

論	文
---	---

低出力原子炉放射線の生体への影響

低出力原子炉(近畿大学原子炉)内での兎の照射

小倉 勲, 中村 勝一, 白山 秀生,
白井 章師, 細見 尚, 吉村 佳直,
中井 孝任, 江頭 正道

**Influence on Living Body by Radiant Rays produced
in Low Power Reactor**

Irradiation of Rabbit inside of Low Power Reactor (UTR-KINKI)

Isao OGURA, Katsuichi NAKAMURA, Hideo USUYAMA,
Akinori USUI, Takashi HOSOMI, Yoshinao YOSHIMURA,
Takahide NAKAI and Masamichi EGASHIRA

(Received June 20, 1984)

There is possibility of a risk that a living body is irradiated by those for slightly indifference to radiant rays, radiation source or devices of low level dose or dose rate. Accordingly, a low power reactor (UTR-KINKI) was utilized for a observation of influence by radiation of low level dose or dose rate, the rabbits were irradiated in it at output 1 w. The large influence was not expected for the low level dose rate of 1.313 Rad/hr even if they were irradiated for the several hours, but in a part of blood components a slight change was recognized. The change of M pattern in white blood corpuscle number was indicated likewise as irradiation of 500R X-ray, reported from Jacobson and others, by irradiation to about 13 Rads. In addition, lymphocyte number was increased considerably in an early stage. This fact will useful for a recovery of an injury as mentioned by Lucky. The rabbits of alloxan diabetes mellitus and hepatitis were irradiated in the same way as above, but they scarcely showed the alterations. However, numerous rabbits can't be used in this experiment for the equipment and others.

KEYWORDS

living body, reactor, radiant ray, white blood corpuscle number, lymphocyte number, rabbit, band cell number leukocyte, erythrocyte, blood suger, red blood corpuscle number, GOT, GPT, uric acid

放射線は治療, 殺菌, トレーサー実験, 非破壊検査など医, 薬, 農, 理, 工学など多方面にわたって現在様々に利用されている。高線量率, 高出力の線源や装置

は比較的短時間に所要線量の照射が達せられるので, 広い範囲で頻用されている。これに反し, 低線量率, 低出力の線源や装置は利用時間の関係などから, 一般

に前者ほど利用度は高くなく、かつ線量、線量率が小さいことから比較的軽視され、これがために却って種々の危険のともなうおそれが十分ある。Luckey¹⁾は放射線の低吸収線領域での重要性を強調し、その影響、効果などについての研究を纏めている。筆者らも低吸収線量の影響の重要性を考え、低出力原子炉である近畿大学原子炉（UTR-KINKI）を利用し、この放射線がどの程度生体に影響をおよぼすかの検討を、家兎を熱出力1Wで運転中の原子炉内で照射し、その血液成分の変化の状況の観察を試みることにした。ただし、収容スペースなどの関係から多数の兎については実施できず、数羽を照射して得られた結果をここでは纏めたにすぎない。

造血系に対する放射線の影響について Caserett²⁾は、分裂期相の細胞が最も感受性が大きく、したがって血球数に影響が現われるにはある一定の時間の経過が必要であると述べている。Jacobson ら³⁾は赤血球や白血球数の変化の状況を詳細に研究し、放射線照射を受けての貧血の発現は増殖分化相、幹細胞相の障害によるものであるとし、兎の白血球数の変化について、X線による500R以上の照射では3時間後に減少し、8および12時間後にピークをもつM型の増減変化をすることを示した。この際、リンパ球は単調に減少を続け、単球はリンパ球と同様早期に減少するが回

復は早く、100Rの照射では4乃至6日目には正常値に戻り、300R以上の照射ではリンパ球や顆粒球数は2乃至4日で頓座性上昇をすると報告している。

血小板数の放射線照射による影響は測定が困難なため結果がまちまちで、モルモットを除き200R以下ではほとんど変化はなく、300R以上の照射で減少が認められている⁴⁾。

