

Title	Cs-137及びCs-134の代謝並びに障害に関する実験的研究 第1報 Cs-137及びCs-134の動物体内代謝と障害及び組織内線量算出に関する実験的研究
Author(s)	亘理, 勉
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1958, 17(12), p. 1480-1501
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19692
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

Cs-137 及び Cs-134 の代謝並びに障害に関する実験的研究

第1報 Cs-137 及び Cs-134 の動物体内代謝と
障害及び組織内線量算出に関する実験的研究

東京大学医学部放射線医学教室 (主任 宮川正教授)

亘 理 勉

(昭和32年9月7日受付)

目 次

第1報

I. 緒言

II. Cs-134の代謝と障害

- 1) 体内分布 (睾丸, 肝)
- 2) 病理組織学的所見

III. Cs-137の代謝と障害

- 1) 体内分布 (筋肉, 睾丸, 肝, 腎)
- 2) 病理組織学的所見

IV. II及びIIIの考按, 結論

V. 組織内線量の算出及び考按

第2報 Cs-137の排泄に関する実験的研究

I. 緒言

II. 尿中への排泄

III. 尿中への排泄

IV. 考按

第3報 Cs-137の代謝と障害に及ぼす各種薬物の影響に関する実験的研究

I. 緒言

II. Cs-137の体内分布及び病理組織学的所見

(筋, 睾丸, 肝, 腎, 副腎, 脾, 肺, 骨)

- 1) 無処置群 (対照群)
- 2) KCl 注射群
- 3) DOCA 1回注射群
- 4) DOCA 3回注射群
- 5) Periston-N 注射群

III. 考按

I 緒 言

1954年3月ビキニ事件以来, 核爆発実験に伴う原子核分裂生成物による人体への障害に多くの關

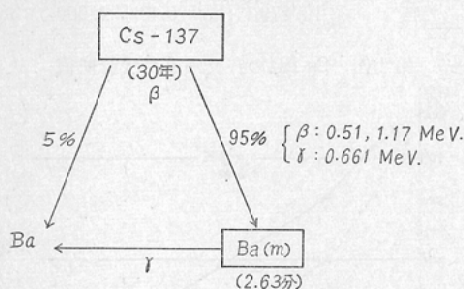
心をもたれるに至った. 今迄にも我が國に於て數多くの研究が行われているが今後, かゝる廣汎な放射性物質による汚染のみならず原子力平和利用の研究發展に伴う放射性物質の人体に對する影響は職業人と否とを問わず公衆衛生的見地からも極めて重要な課題である事は云うまでもない. 我が國に於ても多くの核分裂生成物による研究が行われ, 幾多の成果を挙げつゝあるが問題は次第に狭められて Sr-90 と Cs-137 に大きな關心が拂われるに至った. 核分裂生成物の研究は物理化學的方面では深く解明せられつゝあるが醫學的生物學的方面ではその現象の複雑さから非常に困難な問題を多く包含し, 特に障害に關しては未解決の問題が山積していると言つても過言ではない.

之等, 核分裂生成物による人体への影響は多くの動物を借りて実験が行われ, これを人間に歸納させて放射線障害の本態の究明に役立たせようとしているわけであるが, 我々もかゝる見解の下にビキニ事件の發生と同時に核分裂生成物による一連の研究を行つてきた¹⁾²⁾¹⁹⁾²⁰⁾. その結果, 核分裂生成物混合物 (Fission Products mixture) ではその組成の變動とエネルギーの複雑さからこれを生物學的變化と結びつけて論ずる事は不可能に近い事を知つた. 一方核爆発実験による放射性物質汚染の問題は近來益々重要視され, 大きな社會問題となつているが, 従來, 骨に對する影響とその有効半減期の長い事から Sr-90 のみが大いに問題とされたが, 相次ぐ核爆発実験はガンマ放射体

(γ -Emitter) で物理的半減期が長く殊に性器への影響の重大な Cs-137 の汚染を問題とするにいたつた⁴⁶⁾。

核分裂生成物中 Cs-137 は半減期が約30年で長寿命の點は Sr-90 に似ているが次圖の如き質量數 137 の Fission Chain に於て生成される事が知られている。

質量數 137 () 内は半減期を示す。



Cs-137 の半減期については従来一般に33年とされているが、1955年 F. Brown は30.0年 + 0.3年 - 0.4年と述べ、現在はこれがもつとも妥當であるとされている⁶⁾。上に示した如く、Cs-137 は長寿命で Ba-137m は短寿命であるがこの親娘は Cs が化学的に純粹に分離された瞬間を除いては相伴つて存在する。その爲に Cs-137 の放射線はベータ線のみであるが Ba-137m のガンマ線も併せてその生物体への影響を考えなければならない。性器及びそれを取りまく筋肉組織に Cs が入る可能性を考えるとこの Ba-137m のガンマ線も遺傳學的に重視されてくるのは當然である。

Cs-137 の汚染の問題については、わが國に於ても山縣⁵⁾ の精力的な研究を始め、道家^{7,8)}、鹽川⁶⁾ 等により行われているが、これが生物學的方面、殊に障害に關しては未だ發表が見られない。

たゞ利用面に於ては、Cs-137 がその性質上、ラジウムの代用として極めてすぐれたものであり、半減期の長い事から Co-60 にもまさる放射性物質として用いられその大量生産が可能となれば Tele-cobalt 療法に代り得るものである²⁹⁾。

又 Cs-137 針の試作並びに應用については宮川³⁹⁾ 等の報告もあり着々實用化されつつある。一方障

害に關しては Sr-90 の汚染に關する資料は多いが Cs-137 に關する資料は極めて少いごとく、Sr-90 の代謝と障害に關する資料に比し、Cs-137 による代謝及び障害に關する資料は極めて乏しく、病理組織學的檢索を行つた報告はまだ見られない。

著者は Cs-137 による体内代謝を辜丸を中心に検討し、併せて病理組織學的檢索、排泄、カリウム代謝との關係、組織内線量の算出、その他 Cs-137 の胎兒への移行、擔癌動物での Cs-137 の代謝等につき研究を行つた。その結果、Cs-137 の体内分布、排泄等に關しては、特に辜丸に意外に沈着の多い事、又これに關連して辜丸を中心とした病理組織學的檢索及び組織内線量の算出等から多くのみるべき知見を得た。

著者は Cs-137 による障害を形態學的に一應捉えはしたが今後更に微量の放射能による變化を何等かの形で捉え、長年の懸案であるより鋭敏なより確實な障害に對する Biological Indicator を發見して放射能障害に關する混亂を是正し、物理化學面の微量放射能檢出の裏づけを生物學的に一日も早く行わなければならないと考えている。

以下目次に従い著者の實驗について述べる。

その1 Cs-134

Cs の追跡子實驗には Cs-134, Cs-137 の何れでもよいが、Cs-134 は、半減期が2.3年であり、Cs-137 に比し、汚染その他の問題で危険度も少く、取扱ひ易い。

著者は Cs-137 による實驗の第1段階として辜丸と肝についてその代謝に關する研究を行つた。

I 實驗方法

1) 實驗動物：

用いた動物は dd 系マウスで体重 14 ± 1 g の雄、5匹宛を1群とし、金網製飼育籠におさめ、固型飼料 NMF (オリエンタル酵母工業株式會社製) 及び野菜を自由に攝取せしめ、飼育後約2週間を経て實驗に供した。實驗時の体重が 14 ± 1 g である。

2) Cs-134：

鹽酸溶液の形の CsCl で、濃度は $51.8 \pm 10\%$

mc/ml, pH 5.0の原液を1 cc當り45 μ c になるごとく稀釋し, pHを 7.0に調整した. ちなみにCs-134は半減期2.3年で 0.648, 0.09MeV のベーター線, 0.561, 0.567, 0.601, 0.794, 1.037, 1.164, 1.365MeV のガンマ線を放出する.

3) Cs-134の投與方法及び投與量:

ツベルクリン用注射器及注射針を用い, 45 μ c/cc の Cs-134 溶液 0.3cc宛をマウス腹腔内に静かに注入した. 従つて1匹あたり 0.964 μ c/g の Cs-134 が注射された事になる.

4) 試料の調整:

注射後, 1日, 2日, 4日, 8日, 22日目に夫々斷頭し, 充分に放血させてから他臓器との汚染に充分注意しながら試料を採取し, 直ちにトージョン・バランスにて重量を測定し, キールダール酸化コルベンに濃硝酸5~7ccを加え, ミクロパーナー上でゆつくりと濕性灰化し蒸溜水で一定に稀釋した後, その一定量を取り, 蒸發乾固して試料に供した. 臓器は1コの酸化コルベンに 500~600mg以上入れぬ様注意した.

5) 放射能測定:

Cs-134もCs-137もガンマ放射体であり, 従つて試料は Nuclear & Chemical Corp, 製Ds-1のシンチレーション・カウンターを用いて測定した.

Cs-134はガンマ放射体であり, シンチレーション・カウンターで測定する場合, 試料調整の項で述べた如き方法で濕性灰化する必要はないのであるが, 多量の試料を正確に測定できる事, 試料をこぼしたりする危険のない事. 保存できる事. 汚染の危険がない事. 自己吸収を完全に無視できる事などから, 実際には手順は煩雜であるが結果的には色々利點がある.

6) 病理組織學的檢索:

Cs-134の放射能測定に用いた組織の一部は斷頭直後, 10%ホルマリンで固定, 形のごとく水洗, アルコール, 無水アルコール, クロロホルムの手順を経て標本を作製した. 染色はヘマトキシリンエオジンによつた.

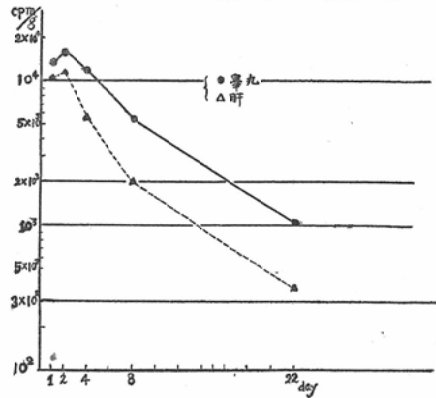
II 實驗結果

辜丸, 肝の放射能値及び放射能減衰の程度, 並びに辜丸重量と体重の關係は第1表, 第1圖, 第2圖の如くである. なお各點夫々, 5匹宛の平均値である.

