



Title	X線のCatalaseに及ぼす影響に関する実験的研究
Author(s)	大友, 信
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1956, 16(9), p. 971-983
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/16907">https://hdl.handle.net/11094/16907</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

# X線の Catalase に及ぼす影響に関する実験的研究

東京慈恵會医科大学放射線醫學教室(主任 橋口助弘教授)

大 友 信

(昭和31年8月10日受付)

## 目 次

### 緒 言

#### 第1章 実験材料及び方法

#### 第2章 健常白鼠血液 Catalase の日間變動

##### 第1節 實驗成績

##### 第2節 小 括

#### 第3章 血液 Catalase のX線照射の影響

##### 第1節 血液 Catalase のX線一時照射の影響

###### 第1項 肝部照射による變動

其1 300r 照射群の成績

其2 600r 照射群の成績

其3 1200r 照射群の成績

###### 第2項 全身照射による變動

其1 100r 照射群の成績

其2 300r 照射群の成績

其3 1200r 照射群の成績

##### 第2節 血液 Catalase のX線連日照射の影響

###### 第1項 60r 全身連日照射群の成績

###### 第2項 90r 全身連日照射群の成績

##### 第3節 小 括

#### 第4章 組織 Catalase のX線照射の影響

##### 第1節 健常白鼠肝腎 Catalase

##### 第2節 X線全身一時照射の影響

##### 第3節 小 括

#### 第5章 総括及び考接

### 結 論

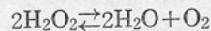
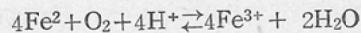
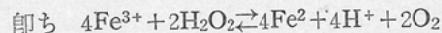
### 参考文献

## 緒 言

Catalase は  $H_2O_2$  に作用し此を  $H_2O$  と  $O_2$  とに分解する酵素であり、神前によれば酸化還元酵素ではなくその補助酵素リーゼの一種であると、その活性簇は Protohematin IX であると謂われる。本酵素は生體内に於いて殆んど總ての細

胞内に分布するが特に血液、肝、腎、脾、リンパ節等に多くみられる、血液内に於いては赤血球内に主として存する。

Catalase の作用機構に關し 1938 年 Keilne & Hartre は  $H_2O_2$  との Catalare 反應に對して次の Schema を提出した。



彼等は尙お一の機構として “Coupled Oxidation” を擧げている。これは酵素が基質に作用するに當り先づ酵素基質中間複合體が形成されこのものが二次的酸化觸媒として働くと云うのである。

Catalase の生理學的意義については Loew, Schaffer 等は生體内酸化の終點で必然的に生成される有害な  $H_2HO_2$  を分解して無毒ならしめ、體細胞を保護すると述べている。H. Theorell によれば Catalase はヘモグロビンが酸化により分解されるのを防ぐために組織より  $H_2O_2$  を除去すると謂う。或は生體内酸素利用を經濟化し且つ調節するのであると云われている。

酵素學に關する最近の進歩は酵素の生物作用機構殊に酸化還元系に於ける意義に關して幾多の解明を與えている。

放射線生物學領域に於て酵素との關係を検索した業績は多數ある。

1940 年 W.M. Dale は結晶 Carboxypeptidase 溶液の濃度の減することにより比較的少量の X 線照射により阻害作用を得た。彼は酵素分子は X 線照射により直接影響されないが、水の電離作用に

由來する不安定な生成物との衝突により間接的に影響を受けることを始めて認めた。

Hussey, Thompson (1932), Barron, Dickman, Muntz, Singer (1949) 等は Trypsin に對し, Lea et al (1944), Barron, Dickman, Muntz, Singer (1949) 等は Ribonuclease に對し, Dale (1942) は P-amino Acid oxidase に對 X線が阻害作用を示すことを報告している。本邦に於いても X線と酵素作用との關係を追究した業績亦多數あるも、我が教室の五味は X線生體照射により Cholinesterase を検索し腸 ChE に見られる著明な阻害作用は X線障礙機轉の一として注目に値すると述べ、山田は X線のアルカリ性 Nucleotidase 反應、並びに Phosphatase 反應は概ね、その照射線量に反比例して減弱すると謂う。

X線の酵素阻害作用について、Barron, Muntz, Singer 等は次の意義づけを與えている。酵素は蛋白部分と活性簇との複合體と考えられている。X線はその何れかに作用する。前者に作用する時には X線は SH 基、OH 基、アミノ基の如き蛋白分子の側鎖内の反應團を酸化する。或は變性により水素結合を離解する。後者に作用する場合には酵素の生物作用を變える化學的變化を生ずる。SH 基を有する酵素は X線照射に際し、SH 基の過硫化物への酸化により SH 基を有しないものより阻害され易いと。

血液 Catalase に対する放射線の作用を観たものに X線照射家兎の夫れをバルクロフト氏微量ガス定量法により測定した谷内の業績及び Radium 照射白鼠の夫れを齊藤氏法により追究した小林の研究等が擧げられる。

著者は X線生體照射の血液及び組織 Catalase 及びその生物作用をみる目的として齊藤氏法、及びその變法を用いて夫々測定し照射線量照射部位、及び照射後の經過の 3 點より觀察し聊かの知見を得たので茲に報告する。

### 第1章 實驗材料及び方法

實驗材料 健常雄性白鼠（血液 Catalase の場合は體重 150 g 前後のもの、組織 Catalase の場合には 70 g 前後のもの）を用いた。アジ、サバ、

カツヲ等所謂青い魚の頭を煮出した汁にて大麥を煮たもの一定量に、キヤベツ、人蔘等の野菜を特に留意して與え 5 ~ 6 日間飼育した後實驗に供した。觀察期間中の飼料はすべて上述のものである。

#### II) 實驗方法

##### A) 血液 Catalase 微量定量法

但し反應時の溫度を 0°C とした。

##### 齊藤氏微量定量法

血液を Sahli 血色素計の Pipette で 20 cmm とり、之を静かに 0.01% 酒精水溶液 20 cc に加え、同じ液で數回 Pipette 内を静かに洗う。攪拌溶血後 1 分を経て此の稀釋液 1 cc を一定溫度の N/25 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (溶媒 M/15 磷酸緩衝液 pH 6.8) に加え、更に正確に 1 分を経て 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4 cc を加え反應を停止せしめる、これを 2 cc microburette を用い N/10 KMnO<sub>4</sub> で滴定し、殘存する H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> を定める。

