The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	放射線照射に際して酸素分壓の生體に對する效果に就て
Author(s)	武内, 公明
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1956, 16(6), p. 693-711
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17152
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

放射線照射に際して酸素分壓の生體に對する效果に就て

東京慈恵會醫科大學醫學放射線教室(主任　樋口助弘教授)
武　内　公　明

(昭和31年5月4日受付)

目　次

Ⅰ　緒　言
Ⅱ　放射線照射に際して酸素分壓のマウス死亡率並びに體重增減率に及ぼす影響
1.　實驗材料
2.　實驗方法
3.　實驗結果
4.　小　括
Ⅲ　放射線照射に際して酸素分壓の吉田肉腫細胞に及ぼす影響
1.　實驗材料
2.　實驗方法
3.　實驗結果
4.　小　括
Ⅳ　總括並びに考按
Ⅴ　結　論
參考文獻
歐文抄錄

Ⅰ 緒　言

放射線の生物學的作用の研究は放射線の發見と同時に行われて來きた．併し，放射線の生物學的作用の根本問題である細胞に對する作用機轉に就いては，現在なお不明の點が多々ある．以前は放射線が直接生體分子に當つて，何等かの變化を惹起すると考えていた．併し，生體細胞は70～90%位が水であるから，放射線の1次作用を受ける分子は大部分が水分子であると考えられる．それで水の有無が問題となる．

Stapleton[1] は Aspergillus spores に就いて，又 Gelin[2] は大麥の染色體異常について水の含有量の大きい程放射線の作用が大であることを實驗的に證明し，又 Tabaco Mosaic Virus[3] に就いてもその不活性化に就て同樣のことが報告されている．これ等はいずれも活性化された水の間接作用の研究であつて，それが究明されるに從つて，生化學的作用說が有力となつて來た．

又 Lea[4)5)] によれば，500.000r の照射によつて組織 1 μ^3 中に生ずる電離の數は約1000.000とされていて，侵された分子の數もその電離密度から考えて同じ桁の數であろうと報告されている．併し，1 μ^3 中の原子の數は$10''$の桁であるから，放射線によつておかされた數は，その樣な大線量を以てしても全體の極く小部分に過ぎない．100 r の線量はそれに比較すれば無視出來るが，此の線量でも生物學的効果は十分認められている．又 Wallenstein[6] によれば，放射線の一次作用は價電子または分子結合には無關係かも知れないが，一度分子が勵起されるか又はイオン化されてからは，分子内のエネルギーの再分布が行われ，結局弱いボンドが切れ易い結果になるであろうと報じている．

乾燥狀態では放射線の影響の少ないこと，放射線の直接作用ではおかされる分子の數が極めて少ないこと，及び Wallensteinの實驗等は放射線の間接作用究明の第1歩であると同時に，此の方面の研究分野に鍵を與えるものである．

水及び水溶液に對する radiation chemistry として，反應生成物の定量及び反應機轉の實驗的理論，卽ち水の分解，特に free radical, H_2O_2 等の生成については，Fricke[7], Scholes[8], Bonet-Maury[9], Weiss[10], Ebert[11]及び Laser[12]等が報告している．卽ち，生物中の水及び水溶液が放射線照射によつて生ずる OH radical 及び H Radical が，若し水の中に或る程度の酸素を溶存すれば，

$$H+O_2 \rightarrow HO_2$$

$$2HO_2 \rightarrow H_2O_2+O_2$$

なる反應が起きる．玆にHO_2 radical 及び H_2O_2

が生ずるために酸素が十分溶存していると生物學的効果が大きくなると説明している.

著者は此の放射線關接作用の1つの裏附けの目的から，酸素効果について，卽ち生體中の水溶液中に溶存する酸素の分壓を變化させることによつて生ずる生物學的効果の差異を，マウスの死亡率及び體重減少率，並に吉田肉腫[13]に於いては核學的檢査により檢討して，聊か見るべき結果を得たので玆に報告する.

II　放射線照射に際して酸素分壓のマウスの死亡率並びに體重增減率に及ぼす影響

1.　實驗材料

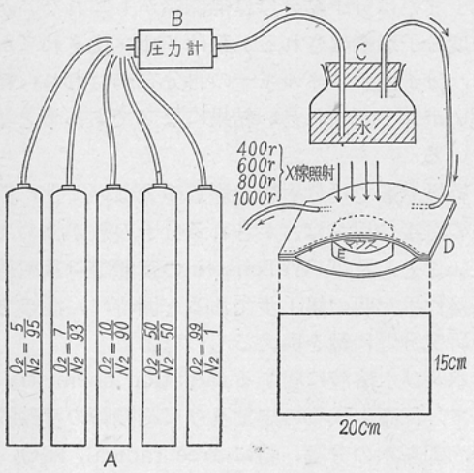
實驗動物　生後30日目のマウス（D.D.K　種）を用い，飼育はオリエント固形食，野菜，水で行つた.

2.　實驗方法

i）X線照射方法

1圖に示す如く，豫め酸素：窒素＝5：95，7

第　1　圖



：93，10：90．50：50，99：1となる樣につめたボンベ（東洋酸素製）（A）より，壓力計（B）を經てから，1/4 インチのチューブを通してガスを排出させる．次に（C）で一たんガスを水でbubbling して，（D）のナイロンの袋の一側中に導入し，他側には同樣 1/4 インチのチューブで大氣中に開放させてある．手前側にはナイロンのチャックが附いていて，これを閉鎖した時には此のチャックの部からはガスは殆んどもれない.

（E）の如き金網で作られた容器の中に，マウス3匹を一度に收容して，ガス注入後袋を閉鎖し，X線全身一時照射を行つた.

ナイロンの袋はガスを注入して閉鎖し，其の後約1分にして袋内は所定の酸素狀態となつた.

ii）照射條件及び照射時間

X線治療器，マツダKXC－17型

照射條件　管電壓　150kVp，管電流　3mA　フイルター　0.1mmCu＋0.5mmAl，FSD，15cm，HVL　0.395mmCu，線量率，約 111 r/min.

照射時間

400r の場合	2分＋1分40秒
600r の場合	2分×2＋1分30秒
800r の場合	2分×3＋1分20秒
1000r の場合	2分×4＋1分

短時間内に 400r～1000r の大線量を照射しなければならないので，照射時間が長くなる．そのために5％酸素，7％酸素の場合には，X線照射中に窒息死を來たすものが出るので，X線照射はすべて分割照射とし，著者の場合は上記條件で行つた．照射後より次の照射までの休息時間は5～10分間で，何れの場合も照射後可及的速かに大氣中に開放した．此の樣にすれば5％酸素中で照射する時以外は窒息死をさけることが出來る．併し，5％酸素の場合は大多數窒息死した.

iii）マウスの死亡率及び體重測定

マウスの死亡率は照射後30日間の死亡數をパーセントで現わし，體重測定は，照射後5日間は毎日，その後は5日毎に測定した.

3.　實驗結果

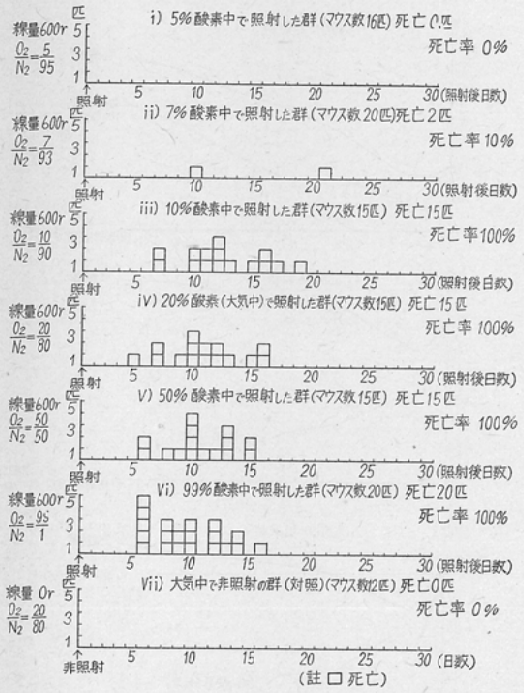
第2，3，4，5圖に示す

1）　マウスの死亡率（第2，3圖に示す）

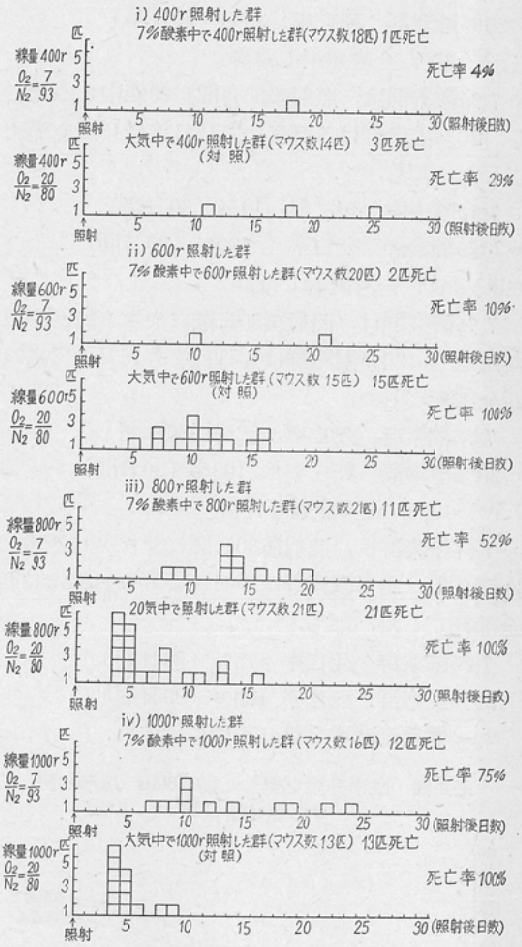
（1）　第2圖は，600r 全身照射として5％酸素，7％酸素，10％酸素，20％酸素（大氣），50％酸素，99％酸素と，酸素の分壓を變えた場合の各群のマウスの死亡率を示す.

