.06, d.d.N 系♂では1.52といづれも Co^{60} γ 線の方が大量線同じ効果を示した．

IV 結 言

S.M 系 d.d.N系マウスを用いてX線 Co^{60} γ線全身1回照射を行い，致死効果及び体重減少の面から観察を行い次の結果を得た．

（A）致死効果面から

1. ♀は♂よりも抵抗性が大きかつた．
2. S.M 系は d.d.N 系よりも抵抗性が大きかつた．
3. $LD^{50}/_{30}$ 値．

	X 線	Co^{60} γ 線	R.B.E
S.M 系♀	(527r)	(704r)	(0.75)
S.M 系♂	(423r)	(745r)	(0.57)
d.d.N 系♀	(454r)	(731r)	(0.61)
d.d.N 系♂	(459r)	(753r)	(0.61)

4. X線照射群の $LD^{50}/_{30}$ 値は系統性の相違に基く推計学的有意差を認めた（$\alpha=0.05$).
5. 死亡の時間的分布は d.d.N 系♀ 400r（X線), S.M 系♂ 800r. d.d.N 系♀ 700r（Co^{60} γ線）は2峰性の分布を示した．

（B）体重減少面から，体重減少傾向からの観察ではX線群の反応は照射線量に比例したが，Co^{60} γ線照射群では，反応は線量に比例せず均等であつた．

1. ♀は♂よりも抵抗性が大きかつた．
2. 照射後72時間の体重減少率と比射線量との間より計算された回帰直線は次の如くである．

X 線

S.M. 系♀ $Y=1.517X-0.00567$
S.M. 系♂ $Y=1.463X-0.00427$
d.d.N. 系♀ $Y=1.554X-0.21236$
d.d.N. 系♂ $Y=1.531X+0.0152$

Co^{60}γ線

$Y=1.299X-0.00106$
$Y=1.307X+0.00474$
$Y=1.3123X-0.0134$
$Y=1.3617X+0.1765$

従つてX線群はCo^{60} γ線群より大きな体重減少

を示した.

3. 10%体重減少を来すに要する線量.

	X線	Co^{60}γ線	所要線量比 Co^{60}/X-ray
S.M. 系♀	286r	732r	2.56
S.M. 系♂	352r	696r	1.98
d.d.N. 系♀	340r	698r	2.06
d.d.N. 系♂	263r	410r	1.52

稿を終るに当たり終始御指導並びに御校閲を賜つた宮川教授，田坂助教授に謹んで深謝の意を表すると共に実験に多大の御援助，御協力を頂いた癌研放射線科，塚本部長，尾内理学士及び癌研放射線科分院研究室技手前田秀治君に感謝の意を表します．又御援助戴いた教室諸兄に深謝いたします．

尚本論文の要旨は第17回日本医学放射線学会（福岡）で発表した．

この研究は文部省科学研究費（各種マウスの生理的特徴に関する研究—班員宮川正）によつて行つた事を附記し併せて謝意を表します．

文　献

—1) J.L. Tullis: Am. J. Roent Vol. 67, P 620—627, 52. —2) F. Ellinger and J.E. Morgan: Radiology Vol. 64, P 210—218, 55. —3) A.C. Upton and F. P. Conte: Rad. Research Vol. 4, P 117—131, 56. —4) R.E. Zirkle: Am. J. Cancer Vol. 23, P 558—567, 35. —5) R.E.Zirkle: J. Cellular Vol. 39, P75—85, 52. —6) P.S. Henshaw: Radiology Vol. 49, P 349—360, 47. —7) L.F. Nims and E. Sutton: Am. J. physio Vol. 61, P17—21, 52. —8) W.H. Chapman: Rad. Research Vol. 2, P 502—511, 55. —9) T. F. Thompson and W W. Tourtellatle: Am. J. Rad. Vol. 61, 53. —10) H.I. Kohn: Rad. Research. Vol. 5, P 309—317, 56. —11) H. Quaster: Am. J. Roent Vol. 54, P 457—401, 45. —12) T. F. Thompson: Am. J. Roent Vol. 69, P 826—829, 53. —13) H.L. Abrams: proc. Expt. Biol. Med. Vol. 76, P 702—732, 51. —14) R. Rugh and H. Clugston: Rad. Research Vol. 2, P 229—236, 55. —15) H, Langendorff and R. Koh: Strahlentherapie Band 94, S 250—257, 54. —16) R. F. Kallman and H.I. Kohn: Rad. Rasearch Vol. 6, P 188—288, 57. —17) 百瀬，渡辺：日放誌，18巻，P 854—860, 58. —18) 渡辺：日放誌，18巻，P1113—1118, 58. 19) 石山：日放誌，16巻，P 806—818, 56. —20) D. Grahn and G.A. Sacher: Rad. Research Vol. 2, P228, 56. —21) H. M. Patt: Pysiol. Rev Vol. 23, P35—76, 53. —22) M.C. Reinhard. and E.A. Hirand: proc. Expt. Biol. Med. Vol. 85, P367—370, 54. —23) J.B. Storer and P.S. Harris et al.: Red. Reserch Vol, 2, P 280—293, 55. —24) D. L. Jordan and J. W. Clark: Rad. Reserch Vol. 1, P501, 54. —25) R.F. Kallman and H.I. Kohn: Rad. Research Vol. 3, P77—87, 55. —26) R.F. Kallman and H.I. Kohn: Birt. J. Rad. Vol. 27, P 586—591, 54. —27) R.A. Conard: proc. Expt. Biol. Med. Vol. 86, P 664—668, 54, —28) D.E. Smith and E.B. Tyree: Am. J. Physiol Vol. 117, P 251—260, 54. —29) D.E. Nims and E.B. Sutton: Am. J. Physiol Vol. 171, —P17—21, 52. —30) N. I. Berlin and R.L. Huff et al.: proc. Expt. Biol. Med. Vol. 71, P 176—178, 49. —31) 渡辺：Radioisotopes 7巻，P 232—238, 58. —32) 渡辺：Radioisotopes. 7巻，P 239—247, 58. —33) W. H. Chapman and E.A. Jerome: Rad. Research Vol. 4, P 519—531, 56, —34) J.B. Storer P. Sanders and W. Schweisser: L.A. 1630. 54. —35) L.E. Ellinwood, E.C. Anderson et al.: L.A. 1629, 54. —36) W.H. Langham, S.M. Rothermel K. T. Woodward: L.A. 1643, 54. —37) M.A. Patetta Queirolo, M.L. Randolph et al.: Acta. Rad. Vol. 49, P 393—400, 58. —38) F. Ellinger and J.E. Morgan: Naval. Med. Res. Report M.M. 006, 52.