此の KMnO<sub>4</sub> 液の消費量を acc, 1 cc の血液稀釋液自身の消費する KMnO<sub>4</sub> 液の量を a' cc 分解前の H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> に対する KMnO<sub>4</sub> 液の量を bcc とすれば原血液の Catalase 作用（活性値）は次式によつて表わされる。

$$\text{Kat.f.} = \frac{20 + 0.02}{0.02} \log \frac{b}{a - a'}$$

※採血法 背位に固定した Ratte の大腿内側中央部の皮膚を剃毛し該部をピンセットでつまみ上げ、曲剪刀にて小圓形皮切を行い、皮膜下に透見せる靜脈を消毒せる細小注射針で穿刺し採血する。検査終了後 2% マーキュロ液を塗布消毒する。

##### B) 純組織 Catalase 定量法

X線照射後 48 時間に動物を屠殺し、肝、腎夫々 100 mg を Torsion balance で測り乳針で充分摺り潰した後 M/15 磷酸緩衝液 10 cc を加えて小ビーカーに洗い出し氷室に於いて 1 時間浸出したものの上清を酵素とし、次いでこの酵素液 1 cc を磷酸緩衝液 (pH 6.8) を溶媒とする N/25 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 5 cc に 0°C の下に 1 分間作用させた後 2 cc の microburette を用いて N/10 KMnO<sub>4</sub> 液で滴定し残存する H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> の量を知ることによつて Catalase

作用を測定した。即ち此の  $\text{KMnO}_4$  液の消費量を  $a\text{cc}$ ,  $1\text{cc}$  酵素液自身の消費する  $\text{KMnO}_4$  の消費量を  $a'\text{cc}$  分解前の  $\text{H}_2\text{O}_2$  に對應する  $\text{KMnO}_4$  液の量を  $b\text{cc}$  とすれば求める Catalase 作用は

$$\frac{10+0.1}{0.1} \log_{10} \frac{b}{a-a'}$$

によって表わされる。

### C) 白血球數算定法

血液 Catalase 測定に併せて白血球數算定を行つた。白血球算定用メランジウールを用い Tuck 氏液にて20倍稀釋し Bürker-Türk 氏計算盤にて型の如く算定する。

### Ⅲ) X線照射方法

#### i) 血液 Catalase の場合

##### A) 一時照射

イ) 全身照射を行うに當つては Ratte を略々固定出来るボール箱に收容してX線錐の中心部に置き一匹宛次の條件で照射する, X線裝置島津製作所博愛 A 號, 管電壓 140kVp, 管電流 3 mA, 濾過板 0.3mmCu + 0.5 mmAl, 皮膚焦點距離30 cm, 線量率 r/min 10.1, 照射線量は 100r, 300 r, 600r の3種

ロ) 肝部照射を行うに當つて Ratte を木板に背位固定し,  $3 \times 2 \text{ cm}^2$  の孔を有する厚さ 2 mm鉛板にて全身を充分遮蔽し該孔部を Ratte 肝部に相當させ, (特に脾に照射せぬよう留意する)X線錐中心部を孔部に一致させる。X線照射條件は管電壓 140kVp, 管電流 3 mA, 濾過板 0.3mmCu + 0.5 mmAl, 照射野  $8 \times 10 \text{ cm}^2$ , 皮膚焦點距離 30 cm, (1200r の場合は 23cm とする) 線量率 r/min 10.1, (23cm の場合 17.1) 照射線量は 300r, 600 r, 1200r の3種

##### B) 連日照射

Ratte を略々固定出来るボール箱に收容し, 夫れをX線錐中心部におき, 次の條件で毎日一定の時刻に一匹宛照射する。管電壓 140kVp, 管電流 3 mA, 濾過板 0.3mmCu + 0.5 mmAl, 皮膚焦點距離 50cm, 線量率 r/min 5.95, 照射線量は毎月 60r, 90r で前者は 25 回, 後者は動物の死亡するまで照射する。尙お血液 Catalase 測定は 5 回連日照射毎に, 24時間後に行ひ, 測定日は照射を中心とする。

止する。

#### ii) 組織 Catalase の場合

A (イ) と同様に Ratte を固定し, 夫れと同一條件で一匹宛照射する。照射線量は 100r, 300r, 600r.

## 第2章 健常 Ratte 血液 Catalase 日間變動

### 第1節 實驗成績

基礎實驗として健常 Ratte 血液 Catalase の日間變動を検索した。前述の如く飼育した Ratte に午前 9 時より 3 時間飼料を與え, 其後 3 時間毎に 12 時間目迄検査した, 正確には日間變動とは云い難いが基礎實驗として差支えなきものと考える。8 例についての検査成績は第 1 表に示す如くである。

第 1 表 健常白鼠血液 Catalase 活性値日間變動

絶対値	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	平均
3 st	109	94	98	122	107	108	113	118	108
6 "	115	108	95	98	112	117	96	99	105
9 "	102	87	108	100	95	114	101	104	101
12 "	108	116	101	106	106	103	98	102	105

最高値 122, 最低値 87, 日差の平均は 15% で最高 19~20% を示すものは No. 2, No. 4 の 2 例, 最低 12% を示すものは No. 3, No. 6 である。晝間値 (3 時間目) と夜間値 (9.12 時間目) を比較するに夜間に至り増加するものは No. 2 であるがこのものの 9 時間値は 12 時間値に比し 19% の差があるので夜間に上昇を示したとは云い難い。夜間値の低下せるものは No. 4, No. 7, No. 8 で他は著變なし。

### 第2節 小括

上述の検査成績を一括すると次の事が謂える。

健常白鼠 Catalase の生理的 日間變動は齋藤氏法に於いて一般に 12~15% で最大 20% と認められる。先に小林は齋藤氏法を用い, 血液 Catalase は晝間に於いて殆んど變動なく夜間に至り, 晝間値に比し最大 20% の増加を示せるものありと報告している。

## 第3章 血液 Catalase の X 線照射の影響

### 第1節 血液 Catalase の X 線一時照射の影響

第2表 肝部300r 照射群白鼠血液 Catalase 及び白血球數の變動

動物番号	照射前 Kat.f. 白血球數	後											
		3	6	9	12	24st	2	4	6	8	10	12	14T
10	109 9200	110 8700	105 8100	91 8400	96 7300	89 6600	89 9100	88 8200	98 7900	94 7800	108 9600	90 8900	105 11200
11	112 8000	126 8800	116 7600	108 7800	117 7200	120 6400	109 5500	121 6000	122 6400	101 7800	109 6900	112 6100	107 7100
12	114 15300	107 12000	110 13800	118 9600	97 6800	89 10900	100 9200	92 11800	92 9600	103 11100	92 12200	97 13400	88 11800
13	109 12600	98 10100	95 9900	106 9100	105 4300	92 9100	98 8600	108 9400	101 10500	112 9400	93 12100	98 9800	96 10600
14	96 10400	103 9300	106 11200	93 6300	112 9500	101 7900	91 8300	93 9900	108 8100	103 10100	118 12600	107 11300	114 9800
平均	108 11100	109 9780	106 10120	103 8640	105 8020	98 8180	97 8140	97 9060	100 8500	106 9340	98 10680	99 9900	105 10100
百分率	100 100	100 88	98 90	95 78	97 72	91 74	90 73	93 82	98 77	91 84	97 96	92 89	97 91

