

Title	両棲類の再生機能に対する低温時レ線放射の影響 : 「低温人工冬眠」における放射線作用
Author(s)	芦澤, 昭
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1959, 19(7), p. 1416-1434
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16786
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

両棲類の再生機能に対する低温時レ線放射の影響

〔「低温人工冬眠」における放射線作用〕

長崎大学医学部放射線医学教室 (前主任 立入 弘教授)
(現主任 玉木正男教授)

芦 澤 昭

(昭和34年7月25日受付)

(本研究は文部省科学試験研究費による、厚く謝意を表する—立入弘)

目 次

I. 緒 言

II. 実験方法

1) 使用動物

a) 捕獲期及び捕獲方法

b) 性別及び年齢

c) 飼育

(i) 生態の観察

(ii) 飼育温度(実験至適温度)

(iii) 飼育場所

(iv) 餌

2) 実験期間

3) 放射方法

a) 固定方法

b) 放射部位

c) 放射条件

4) 冷却方法

5) 切断方法

6) 実験群の区分

7) 検査項目

III. 実験成績

1) 累積死亡率

2) 生態観察

3) 切断部の肉眼的観察

4) 実体顕微鏡的観察

5) 組織学的観察

a) 正常イモリの尾構造

b) 非放射切断群(無処置群)の組織像

c) 放射切断群(処置群)の組織像

IV. 総括及び考按

V. 結 論

VI. 参考文献

I. 緒 言

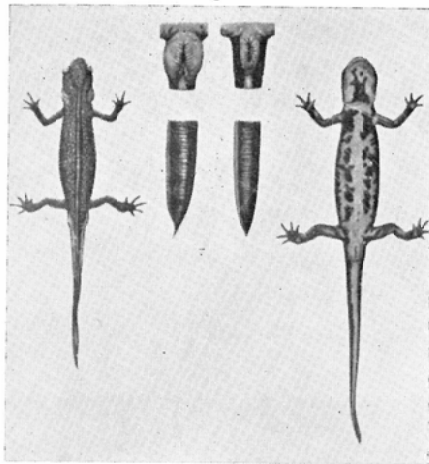
生体の放射線に対する感受性が如何なる因子によつて変化するかという問題は、放射線治療を行う者にとっては重大関心事であるばかりでなく、放射線の生物学的作用の本体を解明する上に一つの手がかりとなるであろう。

温度または新陳代謝の変化が生物の放射線感受性に及ぼす影響については、従来いくつかの研究があるが、その成績は必ずしも一致していない。従つて近年各方面の注目をひきつゝある「人工冬眠」において放射線の作用が如何に展開するかを検するのは興味ある問題であろう。さきに当教室の谷川¹⁾は薬物による人工冬眠においてこの問題を探究し、マウスに全身放射前に投与された人工冬眠薬は放射線の効果(赤血球数の減少及び諸臓器組織の障害)を軽減するのを認めた。私は有尾両棲類(イモリ)について、冷却による人工的な冬眠様状態での放射がその後切断された尾の再生に及ぼす影響を検し、いさゝか知見を得たのでこゝに報告する。

II. 実験方法

1) 使用動物: アカハライモリ(*Triturus pyrrogaster*. [Boie]), ²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾長崎市内4カ所の池沼、水田に生棲する成熟型。(Fig. 1)

Fig. 1



Left: male Right: female

a) 捕獲期及び捕獲方法：6月上旬の田植期に大半を捕獲し、以後8月下旬まで次第に捕獲しにくくなるが捕獲を続けた。9月に入ると長崎地方では成熟型と混棲する幼生（その年の4,5月に孵化し、3乃至5カ月で変態を完了する）が現われるので9月以降は捕獲を行わなかった。

b) 性別及び年令：私が調べた文献の範囲では雌雄の別、年令の別を考慮して実験した報告を見なかつたが、極めて大切な因子と思うので次のように区分した。

雌雄の区別²⁾³⁾：Table 1 参照

年令：雌雄とも性的に成熟するには生後約3年を要し、25年以上の寿命がある⁵⁾⁶⁾。捕獲した動物が生後何年のものかの決定は不可能なので、体長が雄では85~90mm、雌では111~115mm以内のものに限定して実験に供した。（体重による区分は動物の栄養状態の変動によつて左右されるので行わなかつた。）

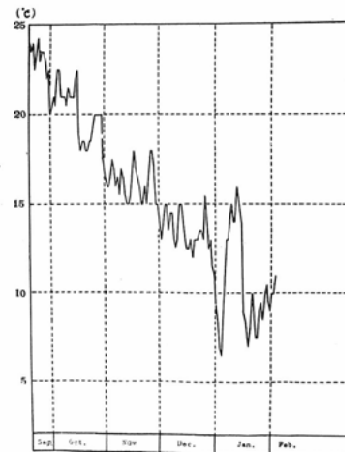
c) 飼育

(i) 生態の観察：前年捕獲した動物179匹（雄97匹、雌82匹）を生態観察の目的で10~20匹を1群として水槽内（ガラス製、内径23.3cm、外径24.3cm）に飼育し、気温の低下とも真夏に耐え、生き残り97匹中40匹を箱庭（箱の中に湿土を満し、或所には枯葉や苔類を置き、気温下降とも動物が自然冬眠を行いやすい環境を作り、

Table 1 雌雄の別

	雄	雌
大きさ(体長平均)	小(87cm)	大(104cm)
繁殖期の体色	尾と胸が紫色になり、腹の赤色が濃くなる	不変
繁殖期の総排泄孔域	円形に膨隆する(肛門腺発達)	元来小さく、長楕円形
頭部(球状腺)	角張っている(存在する)	平滑(存在せず)
脊椎一、背側一、腹側縦隆起及び肩甲腺	存在する	存在せず
後肢第三趾	雌より長い	雌より短い
皮膚の平滑柔軟さ	強い	弱い
尾部外観	著しく側扁して鱗状、末端は急に細く尖る	鱗状を呈せず、次第に細くなる
尾部の色調(腹側)	雌ほど鮮やかでなく、境界不明瞭、尾端に及ばず	鮮紅色で境界明瞭、尾端に及ぶ

Fig. 2 Temperature of the water in which Triturus lived after irradiation



外気に直接触れさせた)に移して冬眠状態を観察し、水槽内のものと比較した。また水槽内飼育イモリの一部を気温の最も高い8月中旬に電気冷蔵庫内で段階的に冷却し、自然冬眠のものと比較観察した。

(ii) 飼育温度(実験至適温度)：イモリは低温には極めて強く、V.V. Brunst は餌を与えずに寒い地下室内で11月から2月まで生存させたと言ひ、又 St. Hiller⁵¹⁾ は氷片の下に餌なしで

650日間生かせ、体重は81%減少していたと報告している。しかるに高温に対しては、細菌や藻類による汚染も手伝って可成弱く、V.V. Brunstは飼育至適温度の最高を24°Cとしている⁵⁾。私はこの点を考慮し一日の最高水温24°Cを越えない9月19日以降に実験を行った。(Fig. 2)

(iii) 飼育場所：捕獲の度毎に前以て池に沈めた大型サラン製網籠内に放し飼いにし、殆ど自然の生棲状態を保てるようにした。かくして集めえた動物1,571匹(雄744匹, 雌 827匹)のうち無事越夏しえた1,023匹から前述の方法で選び出し、雄 260匹, 雌 300匹, 計 560匹を実験材料として実験開始約1カ月前に実験室内に並べた水槽52ヶに移し、実験まで水槽内生活に馴れさせた。尚、池の水は岩の間から自然に流出する清水と雨水が主体をなし、これに水道水が毎日若干づつ流入するようになっていたので、動物は既に池の中で多少水道水に馴れてはいるが、このまゝ水槽中に水道水だけで飼うことは危険なので、水槽の水は最初の1週間は池水と水道水を1:1に混ぜ、次の1週間は1:2、その次は1:4とし、実験直前1週間は水道水だけで死亡の危険性がないまでに馴らした。

水槽水は毎日取り替え、水槽はその都度亀の子たわし及びガーゼで清拭し、細菌の発生をなるべく防いだ。但し新鮮な水は常に比較的冷く動物の食欲を減退させるので、餌を与える直前には水替えは行わなかつた。