i）5％　酸素中で照射された群．マウス16匹中12匹が照射中に窒息死を來たし，4匹が死をまぬ

第2圖　酸素分壓を變えた場合600r 照射に對する死亡數



第3圖　X線量を變えた場合7%酸素に對する死亡數



かれたが，600r 照射にも拘らず此の4匹は，照射後30日間生存した．卽ち，

死亡率　0%（30日間）

ii）7%酸素中で照射された群．照射中に窒素死を來たすものはなく，照射後30日間にマウス20匹中2匹死亡した．卽ち

死亡率　10%（30日間）

iii）10%酸素中で照射された群．マウス15匹は照射後7日目より19日目までに全部死亡した．卽ち，

死亡率　100%（30日間）

iv）20%酸素（大氣は略ゝ酸素：窒素＝20：80）中で照射された群．マウス15匹は照射後5日目より16日目までに全部死亡した．卽ち，

死亡率 100%（30日間）

v）50%酸素中で照射された群．マウス15匹は照射後6日目より15日目迄に全部死亡した．卽ち，

死亡率　100%（30日間）

vi）99%酸素中で照射された群．マウス20匹は照射後6日目より16日目までに全部死亡した．卽ち，

死亡率 100%　（30日間）

vii）大氣中で非照射の群．マウス12匹は30日間1匹も死亡しない．卽ち，

死亡率 0%（30日間）

（2）第3圖は7%酸素及び20%酸素（大氣）中でX線量 400r，600r，800r，1000r と線量を増加して照射した場合のマウスの死亡率を示す．

i）400r 全身照射した群．

7%酸素群は，マウス18匹中1匹が照射後17日目に死亡し，20%酸素（大氣）群は照射後30日間に14匹中3匹死亡した．卽ち，

7％酸素群　死亡率　4％（30日間）

20％酸素群　死亡率　29％（30日間）

ii）600r 全身照射した群

7％酸素群は，照射後30月間に20匹中2匹死亡し，20％酸素群は5日目より16日迄に15匹全部死亡した．即ち，

7％酸素群　死亡率　10％（30日間）

20％酸素群　死亡率　100％（30日間）

iii）800r 全身照射した群

7％酸素群は，照射後30日間にマウス21匹中11匹死亡し，20％酸素群は4日目より16日までに21匹全部死亡した．

7％酸素群　死亡率．52％（30日間）

20％酸素群　死亡率　100％（30日間）

iv）1000r 全身照射した群

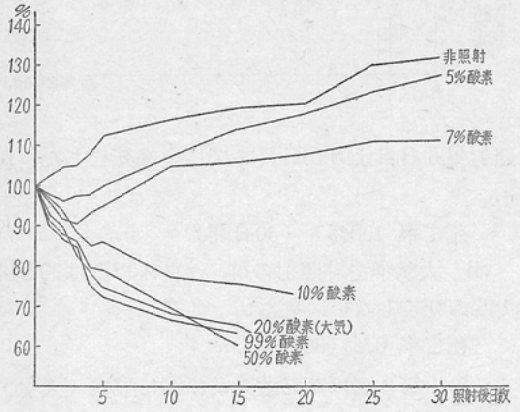
7％酸素群は，照射後30日間にマウス16匹中12匹死亡し，20％酸素群は4日目より9日迄に13匹全部死亡した．即ち，

7％酸素群　死亡率　75％（30日間）

20％酸素群　死亡率　100％（30日間）

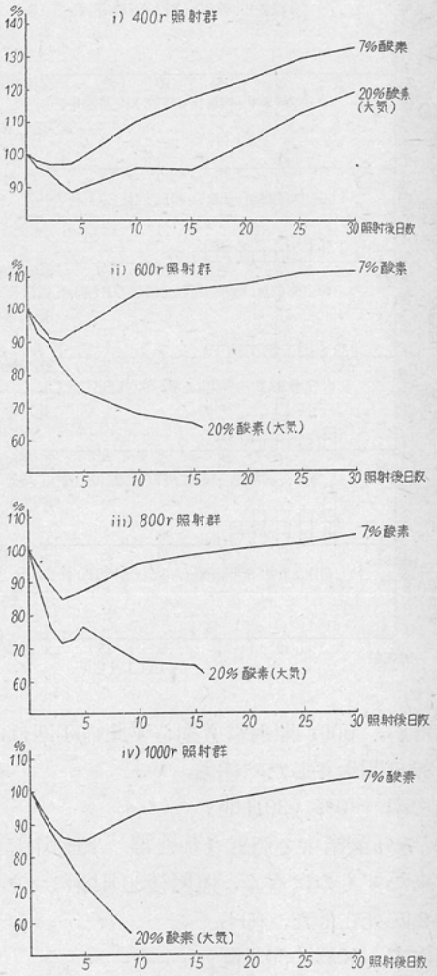
2）體重増減率（第4，5圖に示す）

第4圖　酸素分壓を變えた場合600r 照射に對する體重増減率



第4圖はX線量 600r とし酸素の分壓を5％～99％に變へた場合の體重増減率を示す．5％酸素群，及び7％酸素群の體重はいずれも照射後2～3日目に體重増減率は最低値を示すが，その後次第に回復の經過をたどる．而して5％酸素群の最低値の方が7％酸素群よりも高く且つ以後の回復が速かである．

第5圖　X線量を變えた場合7％酸素に對する體重減少率



20％，50％，99％酸素の體重は何れも照射後急速に減少し，照射後15～16日目まで減少し，遂に全部死に到り，その間回復の經過は全くみられない．10％酸素群の體重増減率曲線は，5，7％酸素群と20～99％酸素群との中間にあるが，回復は殆んど認められない．

第5圖は，7％酸素及び20％酸素（大氣）の下でX線量 400r～1000r全身照射した場合を示す．7％ 酸素群においては，400r，600r，800r，

1000r 全身照射の各群の體重増減率は何れも2～4日目に最低となるが，以後次第に回復の經過を辿り，線量の多い程最低値は低く，且つ回復が遲い，20%酸素中で照射したものは，400r 照射群以外は，何れの群も死に至るまで減少し回復は全く見られない，400r 照射群は照射後5日目以後次第に體重の回復がみられる．

4．小 括

以上の實驗を綜合すると次の如くである．マウスの全身照組に際しては，その照射期間中酸素の分壓を變化した場合，卽ち酸素を5%，7%，10%，20%，50%，99%とした場合，X線量 600r 全身照射における死亡率は各々0%，10%，100%，100%，100%，100%で，酸素分壓の低い程死亡率は下り50%，99%酸素では死亡率及び死亡時期において，20%酸素の場合と全く差がみとめられず，10%酸素では20%酸素に比して死亡率に差がないが死亡期時の延長が認められる．卽ち，大氣中よりも酸素の分壓を低下させればさせるほど，死亡率は減少するが，大氣中（20%酸素）よりも酸素の分壓を上昇させても，大氣中照射に比較して死亡率の上昇は見られない．從つてX線に對する酸素分壓の効果がマウスの死亡率にめとめられる限界は10～20%酸素の間であり，それよりも更に分壓を低下せしめればせしめる程顯著であると考えられる．

又大氣中でX線量 400r，600r，800r，1000r と線量を増加すれば，死亡率もその順に増加し，29%，100%，100%，100%となるが，7%低酸素狀態では，同一線量に對し，その死亡率は各々4%，10%，52%，75%となり，死亡率の低下並びに死亡時期の延長がみとめられ，線量の多少には無關係に低酸素効果が現われる．

體重増減率においても同樣の影響がみとめられる，卽ち，大氣よりも低酸素狀態では，照射後2～4日目に體重増減率は最低となるが，酸素の分壓が低い程最低値は高く且つその後の體重の回復が遠かである．大氣よりも高酸素狀態では照射後急激に體重は減少し，回復は全く認めるられない．而も，大氣よりも酸素の分壓が高ければ，50%，99%酸素の何れでも大氣の場合の體重減少と比較して差が認められない．

又，400～1000r と線量の増加に對し，體重増減率は，大氣中に於けるよりも低酸素狀態で射照した方が最低値が高く，且つ回復が顯著に現われ，大氣中で照射した場合は 600r 以上では死に至るまで急激な減少を示し，回復は全くみとめられない．