但し Kat.f.=Katalase fähigkeit の略

## 第1項 肝部照射による變動

## 其1 300r 照射群の成績

本群の白鼠 No. 10～No. 14 の 5 例の實驗成績は第2表に示す通りである。

## i) 血液 Catalase

照射前値最高 112, 最低 96, 各例とも不定の傾向を示し生理的の變動内増減に留まっている。強いて云えば No. 10, No. 12 は 24 時間目より 4 日目迄僅かに減少し以後漸次回復の傾向が見られる。

## ii) 白血球數

照射前値最高 15300, 最低 8000, 各例とも 24 時間目より 4 日目迄最低値を示し以後漸次回復の傾向を有し 2 週目で照射前値に略々恢復する。

## 其2 600r 照射群の成績

本群の白鼠 No. 15～No. 19 の實驗成績は第3表に示す通りである。

## i) 血液 Catalase

No. 15, No. 19 は漸次減少し前者は 2 日目で略々最低値 (14% 減少) を示し以後恢復の傾向が認められる。後者は 24 時間目で最低 (22% 減少) となり以後の恢復は 5 例中最も遅い、No. 16, No. 18 は照射後や亢進状態がみとめられ、2～4 日目で略々原値に近い値を示し以後大なる變動は見られない。No. 17 は不定の傾向を示す。

## ii) 白血球數

照射前最高 13200, 最低 9200, No. 15, No. 17,

第3表 肝部 600r 照射群白鼠血液 Catalase 及び白血球數の變動

動物番号	照射前 Kat.f. 白血球數	後											
		3	6	9	12	24st	2	4	6	8	10	12	14T
15	114 9200	108 10200	99 8300	108 7200	102 9000	119 4500	98 9500	102 12200	109 7100	96 7800	99 5800	118 11800	101 9800
16	99 11100	113 4200	118 8100	99 6700	93 8300	107 7100	101 5700	91 6500	120 7400	101 5900	115 11200	98 10300	104 9300
17	93 11700	90 13700	108 9600	84 10400	96 8900	92 9400	88 8100	86 7200	101 8400	86 8200	90 9200	104 9800	88 8900
18	108 13200	121 12800	116 9800	106 10200	118 9000	112 8900	100 9800	98 8500	99 9100	99 10900	94 9500	113 12100	105 11500
19	128 10600	108 12200	117 12000	99 9600	125 10800	100 8200	112 7800	107 8000	102 7400	110 8800	108 9200	116 10400	107 9700
平均	108 11160	108 11620	112 9560	99 8820	107 9200	106 7620	106 8180	100 8480	103 7880	99 8920	105 8980	107 10880	101 9740
百分率	100 100	100 104	104 86	92 79	99 82	99 68	73 73	93 75	93 71	95 80	92 80	97 97	93 88

第4表 肝部1200r 照射群白鼠血液 Catalase 及び白血球数の變動

動物番号	照射前 Kat.f. 白血球数	後		3	6	9	12	24st	2	4	6	8	10	12	14T
		3	6												
20	103 13100	99 11800	102 12300	97 10100	89 10500	101 8900	93 7000	86 8400	94 8900	92 7800	84 9100	108 11700	93 10400		
21	121 8600	128 10300	119 9400	116 8300	115 6300	110 5200	103 5400	106 5100	101 4500	101 5600	111 6300	108 6800	114 8700		
22	98 9400	100 9800	95 8300	93 7100	102 6300	91 6600	90 6200	85 5800	89 5400	87 7300	100 6600	96 7400	88 6100		
23	112 14300	115 15700	108 13000	109 10200	99 9100	96 11100	105 7600	96 9900	103 7800	98 9900	102 9200	92 12100	110 9800		
24	108 10800	107 11800	103 8200	100 7300	114 5400	99 6200	96 7800	87 7100	100 7300	92 7800	100 8700	94 9400	111 10100		
平均	108 11240	110 11880	105 10240	103 8200	104 7825	99 7580	97 6900	97 7260	92 6780	98 7680	99 7980	94 9480	104 9020		
百分率	100 100	102 106	97 91	95 73	96 70	92 67	90 61	85 65	91 60	89 68	92 71	96 84	93 80		

No. 19は照射後3時間目に一時的増加がみられ、以後漸次減少し、No. 15は24時間目に、No. 17, No. 19は夫々4, 2日目に最低となり以後次第に恢復する。No. 16, No. 18は一時的増加がみられず漸減し、前者は2日目に、後者は4日目に最低となり以後次第に恢復する。

### 其3 1200r 照射群の成績

本群の白鼠 No. 20～No. 24の実験成績は第4表に示す通りである。

#### i) 血液 Catalase

照射前値最高 121, 最低98, 各例とも一般に漸減し2～4日目で最低(10～20%減少)となり以後漸次恢復の傾向が認められる。

#### ii) 白血球數

照射前値最高 14300, 最低8600, No. 24を除く他の4例とも照射後3時間目一時的に増加し、以後漸減し、No. 23は2日目に、No. 20, No. 24は4日目に No. 21, No. 22は6日目に最低となり以後恢復の傾向がみられる。

### 第2項 全身照射による運動

#### 其1 100r 照射群の成績

本群の白鼠 No. 25～No. 29の実験成績は第5表に示す通りである。

#### i) 血液 Catalase

照射前値最高 114, 最低87, No. 25, No. 28, No. 29は照射後漸次減少し No. 25は4～6日目

第5表 全身100r 照射群白鼠血液 Catalase 及び白血球数の運動

動物番号	照射前 Kat.f. 白血球数	後		3	6	9	12	24st	2	4	6	8	10	12	14T
		3	6												
25	93 8800	94 8500	87 6100	82 6400				90 3700	81 4100	74 5900	74 7400	84 8500	88 7600	92 4800	79 4500
26	87 9760	80 10100	93 8200	86 8400	83 6300	2900	4700	80 6700	82 8100	94 10200	103 11000	95 9200	106 11300		
27	113 10600	98 7600	90 7400	114 9000	101 6700	93 5200	4300	109 4800	94 5300	106 6700	97 6300	93 7200	89 7600	103 7600	
28	99 12200	93 8100	91 9300	109 7100	88 5900	82 4700	5300	106 8300	83 6300	101 5000	87 6500	96 5100	91 4800	103 107	
29	114 10300	98 11700	115 8300	91 7100	108 8200	96 6200	5700	92 4400	101 5300	86 5900	98 5100	99 6900	112 7300	107 7100	
平均	101 10320	93 9200	95 7850	96 7725	95 7075	90 4780	4700	93 5520	81 6460	92 7260	94 7360	94 6840	98 7100	96 7100	
百分率	100 100	92 89	94 76	95 75	94 69	89 46	92 46	80 53	91 63	80 70	93 71	93 66	97 69	95 71	