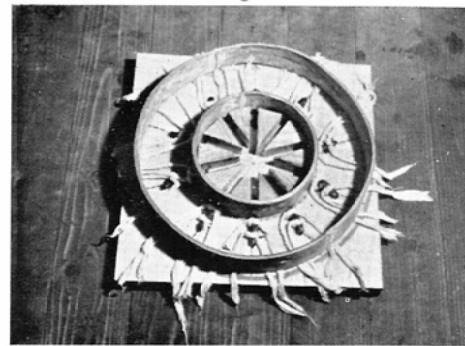
(iv) 餌：前年の豫備的観察期には鰯、いかの肉を適当に切つて水槽内に一度に投げ込み、勝手に摂食させ、水替えも余り行わなかつた。めか共喰い、死亡、栄養不良が多かつた。そこでV.V. Brunstの文献⁵⁾に倣つて、骨、脂肪、腱等の少い良質の牛肉をひき肉として冷蔵庫内で凍らせ、約5×5×10~30mmの肉塊に切り、ピンセットで1個1個挟んで動物の鼻の先で動かし完全に喰つた所を見届けて次の餌を運ぶことにつとめた。イモリは視覚が鈍く、又餌が大きすぎると一度喰いついても吐き出し、小さすぎると満腹せず、何れにしても共喰いを招き、一方餌が水底に

放置されると腐敗して感染の機会を多くするからである。餌は週に少くとも2回与え、すべての動物が常に一定した腹具合であるようにつとめた。

2) 実験期間：Fig. 2のように9月19日から2月3日までである。

3) 放射方法：外国文献にはM.S. 222⁸⁾⁹⁾(Tricaine methanesulfonate)麻酔下に放射をしているものもあるが、私は無麻酔で行つてしかも放射動物が確実に固定され、放射中に死亡したり、衰弱したりすることのないことを経験した。

Fig. 3



a) 固定方法：各動物の尾部に同一線量が均等に放射されるように、V.V. Brunst⁷⁾⁸⁾にならつてFig. 3のような固定、放射用鉛箱を作つた。即ち厚さ5mmの鉛板で同心円状に配置した大小の円筒を作り(直径、内円は16cm, 外円は32cm, 高さは内外とも2cm), 内円筒の円形底面にはイモリの尾を放射状に並べるべき10個の木製溝を設け、内円筒壁の下縁には尾を通すべき鈍三角形の穴を10個穿ち、内円筒と外円筒との間には四肢、胴体、頭部(及び低温放射時には氷片)を収め、その上には厚さ5mmのドーナツ形の鉛蓋をかぶせてレ線を完全に遮蔽した。両棲類は長時間の固定によつて体の湿気が失われると衰弱するので、木製の基底板上には前以てパラフィンを充分しみ込ませ、非放射部は一匹づつ水をたつぷり含ませた脱脂綿でおおい、放射中も何度か湿つた脱脂綿で水分を補充した。特に固定の操作に若し長時間を費すならば低温群では豫め氷室で保たせた一定の体温を変動させて動物を冬眠から覚めさせる恐れがあるので、出来るだけ短時間で固定が終るよう

Fig. 4

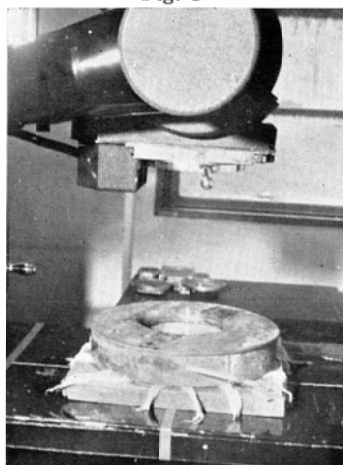


Fig. 5

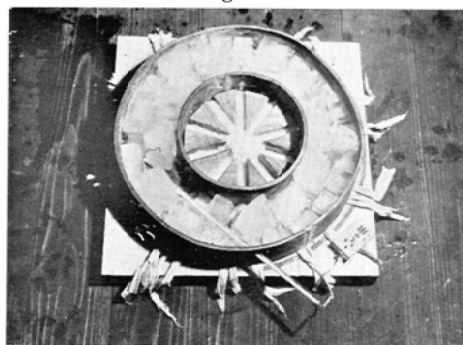
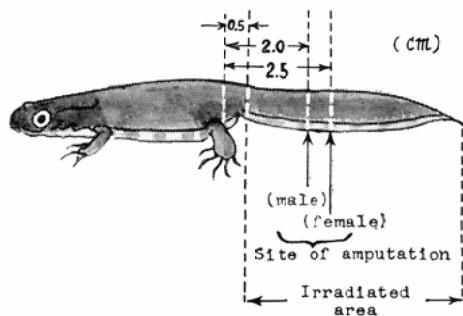


Fig. 6 Site of amputation and irradiated area



につとめ、術者の一人がピンセットで固定し、一人が基板の2カ所にあけた穴に通したガーゼ紐で体を横に前肢と後肢を夫々左右交叉状に結び、更に尾部は湿った脱脂綿で巻き、伸縮できぬように放射部区画内を残りの綿でつめ合せた。以上の固定操作に5分(1匹につき30秒)以上かゝらぬ

ように習熟した。

b) 放射部位：内円筒の鉛板が後肢後縁に密着するように固定したので実際は後肢後縁から尾方約5mmの部から尾尖までの間が完全にしかも均等にレ線放射をうけた。(Fig. 6)

c) 放射条件：レ線発生装置は東芝製KXC-18, 管電圧60kVp, 管電流25mA, 無濾過, 焦点動物間距離50cm, 空中線量10.4r/min. (マツダリメーター), 実際に動物を固定した場合の尾部皮膚面における線量は11.8r/min. (マツダ深部線量計). 放射方向は背腹方向。(Fig. 4)

4) 冷却方法：実験開始1カ月前に水槽に移され水道水中棲息に馴れた動物を放射前日の夕方平均水温24°Cの水槽のまゝ電気冷蔵庫(8立方feet)の最下段(平均11°C)に入れて放置し、翌朝その上段に移して平均9°Cを1時間保たせ、更に上段に移し平均5°Cを1時間、最後に最上段の製氷室に30乃至60分置き放射の順番を待たせ。製氷室内では最低-2°Cとなることがあつたが動物の頭部が氷片に密閉されない限り生命の危険はなかつた。製氷室で-2°C~2°Cに冷却された動物を、前述の方法で速かに固定し、固定台の非放射部位を入れた室内に氷片を放射中も追加して常にその室内温度が1°C~8°C(平均4°C~5°Cを保つものが大半を占めた)になるようにした(Fig. 5). 放射後は冷却時と全く逆の過程で漸次室温にもどした。

5) 切断方法：雄の尾長は平均42mm, 雌は53mmであるので、その切断部位を両者の比によつて決定した。即ち $42:53=20:25$ となるので、それぞれ雄は後肢の根部から20mm, 雌は25mmの所で切断した(Fig. 6)。切断時には助手に尾部を弯曲せぬように板の上に固定させ、眼科用直剪刀で尾軸に直角の方向に一回で切断した。断端の出血は布等で拭うことなく直ちに動物を水槽内にもどした。残つた放射尾部の長さは雌雄それぞれ後肢後縁から測つて平均15mm, 20mmにあたる。

6) 実験群の区分：

(雄)
室温放射群

50r—放射後1, 4, 9週目尾切断(40匹)

600r—放射後1, 4, 9週目尾切断(50匹)

5,000 r—放射後9週目尾切断(30匹)

低温放射群

放射量, 尾切断日, 匹数は室温群と同じ.

非放射切断群—任意の日に切断(20匹).

(雌)

室温放射群

50r—放射後1, 4, 9週目尾切断(40匹)

600r—放射後1, 4, 9週目尾切断(50匹)

2,000r—放射後3, 9週目尾切断(50匹)

低温放射群

放射量, 尾切断日, 匹数は室温群と同じ.

非放射切断群—任意の日に切断(20匹).

この外に無処置動物, 雌雄各10匹を実験期間を通じて対照として水槽に飼育した.

7) 検査項目:

a) 累積死亡率: 本実験の目的は再生機能の比較であるが, 死亡率を比較することも意味があると考え Behrens の方法¹⁰⁾によつて求めてみた. 半致死量については匹数が充分でないで検しなかつた.

b) 生態観察: 毎日主として餌やり, 水替えの時に必ずその食慾, 運動状態, 共喰いの有無, 排便状態, 水槽水の濁り方について観察記載した.

c) 切断部の肉眼的観察: 生態観察の際同時に各切断尾の傷口の状態即ち出血の有無, 創面閉鎖の経過, 新生尾のノギスによる計測, 或は逆に断端における化膿感染, 附着物の有無について検した.

d) 実体顕微鏡的観察: c) において特に注目すべきイモリについては経日的に実体顕微鏡下に眺め, しかも全例について最後に実体顕微鏡写真を撮り後日の組織像と比較した.

e) 組織学的観察: 各群ともに切断日から夫々7, 14, 28, 63日後において, 最終的にb), c), d) を行つた後, 総排泄腔を除いて尾根部から鉋で残存尾部を離断し, プアン液に7~30日固定, トリクロル醋酸で脱灰後, 脱水, パラフィン包

埋, 尾軸に平行な背腹縦断面で厚さ10 μ の切片を作り, Ehrlich のヘマトキシリン・エオジン染色を施して検鏡した.