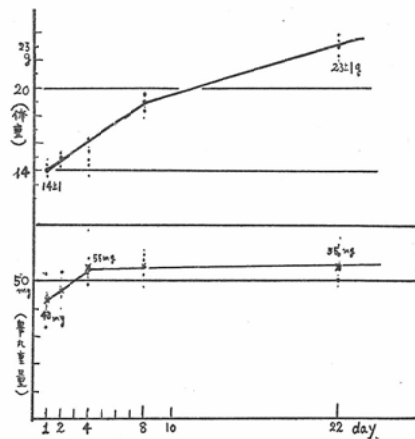
第1表 Cs-134 肝辜 (cpm/g)

Organ	Day 第1日	第2日	第4日	第8日	第22日
辜	13,464	16,386	12,176	5,330	1,091
肝	10,279	11,839	5,660	2,009	384

第1圖 Cs-134の肝及辜丸の放射能値



第2圖 Cs-134体重・辜丸重量

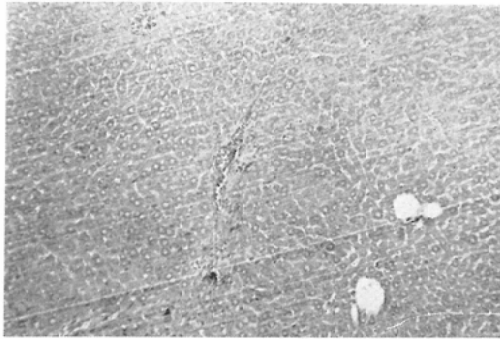


A) 臓器分布 (肝, 辜丸)

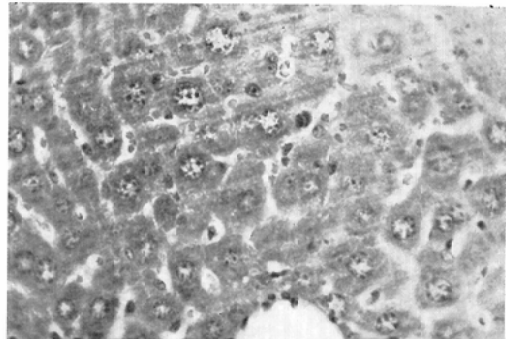
1) 肝

a) 第1日から肝は辜丸より僅かながら沈着が少く以後第1圖に見るごとくその差は次第に大と

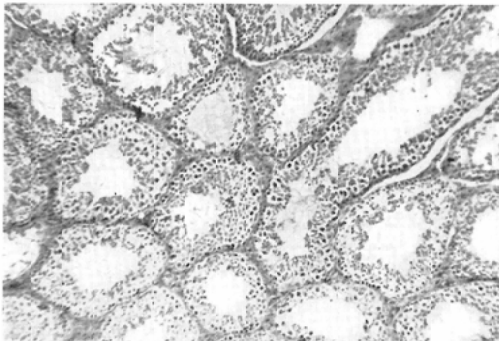
No. 1. 肝, 对照 ×80



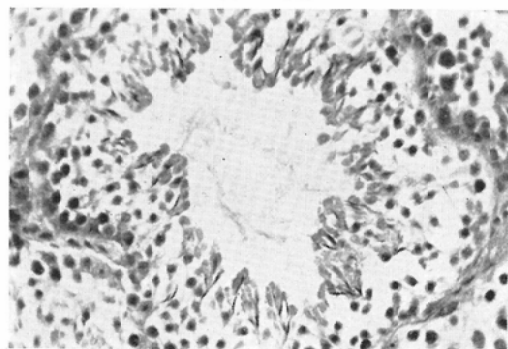
No. 2. 肝, 对照 × 320



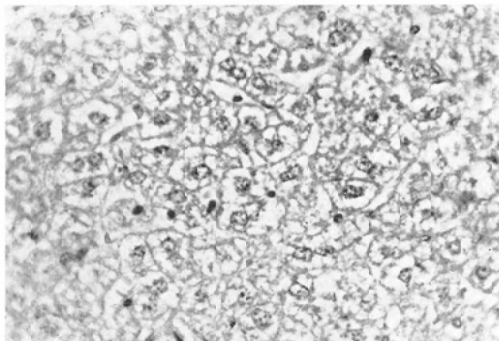
No. 3. 睪丸, 对照 ×80



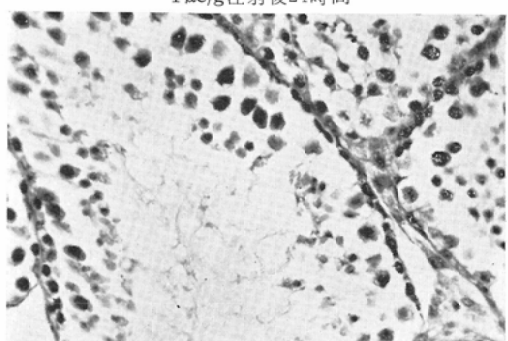
No. 4. 睪丸, 对照 × 320



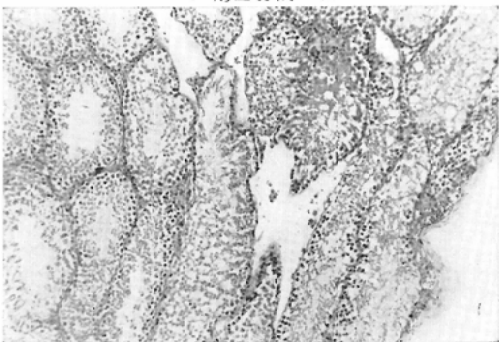
No. 5. 肝, × 320
空胞変性, 細胞腫大
Cs-134, 1 μ g/g 注射後24時間



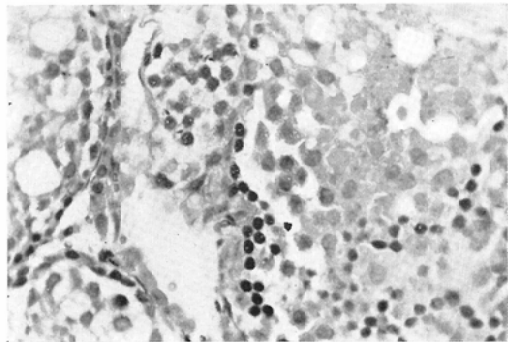
No. 6. 睪丸, × 320
精祖細胞減少, 核濃縮, 精母細胞減少
1 μ g/g 注射後24時間



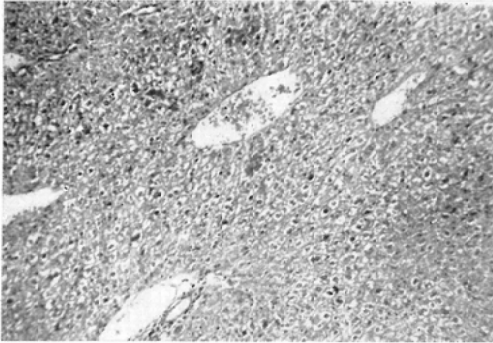
No. 7. 睪丸 ×80 1部壊死
プラズマ様物質滲出, 精細管の周辺部の変化著明
1 μ g/g 注射後4日



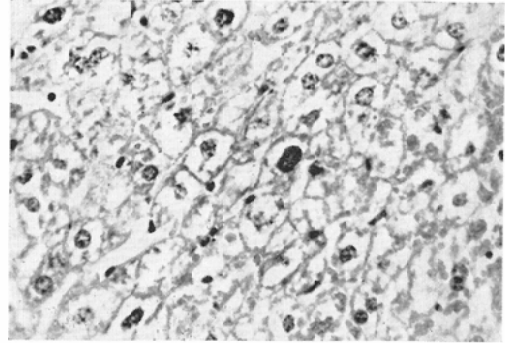
No. 8. 睪丸 × 320
プラズマ様物質の滲出 造精構造の破壊
1 μ g/g 注射後4日



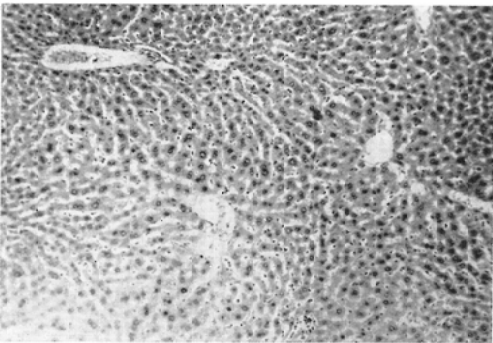
No. 9. 肝 ×80
空胞変性著明
1 μ C/g注射後8日



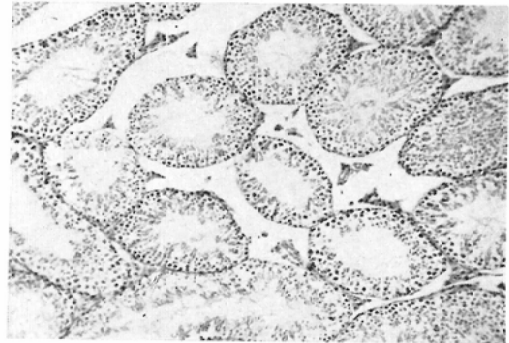
No. 10. 肝 ×320
空胞変性, 1部核融解, 巨大核の出現
1 μ C/g注射後8日



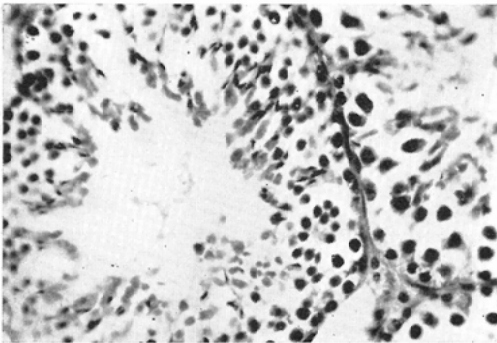
No. 11. 肝 ×80
回復再生像
1 μ C/g注射後22日



No. 12. 睪丸 ×80
造精機能回復, 精祖細胞増加, 精母細胞増加
1 μ C/g注射後22日目



No. 13. 睪丸 ×320
殆んど完全に回復
1 μ C/g注射後22日目



なる傾向がある。

b) 肝へは著者の予備実験⁴³⁾で判明したごとく短時間にはかなりの濃度を以て沈着するが以後急激に排泄されると考えられる。

即ち、第1表、第1圖からも判るごとく肝の cpm/g は第4日目には既に第1日目の50%に減じ、第8日目には更に減じて20%となり、之が、22日目には3.7%に減少している。

2) 睪丸:

a) 睪丸への沈着は第1日目から肝より僅かながら多く、その差は日と共に大となる。

b) 睪丸では肝程の急激な減少を示さず、第8日目にいたって漸く第1日目の40%となり、22日目でも8%位に減じているに過ぎない。

3) 肝と睪丸との比較:

a) 肝は睪丸より有効半減期が短い。

b) 肝と睪丸の両者に共通な現象は、第2日目に於て共にピークを示すことで、第3日目の放射能を測定していないので判然としないが、少くとも今回の実験では2~3日目に1つの山を示し、

