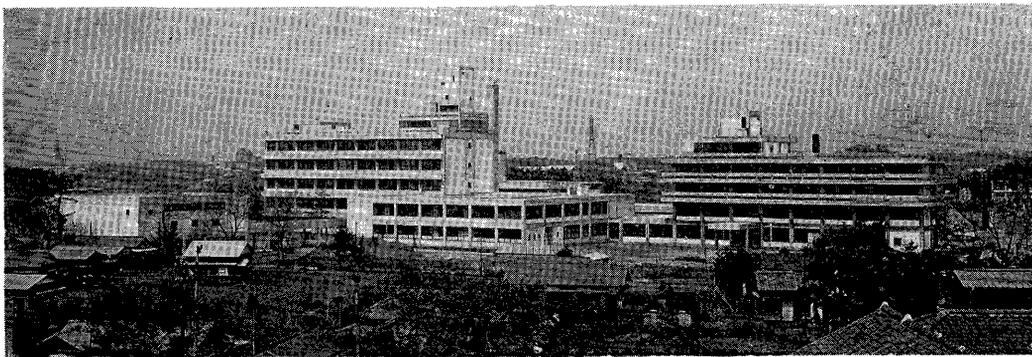


放射線医学総合研究所年報

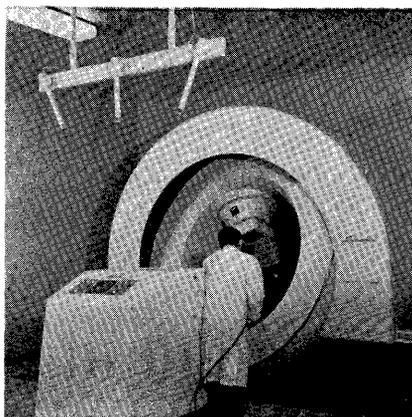
昭和35年度



放射線医学総合研究所

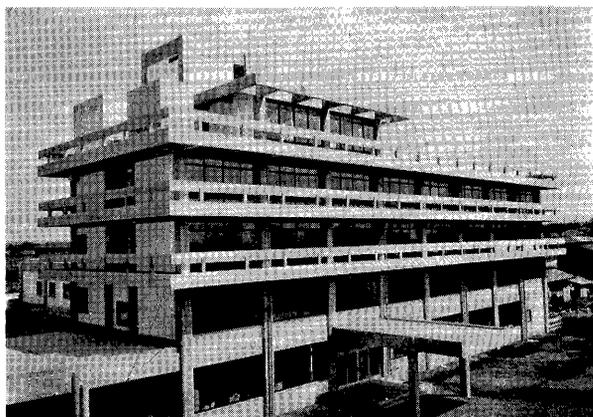


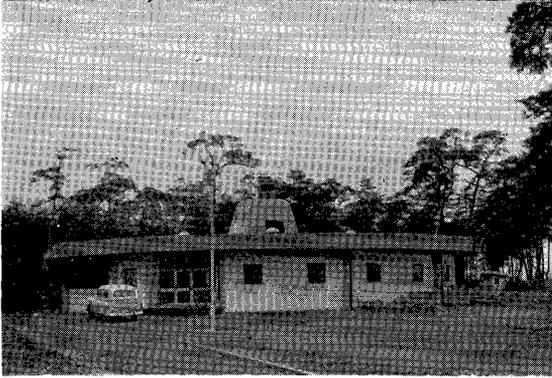
左から講堂，研究棟，本部棟，病院



コバルト-60 回転照射装置
2,000 キュリー
(病院地下別棟)

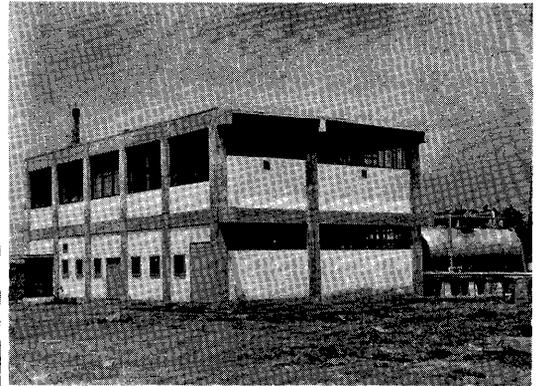
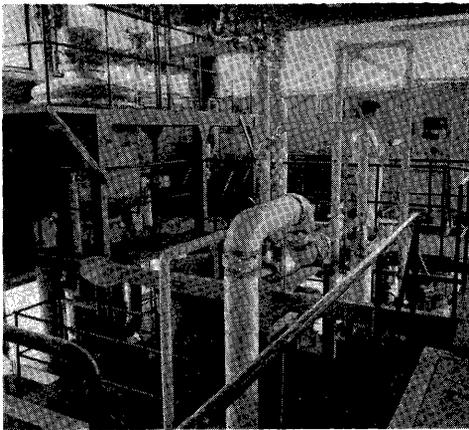
36年3月に竣工した
放医研病院の前景



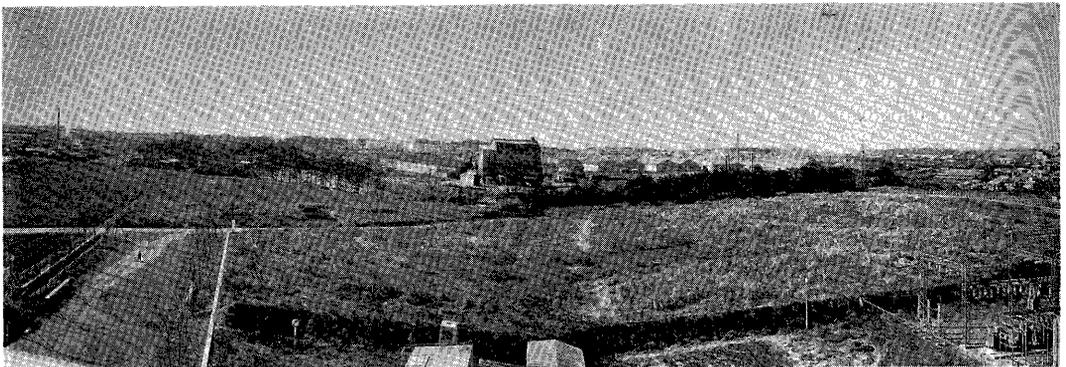


新装なった放医研東海支所
35年12月竣工

増設された中レベル廃液処理装置



増設された廃棄物処理棟外景
36年3月竣工



放医研に所管換えされた放医研西側隣接地
左手は正面と守衛所、右手に研修員宿舎がみえる

I 概 況

概 観 昭和 35 年度は、前年度における所内研究体制の整備を基盤として、放医研の研究および養成訓練業務は着実な進展をみせるにいたった。すなわち、後述するように、その発足が遅れた生理病理研究部の病理部門、病院の未整備により主たる業務に着手し得なかった臨床研究部を除いて、ほぼ各研究部の研究分野全般にわたって、研究業務遂行のための基礎が確立され、これを背景として放医研の総合的性格の発揚を目的に、新たに本年度から総合研究課題を設定するなど、研究体制の根幹を形成するための努力が払われたのである。

また養成訓練業務は、前年度末にその第 1 回を実施した放射線防護短期課程を前後 2 回にわたって開催し、前年度の経験を十二分に活用し、所内外の非常な協力を得て、ここに新たにまた、60名の放射線防護を専門とする技術者を世に送り出すことができた。

しかしながら、放医研の実験施設ならびに試験研究用機械器具等の整備をはじめ、組織および人員にいたるまで、なお本年度は十分な体制を擁しているとはいえず、研究所の整備と体制の強化は依然としてこの年度においても重要な課題として推進されたのである。

研究業務 35 年度における放医研の業務については 35 年 4 月、本年度の業務計画が作成され科学技術庁、原子力委員会等関係機関の諒承を得て実施されたものであるが、特に本年度は前年度にいたるまでの研究所の整備状況を勘案して、研究業務の着実な実施と研究補助部門の強化を課題として出発した。

研究業務については、従前から推進されてきた各研究部における課題をさらに強力に実施するとともに、これらの研究を基礎として、新たに上述のように総合研究課題を設定し、各研究部間の知見の交流、研究の協力を促進し、併せて放医研の総合研究体制の遺憾なき発揚を目的としたのである。この年度はとり敢えず、1) 栄養と放射線の影響、2) 低線量放射線による突然変異発生率の研究、3) ^{14}C 、 ^3H に関する諸問題の 3 課題を選んで総合研究課題とし、それぞれ担当の幹事役を決定して計画のとりまとめ、研究の推進等に当たった。以上のほか

緊急時対策に関する研究についても、まずその問題点の所在を明らかにし、今後の研究方向を検討する方針のもとに、関連する事項の調査を行なうこととなり、その実際の着手は次年度に予定された。

なお、これらの業務計画の大綱については、35 年 5 月、所長はじめ各研究部長出席の上で研究所の顧問会議を開催し、都築正男、中泉正徳、山崎文男、駒形作次、木原均、石館守三、森脇大五郎の各顧問の出席を得て、さらに助言と指導を得ることができた。

また、研究業務の遂行にあたっては、つとめて内外知見の吸収をはかるため、各研究部における抄読会、コロキウム等の頻繁な開催はもとより、たとえば外国人研究者の来所を機会に、あるいは研究所留学生の帰国談を中心に、さらに積極的に有識者、権威を招いて研究者全体の集会としての研究集談会、講演会等を開催する一方、学会等における研究発表に際しては、事前に所長出席のもとに予演会を開催し、所内各研究者間の知識の交流、相互理解の増進に努力したのである。

これら研究業務の遂行とともに、各種共同実験施設等の建設乃至整備、あるいは運営にあたっては、各研究部および担当部課によって構成された各種の運営乃至建設等の委員会が所長の諮問機関として設置され、活発な討議と慎重な検討のもとに、研究所の施設の建設と整備に積極的な役割りを果たしてきた。

建設 研究所施設の建設は、まず前年度末契約し着工した病院を中心に推進され、これに隣接してベータロン棟が 35 年 7 月に、また前年度完成した低レベル廃液処理プラントを収容した廃棄物処理棟をさらに中レベル廃液処理施設を増設するため増築することとなり、同年 10 月にそれぞれ着工するにいたった。一方、茨城県那珂郡東海村の日本原子力研究所に隣接して放医研の東海支所を建設すべくその準備が進められていたが、前年度末、関係方面の諒解を得るにいたり、35 年 6 月、建家の工事を着手することができた。

これら施設については、まず東海支所の建家が 35 年 12 月に竣工し、年度末にいたって病院、看護婦宿舎、

ベータトロン棟、廃棄物処理棟と相ついで完成、新年度からそれぞれ内部の整備、運営に着手し得るようになった。

以上のほか、放医研の千葉における現在用地については、先年来、将来の拡張を考慮して放医研の西側隣接国有地 29, 729.53 m²(9,008.95坪)の所管換えを関係方面に要請していたが、35 年末、国有財産地方審議会での承認を得るにいたり、ここに懸案となっていた動物舎およびヴァン・ド・グラーフ棟などの建設用地についてはほぼ見通しを得ることができたのである。その後、大蔵省管財局からの正式手続ののち、同用地に職員宿舍 4 棟(7戸)が新設されることとなり、ほぼ年度内に工事を終了した。

この東海支所ならびに病院の建家の竣工により、これらの運営管理にあたる東海支所および病院部はその業務をいよいよ新年度から本格的に開始することとなったのである。

組織 放医研の組織については 35 年 4 月 23 日、総理府令第 22 号として放医研組織規則改正に関する総理府令が公布され、これに伴ない事務分掌規程の改正が同年 7 月 19 日、所長達第 8 号をもって行なわれ、ここに 35 年度の体制はその基礎を得ることとなった。これらの改正によって、従来管理部に所属していた技術課、および保健安全課の 2 課が、新たに放射能検査課を含めて技術部として独立し、所内技術サービス部門の充足が期待されるようになり、また、病院施設の完成をみこんで、これを管理運営するための病院部が設置され事務、医務、検査の 3 課と総看護婦長付という構成によって業務が遂行されることとなった。このほか、東海支所施設の管理運営にあたる東海支所の新設、障害基礎研究部薬学研究室が新たに 1 室増加し、薬学第 1 および第 2 研究室が設置されるにいたったこと、放医研業務の連絡のため東京連絡所がおかれたこと、また、各研究部に部長、室長のほか、主任研究官がおかれ、特定の研究課題について研究の指導および管理を行なうこととなったこと、さらに管理部調査課が、企画課と改称され、調査研究の総合調整、企画等に関しより一層体制の強化がはかられたこと、などが主要な改正点としてあげられよう。

人事 以上の組織規則等の改正とともに、定員の充足も急がれ、まず 5 月、竹内正生理病理研究部長、田中茂臨床研究部長の発令をみ、7 月には渥美節夫管理部長の厚生省への出向に伴ない、榊原毅管理部長を新たに迎えるという異動のあったほか、技術部長として伊藤岳郎物

理研究部長の併任が発令され、技術部の体制強化がはかられた。その後、35 年 12 月には渡辺博信環境衛生研究部長の昇任があつて、放医研の研究部長は全員充足をみることとなったのである。

さらに 36 年 2 月には松友信寿技術部長、熊谷富義病院部長の発令をみ、部長定員については、年度末ようやく全員充足をみるにいたった。

このほか病院部については 36 年 1 月、伊東茂事務課長および田崎瑛生医務課長が、2 月には石井喜久子総看護婦長がそれぞれ発令され、新年度の開院を準備した。また一方、技術部は 36 年 3 月にいたり、小岩規男保健安全課長、望月尚文放射能検査課長が発令され、さらにその体制の強化がはかられた。

以上のほか、楠本五郎臨床第 3 研究室長が 35 年 8 月発令し、臨床研究部 3 研究室の整備をはかるとともに、36 年 1 月には田中栄一物理第 1 研究室長、市川龍資環境衛生第 4 研究室長の昇任が発令し、2 月には玉置文一薬学第 2 研究室長が発令するなど、各研究室長についても定員の充足が進められた。

また東海支所の発足に伴ない、上滝利春管理室長の発令が 35 年 12 月にあり、現地に赴任して支所の整備にあたることとなった。

国連科学委員会をめぐって 一方、職員の出向出張については、原子力留学生として、あるいは IAEA のフェロシップにより数名の留学生を派遣し、また IAEA 職員としての出向もあったが(付録 職員海外出張参照)、35 年 9 月 15 日から 10 月 9 日まで、および 36 年 3 月 10 日から同 29 日まで、第 8 回および第 9 回の国連科学委員会に日本政府代表として出席するため塚本憲市所長が再度ジュネーブへ出発した。両回とも放医研参与田島英三立教大学教授が代表代理として塚本所長に随行したが、第 9 回には市川龍資環境衛生第 4 研究室長も代表代理に任命され、同委員会に出席する機会を得た。この国連科学委員会へのわが国からの資料および情報の提出、その他核爆発実験等による環境の汚染ならびに放射線の影響に関するわが国の見解のとりまとめと提供等、関係各機関はもとより、放医研も多大の寄与を果したことはこの際特に記すべきであろう。

II 総合研究課題

1. 栄養と放射線の影響

概 況

1 目 的

栄養と放射線の影響との関係は、日本人の最大許容量に関連する諸因子の研究の一つとしてとりあげられたものである。個体の放射線感受性がいろいろの条件で変化することは、動物実験で明らかなることであり、人類についても、血液所見の変化の程度に差があることから十分に考えられるところである。このようなことは個体だけではなく、いろいろの意味で異なっている国民の間についても考えられることで、その意味で ICRP による許容線量値をそのまま日本人に適用しうるかどうかということが、しばしば議論されている。

従来、放射線治療の経験より、欧米においては、放射線治療患者にみられる白血球減少症が、わが国におけるほど強くあらわれないといわれており、この相違と栄養との関連が強く示唆されている。日本人と欧米人との栄養に関しては、比較的明らかな差異が認められるので、一応これを出発点として研究を進めることになった。