で最低（20%減少）となり、No. 28は1～4日目で最低（20%減少）となり、No. 29は6日目で最低（25%減少）となり全例中抑制作用最も強く、その後3者とも漸次恢復する。他の2例は不定の傾向を示す。

#### ii) 白血球數

照射前値最高 12200、最低8800、No. 26、No. 29は照射後3時間目一時的増加がみられ、前者は24時間目で後者は4日目で夫々照射前値の30%，47%と著明に減少し以後漸次恢復し、2週目に生理的運動範囲内に達する。No. 25、No. 27、No. 28は照射後一時的増加を示さず減少し2日目で最低となり、以後徐々に恢復し2週目で照射前値の50%を示す。No. 27は生理的運動範囲内に達す。

#### 其2 300r 照射群の成績

本群の白鼠 No. 30～No. 34の実験成績は第6表に示す通りである。

#### i) 血液 Catalase

照射前値最高 114、最低92、No. 30、No. 32、No. 33を観るに照射後 No. 32が比較的大なる運動を示す他は漸次減少し、No. 30、No. 32は4日目、No. 33は2日目で最低（夫々16%，26%，18%減少）となり、以後漸次恢復の傾向が見られる。No. 34は照射後減少し6日目で最低（29%減少）となり5例中最も強い抑制作用が認められ以後漸次恢復する。No. 31は不定の傾向を示し殆んどX線の影響を認めない。

#### ii) 白球血數

照射前値最高 13900、最低9800、全例とも照射後24時間目可成り減少し2日目に最低値（原値の13～26%）を示し、以後僅ながら増加し14日目に於いて原値の30～40%に達す。

#### 其3 600r 照射群の成績

本群の白鼠 No. 35～No. 39の実験成績は第7表に示す通りである。

#### i) 血液 Catalase

照射前値最高 139、最低96、No. 35、No. 36は照射後漸次減少の一途を辿り8日目で著明な低値（夫々原値の65%，42%）を示し、翌日斃死した。

No. 36、No. 38は照射後漸減し4日目に最低値（夫々原値の71%，70%）を示し以後僅かに増加するが2週目で未だ生理的運動範囲に達していない。No. 39は照射後9時間目に1時的に増加し以後減少し、2～4日目で最低値（原値の75%）に達し以後恢復し14日目で生理的運動範囲にまで達する。

#### ii) 白血球數

照射前値最高 12100、最低9300。No. 35、No. 37は照射後24時間目で早くも夫々原値の20%，13%の著明な低値を示し8日目に800となり9日目に斃死した。No. 36、No. 38、No. 39は2～4日目で最低（1200～1800）となり、以後極く僅か増加し14日目で2000前後の値にしか達しない。

第6表 全身 300r 照射群白鼠血液 Catalase 及び白血球數の變動

動物番号	照射前		照射後											
	Kat.f. 白血球數	3	6	9	12	24st	2	4	6	8	10	12	14T	
30	100 13900	103 9900	95 6900	88 7600	97 5100	95 3500	87 1800	84 1400	96 1300	99 2800	74 2400	89 3100	91 3600	
31	92 11700	84 8100	87 8600	95 7800	89 6900	89 2900	106 1600	89 2400	101 2200	107 3600	93 3400	91 2900	105 3800	
32	112 10600	98 8800	115 8100	107 6900	90 7200	112 1900	106 1800	88 1800	83 1200	101 2400	92 2600	110 3200	93 4800	
33	102 10700	97 9100	86 6000	73 4200	99 5900	81 2600	80 1600	83 2600	92 1400	103 3100	81 2600	83 3600	96 2800	
34	114 9800	95 8100	90 5800	108 6600	117 4700	92 3200	88 2600	87 3300	81 2900	99 3800	105 2900	89 4200	116 3400	
平均	104 11340	95 9800	95 10800	94 6620	101 5960	92 2820	93 1880	86 2300	91 1800	102 3140	89 2780	92 3400	100 3680	
百分率	100 00	91 78	91 62	90 58	97 53	88 25	89 17	82 20	88 16	98 28	85 25	88 30	96 32	

第6表 全身600r 照射群白鼠血液 Catalase 及び白血球数の変動

動物番号	照射前 Kat.f. 白血球数	後											
		3	6	9	12	24回	2	4	6	8	10	12	14T
35	100 10100	81 8100	89 6200	86 6800	97 4600	92 2100	70 1400	62 1600	65 1100	65 800	9日目 死亡		
36	104 12100	84 9600	88 7600	109 8100	102 6900	91 2600	90 1800	74 2100	81 1500	78 1200	74 1800	82 1400	80 2300
37	139 9300	120 7200	128 7600	114 5100	123 4300	115 1200	104 800	104 900	89 1100	59 800	9日目 死亡		
38	104 10800	100 9600	111 7800	91 5600	78 3300	74 2400	81 1400	73 1200	73 1600	80 1200	83 1400	78 2000	76 1800
39	96 9600	107 7200	116 6100	92 3200	98 2200	88 1400	72 1500	74 1200	78 1100	81 1600	83 1800	79 2100	82 1900
平均	109 10380	98 8340	105 7060	103 5760	98 4160	92 1940	83 1380	77 1400	77 1280	73 1120	80 1640	80 1830	79 1970
百分率	100 100	90 80	96 68	94 55	90 43	84 10	76 12	71 13	71 12	67 11	73 16	73 18	72 19

第8表 60r 連続照射群白鼠血液 Catalase 及び白血球数の変動

動物番号	照射前 Kat.f. 白血球数	5回 照射后					10回 照射后					15回 照射后					20回 照射后					
		5回 照射后	10回 照射后	15回 照射后	20回 照射后	25回 照射后	5回 照射后	10回 照射后	15回 照射后	20回 照射后	25回 照射后	5回 照射后	10回 照射后	15回 照射后	20回 照射后	25回 照射后	5回 照射后	10回 照射后	15回 照射后	20回 照射后	25回 照射后	
40	126 12500	105 6400	99 4700	104 3900	101 3400	90 2800																
41	96 9600	89 3600	98 3500	87 2800	80 1200	23回照射死																
42	122 12800	109 5000	112 2700	93 3500	90 2100	84 1400																
43	107 10400	89 6100	92 4200	115 3000	97 3300	81 2100																
平均	113 11325	98 5275	100 3775	100 3000	92 2500	85 2100																
百分率	100 100	87 47	89 33	89 26	82 22	75 19																
対照	108 10500	95 9100	98 13400	121 9800	104 8600	100 12600																