体調に異常のある人がそれに気付かず放射線を受けた場合、どのような影響を受けるかを検討するため、兎にアロキサンを静脈注射してアロキサン糖尿病⁵⁾にし、この兎の原子炉内照射も試みた。また肝臓障害を起こしている人が放射線を浴びた場合の影響の観察のため、ヘパトキシンによる肝臓障害⁶⁾を起こさせることにし、四塩化炭素の50%オリーブ油溶液の皮下注射を繰返し、GOTあるいはGPT値を上昇させて照射用資料とした。さらに、血液中のタンパク質の変化の状況観察のため、水平式ポリアクリルアミドグラジェント薄層ゲル電気泳動法⁷⁾も行ったが、有用な知見は得られなかった。

実験の部

1 家兎の飼育 固型飼糧（日本クレマKK製）と水を自動給餌、給水できる特製のプラスチック容器

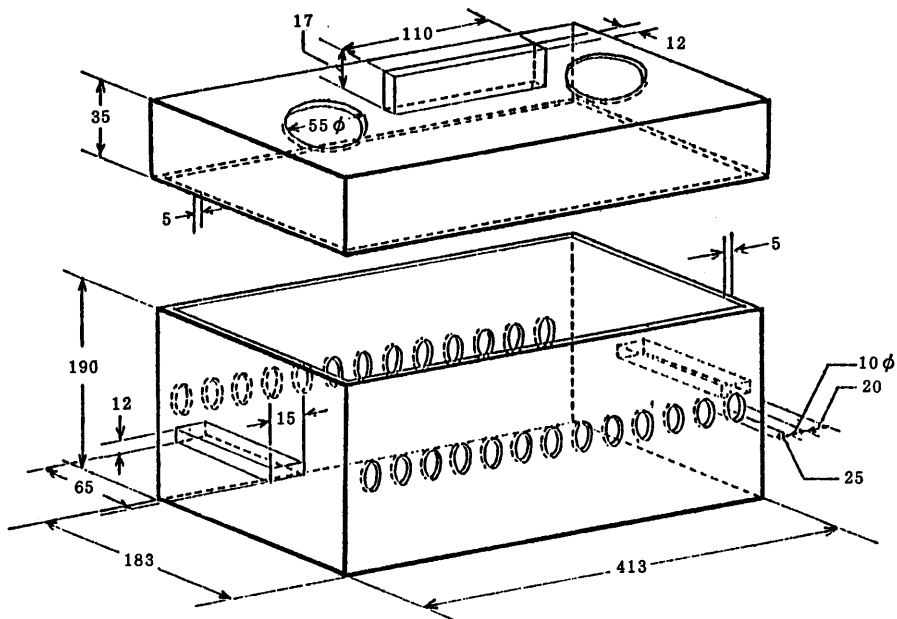


Fig. 1 Container for Irradiation (unit: mm)

(400×400×400mm) 中で飼育した。

2 原子炉内照射 a 収納容器 プラスチック製の厚さ 5mm の 183×413×190mm の上部と側部に空気孔のある容器に兎を 1 または 2 羽入れ、この容器をさらに厚さ 1mm のプラスチック製容器 (上蓋なし) に納めて原子炉の汚染を防ぐようにした (Fig. 1)。

b 照射 UTR-KINKI の中央反射体上に容器を置き、1W の出力 ($D_7=0.775$, $D_{th}=0.283$, $D_f=0.250$ Total=1.313 Rad/hr) で、平常状態の兎を 6 時間、または 24 時間の間隔をとって 6 および 4 時間の計 10 時間あるいは 1 週間の間隔を置いて各 6 時間の計 12 時間照射した。

3 アロキサン糖尿病兎 体重 1kg あたり 50, 75 および 100mg のアロキサンの 15% 水溶液を兎の耳の静脈より注入した。約 1 日の経過で血糖値はかなり上昇した。この処理を施した兎を静注後 7 日目に原子炉内で照射した。

4 肝障害兎 四塩化炭素の 50% (v/v) オリーブ油溶液を通常は体重 100g あたり 0.05~0.3ml を週 2 回 20 週連続投与して肝臓障害を起こさせているが、本実験においては 1ml/100g 体重の割合で毎日皮下注射を 1 週間連続して実施し、肝臓障害を起こさせた。