猶．當教室の松本澄が目下組織學的に檢討しているのでその結果は近く發表されると思う．

III 放射線照射に際して酸素分壓の吉田肉腫細胞に及ぼす影響

1．實驗材料

實驗動物

吉田肉腫移植後6～7日目の腹水 0.2ccを，一定飼育した 120grm．前後のラツテの腹腔内に移植し，移植後4日目のものを用いた．

2．實驗方法

1） 標本作製

自製ガラス毛細管を用いてラツテ腹腔より，照射直前，照組後1,3,6,9,12，18，24時間と經時的に腹水を採取し，血液塗抹標本作製と全く同じ方法で型の如く，塗抹乾燥，固定，ギームザ氏染色を行つて鏡檢した．

2） 核學的檢査方法

i）核分裂系數， 各標本毎に腫瘍細胞1000個中に含まれる分裂細胞數を求め，‰にて表わした．

ii） 核相百分率，次に同一標本で分裂細胞 100個中に含まれる分裂各期の細胞の百分比を算出した．分裂各期の判定標準は森氏[14] の分類に依つた．卽ち，

a） 前期，静止核の核膜が消失し染色體形成，次で絲毬體が出來上がるまで

b）中期， 染色體が赤道板を中心として放射狀に配列するまで

c）後期 染色體の分體が兩極に移動するまで，

d）末期 兩極に達した娘染色體が復奮して静止核になるまで

iii）核型百分率 分裂中期の細胞 100個を數え，牧野，吉田氏[15]の法に從い分裂型，異常型，

第1表　核分裂係數の時間的變動

非照射群核分裂係數(各種ガス腹腔内注入による核分裂係數の變動)

	照射前	照射後1時間	3時間	6時間	9時間	12時間	18時間	24時間
對照群 ガス注入せざるもの	23.0	24.25	23.25	28.0	23.75	22.0	23.75	22.25
5% O_2 群	28.25	29.5	28.5	29.0	31.5	29.25	24.75	30.75
20% O_2 群	25.5	25.75	27.0	23.75	27.5	26.0	29.25	29.75
99% O_2 群	25.0	28.25	24.25	25.5	30.5	28.25	27.75	26.75
99% N_2 群	28.25	26.75	25.75	24.5	21.75	27.25	26.75	25.0
CO 群	25.25	12.75	13.75	11.5	17.5	18.0	18.25	19.75

(數値は細胞數1000個中に現われる分裂細胞數)

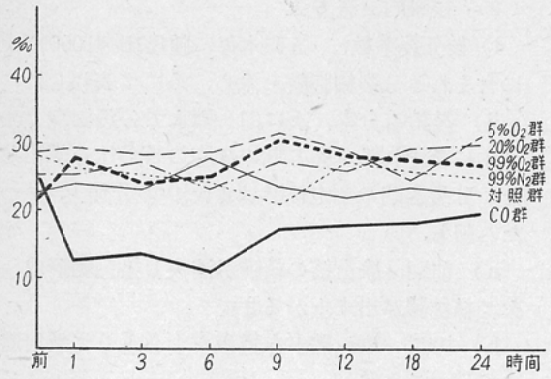
320r 照射群核分裂系數(各種ガス腹腔内注入後320r 照射による核分裂係數の變動)

	照射前	照射後1時間	3時間	6時間	9時間	12時間	18時間	24時間
對照群 ガスのみ注入せるもの	26.25	5.5	2.75	10.5	21.75	23.25	25.25	28.75
5% O_2 群	24.0	0.5	1.25	6.0	16.25	16.5	7.75	17.0
20% O_2 群	26.75	0.5	0.5	2.25	6.25	18.0	16.75	20.25
99% O_2 群	21.75	0.25	0.5	5.0	4.25	6.5	10.5	15.75
99% N_2 群	26.5	8.75	4.25	8.75	19.5	25.75	28.0	30.25
CO 群	19.25	13.0	11.75	12.25	14.0	13.5	14.75	21.5

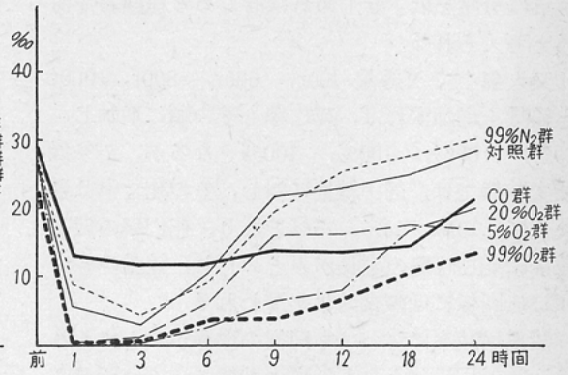
(數値は細胞數 1000 箇中に現われる分裂細胞數)

第 6 圖

非照射群　核分裂系數



320r 照射群　核分裂系數



崩壞型に分類して，その百分率を求めた．その判定基準は次の如くである．

a) 分裂型　比較的正常に近い分裂像（染色體の異常性，輕度の融着，切斷等）で細胞分裂が或程度つゝがなく進行し得ると考えられる中期の核分裂像を示すもの．

b) 異常型　染色體が多核性，多極性，倍數性，偏在，散亂，不均等，二價狀，球狀，融着などの異常を呈している中期の分裂像を呈するもの．

c) 崩壞型　染色體自身が崩壞狀の變化を呈し

第2表 核相百分率の時間的變動 非照射群分裂前期細胞出現率

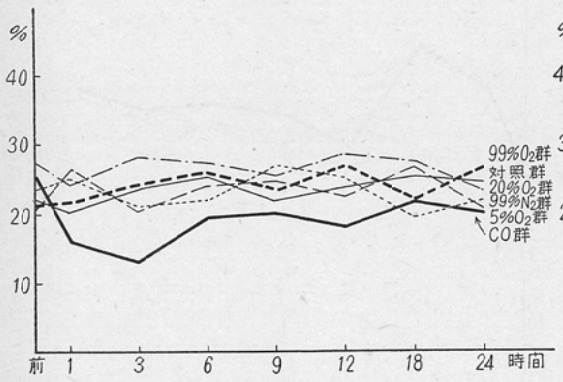
	照射前	照射後1時間	3時間	6時間	9時間	12時間	18時間	24時間
對照群	22.00	20.25	26.50	25.50	21.75	23.75	25.25	24.25
5% O_2 群	20.75	26.25	22.50	24.50	24.00	20.75	26.75	20.75
20% O_2 群	27.50	24.25	28.25	27.25	25.75	28.25	27.50	23.25
99% O_2 群	21.50	22.00	24.50	26.00	23.75	27.00	22.00	26.75
99% N_2 群	23.75	24.75	21.00	21.75	26.75	25.25	19.50	22.00
CO 群	25.75	16.00	13.25	19.50	20.00	18.00	22.25	20.25

320r 照射群分裂前期細胞出現率

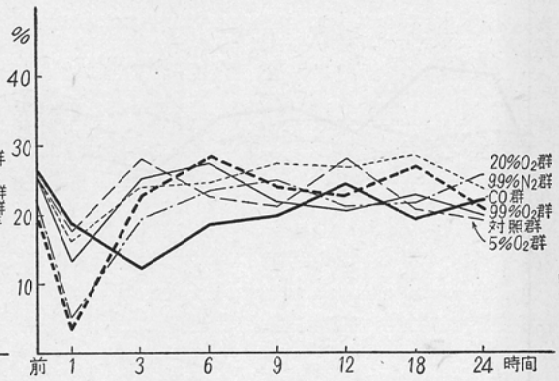
	照射前	照射後1時間	3時間	6時間	9時間	12時間	18時間	24時間
對照群	25.75	13.25	25.25	27.00	21.75	20.50	21.75	20.00
5% O_2 群	25.50	17.50	28.00	25.50	21.25	28.25	20.75	19.25
20% O_2 群	22.00	5.25	19.25	23.50	25.00	21.25	21.75	26.00
99% O_2 群	22.50	4.00	22.75	28.25	24.00	23.25	27.00	21.25
99% N_2 群	25.00	16.25	24.00	24.75	27.25	26.75	28.50	23.75
CO 群	26.75	18.50	12.25	18.50	20.00	24.50	19.25	22.25

第 7 圖

非照射群分裂前期細胞出現率



320r 照射群 分裂前期細胞出現率



ているいる中期の分裂細胞，卽ち球狀，數球狀，旋螺狀，梯子化等を呈するもの.

3) 腹腔内ガス注入法

a) 實驗に使用したガスは5%酸素（酸素：窒素＝5：95), 20%酸素（大氣), 99%酸素，99%窒素, 及び一酸化炭素で, 吉田肉腫接種後4日目のラッテに各5ccづつ注入し，注入後直にX線 320r 全身一時照射を行い，照射後は可及的速かにガス排除を行い，一酸化炭素の場合は照射後直ちに99%酸素10ccを注入してからガス排除を行つた. 又各ガスを注入して 320r 照射した5群と無處置で 320r 照射した群と共に全部で6群とし，各群はラッテ4匹づつとし，經時的に腹水を採取した.

b) 對照は前者と同樣に各種ガス注入を行い，X線照射せずにガスを排除し，一酸化炭素の場合も前者同樣に酸素注入後排除し，無處置群と共に全部で6群，各群ラッテ4匹づつとし，經時的に腹水採取を行つた.