## 第2節 血液 Catalase の X線連日照射の影響

## 第1項 60r 全身連日照射群の成績

本群の白鼠 No. 40～No. 43の実験成績は第8表に示す通りである。

## i) 血液 Catalase

照射前値最高 126, 最低96, 4例とも25回照射得何れも生理的変動範囲を越え明かな阻害作用が認められる。一般に線量の増加に伴い比較的規則正しく減少の傾向がみとめられる。No. 41は23回照射後死亡したが20回照射の値は未だ生理的変動範囲にある。

## ii) 白血球数

照射前値最高 12500, 最低9600, 5回照射後原値の39～59%を示し各例とも照射回数の増加に伴ない規則正しく減少し25回照射後原値の11～22%を示す。

第9表 90r 連続照射群白鼠血液 Catalase 及び白血球数の変動

動物番号	照射前 Kat.f. 白血球数	5回 照射后					10回 照射后					15回 照射后										
		5回 照射后	10回 照射后	15回 照射后	20回 照射后	25回 照射后	5回 照射后	10回 照射后	15回 照射后	20回 照射后	25回 照射后	5回 照射后	10回 照射后	15回 照射后	20回 照射后	25回 照射后	5回 照射后	10回 照射后	15回 照射后	20回 照射后	25回 照射后	
45	127 12200	109 5600	71 2200	61 600	18回照射死																	
46	94 8200	98 2300	106 1000	64 800	20回																	
47	89 15200	93 8600	83 4500	114 2200	18回																	
48	97 9800	86 4800	76 2100	78 1000	16回																	
平均	102 11475	97 5325	87 2700	79 1150																		
百分率	100 100	95 46	85 24	77 10																		
対照	108 9200	121 14300	102 10100	113 9900																		

## 第2項 90r 全身連日照射群の成績

本群の白鼠 No. 45～No.48 の実験成績は第9表に示す通りである。

## i) 血液 Catalase

照射前値最高 127, 最低89, No. 47を除く他の3例は15回照射後生理的変動範囲をこえ明らかな阻害作用が認められる。No. 47のみは15回照射後も生理的変動範囲内に留まっている。

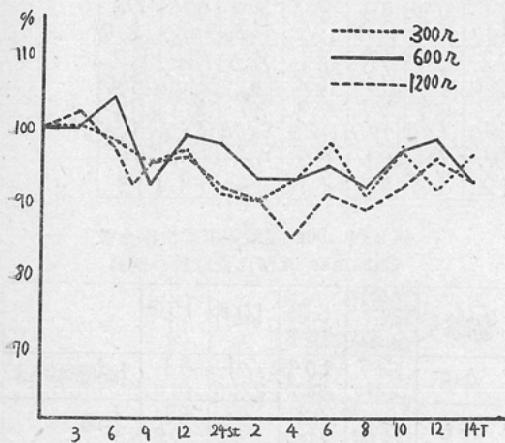
## ii) 白血球数

照射前値最高 15700, 最低8200, No. 46を除く他の3例は5回照射強約50%の減少を示し以後照射回数の増加に伴ない規則正しく減少し15回照射後600～2000となる。No. 46は5回照射後既に約70%の減少を最し15回照射後 800となつたが20回照射後死亡し生存期間は最も長い。

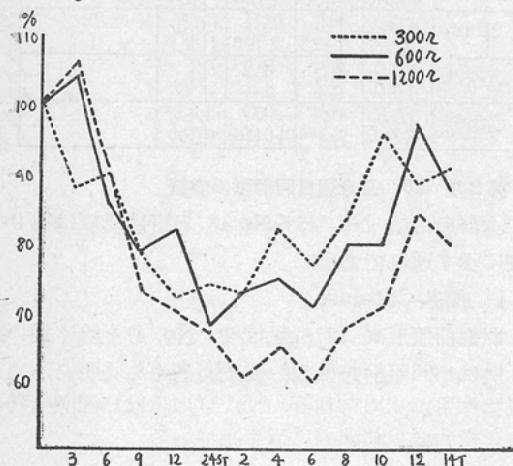
### 第3節 小 括

i) 肝部照射群の成績を一括して観察するために照射前の成績の平均値を対照値とし、5例照射後の5例平均の変化を対照値に對する百分率で表わすと表2表、第3表、第4表及び第1圖(1)。(2)に示す通りである。

第1圖(1) 肝部X線照射白鼠の血液  
Catalase の變動 (5例平均)



第1圖(2) 肝部X線照射白鼠の白血  
球數の變動 (5例平均)



#### イ) 血液 Catalase

300r 肝部照射例に於いては2日目で10%減少し以後漸次恢復する。600r 肝部照射例に於いては2日目の減少は前者との差異は明らかでなく、以後恢復の傾向がみられる。1200r 肝部照射例に

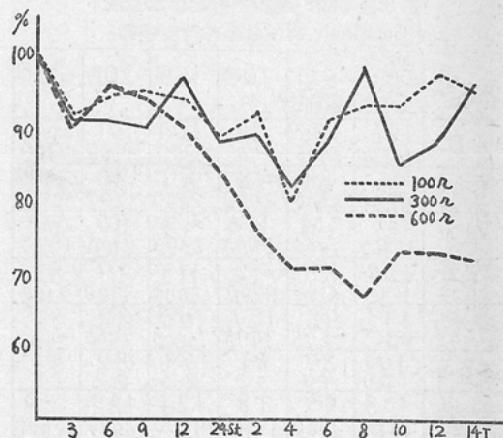
於いては4日目で15%減少し以後恢復する。

#### ロ) 白血球數

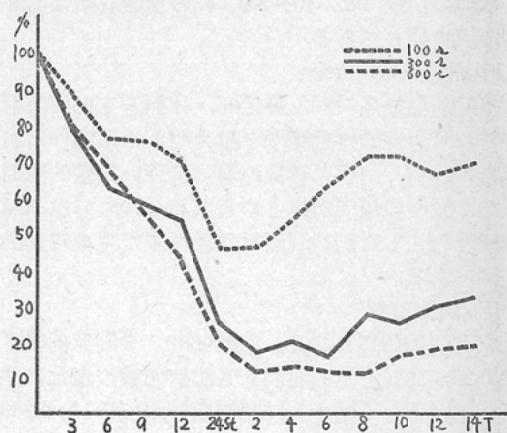
300r, 600r 肝部照射例に於ては前者は照射後1~2日目で原値の73~74%，後者は24時間目で原値の68%を示し以後漸次恢復し14日目で原値の90%前後に達す。1200r 肝部照射例に於いては照射後2~6日目で60~65%を示し以後漸次恢復し2週目で原値の80%を示す。

ii) 全身照射群の成績を一括して観察するために本節 i) に於ける如く求めると第5表、第6表、第7表及び第2圖(1)。(2)に示す通りである。

第2圖(1) 全身X線照射白鼠の血液  
Catalase の變動 (5例平均)