III. 実験成績

1) 累積死亡率: (Fig. 7, 8, 9, 10)

雄では50rで低温群の死亡率がやゝ低い, 600r, 5,000rでは却つて低温群に於て高い. 即ち50r低温群では34日より後では殆んど死亡するものがないのに対し, 50r室温群では55日以後でもまだ死亡するが, 75日の死亡率の差は僅かに2%

Fig. 7 Mortality of irradiated male Triturus (room temperature group)

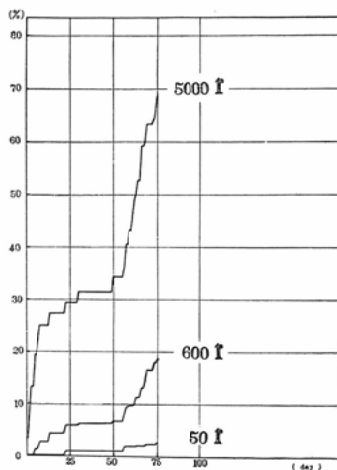


Fig. 8 Mortality of irradiated male Triturus (lower temperature group)

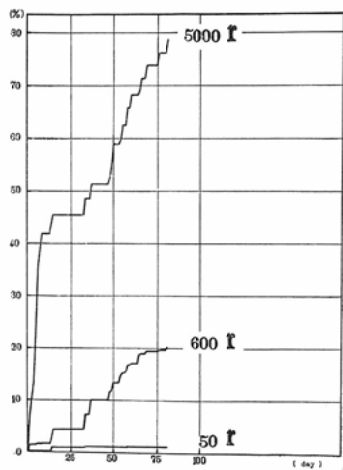


Fig. 9 Mortality of irradiated female Triturus (room temperature group)

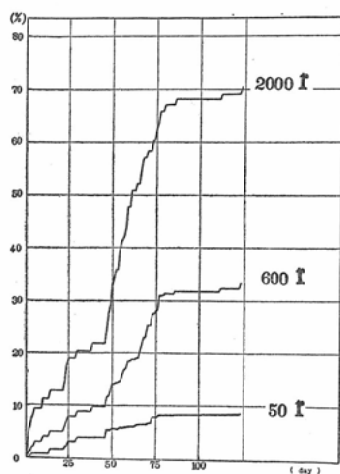
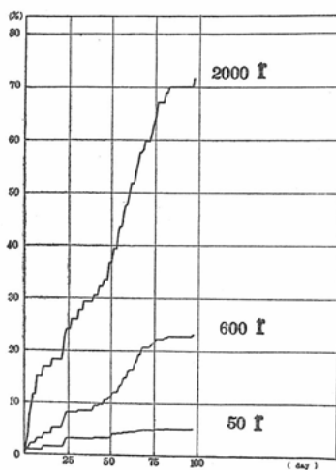


Fig. 10 Mortality of irradiated female Triturus (lower temperature group)



となる。600r 低温群では漸進的に死亡し、600r 室温群では22日から55日までは殆んど死亡しないが以後急激に死亡が増し、結局75日で死亡率の差が2%まで近づく。5,000 r 低温群では最初から高い死亡率を示すが、室温群は遙かに遅れて死亡し、75日で6%の死亡率の開きを示す。

雌では50r, 600r とともに低温群で死亡率低く、2,000 r では両群間に差がなかった。即ち50r では最初から両群の死亡率が低率であるが、100日で3%の差を生ずる。600r では65日までは両群とも平行して死亡してゆくが、以後低温群ではゆ

るやかに死亡し、100日で23%、室温群では急激に死亡を続け、100日で34%の死亡率を示し、差は11%までに開く。2,000 r では最初50日間は常に低温群の死亡率が上廻っており、50~70日の間は平行し、結局最終的に両群間の差はなくなる。

雌雄とも50r, 600r ではないずれも雌の死亡率が高かった。

非放射非冷却切断群では、実験期間を通じて雌は10匹中死亡なく、雄は10匹中1匹死亡した。無処置(非切断)群雌雄10匹づつは1匹も死亡しなかった。このことは私の行った飼育の条件が適切

Table 2

Groups		Dose (r)	Number of Animals used	Survived	Died	Mortality (%)	Mortality in the entire group (%)
♂	Room temperature group	50	40	38	2	5	30
		600	50	37	13	26	
		5000	30	9	21	70	
	Lower temperature group	50	40	39	1	2.5	30
		600	50	38	12	24	
		5000	30	7	23	77	
♀	Room temperature group	50	40	33	7	17.5	40
		600	50	31	19	38	
		2000	50	20	30	60	
	Lower temperature group	50	40	36	4	10	38
		600	50	36	14	28	
		2000	50	15	35	70	

であつたことを示している。

尚、尾切断日、組織標本作製日を考慮せずに実験期間中死亡した動物の死亡率を求めると Table 2 の如くで、累積死亡率と同様に低温放射群と室温放射群との間に甚しい相異を認めなかつた。

2) 生態観察：

冷却中は食欲消失し、運動せず、呼吸運動も弱く外見上恰も死んでいるかのようになることは、所謂冬眠状態の特徴であるが、室温に漸次もどすにつれて、室温群と同様の状態になり、それから先は特に低温群に特有と思われる所見は見出し得なかつた。たゞ室温、低温両群ともに線放射量が大きくなる程、食欲低下、運動減退が著しく、

(非放射切断群と50r 群の間には差を認めないのに反し、) 600r 群になると死亡率に平行して弱り、2,000r 群、5,000 r 群では摂食量も減り、常に水底にむらがつて静止し、鼻先へ運ばれた餌を仕方なく喰うといった動物が多くなり、物音、水流にも鈍く反応して敢て逃げようとせず、共喰いもなく、壊死に陥つた尾を有する動物は游泳も下手になり、体位を他動的に変えても正常の姿勢にもどろうとせずに専ら与えられた体位に甘んじ、恰も死亡したかと思えるものさえ多くなつて来る。しかも游泳が不調となるにつれ、時々水面に上昇して呼吸を行う動作が少くなる。また水槽外に取出しても歩行が甚だ困難であり、イモリ特有の鳴声も聴く機会が少なくなつた。一方食欲の不振から排便量も少くなり、水槽水の濁り方も軽減した。

3) 切断部の肉眼的観察：

非放射切断群、50r 群では尾切断後1~2日、遅くとも6~7日で止血し、2~3日後には切断面周辺部から上皮新生が中軸に向つて進み、切断面は全体として充血性に腫脹し、切断面に露出していた脊椎骨を埋没させ、10~14日で完全に上皮が切断面を被つてしまう。以後経日的に組織は中軸部から縦の方向に伸長し、ノギスによる計測が可能となつた。

2,000 r 群、5,000 r 群の大部分のものでは、放射後1週目切断の折に既に放射尾部は上皮が剝

がれ、硬く、乾燥した感じを与え、切断日の遅いもの程貧血性で切断後も出血せず、切断面に回復の色なく、壊死に陥り白色棒状化した或は骨だけむき出しになつた壊死組織と中枢側の健常部との間に亀裂を生じ、障害の強いものでは切断後7日で早くも壊死組織が離断したものもある。

600r 群では切断日の遅い4週目、9週目切断のものは2,000 r、5,000 r 型の経過をとり、切断日の早い1週目切断のものは50r 型の経過をとつた。

完全に再生尾を実測し得た50r 群、600r 群の一部に於ける室温群低温群の差及び雌雄の差は Table 5、6 に示す如くで、雌雄共に低温群の方が再生した尾長が大であり、50r 群では室温放射後1週目切断のものは雄が優れ、低温群でも放射後1、4週目切断のものでは雄が優れた再生を示した。

4) 実体顕微鏡的観察：(Table 3、4、Fig. 14-a、15-a、16-a、17-a、18-a、19-a、20-a、21-a)

雄50r 群：切断面の修復像即ち創面の完全閉鎖が放射後4週目切断の場合低温群では切断から7日後に既に現われ、放射後9週目切断の場合室温群では切断から14日後にまだ閉鎖の完了しないものを認めた。