Difference of Lethal Effects and Body Weight Changes of S.M. and d.d.N Strain Mice Exposed to a single Total Body X-ray and Co^{60} Gamma Ray Radiation.

By

Noritoshi Watanabe

Department of Radiology. Faculty of Medicine. University of Tokyo.

(Director. Prof. T. Miyakawa)

The influence of strain and sex on mortality in x-ray and Co^{60} gamma ray irradiated

mice were investigated. S.M. and d.d.N. strain mice recived a single total body exposure of 400r. 600r. and 800r (x-ray Toshiba KXC 18. 200KVp. 25mA. filter I.0 mmcu+0.5 mm al. H.V.L. 1.73 mm Cu. dose rate 62r/min. focus substance distance 50 cm) 500r. 600r 700r and 800r (Co^{60} gamma ray. Toshiba 107. 996 curie units. dose rate 66r/min. source substance distance 50 cm) measured in air by Siemens Universal dose meter.

Results

(A) Lethal Effects

1. Females may have been slightly more radioresistant than males.
2. S.M. strain mice have been more radio-resistent than d.d.N. strain.
3. The LD50/30 values obtaind in this experiment with S.M. and d.d.N. strain mice were as follows;

strain sex	x-ray	Co_{60}	R.B.E. (Co_{60} γ/x-ray)
S.M. female	(527r)	(704r)	(0.75)
S.M. male	(423r)	(745r)	(0.57)
d.d.N. female	(145r)	(731r)	(0.61)
d.d.N. male	(459r)	(753r)	(0.61)

4. In the aspect of correlation of the mortality during 30 days after irradiation and irradiated dose, it seemed that x-ray was more effective than Co^{60} gamma ray. The rate of effectiveness of both strain was mostly in the case of x ray irradiated group same as that of Co^{60} gamma ray irradiated group/.
5. The death rate curves of the d.d.N. strain female mice 400r (x-ray irradiated group) and S.M. strain male mice 800r. d.d.N. strain female mice 700r (Co^{60} gamma ray irradiated groups) were with two peaks, but with the other groups a single peak occurred.

(B) Whole body weight loss

In the unirradiated groups, the body weight of males were heavier then that of females.

1. It were in propotion to the doses that the body weight curves of the x-ray exposed groups but not with regarded to the doses in the case of Co^{60} gamma ray irradiated groups.
2. Females may have been more radio-resistant than males.
3. The regression lines calucurated from the whole body weight loss at the 72 hours after irradiation were as follows;

	x-ray	Co_{60} gamma ray
S.M. female	Y=1.517x—0.00567	Y=1.299x —0.00106
S.M. male	Y=1.463x—0.00427	Y=1.307x —0.00474
d.d.N. female	Y=1.554x—0.21236	Y=1.3123x—0.0134
d.d.N. male	Y=1.531x+0.0152	Y=1.3617x+0.1765

4. Required doses for the 10% whole body weight loss.

	x-ray	Co_{60}	dose ratio of Co_{60}/x-ray
S.M. female	286r	732r	2.56
S.M. male	352r	696r	1.98
d.d.N. female	340r	698r	2.06
d.d.N. male	263r	410r	1.52