第2圖(2) 全身X線照射白鼠の  
白血球數の變動 (5例平均)



## イ) 血液 Catalase

100r, 300r 全身照射群に於いては照射後4日目で約20%の減少を認め以後漸次恢復の傾向が見られ、14日目では略々原値に達する。600r 全身照射群に於いては8日目で最低値を示しているが此は9日目に死亡した2例の前日の値が極度の低下を示した爲めで實際には4～6日目で最低となり以後漸次恢復するが14日目に於いて原値の74%しか達しない。

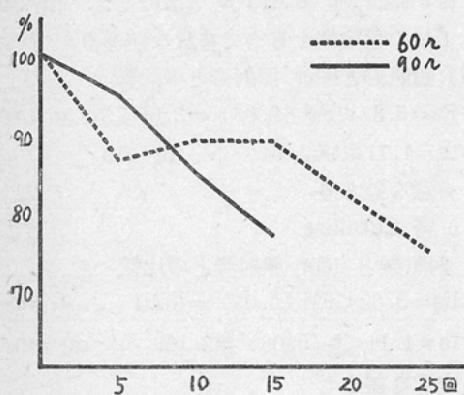
## ロ) 白血球數

100r 全身照射群では照射後1～2日目で最低となり以後恢復し、14日目で原値の69%を示す。

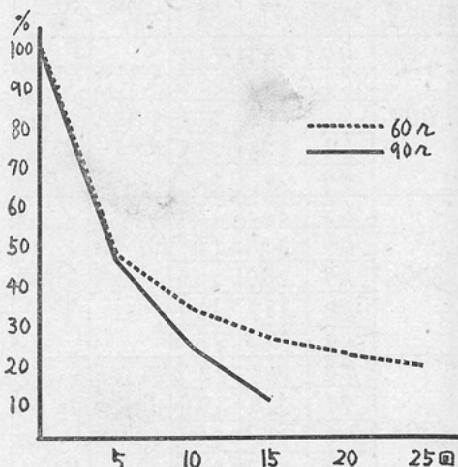
300r, 600r 全身照射群では照射後2～6日目で夫々最低原値の16～20%, 12～13%を示し以後僅かに増加するが14日目で前者は原値の32%，後者は原値の19%しか示さない。

iii) 連日照射群の成績を一括して観察するために肝部照射群の成績の場合と同様に求めると第8表、第9表、第3図(1), (2)に示す通りである。

第3図(1) X線連日照射白鼠の血液 Catalase の變動 (4例平均)



第3図(2) X線連日照射白鼠の白血球數の變動 (4例平均)



## イ) 血液 Catalase

60r 連日全身照射群に於ては15回照射後も約10%の減少を示さないが20回後約20%の減少、25回後で約25%の減少がみられる。90r 連日全身照射群では15回照射後約23%の減少を示す。15回目を比較して判る様に30r お差は血液 Catalase 阻害作用に明らかな差異が認められる。

## ロ) 白血球數

60r 連日全身照射群では5回後半減し以後線量の増加に伴ない、規則正しく減少し25回後で原値の19%を示す。90r 連日全身照射群では5回後半減し以後線量の増加に伴ない前者に比し急激に減少し、此亦30r の差は白血球數に對し明らかな差異が認められる。

#### 第4章 組織 Catalase に及ぼす X線照射の影響

## 第1節 健常白鼠肝、腎 Catalase

健常雄性白鼠體重70gm のもの10例に就いて測

第10表 健常白鼠肝腎 Catalase 活性値

動物番号	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	備考
肝	29.7	28.6	25.8	28.4	22.5	26.1	24.5	24.9	26.2	24.9	$\bar{x}=26.22 S=4.322$ $u=4.73 N=10$
腎	17.7	26.5	28.6	22.5	22.1	23.4	26.5	24.1	22.8	27.3	$\bar{x}=24.15 S=9.168$ $u=10.18 N=10$

第11表 全身照射群白鼠肝腎 Catalase 活性値

照射量	動物種	肝	腎	備考	
				肝	腎
100r	60	23.7	21.9	$\bar{x}=23.28$	$\bar{x}=22.46$
	61	20.8	23.0	$u^2=12.09$	$u^2=2.81$
	62	19.0	20.8	$S=4.839$	$S=7.65$
	63	22.8	24.5	$N=5$	$N=5$
	64	25.1	22.1		
300r	65	20.5	25.2	$\bar{x}=22.44$	$\bar{x}=21.5$
	66	23.7	18.7	$u^2=4.09$	$u^2=5.82$
	67	20.0	22.9	$S=16.25$	$S=43.51$
	68	23.7	17.4	$N=5$	$N=5$
	69	24.3	23.3		
600r	70	14.8	22.2	$\bar{x}=22.02$	$\bar{x}=20.82$
	71	22.9	17.9	$u^2=27.79$	$u^2=3.44$
	72	19.8	22.0	$S=11.29$	$S=13.03$
	73	29.2	21.8	$N=5$	$N=5$
	74	23.4	20.3		

定した成績は第10表に示す通りである。

肝 Catalase 最高29.7、最低22.5、腎 Catalase、最高28.6最低17.7である。

## 第2節 組織 Catalase の X線照射による影響

照射後48時間目に動物を屠殺し肝、腎に就いて其の活性値を前述の方法により測定した。其の実験成績は第11表に示す通りであり、之を推計學的に検討して有意な差があるか否かを定めた。二つの標本の比較は下記の式に従う。

對廢のない場合

$$\text{分應比 } Fs = \frac{u_1^2}{u_2^2} (u_1 > u_2) \text{ が}$$

$$F_{N_1-1}^{N_1-1} (0.05)$$

より大ならば  $\sigma_1 \neq \sigma_2$   
小ならば  $\sigma_1 = \sigma_2$

$\sigma_1 = \sigma_2$  の場合

$$ts = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{W / \left( \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)}}$$

と自由度( $n=N_1+N_2-2$ )に對する1%又は5%のtを求め  $ts > t$  大ならば  $m_1 \neq m_2$  とした

$\sigma_1 \neq \sigma_2$  の場合

1)  $N_1 = N_2$  ならば

$$Fs = \frac{(\bar{x} - \bar{y})^2}{W^2 \left( \frac{N_1}{N_2} + \frac{N_2}{N_1} \right)}$$