8日以降、急激に減少して行く傾向がある。

c) 各々のサンプルの放射能値は特に列記しなかつたが(各点5匹の平均値)、辜丸に於てはかなり個体差が大きく肝に於てはよく一致していた。辜丸と肝とのこの放射能値變動の差異は幼若マウスの辜丸では盛んな成長の過程にあり、肝のごとく大きく又一應できあがつている組織と異り、辜丸では常にかなり激しい代謝が行われている事を示唆するものであり、辜丸個々の重量にも相當の變動が見られた。

d) 辜丸には肝よりも沈着が多く、兩者の比は、第1日 1.3:1, 第4日目 2:1, 第8日目 2.5:1, 第22日目 3:1となつている。

この事は辜丸が單に周圍筋肉からのガンマ線に曝されるが故に注目されると云うだけでなく、實際に辜丸に沈着する Cs-134 からのベータ線による組織内照射線量も大きな役割がある事を示すものである。

B) 辜丸重量と体重の關係:

第2圖に示すごとく体重の増加は順調であるのに辜丸の發育は4日目以降全く見られない。従つて辜丸に對する体重の重量比は日と共に大となり、結果的に相當高度の辜丸萎縮を來している事を考えさせる。對照は70mg前後であつた。但し前にも述べたごとく本來、個体差の大きいものである事を注意すべきである。

C) 病理組織學的所見:

ビキニ事件以來、肝は特に注目され、又相次ぐ核爆發實驗の結果、Cs-137の性器への影響が注目されるにいたつた。著者は先づこの2つの臓器について檢索を行つてみた。

1) 肝:

一般に肝は放射線に對し抵抗性が大であり、又非常に再生回復能力の強い臓器である事はよく知られている。一般的な所見として、

a) 第1日目: 既に毛細血管の充血、擴張、中心静脈周邊の充血等の他に、肝細胞個々は腫大し、空胞變性(Vacuolization)を起し。

b) 第2日目: には更に所謂單細胞壞死(Einzell-Nekrose)が加わり。

c) 第8日目: 空胞化が全例中最も著明となり、細胞は膨化し、透けて見える様になる。又、中心静脈、毛細血管の擴張も著明で巨大核の出現も認められる。

d) 第22日目では肝細胞索(Zellbalken)は明瞭となり、原形質の染色性もよくなり、回復の徴候が明らかで對照との相違は一見不明である。

8日目から22日目の間の檢索が行われていない爲、回復過程の考按が困難であるが、回復はこの程度のCs-134では1カ月以内に行われるものと考えられる(寫眞. No. 1, No. 2, No. 5, No. 9, No. 10, No. 11参照)。

2) 辜丸:

一般に辜丸は放射線に對し感受性が大である事が知られていが考按にも述べるごとくその檢索には慎重を要する。

a) 第1日目: 精祖細胞は減少し始める。

b) 第2日目: 加えて、精母細胞も減少を見せ、精祖細胞は更に減じ核濃縮性となり、一部に脱落細胞も認められる。又脱落したものの一部は壞死に陥つている。

c) 第4日目: 精細管の一部に造精層の完全に近い消失を見るものがあり、2, 3の精母細胞を認めるに過ぎない部分もある。又プラスマ様物質の滲出を認める部分もある。

d) 第8日目から22日目:

8日目以後には既に回復の徴候を見せ、第22日目には對照との差は極めて困難である。

結局精上皮(Keimepithel)や精子發生(Spermatogenese)の細部については精査を要するとして、少くとも精子發生に部分的ながら異常を來した事は明らかである(寫眞. No. 3, No. 4, No. 6, No. 7, No. 8, No. 12, No. 13参照)。

今回の實驗に用いられたマウスは發育・過程にある幼若マウスであつたため、精子發生の細部についての檢索は困難であつた。

以上を小括すると

1) Cs-134は辜丸に肝より沈着が多い。

2) 有効半減期は肝に於て辜丸より短い。

3) 辜丸及肝共に沈着は第2~3日目に最高を

示す。そして8日目以降に減少する。

4) 病理組織學的檢索の結果、辜丸では最も著明な變化は4日目に現れ、8日目には既に回復の徴候が見られている。肝に於ては8日目に變化が最も著明で22日目には明らかに回復している。

従つて特に Cs-134 に特有な變化と云うごときものは見られなかったが、今回の實驗では辜丸は肝よりも障害も回復も早く見られ、共に再生回復能力の大なる事を知つた。勿論より大量のCs-134を用い、更に細かく長期に亘り觀察したならば更に興味ある知見を加え得たであろうが、遺傳學上の問題は別として、形態學的にはこの程度の量では造精機能に不可逆的影響を與える事はない事がわかり、又この時同時に Cs-134 を注射して残っていたグループの雄と無處置雌との間から正常の出産を見た事を附記する。

その2 Cs-137

Cs-137 の24時間以内の代謝實驗⁴⁸⁾で、腎が初期高濃度であること。又 Cs-134 の實驗で辜丸に沈着の大なること及び相當の障害をみたので更に大量の Cs-137 を用い、臓器分布に腎及び筋肉を追加して障害と代謝の關係を研究した。

I 實驗方法

1) 實驗動物：

dd 系マウス、体重 20 ± 1 gの雄。1群5匹宛を金網製飼育籠におさめ固型飼料NMF（オリエンタル酵母工業株式會社製）及野菜を自由に攝取せしめ飼育後10日を経て實驗に供した。その時の体重が 20 ± 1 gである。以下實驗値はすべて1點5匹の平均値である。

2) Cs-137：

用いた Cs-137 は Amersham Radiochemical Centre のもので、一規定の硝酸鹽 109mc/ml という非常に高濃度のもので Radiochemical Purity は Cs-137+Ba-137m+Cs-134 で99.9%、Cs-134 は Cs-137 の4%以下である。これを $50 \mu\text{c}/\text{cc}$ になるごとく稀釋し、pH 7.0に調整した。

3) Cs-137 の投與方法及び投與量：

ツベルクリン用注射器及びツベルクリン針を用い、 $50 \mu\text{c}/\text{cc}$ の Cs-137 溶液を 1.0cc宛（左右腹

部から 0.5cc宛）腹腔内に静かに注入した。

従つて1匹當り $2.5 \mu\text{c}/\text{g}$ の Cs-137 が注入された事になる。

4) 試料の調整：

注射後1日、2日、4日、6日、12日、24日、37日、51日目に各々5匹宛斷頭し、充分放血してから他臓器との汚染に充分注意し乍ら試料を採取した。この際、幾つかのピンセットと鉗を用意し、1コの臓器を採る毎に軽く水洗し、紙で拭いとれば汚染の防止には充分であつた。又予備實驗⁴⁸⁾の結果、血中濃度は急激に低下し、又本來血中濃度が低いことから各試料臓器の汚染は無視し得る量である。以下 Cs-134（本論文その1）の場合と全く同様の處理により試料を調整した。

5) 放射能測定：

Nuclear & Chemical corp. DS-1 のシンチレーション・カウンターを用いて測定した。

6) 病理組織學的檢索：

Cs-134 の場合と全く同様である。

II 實驗結果

實驗結果は第1表及第1圖、第2圖、第3圖の如くである。なお1點は夫々5匹の平均値である。

A) 臓器分布（筋、辜丸、肝、腎）

前の Cs-134 の實驗及短時間（24時間以内）の予備實驗⁴⁸⁾で辜丸にかなりの濃度で沈着する事がわかつたので、更に Cs の critical organ である筋肉に腎を加えて、Cs-134 の實驗の場合よりも詳細に検討した。

1) 腎：

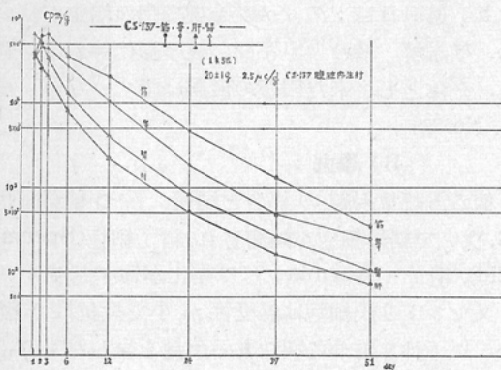
第1日目には第1表に見るごとく腎に非常に多い。この事は排泄の實驗（第2報）の尿中濃度からも説明できる。筋肉を1とした場合の濃度比（Concentrations ratio）を見ると、第1日では第2圖の如くで筋肉の1.8倍に達して居る。然しこの傾向は急激に變化し、3日目には筋肉の0.55、6日目には0.36、12日目には0.19、24日目には0.16となつた。辜丸及び肝との比較は第2圖から明らかである（第2圖參照）。

2) 辜丸：

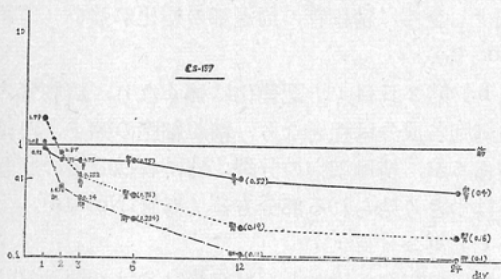
第1表 Cs-137 (cpm/g) 1点5匹平均値

Organ	Day	1	2	3	6	12	24	37	51
筋		37,614	60,953	63,194	36,498	20,206	4,776	1,285	331
辜		34,733	46,237	43,163	27,580	10,523	1,892	472	260
肝		39,742	26,657	21,375	8,177	2,236	508	158	72
腎		67,300	53,194	34,873	13,215	4,034	834	260	102

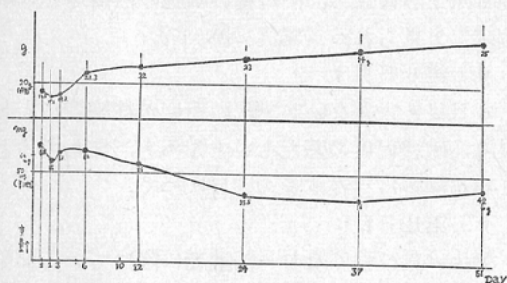
第1図



第2図 筋肉に対する辜・肝・腎の Concentrations-ratio



第3図 Cs-137体重・辜丸(但し1側のみ)重量曲線



a) 第1圖の如く筋と共に2~3日目にピークを示している、この事はCs-134の實驗の場合と一致する。

b) 他の組織との割合は第1圖及び第2圖に見られる通りで辜丸には筋肉に次いで沈着も多い事がわかる。筋肉との比は、第1日目0.92, 2日目0.75, 3日目0.75, 6日目0.75, 12日目0.52, 24日目0.4となつている。

c) 減衰の程度は第1圖及び第2圖の示す通りであるが第2日目に既に肝より多く、第3日目から腎より多い。

3) 肝:

a) Cs-134の實驗でも辜丸より濃度の低い事がわかつたがCs-137で更に長期に亘り觀察した結果、やはり肝1gあたりの沈着は少い。

b) 減衰曲線からもわかるごとく6日目に既に第1日目の20%に減じ、3日目の40%に減じている。即ち有効半減期は、肝が最も短く、腎はこれに次ぎ、辜丸、筋の順序である。