5 血液検査 耳静脈より採血し 関西医学検査センターに依頼して検査を行った。

結果と考察

低放射線量の照射では、血液成分の変化はそれほど認められないことを Jacobson らは述べている。筆者らの今回の実験は 1.313 Rad/hr の線量率による数時間の照射のため、それほどの変化は期待しなかったが、成分の一部については若干の変化が認められた。Fig. 2 に Jacobson らの報告している白血球数の M 型の変化 (500 R) のグラフと筆者らの照射 (約 13 R) のグラフを示した。原子炉内で 10 時間照射した場合は、照射後 13 時間で最高の白血球数を示し、24 時間以後は徐々にその数は平常値に復帰した。また、6 時間照射 (約 7.9 R) した兎では Fig. 3 に示したように、4 および 24 時間後にピークを持つグラフを描いたが、6 日後再び 6 時間照射した場合は、16 時間後にピークを持つゆるく上昇および下降する曲線を示し、48 時間後にはほぼ平常値に戻った。これら両曲線とも平常値と異なっており、低線量の照射でこのような変化が認められたのは、中性子線が影響した結果と考えられる。杆状核球数も Fig. 4 に示したように、白血球数の変化と類似のグラフを示した。照射による白血球数の変化を三次元的に示すと、照射 (10 時間) した兎では Fig. 5, 非照射兎では Fig. 6 に示したようになり、リンパ球と分節核球のグラフが著しく相違するこ

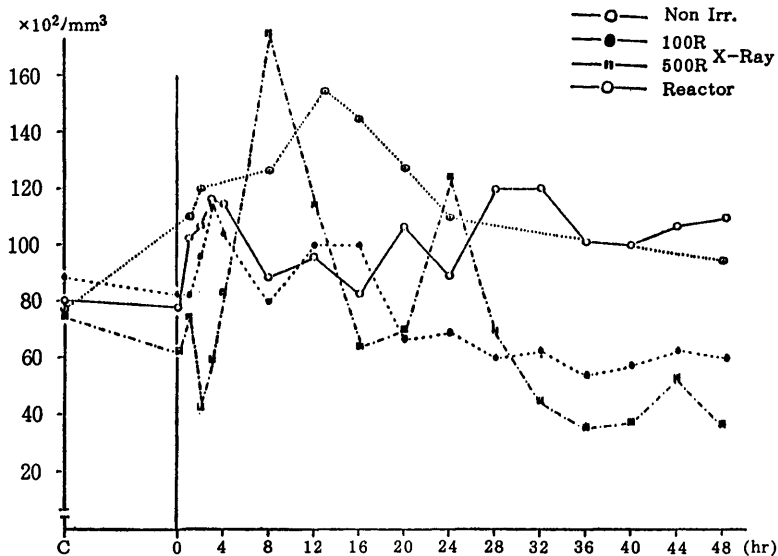


Fig. 2 Alteration of White Blood Cell Number in Literatures and Our Experiment

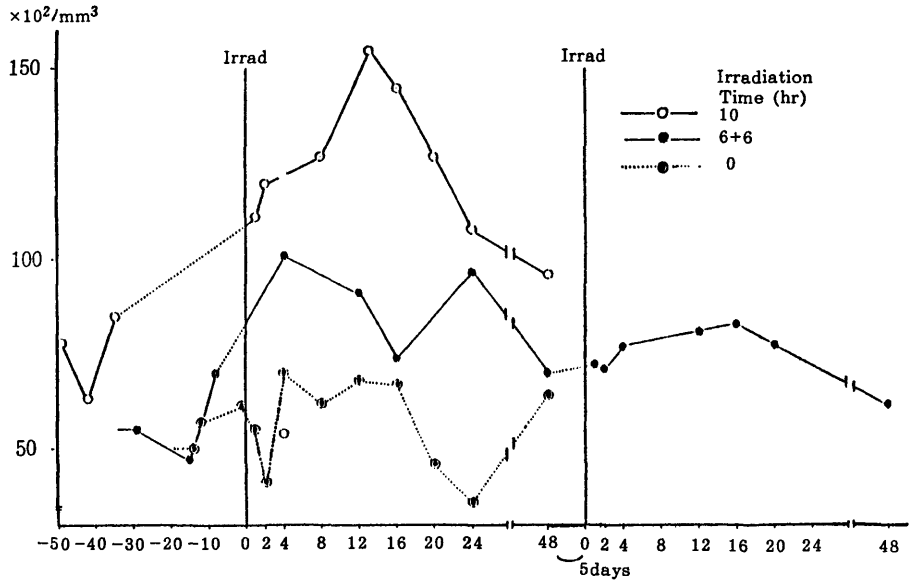


Fig. 3 Alteration of White Blood Cell Number in Blood of Rabbit by Irradiation in UTR-KINKI