2 研究着手までの経過

上記のような趣旨にもとづいて、障害基礎研究部菅原が中心になり、部内において分担して文献調査を行なうとともに、所内関係部局との打合せ、国立栄養研究所本所長との専門的事項についての相談を行ない、その結果をまとめて4月26日に所長に報告した。この報告に対する討議の結果にもとづいて、35年度の計画をまとめて、5月24日に計画書を作成した。これに対して7月に実行予算が決定したので、これにもとづいて下記のような総合研究班を結成し、研究に着手することになった。

班長 江藤 秀雄 幹事 菅原 努

班員 分担テーマ

菅原 努：蛋白と放射線感受性

熊取 敏之：放射線照射と肝の変化

鈴木 治：放射線障害と飼料成分についての栄養化学研究

松葉三千夫：肝機能に及ぼす放射線の影響と栄養との関係について

中村 弥：腸管DNA代謝

3 研究の状況

本年度は菅原が合成飼料の作成と、それによる急性照射に対する感受性の比較を行ない、各班員は分担項目について、普通の飼料を用いて予備実験を行なうこととした。

研究所としては哺乳動物の飼育実験がようやく緒に付いたところで、飼育設備の改良、動物の繁殖などに日時を要したので、後半期に入ってようやく実験を開始するにいたった。したがって、現在までに幾分なりともまとまった結果の得られたのは別報のごとくで、十分に所期の目的を達成できなかったのは遺憾である。(江藤秀雄、菅原 努)

(1) 合成飼料の作製とその評価

障害基礎第2研究室

菅原 努

新発田 杏子

高橋 千代子

蛋白量を種々に変えた飼料を作ることについて検討の結果、カゼインを蛋白源とした合成飼料を用いることにし名糖産業ビタミン欠乏実験用飼料および Nutritional Biochemicals Corp, Cleveland の標準合成飼料ならびに文献からの処方参考にして第1表のような処方を決定した。飼料は幼若動物には粉末で、それ以外には練り固めた上で乾熱乾燥した固形飼料の形で自由に与えた。なお蔗糖は味付けのためである。固形にしても水分含量は9~10%くらいであって、カビを生じ易いので、冷蔵庫にて保存した。

予備実験としてラット(Wistar系)について体重成長曲線をとったところ、普通飼料(船橋農場製)のものと標準合成飼料とは、ほぼ平行する成長曲線を示した。そこで、この飼料について離乳直後より飼育を行なって、X線に対する感受性を比較することとし、最初の実験とし

第1表 標準および各種合成飼料の成分およびカロリー蛋白質

a) 標準合成飼料

牛乳カゼイン	20%	蛋白質 (16.8%)
澱粉	50%	炭水素源
蔗糖	10%	
硬化油	10%	脂肪源
マツカラム塩	4%	塩類
タルク	6%	
パンビタン	40 g/10kg.	ビタミン
熱量	399.2 Cal	

b) 50% 飼料

牛乳カゼイン	50%	蛋白質 (42.2%)
澱粉	20%	
その他は標準合成飼料と同じ		
熱量	383.0 Cal	

c) 14% 飼料

牛乳カゼイン	14%	蛋白質 (11.8%)
澱粉	56%	
その他は標準合成飼料と同じ		
熱量	402.4 Cal	

d) 8% 飼料

牛乳カゼイン	8%	蛋白質 (6.75%)
澱粉	62%	
その他は標準合成飼料と同じ		
熱量	405.7 Cal	

でラット (Wistar系) は生後80日, マウス (CF#1) は60日にX線一回照射を行なってその死亡率を比較することにした。

そこで, それぞれこの年令の動物を作ったところ, その体重は第2表に示すごとくで, 普通飼料のものよりか

第2表 各種飼料の成長に及ぼす影響

	ラ ッ テ		マ ウ ス	
	直 数	80日令の平均体重	直 数	60日令の平均体重
普通飼料	59	297.6	106	28.86
標準合成%	9	176.9	50	22.36
50% "	—	—	48	22.38
14% "	10	171.6	38	19.95
8% "	5	102.6	38	14.31

なり低い値を示し, これらの飼料が初期の発育にはよいが, その後の成長に対し十分なものでないことがわかっ

た。なお, 予備実験のものは飼育室の環境が同一でなかったことも不一致の原因であろう。さらに合成飼料のものは皮膚病にかかり易く, そのために殺したのも多し, また, 途中で死亡することもあり, 表にみられるように動物数も十分えられない。そこで目下蔗糖の減量とビタミン類の増量を中心として合成飼料の改良を研究している。

このような失敗は担当者のいずれもが, 栄養学研究について十分な経験をもたないことにも一因があるので, その点を反省するとともに, 関係学者の御協力を望むところである。

(2) 各種飼料と放射線感受性

— マウスについて —

障害基礎第2研究室

菅原 努

高橋千代子

一般に栄養学的実験には体重の大きいラットが適しているが, 放射線感受性の研究方法のうち, 最も一般的な線量死亡率曲線よりLD₅₀を求めるやり方では, 非常に多くの動物を必要とするので, 実験上の都合からマウスを用いることにした。ただし, 目下実験途上にあつてLD₅₀値による比較は未だできないが, 感受性の差を示唆する結果を得つつある。

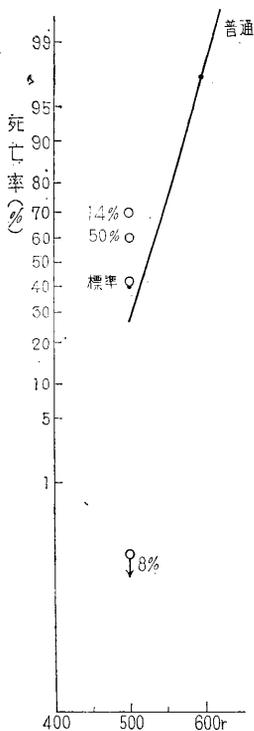
実験方法

別報に述べた標準, 50, 14, および8%飼料にて生後20日より60日まで飼育したCF#1マウス雄にX線600および500rを照射し, 30日間の死亡率を比較した。なお参考のために普通飼料 (船橋農場製固形飼料) にて飼育したものについても同様のことを行なった。なお, いずれの場合も, 水は給水瓶により自由に与えた。普通飼料の場合もCF#1は放射線感受性が高く, 600rで死亡率97.4%であった (障害基礎研究部研究課題2参照)。これに対し合成飼料群は, 600rでは全部死亡したので, 500rでの比較からはじめた。動物数は各点につき20~40頭である。

結果

普通飼料についての三点を基準にして, 線量死亡率 (プロビット尺度による) 関係図の上に, 各合成飼料の場合の500r照射のものをあらわしたものを第1図に示した。

500rに対する死亡率からいえば, 普通および標準合成飼料のもの, 50および14%合成飼料のもの, ならびに8



第 1 図

4つの場合に、飼料による差は認めうるが、合成飼料間の順位は未だ明らかでない。目下実験を続行中であるので、この点も間もなく明らかになるであろう。これらの結果は体重と比較すれば興味あるものとなる。

なお、体重減少率、生存日数の比較のほか、体重と死亡率との関係などについても検討を試みつつある。これらの研究は昭和 36 年も継続の予定であるので、その後にもまとめて報告したい。

〔研究発表〕

江藤秀雄，関口豊三，中村弥，松岡理，菅原努，新発田杏子；放射線障害の化学 §7 栄養と放射線障害，芦田譲治，江上不二夫，吉川秀男編 生命現象の化学 II 朝倉書店 1961.P.70—74.

%合成飼料のもの3群に分れる。体重からみれば、むしろ標準および 50 %合成飼料のものが近いので、今後さらに例数を増して比較する必要がある。8 %のものは当然のことながら極端な蛋白不足で、放射線感受性も極めて高く、この点はすでに明瞭である。

考 察

ここに使用した合成飼料では、体重からみたマウスの生長には著しい影響がみられ、X線一回照射に対する死亡率についても、興味ある結果を得つつあるが、例数不足のために極端な 8 %の場合を除き、普通飼料を含めた

2. 低線量放射線による突然変異発生率の研究

—中間報告—

遺伝第 1 研究室

塩見敏男
稲垣栄一
橋弘子
仲尾善雄¹⁾

1) 生物研究部長

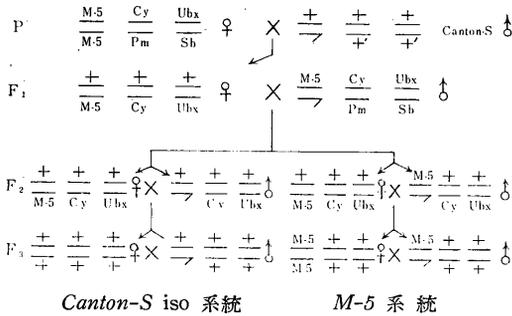
突然変異誘発率と放射線量の間には正比例関係が存在するという事は、確立された事実である。しかしながらどの程度の低線量域にまでこの関係が成立するかは難しい問題である。人類に対する低線量放射線のおよぼす遺伝的影響が問題になっている今日、これを実験によって確かめることは学問的にも、また実際面からも、非常に重要であると考えられる。

いままでに行なわれた最低線量についての実験としては、Spencer および Stern (1948, Genetics, 33 : 43) がショウジョウバエを用いて行なった 25 r 照射のデータがあり、また Glass, B. は 5 r を両親に照射した場合の Minute の発生率について大規模に研究中である。さらに、Oslo では Oftedal が、ソ連科学アカデミーの細胞遺伝学研究所では Kerkis が同じテーマに取り組んでいる。本研究の目的は、劣性致死突然変異を用いて 8 r までこの関係が成立するかどうかを明らかにすることであって、現在まで得られた結果を中間報告として発表する。

このような実験を行なうにあたって問題になる点は、どのような規模で行なえばよいかであって、必要な調査染色体数は別項実験計画のごとくにして決定された。

材料および方法は、したがってできるだけ Spencer および Stern のものにならった。すなわち、材料はキイロショウジョウバエ *Drosophila melanogaster* の Canton-S 系統を用い、Muller-5 テストによって X 染色体に起った劣性致死突然変異を検出する。実験に用いる Canton-S は第 1 図のような交配方法により、遺伝子組成を等しくするとともに検出テストに用いる Muller-5 系統も標識をもつ X 染色体以外の常染色体は Canton-S のものに置換した。実験当初に染色体を揃え、遺伝子組成をホモの状態にしても、世代を重ねるに従い自然突然変異遺伝子の蓄積が考えられるので、4 カ月約 10 世代毎に第 1 図のような Isogenization を繰り返すことにした。飼育条件は 25° ± 1°C、飼料は通常のイースト・黒

第1図 Isogenisation の方法



砂糖・寒天培地を用いた。

照射は島津製信愛号 250 型 X 線発生装置を用いて行ない、線量はビクトリン社ラドコン 575 型線量計を使用した。ショウジョウバエを入れたプラスチック製シャーレとともに、照射台上にプローブをおいて測定して、線量の正確さを期した。実験計画のところに述べたように、本実験は Spencer & Stern の実験を基礎として、これを延長した直線上に、8 r, 15 r で得られる突然変異が一致するかどうかを検定するという考えに立っているので、まず、1000, 2000, 3000, 4000 r の4段階にわたる照射を行ない、はたして用いた材料、方法が、高線量で Spencer & Stern の実験に一致するかどうか確めた上低線量域としては、8, 15, 25 r の照射を行なった。高線量域と低線量域の照射条件が等しいことが望ましいのであるが、4000 r は 8 r の 500 倍にもなって、実際上不可能なため、第1表に示すような異なる照射条件を用いた。

第1表 照射条件、島津信愛号

線量域	電圧	電流	フィルター	照射距離	線量率
4,000~1,000 r	200KVP	25mA	1.0mmCu+0.5mmAl	35cm	145 r/分
25~8 r	〃	6.5mA	1.0mmCu+0.5mmAl	100cm	4 r/分

実験は、自然発生率は羽化後より日数が経つほど低いので、羽化後8日目の Canton-S 雄を用いこれに X 線を照射、その後直ちに羽化2日目の Muller-5 雌に交配し3日間おいて飼育瓶から取り除く。F₁ は1親当り 20 対を用いた。1回の照射に Canton-S も 300~350 匹、交配は、Canton-S も 1 : Muller-5 ♀♀ 2 の割合で行なった。ただ、高線量の場合、1本の飼育瓶から20対を得られないときには、5対以上のものを用いた。F₂ 検定にあたっては、Muller-5 以外の雄が羽化している場合

をすべて致死突然変異が起らなかったものとし、致死突然変異とみなされるものはすべて F₃ までとって確認した。

3月末までに得られた結果を第2表に示す。表中の致死突然変異数には、一匹の雄から、いわゆる cluster

第2表 Canton-S系統における X 線誘発による X 染色体の劣性致死突然変異率

線量	調査染色体数	致死数	突然変異率%
4,000 r	3,198	283	8.8493
3,000 r	4,366	262	6.0009
2,000 r	6,267	267	4.2604
1,000 r	8,783	205	2.3796
15 r	24,226	33	0.1362
8 r	49,634	79	0.1592
0 r	77,363	67	0.0866

として生じた可能性のあるものを含んでいる。しかし、cluster かどうかの検定はまだ終わっていない。8 r と 15 r 照射による突然変異率をみると、前者の方が後者より高いという結果を示しているが、これはまだ実験途中である上、8 r 区には cluster と思われるものが含まれていることにも原因の一部があるように思われる。また高い線量域での実験データから、誘発突然変異率は 1 r 当り 0.002% 前後という計算がなされるので、もし低線量域でも直線関係が成立すると仮定すると、表の数字は高すぎることになる。

3. ¹⁴C, ³H に関する諸問題

概況

¹⁴C, ³H に関する諸問題が総合研究課題として取り上げられたが、問題が生物、化学、物理の各分野にわたっていて研究の焦点がぼけるおそれあり、本研究所としても適当な問題をえらぶことに努力した。すなわち4月8日、田島参与に国連科学委員会より送られた Preliminary Report on Radiocarbon From Nuclear Tests (1959年12月7日付) について解説を願い、所長はじめ各部研究員多数が聴講し、所外よりも学習院大木越邦彦教授、理化学研究所浜田達二氏の参加をえて熱心に討議した。

その結果、(1)測定の基礎研究、(2)分布調査研究、(3)生物学的研究の三つに問題を分類し、(1)(2)は従来の環境衛生研究部の研究課題をそのまま踏襲し包含せしめ、新たに(3)の生物学的研究を化学第2研究室、障害基礎第

1 研究室、環境衛生第 3 研究室でそれぞれ取り上げることになった。もっとも、経費の都合で新規設備は次年度に要求することとし、本年度は現有設備を活用する予備実験の研究にとどめた。

実験の詳細は、各研究分担者により執筆されるからここでは省略するが、次の点を指摘したい。問題を三つに分類したが独立したものでなく、たがいに関連している点で、測定法が確立してなければ生物研究のデータは信頼できず、生物研究によって摂取機構が解明されていなければ分布調査の数値は臆測の域を脱しない。

^3H -Thymidine が HeLa 細胞の DNA にとりこまれる研究において、生物と測定の研究者が協力した例や、「やまじそ」中の Thymol の ^{14}C 測定は植物の $^{14}\text{CO}_2$ 摂取実験の予備研究であって、最終目標は生物環境中の ^{14}C の分布調査の基礎資料にあり、研究の関連性を物語るものである。

本研究計画決定後、7月14日付で国連科学委員会より Radiocarbon From Nuclear Tests が到着、予報の37章が103章に拡張されたので、樫田、亀山、岩倉らは読み合せを行ない、9月中旬開催予定の第8回国連科学委員会の討議にそなえた。

以上が本研究の本年度実行計画の経過であるが、その成果については重複をさけるため、測定法の基礎研究は環境衛生研究部の報告において取扱い、ここではたんに生物学的研究を各担当研究室より報告させるに止める。

(樫田義彦)

(1) 三重水素チミデン (Tritiated Thymidine) の組織培養された HeLa 細胞の DNA への導入に関する研究

障害基礎第 1 研究室

関 口 豊 三

環境衛生第 3 研究室

岩 倉 哲 男

1 目 的

組織培養された人子宮癌細胞 (HeLa 細胞) の DNA 代謝に及ぼす放射線作用の一連の研究として、DNA に特異的な Precursor である Thymidine の ^3H でラベルされたものを用いて、その HeLa 細胞 DNA へのとり込み (Incorporation) を分析したが、 ^3H は極めて低いエネルギーの β 線を有しているので、その測定は従来より困難なものとされている。