雌50r 群：放射後4週目切断の場合、創面閉鎖は切断から28日後において低温群の方に高率に見られた。

以上の50r 放射群での再生過程は、非放射非冷却切断群にくらべて大差なく、少くとも優れているとは言えない。

雄 600r 群：低温群放射後1週目切断のものは切断14日後に創面の完全閉鎖が揃つて認められるが、63日後にも尚組織の壊死性破壊が残つた。又低温群放射後4週目切断のもので切断14日後に創面閉鎖が起るのに反し同室温群では見られないが、切断後63日の組織壊死は低温群では室温群よりも却つて高率に見られた。又低温群放射後9週目切断のものでは修復像の見られるものもあるのに室温群では全く認められなかつた。

Table 3 Macroscopic and Stereomicroscopic Findings (male group)

		Dose				50 r											
		Time of amputation after irradiation (week)				1				4				9			
		Time of observation after amputation (day)				7	14	28	63	7	14	28	63	7	14	28	63
Room temperature group	Mean length of regenerated tail (cm)					0	2	4		0	1	2				0,5	1
	Amputation wound closed					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Amputation wound open					●	●			●	●					●	
	Epithelial desquamation																
	Necrosis																
Lower temperature group	Mean length of regenerated tail (cm)					1	3	6		0	2	3				0,5	1
	Amputation wound closed					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Amputation wound open					●	●										
	Epithelial desquamation																
	Necrosis																

600 r												5000 r			
1				4				9				9			
7	14	28	63	7	14	28	63	7	14	28	63	7	14	28	63
		0	0												
		○	○			○	○								○
●	●		●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	
			△					△	△			△	△		
								■	■	■	■		■	■	■
		0,5	1												
	○	○	○		○	○	○				○				○
●			●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●
								△	△			△	△		
			■				■	■	■	■	■		■		■

wound closed: ○
 wound open: ●
 Epithelial desquamation: △
 Necrosis: ■

} Number of these signs in each column indicates number of animals with corresponding findings.

"O" in the length of regenerated tail means minimal regeneration not measurable by means of vernier.

Table 4 Macroscopic and Stereomicroscopic Findings (female group)

		Dose		50 r											
		Time of amputation after irradiation (week)		1				4				9			
		Time of observation after amputation (day)		7	14	28	63	7	14	28	63	7	14	28	63
Room temperature group	Mean length of regenerated tail (cm)		0	1	4		0	1	2					0	0,5
	Amputation wound closed		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Amputation open	●	●							●	●				
	Epithelial desquamation														
	Necrosis														
Lower temperature group	Mean length of regenerated tail (cm)		0	2	5		0	1,5	3,5					0,5	1,5
	Amputation wound closed		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Amputation wound open	●	●					●							
	Epithelial desquamation														
	Necrosis														

600 r												2000 r							
1				4				9				3				9			
7	14	28	63	7	14	28	63	7	14	28	63	7	14	28	63	7	14	28	63
			0																
○	○	○	○	○	○	○					○	○	○	○	○				○
●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
											△								△
			■					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		0,5	1				0												
○	○	○	○	○	○			○	○	○		○	○	○					
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
																			△
			■					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

wound closed: ○
 wound open: ●
 Epithelial desquamation: △
 Necrosis: ■

} Number of these signs in each column indicates number of animals with corresponding findings.

“O” in the length of regenerated tail means minimal regeneration not measurable by means of vernier.

Table 5 Tail Regeneration (male group)

Group		Time of Amputation after Irradiation (week)	Animals which had Necrosis (%)	Animals Tail Regeneration (%)	Animals with Tail Regeneration (%)	Mean Length of Tail Regenerates (mm)
50r	room temperature	1	0	20	80	2
		4	0	0	100	1
		9	44	0	100	0.75
	lower temperature	1	0	0	100	3.3
		4	0	0	100	1.7
		9	50	0	100	0.75
600r	room temperature	1	73	46	54	0*
		4	67	47	53	0*
		9	64	82	18	/
	lower temperature	1	46	23	77	0.75
		4	83	58	42	/
		9	31	54	46	/
5000r	room temperature	9	56	100	0	/
	lower temperature	9	86	100	0	/
Non-irradiation group			0	0	100	2.5

* "O" in the length of regenerated tail means minimal regeneration not measurable by means of vernier.

Table 6 Tail Regeneration (female group)

Group		Time of Amputation after Irradiation (week)	Animals which had Necrosis (%)	Animals without Tail Regeneration (%)	Animals with Tail Regeneration (%)	Mean Length of Tail Regenerates (mm)
50r	room temperature	1	13	0	100	1.7
		4	55	17	83	1
		9	57	6	94	0.25
	lower temperature	1	25	0	100	2.3
		4	17	0	100	1.7
		9	38	0	100	1
600r	room temperature	1	64	73	27	0*
		4	90	70	30	/
		9	70	100	0	/
	lower temperature	1	39	39	61	0.75*
		4	73	100	0	0
		9	75	75	25	/
2000r	room temperature	3	86	57	43	/
		9	83	100	0	/
	lower temperature	3	90	40	60	/
		9	100	100	0	/
Non-irradiation group			0	0	100	2.7

* "O" in the length of regenerated tail means minimal regeneration not measurable by means of vernier.

雌 600r 群：低温群放射後1週目切断のものでは切断28日後に創面閉鎖が室温群に比し優れているが、63日後に於ける壊死は却つて強い。低温群放射後4週目切断のものでは切断7日後に早くも組織回復を見るも、室温群では14日後に始めて修復像を認めたが、一方破壊像とは言えないが回復不完全な所見が切断28日後、63日後に至つても尚低温群で残つた。9週目切断のものでは室温群で壊死が強かつた。要するに全体を通覧して低温群に於ては室温群に比して修復像が優れているかと思えば、壊死も強い場合があり、両群間に確然とした差を見出し難かつた。

雌2,000r群：放射後3週目切断の場合室温群では切断28日後まで回復像が続くが、以後壊死が強くなり、低温群では壊死像はないが回復像が28日後から見られない。放射後9週目切断では両群の修復及び壊死の程度に明らかな差を認め得なかつた。

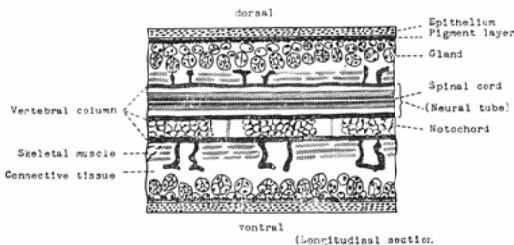
雌5,000 r 群：壊死組織落下後の上皮被包の程度が室温群で優れている反面、未だに壊死組織のまゝにとゞまるものはむしろ室温群に多く、こゝでも両群間の差を明らかにし得なかつた。

計測値を除外した雌雄の差は、50r 群では雄の回復がやゝ優れ、600r 群では区々であつた。

5) 組織学的観察：

a) 正常イモリの尾構造 (Fig. 11)：表面は数層の上皮細胞に被われ、その直下には薄い色素層が上皮の基底層のうねりに平行して並ぶ。皮下

Fig. 11 Histologic picture of normal Triturus tail



固有層は結合織より形成され、多数の固有な大型腺細胞を含む。この下には骨格筋層及び血管層が続き脊椎骨に接する。背側では脊髄が、腹側では

脊索が夫々脊椎骨によつて囲まれ、脊髄の中央部には中心管が通つている¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。

b) 非放射切断群(無処置群)の組織像 (Fig. 12)：切断7日後に既に再生が起り被包した上皮の外側に脱落した上皮細胞があり、上皮には核分裂像、皮下固有層には間質細胞の萎縮又は変性及

Fig. 12 Histologic changes of amputation stumps (non-irradiation group)

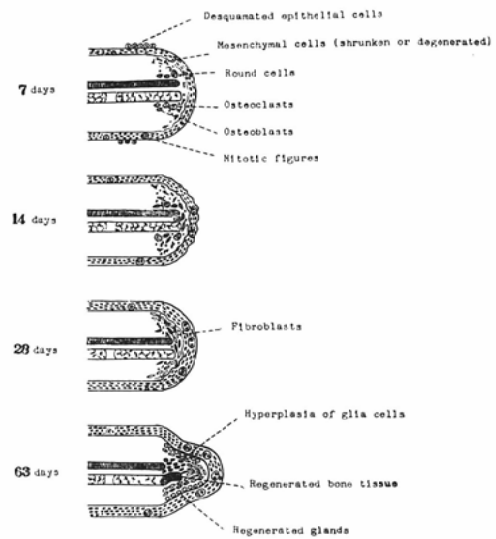


Fig. 13 Histologic changes of amputation stumps (previously irradiated group)

	Injurious changes	
	Irradiation	Amputation
Epithelium	Increase of mitosis, large chromatin-rich cells appear.	Degeneration, Necrosis.
Subcutaneous connective tissue	Increase of fibroblasts.	Degeneration, atrophy, pyknosis, macrophage, mononuclear infiltration and macrophages are seen.
Skeletal muscle	Hypertrophy, hyperplasia.	Atrophy, Degeneration, Necrosis.
Vertebra	Increase of osteoblasts.	Osteoclasts appear, Degeneration, Necrosis.
Neural tube	Hyperplasia of glia cells.	Degeneration and necrosis of spinal cord, hemorrhage within neural tube.
Notochord	Hyperplasia of notochord cells, atrophy of notochord cartilage.	Disappearance and degeneration of notochord cells and cartilage cells, Necrosis.