4) 筋肉:

a) 筋肉はCsのcritical organである事がはつきりしている。

b) 辜丸と似て3日目にピークを示している。

c) 生物學的半減期は14~15日であつた。これはN.B.S. Handbook 52³²⁾によれば17日と言われている。

d) 筋肉に大量に沈着する事は知られた事實であるが、この場合、筋肉そのものが病理組織學的に問題とならない事は當然である。

實驗結果からもわかる通り、時日の経過と共に他臓器との沈着の差は大となり、cpm/gでも明らかに1位を占め、体重70kgの場合、その40%以上が筋肉であると言ふ事は全体の線源量(特にガンマ線)として極めて重要な意義を有するわけである。

即ち、体表を万遍なく廣汎に包んでいる筋肉から0.661MeVのガンマ線が放出され、性器及び

各臓器に少なからぬ影響を及ぼすであろう事が考えられる。

5) 筋, 辜丸, 肝, 腎夫々独特な傾向を示すが大体, 筋と辜丸, 肝と腎が夫々似た減衰傾向を示し(第3報でも同じ) マウスは外見上特に異常と思われる症状を呈さず食欲その他普通であつたが病理組織學的變化はC項に述べる。

B) 辜丸重量と体重の関係

病理組織學的檢索と並行して検討したが第3圖に見るごとく辜丸重量は6日以後徐々に減少し37日目からは僅かに増加している。

一方, 体重は徐々に増加し, 体重と辜丸の重量比は次第に大となる傾向を示している。

實驗(その1)の場合と異り, 始めから, 20±1gの成熟マウスを用いた爲, 前實驗程辜丸重量と体重の関係は顯著ではない。が然し, 更に長期に亘り, 觀察を行えば病理組織學的檢索と相俟つて更に興味ある知見を加え得たであろう。

C) 病理組織學的所見

今回は, 20±1gのマウスに2.5 μ c/gのCs-137を腹腔内注射し, 肝, 辜丸, 腎を, 1日, 2日, 3日, 6日, 12日, 24日, 37日, 51日目に夫々檢索した。

A) 肝:

a) 第1日目: 中心髓脈, 門脈枝は擴大し, 空胞化が目立つ。肝細胞は腫大し明るい。核も膨化している(寫眞 No. 14)。

b) 第2日目: 上記變化に加えて, 所謂, 單細胞壞死(Einzell-Nekrose)が目立つ。

c) 第3日目: 空胞化は更に著明となり, 核濃縮(Pyknose), 核融解, 核の色質減少(Hypochromasie)等, 核の退行性變性が出現している。

d) 第6日目: 單細胞壞死が目立ち, 軽い中心部脂肪化あり, 肝細胞は收縮し, 核の大小不同, 核融解が見られ, 類洞(Sinusoid)は割合よく開いている(寫眞 No. 18)。

e) 第12日目: 肝細胞は明るく, 核崩壊(Karyorrhexis)が著明で, 所謂單細胞壞死は相變らず多く, クッペル氏星細胞の増加が見られる。

f) 第24日目: 12日目と大差ない。

g) 第37日目: 所謂單細胞壞死(Einzell-Nekrose)は可成り見られ, 一部に僅か回復の徴候のあるところも見られるが半面肝細胞の壞死のはつきりしているところもある(寫眞 No. 28)。

又壞死のあとの細胞浸潤が見られるところもある(寫眞 No. 29)。

h) 第51日目: クッペル氏星細胞の増加が目立つ。核融解, 核の大小不同, 核の膨化等が見られる。全体として未だ回復の徴候はでない(寫眞 No. 31)。

B) 辜丸:

他の電離放射線の場合と同様, 先づ精祖細胞が, 次いで精母細胞が障害され, 精子細胞(Spermatid), 精子(Spermia)には變化が極めて少い。

又セルトリ氏細胞は感受性が小で抵抗性が強い。以下日を追つて興味ある所見を呈したのについて述べる。

a) 第1日目: 精祖細胞減少, 精母細胞も稍と減少し全体に精細管の周邊部の變化が強い(寫眞 No. 15)。

b) 第2日目: 上記變化は強くなり, 精細管内精細胞各成分は粗となり, 精祖細胞の縮小, 濃縮があるが, 精母細胞の分裂, 特に有絲分裂の状態がはつきり見られる部分もある(寫眞 No. 16)。

c) 第3日目:

間質の細胞が増加し, 精細管はやはり周邊部に於て變化が強い。精祖細胞の著明な減少, 精母細胞も減少が目立ち, 中に精母細胞の巨核球(3核形成)も見られる(寫眞 No. 17)。

d) 第6日目:

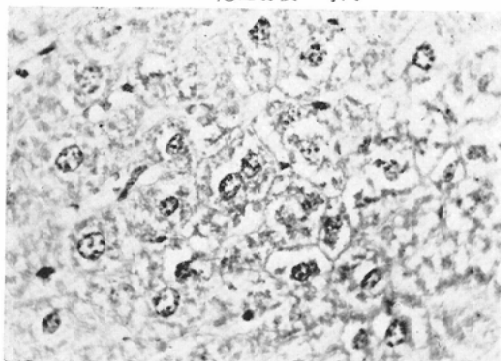
3日目と大差ないが變化の程度が精細管により異り, 破壊程度の甚だしいところと, 然らざるところが同時に存在するのが目につく。

e) 第12日目:

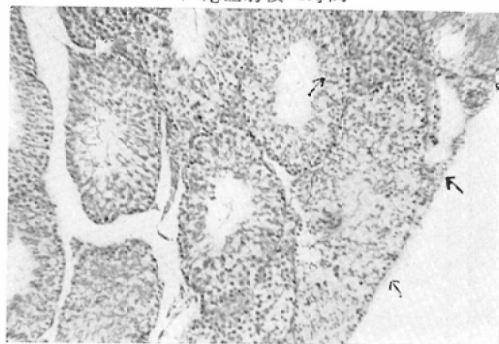
變化は更に強くなり一部壞死に陥っている部分もあるが, やはり周邊部の變化が強い(寫眞 No. 19)。

又精細管内にプラスマ様物質の出現しているところもあり間細胞(Leydig)が目立つ。

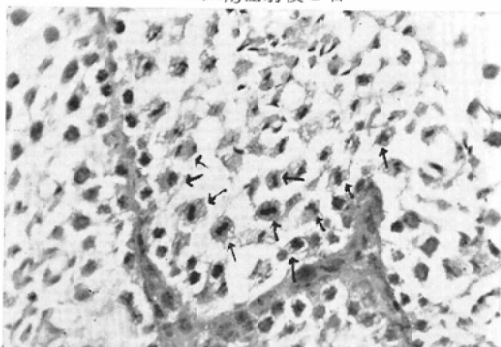
No. 14. 肝, × 320
空胞変性, 核膨化, 細胞明るい
2.5 μ c/g注射後24時間



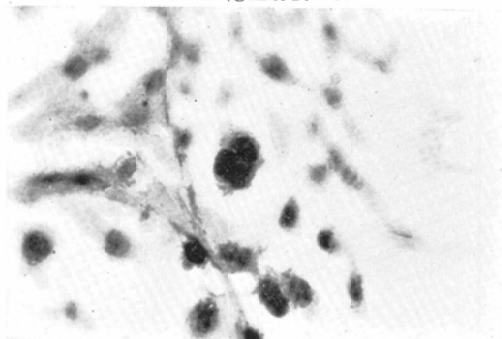
No. 15. 辜丸 ×80
周辺部の変化が強い. 精祖細胞の減少
2.5 μ c/g注射後24時間



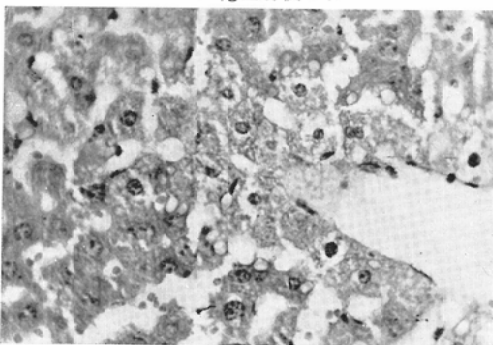
No. 16. 辜丸 × 320
精祖細胞減少著明, 縮少
精母細胞減少及び有糸分裂
2.5 μ c/g注射後2日



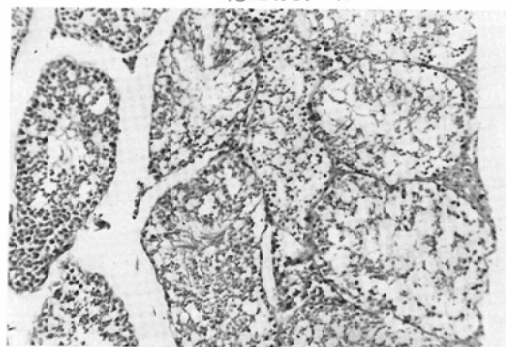
No. 17. 辜丸 × 720
精祖細胞殆んど消失, 精母細胞巨核(3核)球
の出現, 精母細胞減少
2.5 μ c/g注射後3日



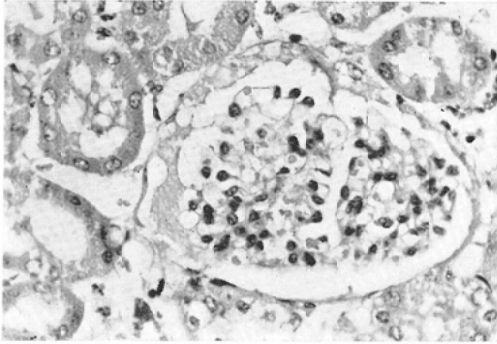
No. 18. 肝 × 320
中心脂肪変性
2.5 μ c/g注射後6日



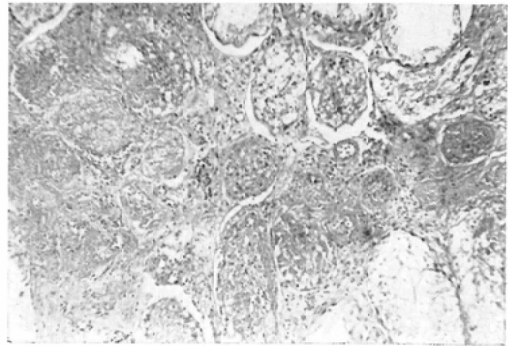
No. 19. 辜丸 ×80
周辺部変化強し, 精細管により障害度がかなり異なる
2.5 μ c/g注射後12日