が  $F^1_{N_1-1} (0.01)$  又は  $F^1_{N_1-1} (0.05)$  より

り大ならば  $m_1 \neq m_2$  とした。

2)  $N_1 \neq N_2$  ならば

$$ts = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{u_1^2}{N_1} + \frac{u_2^2}{N_2}}} \text{ が}$$

$$t = \frac{u_1^2 t_1 / N_1 + u_2^2 t_2 / N_2}{\frac{u_1^2}{N_1} + \frac{u_2^2}{N_2}}$$

$(t_1^2 = F^1_{N_1-1} (0.05))$   
 $(t_2^2 = F^1_{N_2-1} (0.05))$  より

大ならば  $m_1 \neq m_2$  とした。

茲に  $\bar{x}$ =標本平均  $m$ =母平均

$u^2$ =不偏分散  $\sigma$ =母分散

$S$ =標本變動

$$W^2 = \frac{S_1 + S_2}{N_1 + N_2 - 2}$$

とする。

### I) 肝 Catalase

i) 對照群と 100r 照射群との比較

$$Fs = 2.55 < F^4_{9} (0.05) = 3.63 \therefore \sigma_1 = \sigma_2$$

$$ts = 2.03 < t (0.05) = 2.160 \therefore m_1 = m_2$$

有意な差なし

ii) 對照群と 300r 照射群との比較

$$Fs = 1.15 < F^4_{9} (0.05) = 6.00 \therefore \sigma_1 = \sigma_2$$

$$ts = 3.24 > t (0.01) = 3.012 \therefore m_1 \neq m_2$$

1%の危險率をもつて有意な差あり

iii) 對照群と 600r 照射群との比較

$$Fs = 5.87 < F^4_{9} (0.05) = 3.63 \therefore \sigma_1 \neq \sigma_2$$

$$ts = 1.71 > t = 1.64 \therefore m_1 \neq m_2$$

有意な差あり。

### II) 腎 Catalase

i) 對照群と 100r 照射群との比較

$$Fs = 3.62 < F^4_{9} (0.05) = 6.00 \therefore \sigma_1 = \sigma_2$$

$$ts = 1.11 < t (0.05) = 2.160 \therefore m_1 = m_2$$

有意な差なし

ii) 對照群と 300r 照射群との比較

$$Fs = 1.73 < F^4_{9} (0.05) = 6.00 \therefore \sigma_1 = \sigma_2$$

$$ts = 1.5 < t (0.05) = 2.160 \therefore m_1 = m_2$$

有意な差なし。

iii) 對照群と 600r 照射群との比較

$$Fs = 2.95 < F^4_{9} (0.05) = 6.00 \therefore \sigma_1 = \sigma_2$$

$$ts = 2.05 < t (0.05) = 2.160 \text{ 有意な差なし}$$

### 第3節 小 括

i) Deutsch, H.F., & Sebra Affonso に據れば健常白鼠の肝 Catalase 作用は動物の性と體重によつて甚だしく變化すると謂う百済は肝 Catalase も血液の夫れと同様季節的變動を示すと報告している。此等の事實に基づいて白鼠組織 Catalase の X 線照射の影響を検索するに當り、體重、性、實驗期に特に留意した。

血液 Catalase と肝の夫れとは起原を同一にするや否や即ち血液 Catalase は骨髓及び血液内で產生され、次いで赤血球破壊に關係ある肝で分解され Catalase になるのか或は蛋白複合體は同一なるも骨髓と肝とで別個に生成されをかに關して二つの説が行わされている。Nord 等に據れば兩物質の蛋白が同一の點より觀て肝 Catalase は赤血球破壊中、其れより分離された血液 Catalase に他ならぬと同一起原説を唱えている。他方 Theorell 等は Fe<sup>59</sup> をモルモット腹腔内に注入してこのものは別個の器管で形成されることを結論した。

ii) 上述の検査成績より次の事が謂える。

肝 Catalase は 300r, 600r 全身照射により有意な差を以つて減少するが X 線感受性の低い腎に於いては 600r 全身照射に於いても有意な差が認められず腎 Catalase に對する X 線の影響は比較的少ない。

### 第5章 總括及び考按

X線の生物作用研究の一端としての生體 Catalase に對する X 線作用に關する著者の實驗成績は以上の如くである。

Ratte を X 線 300r, 600r, 1200r 肝部一時照射、100r, 300r, 600r 全身一時照射、60r, 90r 連日全身照射した場合の成績を總括するに

#### i) 血液 Catalase

イ) 肝部照射 300r, 600r, 1200r の何れの場合に於いても 2 ~ 4 日目に最大 15% 減少を認め生理的變動を越えない。

ロ) 全身照射群に於いて 100r, 300r では一般的には生理的變動内増減を認めるが 600r で明らかな阻害作用を認めた。特に 9 日目に死亡した 2

例に於いては約 50% の阻害作用を認めた。

扱て X 線の血液 Catalase に對する X 線阻害機構の一端を按するに骨髓障礙による赤球血球數の減少に伴なう Catalase 量の減少及び生體内の Catalase 自體に惹起された複雑なる生物學的變化によるのみならず且つ又血中 Vitamin C は血液 Catalase 作用に密接な關係を有するとされ X 線半數致死量 550r (LD<sup>50</sup>/30dys) 全身照射マウスの臓器 Vitamin C 含有量に著明な減少を認めると謂う神田の成績に照合し、マウスの成績が Ratte に適用出来るならば斯かる線量による Vitamin C の減少も血液 Catalase 阻害作用の一因とみなされる興味ある證差といえよう。小林は Ratte を Radium 照射し血液 Catalase が 480r では抑制されず、960r により明らかに抑制される事を報告し、谷内は家兎を X 線照射しバルクロフト氏微量瓦斯測定器を用い、血液 Catalase を測定し一般に適量は血液 Catalase の酵素的機轉を増進するが過量は低減せしめる報告している。

ハ) 全身一時照射では 600r で明らかな阻害作用を認めるに反し 60r 連日照射では 1200r で生理的變動を示し、1500r で明らかな阻害作用を認め、90r 連日照射群では 900r で 15% 減少し 1350r で明らかな阻害作用を認めた。かかる事實より X 線作用は一時照射の方が分割照射より強い事を示す。即ち X 線作用は線量と時間的因子に關連する事を示す。