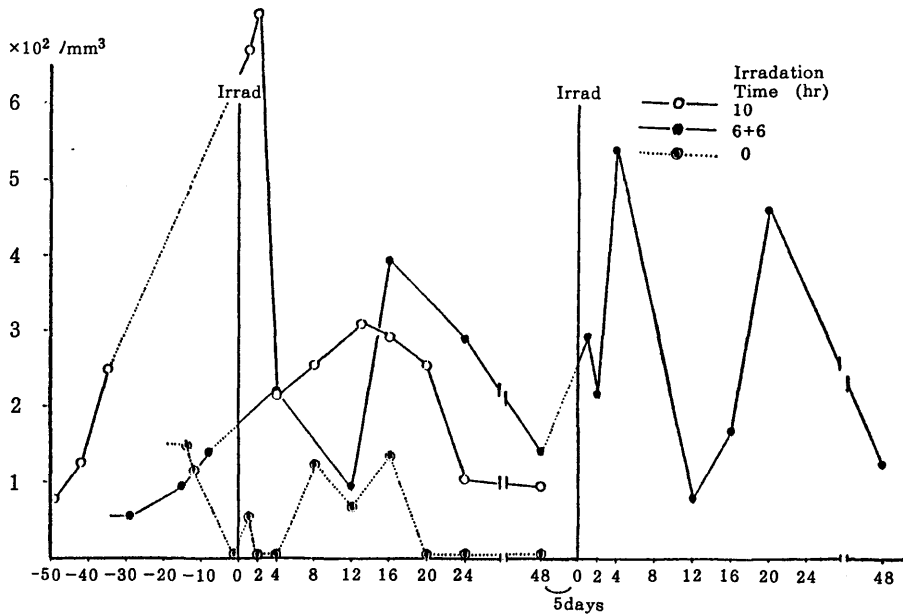


Fig. 4 Alteration of Band Cell Number in Blood of Rabbit by Irradiation in UTR-KINKI

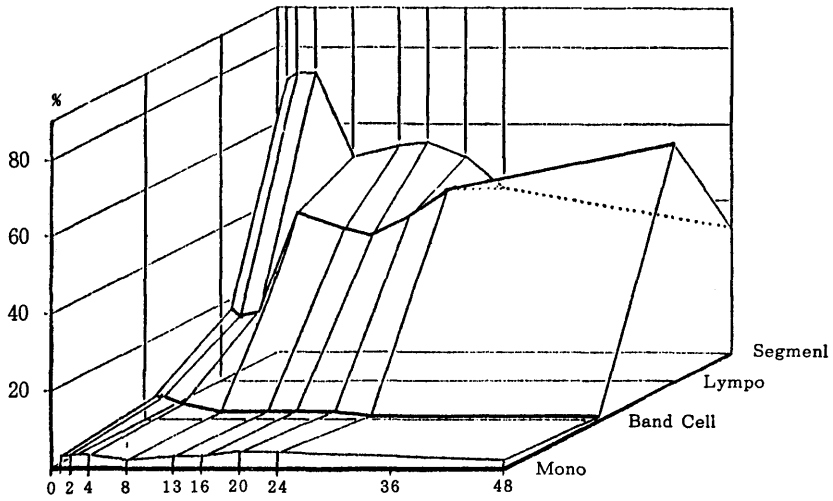


Fig. 5 Three Dimensional Display of Differentiate Leukocytes (Irradiated for 10 hrs)