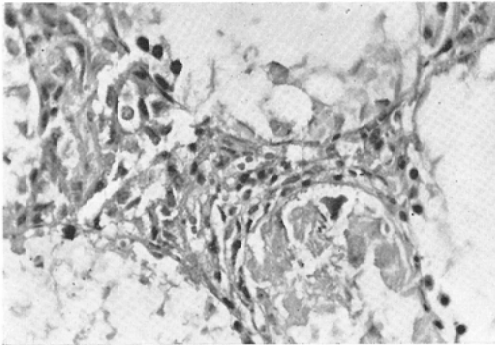
No. 20. 腎 × 320
ボーマン氏嚢へのプラズマ様物質の滲出
2.5 μ C/g注射後12日目



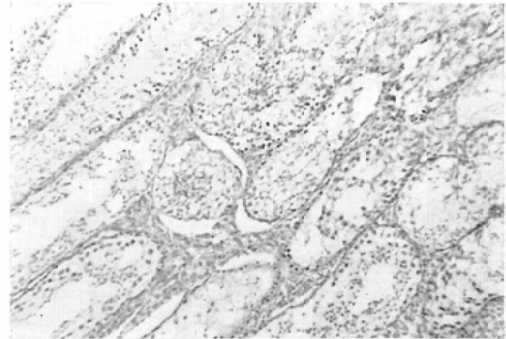
No. 21. 睪丸 × 80
壊死像, 造精構造の破壊著明
2.5 μ C/g注射後24日



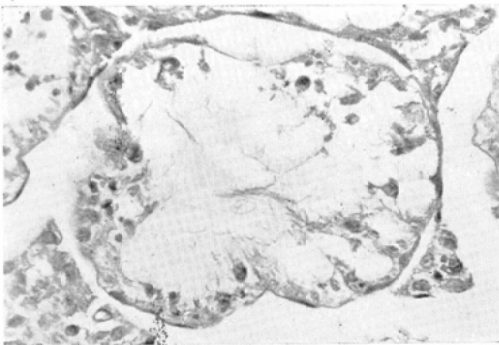
No. 22. 睪丸 × 320
間細胞の増加, 精子発生殆んどなし.
精細管は殆んど空虚, 1部壊死
2.5 μ C/g注射後24日



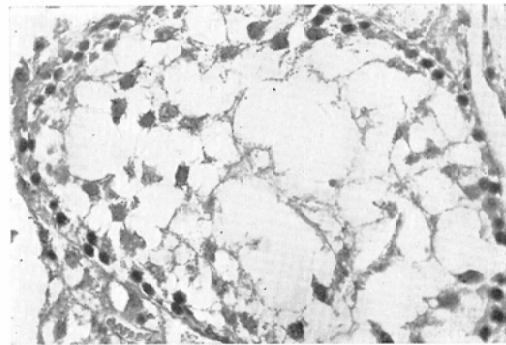
No. 23. 睪丸 × 80
壊死に傾いた精細管
間細胞(Leydig)増加
2.5 μ C/g注射後24日



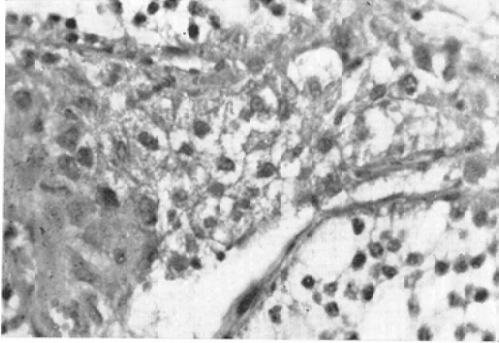
No. 24. 睪丸 × 320
精子発生の高度の障害. セルトリ細胞のみ残存
間細胞(Leydig)の増加
2.5 μ C/g注射後24日



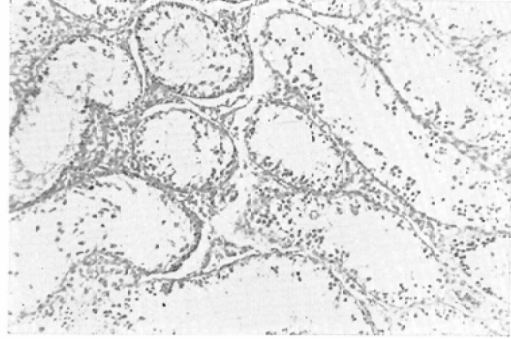
No. 25. 睪丸 × 320
精子発生の極度の低下
精祖細胞濃縮, 減少
2.5 μ C/g注射後37日



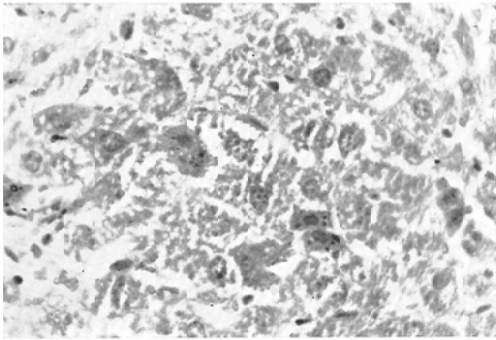
No. 26. 辜丸 × 320
間細胞の増加
固有膜肥厚
2.5 μ C/g注射後37日



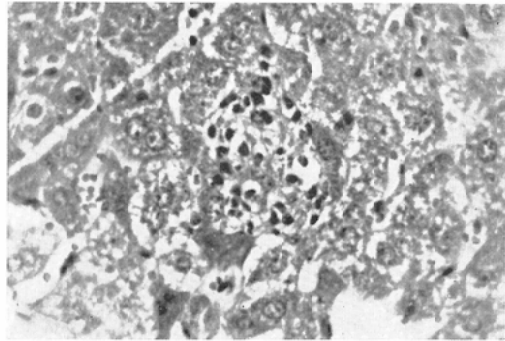
No. 27. 辜丸 × 80
精子発生の極端な低下
間細胞の増加
2.5 μ C/g注射後37日



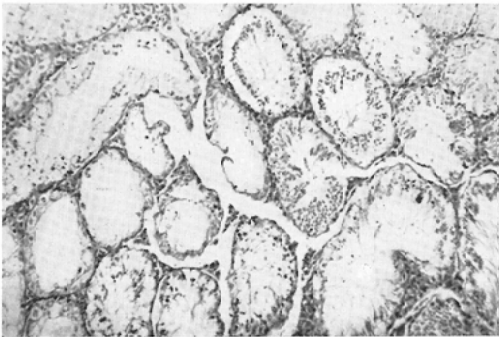
No. 28. 肝 × 320
肝細胞壊死及び単細胞壊死(Einzell-Nekrose)
2.5 μ C/g注射後37日



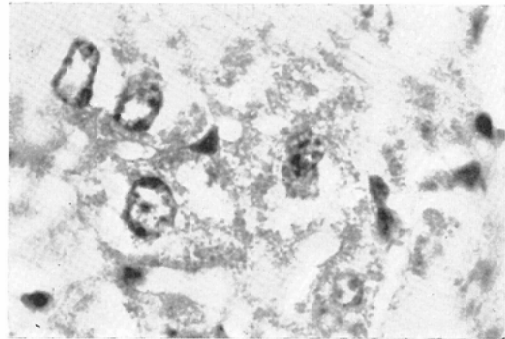
No. 29. 肝 × 320
単細胞壊死のあとの細胞浸潤
2.5 μ C/g注射後37日目



No. 30. 辜丸 × 80
高度な変性が見られるが、一部に稍々回復像あり。
2.5 μ C/g注射後51日



No. 31. 肝 × 720
核融解, 核崩壊
2.5 μ C/g注射後51日



f) 第24日目:

第12日目に比較し更に變化は高度に進行し、精細管は空となり、各細胞成分は消失し、精子發生 (Spermatogenesis) は高度に障害されている。固有膜も厚くなり、間細胞 (Leydig) は増加している。又精細管全体の壊死の見られるところもある (寫眞 No. 21, No. 22, No. 23, No. 24)。セルトリ氏細胞はよく残っている。

g) 第37日目:

24日目と同様高度の破壊が見られ、精子發生、精細管構造の障害は甚だしく、全体に浮腫状で間細胞 (Leydig) の増加、固有膜は厚くなり、精祖細胞、精母細胞の高度の減少、核濃縮 (Pyknose) が目立ち、精子細胞、セルトリ氏細胞は残っている (寫眞 No. 25, No. 26, No. 27)。

なお、24日目と37日目の辜丸重量は第3圖に見るごとく最も減少して居り病理組織學的變化と相關々係にある事が観察された。

h) 第51日目:

精祖細胞は出現を見せ、有絲分裂も多い。精子發生は幾らか開始されているところもあるが回復徴候の程度は個々の精細管で異り、浮腫は軽減して來ている。又部分的に壊死の残っているところもある (寫眞 No. 30)。

C) 腎臓

本來、放射線感受性の小なる臓器である。従つて 2.5 μ c/g 程度の Cs-137 では見るべき變化は少く、又、Cs-137 の沈着も第1日、第2日目頃迄は高濃度であるが、急速に尿や尿へ排泄されるので、第1表、第1圖からもわかるごとく腎の受ける總組織内線量は大きくない。

一般に糸球体の萎縮が目立ち、細尿管上皮の變性がある。蛋白尿排泄を思わせる變化もあり、軽度の腎炎の像がある。又、12日目にはボーマン氏囊へのプラズマ様物質の滲出も見られる (寫眞 No. 20)。24日目以後では、細尿管上皮の過形成 (Hyperplasia) が目につく程度であつた。

以上肝、辜丸、腎につき述べた。肝、辜丸共、本論文その1の時と異り、注射量も 2.5倍と増加した爲、變化は高度で回復も51日目では未だ殆ん

ど見られなかつた。

III 考 按

1) Cs-137 の体内分布:

これに関しては Cs-134 と同様で、特に筋肉と並んで辜丸に多い事を確かめ得た。この點は他の人々の報告では特に注目されていない點で、相當高濃度に辜丸に集まるものであることが明らかとなつた。

Cs-134 及 Cs-137 の体内分布に関しては、Hamilton³¹⁾⁴⁵⁾、Scott 等⁴²⁾、Pearson²⁷⁾等の報告があり、筋肉に多いこと。沈着が一度ピークを示すこと。最初は全体に略々平等に分布し、以後筋肉を除いて比較的急激に減少して行く事などが著者の今回の實驗からも確かめられた。

又著者の予備實驗⁴³⁾に於て脳と脂肪に特に少い事、血中濃度の急速に低下する事が判つたが、Scott 等⁴²⁾や Hood⁵⁰⁾も同様の報告をしている。

2) 特に辜丸に就いて:

特に注意して検討したが種々興味ある新知見を得た。即ち、主要組織の中では、筋肉に次いで沈着の大なる事、有効半減期は肝や腎より長い事、幼若群では成熟群より減度が速かである事、病理組織變化と辜丸重量の減少の間に並行關係がある事等が判つた。これ等の事は未だ特に指摘されて居らず、著者は前後3回の實驗により何れも辜丸に意外に沈着の大なる事を確かめる事ができた。