このような低エネルギーの β 線の測定には、Liquid scintillation spectrometer が適しているが、測定試料を有機溶媒を用いて作成しなければならない点が生化学的試料に対する実験上の大きな支障となっている。すなわち水を含む溶媒での測定には著明な Quenching がおこり、1 vial (20ml 容量) 中に 1 ml 以上の水を含むときは放射能測定は不能であり、一方、生体試料の大部分は水溶性で有機溶媒に溶解するものは、脂質のほかはわずかだからである。われわれは DNA の放射能を Liquid scintillation spectrometer と Gas-flow counter とを用いて測定したので、その結果の比較ならびに DNA の Precursor として放射性燐をも用いたので、それと放射性チミデンの HeLa 細胞 DNA へのとりこみの比較を行なった。

2 実験方法

1) 培養法

3.0×10^6 の HeLa 細胞を、 $5 \times 5 \times 10\text{cm}$ の角瓶内で、ラクトアルブミン水解物 0.5% および酵母抽出液 0.1% を含む Earle の塩類溶液 8 容に、牛血清 2 容を加えて作成した培地 10ml を用いて 37°C で単層静置法によって増殖させ、培養 4 日乃至 5 日後、培養瓶当たり 1.0×10^7 の細胞のものを用いた。

2) 放射能導入

導入実験は、細胞を増殖状態でなく、恒常状態に保つため、牛血清を Earle 溶液に対し 2% の割合で添加した培地を用い、 ^3H チミデンは 3mc/4.8mg の比放射能を有するものを水で溶解して、培地に $0.5\mu\text{c/ml}$ の終濃度になるように加え、放射性燐は、 100°C で 60 分間加熱して酸水解を行なったものを培地に $1.0\mu\text{c/ml}$ の終濃度になるように加えて、それぞれ 37°C で静置し、その後 1 時間、3, 6 および 24 時間後に反応を中心し、細胞を集めて DNA を抽出精製した。

3) DNA 抽出法

Lepage-Heiderberger 法により、10% 食塩水 (pH 7.0) を用いて 100°C で 60 分間加熱して核酸を抽出し、これに 2 倍容の冷エタノールを加えて核酸を沈澱させ、0.3 N. NaOH を加えて 37°C で 18 時間静置して RNA を水解し、DNA は過塩素酸を加えて沈澱させ、遠沈分離した。

このものについて放射能測定ならびに燐定量を行なった。

4) 放射能測定

a) Gas-flow counter による測定：上記 DNA を 1 N

アンモニア液にて溶解し一定量 (0.5ml) をステンレス製試料皿にとり、赤外線ランプで徐々に乾燥させた。この試料の乾燥重量は、 $0.1\text{mg}/\text{cm}^2$ 以下であった。計数値の自己吸収補正は行なわなかった。

b) Liquid scintillation spectrometer による測定: DNA 水溶液 0.5ml に 0.5ml の Hyamin 液 (60% in メタノール) を加え、PPO を $4\text{g}/\text{l}$ および POPOP を $0.1\text{g}/\text{l}$ の割合に溶解している無水 dioxan 12ml を加えてよく混和し、さらに同量の PPO および POPOP を溶解している toluen 7ml を加えて合計 20ml として K を含有しないガラス vial に入れて Packard 社の model 314 の Liquid scintillation spectrometer を用いて測定した。

c) Geiger-Muller 計数管による測定: 放射性磷の測定に用いた。

3 結果

1) 測定結果の比較

第1表に示すごとく、同一 DNA 試料を2つの方法で測定した結果は相対的によい一致を示した。また、液シンによる測定値の方が Gas-flow 計数管による測定値

第1表

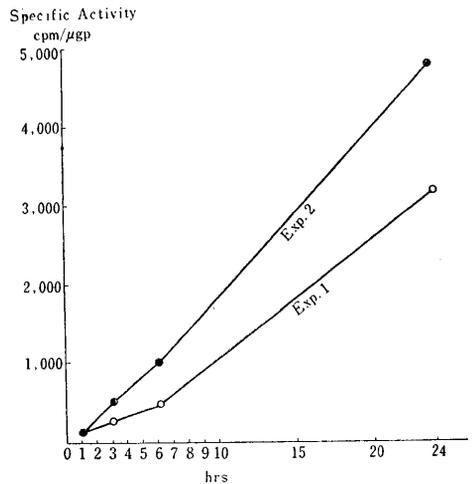
試料	Gas-Flow 測定値	液体シンチレーション測定値	
		平均値	
1	385 } 390 }	387	186
2	1,026 } 1,071 }	1,048	468
3	2,611 } 2,696 }	2,653	1,032
4	4,082 } 4,469 }	4,275	1,646
5	26 } 24 }	25	12
6	208 } 253 }	231	91
7	2,456 } 2,319 }	2,387	898
8	422 } 459 }	441	168
9	23,156 } 23,932 }	23,544	8,902

よりも低い値を示した (39%)。これは、DNA 試料が 0.5ml の水に溶解しているため、Quenching がおこったものと思われる。20ml に 0.5ml の水を含む試料溶媒を用いて毎分の崩壊数既知の ^3H 化合物 (安息香酸) について同一 Spectrometer を用いて測定した放射能 (cpm) は毎分崩壊数 dpm の値の約 3.3%であった。

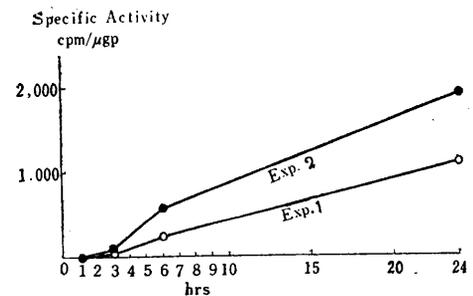
一方この三重水素安息香酸を無水の条件で測定した結果放射能 cpm は毎分崩壊数 dpm の20%であった。

2) ^3H Thymidine および ^{32}P の HeLa 細胞 DNA へのとり込みの比較

^3H Thymidine を用いた場合の HeLa 細胞 DNA の比放射能値を第1図に、また ^{32}P を用いた場合の値を第2図に示す。この両者を比較した場合、定量的には、細胞培養時期を異にして行なった実験1及び2との間で同じトレーサーを用いた場合でも、かなりの「はん囲」の動揺があるので、僅かの実験回数からははっきりしたことはいえないが、前記のように ^{32}P の場合は、 ^3H Thymidine の2倍の終濃度の放射能 ($1.0\ \mu\text{C}/\text{ml}$) が用いられたにもかかわらず、孵置24時間後の比放射能値が ^{32}P の場合は 1,960, 1,100 であり、 ^3H Thymidine の場合では、同時間値が 4,750 および 3,090 である点からみると、 ^3H Thymidine が DNA 合成により能率的に利用されていると思われる。



第1図 HeLa 細胞 DNA への ^3H Thymidine のとりこみ



第2図 HeLa 細胞 DNA への ^{32}P のとりこみ

さらに定性的な相違は著明であって、 ^3H Thymidine は解置 1 乃至 3 時間の早期時間においてすでに明らかにとり込まれているが、 ^{32}P においては解置 1 時間後ではまったくとり込まれず、3 乃至 6 時間にわたって徐々にとり込まれており、 ^{32}P に比して Thymidine は DNA 合成においてより直接的な前駆体であることが示されている。

4 今後の予定

1) 測定上の問題

今回は水を含む試料について、ナフタリンを加えずに測定したが、その結果は明らかな Quenching が認められており、この点今後はナフタリンを加えて液体シンチレーターによって測定することが望ましい。

2) 今回は放射線照射は行なっていないが、今後はこのような実験方法によって、照射の効果の分析を行なう予定である。

〔研究発表〕

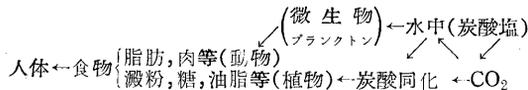
ラジオアイソトープ 1961年 クトリチウムク 特集号 (印刷中)

(2) 植物の $^{14}\text{CO}_2$ 摂取実験

環境衛生第 3 研究室

榎田 義彦
山崎 幹夫
岩倉 哲男

宇宙線の照射により生じた中性子は空気中の N 原子と反応して ^{14}C を生ずる。このため自然界の炭素中には僅かな量の ^{14}C が存在する。また 1954 年以来、核爆発の実験が行なわれるようになると、これら自然界の ^{14}C 含量は急激に増加したといわれる。ここに生じた $^{14}\text{CO}_2$ は次のごとき経路で、人体にも影響を及ぼすものとして種々実験が試みられている。

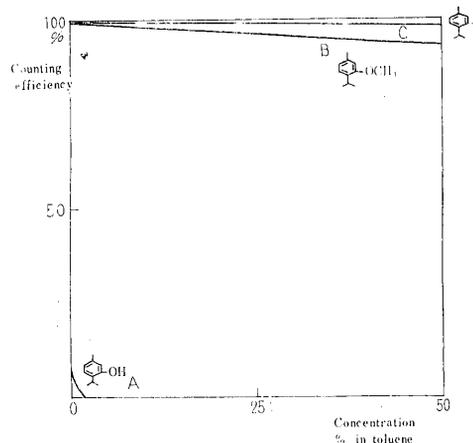


本実験においては上の経路のうち、大気中の CO_2 が炭酸同化により植物に固定される過程につき追求する。すなわち $^{14}\text{CO}_2$ 気流中で植物を生育せしめ、植物生育の条件と $^{14}\text{CO}_2$ の植物成分中への摂取との関係を検討するのが本実験の主たる目的である。そのため $^{14}\text{CO}_2$ ガスの使用に堪え得る Plant growth chamber の設備を計画したが、35年度においては経費の関係で設置は延期し(36年度予算で実施の予定)、その予備実験を行なっ

若干の知見を得た。

すなわち、低バックグラウンドの β 線測定に効率の良い Liquid scintillation counter を用い、植物成分中、特に本測定法に好都合な精油成分を材料として放射能を測定する方法をまず確立した。Liquid scintillation counter は ^{14}C 放射能の測定に対し非常に好効率である反面、被測定試料の着色あるいは化学的組成によって著しく計測効率を減少される欠点を有し (Quenching effect)、試料の調製には注意を要する。

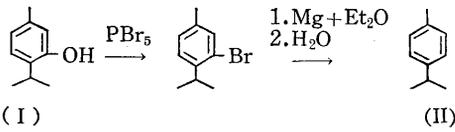
今回は一年生草本であるヤマジソ *Orthodon perforatum* を選び、その精油中の主成分であるチモール (I) が植物の栽培、成分の抽出および収率等において有利な点から、これを測定試料として用いることとし、その条件を検討した。しかしながら、チモールはその分子中にフェノール性の OH 基を有し、一方においてフェノール性 OH 基は強い Quenching effect を有するため、本測定法の試料としてはそのままでは用い得ないことが判明した。(第 1 図-A)



第 1 図 thymol, thymol methyl ether および p-cymene の quenching 曲線

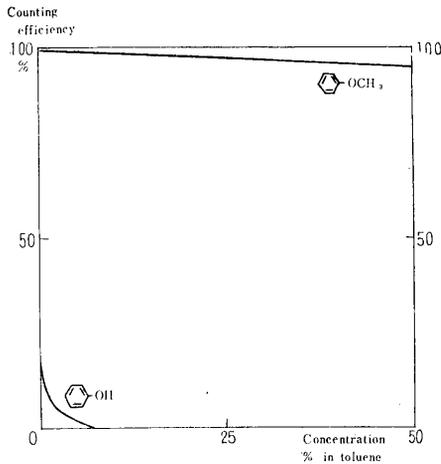
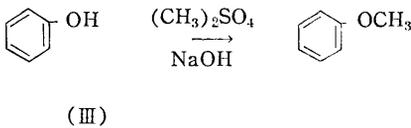
そこでチモールに化学的な処理を加え、これを測定試料として適当な形に導く必要がある。チモールはそのフェノール性 OH 基を除去すれば、p-シメン (II) となり、(II) はトルエン、キシレン等とともに本測定法における最適な溶媒として用い得ることがわかっている。

(Hayes et al "Liquid Scintillation Counting" / 58, Pergamon Pr.) 反応としては次のごとき経路がある。



本反応の収率は48%であり、(II)における計測効率が相当に好いとしても化学的収率の低さからくる損失を逃がれ得ない。

一方、フェノール(III)について、そのOH基のメチル化反応を行ない、メチルエーテルについての Quenching effect を検討したところ、フェノールにおいてはほとんど100%近い計測率の低下がメチルエーテルにおいては80%以上も回復することを経験した。(第2図)



第2図 phenol および anisole の quenching 曲線

そこでチモールについても同様の実験を行なった結果、チモールのメチル化は68%の収率で行ない得ることがわかり、Quenching effect も次表のごとき回復を示すことが判明した。(第1図-B)

第1表 thymol, methyl ether および *p*-cymene を加えた際の測定効率

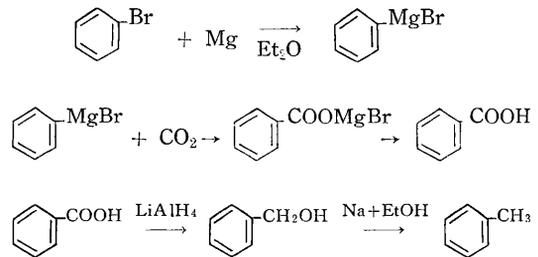
Toluene * 中の含量	0.4	1	5	10	ml
Thymol	0.2	0.1	—	—	%
Thymol methyl ether	—	100	95.6	93	%
<i>p</i> -Cymene	—	100	100	99	%

* PPO (0.4%) および POPOP (0.01%) を含む

以上により本実験の材料としてはヤマジソを用い、その主成分であるチモールをメチルエーテルに導いて非常に効率よく放射能を測定し得ることがわかった。

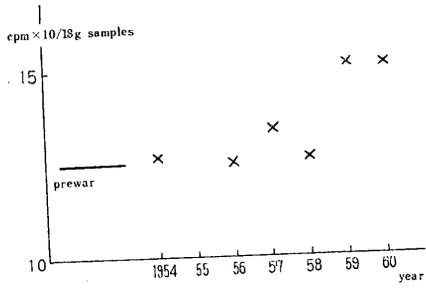
次に1954年より1960年に至る各年次に採取したヤマジソ油を千葉大学薬草園(千葉市星久喜町)より入手し、それよりチモールを分離して¹⁴C濃度の測定を行なった。これは本実験の基礎的データのの一つとして求めたものである。従来、¹⁴Cに関する自然放射能の測定はLibbyのScreenwall法によって開始され、ついでCO₂, CH₄等のガスを試料とするProportional counting法が用いられているが、近年Liquid scintillation counterが急速な進歩をとげた結果、本法による測定が極めて有望視されるにいたった。その方法の多くはCO₂からトルエンを化学的に合成する方法(Chart 1)あるいはBaCO₃をそのまま用いる方法、CO₂をHyamineに吸収させる方法等であるが、いずれも化学的収率において、あるいは計測の効率において障害を有し、最適とはいえない。ここにおいて、もし大気中のCO₂の植物成分への固定および移行が規則的に行なわれているとすれば、各年における植物成分を試料とした各年次の自然放射能変化の測定も可能と考えられる。

Chart 1



測定の標準試料としては石油製品よりのいわゆる dead carbon (¹⁴C を含まない) からなるトルエンを原料とし、これよりFriedel-Crafts反応によって合成した*p*-シメンを用い、天然のカンファーを乾溜して得られた天然*p*-シメンとの自然放射能を比較した結果、両者は約500cpm/100gの差を示し、本測定法によって十分に自然放射能を測定し得ることを知った。次いで、合成チモールのメチルエーテルを標準試料とし、各年次のヤマジソ油より得たチモールをメチルエーテルとしてそれぞれの自然放射能を測定した。試料はScintillatorとしてPPOを0.4%、POPOPを0.01%濃度に加えた各年次のチモールメチルエーテル18gを20ml低カリ