Table 7 Grade of Regeneration (Histologic Findings)

Time of histologic observation after amputation (day)	Time of amputation after irradiation (week)	Non-irradiation group		50 r			
				♂		♀	
		♂	♀	room temperature	lower temperature	room temperature	lower temperature
7	1	III	III	II	III	III	III
	4			III	III	III	III
	9			III	III	III	III
14	1	III	III	III	IV	III	III
	4			III	III	III	III
	9			III	III	III	III
28	1	IV	IV	IV	IV	IV	IV
	4			IV	IV	III	IV
	9			III	III	III	III
63	1	IV	IV	IV	IV	IV	IV
	4			IV	IV	IV	IV
	9			IV	IV	IV	IV

600 r				2000 r		5000 r	
♂		♀		♀		♂	
room temperature	lower temperature	room temperature	lower temperature	room temperature	lower temperature	room temperature	lower temperature
II	III	II	II	* III	* III		
II	II	III	II				
I	II	I	I	I	I	I	I
III	III	II	III	* III	* III		
II	II	II	II				
III	III	I	I	I	I	I	I
III	III	III	III				
III	III	I	II	* II	* II		
II	II	I	I	I	I	II	II
I	III	I	II				
III	III	**	I	* I	* I		
II	II	II	III	II	**	II	II

Grade I Epithelial regeneration is beginning or no regenerative process is seen.

Grade II Regenerative process is still slight.

Grade III Wound closed with thin epithelial layer.

Grade IV Epithelisation complete; all components of tail tissues regenerated.

* amputated 3 weeks after irradiation.

** all animals died before the day scheduled for observation.

び円形細胞浸潤が見られ、骨の隣接部では破骨細胞と共に骨芽細胞も多数出現している。切断14日後になれば脱落した上皮細胞は殆んど消失し、間質細胞の萎縮、変性の減少につれて骨芽細胞、円形細胞浸潤の増加が見られ、上皮もやゝ多層で厚

く凹凸隆起して来る。切断28日後に至れば、上皮はますます多層となつて肥厚し、間質組織の大半は多数の線維芽細胞で占められ、骨芽細胞及び少数の円形細胞が散見される。切断63日後に達すると上皮は厚さを増すだけでなく遠心性に延長し、

皮下組織もこれに伴って伸展して線維芽細胞の増生と腺再生及び骨組織の新生や神経膠細胞の増加が見られた。

c) 放射切断群の組織像 (Fig. 13, Table 7) : 非放射切断群で見た変化以外に, 温度変化, レ線放射という切断以外の因子が加わつたため, その呈する組織像は複雑となつて来る. 各群により様々な組織学的所見が見られるがこれを横観して再生度の組織学的基準を定めた. こゝに言う再生度とは便宜上の名称であつて, 顕微鏡的には組織の破壊像のみで再生的所見の見られぬものから, 肉眼的にも容易に再生尾を測定しうるものまでの間を, 適当に4度に分類したものである. 即ち

再生度:

第I度: 生体での肉眼的観察では尾残存部は殆んど白色棒状となり, 多くはこれに白毛様物質或は白色苔状物質が附着し, 時には全く上皮, 軟部組織が脱落して骨だけが棒状に露出したものもある

Fig. 14-a Grade I

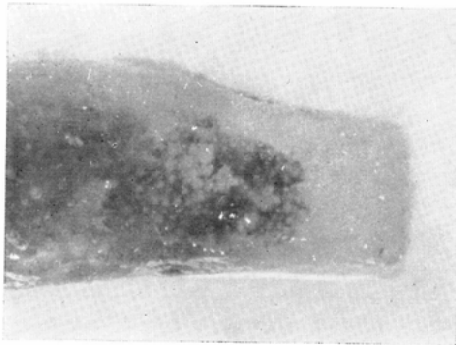


Fig. 14-b Grade I

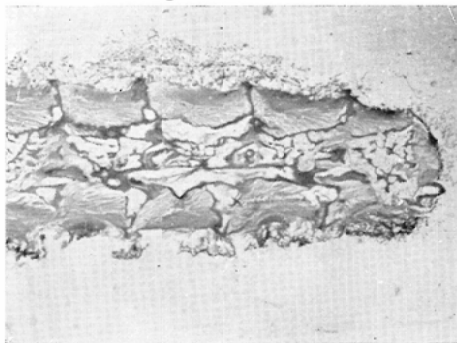


Fig. 15-a Grade I

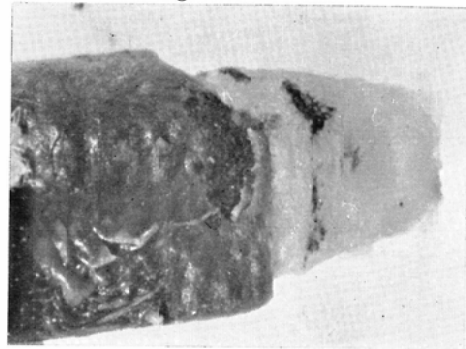
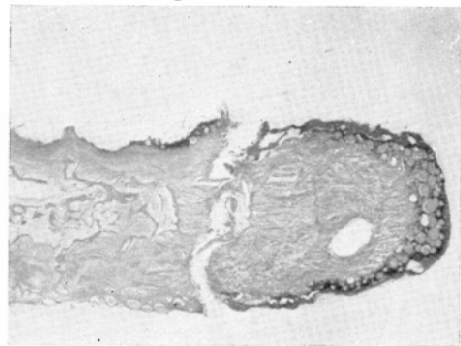


Fig. 15-b Grade I



り, これらの破壊像著しい組織と健常尾部との境界に亀裂を生じている. 組織学的にはこれら全部が壊死組織から成り, 健常組織の遠心性末端では一部上皮の再生機転が亀裂部に向つて僅かに進行しているもの, 或は全く再生像の見られないものもある (Fig. 14, 15).

第II度: 肉眼的にも顕微鏡的にもまだ上皮被包はみられないで, 肉眼的にも切断面に多少とも壊死塊附着や骨露出をみとめ, 組織学的には間質細胞の変性, 萎縮, 核濃縮或は核破壊と壊死組織の残存, 又その部における円形細胞浸潤, 少数の大食細胞の出現と小出血巣, 骨断端部周囲の破骨細胞の出現等の障碍像が強く, 上皮細胞の核分裂の増加, 大型再生細胞の出現, 線維芽細胞の増加, 筋の肥大増生, 骨芽細胞の増加, 脊髄の神経膠細胞の増生, 脊索細胞の増生等の再生像がまだ軽微なもの (Fig. 16, 17).