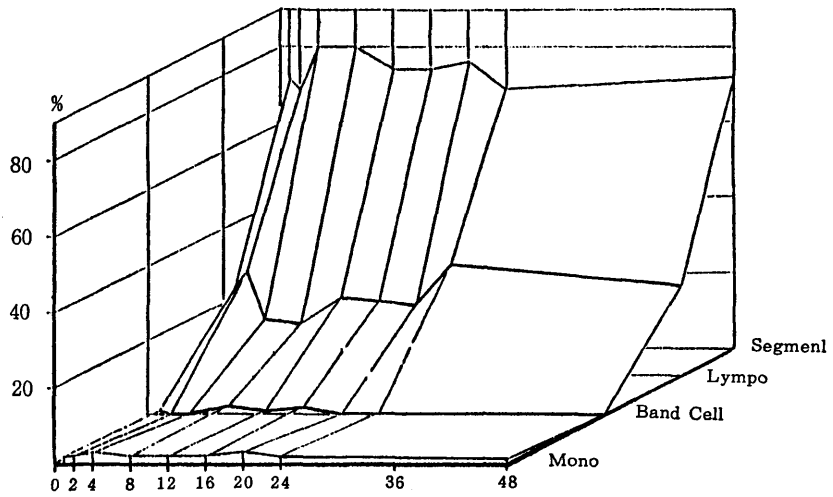


Fig. 6 Three Dimensional Display of Differentiate Lenkocytes (non Irradiated Rabbit)

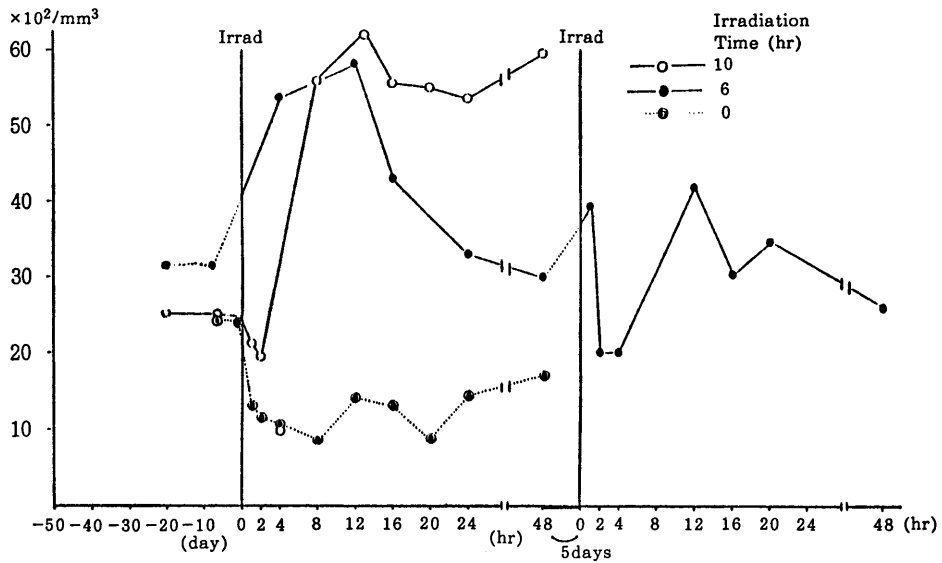


Fig. 7 Alteration of Lymphocyte Number in Blood of Rabbit by Irradiation in UTR-KINKI