ウムガラス製 vial に入れて作製した。また、対照として国立衛生試験所春日部試験農場（埼玉県春日部市）より得られた戦前産のヤマジソ油を原料とし、これより抽出したチモールを試料として用いた。その結果は第3図のごとく、植物精油成分であるチモールによっても自然¹⁴Cの放射能の変化を測定し得、しかも近年においてその強度に若干の増加的現象のみられること等が判明した。



第3図 thymol 中の ¹⁴C 濃度の変化
自 1954 至 1960

ここにおいて、なお残されたる問題は大気中の CO₂ が植物に固定され、精油成分に生合成される経路等に関する詳細が不明なる点であって、Growth chamber の設置に続く今後の実験により、それらの諸問題を追求したい。

ヤマジソ油を提供された千葉大学薬学部蒞庭教授、国

立衛生試験所春日部試験農場川谷場長に感謝いたします。

なお、本研究の詳細は第14回日本薬学会年会において発表の予定である。

(3) 微生物に対する ¹⁴C 原子の壊変の影響の可能性に関する考察

化学第2研究室

沢田 文夫

微生物に対する ¹⁴C 原子の壊変の影響の研究は従来皆無であったので、まず ³²P を用いた同種の研究に関する文献を調査し検討した。その結果、現在において可能かつ最も意義のある実験は、細菌のデオキシリボ核酸 (DNA) の一部を ¹⁴C 化合物で選択的に標識する方法であると考えられた。それゆえ、大腸菌のチミン要求株 (*E. coli*, strain 15T⁻) の DNA をチミン-¹⁴C で選択的に標識し、長時間凍結保存したのちの菌の生存率などにおよぼす ¹⁴C 原子の壊変の影響を、³²P の実験結果にもとづいて類推した結果、一年間以内の凍結実験で有意義な成果を出すことが可能であると結論された。

その後、上記考察とほとんど同一の実験が外国において達成されたので (S. Apelgot, R. Latarjet *Biochim. Biophys. Acta* に投稿中)、36年度においてはこれを追試し、発展させる予定である。

Ⅲ 物 理 研 究 部

概 況

物理研究部は昭和32年第1基礎研究部として発足し、33年度に物理研究部と改称され、研究室は第1、第2、第3の3室である。

35年度の定員は2名増加の計14名である。

本研究部の研究は放射線の障害防止ならびに医学的応用に関する適切な計量と防護方法との基礎的な技術の開発を目的としているほか、この方面での放射線計量の基準ともいふべき人体組織に関する吸収線量の算定の基礎的資料を、またひいては放射線の人体に対する作用機構解明のための一つの基礎資料を得るため、放射線が人体組織に吸収される場合のエネルギー転換過程の物理学的解明に関する基礎研究をも行なうものである。

上記の目標のうち、エネルギー転換過程の基礎的研究の大部分は来年度から着手する予定であるが、35年3月現在までの1年間の研究経過の主なものはおおむね次のとおりである。

a) 計量関係 小動物、食品等の原形試料のまま、このなかに含有されている微量な γ 線放射性物質の分析測定に必要な γ 線用低バックグラウンドカウンターについては目下試作中であるが、その試作研究過程で、微量 β 線放射体のエネルギー分析器に関する新方式について着想し、その実験を行ないよい成果を得た。継続研究であるラドンおよびその壊変生成物の測定法については、核燃料物質鉱山における放射線管理上大切な問題であるが、今日までの実験結果によると、ラドン壊変生成物の行動は非常に複雑であって、従来一般に採用されてきている測定方式では相当な誤差が伴うことが判明し、これが解決については36年度建設される α 線棟の完成後の実験再開にまつこととした。本所の主要施設の一つであるヒューマンカウンターの建設に関する研究についてはその製作過程の各段階で各部分品の検査ならびに測定を実施し、近く完成の上は調整と校正実験に着手する予定である。 β 、 X 、 γ 線の吸収線量の算定に関する基礎研究のうち、外挿電離箱を使用した実験の結果、従来不分明

であった吸収物質中の空洞の大きさと電離との関係が明瞭になり、計量技術上の大切な資料を得るにいたった。この研究と平行して行なった組織等価物質の試作実験により、一般に定評のある米国品より優秀な X 、 γ 線用組織等価物質の試作に成功し、続いてこれを使用した実用吸収線量測定器の試作を計画している。吸収線量の直接的測定法としての、熱量計による X 、 γ 線の吸収エネルギーの測定に関する研究については、吸収物質に鉛を使用し、中硬度の X 線について実験を行ない成案を得たので、実験を継続中である。施設による防護方法の研究については、まず X 線関係では X 管電圧波形の相異によって遮蔽データが異なるが、試作したシンチレーション計数管式スペクトロメーターで、定電圧波形と脈動電圧波形とについて線質を測定した結果、等価定電圧なる概念を導入して、これで線質を表示すれば、遮蔽用の線質規定としては便利であることが分明した。放射線遮蔽迷路について多くの問題が残されているが、そのなかで多重散乱線の散乱回数を何回位として考えたらよいか、これがわかれば設計上便利である。実験の結果 X 、 γ 線についてその概数がわかり、この方面に資するところ大であると思われる。国民の遺伝有意線量を考慮する上に医学診療用放射線について調査することの重要性から、これに関する文部省科学研究費の研究班に協力して、標準的測定関係の研究を分担し、線量評価の基準資料を提案し、一応の成果を得ている。(伊藤岳郎)

1. γ 線用低バックグラウンドカウンターの研究

物理第1研究室

田 中 栄 一

平 本 俊 幸

前年度に行なった大型プラスチックシンチレーターに関する研究を基礎として、 γ 線用低バックグラウンドカウンターを試作した、これは小動物、食品など固体または液体試料中の微量の γ 線放射性物質を測定分析することを目的としたもので、本年度はさらにこれらの低レベル放射能計測法の研究、バックグラウンドの分析および

その低減方法についての研究を行なう予定であったが、装置の試作が意外に遅れ、本年度末になってようやく納入された現状であるので、本装置を用いての研究はほとんど行なうことができなかった。現在試作品の性能について検討中である。

しかしこれに関連してつぎの研究を行なった。

すなわち、周囲のプラスチック検出器を逆同時計数法の遮蔽計数管に利用した場合の宇宙線硬成分の二次的散乱線、または周囲からの γ 線に対するバックグラウンド減少の効果を知るために、約 $10 \times 10 \times 15$ cmのプラスチック検出器のなかにGM管を入れて、同時計数する成分のエネルギー分析を行なった。その結果、宇宙線からの散乱線の寄与はほとんどみとめられなかった。また γ 線に対する除去効果は、プラスチックシンチレーターの厚さとエネルギーディスクリミネーターに関係するが、上記のもの(厚さ3.5cm)でたとえば ^{60}Co に対してディスクリミネーターが100 KeVのとき17%、200 KeVのとき12.5%程度減少することがわかった。

2. ラドンおよびその壊変生成物の測定法に関する基礎的研究

物理第1研究室

田中 栄一

平本 俊幸

1. はしがき

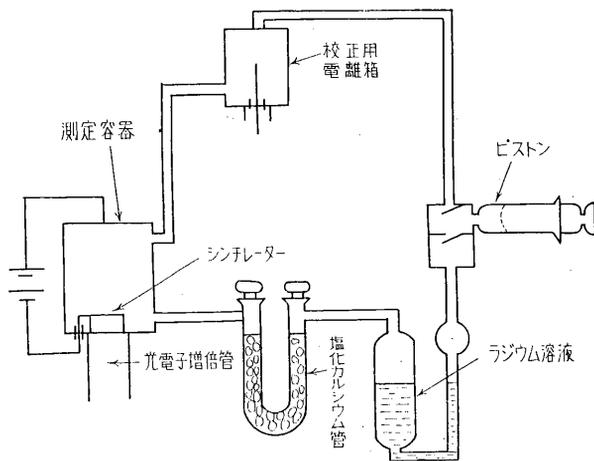
放射性気体であるラドン(^{222}Rn)が空气中で壊変して、RaA, RaB, RaC, RaC'等の壊変生成物が生ずると、これらは固体元素であるので単原子状態では空气中に長く安定に存在し得ず、空气中のエアロゾルや容器壁等の固体表面に付着することが多い。これらの壊変生成物のうち、RaAとRaBはその親元素から α 壊変の結果生成されるのであるが、生成の際一般に正に帯電し、もし電場があれば加速されて負の電極に付着しやすいことが知られている。この帯電の理由は、 α 壊変の際の高い反跳エネルギーによって励起されるからと考えられているが、その詳細な様子はまったく知られていない。

しかるに空气中のラドン濃度を電離箱や、シンチレーションセルで測定するときには、壊変生成物、特に α 線放射体であるRaA, RaC'が、存在する場所によって測定効率が異なるので、その行動は非常に重要である。

われわれはこの点について調べるため、以下にのべる

ごとき装置を試作して、シンチレーションカウンターによる α 線のエネルギー分析から、電場をかけた容器内のRaA, RaC'の行動をそれぞれ分離して追跡した。

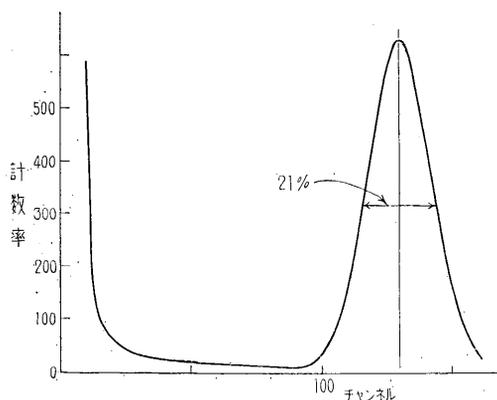
2. 装置



第1図 装置

第1図に示すごとく、ラジウム溶液からピストンでラドンを送り出し、塩化カルシウム管で乾燥のち、測定容器と校正用電離箱を通じて十分循環させる。校正用電離箱はそのときのラドン濃度を測定するための内容積100ccの真鍮製電離箱で、振動容量電位計に接続され、そのラドン感度はあらかじめ理研製の標準ラドン発生器より発生させたラドンで校正してある。測定器とは、この容器内のラドン壊変生成物の行動をしらべようとするもので、その端面に直径4cmの α 線用シンチレーションカウンターがとりつけられており、これに付着した壊変生成物の α 線スペクトルを256チャンネル波高分析器で分析して、その核種および付着量を測定する。

α 線用シンチレーターとしては、通常用いられるZnSはエネルギー分解能が不良であるので、プラスチックシンチレーターを薄い板に加工して、これをアクリル樹脂のライトパイプ(光導体)にとりつけて光電子増倍管に接続し、シンチレーターの上面は光の反射剤としてアルミニウムを真空蒸着した。 β 線による発光を α 線による発光に比して十分低いレベルにおさえるためには、シンチレーターの厚さが α 線の飛程以上で、かつ薄いほどよく、種々の厚さに研磨して試みたが、0.15~0.2 mmで満足なものが得られた。



第2図 検出器の特性
(^{210}Po の α 線で得られたスペクトル)

第2図は、 ^{210}Po の α 線のスペクトルで(試料は多少RaDが混在するので β 線を伴っている)、このエネルギー分解能は約21%で実験の目的には十分であった。

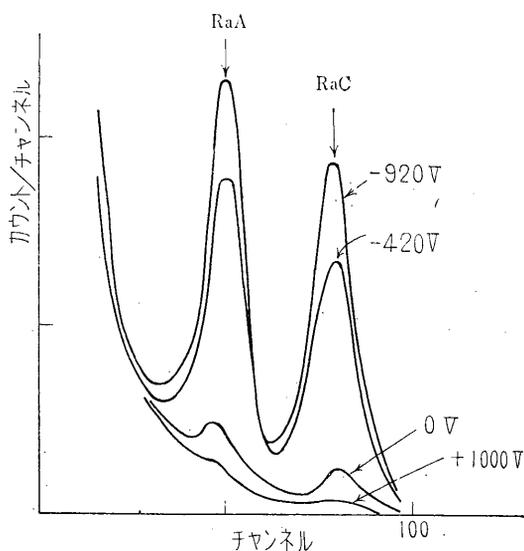
シンチレーターの上はアルミニウムで電導化されているので、これと容器の壁との間に電圧をかけて、容器内の電場の強さと方向を変えられるようになっている。

測定容器としては内り $4\text{cm}\phi \times 4\text{cm}$ のアクリル樹脂製の小容器と、 $10\text{cm}\phi \times 13\text{cm}$ の真鍮製の大容器を用いた。前者ではシンチレーターに対向する面のみを電導とし、これとシンチレーターとの間に電圧をかけるようになっているので、電器内の電場にほぼ均一とみなすことができ、大容器では器壁全体を一方の電極としたので、不均一な電場を形成している。

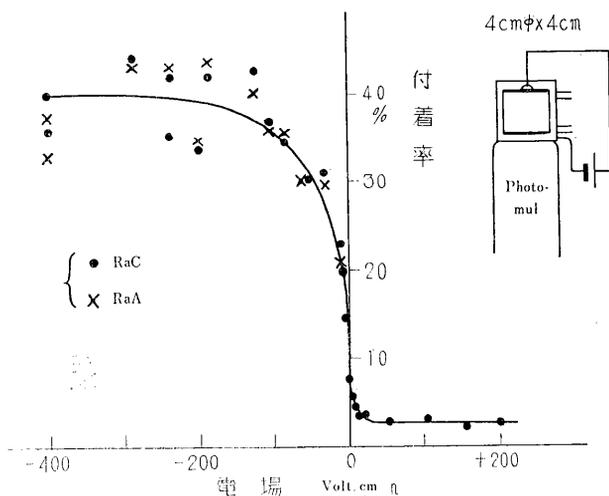
3. 測定方法および結果

或る時刻にラドンをピストンで十分循環したのち、すべてのコックを閉じ、測定容器に電圧をかけたまま約3時間(壊変生成物がラドンとほぼ放射平衡になる時間)待ち、シンチレーションカウンターの出力の波高分布を測定し、問題とする α 線の全計数を求める。

第3図は、大容器を用いて種々の印加電圧をかけたときに得られた波高分布の一例である。一方、同じ時刻(循環3時間後)の校正用電離箱の電離電流より、このときのラドン濃度を求め、測定容器内のラドンの量を算出する。



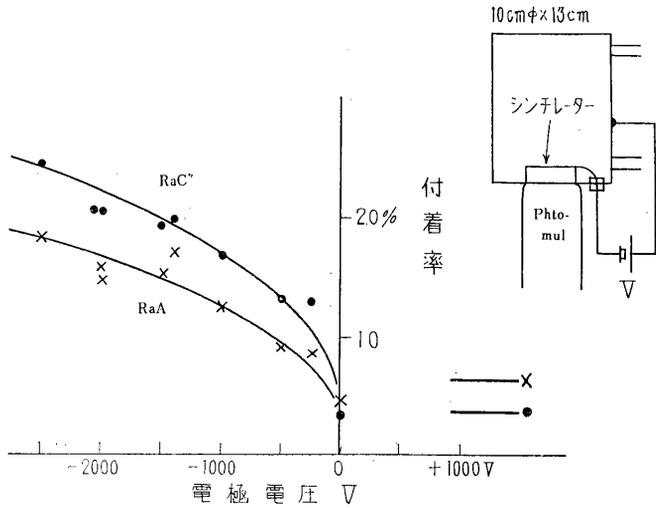
第3図 大容器で得られたスペクトルの一例



第4図 小容器で得られたRaA, RaC' 付着率

また、シンチレーションカウンターの検出効率を $\frac{1}{2}$ として、上記の値よりRaA, RaC'のシンチレーターへの付着率を求めた。第4図、第5図に小容器および大容器について得られた結果を示した。小容器の場合のみ、ほぼ、均一電場とみなせるので、横軸を電場であらわした。

付着率はいずれの場合もシンチレーターを負電位にすれば増大するが、これは正電荷をもつ成分によるものである。シンチレーターを正電位にしたときに付着する成



第5図 大容器で得られた RaA, RaC' 付着率

分は、その付着率が電場の大きさにほとんど関係しないことから、電気的に中性な成分と考えられ、しかも生成時には正電荷をもっていたとするならば、その電荷の中和はかなり短時間に（電場によって移行させられる以前に）行なわれているものと考えられる。