第I度における壊死塊又は骨の脱落后, 残存健常部からの再生像がかなり進んだものもこの群に

Fig. 16-a Grade II

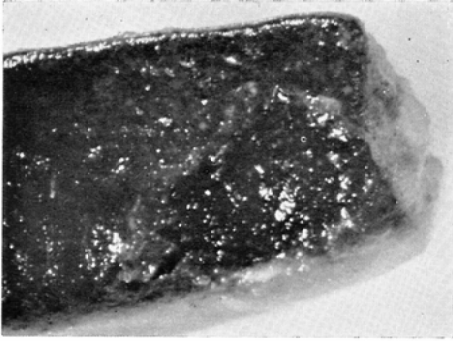


Fig. 16-b Grade II

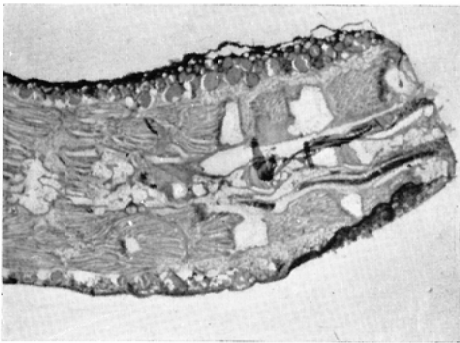


Fig. 17-a Grade II

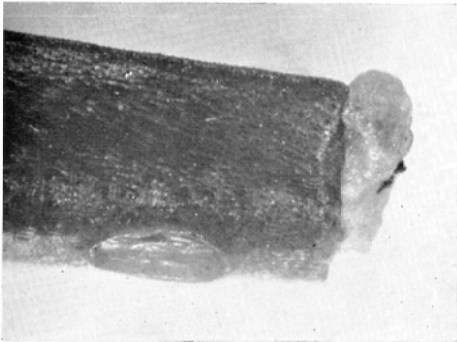


Fig. 17-b Grade II

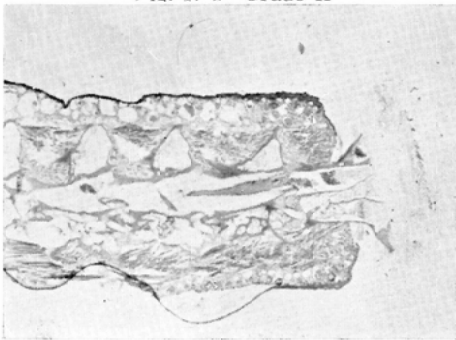


Fig. 18-a Grade III

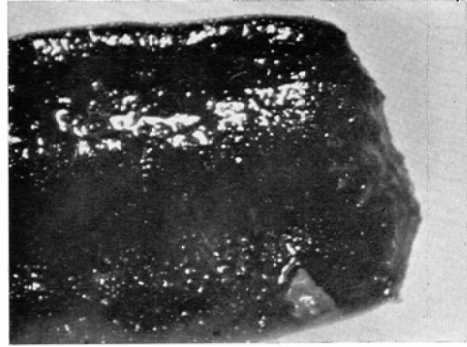


Fig. 18-b Grade III

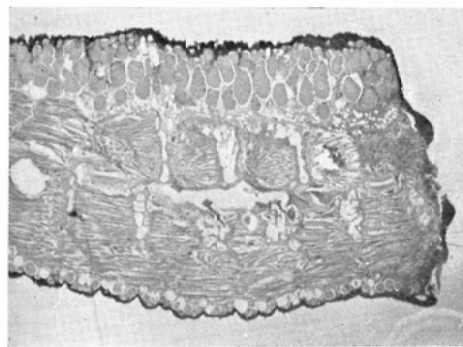


Fig. 19-a Grade III

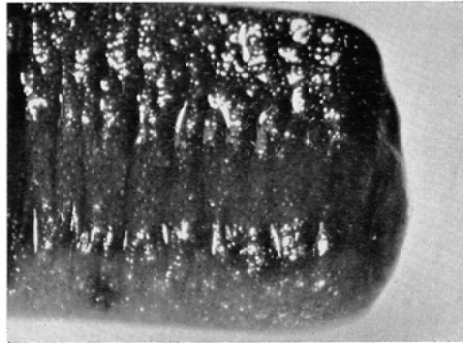
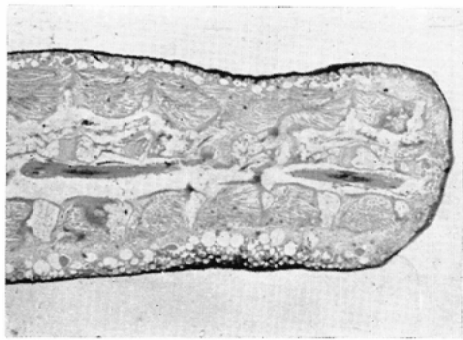


Fig. 19-b Grade III



含めている。

第Ⅲ度：肉眼的にはまだ上皮は完全に再生閉鎖していると思われないにも拘らず、顕微鏡的には既に菲薄な上皮が再生して創面を完全に被包し、第Ⅱ度よりも退行変性像がずっと軽く、再生像の更に進んでいるもの (Fig. 18, 19).

この群には壊死塊や骨の落下後、健常部の再生過程が進み上述の所見を呈しているものも含めている。

第Ⅳ度：肉眼的にも顕微鏡的にも完全に上皮が再生して創面を被包し、中にはノギスで再生尾を実測可能なものさえあり、壊死、変性等の退行変化は痕跡すらなく、また上皮ばかりでなく皮下組織、骨、筋、神経、脊索に至るまで各組織が揃って再生し、上皮細胞は多層で配列も規則正しくなり、核分裂像及び大型細胞が増加している (Fig. 20, 21).

以上のように再生度の判定基準を定めて、非放射群、室温放射群及び低温放射群を切断から7

Fig. 20-a Grade IV

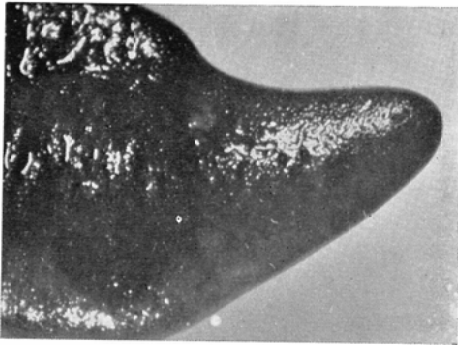


Fig. 20-b Grade IV

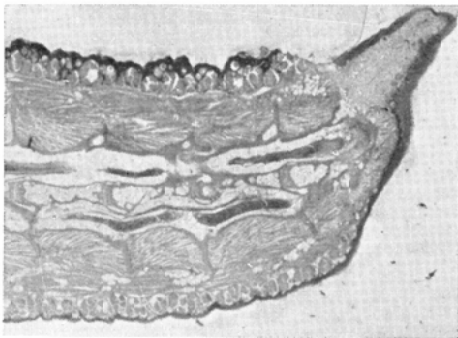


Fig. 21-a Grade IV

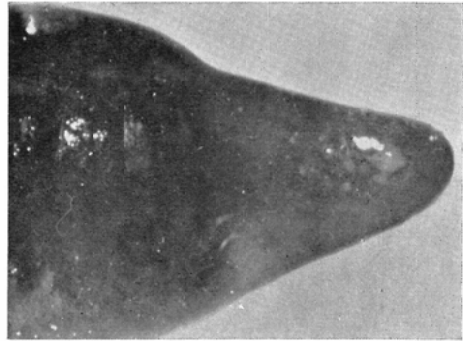
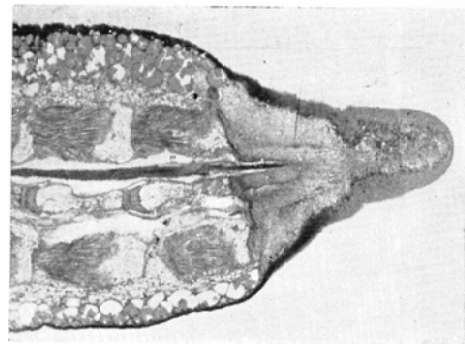


Fig. 21-b Grade IV



日、14日、28日及び63日後に組織学的に観察すると Table 7 のようになる。

雄50r 群：放射後1週目切断のものでは、切断後7日、14日でいずれも低温群の再生が室温群に優っているが、その他では両群の再生度に差なし。

雌50r 群：放射後4週目切断で、切断後28日のものだけ低温群が優れた再生を示すが、その他では両群に差なし。

雄60r 群：放射後1週目切断のもので切断後7日、63日で低温群の再生度高く、又放射後9週目切断で切断後7日でも低温群の再生が優れているが、その他では差なし。

雌60r 群：放射後4週目切断で切断後7日のみは例外で室温群の再生度が高かったが、放射後1週目切断で切断後14日と63日、放射後4週目切断で切断28日後及び放射後9週目切断で切断63日後においてはいずれも低温群の再生度が高く、その他では両群に差なし。

Fig. 22 Schema of Histologic Changes (in Amputation Stumps)

Time of histologic observation (day)	Time of amputation after irradiation (day)	Non-irradiated group	50 r		600 r		2000 r		5000 r	
			room temp.	lower temp.	room temp.	lower temp.	room temp.	lower temp.	room temp.	lower temp.
7 days after amputation	1	→	U	U	U	U	U	U	U	U
	4	→	U	U	U	U	U	U	U	U
	9	→	U	U	U	U	U	U	U	U
14 days after amputation	1	→	U	U	U	U	U	U	U	U
	4	→	U	U	U	U	U	U	U	U
	9	→	U	U	U	U	U	U	U	U
28 days after amputation	1	→	U	U	U	U	U	U	U	U
	4	→	U	U	U	U	U	U	U	U
	9	→	U	U	U	U	U	U	U	U
59 days after amputation	1	→	U	U	U	U	U	U	U	U
	4	→	U	U	U	U	U	U	U	U
	9	→	U	U	U	U	U	U	U	U