4) 照射條件

ラッテを腹位に固定し，全身一照射をした. マ

第3表 核相百分率の時間的變動　非照射群分裂中期細胞出現率

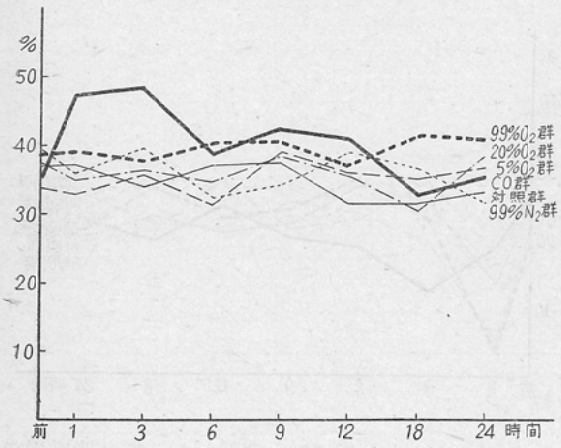
	照射前	照射後1時間	3時間	6時間	9時間	12時間	18時間	24時間
對照群	36.75	37.25	34.50	37.00	37.25	31.25	31.50	33.00
5% O_2 群	33.50	32.75	35.75	31.25	39.25	36.00	34.75	36.50
20% O_2 群	37.50	35.00	36.25	34.50	33.25	35.75	30.50	38.25
99% O_2 群	38.75	39.00	37.00	40.50	40.50	37.25	41.25	40.75
99% N_2 群	39.25	35.75	39.25	32.50	34.25	39.00	36.75	31.75
CO 群	35.00	47.25	48.25	38.75	42.25	41.25	32.75	35.50

320r 照射群　分裂中期細胞出現率

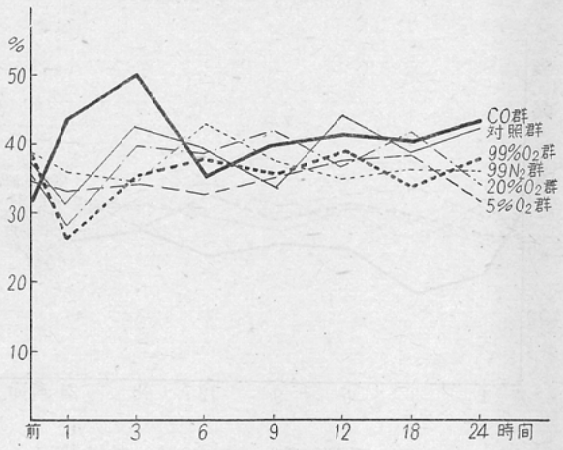
	照射群	照射後1時間	3時間	6時間	9時間	12時間	18時間	24時間
對照群	39.25	31.25	42.50	39.50	33.75	44.00	38.75	42.00
5% O_2 群	34.75	33.25	34.00	32.75	35.00	36.25	38.25	31.50
20% O_2 群	35.75	28.25	39.25	38.50	41.75	39.50	41.75	33.75
99% O_2 群	38.75	26.25	35.25	37.75	35.50	38.75	33,50	37.75
99% N_2 群	39.00	35.75	34.75	42.75	37.50	34.75	36.00	35.75
CO 群	31.75	43.75	50.25	35.75	40.00	41.25	40.25	43 00

第 8 圖

非照射群　分裂中期細胞出現率



320r 照射群　分裂中期細胞出現率



ツダKXC－17，管電壓・ 150kVp，管電流・3 mA，フイルター・0.5mmCu 0.5mmAl，H.V.L.・ 0.781mmCu，F. S. D. ・30cm，線量率・16.01r/min.，總線量・ 320r（20分間）

3. 實驗結果

酸素分壓を變えてX線照射した場合，吉田肉腫細胞の核學的檢査卽ち核分裂係數，核相百分率及び分裂中期胞細の核型百分率の經時的變化は次の如くである．

1） 核分裂數の時間的變動

第1表，第6圖づ說明してある．

（1） 非照射群（對照群）

5％酸素，20％酸素，99％酸素及び99％窒素注入群及び對照（ガス注入せざるもの）群は，全經過を通じて核分裂係數では何れも23.5～ 21.25‰の間を變動して，特別の變動を示さない．卽ち，これ等各種のガス注入によつては吉田肉腫の核分裂係數は殆んど何等の影響も受けない．

第4表 核相百分率の時間的變動 非照射群分裂後期細胞出現率

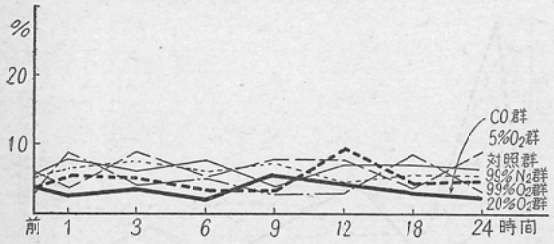
	照射前	照射後1時間	3時間	6時間	9時間	12時間	18時間	24時間
對照群	5.25	7.75	6.25	7.50	4.25	7.00	6.75	6.50
5% O_2 群	6.25	3.75	8.75	5.50	8.00	7.25	4.25	9.00
20% O_2 群	2.75	9.50	4.25	5.00	2.75	3.00	8.25	3.50
99% O_2 群	3.75	5.75	4.50	3.50	3.25	9.25	4.50	4.75
99% N_2 群	5.25	6.25	7.50	6.00	7.25	4.75	5.75	5.75
CO 群	4.00	2.50	3.75	2.00	5.50	4.75	3.25	2.50

320r 照射群 分裂後期細胞出現率

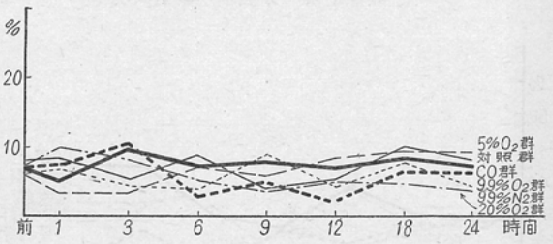
	照射前	照射後1時間	3時間	6時間	9時間	12時間	18時間	24時間
對照群	8.50	8.75	5.50	8.25	4.25	5.50	10.25	8.75
5% O_2 群	5.50	3.25	3.50	7.25	6.00	8.50	9.75	9.25
20% O_2 群	7.50	9.75	8.25	5.25	3.75	5.25	4.75	3.75
99% O_2 群	7.00	7.25	10.50	3.25	5.25	2.75	6.25	6.50
99% N_2 群	6.00	6.75	4.50	4.25	9.00	4.25	7.75	4.25
CO 群	6.75	5.25	10.25	7.25	7.75	7.25	8.75	7.25

第 9 圖

非照射群 分裂後期細胞出現率



320r 照射群 分裂後期細胞出現率



併し，一酸化炭素注入群においては照射後1時間目から明らかに分裂細胞數の減少を認め，照射後1～6時間後には12.75～11.50‰と最低値を示し，その後漸次増加して24時間目に至つて略ゝ照射前値に近ずく．即ち，一酸化炭素は分裂細胞の出現を強く抑制する．

(2) 320r 照射群

對照群（ガスを注入せずそのまゝ 320r 照射せるもの）の核分裂係數は照射前 26.25%であつたが，照射後3時間で核分裂係數最低（2.75‰）となり著しい減少を示し，その後時間の經過とともに徐々に回復し，24時間目には略ゝ照射前値に戻る．99%窒素群は對照群と全く同一の經過をとる．

5%酸素，20%酸素，99%酸素の各群は何れも對照と以た傾向を示し，照射後3時間目に最低値（各々1.25‰，0.5‰，0.5‰）となるが，20%酸素群及び99%酸素群では分裂細胞は殆んど認められなくなる．而して回復過程では，差異が認められ，5%酸素群では9時間目に既に急激に回復し，以後次第に照射前値に近づく．20%酸素群及び99%酸素群は徐々に回復するが，99%酸素群は24時間目でも照射前値に戻らない．

一酸化炭素群 照射後1時間目には 11.75‰となり，その後18時間目まではその前後の値を取り，24時間目には多少の回復がみられる．即ち，各群は照射後3時間目に分裂細胞極めて減少し，殆んど認められなくなるが，一酸化炭素群では著しい減少は示さない．これを非照射一酸化炭素群