電場で運ばれる成分の付着率は約 250V/cm（小容器）では飽和に達し、その量は約40%と測定されたが、実際にはシンチレータ周辺にも多少不感部分があるので、この値より多少大きいものと思われる。

大容器の場合、正電荷成分について飽和させることはできなかったが、一つの特徴は、RaC'の方が RaA より多く付着することである。これは中性化された RaA の一部がその寿命中空气中に存在し、これが再度の α 壊変を行なったとき再び正電荷を得るためと考えられる。

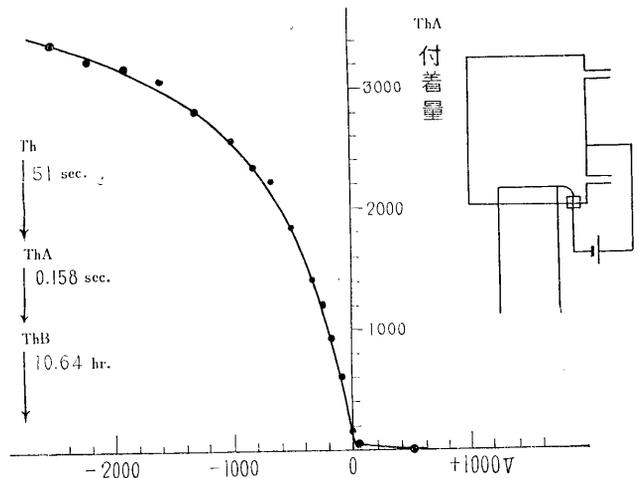
これから推定すれば、空気中に残存する RaA の量は約 20%前後となる。一方小型容器の場合にはこの差はみとめられなかった。これは容器が小さいので、中性の成分でも壁に付着する確率が大きいからと思われる。

つぎに同様な実験をトロン (^{220}Rn) について大容器を用いて行なった。この場合トロンの半減期が短かく 54.5秒であるので、測定は循環を常時行ないながら行なった。また ThB の半減期は長く (10.6 時間)、その影響のあらわれる以前に実験を終了するようにしたので、

ThA のみのスペクトルが得られた。その結果は第6図に示したが、この場合の特徴は、正電位で付着する成分（中性成分）の割合が、ラドンの場合に比して、はるかに小さいことである。この理由は ThA の半減期が短い (0.158 秒) ため、付着以前に壊変する結果と考えられる。

4. む す び

ラドン壊変生成物の行動は非常に複雑で、簡単な実験ですべての行動を類推することは不可能である。本実験では限られた条件でのみ行なったが、その他の因子、たとえば、温度、湿度、空気中のエアロゾルの状態、空気以外の気体の混入等によっても多少異なるものと考えられる。しかし、たとえば乾燥された通常の



第6図 大容器で得られた ThA の付着率

空気中にあるラドンを電離箱で測定する際、通常の電離箱に用いられる電場程度では壊変生成物の陰極への付着は飽和に達していないこと、電場を増大しても中性成分のため陽極へもかなり付着すること、電離箱の容積が大きければ空気中にもかなり残存すること等が本研究で明らかにされたと思う。

3. ヒューマンカウンターの建設に関する研究

物理第1研究室

田中栄一

平本俊幸

ヒューマンカウンターの建設にあたって、当所に設置するものは国産の試作品であり、遮蔽材料、使用部品等の性能に不明な点が多いので、製作段階において調査研究を行ってきた。装置は現在なお三菱原子力工業において製作中で、種々の技術的問題、たとえば電子回路の詳細等について打合せを行っており、それに必要な実験、たとえば光電子増倍管の雑音試験等を行なった。また最近鉄室の建設工事ははじまっているので、建設途上の各段階ごとに $3\phi \times 3''$ NaI シンチレーションカウンターを用いてバックグラウンドスペクトルを測定して、鉄室の遮蔽効果、迷路構造の検討、各種内装部品のバックグラウンドにおよぼす影響を調べている。

4. プラスチックシンチレーター遮蔽を用いた低バックグラウンドβ線計数装置

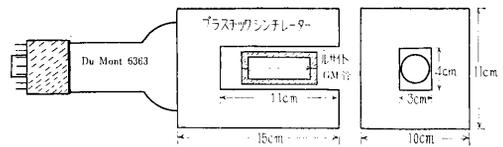
物理第1研究室

平本俊幸

田中栄一

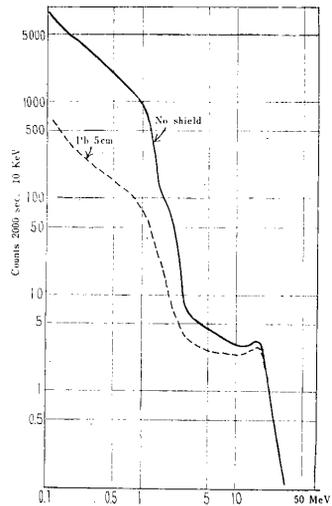
β線GM計数管のバックグラウンドの成分のうち宇宙線によるものを除去するためには、従来β線GM計数管の周囲に宇宙線GM管をおいて、β線計数管がこれらの計数管と同時に動作したときには計数しない方法——いわゆるアンチコインシデンス遮蔽が用いられている。この方法は効果的であるが、宇宙線計数管を多数必要とするので、それぞれの計数管が常に正確に動作しているか否かを検査するのが面倒なこと、計数管の寿命が有限なため維持費が高くつく、装置全体がかなり大きくなるなどの欠点がある。もしもこれらの代りに、遮蔽計数管としてプラスチックシンチレーターを用いれば保守はずっと簡単になり、また装置の小型化も期待できる。またプラスチックシンチレーターを用いれば、バックグラウンドのエネルギースペクトルがわかるから、そのなかにおかれたGM計数管のバックグラウンドおよびそのエネルギースペクトルが推定できるのではないかという点は特に興味ある問題である。われわれは主にこの点について実験するために、第1図に示すようなシンチレーション計数管とGM計数管を作製した。

GM計数管もバックグラウンドの減少のしかたを調べ



第1図 プラスチックシンチレーター遮蔽を用いた低バックグラウンドβ線計数装置

るだけなので、特に窓型のものを用意せず、図のような簡単なガスフロー型(Qガス)のものを用いた。第2図にこのプラスチックシンチレーターのバックグラウンドスペクトルを示した。



第2図

さて、プラスチックシンチレーター中のあらゆる部分でバックグラウンドスペクトルが一樣であり、かつバックグラウンドに寄与する電子の飛跡も、全方向に一樣であると仮定して(宇宙線によるものについては厳密ではないが)、そのうちにおかれた計数管(シンチレーターと同様な組成の壁をもつ)のバックグラウンドを求めてみよう。いま、プラスチックシンチレーター中に、或る断面を考える。断面からの距離 x なるところに発生した R なる飛程をもつ電子が、この断面を横切る割合 F は立体角の比から次式であらわされる。

$$F = \frac{1}{4\pi R^2} \int_0^{\cos^{-1} \frac{x}{R}} 2\pi R \sin \theta d\theta$$

$$= \frac{1}{2} \left(1 - \frac{x}{R}\right) \quad (1)$$

したがって単位体積あたり飛程 $R(E)$ なるものが $N(E)$ cpm あるとき、この断面の単位面積を通過する電子の数 N_e は、

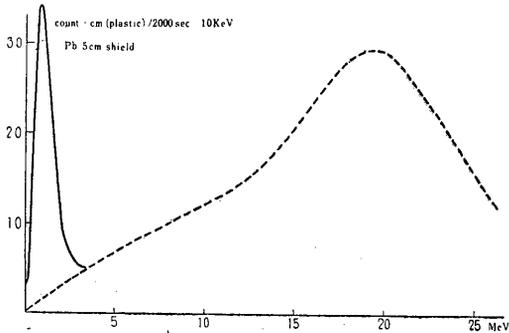
$$N_e = N(E) \int_0^{R(E)} \frac{1}{2} \left(1 - \frac{x}{R}\right) dx$$

$$= \frac{N(E) R(E)}{4} \text{ Count/min} \cdot \text{cm}^2 \quad (2)$$

これよりプラスチックシンチレーター内の壁の面積 S なる計数管のバックグラウンド N_b は

$$N_b = \frac{S}{4} \int_0^\infty N(E) R(E) dE \quad (3)$$

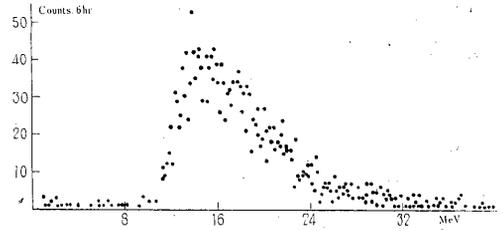
すなわちGM計数管のバックグラウンドは、その壁の面積とプラスチックシンチレーターのバックグラウンドのスペクトルと、飛程の積 $N(E) R(E)$ から図式的に求めることができる。第2図のプラスチックシンチレーターのバックグラウンドスペクトルから求めた $N(E) R(E)$ を第3図に示した。この図で直ちに気づくことはGM管の



第3図

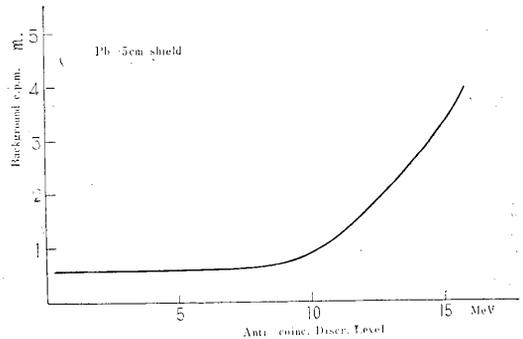
バックグラウンドに対する宇宙線による寄与と周囲からの γ 線による寄与とははっきり区別できることである。この図から計算したGM管のバックグラウンドと、実際にGM計数管を動作させて測定したバックグラウンドとを第1表に示す。表で μ メソンを除外したときのバックグラウンドとあるのは、GM計数管にプラスチックシンチレーターのアンチコインシデンスをかけたものである。全バックグラウンドも、 μ メソン除外時のバックグラウンドも計算値とかなりよく一致している。

第4図は、実際にGM計数管のバックグラウンドとコインシデンスしたプラスチックシンチレーターのバックグラウンドスペクトルである。図からわかるように大部



第4図

分は μ メソンによるもので、約 12MeV で計数はかなり急激に低下している。これは μ メソンのうち、プラスチックシンチレーター内中央のGM計数管を貫通するものだけが、GM管のバックグラウンドに寄与していることを示している。(プラスチックシンチレーターに、垂直に通過したものの Path length は 7cm で、 μ メソンのエネルギー損失は約 14MeV)。10MeV 以下のエネルギーの低い成分は、それ以上のものに比較すると、ほとんど問題にならない。第3図でみられる周囲からの γ 線によるものは、GM計数管の壁がそれによる二次電子の飛程よりも厚いためコインシデンスしないので第4図にはあらわれていない。それ故約 10MeV 以下のエネルギーのものによるGM管のバックグラウンドは、プラスチックシンチレーターとのアンチコインシデンスをとってもほとんど減少しない。プラスチックシンチレーター側のディスクリミネーター(この出力がアンチコインシデンス回路へいく)のレベルに対するGM計数管のバックグラウンドの減少のしかたは第4図からも推察することができるが、これを直接実験で求めた結果を第5図に示した。プラスチックシンチレーターのディスクリミネーターレベルを数 MeV にしておけばGM計数管のバックグラウンドはほとんど最低値で、一定になることをこの図は示している。



第5図

以上の実験結果から結論をのべると、

- (1) 大きなプラスチックシンチレーター内におかれたGM管のバックグラウンドは、プラスチックシンチレーターのバックグラウンドスペクトルから計算した値とかなりよく一致する。
- (2) 宇宙線によるGM計数管のバックグラウンドを取り除くためには、数 MeV 以上のシンチレーションパルスアンチコインシデンスさせれば、ほぼ十分で、簡単な電子回路で安価に実用的なものができる。

第1表 バックグラウンドの計算値と実験値の比較

	スペクトルから計算した値	実験値
全バックグラウンドPb5cm	7.98	8.23
μメソン部を除外したバックグラウンド	0.55	0.6

5. β , X, γ 線の吸収線量の算定に関する基礎研究 (その1)

(電離槽の大きさと電離電流の関係について)

物理第2研究室

松 沢 秀 夫
川 島 勝 弘
高 久 祐 治
稲 田 哲 雄

I 緒 言

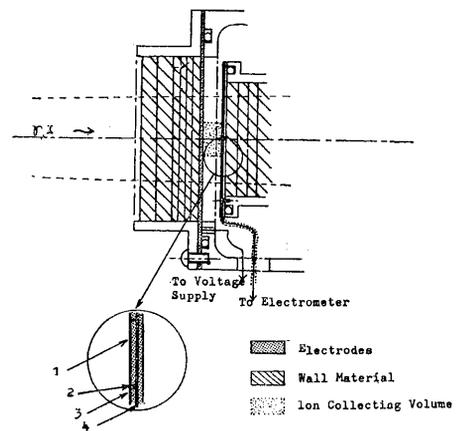
Gray の提唱以来、空洞電離槽はレントゲン線量(照射線量)の測定に広く利用されてきたが、これはまた吸収線量、すなわち被照射物質内の或る問題としている位置において、単位質量当りに電子(X, γ 線の場合には二次電子)、陽子等の電離性粒子によってその物質に与えられるエネルギーを測定するためにも、熱量的測定法にくらべて、装置の簡易さ、手軽さの点でも欠くことのできないものとなっている。吸収線量の単位としては、rad を使用することになっており、 $1 \text{ rad} = 100 \text{ erg/gram}$ すなわち、物質1グラムにつき100エルグのエネルギーが分け与えられたときに、1 rad と称している。

さて、Bragg-Gray の理論(空洞理論)の関係式は媒質の単位質量当りに分け与えられるエネルギー $E = \Delta E / \Delta m$ と空洞気体の単位質量当りの電離 $J = \Delta J / \Delta m$ とを結び式 $E = JWS$ (E : 吸収エネルギー, J : 電離密度, W : 空洞気体中において1イオン対を生成するのに必要なエネルギー, S : 媒質の阻止能と空洞気体のそれとの比) であらわされている。しかしなが

ら空洞体積の大きさには制限があり、厳密には J は空洞体積を無限小の大きさにしたときに得られる電離密度 J_0 に等しくなければならない。しかし実際には、空洞電離槽は有限の体積をもっているため、どの程度の大きさの体積まで空洞理論が適用されるものであるかどうかを知ることは、理論的にも、実用上からも重要な問題なのである。

上記のような観点から、特に媒質深部の air cavity 中に生ずる電離に注目し、これに及ぼす空洞体積の影響を検討するために、外挿電離槽を試作し、次のような実験を試みた。

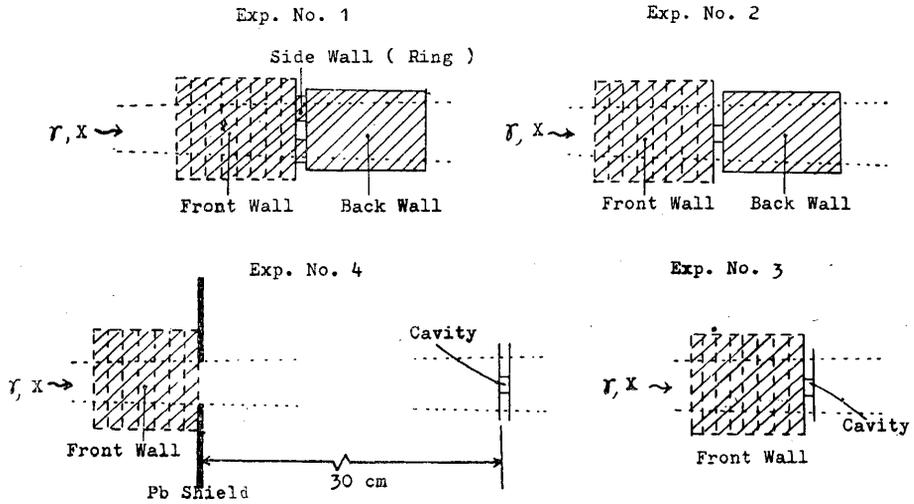
II 実験方法



第1図 外挿電離槽の概要図

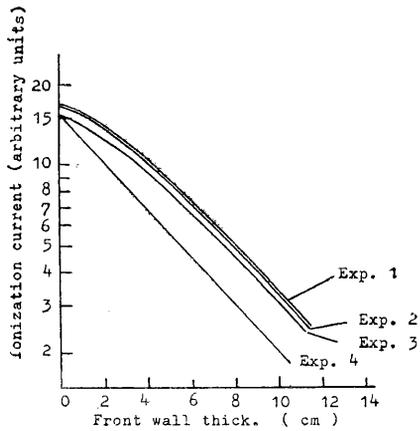
- 1: 集電極 (アカダック分布)
- 2: 絶縁溝
- 3: 保護電極
- 4: 導線