雌 2,000r 群, 雄 5,000 r 群: ともにこの再生度判定基準においては差がなかった。

再生度の雌雄差については, 50r 室温群では放射後 1 週目切断, 切断 7 日後で雌の再生度が高く, 放射後 4 週目切断, 切断 28 日後では雄の再生が良い。50r 低温群では放射後 1 週目切断, 切断 14 日後で雄が優れていた。600r 群では低温群放射後 9 週目切断, 切断 63 日後及び室温群放射後 4 週目切断, 切断 7 日後で雌が良い再生を示す外は大部分のものが雄が高い再生度を示した。

放射量による再生度の差については一般に大量になる程再生度が低いが, たゞ放射後 9 週目切断, 切断 28 日後では室温, 低温両群ともに 5,000r 群の方が 2,000r 群よりも却って再生度が高かった。因みに組織像の中で最も大きな役割をもつ壊死の有無を主にして図示すると Fig. 22 の如くなる。

IV. 総括及び考按

放射線の生物学的作用に対する低温の影響を検した研究は文献に少ない。即ち恒温動物¹⁵⁾¹⁷⁾または変温動物¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾或はその卵²¹⁾²²⁾²³⁾²⁴⁾²⁵⁾, 植物²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾を用いて, 放射の前²⁵⁾, 後²²⁾, あるいは放射時中¹⁶⁾¹⁸⁾¹⁹⁾²⁶⁾に被検生物を低温にもたらしした場合の影響を, 死亡率¹⁶⁾¹⁸⁾¹⁹⁾, 生存期間¹⁶⁾¹⁸⁾, 生熊²⁶⁾, 或は血液像¹⁾について研究した諸家の報告がある。これらの研究の多くは, 低温は一般に放射線の生物学的作用を減弱抑制すると報告しているが, 放射線障害は放射時中の温度に左右されないと報告¹⁷⁾²¹⁾²⁴⁾²⁷⁾²⁸⁾もあり, 必ずしも成績の一致をみない。

私は, 従来この問題の探究において注目されていない組織切断後の再生機転に関連して, 低温時レ線放射の影響を室温時放射と比較した。

1) 実験方法についての二三の考察:

(a) 使用動物: 本実験に多少とも関連があると見做される文献中, 私のしらべえた研究報告では性別を区別したものが少く, たゞ足沢¹⁹⁾の蛙を用いた研究のみがこれを区別している。私は性別の重要性を考慮して実験したのでより正確な結果を得られたものと信ずる。

(b) 放射及び切断の時期: Brunst⁷⁾等は既往のレ線放射がその後の切断(放射から 2 ヶ月後)に伴う再生過程に及ぼす影響を検しているが, 私は放射後種々なる時期に切断して詳細な観察を行うとともに, 「低温—放射」をも行つてその作用を検討した。尚これとは逆に, 切断後の種々なる再生期に行つた放射の影響については, Hoen⁹⁾の研究があるが, 私の実験をこの条件で行うとすれば再生という異常な基盤の上に「低温—放射」という刺戟を更に加えることになり, 条件が複雑となるのでこの方法はとらなかつた。尚, 私の実験での切断の時期は主として放射後のいわゆる primary acute reaction (Brunst)⁶⁾²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾³²⁾³³⁾³⁴⁾の時期に相当する。

又再生現象は低温度において衰える³⁵⁾とされているが, 私の実験で動物に低温を適用したのは切断後の再生の時期ではなくて既往の放射時だけであるから, その影響は問題外であろう。

(c) 冷却温度の高低: 小坂³⁶⁾は Chiroptera について 8°~12°C において冬眠の実験を行い, 10°C 以上では不安定で 15°C 以上又は 0°C 以下では却つて覚醒すると言う。足沢¹⁹⁾は冬眠蛙を 9°C~14°C に長時間保つて放射実験を行い, 10°C 以下では死亡するおそれありと述べている。私は 1°~8°C を冷却温度としたので前 2 者よりも低温であるが, 被験動物が哺乳類, 無尾両棲類ではなくて有尾両棲類であり, また冷却は短時間(放射直前から放射時中)にすぎないためか, この冷却だけで死亡を招いたと思えるものは殆どなかつた。

2) 死亡率:

足沢¹⁹⁾は夏蛙、交尾期蛙及び冬眠蛙のレ線全身放射による死亡率を観察し、前2者の方が冬眠蛙より死亡率が高いと言う。Dognon et Piffault²⁰⁾はゾウリムシに於けるレ線放射では10°Cで死亡率が最も低いと言う。これに反して、Friedrich und Krönig²¹⁾は蛙の卵に於けるレ線の致死作用を検して、16°Cと30°Cでは温度差による影響を認めず、Crowther³⁷⁾は線毛虫の放射実験で15°Cと20°Cでは死亡率に差を認めず、井上政之²⁷⁾²⁸⁾は *Eudorina elegans* のレ線放射後の傷害(死亡率を含む)に温度による差を認めず、谷川¹⁾はマウスの全身放射実験で冷却冬眠は LD₅₀に影響しないとしている。

私の実験では、雄50r、雌50r及び雌600r放射で低温群の死亡率低く、雄600r及雌5,000r放射では低温群の死亡率が高くなっている。しかし放射時の温度が死亡率に影響ありとするに十分な成績の一貫性はなく、強いて言えば、放射線量の少い群では低温群の死亡率が低いように見えても、線量の増加とともに両群間の差はなくなり、放射そのものによる強い影響の陰に温度の影響がかくされた恰好となる。放射線の生物学的作用と温度との関係についての文献は前述の如く、差なしとするもの差ありとするものまちまちではあるが、何れも全身放射実験が主体であるのに対して、私の実験は尾だけの局所放射であるので、それ等と同列には比較し難いであろう。

3) 生態観察：

関係文献の中で生態観察を行つているのは井上政之²⁶⁾の *Eudorina elegans* の運動、趨光性、分裂及び色調についての記載だけであり大部分の実験者はこれを省略している。

私の実験では低温、室温両群間の差は見出し得なかつたが、放射量の増加につれ両群とも体力の消耗が強くなつた。

4) 切断部の肉眼的観察：

イモリの再生を検した実験としては Spallanzani (1768)³⁵⁾以来無数の報告があるが、私の実験のように低温時放射後切断して再生をみたものは文献に見当たらない。私の実験でも非放射切断群、

50r 放射切断群及び 600r 放射切断群の一部では切断端において成書の教える規則正しい再生過程が肉眼的に観察された。しかるに 600r 群の一部、2,000r 群及び5,000 r 群の殆ど全例では放射尾部全体が一旦壊死脱落して後、非放射部の端において再生過程が起るのを認めたのは新しい所見として記載に値する。私は最初この壊死組織が色々な様相を示すので成熟イモリの死因の大半を占める“Swollen cloaca”⁵⁾という疾病を考えたが、後日組織学的に壊死であることを究明できた。また Barfurth の法則³⁵⁾として再生芽の形成は常に切断面に垂直の方向に起るとされているが、私の実験では V.V. Brunst⁷⁾の報告と同様、再生尾の過半数は切断面の方向とは無関係に放射方向と逆方向への彎曲伸長を示したことも興味深い。

少量放射群(50r 及び 600r の一部)の再生尾実測値が低温群で大きいことは注目に値する。

5) 実体顕微鏡的観察：

従来報告のうち組織学的検索を行つているものは多いが、実体顕微鏡により被験動物の生存中に究める最小の形態学的所見を検索し、組織学的所見を補つた研究報告を知らない。私はこの点を重要視し、低温、室温の両放射群の実体顕微鏡的所見を比較した結果、50r 及び 600r の低温群で雌雄とも修復像良好のものをみとめ、2,000r 及び5,000 r では両群に差をみとめなかつた。

6) 組織学的観察：

Brunst⁶⁾は 150r 乃至1,200 r 放射したイモリで(切断は行わず)その組織像に primary acute reaction と呼ぶ変化を認めている。これは活動性巨細胞の存在、上皮層並びに色素層の変性及び mitose の抑制からなっており、放射後3乃至4週目に現われ始め、約6週間持続する。従つて私の実験では放射後1週目切断群以外の実験群がこの primary acute reaction の期間中に切断をうけたことになり、組織学的変化の最も著しい時期に更に切断という侵襲が加つたため、非放射切断群との比較が容易になり、更には放射時温度の差による影響が若しありとすれば観察しやす