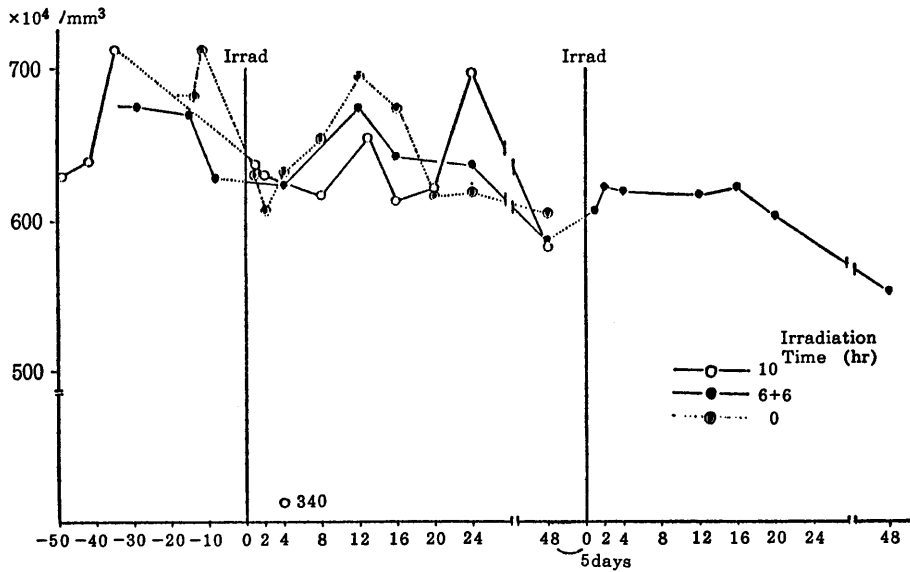


Fig. 8 Alteration of Red Blood Corpuscle Number in Blood of Rabbit by Irradiation in UTR-KINKI

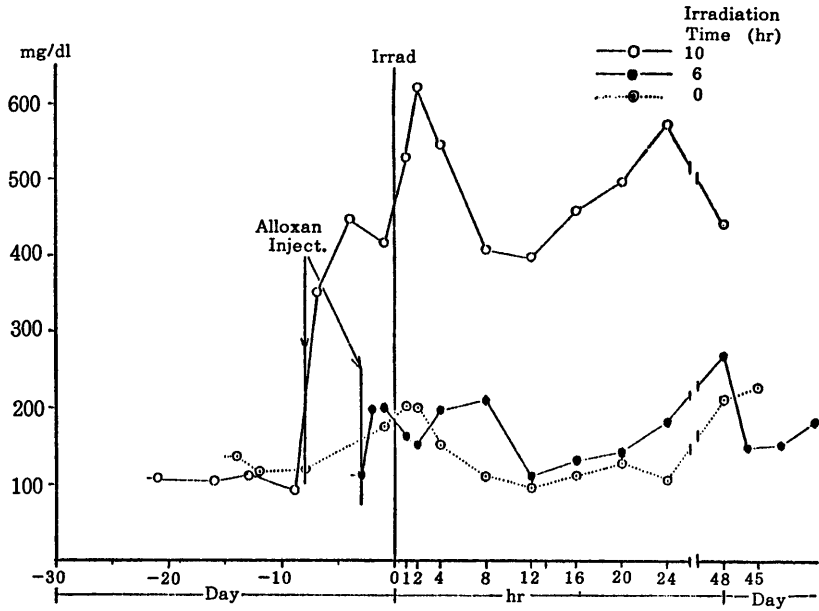


Fig. 9 Alteration of Blood Sugar Quantities in Blood of Diabetic Rabbit by Irradiation in UTR-KINKI

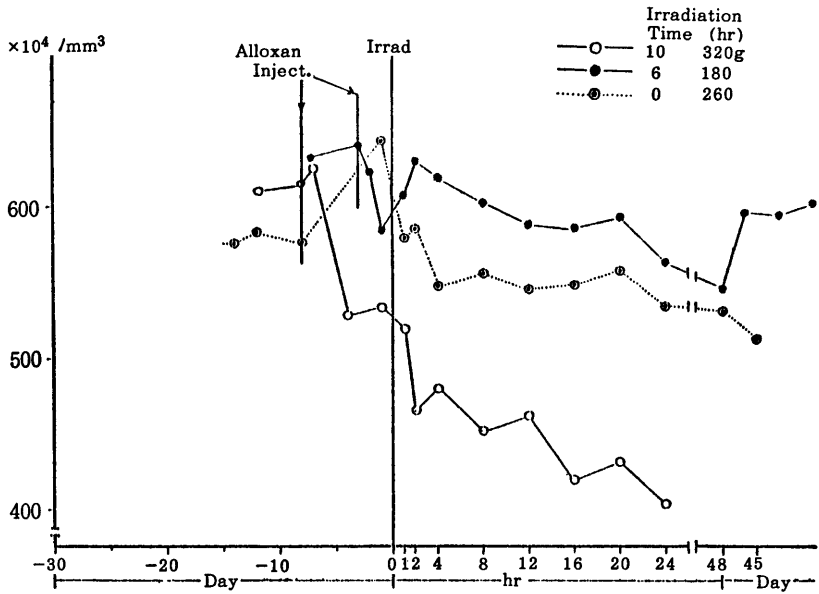


Fig. 10 Alteration of Red Blood Corpuscle Number in Blood of Diabetic Rabbit by Irradiation in UTR-KINKI