第5表　核相百分率の時間的變動　非照射群分裂末期細胞出現率

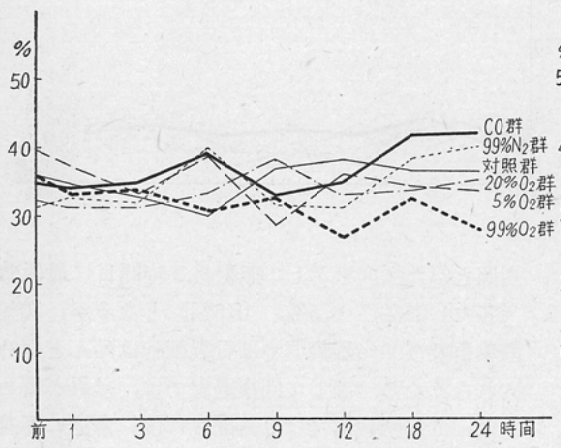
	照射前	照射後1時間	3時間	4時間	5時間	6時間	18時間	24時間
對照群	36.00	34.75	32.75	30.00	36.75	38.00	36.50	36.25
5% O_2 群	39.50	37.26	33.00	38.75	28.75	36.00	34.25	33.75
20% O_2 群	32.25	31.25	31.25	33.25	38.25	33.00	33.75	35.00
99% O_2 群	36.00	33.25	33.50	30.25	32.50	26.50	32.25	27.75
99% N_2 群	31.75	33.25	32.25	39.75	31.75	31.00	38.00	40.50
CO 群	35.25	34.25	34.75	39.75	32.25	36.00	41.75	41.75

320r 照射群　分裂末期細胞出現率

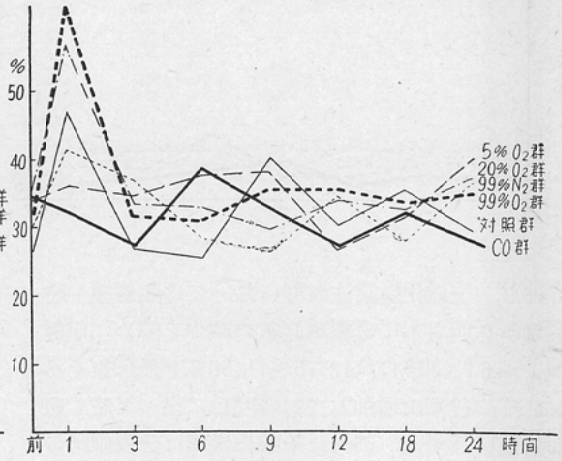
	照射前	照射後1時間	3時間	6時間	9時間	12時間	18時間	24時間
對照群	26.50	46.75	26.75	25.25	40.25	30.00	35.25	29.25
5% O_2 群	34.25	36.00	34.50	37.50	37.75	27.00	31.25	40.00
20% O_2 群	34.75	56.75	33.25	32.75	29.50	34.00	31.75	36.50
99% O_2 群	31.75	62.75	31.50	30.75	35.25	35.25	33.25	34.50
99% N_2 群	30.00	41.25	36.75	28.25	26.25	34.25	27.75	36.25
CO 群	34.75	32.50	27.25	38.50	32.25	27.00	31.75	27.50

第 10 圖

非照射群　分裂末期細胞出現率



320r 照射群分　裂末期細胞出現率



と比較してみると，大體同一の傾向を辿ることがわかる．換言すれば全經過を通じて核分裂係數ではX線を照射した場合も，しない場合もその値には差がない．一酸化炭素によつて分裂細胞の抑制が起きるが，そこでX線を照射しても更にそれ以上に分裂細胞の抑制を起こさない．卽ち一酸化炭素の許ではX線の効果は現われない．

2)　核相百分率の時間的變動

第2, 3, 4, 5, 表及び第7, 8, 9, 10圖に示す．

(1)　分裂前期細胞　第2表，第7圖に示す．

i) 非照射群（對照群）

5%酸素，20%酸素，99%酸素，99%窒素の各群はガス注入による影響が認められず，照射前，照射後の全經過を通じて 19.50～ 28.25%前後の出現率を示し，對照群（ガス注入みない無處置群）と全く同じ傾向を示す．併し，一酸化炭素群は

第6表　核型百分率の時間的變動　非照射群分裂中期細胞の分裂型出現率

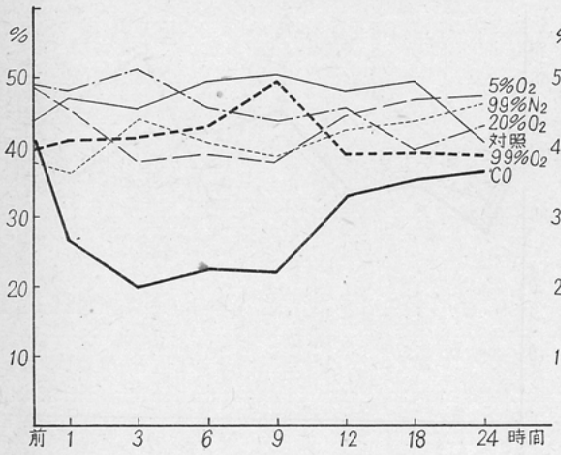
	照射前	照射後1時間	3時間	6時間	9時間	12時間	18時間	24時間
對照群	43.75	47.00	45.50	49.25	50.25	48.00	49.25	40.50
5% O_2 群	48.25	45.50	37.75	39.00	37.75	44.25	46.75	47.25
20% O_2 群	49.00	48.25	51.25	45.75	43.75	45.50	39.25	43.00
99% O_2 群	39.75	41.00	41.50	43·00	49.25	39.00	39.25	38.75
99% N_2 群	37.75	36.25	44.00	40.25	37.75	42.25	43.75	46.00
CO　群	41.50	26.75	20.25	22.25	22.00	33.25	35.25	36.50

320r 照射群　分裂中期細胞の分裂型出現率

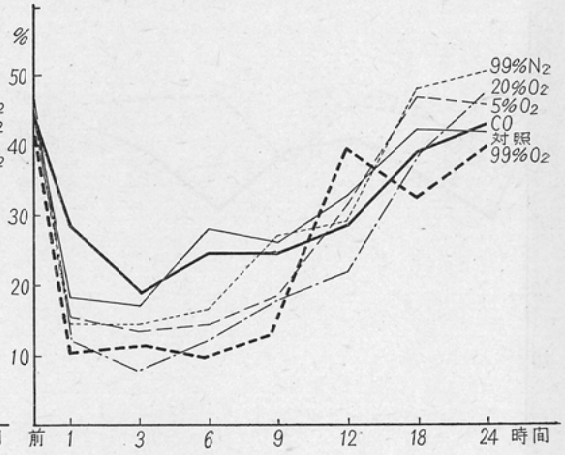
	照射前	照射後1時間	3時間	6時間	9時間	12時間	18時間	24時間
對照群	42·75	18.25	17.00	28.00	26.25	32.75	42.25	41.75
5% O_2 群	44.50	15.25	13.25	14.25	18.50	31.50	36.75	35.75
20% O_2 群	48.25	12.00	7.75	12.25	17.75	21.75	38.00	47.50
99% O_2 群	42.25	10.25	11.50	10.00	13.25	49.25	32.50	39.25
99% N_2 群	45.75	14.50	14.25	16.75	26.75	29.00	48.00	50.25
CO　群	42.50	28.75	18.75	24.75	24.25	28.50	39.00	43.25

第 11 圖

非照射群　分裂中期細胞の分裂型出現率



320r 照射群　分裂中期細胞の分裂型出現率



照射後1時間目より減少し，3時間目には 13.25%と減少するが，その後回復に向い，18時間目以後から大體照射前値となり對照群と同一の傾向を辿る．

ii）320r 照射群

20%酸素，99%酸素の兩群は照射後1時間目に出現率は各々5.25%，4.00%前後となり，3時間目には略ゝ照射前値に回復する．5%酸素，99%窒素の兩群は各ゝ 16.25%，17.50%前後で，これ等は何れも3時間目から回復しその後は照射前値に復する．

20%酸素群と99%酸素群とを比較するに，その差異は殆んど認められないが，これ等と5%酸素，99%窒素の兩群との比較では，後者の方がX線の作用が相當に減弱されていることが判る．

一酸化炭素群は照射後1時間目より減少し3時

第7表 非照射群　分裂中期細胞の異常型出現率

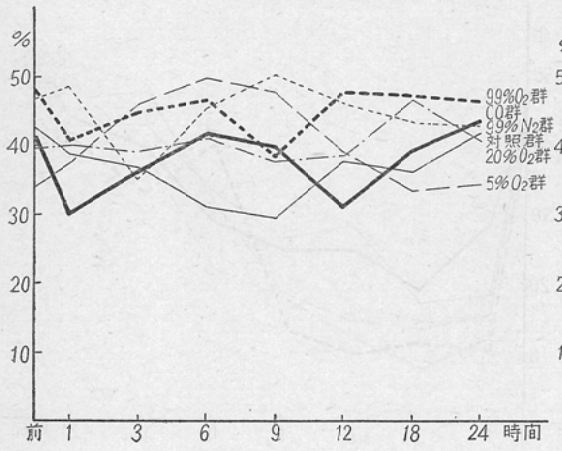
	照射前	照射後1時間	3	6	9	12	18	24
對照群	42.50	38.75	36.75	30.75	29.00	37.50	36.00	41.50
5% O_2 群	34.00	37.75	45.75	49.50	47.75	39.00	33.25	34.25
20% O_2 群	39.75	40.00	39.00	40.75	37.75	38.50	46.50	43.25
99% O_2 群	47.75	40.50	44.50	46.25	38.00	47.50	46.75	46.25
99% N_2 群	47.25	48.50	35.00	45.25	50.00	46.00	43.25	41.50
CO 群	41.22	30.00	36.50	41.25	39.75	30.75	39.00	42.75