第1図に実験に用いた平行電極型外挿電離槽の概要図を示してあるが、前後の電極は内側にアカダック(導電性)を塗布したルサイト壁(前壁厚1mm, 後壁厚3mm)からなり、後電極は中央の直径2cmの集電極を囲んで保護電極がある。したがって電離空洞は両電極間にはさまれた断面2cm ϕ の円柱で、この体積は、後電極の前後移動によって自由に変えることができる。また電離電流は振動容量電位計(Applied Physics社製 Model 31型)を用いて測定を行なった。



第2図 実験条件の概要図

実験系の幾何学的配置を第2図に示す。air cavityはX線管焦点(または ^{60}Co γ 線源)から1mの位置に固定し、前後壁物質としてルサイト板(メタアクリル酸メチルエステル)を順次積み重ねて測定した。その結果、一般的に任意の大きさのair cavityについて第3図のような曲線が得られる。実験1, 2は深部線量, 実験3, 4は透過線量の測定に相当する。



第3図 電離電流と前厚壁との関係(第2図の実験条件に対応する)

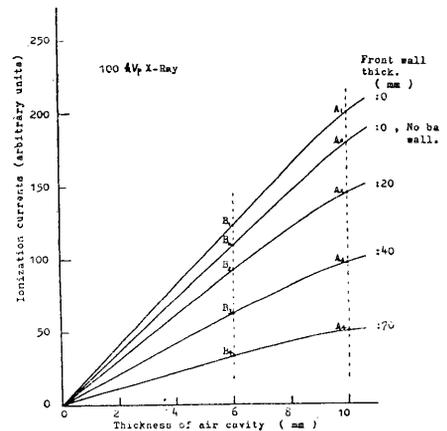
線源の線質は第1表のものを用いたが、照射野は、air cavityの位置においてX線では5cm ϕ , ^{60}Co γ 線では3.5cm \times 4.5cmである。

第1表 使用線源

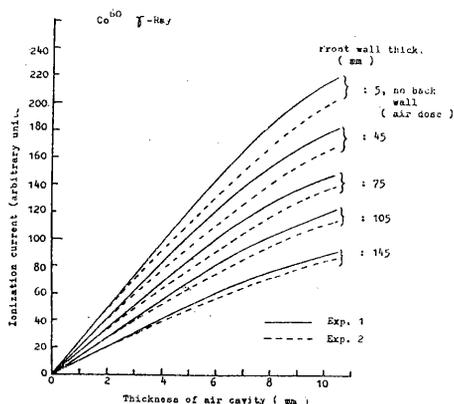
管電圧 (kVp)	付加フィルター (mm)	半価層 (mm)	実効エネルギー (kV)
100	なし	0.20Cu	44
150	0.5Cu + 0.5Al	0.88Cu	76
200	1.5Cu + 0.5Al	1.80Cu	103
^{60}Co			1,250

III 実験結果

① 電離密度と空洞体積との関係

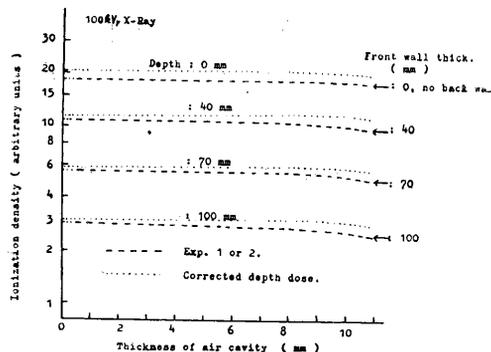


第4図—a 各種壁厚に対する空気層厚と電離電流との関係
曲線A₀-B₀は空中線量に相当する



第4図—b 各種壁厚に対する空気層厚と電離電流との関係

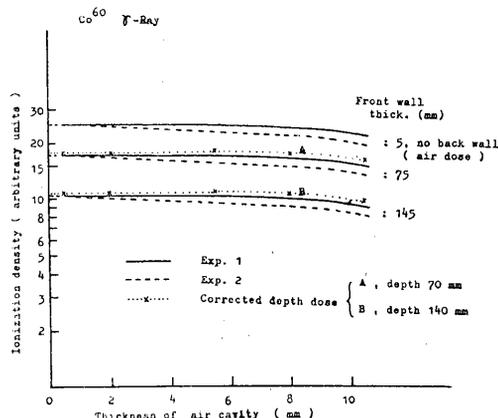
第4図—a, 第4図—bに示すように, ルサイト内任意の深さにおける全電離電流は, 両電極間に介在する空気層厚の増加に伴って一様に増加する。しかしその様子は 100kVp X線と⁶⁰Co γ 線とでやや異なり, 前者では側壁 side wallの有無に関係なくほぼ直線であるに対し⁶⁰Co γ 線では曲線をえがき, しかも, 側壁の効果が著明であった。したがって, 電離密度(全電離電流/空洞体積)と空洞体積との関係は第5図のごとくであった。す



第5図—a 電離密度と空気層厚との関係

なわち, 100kVp X線の場合, 任意の前壁厚についての電離密度は側壁の有無に関係なく, 空気層厚 4 mmまでは外挿値に等しい一定値を示すが, 5 mm以上では漸減の傾向にある(空気層厚 8 mmで 4%減, 10mmで 11%減)。これに深さの補正を加えると, 空気層厚 8 mmまではほぼ同一の電離密度が得られた(第5図—aの点線)。ただし前後壁を付加しないときには, 空気層厚 9 mmまでは同一の電離密度であった。

⁶⁰Co γ 線では, 側壁のない場合の電離密度は電極間隔



第5図—b 電離密度と空気層厚との関係

の増加とともに漸減(空気層厚 0.5mmのときの値に比し 5 mmで 8.5%減, 8 mmで 15%減, 10 mmで 21%減)するが, 側壁の付加によって 5 mmまで一定となった(第5図—bの実線)。なお, 150kVp, 200kVp X線も, 100kVp X線に類似の傾向を示した。

これらの結果は, 空洞が無限小でなければならぬという原則が実際には諸種の因子(空洞内に発生する2次電子, 側方散乱, 深さの補正等)によって補償されることを示している。

② Tumor Air Ratio

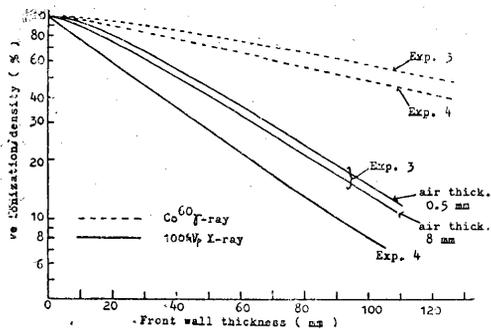
X線管焦点(または⁶⁰Co γ 線源)から 1 mの位置における Tumor Air Ratioを第2表に示す。この数値は,

第2表 Tumor Air Ratio の値

Depth (mm)	Tumor air ratio (%)			⁶⁰ Co
	100kVp	150kVp	200kVp	
0	113	108	106	
5	111	107	103	101
10	105	104	100	98.0
20	91.0	94.0	92.0	96.0
30	76.0	82.4	80.3	90.4
40	62.7	70.2	70.1	86.0
50	50.8	59.7	60.5	80.7
60	41.2	50.2	52.0	75.8
70	32.4	42.0	44.0	70.5
80	26.0	34.7	37.3	66.2
90	20.8	28.3	31.4	62.0
100	16.3	23.3	26.6	58.0
110	13.0	19.3	22.5	54.0
120	10.2	15.7	19.0	50.2
130	8.00	12.9	15.7	46.8
140	6.30	10.8	13.0	43.8
150	4.90	8.60	10.7	40.3

前後の壁物質を付加しない場合（ただし ^{60}Co γ 線では壁厚 5 mm 付加）の電離密度に対する各深さでの電離密度の比率である。前項に述べたごとく空洞が大きいと絶対の電離密度は小さいけれども 相対比としての Tumor Air Ratio は空洞の大きさに関係なくほぼ同一の値であった。

③ 透過線の減弱（第 6 図）



第 6 図 透過線量率と前壁厚との関係（実験 3, 4）

第 2 図の実験 3 で測定した電離密度は第 5 図-a, b の破線に類似であった。したがって、前壁のないときの電離密度に対する各前壁厚における電離密度の比（透過線量率）は、X線の場合空洞の大小に依存する結果となった。たとえば 100kVp X 線で前壁厚 10cm の場合、電極間隔 8 mm では 0.5mm に比して約 10% 小さい値であった。これに反し、 ^{60}Co γ 線ではこのような差異は認められなかった。

次に実験 4 で、X, γ 線の透過線量率を求めたが、空洞体積の大小による減弱率の相違は認められなかった。それ故、X線の場合、実験 3 における透過線量率の空洞体積依存性は、前壁厚を因子とする実験 1, 2 の電離密度についてと同様、側方からの散乱線が発生する低エネルギー 2 次電子の寄与に帰因すると思われる。

IV 結 論

外挿電離槽を用い、ルサイト内の air cavity の大きさと電離の関係を検討して次の結果を得た。

1) 空洞の空気層厚が 8 mm 以下（100 ~ 200kVp X 線）または 5 mm 以下（ ^{60}Co γ 線）であれば、空洞理論の原則に適合する電離密度を實際上得ることができる。

2) 電離密度の相対比として表わされる Tumor Air Ratio は空洞の大きさに無関係である。

3) 低エネルギー X 線の場合、媒質直後における透過線量率は空洞の大きさに依存する。

〔研究発表〕

松沢秀夫, 川島勝弘, 高久祐治, 稲田哲雄; 電離槽大きさと電離電流の関係について, 日本医学放射線学会雑誌第 20 巻第 11 号 (1961年 1月)

6. β , X, γ 線の吸収線量の算定に関する基礎研究 (その 2)

(組織等価物質の試作)

(筋肉等価プラスチックについて)

物理第 2 研究室

松 沢 秀 夫
川 島 勝 弘
高 久 祐 治
稲 田 哲 雄

I 結 言

生体内における X, γ 線の線量分布や吸収線量を基礎的に再現性よく算定するために、X, γ 線に対して生体組織と等価な物理的特性をもつ物質がファントムとして用いられる。組織に等価とは、ファントム物質の実効原子番号、電子密度、比重等が生体組織のそれらに近似し、したがって X, γ 線の吸収、散乱が生体に同等であることを意味する。

生体の大きな部分を占めるものは筋肉であり、その実用的ファントムとしては水、パラフィン、アクリル樹脂等が従来から使われ、また理論的実験的に各種の組織等価物質が開発されている。しかし、これらのうちの多くは、一般に低エネルギー X, γ 線に対してその組織等価性が著しく悪いという難点をもっている。

そこでわれわれは、ICRU (1956 年) の筋肉組成に準拠した固形物質を試作し、その筋肉等価の程度を豚の最背長筋 (Muscle longissimus dorsi) と比較したところ、40keV ~ 1.25 MeV の X, γ 線に対して満足すべき一致を認めた。

II 実 験 方 法

1) 混合物の実効原子番号、電子密度

或る物質が諸種の元素 (原子番号 Z_i , 原子量 A_i) から構成され、それらの重量百分率が P_i であるとき、混合物の実効原子番号 (光電吸収および電子対創性に対してそれぞれ \bar{Z}_T , \bar{Z}_K) ならびに電子密度 n_0 は次式によって求めるものとする。

$$\bar{Z}_T^{2.94} = \sum_i \alpha_i Z_i^{2.94} \quad (1)$$

$$\bar{Z}_K = \sum_i \alpha_i Z_i \quad (2)$$

$$n_0 = N \sum_i P_i Z_i / A_i \quad (3)$$

ただし $\alpha_i = P_i Z_i N / A_i n_0$ であり、 N は Avogadro 数である。

この式によって計算した各物質の \bar{Z} , n_0 等を第1表

第 1 表

物 質	密 度 (g/cm ³)	\bar{Z}	$\bar{Z}k$	n_0
筋 肉 (ICRU)	(1.00)	7.46	6.54	3.31×10^{23}
Mix. P.	1.12	7.46	5.97	3.30×10^{23}
CP-705	1.08	5.65	5.13	3.31×10^{23}
アクリル	1.20	6.46	5.86	3.25×10^{23}

n_0 : 物質1グラム当りの電子数

に示す。また第2表に吸収係数を示す。

2) 実験材料の処理

イ. ポリエチレン混合物

筋肉 (ICRU) に等価な \bar{Z} , n_0 をもち、しかも堅牢な固形物質を得るために、ポリエチレンを主体とする混合物 (以下 Mix P と略称する) を試作した。すなわち、ポリエチレン (CH₂)_n; 71.4, 硝酸ナトリウム NaNO₃; 21.3, 酸化アルミニウム Al₂O₃; 5.5, 酸化チタン TiO₂; 1.8 (いずれも重量百分率) の割合に混合したものを円筒形の鋼鉄製型枠に入れて 150°C, 圧力 100kg/cm² で圧縮成型した。

第2表 全吸収係数の計算値

エネルギー (MeV)	筋肉 (ICRU)	Mix P		水	
	Absorp. coef. (cm ² /g)	吸収係数 (cm ² /g)	誤差* (%)	吸収係数 (cm ² /g)	誤差* (%)
0.01	5.18	5.06	- 2.3	5.10	- 1.5
0.03	0.342	0.345	+ 0.9	0.336	- 1.8
0.05	0.212	0.214	+ 0.9	0.212	0
0.08	0.177	0.177	0	0.178	+ 0.6
0.10	0.166	0.166	0	0.167	+ 0.6
0.15	0.147	0.147	0	0.149	+ 1.4
0.20	0.135	0.134	- 0.7	0.136	+ 0.7
0.50	0.0956	0.0955	- 0.1	0.0966	+ 1.1
1.0	0.0700	0.0697	- 0.4	0.0706	+ 0.9
2.0	0.0489	0.0487	- 0.4	0.0493	+ 0.8
5.0	0.0298	0.0296	- 0.7	0.0301	+ 1.0
10.0	0.0217	0.0212	- 2.3	0.0219	+ 0.9

* 筋肉 (ICRU) に対する相対誤差

ロ. FTL CP-705

CP-705 は導電性の組織等価プラスチックとして、米国の Federal Telecommunication Laboratories (A Division of International Telephone and Telegraph Corporation) から市販されているもので、これを 190°C, 150kg/cm² で圧縮成型し、Mix P と同形の円板にした。