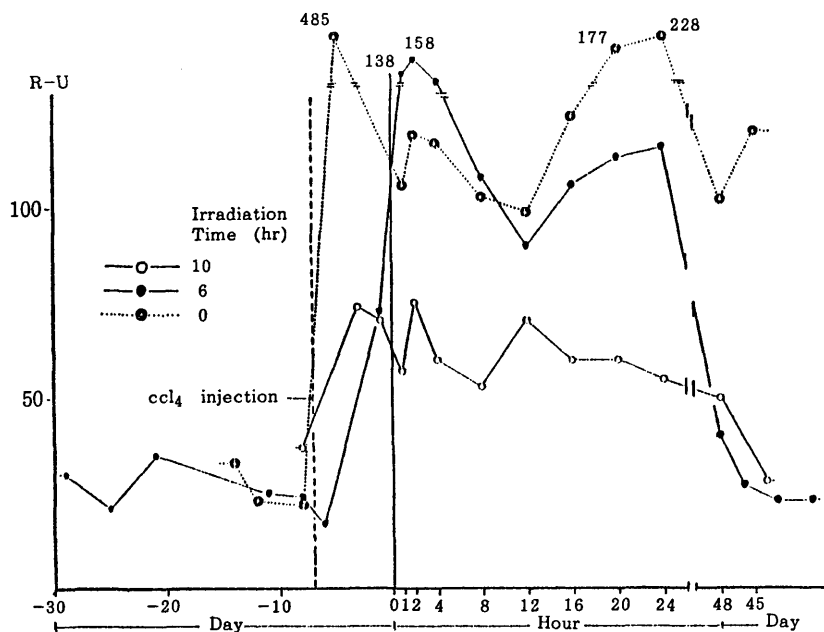


Fig. 11 Alteration of GOT Values in Blood of Rabbit by Irradiation in UTR-KINKI

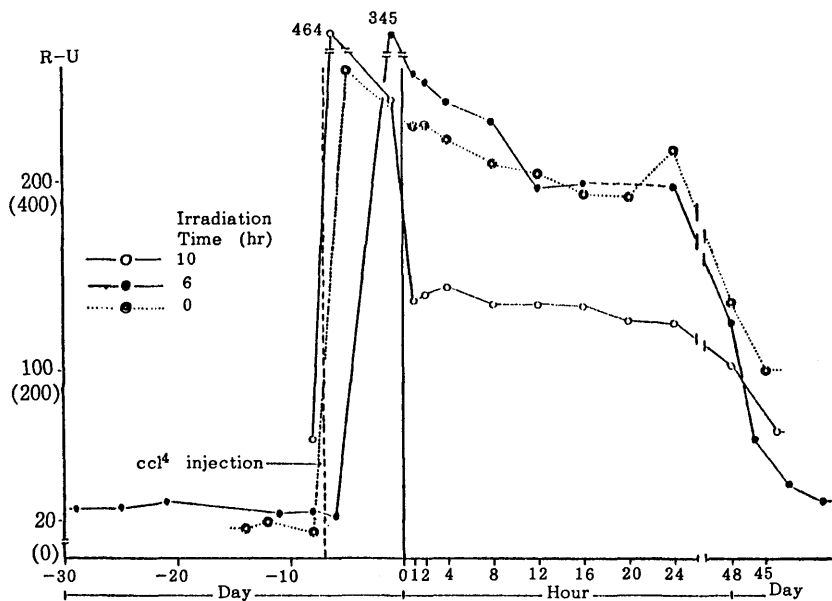


Fig. 12 Alteration of GPT Values in Blood of Rabbit by Irradiation in UTR-KINKI

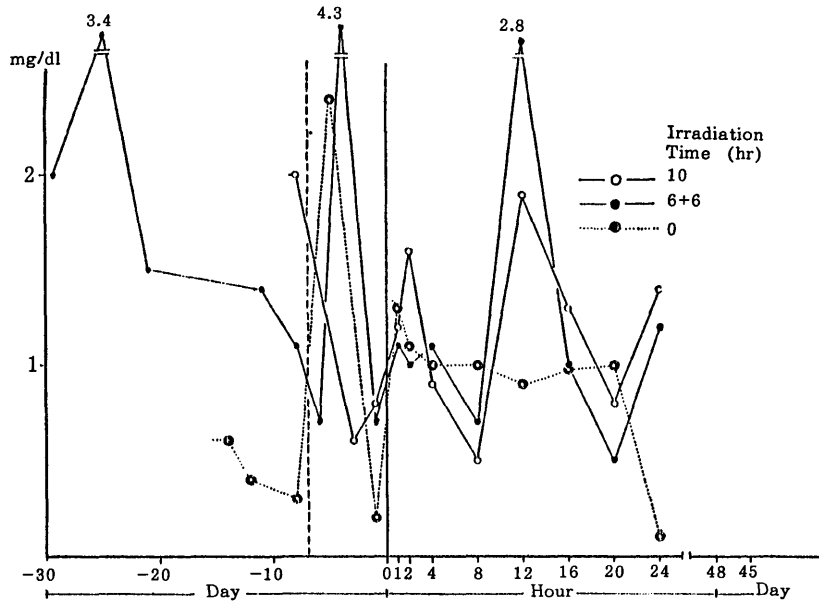


Fig. 13 Alteration of Uric Acid in Blood of Rabbit by Irradiation in UTR-KINKI

とが知られ、照射によりリンパ球がかなり増加することが認められた(Fig. 7)。これが Lukey の報文¹⁾にみられる傷ついた兎が、照射によってその傷がはやく癒える理由に該当するのではなからうかと推測される。

白血球数については上記のような変化が認められたが、赤血球数の状況は Fig. 8 に示したように一般にはほとんど変化は認められず、この程度の線量の照射はほとんど影響のないことが知られた。

アロキサン水溶液の注射で血糖値を上昇させた兎を平常の兎と同様に照射した。照射した兎の血糖は Fig. 9 に示したように、いずれも多少の差はあるけれど白血球数の変化と同様、M型の血糖値の変動を示した。体重 1 kg あたり 100mg の割合で注射した兎は、照射したのもまた非照射のものも、いずれも 2 乃至 4 日で死亡した。本実験においては、100mg の量が多すぎた結果ではなからうかと考えられる。測定値から見るかぎりにおいては、Fig. 10 に示したように血糖値の高い兎は照射後赤血球数が徐々に減少し、48時間乃至それ以後の時間の経過で回復する傾向がみられた。死亡した兎においては、極端な赤血球数の減少がみられた。