320r 照射群　分裂中期細胞の異常型出現率

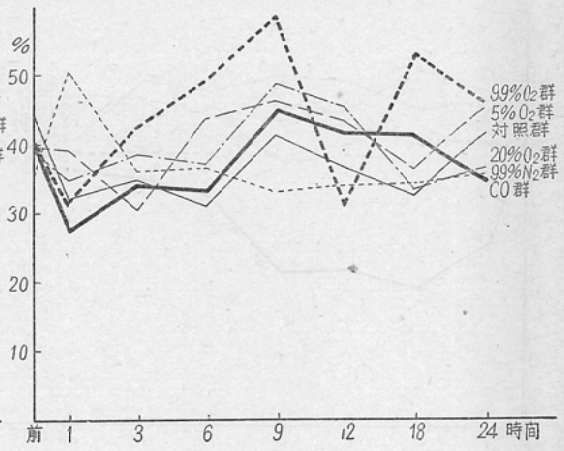
	照射前	照射後1時間	3時間	6時間	9時間	12時間	18時間	24時間
對照群	44.00	32·00	34.75	31.75	41.50	36.50	32.25	41.50
5% O_2 群	39.75	39.00	30.50	43.75	46.25	43.25	36.25	45.00
20% O_2 群	39.50	34.75	38.50	37.25	43.75	45.25	33.25	36.75
99% O_2 群	41.00	31.50	42.50	49.25	58.75	30.50	53.00	45.25
96% N_2 群	35.25	50.25	36.00	37.00	33.00	34.00	34.25	36.50
CO 群	41.00	27.50	34.50	33.25	44.75	41.25	41.00	35.50

第 12 圖

非照射群　分裂中期細胞の異常型出現率



320r 照射群　分裂中期細胞の異常型出現率



間目には 12.25%前後に減少するが，照射後12時間目以後は照射前値に回復する．又此の群は320r照射にも拘わらず前記非照射一酸化炭素群と略と同一の經過を示し，その態度は一酸化炭素群の核分裂係數（前述）の場合と全く同樣である．卽ち，一酸化炭素の許ではX線の作用は殆んど認められない．

20%酸素，99%酸素及び對照群は大體同一の傾向を示し，前二者はむしろX線に對する感受性を高めるように思われ，5%酸素，99%窒素，一酸化炭素は何れもX線の効果を減弱し，特に一酸化炭素に著しい．

（2）分裂中期細胞　第3表，第8圖に示す．

i）非照射群（對照群）

5%酸素，20%酸素，99%酸素，99%窒素及び對照の各群の分裂中期細胞の出現率は 41.25%～

第8表 非照射群 分裂中期細胞の崩壞型出現率

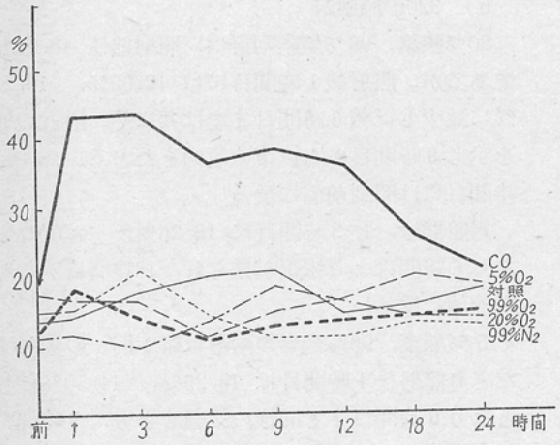
	照射前	照射後1時間	3時間	6時間	9時間	12時間	18時間	24時間
對照群	13.75	14.25	17.75	20.02	20.75	14.50	15.75	18.00
5% O_2 群	17.75	16.75	16.50	11.50	14.50	16.75	20.00	18.50
20% O_2 群	11.25	11.75	9.75	13.50	18.50	16.00	14.25	13.00
99% O_2 群	12.50	18.50	14.00	10.75	12.75	13.50	14.00	15.20
99% N_2 群	15.00	15.25	21.00	14.50	11.25	11.75	13.00	12.50
CO 群	17.25	43.25	43.25	36.50	38.25	36.00	25.75	20.75

320r 照射群 分裂中期細胞の崩壞型出現率

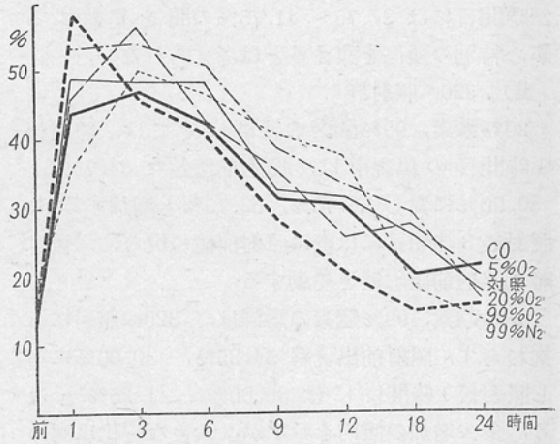
	照射前	照射後1時間	3時間	6時間	9時間	12時間	18時間	24時間
對照群	13.25	48.75	48.25	48.25	32.25	30.75	25.50	16.75
5% O_2 群	15.75	45.75	56.25	42.00	35.25	25.25	27.00	19.25
20% O_2 群	12.25	53.25	53.75	50.50	38.50	33.00	28.75	15.75
99% O_2 群	16.75	58.25	46.00	40.75	28.00	20.25	14.50	15.50
99% N_2 群	19.00	35.25	49.75	46.25	40.25	37.00	17.75	13.25
CO 群	16.50	43.75	46.75	42.00	31.00	30.25	20.00	21.25

第 13 圖

非照射群 分裂中期細胞の崩壞出現率



320r 照射群 分裂中期細胞の崩壞型出現率



30.50%の間を經時的に變動し，前期細胞出現率の非照射群と同樣に一定の變化がみられない．

一酸化炭素注入群では，照射後1時間目，3時間目には出現率 47.25%， 48.25%と上昇し照射後6時間目より略ゝ照射前値に戻り，以後他の5群と同一の變動をする．

ii） 320r 照射群

5%酸素，99%窒素兩群は，X線照射をしても全經過を通じて照射前値各々 34.75%， 39.00%前後を經時的に變動し，非照射群と比較して殆んど差異を認めず從つてX線の効果は殆んど見られない．

20%酸素，99%酸素の兩群は照射前値各々35.75%， 38.75%が照射後1時間目には 28.25%，26.25%前後となり，以後回復して6時間目から照射前値に戻る．

一酸化炭素群はX線照射後増加し，照射前値31.75%が照射後3時間目には50.52%と最高値を示し，次で6時間目から略ゝ照射前値に戻るが，これを非照射一酸化炭素群と比較するに大體同じ傾向を示す．

5%酸素，99%窒素，一酸化炭素は何れもX線の効果を減弱し，特に一酸化炭素において著しい．

(3)　分裂後期細胞　第4表，第9圖に示す．

非照射群，320r 照射群共に大體 43.00～1.000%の間を變動し，各種ガス及びX線によつて一定の變化が認められない．核分裂係數，分裂前期，中期，末期の何れにも大きな變化を及ぼす一酸化炭素注入群に於てさえも何等變化が認められない．

(4)　分裂末期細胞　第5表．第10圖に示す．

i) 非照射群

各種のガスを注入したすべての群は，末期細胞の出現率，3時間目には 31.25%～ 34.75%前後を變動し次で次第に變動が大となり，18時間目～24時間目には 27.75～ 41.75%の間を變動するが，特別の變化を與えるとは考えられない．

ii)　320r 照射群

20%酸素，99%酸素の兩群に於ては，照射後1時間目の出現率は，照射前値各々 34.75%，30.00%に對し 56.75%，62.75%と増加するが，照射後3時間目には既に照射前値に戻り，以後は略ゝ照射前値附近を變動する．

5%酸素，99%窒素の兩群は，320r 照射にも拘わらず，照射前出現率 34.25%，30.00%に對し照射後1時間目には 36.00%，41.25%となり，多少増加の傾向を示すが，大きな變化は認められず，以後照射前値附近を變動する．

一酸化炭素群は照射前値 34.75%であるが照射後は27.25%～38.25%を變動して，X線照射による特別の變化はみられない．又，これを非照射一酸化炭素群と比較するにその差は殆んど認められない．

20%酸素，99%酸素はX線に對する感受性を幾分高める樣に思われ，逆に5%酸素，99%窒素はX線の効果を減弱し，一酸化炭素の許ではX線の効果は殆んど認められなくなる．

3)　核相百分率の時間的變動

第6，7，8表及び第11，12，13圖に示す．

分裂中期細胞の分裂型及び崩壞型出現率に於ては非照射群及び 320r 照射群共に前述した核分裂數係．分裂前期，末期細胞の出現率と略ゝ同樣の結果が認められ，異常型出現率では變動が大きいのみで特別の變化は認められなかつた．