#### ii) 組織 Catalase

肝 Catalase は 300r, 600r 全身照射により有意な差をもつて減少するが Ratte 全身 500r 照射により肝の組織呼吸抑制が 4 日間認められると云う Barron の研究よりみれば呼吸に關係のある Catalase も抑制も考えられる。一方腎 Catalase は 600r 照射により有意な減少を認めないがこれは組織の X 線感受性の差に歸せられる。500r 照射 Ratte の Catalase は照射直後ではその作用は變らないと Ludewig & Chanutin は報告しているが著者の血液 Catalase の成績が示すように照射後 2 ~ 3 日に至らなければ阻害作用は發現しない堀は廿日鼠を 700r 照射し、24時間後に肝

Catalase を測定し 10 % の減少を報告しているが著者の 16 % 減少と比しや、Ratte 肝 Catalase の方が Maus のそれより X 線阻害作用が強い。様に思われる。

### iii) 白血球數

白血球數に及ぼす X 線の影響をみた文獻は多數あるが X 線に感受性の高いこのものを血液 Catalase に對する作用と比較する意味で併せ算定した。100r, 300r, 600r 全身照射群に於ける白血球數の變動をみると 2 ~ 4 日目に最大減少し、其の減少度並びに恢復度は夫々 X 線量に比例し或は反比例する様に思われる。Suten は X 線照射 Ratte の白血球數の最大減少期は照射後 3 ~ 11 日目であり正常狀態に恢復するのは 25 日目と報告している。X 線障礙の早期の示標として X 線に感受性の高い白血球の數を算定することは望ましいが血液 Catalase の如き酵素はかういつた意味では價値は少いと見做される。

### iv) Ratte に對する X 線致死作用

著者の場合 600r 全身照射 Ratte 5 例中 2 例が照射後 9 日目で死亡し、他の 3 例は 4 週目に於いても生存した。例數が寡少の爲め LD<sup>50/30</sup> を定める事は無理であるが強いて云えば 600r である。J.B. Hursch 等は Ratte の各群に 150r, 300r, 600r の一回照射し、600r では平均生存期間は 11.7 日であると報告している。尙お同氏等は Wistar strain の Ratte を用い生後 16 ヶ月と生後 6 ヶ月のものに X 線一時照射後の 30 日間の死亡状況を觀察、比較した所によると LD<sup>50/30</sup> は前者は 600r 後者は 715r となり、年齢の増加に伴い X 線致死作用に對する抵抗力は減弱するものと考えられると述べている。

## 結論

- 1) 白鼠血液 Catalase の日間變動は斎藤氏法に於て一般に 12 ~ 15 % であると認められる。
- 2) 白鼠血液 Catalase は LD<sup>50/3</sup> 600r 全身照射により一般に減少する。其の減少は照射後 4 ~ 6 日目に於て著明である。
- 3) 肝部照射に於ては 300r, 600r, 1200r の何れの場合でも血液 Catalase は生理的變動範圍

に留まる。

4) 肝 Catalase は 300r, 600r 全身照射後 2 日目に於て一般に減少する。

5) 腎 Catalase は 600r 全身照射により殆ど影響されない。

6) 白血球數は 100r, 300r, 600r 全身照射後 2 ~ 4 日目に最も著明に減少し、その減少度、並びに恢復度は夫々 X 線量に略々比例し、或は反比例する様に思われる。

7) 60r, 90r 連日全身照射に於ては血液 Catalase は前者では 1500r で、後者では 1350r で明らかな阻害作用が見られる。

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意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。

## 参考文獻

- 1) 神前: 酵素學。— 2) F.F. Nord: Advance in Enzymology. — 3) James, B. Summer: The Enzyme Voll partl. — 4) 堀口: 北海道醫學誌, 27: 309. — 5) Barron, E.S. Gunzman: Dickman, Sherman, Muntz, John A. and. — 6) Singer, Thomas P.: J. gen. physiol. 34, 534 ~ 552. — 7) Alexander Hollander: Radiation Biology part 1. — 8) 五味: 日醫放, 15, 17. — 9) 山田: 日醫放, 15, 585; 593. — 10) 谷内: 日放醫, 1, 999. — 11) 小林: 慢大誌, 第 67 卷, 2 号. — 12) 斎藤: 醫學と生物學, 第 14 卷. — 13) 關口: 日生理誌, 第 16 卷, 第 1 号. — 14) 百済: 日消誌, 51, 439. — 15) 高橋, 土肥: 推計學入門. — 16) Deutscher, H.F., and Sebra Affonso: J. of Biol. Chem. 214, 447. — 17) Tytell, A.A., and Kerschen, H.P.: Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 48, 521 ~ 525. — 18) Forssberg, A.: Acta Radio. Scand., 27, 281 ~ 293. — 19) Dale, W.M., and Russell, C.: Biochem. 62, 50. — 20) 宇田: 日醫放, 13, 57. — 21) 菊田: 日醫放, 13, 230. — 22) 神田: 日醫放, 15, 260. — 23) P.F. Voronin: Ber. über. ges. physiol. Exp. pharm. 165, 189. — 24) 堀: 日醫放, 12, 35. — 25) 原, 斧田: 日醫放, 14, 153 より引用. — 26) Hursch, J.B. et al.: Amer. J. of roentgen, 74, 130 ~ 134. — 27) Hursch, J.B. and Lasarett G.W.: Brit. J. of Rad., 24, 169. — 28) 高木: 定量分析の實驗と計算, 第 2 卷. — 29) Hursch, J.B.: Cancer Research, 3, 120. — 30) Dale, W.M.: Biochem. J. 84, 1367 ~ 1373.

The experimental Studies on the effects of X-rays on Catalase  
By

Akira Otomo

Department of Radiology, Tokyo Jikeikai Medical Colledge  
(Director: Prof Dr. S. Higuchi)

I) After rats were X-irradiated totally with 100r 300r and 600r and on the liver with 300r, 600r and 1200r, the blood catalase activity and white blood cell counts were examined for the periode of fourteendays. The conditicons of X-ray irradiation were 140 KVP, 3mA, 0.3mm Cu 0.5mmAl, f.s.d. 30cm, r/min 10.1

Results.

i) Total irradiation

- 1) Blood catolase activity generally decreases but more markedly between 4 to 6 days after irradiated with 600r
- 2) white blood cell count decreases in proportionately to the given doses, and increases inversely

ii) Liver irradirradiation.

- 1) Blood Catalase activity does not decrease with 1200r.

II) Rats were X-irradiated with 100r, 300r and 600r, and two days later they were sacrificed. Catalase activity of liver kidney was measured by Saito's modified method. The conditions of X-ray irradiation were 140 kVp, 3mA, 0.3mm Cu+0.5mmAl f.s.d. 30cm r/min 10.1.

Results.

- 1) Liver catalase decrcases with significant differences two days after irradiated with 300r and 600r.
- 2) Kidney catalase does not decrease with significant differences two days after irradiated with 100r, 300r and 600r.