四塩化炭素を注射して肝臓障害を起こさせた兎の

GOT 値は、照射した場合は前に述べた白血球数の変化と同様、M型のグラフを示したが、GPT は両者とも時間の経過とともにその値は減少し、GOT 値とともに四塩化炭素の注射をやめて 2 乃至 3 日で元の値に戻ることが知られた。したがって、この程度の四塩化炭素の注射は、兎においては一過性の肝障害を起こしたに過ぎないことが知られた。Fig. 11 および 12 にその結果を示した。また Fig. 13 に示したように尿酸の量が照射した兎では 12 時間後に突出して、四塩化炭素を注射しなかった兎と異なっているが、その他の血液成分については顕著な変化はみられなかった。

謝辞 電気泳動法に関し有益な御助言を戴いた岐阜大学田名部雄一教授に深謝する。

参考文献

- 1) T. D. Luckey, Health Phys., 43, 771(1982)
- 2) A. P. Casarett, Radiation Biology, p 181, Prentice Hall, New Jersey (1968)
- 3) L. O. Jacobson, E. Goldwasser, W. Fried, L. Plzah, Nature, 180, 179 (1957)
- 4) L. O. Jacobson, in Radiation Biology (A. Hollaender, ed) p 1029, McGraw Hill New

小倉他：低出力原子炉放射線の生体への影響

York (1952)

- 5) J. W. Patterson, J. Biol. Chem., **172**, 853 (1948)

低出力原子炉（近畿大学原子炉）内での兎の照射

6) S. E. Reynolds, J. Cell, Biol., **19**, 139 (1963)

- 7) 阿部恒夫, 小松正憲, 免疫実験操作法Ⅶ p 2013 (1978)