(1)　分裂中期細胞の分裂型出現率，第6表，第11圖に示す

i)　非照射群（對照群）

5%酸素，20%酸素，99%酸素，99%窒素の各群及び對照群は何れも各種ガス注入による變化は見られず，對照群と同一の傾向を示し，經時的に求められた各出現率は 36.00%～ 50.00%の間を變動する　一酸化炭素群は注入後1時間目より9時間目まで 20.00%，27.00%前後となり相當の減少を示すが，12時間目には次第に恢復し照射前値に戻る

ii)　320r 照射群

20%酸素，99%酸素兩群は，照射前値 48.25%であるが，照射後1時間目には 12.00%，10.25%に減少し以後6時間目までは共にその附近の値を示し9時間目から恢復の傾向をたどる．18，24時間目には照射前値に戻る

對照群は，1，3時間目に 18.25%，17.00%となり6時間目より恢復が見られ，18時間目から照射前値に戻る，

5%酸素，99%窒素の兩群は略ゝ同一の經過をたどり照射後1時間目は 15.25%，14.50%前後となり6時間目まで同樣の經過をとり，9時間目から回復し，18時間目に照組前値に戻る．

一酸化炭素注入群は照射前値 42.50%に對し3時間目に最低値 18.75%となり，その後次第に恢復し，18時間目には照射前値に戻る．

20%酸素，99%酸素は共にX線に對する減受性を高め，5%酸素，99%窒素は感受性を低下せしめ，一酸化炭素の許ではX線の効果は殆んど認められなくなる．

(2)　分裂中期細胞の異常型出現率

第7表，第12圖に示す．

非照射群及び 320r 照射群では照射前後を通じて 29.00%～ 50.00%の間を大きく變動するに對し， 320r 照射群では 27.50%～ 58.75%間をもつと大きく變動するが，照射群の方が變動大で，注入ガス及びX線照射による相互關係には何等意義を見出し得ない．

(3) 分裂中期細胞の崩壞型出現率

第8表，第13圖に示す．

i) 非照射群（對照群）

5%酸素，20%酸素，99%酸素，99%窒素の各群および對照群は何れも各種ガス注入による變化は認められず，すべて照射前後を通じて 21.00%～9.75%の範圍中を變動し，對照群と同一の傾向を示す．

一酸化炭素群は照射後 1～6時間目は 43.25%，43.25%，34.00%を増加し，以後9時間目より徐々に恢復して18時間目より照射前値に戻る．

ii) 320r 照射群

320r 照射群では6群すべてが照射後1時間目より著明に増加し，照射前値 12.25%～ 19.00%に對し，照射後1時間目には 58.25%～ 35.25%の間を變動し，3時間目には 56.25%～ 46.00%と最大値を示し，以後徐々に恢復して24時間目に始めて照射前値に戻る，各群の間には明瞭な差異が認められない．

併し，一酸化炭素の場合，これを非照射一酸化炭素群と比較してみるに，その曲線は類似の傾向を示す．卽ち照射前値は各々 16.50%， 17.25%に對し，照射後1時間目は 43.75%， 43.25%，6時間目は各々 42.00%， 36.00%と同じ傾向を示す曲線となる．一酸化炭素の許で照射した場合崩壞型出現率は一酸化炭素の影響丈あたえ，X線の効果は殆んど認められない．

4. 小 括

吉田肉腫細胞を5%酸素，20%酸素，99%酸素，99%窒素，一酸化炭素等の許でX線照射して，X線の効果を核學的檢査から比較するに次の如くである．

20%酸素（大氣）群，99%酸素群は共にX線 320r 照射しても，核分裂係數，核相百分率（後期出現率を除く）及び分裂型，崩壞型出現率に於いては，その効果に差は認められない．卽ち，酸素の分壓が20%酸素（大氣）よりも大であつても，吉田肉腫の核學的所見に影響を與えない．

5%酸素群，99%窒素群共に 320r 照射し核分裂係數，核相百分率（後期出現率を除く）及び分裂型，崩壞型出現率から觀察すれば兩者の間の差は極めて小さいが，99%窒素群の方がX線に對する影響が少ない．又此の兩群は20%酸素（大氣）群よりも明らかにX線の影響が少である．卽ち酸素の分壓が20%よりも小であればX線の影響は減弱される．併し，前述したマウスの死亡率の實驗程明瞭な結果は得られなかつた．

一酸化炭素群は一酸化炭素自身により，核分裂係數，核相百分率（後期出現率を除く）及び分裂型，崩壞型出現率等に強く影響するが，これに更にX線を照射してもそれ以上の影響がない．卽ち，一酸化炭素の許ではX線を照射しても，その効果は殆んど認められない．

IV 總括並びに考案

放射線の生體に對する作用機轉はついては，現在次のように考えられている．

放射線のエネルギーが組織内に吸收されゝば，shell electron は叩き出され，その electron が原子や分子の側を通過するとき，短時間ではあるが，そこに強い電場が作られ，その爲に原子や分子がイオン化を起したり， excite されたり或は又 atomic displacement をを起す．卽ち，細胞の水や蛋白分子等をイオン化したり excited state にする．

併し，生體細胞の樣に70～90%が水分子である場合には，放射線の上記一次作用を受ける分子の大部分は細胞の蛋白分子ではなくして水分子である．

從つて水分子が放射線の作用を受けて生じた種々の free radical，H_2O_2 等が，生體を構成する蛋白質，酵素，その他種々の物質に重大な影響を與えると考えられている．

此等種々 radical及び H_2O_2 の生成に關する多くの研究結果，卽 Stapleton[1]，Gelin[2]，Limpe-

ros及び Mosher[16]等の報告および Tobaco-Mosaic virus に對する不活性化の實驗[3] 等は，いずれも放射線生物學的作用の基礎として水の分解反應の研究が重要であることを示している．

Weiss[10] 及び1951年までの水の分解反應に就で總合した P. Bonet-Maury[9] 等は，水分子に放射線が作用すると次のような一連の反應が起ると報告している．卽ち，

H_2O+radiation→H_2O^++electron

$H_2O^+ + H_2O \rightarrow H_3O^+ + OH$

H_2O+electron→$H+OH^-$

$H+H \rightarrow H_2$

$H+OH \rightarrow H_2O$

$OH+H_2 \rightarrow H_2O+H$

$H+H_2O_2 \rightarrow H_2O+OH$

此の樣な反應が起きる際に，若し酸素が十分に溶解している場合には

$H+O_2 \rightarrow HO_2$

$2\,HO_2 \rightarrow H_2O_2+O_2$

の反應が起り，HO_2 及びH_2O_2 が生ずる．從つて酸素のある場合には特に H_2O_2 の生成量が增加するので，生物學的効果が非常に強められると報告している．而もこれを Patt[17], Gray[19], 及び Rajewsky[19] 等が染色體異常，突然變異等の生物學的實驗で證明している．

水溶液中において溶質分子との反應にあずかるものとしては，H. OH. HO_2. H_2O_2. H^+OH^-等が考えられるが，現在最も active であると考えられるものはOH，H，次で HO_2, H_2O_2 である．

併しこれ等の生産量が問題となるが M. Ebert[11] (1954年)[11] の論文がうまく說明している．それによれば

$2\,H_2O$+radiation→$H_2O_2+H_2$ (A)

H_2O+radiation→$H+OH$ (B)

上式に示す樣に放射線による水分子の電離の結果生じた H_2O_2, H radical, OH radical等は次の樣な變化を受ける．

$H+O_2 \rightarrow HO_2$ (1)

$2\,HO_2 \rightarrow H_2O_2+O_2$ (2)

$H+HO_2 \rightarrow H_2O_2$ (3)

更に $HO_2+OH \rightarrow H_2O+HO_2$ (4)

HO_2 $H^++O_2^-$ 又は $H_2+OH^- \rightarrow H_2O+O^-$ (5)

$H_2O_2+O^{2-} \rightarrow OH+OH^-+O_2$ (6)

$H_2O_2+H \rightarrow H_2O+OH$ (7)

の反應が起る

組織細胞中の水分子が放射線によつて電離されたり excite されたりして (2), (3) の反應から H_2O_2 が生成されるが，若し酸素が缺乏していれば，上記反應中に生成された H radical 及び OH radical によつて破壞され (4), (7) 式), 卽ち H_2O_2 が生成されても直に破壞されて充分に H_2O_2 の効果が現われない．

併し，若の酸素が充分に溶存していれば，(1) の反應が極めえ強く現われるので HO_2 の生成が增加し，從つて (2), (3) の反應によつて H_2O_2 の生成が增す．一方 (1)～(3) の反應で radical は HO_2 radical 及び H_2O_2 を成生するために消費され，Hradical の絶對量が減少する．從つて (7) の反應によつて H_2O_2 に破壞されても，破壞される割合は減少するかな H_2O_2 の組織内生成量が非常に增加する．卽ち，酸素が十分に溶存していれば組織内の H_2O_2 の生成量が增加し，此の H_2O_2 によつて放射線の生物學的効果が大になる．