くなるかと考えた訳である。

組織像の比較のために私は再生度の組織学的基準を設けたが、これは多くのデータの整理に便で、且成績の正確さを助けたものと信ずる。

近年放射線治療乃至は放射線障害予防の目的に人工冬眠の応用³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾が考慮されているが、これは人工冬眠下において健常組織の放射線感受性低下が起り、それが新陳代謝の盛な悪性腫瘍組織に比べて著しいことを前提とするものであろう。私の実験は両棲類について、生活反応の点で冬眠に近い低温状態での放射の影響を検したもので、その成績が直ちに人体にも適用するとは即断できないが、この問題に関して少からぬ示唆を与えるものと考えらる。

V. 結 論

1) 有尾両棲類(イモリ)の尾部をレ線局所放射後に切断して、再生現象が低温(1°~8°C)時放射と室温(21°~24°C)時放射とで如何に異なるかを観察し、放射時体温の放射線感受性に対する影響を検討した。

2) 一般にイモリの雄は雌よりレ線に対する抵抗性がやゝ高い。

3) 死亡率:雌雄50r群,雌600r群のみが低温放射群の死亡率低く,雄600r群及び5,000r群では却つて低温放射群の死亡率が高く,雌2,000r群では両群間の差を認めない。尚,各群とも常に雌の死亡率が高かつた。

4) 再生尾の長さは,雌雄ともに低温放射群では室温放射群よりも長い。

5) 実体顕微鏡的観察では,50r,600rの低温放射群で雌雄とも修復像良好のものを認めたが,2,000r,5,000r群では放射時温度による差はなかつた。

6) 組織学的検索の結果,50r群,600r群で低温放射群に再生度の高いものがあつたが,その他の群では差がなかつた。

以上要するに,小量乃至中等量(50r乃至600r)のレ線放射では,放射時冷却附加は切断尾の再生過程に対するレ線の障害作用を軽減するが,大量放射(2,000r乃至5,000r)では影響はみと

め難い。

本論文の要旨は,日本医学放射線学会第17回総会(1958年4月)及び同学会第28回九州地方会(1958年7月)において発表した。終始,御懇篤な御指導,御校閲を賜つた立入,玉木両教授に深甚の謝意を表する。又組織学的検索に対し御援助を忝うした長崎大学第一病理学教室林教授,山辺助手,並びに第一解剖学教室瀬戸口助教授及び御協力を頂いた放射線医学教室の諸兄妹に深く感謝する。

VI. 文 献

- 1) 谷川福夫:日医放誌,18:(1),91,昭和33年。
- 2) 日本動物図鑑:昭和24年。
- 3) 佐藤井岐雄:日本産有尾類総説,昭和18年。
- 4) 生物学大系,2巻及8巻,昭和23年。
- 5) Brunst, V.V.: *Laborat. Invest.*, 4:(1),45,1955。
- 6) Brunst, V.V., Barnett, D.J., and Fidge, F.H.J.: *Am. J. Roentg. Rad. Therapy*, 66:(3),420,1951。
- 7) Brunst, V.V. and Sheremetieva-Brunst, E.A.: *Am. J. Roentg. Rad. Therapy*, 62:(2),252,1949。
- 8) Brunst, V.V.: *Laboratory Investigation*, 1:(4),432,1952。
- 9) Höhn, A.: *Oncologia*, 8:3,1954。
- 10) 鳥居敏雄,他:医学,生物学者のための推計学,東京大学出版会,1954。
- 11) 平賀顯:広島医学,3:(2),67,昭和30年。
- 12) Brunst, V.V.: *Laboratory Investigation*, 4:(6),429,1955。
- 13) Brunst, V.V.: *Am. J. Roentg. Rad. Therapy*, 78:(3),518,1957。
- 14) 森茂樹:病理学総論,金原出版,昭和29年。
- 15) 医学大辞典,南山堂,昭和32年。
- 16) Smith, F. and Grenan, M.M.: *Science*, 113:(2946),686,1951。
- 17) Mottram, J.: *Brit. J. Radiol.*, 1:174,1924。
- 18) Patt, H. M. and Swift, M.N.: *Am. J. Physiol.*, 155:(3),388,1948。
- 19) 足沢三之介:日レ学誌,15:(3),161,昭和12年。
- 20) Dognon, A. et Piffault, C.: *C.r. Soc. Biol.*, 107:1501,1931。
- 21) Krönig, B. und Friedrich, W.: *Sonderb. Str. th.*, 3:1918。
- 22) Strangeways, T.S.P. and Fell, H.B.: *Proc. Roy. Soc. B.*, 102:9,1927。
- 23) Holthusen, H.: *Fortschr. d. Röntg.*, 29:777,1922。
- 24) Zuppinger, A.: *Str. th.*, 28:639,1928。
- 25) Cook, E.V.: *Radiology*, 32:289,1939。
- 26) 井上政之:日レ学誌,16:(4),407,昭和13年。
- 27) 井上政之:医学と生物学,2:(7),378,昭和17年。
- 28) 井上政之:日医放誌,4:(1),12,昭和18年。
- 29) Brunst, V.V.: *Am. J. Roentg. Rad. Therapy*, 68:(2),281,1952。
- 30) Brunst, V.V.: *Anat. Rec.*, 101:661,1948。
- 31) Brunst, V.V.: *Anat. Rec.*, 103:430,1949

—32) Brunst, V.V., Sheremetieva-Brunst, E. A. and Figge, F.H.J.: *Am. J. Roentg. Rad. Therapy*, 70: (2), 283, 1953. — 33) Brunst, V.V.: *Am. J. Roentg. Rad. Therapy*, 72: (3), 488, 1954. — 34) Brunst, V.V.: *Am. J. Roentg. Rad. Therapy*, 73: (2), 281, 1955. — 35) 岡田要, 他: 現代の生物学, 第2集, 発生, 昭和30年. — 36) 小坂寿: 岡山医大誌, 47: (4), 875, 昭和10年. — 37) Crowther, J.A.: *Proc. Roy. Soc. B.* 100: 390, 1926. — 38) Hiltmann, H.: *Str. th.*, 96: (3), 458, 1955. — 39) Andersen, R.S. und Turkowitz, T.: *Am. J. Roentg. Rad. Therapy*, 44: 537, 1941. — 40) 内田耕二 (訳): 人工冬眠療法の実験, 金芳堂, 昭和30年. — 41) 瀬戸口孝夫: 長崎医誌, 29: (1), 65, 昭和29年. — 42) Brunst, V.V. and Shere-

metieva-Brunst, E.A.: *Am. J. Roentg. Rad. Therapy*, 62: (4), 550, 1949. — 43) Brunst, V.V., Barnett, D.J. and Figge, F.H. J.: *Cancer Research*, 10: (4), 206, 1950. — 44) Brunst, V.V.: *The Journal of Experimental Zoology*, 114: (1), 1, 1950. — 45) Brunst, V.V.: *The Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 41: (4), 534, 1953. — 46) Brunst, V.V.: *Am. J. Roentg. Rad. Therapy*, 71: (1), 131, 1954. — 47) Brunst, V.V.: *Radiation Research*, 5: (3), 267, 1956. — 48) 中泉正徳, 他: 日レ学誌, 13: (3), 182, 昭和10年. — 49) Brunst, V.V.: *The Quarterly Review of Biology*, 25: (1), 1, 1950. — 50) 宮地伝三郎, 他: 動物の生態, 岩波全書, 昭和33年. — 51) 文献5) から引用.

Effect of the Irradiation in Lower Temperature on Regeneration of the Amphibian Tail

By

Akira Ashizawa

Nagasaki University School of Medicine,
Department of Radiology

(Director: Prof. Dr. H. Tachiiri, formerly and Prof. Dr. M. Tamaki, at present)

The influence of temperature at the time of irradiation on the radiobiologic effect is still a problem to be studied.

The tails of male and female *Triturus pyrrhogaster* were amputated at various time intervals following the tail irradiation with various doses of x-rays (60 kVp, no filter). The irradiations were done both at lower temperature (1°~8°C) and room temperature (21°~24°C). In addition to the investigation of survival rate and living habits of the animals, macroscopic, stereomicroscopic and histologic examinations of amputation stumps were carried out at various time intervals after amputation and the results were compared of both temperature groups.

In general, the radiobiologic effects (particularly inhibitory effect on tail regeneration) are diminished by the cooling at time of the irradiation with small and medium doses (50r and 600r).