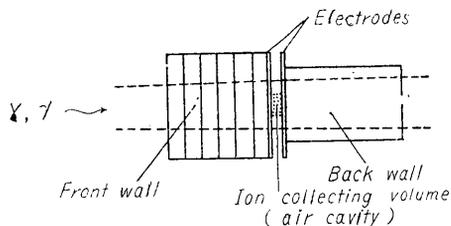
ハ. 豚の最背長筋

新鮮な豚最背長筋 (Muscle longissimus dorsi) を 2~15mm の厚さに切った。

以上の材料は、アクリル樹脂も含めて、直径 10cm と 6cm の二種作り、6cm の方は後壁用とした。

3) 深部線量の測定

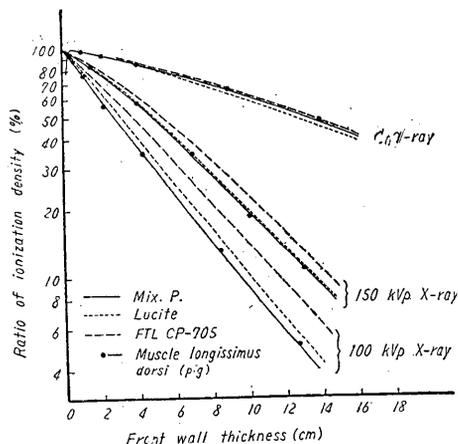
深部線量の測定においては、電離空洞の位置が正確でなければならないので、平行電極型外挿電離槽の air cavity (2cm φ × 5mm) を X 線管焦点または ⁶⁰Co γ 線源から 1m に固定した。次に前記各物質を前壁として、順次積み重ねたときの空洞内電離電流を振動容量電位計 (Applied Physics 社製 Model 31) で測定した。ただし背後散乱を飽和させるために、後壁には厚さ 15cm の同一物質をおいた、その概略を第1図に示す。



第1図 実験の概要、電極は1mm厚のアクリル板にアカダツクを塗ったものを使用

入射線は 100kVp (HVL 0.17mmCu, 実効エネルギー 40keV) および 150kVp (HVL 0.85mmCu, 実効エネルギー 76keV) の X 線と ⁶⁰Co γ 線であり、air cavity の位置における照射野は X 線で 5cm φ, ⁶⁰Co γ 線では 3.5cm × 4.5cm であった。

III 実験結果



第2図 各物質の深部線量減弱率

付加前壁の厚さによって決められる任意の深さにおける電離値を最大の電離値と比較して、第2図の結果を得た。これは各媒質内における深部線量の減弱率を示す。ただし最大の電離値とは、X線では前壁を付加しない場合の値、 ^{60}Co γ 線では前壁の厚さ 5 mm に対する値である。

すなわち、組織等価物質として市販されている CP-705 やアクリルは 150kVp 以下の低エネルギー X線に対し豚最背長筋との差異が著しいのに反し、MixP は低エネルギー X線に対しても筋肉と等価な吸収を示すことがわかった。

なお、われわれは電離槽壁として Mix P を用い、これに筋肉等価の混合気体を充填したいいわゆる“tissue chamber”を作成中であるが、これについては後で報告する予定である。

IV 結 言

筋肉等価物質としてポリエチレンを主体とする固形混合物 Mix P を作り、X、 γ 線（実効エネルギー 40keV ~ 1.25 MeV）に対する深部線量の減弱率を豚の最背長筋と比較したところ、筋肉等価であることを知った。したがって、Mix P は深部線量測定用のファントムとしても、また、電離槽の壁材としても有用であろうと思われる。

[研究発表]

川島勝弘、高久祐治、稲田哲雄、松沢秀夫；組織等価物質の試作（筋肉等価プラスチックについて）、日本医学放射線学会雑誌第 20 巻第 11 号（1961年 1月）

7. 媒質内における電子の阻止能に関する研究

物理第 2 研究室

松 沢 秀 夫
稲 田 哲 雄

電子阻止能は、X、 γ 線ならびに電子線の吸収線量を算定するための重要な一因子であるが、実験資料が少ない。われわれは、特に生体および生体等価物質の電子阻止能を実験的に検討する目的で電磁型 β 線分析器を試作した。この分析器の特徴は、40keV 以下の低エネルギー電子の測定ができること、ならびに X、 γ 線の照射によって物質内（特に生体および生体等価物質）に発生する 2次電子のエネルギー分布、角度分布の測定もできることであるが、3月末に納入されたので実験データは得られなかった。

8. 熱量計による X、 γ 線の吸収エネルギーの測定に関する研究

物理第 2 研究室

川 島 勝 弘
高 久 祐 治

放射線の熱量的測定法は、吸収線量の直接的測定法として、またエネルギー束の測定法として有用な手段である。しかし、放射線の吸収に伴う物質内の温度上昇は極めて微量であるから、その検出は困難である。われわれはまず恒温槽を試作し、その内部に吊した鉛ブロックに X線（100~300kVp）を吸収させたときの温度上昇をサーミスター温度計で検出して、1レントゲン当りのエネルギー束（ $\text{erg}/\text{cm}^2\text{-r}$ ）を求めた。

恒温槽は外層から順にプラスチック保温材、水、油の 3層で囲まれた真空槽（ 10^{-3}mmHg ）である。サーミスター温度計の精度は $\pm 0.005^\circ\text{C}$ である。

連続 X線について得られたエネルギー束の値は第 1 表のごとくであった。

^{60}Co 、 ^{137}Cs の γ 線については次年度続行する。また生体等価物質中の吸収線量、および電離値からの吸収線量算定法との比較も現在計画中である。

第 1 表

管電圧 (kVp)	フィルター (mm)	半価層 (mm)	実効エネルギー (kV)	平均エネルギー束 ($\text{erg}/\text{cm}^2\text{-r}$)
100	—	2.9 Al	34	1,330
	2.0 Al	4.1 Al	39	1,420
150	—	4.5 Al	41	1,780
	2.0 Al	5.9 Al	48	2,230
	0.5Cu+0.5Al	0.70Cu	71	3,150
200	—	5.3 Al	45	2,130
	2.0 Al	7.3 Al	53	2,760
	0.5Cu+0.5Al	0.86Cu	77	3,660
	0.9Cu+0.5Al	1.20Cu	88	3,550
300	—	1.15Cu	86	2,620
	0.5Cu+0.5Al	2.2 Cu	120	3,320
	1.0Cu+0.5Al	2.6 Cu	132	3,170
	1.5Cu+0.5Al	2.9 Cu	141	3,130

9. 施設による放射線の防護方法の研究(その1)

(X線遮蔽に関する基礎的研究—線質について)

物理第3研究室

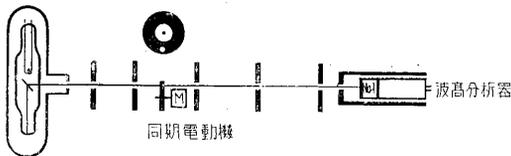
橋 詰 雅

野 田 博 治

X線の管電圧波長には、自己整流回路による脈波のものや、グライナッヘル回路による定電圧波形に近いもの、またベータトロンやリニアアクセレータのごとく矩形波に近いもの等がある。一方線質の表示法には半価層、Peak 電圧とフィルターおよび実効電圧等の表示があるが、どれも満足なものはなく、特に遮蔽に必要な線質の表示法はまったくみあたらない。

われわれは代表的な定電圧波形と脈動波形について、その間の関係をしらべた。

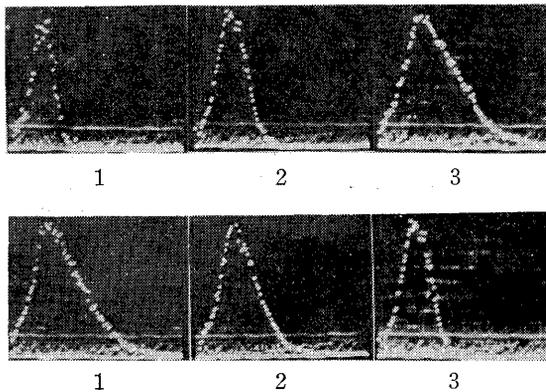
測定器は、2吋×2吋の NaI をつけたシンチレータ



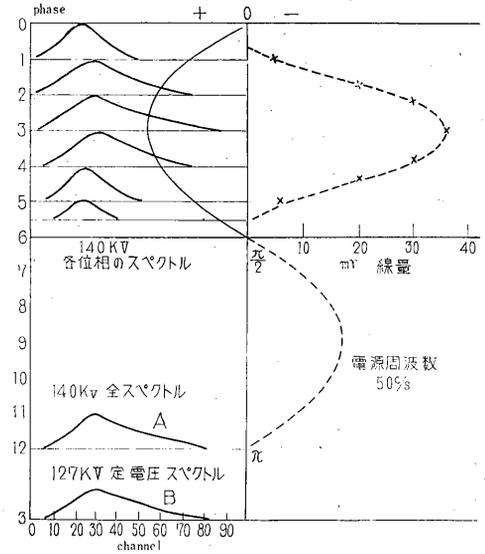
第 1 図

ーを使用し、これを R.C.L. の 128 チャンネルの波高分析器に入れた。geometry を第 1 図に示す。ここに、M は、照射 X 線の一次電圧と同期して 50c/s に 1,500 回、回転する 4 極同期電動機である。この軸に図のごとき鉛板に穴をあけた円板をつけ、穴の位置を一次電圧の位相にあわせて種々変化させ、任意の位相における X 線のみがディテクターに入るようにした 140kVp 脈動波形の X 線の各位相のエネルギースペクトルを示すと、第

第 2 図

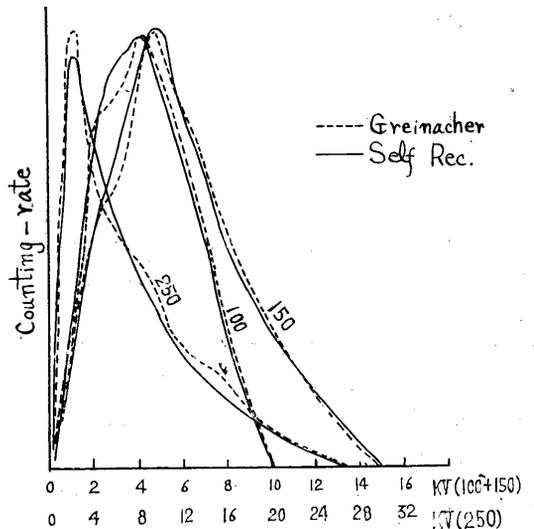


2 図のごとくなる。これを図示すると、第 3 図左上のごとくなる。右上はそのときの線量を示している。全スペクトルを示すと、第 3 図右下 Aのごとくなる。A スペクトルと同等のスペクトルを示す。さらに、Peak 電



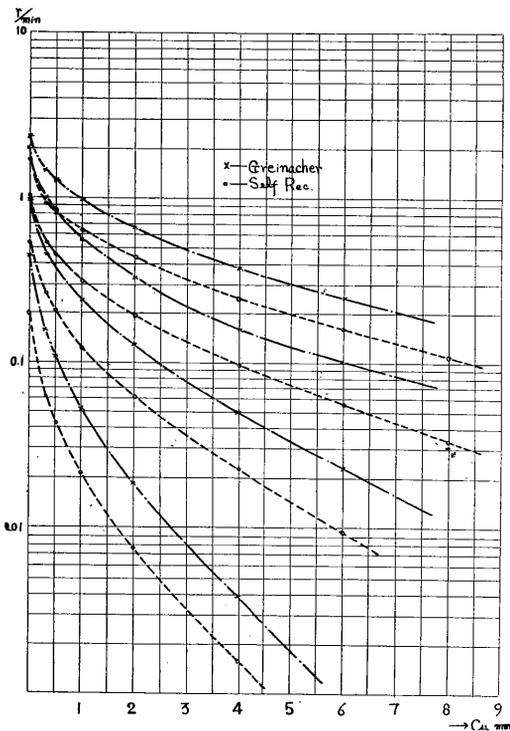
第 3 図

圧をスペクトルから求めると、B スペクトルのごとく 127kVp となる。すなわち、動波形の 140kVp の X 線のスペクトルは定電圧波形 127kV とほぼ同じとなる。

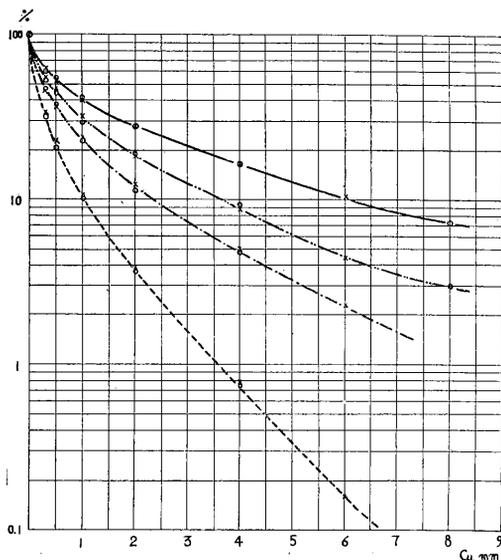


第 4 図

すなわち、140kVp の脈動波形の X 線は、127kV 定電圧波形の X 線と等価といえる。いまこれを Equivalent Constant Voltage (E. C. V.) とよぶ。次にこの E.



第 5 図

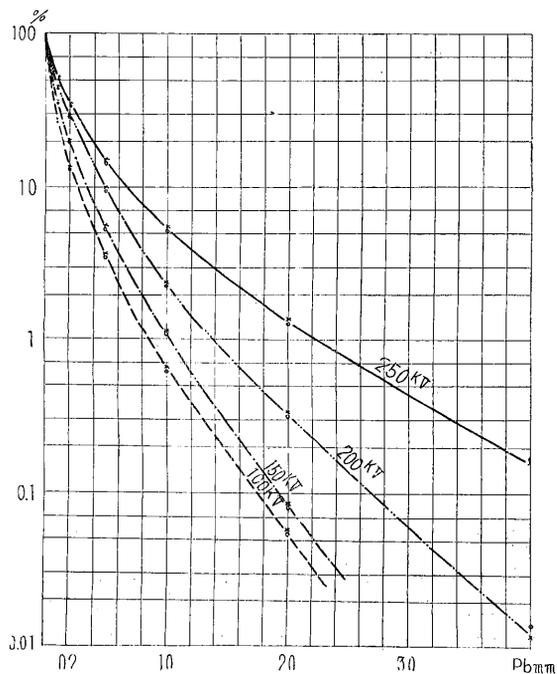


第 6 図

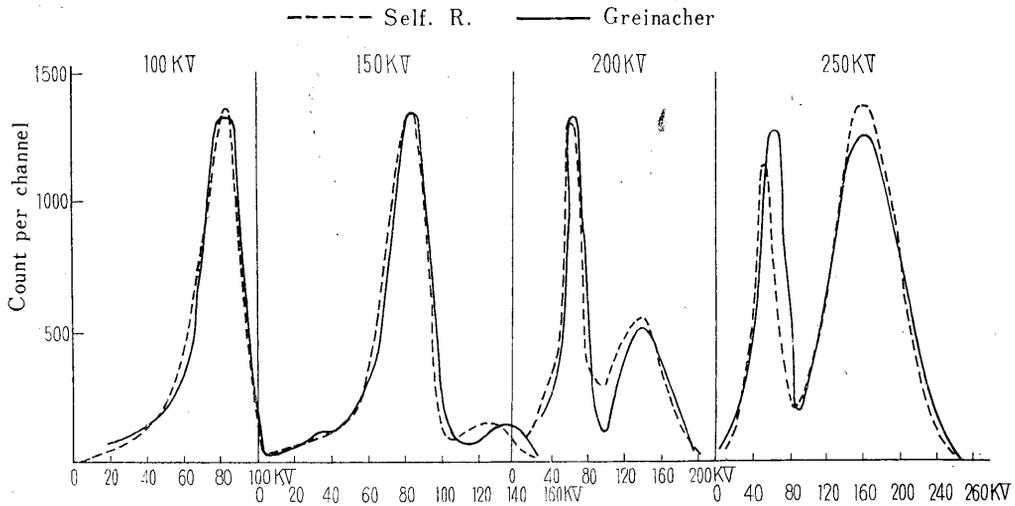
C. V. を同じにした 100, 150, および 250 kV の Greinacher 回路および自己整流回路の X 線のエネルギースペクトルを示すと、第 4 図のごとくなる。

この E. C. V. をあわせた脈動波形と定電圧波形による X 線の銅による減弱曲線を示すと第 5 図のごとくなるが、これを減弱率曲線で示すと第 6 図のごとくなり、ほとんど等しい線質であることを示している。また鉛による減弱曲線を求めると第 7 図のごとくなり、さらに鉛 2 mm 透過後のエネルギースペクトルをとると第 8 図のごとくなる。

以上の結果から E. C. V. で線質を表示すれば、エネルギースペクトルはほとんど等しくなり、減弱率も等しく、医学的治療面はもちろん、遮蔽の面でも、波形のいかんにかかわらず、等しい X 線としてとりあつかうことができる。