以上の事實は單に辜丸が廣汎にある筋肉中の Cs-137-Ba137m からのガンマ線に曝され易い故に注目すべき組織であるばかりでなく、辜丸そのものに沈着する Cs-137 の影響即ちベータ線による組織内照射量も重要な因子である事を示すものである。

3) 病理組織學的變化:

特に辜丸に顯著な變化が見られ、放射性 Cs が實驗的に造精構造、精子發生を障害する事が確かめられた。

長寿命の點では Sr-90 と並んで注目される Cs-137 も生物學的半減期 (17日) が短い點では Sr-90 より危険度が少いと云えるが、相次ぐ核爆發實驗による Fall-out の増加で汚染状態が長く續く場合には、生物學的半減期が短いとしても食物を通

じて次々と人体内に攝取された場合には特に性器に對し悪影響を及ぼし、遺傳上、重大な結果を齎すであろう事が考えられる。以下各臓器別に考按と結論を加える。

A) 睪丸：

a) 障害の順位は精祖細胞が第1位で次いで精母細胞であった。セルトリ氏細胞と固有膜は残存し、又、間細胞(Leydig)はかえつて増加し、精子細胞(Spermatid)と精子は抵抗性が強い。

b) 精細管個々の破壊の程度はかなりまちまちである。

c) 多核巨細胞の出現を見たものがある。

d) 睪丸重量は減少し、その程度は病理組織學的變化と並行関係にある。

e) 障害の程度は注射量に並行(實驗その1及その2)し大体、はつきりした壊死像なしに精細管内細胞成分は消失して行く。

f) 間細胞(Leydig)の増加。

g) 回復能力は大で、回復の際は精祖細胞が最も多く出現し、成熟した精子は非常に少ない。

h) 睪丸周邊部の變化が特に目立つものがあつた。

以上 Cs-137 及 Cs-134 による病理組織學的變化についてはX線、ラジウム、その他、Cs-137、Cs-134 以外の放射性同位元素による外部照射及び内部照射による多くの病理組織變化と大同小異であつた。特に睪丸については Bloom²¹⁾ や Warren²²⁾ その他に詳しいが、照射の各種條件、動物の種類、年齢、投與方法、量、間隔など睪丸の感受性の評價、Cs-137 の遺傳的影響など今後研究さるべき問題は多い。

B) 肝：

Cs-134 及 Cs-137 による實驗から主として、次の如き結論を得た。即ち、

a) 再生能力が大であること。

b) 原形質の高度の空胞變性。

c) 巨細胞や巨核の出現。

d) 核の濃縮、融解(Karyolyse)又崩壊(Karyorrhexis)、色質減少(Hypochromasie)大小不同、膨化、異常な有絲分裂等。

e) 肝細胞の膨化又は萎縮。

f) 洞(Sinus)の開大。

g) 脂肪變性。

h) クッペル氏星細胞の増加。

i) 所謂單細胞壞死(Einzell-Nekrose)の出現、等々。

その他著者の實驗結果で述べたごとくであるが、これらは従來 Shields Warren²²⁾²³⁾ や Hahn⁵⁵⁾ 等、わが國に於ては三宅等²⁰⁾ のX線又は放射性物質による一般的な肝變化と大差ない。又著者の實驗により、一般に再生能力が強く、放射線感受性の低い臓器であることを Cs-137 及 Cs-134 によつても確かめ得た。

睪丸の場合と同様、更に長期に亘る觀察が行われたならば回復過程の細部について知り得たであろうが、有効半減期の短い事、沈着の比較的少い事などからも Cs-137 にとつて肝は睪丸程、重要な組織ではないと云えよう。

C) 腎：

著者の場合は、實驗結果に述べたごとく特に著明な變化はなく、軽い腎炎の像を見た程度である。従來、放射線による形態學的並びに機能的變化を受けにくい組織である事が知られている²¹⁾²²⁾⁵⁴⁾⁵⁷⁾⁵⁸⁾⁵⁹⁾。

以上 Cs-137 は睪丸及び肝以上に腎に對しては影響が少いものと考えられる。

D) 他の臓器の變化も興味ある問題であるがこれについては第3報で述べる。

その3 組織内線量の算出

Cs-137 のごときガンマ放射体の場合、各臓器の照射線量は單に目的の臓器に攝取された放射性物質の量だけから判斷する事はできない。特に Cs-137 のごとく体全体に略と平等に分布される場合には、臓器のガンマ線照射量は体全体からのガンマ線を考えなければならない。

Cs-137 の筋肉對各組織の濃度比(Concentrations-ratio)は本實驗その2で述べたが組織内線量の場合、体の大きさ(Standard manとして國際的には70kg)が問題となるので人体を使用したがい、Cs-137 は半減期の長いガンマ放射体でこ

れを人体に用いる事は許されないので治療の目的で Na-24 を体内投與した患者について測定し、以下述べる如き方法で Cs-137 の場合に換算した。Na-24 は幸い、半減期も非常に短かく (0.62 日) わが國で入手し得るガンマ放射体であり、しかも体中に平等に分布する使い易い放射性物質として Cs-137 に代用し得るものと考え使用した。

Na-24 は、1.38及2.76MeV のガンマ線を放出し、Cs-137 は 0.661MeV のガンマ線を放出する。

このように Na-24 と Cs-137 はその放出するガンマ線のエネルギーが異なるので、体内における吸収、散亂の状態が異なる筈であり、従つて空気中線量の場合のごとくエネルギーの差で Na-24 から Cs-137 に換算する事は無理であるが一應、この場合にはこの點を考慮しないで實驗を行った。

正しい換算因子については人体ファントムを作りこれに Cs-137 溶液をいれて各部位を測定すればよいが、ファントムの作製、汚染の問題、又人体ファントムに平等に Cs-137 を分布させる事ができたとしても、実際には睾丸部位で問題となる大腿筋肉は他の部分に比しかなり大きな割合を占めるのであるから、それらの點を考慮にいれると、問題は中々複雑になるわけである。又 Na-24 を用いた場合、排泄が問題となるが著者の實驗例では3日間に排泄量は注射量の1%程度であつたので實測中排泄されていないものと解釋して計算した。

今回の實驗にはなお換算因子の問題が残されているが従來の複雑にして容易に計算できなかつたガンマ線の組織内線量¹⁶⁾を、兎に角、人体を用いて實測し、大体の目安と實驗方法を確立できたことに意識があるものと考えられる。

I 實驗方法

1) 實驗材料

A) 放射性ナトリウム (Na-24) :

科學研究所サイクロトロンにより作られた Na-24 を用いた。NaCl の形で、1 mc/140mg である。これを滅菌蒸溜水に溶解し、滅菌操作を完全に行

つた後、20%の葡萄糖に溶解した。

ちなみに Na-24 は半減期0.62日、ベータ線 0.540MeV、ガンマ線：1.38, 2.76MeV である。

B) 投與方法 :

上記 Na-24 を患者の肘静脈よりできるだけ速やかに注射した。

C) 測定計器 :

Nuclear Instrument & Chemical corp. 製 Model 2612の Portable Survey Meter で、0.2~20mr/hr まで測定できる様になつて居る。Probe の構造は第1圖の如くでAなるキャップをかぶせればガンマ線用となり、とればベータ線用として使用できる。

2) 實測方法

A) Na-24 の空気中における測定 :

上記 Na-24 溶液を、Portable Survey Meter で測定した。その結果は、第2圖及び第3圖のごとくで、Probe はAの様な位置で測定するのが最も効率がよい事がわかつた。

即ち、650 μ c の Na-24 に對する實測値は線源より1m の距離で 1.0~1.2mr/hr であつたが、Marinelli や Siri⁽³⁾⁽¹⁷⁾の表から算出すると、Na-24 は1.91mr/mc/hr at 1m でこれから 650 μ c の場合に換算すると、1.2mr/hr となり、著者の實驗に用いた Na-24 の實測値とよく一致した。又、他の1例では1023 μ c の Na-24 を使用したが測定値は 1.9~1.95mr/hr at 1m でこの場合もよく一致している事が確かめられた。

B) 人体での測定部位及び人体での測定法 :

男女各1名の患者を對象とした。

第1例の女性は、年令45才、身長152.5cm 体重53kg、直腸癌再發、手術不能例である。

第2例の男性は、年令57才、身長160cm、体重77.5kg (測定時)、細網肉腫症で全身に轉移がある。

Cs-137 で最も注目すべきは性器であり、結局第4圖にみるごとく全身26點で経時的に測定を行ったが、特に慎重に測定したのは外陰部及び陰部である。即ち、測定用計器は上述のものを用い、

測定用 Probe の部分を、極めてうすいゴムで完全に覆い、各部位測定の後最後にグリセリンを塗布して腔内に挿入測定し、この値を卵巣部の値と一應假定した。又男子では、睾丸部として仰臥で股間に Probe を垂直に立て大腿を密着させた位置で測定した。又、圖中、會陰部とあるものは、腹臥位で同じ様にして Probe を垂直に立て測定した場合であるが測定値は前者の場合と殆ど變らなかつた。

第1例女、第2例男の経時間的實測値は第1表及第2表に見られる通りである。

なお Na-24 の場合、物理的半減期が非常に短いので實測値も表のごとく急激に減衰し、Cs-137 の場合は物理的減衰は非常に長い半面、生物

學的及有効半減期は17日である。そして Na-24 の生物學的半減期は29日で、有効半減期は0.61日に過ぎないのでこの點いささか問題はあるが、一應6時間値迄は大した變動がないので最大許容量の概念からも安全率を高くとつて mr/hr の値を考へてみた。

II 實驗結果

實驗方法で述べた表1及び表2が即ち、實驗結果でもあるが、今その一部分をとりだして平均値をみるとナトリウムの場合次の様になる。

時間	30分	1時間	3時間	6時間	平均
部位					
外陰部(睾丸部)	16~17	17~18	15~16	14~15	16
腔内(卵巣部)	20	21	20	18	20

單位 mr/hr.

第1表 第1例 測定値 45Lj. ♀(K. L. 152.5cm K. G. 53kg

單位 : mr./hr.