著者の實驗に於でも，マウスの死亡率では照射中に酸素の分壓を變えれば，その生物學的効果に大きな差異を生ずる事を示している．大氣中よりも酸素の分壓を高くした狀態．卽ち50%，99%酸中で照射したものは大氣中で照射したものに比して全く差異が認めむれない，併し，10%，7%，5%酸素と分壓を低下させると，その順に死亡率が下つてその効果は著明に現われ，又死亡時期の延長が認められる．これは上記 H_2O_2 生産量增加によつて生物學的効果が大になると云う理論の裏付けになると思う．

又，吉田肉腫の核學的檢査に於ても同樣のことが認められた．特に細胞中に含有する酸素をも奪取する一酸化炭素の場合は顯著な効果がみられ，一酸化炭素自身は核分裂係數，核相百分率，核型百分率に著明な影響を與えるが，これにX線照射しても，X線による影響は殆んど現われない．卽

ち上記 H_2O_2 生成の理論から考えれば（1）の反應が起き難い．H_2O_2 は最も多く（2），（3）の反應から生ずるが，此の反應も起き難い．而も，（A）の反應その他から生ずる H_2O_2 は（7）の反應で全く失われてしまうので H_2O_2 の生成がないから，理物學的効果は極めて少ないと考えられる．

Tribondeau-Bergonie（1904年）によれば，放射線に對する感受性は細胞に對する新生能力大きいものほど大で，又形態學的，機能的に分化の低いものほど大であると云う．卽ち，絶えず增殖して新陳代謝の盛んなものほど放射線感受性は大である．

又，Mottram[27] は温度の上昇に伴つて放射線感受性が高まることを動植物の細胞で證明している．

これを理論的に考察するに，前者は文化の高い細胞よりも代謝が旺盛であるため，後者は温度上昇により代謝が亢進するため何れも酸素の需要が增加し，從つて H_2O_2 の生成が增すので放線射感受性が大となると思推してもよかろうか．

此の樣に大氣中よりも低酸素でX線を照射すれば，生物學的度果の減少卽ち，生體に對する放射線感受性の低下を來たすが，又同時に吉田肉腫の實驗成績は腫瘍に對しても同樣感受性の低下を證明している．

猶，以上の事はX線の場合であるが，γ線に於いても同じ電磁波のエネルギーの吸收であり，ただエネルギーの大きさに差がある丈であるから，その iondensity から考察すればX線と同樣の作用機轉と推定される．

併し，α線の場合には異なる作用機轉と考えられる．卽ち，α線の樣な電荷の大きい粒子の場合は，その iondensity から考えて電離がトラックに沿つて密に生ずるから

$$OH+OH \rightarrow H_2O_2$$

なる反應によつて酸素が溶存しなくても容易に H_2O_2 の生成が增加するから生物學的効果は大である．α線の R.B.E. が10であることも H_2O_2 の生産量から說明出來るかも知れない．

從つて α線の場合には酸素効果はみられない（Bonet-Maury[20]）が，又α線と全く同樣のことが proton 及び neutron による recoil nucleus, heavy recoil nucleus 等にも云へると思われるが何れも今後猶檢討されねばならぬ問題と思う．

V 結 論

以上の實驗結果から次の結論を得た．

1） 10%，7%，5%酸素中でマウスを照射すると，その順に死亡率が低下し，50%，99%酸素中でで照射した場合，その死亡率は20%酸素（大氣）中で照射したものと大差ない．卽ち，酸素分壓の効果が現われる限界は10～20%酸素の間であり，それよりも酸素分壓が低ければ生物のX線に對する感受性の低下が著明となり，酸素分壓をそれよりも如何に高くしてもX線の効果は增大するこへなく，大氣中と全く同一の効果である．

2） 吉田肉腫接種ラツテの腹腔内に諸種分壓の酸素を注入してX線照射した場合，核分裂係數，核相百分率，核型百分率でもマウスの死亡率と同樣の結果を得た．卽ち，5%酸素，99%窒素注入の場合は，20%，99%酸素の場合に比して核學的變化が小さい．一酸化炭素の場合にはX線照射しなくても核學的變化が強く現われるが，これにX線照射をしても，その影響はX線照射しない場合と比較して何等差異を認めない．卽ち．一酸化炭素の許ではX線の作用は殆んど現われない．

3） 此の成績は，水溶液中に酸素が溶存する場合 H_2O_2 が形成され（radiochemical reaction），これが放射線生物學的作用の主役を演ずると云う理論の一つの裏付けになると思う．

本論文の要旨は第15回日本醫學放射線學會總會並びに第80回關東部會に發表した．

稿を終るに臨み終始御懇篤なる御指導を賜つた恩師樋口助弘教授に深大なる謝意を表します．

參考文獻

1) Stapleton, G.E.: Ref. (5), p288. —2) Gelin, O.E. V.: Hereditas, 27, 209, (1941). —3) 村地孝一: 原子力(武谷編), 教學社, (1954). —4) Lea, D.E.: Action of Radiation on the Living Cells. Cambridge Univ. Press, London (1947). —5) Spear E.G.: Radiations and Living Cells. (1953)—6) Wallenstein, M. et al.: J. Am. Chem. Soc., 73. p. 532, (1951). —7) Fricke, R.E.:Radiol. 52, 846, (1949). —8) Schol-

es, G. and Weiss, J.: Nature. 171, 4360, p. 920, (1950). —9) Bonet-Maury, P.: Brit. J. Radiol. 24, p. 422, (1950). —10) Weiss, J.: Brit. J. Radiol., Suppl. 1. p. 56, (1947). —11) Ebert, E.: Radiobiology Symposium. p. 30 (1954). —12) Laser, H.: Radiobiology Symposium. p. 68, (1954). —13) 吉田富三: 吉田肉腫, 寧樂書房, (1952). —14) 森: 小組織學, 日本醫書出版社, (1946). —15) 牧野, 吉田(俊): 遺傳學論文集, 2, (1949). —16) Limperos, G and Mosher, W.A.: Am. J. Roent. 63, p. 681, (1950). —17) Patt, H.M.: Physiol. Rev. 23. p. 46, (1953). —18) Gray, L.H.: Brit. J. Rad. 26, p. 609, (1953). —19) Rajewsky, B.: Radiology Symposium. p. 81. (1954), —20) Bonet-Maury, P. and LeFort, M.: Nature, 162, p. 381, (1948). —21) Swanson, C.P.: Radiology Symposium. p. 254, (1954). —22) Collinson, E., Dainton, F. S. and Holmes, B. Nature, 165, 4190, p. 267, (1950). —23) Scholes, G. and Weiss, J.: Nature, 166, 4224, p. 640, (1950). —24) Dainton, F.S. and Rowbottom, J.: Nature, 196, 4296, p. 370, (1952). —25) Daniel, M., Scholes, G. and Weiss, J.: Nature, 171, 4365, p. 1153, (1953). —26) Hollaender, A., Bmmtt, W.T., Morse, M.L. and Burke, A.W.: J. Bact, 63, p. 591, (1952). — 27) Mottoram J.C.: Brit. J. Rad. Vol. 8, p. 32, (1953).

On the Effects of Varying Oxygen Tensious on Living Tissues to Ionizing Irradiation

By

Kimiaki Takeuchi
Department of Radiology, Tokyo Jikeikai School of Medicine
(Director: Prof. Dr. S. Higuchi)

Weiss, Bonet-Maury and Ebert reported that, in the presence of water, the effects of radiation are reduced in the absence of oxygen, as hydrogen peroxide yields become lower which is formed via following two reactions.

$$H+O_2 \rightarrow HO_2 \quad 2HO_2 \rightarrow H_2O_2+O_2$$

Then I intended to investigate the lethality and weight loss of mice, and the examination of nuclei of Yoshida's sarcoma cells by X-ray irradiation under mixture of oxygen and nitrogen.

Methode:

1) The gas mixtures from commercial cylinders were bubbled through water and entered the nylon bag ($15 \times 20 cm^2$), and then, the gas escaped from the other side of the bag through the tube. The mice irradiated with X-ray in the mixture of 5%, 7%, 10%, 20%, 50%, and 99% oxygen.

2) The rats were irradiated after intraperitoneal injection of 5%, 20% and 99% oxygen, 99% nitrogen and carbonmonoxide, in the peritoneal cavity of which Yoshidás sarkoma cells had been implanted four days before. Then, I examined the mitotic changes of the nuclei of the sarcoma cells.

Results:

1) The experiments of lethalities are summarized in the following table.

X-ray dose	gas mixture	lethality	
non-irraniated	20% oxygen	0%	all survived
600 r	5% oxygen	0%	all survived
600 r	7% oxygen	10%	2 mice dead out of 20 mice
600 r	10% oxygen	100%	all dead between 7th and 19th day after irradiation
600 r	20% oxygen	100%	all dead between 7th and 16th day after irradiation
600 r	50% oxygen	100%	all dead between 6th and 15th day after irradiation
600 r	99% oxygen	100%	all dead between 6th and 16th day after irradiation

2) Judging from the mitotic changes, the effects of X-ray are reduced under 5% oxygen and 99% nitrogen, but the effects of X-ray under 99% nitrogen are quite equel to that of 20% oxygen.

Under carbonmonoxide, the effects are not recognized at all.

These experiments support the theory that the radio-chemical reactions forming free radical, above all hydrogen peroxide in the presence of free oxygen play an important role in radiation injuries.