部位	時間	30分後	1時間	3時間	6時間	12時間	24時間
頭頂部		5.0	5.0	4.5	4.5	4.0	2.4
右耳部		9.0	9.0	7.5	6.5	6.0	3.0
左耳部		8.5	9.0	7.0	6.5	5.5	3.0
口唇部		10.0	10.0	9.0	9.0	8.0	3.2
顎下部		14.0	15.0	12.0	—	9.0	5.2
右腋窩部		14.5	14.0	10.0	9.5	7.5	4.2
左腋窩部		15.0	14.5	10.0	10.0	7.5	4.0
心臓部		12.5	11.5	9.5	8.5	7.2	3.4
心窩部		14.0	13.0	11.5	10.5	8.0	4.2
臍部		15.0	14.0	12.5	11.0	9.0	5.0
右鼠径部		13.0	13.0	11.5	9.0	7.5	4.5
左鼠径部		13.0	13.0	11.5	9.0	7.5	4.5
○股部註1(睾丸部)		16.0	16.0	15.0	12.0	9.2	5.5
○腔内註2(卵巣部)		20.0	21.0	20.0	18.0	14.0	7.5
			膀胱部13.0			膀胱部4.5	
右肘部		10.0	10.0	8.0	7.0	5.0	2.5
左肘部		10.0	10.0	8.0	6.0	5.0	2.5
右手掌部		8.0	7.0	7.0	6.0	4.2	2.8
左手掌部		7.0	7.0	6.5	6.0	4.2	2.5
右膝部		5.5	5.0	5.0	5.0	4.0	2.0
左膝部		5.5	5.0	5.0	5.0	4.0	2.0
項部		11.0	9.0	9.0	8.0	6.5	2.8
肩甲間部		13.0	13.0	11.0	10.0	7.5	3.8
腰部		13.0	13.0	12.0	10.0	7.7	4.5
○會陰部		16.0	16.0	15.0	12.5	9.4	5.5
足背部		4.5	4.0	5.0	4.5	2.5	1.5

註1 : 線量計を股に狭ませて直立させた位置(女性外陰部, 男性睾丸部と假定)

註2 : 線量計を腔内に挿入した位置(女性卵巣部と假定)

第2表 第2例. 測定値 57Lj. ♂(K. L. 160cm K. G. 77.5kg)

単位: mr./hr.

部位	時間	30分後	1時間	3時間	6時間	12時間	24時間
頭頂部		7.5 (9.0)	7.0	5.5	5.0	4.8	3.5
右耳部		10.7 (12.5)	9.0	8.2	7.5	6.1	4.0
左耳部		10.5 (12.5)	9.0	8.2	7.9	6.1	3.8
口唇部		10.5 (12.5)	10.0	9.4	8.0	7.0	4.0
顎下部		16.0 (17.5)	14.5	14.0	12.0	9.8	6.0
右腋窩部		15.5 (16.0)	15.0	14.0	13.5	8.5	6.2
左腋窩部		16.0 (17.0)	15.0	13.0	12.5	8.8	5.5
心臓部		14.0 (14.5)	13.7	12.3	11.0	8.7	4.6
心窩部		15.0 (16.0)	14.0	13.0	12.3	9.5	5.1
臍部		16.0 (17.0)	14.5	14.0	12.3	9.8	5.6
右鼠径部		18.4 (19.0)	18.2	17.0	15.5	12.0	7.0
左鼠径部		16.0 (16.5)	15.5	15.0	14.4	10.5	6.0
○外陰部		17.0 (18.0)	18.3	16.0	15.0	12.0	6.7
右大腿腫瘍部		14.0 (13.0)	14.5	13.5	12.0	9.7	4.8
左大腿		12.0 (11.0)	11.5	10.0	10.0	8.0	4.0
右肘部		13.0 (13.0)	13.0	11.3	11.0	8.4	4.7
左肘部		14.0 (13.5)	13.0	11.0	11.0	7.8	4.5
右手掌部		11.0 (11.0)	11.5	11.0	10.0	7.5	4.4
左手掌部		10.5 (10.5)	11.5	11.0	10.0	7.5	3.3
右膝部		6.0 (5.5)	6.0	6.0	5.7	5.0	2.7
左膝部		6.0 (5.0)	5.5	6.0	5.7	4.5	2.4
右足背部		5.8 (6.0)	5.5	6.0	6.0	5.0	2.5
左足背部		5.8 (6.0)	5.5	6.0	5.0	4.2	2.1
項部		12.0 (13.0)	11.3	11.0	10.2	7.8	5.0
肩甲間部		14.0 (15.0)	13.5	13.0	11.5	9.0	5.2
腰部		15.2 (13.8)	15.0	14.0	12.5	10.0	5.8
○会陰部		16.0 (15.2)	15.2	15.6	13.4	10.0	6.0

註1: () 内は注射直後の測定値.

註2: 右大腿は鼠径部腫瘍の為、著明に浮腫あり.

Cs-137 1mc の rhm は、

$$0.39\text{mr/hr/at } 1\text{ m.}$$

であるから、

§. Cs-137 1mc が体内に存在する場合

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{男子辜丸のガンマ線被曝線量は,} \\ 0.39 \times 16 = 6.24\text{mr/hr.} \\ \text{女子卵巣のガンマ線被曝線量は,} \\ 0.39 \times 20 = 7.8\text{mr/hr.} \end{array} \right.$$

と推定される.

この実験値は、Cs-137 の体内量と臓器の被曝線量の割合と考えられる。又各部位を測定してあるので他の臓器の被曝線量も概算を算出する事が

できる。

§. Cs-137 の最大許容量を投與した場合、辜丸の受ける線量の算出:

1) ガンマ線量:

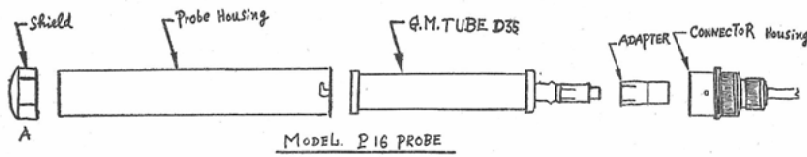
ICRP (国際勧告)⁶⁴⁾ によると、70kgの人体の最大許容量 (M.P.D.) は $98\mu\text{c}$ であるから、その時の辜丸の被曝線量は、ガンマ線として、
辜丸: 0.61mr/hr.

である。

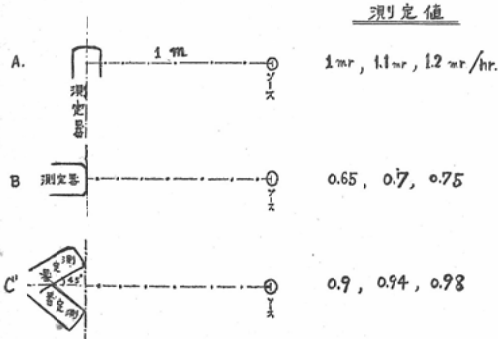
2) ベータ線量:

ICRPによれば Cs-137 の全身に對する筋肉のフラクシオン。即ち、Cs-137 全体に對する

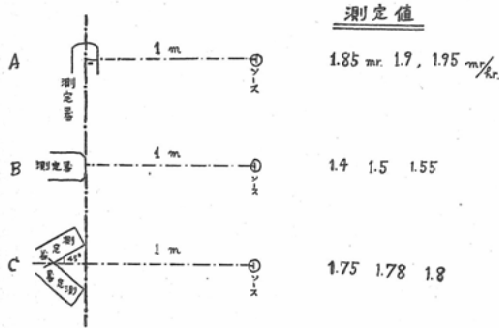
第1図 Portable Survey Meter (Count rate Meter) Model 2612



第2図 650 μ c Na-24



第3図 1023 μ c Na-24



筋肉のフラクシオン即ち Cs-137 の全体に対する全筋肉中の Cs-137 の比は、0.45である。

今、98 μ c の Cs-137 を投與したとすると、筋肉 1 g あたり、

$$98 \times 0.45 \times \frac{1}{M} = 98 \times 0.45 \times \frac{1}{3 \times 10^4}$$

(M : 筋肉の Mass)

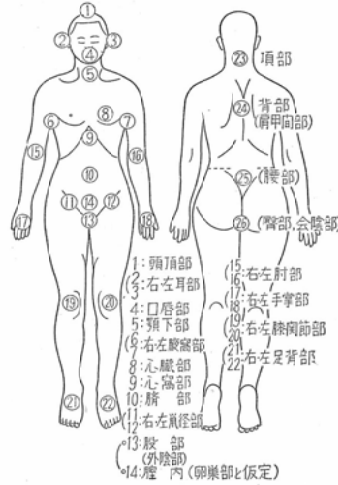
$$= 14.7 \times 10^{-4} \mu\text{c/muscle} \dots \text{①}$$

1 g

前のマウスを用いての実験(本実験その2)から、マウスの結果が人体にもそのまま適用できるものとするれば、Cs-137 の筋肉と睾丸における濃度比が算出できる。即ち、

$$\frac{\text{testis}}{\text{muscle}} = 0.755, 0.68, 0.75, 0.55, 0.38$$

第4図 実測部位



$$= 0.62$$

$$\div 0.6 \dots \dots \text{②}$$

①及②式から睾丸 1 g あたり

$$14.7 \times 10^{-4} \times 0.6 = 8.82 \times 10^{-4} \mu\text{c}$$

$$8.8 \times 10^{-4} \mu\text{c/testis 1 g} \dots \dots \text{③}$$

が算出される。

Cs¹³⁷+Ba^{137m} の Effective Energy. $\Sigma(\text{bE})$ は 0.57 MeV

$$3.7 \times 10^4 \cdot C \cdot \overline{E\beta} \text{ (MeV/sec. g)}$$

1 エルグは、6.25 $\times 10^5$ (MeV) で組織 1 g 中に 1 rep を生ずるに必要なエネルギーは 93 エルグであるから、

$\frac{3.7 \times 10^4 \cdot C \cdot \overline{E\beta}}{93 \times 6.25 \times 10^5} \times 3600$ (rep/hr) の式に代入すれば、Cs-137 1 μ c/g 投與の時 rep/hr が算出される。即ち、

$$\frac{3.7 \times 10^4 \times 1 \times 0.57}{93 \times 6.25 \times 10^5} \times 3600$$

$$= 1.3 \text{ rep/hr} \dots \dots \text{④}$$

となり、Cs-137 1 μ c/g を與えた時ベーター線

により 1.3rep/hr の線量を受ける事になる。

従つて、98 μ c の Cs-137-total body の時、
 丸 1 g の受けるベーター線量は、

③及④式より

$$1.3 \times 8.8 \times 10^{-4} \text{ rep/hr} \\ = 1.144 \times 10^{-3} \text{ rep/hr} \cdots \textcircled{5}$$

となり、

故に、丸 1 g の受ける総線量は、

ベーター線により、

$$1.14 \text{ mrem/hr}$$

ガンマ線により、

$$0.61 \text{ mrem/hr}$$

となる。但し、ガンマ線量は Na-24 のガンマ線より得た値であるから Cs-137 の場合はこの値より若干少いと考えられるが、Cs-137 の

最大許容量 98 μ c を與えた時、

丸 1 g は略と

$$1.14 + 0.16 = 1.75 \text{ mrem/hr}$$

の線量を受ける事になる。

§. 著者のマウスを用いての實驗の場合

1 ~ 2.5 μ c/g の Cs-137 を投與したのであるがこの時の丸 1 g の被曝量はマウスが人体に比較して、極めて小さい爲、障害に影響するのは、殆どベーター線のみと考えられる。

全量 20 μ c 注射の場合には、

$$1.14 \times \frac{1}{4.9} = 0.233 \text{ mrem/hr}$$

全量 50 μ c 注射の場合には、

$$1.14 \times \frac{50}{98} = 0.582 \text{ mrem/hr}$$

となる。

70kg の体重の人間の M.P.D. は 98 μ c であるが 20g のマウスに 1 μ c/g 及び 2.5 μ c/g の Cs-137 を投與した時、このマウスの丸 1 g の受ける線量は M.P.D. の何倍位に相當するであろうか。

マウスの場合、障害に問題となるのは、ベーター線が主であるから、

20 μ c 投與の場合：

$$\frac{20}{20} \div 98/70000 = 700$$

$$700 \times \frac{1.14}{1.75} = 456$$

・50 μ c 投與の場合：

同様の計算で 1140 となり、

20 μ c 投與の時は M.P.D. の 456 倍。

50 μ c 投與の時は M.P.D. の 1140 倍。

を投與した事になる。

著者はマウスに略とこの位の Cs-137 を投與して始めて病理組織學的變化を見たのであるが、今後より少い量での變化を見出すべく努力せねばならない。

III 考 按

今回著者の行つた組織内線量算出に關する實驗は、簡便な方法であり、従來の單なる理論値を人體夫々の部位に於て實測算出したことに意義があるかと考えられる。Na-24 と Cs-137 のエネルギーがかなり異なるのでそのエネルギー差が實際以上の程度吸収、散亂に影響するかを知つて、今回の Na-24 による實測値に若干の補正を行わねばならない事は云うまでもない。今後人体模型を用い、Cs-137 により各點を實測し夫々の點における補正因子を求める予定である。

本研究に當り、終始御懇篤なる御指導御校閲を賜つた、中泉名誉教授、宮川教授、江藤助教授、Cs-137 研究の機会をお与えいたゞき、又種々御助言を賜つた栄養学教室吉川教授、病理学教室三宅教授、同じく菅野晴夫氏、瀬戸輝一氏、農学部家畜解剖学教室望月助教授その他、實驗に種々御協力戴いた関東通信病院齋藤全世氏、東大放射性同位元素綜合研究室堀江絹子氏、当教室木原徳次郎氏、及び放射線医学教室福田、吉沢、関口各学兄に深く感謝する次第である。

なお本研究は文部省科学研究費により行われた。

文 献

- 1) 亙理勉、吉沢康雄：日医放誌、Vol. 16, 729 (1955).
- 2) 吉沢康雄、亙理勉：生化学、27, 47 (1955).
- 3) Kikuchi. T et al.: Bulletin of the Institute for Chemical Research, Kyoto Univ. Suppl. Issue (1954).
- 4) 江藤秀雄、亙理勉：第 1 回原子力シンポジウム (1957, 1, 14).
- 5) 山果登、山果頼子、渡辺定方：第 1 回原子力シンポジウム (1957, 1, 15).
- 6) 塩川孝信：自然、Vol. 12, No. 9, 23 (1957).
- 7) 道家忠義：自然、Vol. 12, No. 7, 8 (1957).
- 8) 道家忠義：自然、Vol. 12, No. 4, 22 (1957).
- 9) 武谷三男：原水爆実験 (1957).
- 10) 原子力資料 No. 9 (放射線の生

- 物学的影響)全米科学アカデミー報告書(1956年10月原子力産業会議)。—11) Martin, C.N.: Hの晝鐘(原子核爆発の累積効果)(1956年)。—12) 米原子力委員会: 原子爆弾の効果(1950)。—13) N.B.S. Handbook 52, U.S.A. (1953)。—14) Muller, H.J.: 1955年8月ジュネーブ原子力国際会議:(自然, Vol. 11, No. 6, 14 (1956)。自然, Vol. 11, No. 7, 24 (1956)。)—15) Manual of operation and Service Instructions.(Model 2612), Nuclear instrument & Chemical Corporation。—16) 江藤秀雄: 医学シンポジウム第12輯「放射性アイソトープ」(組織内線量について) 34 (1957)。—17) Siri, W.E.: Isotopic tracers and nuclear Radiations with Applications to Biology and Medicine. New York. Mac Graw-Hill (1949)。—18) 吉沢康雄: 日医放誌掲載予定(1957)。—19) 原子核分裂生成物の動物体内代謝(文部省科学研究費研究班)(班長吉川春寿)(1954, 55, 56)。—20) 放射線による病理組織学的研究(文部省科学研究費研究班)(班長三宅仁)(1954, 1955, 1956, 1957)。—21) Bloom, W.: Histopathology of Irradiation from external and Internal Sources. New York. Mac Graw-Hill. (1948)。—22) Warren, Shields: Arch. Path. 34 (1942)。—23) Warren, S.: Arch. Path. 35 (1943)。—24) Warren, S.: Physiol. Rev. 225 (1944)。—25) Glasstone, S.: 原子力ハンドブック基礎篇(1955)。—26) 池田長生: 自然, Vol. 11, No. 8, 3 (1956)。—27) Pearson, P.B.: 放射性物質の影響と利用に関する日米会議, 講演(1954)。—28) Glendenin, L.E., Metcalf, R.P.: Radiochemical Studies. The Fission-Products。—29) Brucer, M. et al.: Nucleonics 10, 40 (1952)。—30) Eastwood, W.S.: Nucleonics 10, 62, (1952)。—31) Hamilton, J.G.: MDDC-1062 (1945)。—32) N.B.S. Handbook 59, U.S.A (1954)。—33) Dorfman, R.I & Potts, A.M.: Proc. Soc. Exp. Biol & Med. 72, 702 (1949)。—34) Eschenbrenner, A.B and Miller, E.: Arch. Path. 50, 736 (1950)。—35) Fogg, L.C & Cowing, R.F.: Exp. Cell. Res. 5, 19 (1952)。—36) Shaver, S.L.: Am. J. Anat. 92, 391 (1953)。—37) 原子力平和利用国際会議報告論文集—ソ連科学アカデミー生物学部会(1955)。—38) 宮川正他: 日医放誌, 15, 690 (1955)。—39) 江藤秀雄, 亙理勉: 第16回日本医学放射線学会総会演述(1957年5月)。—40) 実験化学講座(放射化学篇)(1957)。—41) アイソトープ実験技術(化学の領域増刊17)(1957)。—42) Scott, K.G., et al.: MDDC-1275(1947)。—43) 西脇安: 自然, Vol. 10, No. 7 (1955)。Vol. 10, No. 8 (1955) Vol. 10, No. 10, (1955) 自然 Vol. 11, No. 9, 3 (1956)。—44) 笥弘毅他: 食品衛生研究 4, 35 (1954)。—45) 福田隆: 日医放誌, 15, 845 (1955)。—46) ストロニウム研究班(楡山義夫)(1957) 国連科学委員会提出資料。—47) Martell, E.A.: The Chicago Sunshine Method. (May. 1956)。—48) 亙理勉: Cs-137の短時間における代謝(未発表)。—49) Hamilton, J.G.: Radiology., 49, 325 (1947)。—50) Hood, S.L & Comar, C.L.: ORO—91 (1953)。—51) Kamen, M.D.: Radioactive tracers in Biology, New York. Academic Press Inc. (1951)。—52) Momigliano, E., and Essenberg, J.M.: Radiology 42, 273 (1944)。—53) Henshaw, P.S.: J. Nat. Canc. Inst. 4: 477 (1944)。—54) Warren, Stafford L.: (B.M. Dugger) Biological Effects of Radiation Vol. 1. 473(1936)。—55) Hahn, P.F., Jackson, M.A., Goldie, H.: Science 114, 303 (1951)。—56) Bollinger, A and Inglis, K.: J. Path. Bact. 36, 19 (1933)。—57) Low-Beer: Clinical Use of Radioactive Isotopes. (1950)。—58) 安東洪次: 動物実験法: 朝倉書店(1956)。—59) Thomas, H. E., and Bruner, F.H.: Am. J. Roent. 29: 641 (1933)。—60) Lea, D.E.: Actions of Radiation on Living Cells (1955)。—61) Spear, F.G.: Radiations and Living Cells. (1951)。—62) Anderson, W.A.D.: Pathology. (1957)。—63) Marinelli, L.D., Quimby, E.H & Hine, G.J.: Am. J. of Roentgenol. 59, 260 (1948)。—64) Recommendation of the International Commission on Radiological Protection. (ICRP) (1954)。

The Experimental studies of Metabolism and Histopathology of radiocesium (Cs-134, Cs-137) in mice and rats.

I-st Report: The Histopathology and Metabolism of radiocesium (Cs-134, Cs-137) in mice and the Experimental Calculation of the tissue doses of γ - and β -rays.

By

Tsutomu Watari

Department of Radiology, Faculty of Medicine, Tokyo University

(Director: Prof. Tadashi Miyakawa)

In this report, the organdistribution and histopathological change by radiocesium had been studied in mice.

The distribution of radiocesiums in the bodies (muscle, testis, kidney and liver) of these mice determined.

The dd-strain mice was injected intrapintoneally $1\mu\text{C/g}$ and $2.5\mu\text{C/g}$ of radiocesiums. After 1, 2, 4, 8, 17, 32, 51 days following the injection were sacrificed and liver, kidney, testis, muscles were wet ashed, the radioactivity was measured with a scintillation-Counter.

The results are as follows: (I and II)

1) The organdistribution of radioactivity is in the order of muscle, testis, kidney, liver,

2) Maximum cesium concentration occurred in the muscle and testis 2 or 3 days after injection of the Cs-137.

The cesium-137 is not only deposited largely in the muscle tissue of the bodies but also pretty large in the testis per grams. This fact is a matter of great importance, particularly induced Cs-137 activity in food of plant or animal origin from an atomic detonation and in future may be is produced a serious hazard of gonads.

3) The cesium-137 has a biological half-life is 17 days. The effective half-life of livers is shortest.

muscle > testis > kidney > liver.

4) The cesium-137 is rapidly removed from the blood and deposited in the muscle more rapidly in growing animals than in mature animals.

5) Histopathological Changes:

a) Testis: The testis atrophy was observed, particullary was destroyed of spermatogenesis observed,

b) In liver, the vacuolization of liver cells and one cell necrosis, fatty degeneration, regressive degeneration of liver cell nucleus i.e. Karyorrhesis, Karyolysis, Pyknosis, degeneration of nucleus membrane etc. remarkable.

c) In Kidney the histopathological changes were not proven in these experiments.

6) The Experimental calculation of the tissue doses. Surveyed the Gonad-dose using Na-24 to human bodies, and estimating from that result, computed the gonad-dose in the

case of using Cs-137.

This study has a significance in the point of that the special intricate γ -ray tissue dose was surveyed briefly and easily and was known about the general disposition of it, although it has a question in the point of absorption and scattering, as the energy of Cs-137 differs from that of Na-24.