第 7 図 直接線の鉛による減弱



第 8 図

10. 施設による放射線防護方法の研究 (その2)

(放射線遮蔽迷路の基礎的研究)

物理第3研究室

橋 詰 雅

野 田 博 治

放射線の遮蔽方法には、密閉方式と迷路方式が考えられる。後者は迷路によって散乱回数を重ね線質を軟くするとともに、線量を減少させる方法である。われわれはこの線質の変化をスペクトル分析により検討した。測定器のシンチレーターはφ2吋厚さ2吋のNaIクリスタルを使用した。また波高分析器はRCLの128チャンネルを使用した。利用線および散乱線の geometry を第1図に示す。200kVpのX線のスペクトルを第2図に示す。図に示すごとく、陽極のタングステンの特性線をのぞくには、少なくとも付加フィルター銅2mm以上を必要とする。200kVp付加フィルター銅2mmのX線の背後散乱における角度分布およびそのエネルギースペクトルを示すと第3図のごとくなる。図に示すごとく角度が大きいくほど散乱線質は軟化する。しかしその軟化の割合は、透過二次線に比較すれば小さい。Al, Cu, Mo, Pbに50, 70, 100および200kVのX線および⁶⁰Coのγ線を照射し、135°方向の散乱線の波長と一次線の波長差を示すと第4図のごとくなる。また、コンクリートに対する各放射線の波長の伸びを測定すると、第5図のごとくなる。第4, 5図から、照射放射線のエネルギー

が或る程度大きくなると散乱による波長の伸びは一定であるが、或る程度小さくなると波長の変化は少なくなり、50~70kVpのX線では非常に少なくなる。200kVp付加フィルター2mmCuのX線をコンクリートに照射したときの利用線、一段および二段散乱させたときのエネルギースペクトルを示すと第6図のごとくなる。また各種放射線をコンクリートに照射したときの一次線、一段および二段散乱による波長およびその変化を示すと第7図のごとくなる。この結果、一段散乱では100kV以上、二段散乱では、120kV以上では波長の変化は一定であり、それ以下では急激に少ないことがわかる。

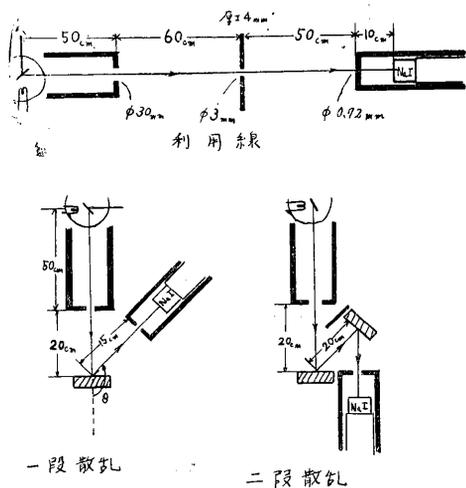
以上の結果からエネルギーの高いX, γ線に対しては散乱一回につきその波長は約0.05Åより波長が長くなると、散乱させても線質的に意味が少ないことがわかった。すなわち、迷路中における散乱回数は、次の式で示されるnの値以上にする必要がない。

$$0.3 (\text{Å}) = \lambda_0 + 0.05 (\text{Å}) \times n$$

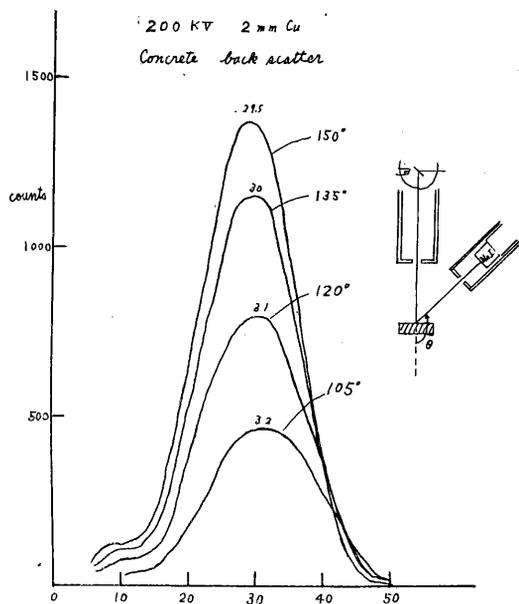
$$n = 6 - \frac{\lambda_0}{0.05} \quad (\lambda_0 \text{ は入射線の波長})$$

すなわち、どのような高エネルギーのX, γ線でも、散乱回数(n)は6回で十分であり、200kVp程度のX線(0.1Å)では、nは4回、100kVp程度のX線(0.18Å)でnは2回でよい。さらに人体にあたったのちの二次線の防護を考えるときは、さらにそれぞれの散乱回数を一回すくなくしてよい。したがって診断用X線の散乱線に対しては、迷路はこの点から考えれば無意味である。

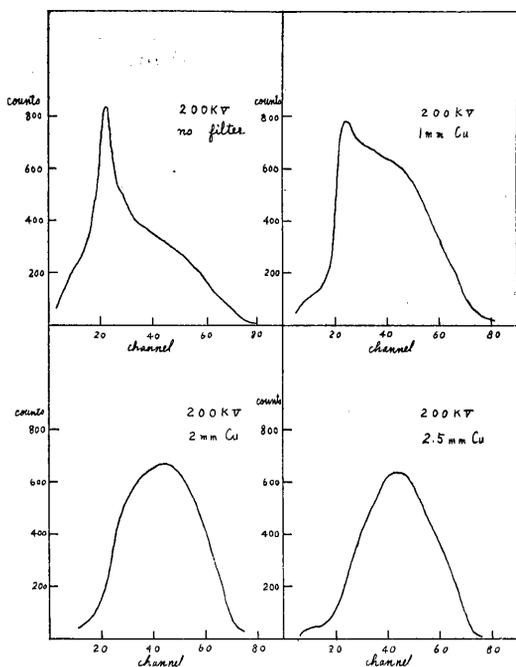
なお、かような迷路を経て外に出るX, γ 線の遮蔽は、たとえその線量が多くても、線質が軟かいため遮蔽扉等で簡単に遮蔽できる。



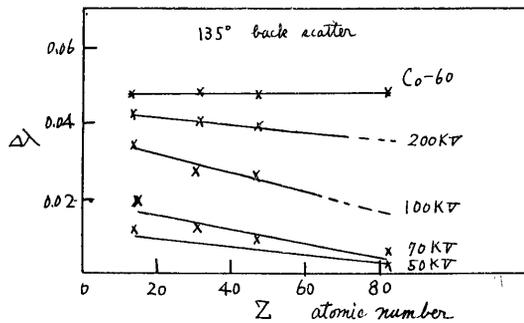
第 1 図



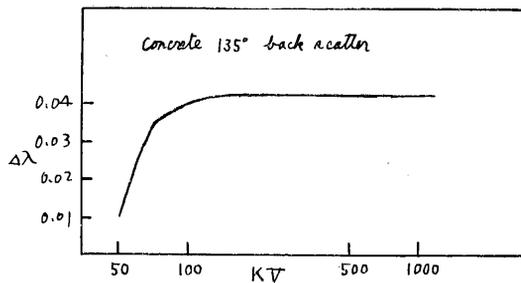
第 3 図



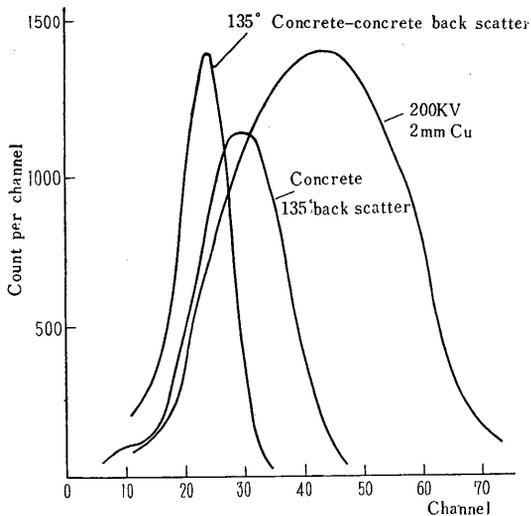
第 2 図



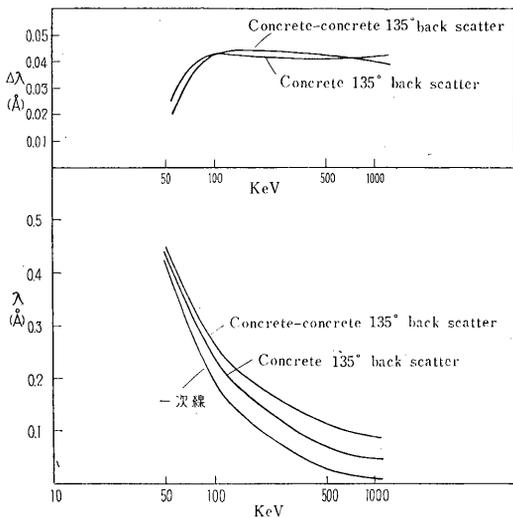
第 4 図



第 5 図



第 6 図



第 7 図

11. 放射線に対する Critical Organ の防護方法の研究

(日本人の医学診療用放射線による遺伝有意線量の測定)

物理第 3 研究室

橋 詰 雅

加 藤 義 雄

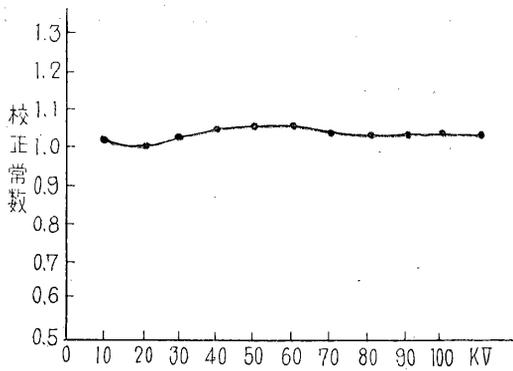
野 田 博 治

1 緒 言

国際放射線防護委員会 (ICRP) は、1958年遺伝的観点にたつて、国民線量の引き下げを勧告した。この勧告では、医学的利用による被曝を枠外においている。これは医学的利用における利益面を十分に考慮したこと、国によって利益の程度が異なり、一律に考えられないことによっている。しかし医学的利用による被曝量は相当に多いことが予想され、国民の遺伝有意線量を考慮するとき、この医学的利用による被曝量を知ることが、最も重要なことの一つであることが各方面から要求された。われわれも 32 年度からこの研究に着手しておったが、たまたま 34 年度文部省科学研究費放射線総合研究の一つとして「医学診療用放射線による遺伝有意線量に関する研究」という研究班 (班長、東大、宮川教授) ができたので、これに参加した。この班は、(1) 遺伝有意線量の算出班、(2) 医学診療用被曝の統計調査班、(3) ファントムならびに人体生殖腺被曝線量の測定班、とに分かれており、われわれはこの第 3 班に所属した。なお放医研から第 1 班には田島参与ならびに江藤障害基礎研究部長が、第 2 班には菅原障害基礎第 2 研究室長がそれぞれ参加した。この第 3 班のうち、われわれが分担したのは被曝線量測定器の開発ならびに各場合における撮影部位別の生殖腺被曝線量の平均値、およびその標準偏差である。

2 線 量 計

電離箱は直径 20 mm、長さ 35 mm で、空気容積約 12 cc のものを使用した。壁は厚さ 0.2 mm の X 線フィルムベースを使用し、これにアカダックを塗布した。中心電極はアルミニウムにアカダックを塗布した。この電離箱のエネルギー依存性を示すと第 1 図のごとくなる。



第1図 電離箱のエネルギー依存性

増巾回路は Sampson 方式の回路を改良した Colonial 方式を使用した。測定回路はブリッジ方式とし、電流型はフルスケール 50 μ A で、その目盛は 100 分割されたものを使用した。これらの組合せにより最高感度はフルスケール 1 mr となり、メーター感度および積算コンデンサーの容量の切替でフルスケール 10mr, 100mr および 1,000mr となるように調節した。

零ドリフトはフルスケール 1 mr レンジで 1 分間 0.2 div. 以下、ノイズは 0.1div. 以下である。したがって微小線量の測定には、6 秒間隔で 1 分間 10 回照射した積算値 1 div., すなわち 1 回の曝射線量 1 μ r 程度の測定は容易である。最大線量率は 1,000mr/sec 程度である。なお、フルスケール 1 mr のときの絶縁抵抗は $10^{15}\Omega$ である。

3 ファントム

ファントムは、班員の広島大学吉永教授のあっせんに

より、ABCC の好意で借用した。人骨を埋藏した身長 160cm, 体重 54 kg のものと、千葉大外科で成型した子供 3 種の M3 ファントムを使用した。子供ファントムの大きさはそれぞれ 10 才, 5 才, 8 ヶ月の標準体格の女性である。成人の卵巣は前面より 12 cm, 後面より 8 cm, 中心線より 5 cm 横によった位置とした。子供については千葉大外科の決定によった。睾丸の線量測定には厚さ 4~7 mm の M3 で作ったカバーで、電離箱を被覆した。

4 X線発生装置

島津製, 柱 150kV—50mA, 60kV—500mA, 高圧発生装置に油侵の Rotalix をつけたものと、島津製, 蓄電器放電式サガ 125kV—0.5~1.0 μ F に油侵の三極管 Rotalix をつけて使用した。

5 サンプリング

統計調査班が 34 年度集計した 8 万枚のパンチカードを性別 (男, 女) および年齢別 (0~2 才, 3~7 才, 8~14 才および 15 才以上), さらに第 1 表のごとく調査表の分類にしたがって撮影, 透視部位別 (頭部より趾まで 21 種) に、おのおのランダムに 60 例抽出した。60枚に達しないものは全数を使用した。

6 照射方法

上期調査表からおのおのの撮影, 透視における管電圧, 管電流, 露出時間, (蓄放式では, 充電電圧, 容量), 集点フィルム間距離, フィルター絞り, ツープスの型および位置, 体位, 方向等を合わせてファントムに X 線を照射した。

7 測定値

生殖腺被曝線量は照射方法により非常に差がある。各

第 1 表

Age	Sex	Me	撮影透視の分類																					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0~2	Male	Ra	1 頭部・顔面・頸椎・上顎・下顎	2 肩甲骨・上膊・肘・前膊・腕関節・手指	3 肋骨・胸骨・鎖骨	4 胸部 (肺・心臓・肺尖・気管枝)	5 食道・胃・十二指腸	6 胆嚢	7 腹部単純撮影	8 小腸・大腸 (バリウム注腸)	9 胸椎のみ	10 腰椎のみ	11 腰椎と仙骨を含む場合	12 骨盤・臀部 (腸骨・仙骨・尾骨などが含まれる場合)	13 腎臓造影 (上向き・下向き)・輸尿管	14 膀胱・尿道	15 骨盤計測	16 子宮・卵管撮影	17 妊娠胎児	18 股関節・大腿上骨 (又は大腿全部)	19 大腿骨下部のみ (下 $\frac{2}{3}$)	20 膝関節・下腿・足関節・足・趾	21 歯	22 その他 ()
3~7			Fem	Flu	1 頭部・顔面・頸椎・上顎・下顎	2 肩甲骨・上膊・肘・前膊・腕関節・手指	3 肋骨・胸骨・鎖骨	4 胸部 (肺・心臓・肺尖・気管枝)	5 食道・胃・十二指腸	6 胆嚢	7 腹部単純撮影	8 小腸・大腸 (バリウム注腸)	9 胸椎のみ	10 腰椎のみ	11 腰椎と仙骨を含む場合	12 骨盤・臀部 (腸骨・仙骨・尾骨などが含まれる場合)	13 腎臓造影 (上向き・下向き)・輸尿管	14 膀胱・尿道	15 骨盤計測	16 子宮・卵管撮影	17 妊娠胎児	18 股関節・大腿上骨 (又は大腿全部)	19 大腿骨下部のみ (下 $\frac{2}{3}$)	20 膝関節・下腿・足関節・足・趾
8~14	Fem	Flu			1 頭部・顔面・頸椎・上顎・下顎	2 肩甲骨・上膊・肘・前膊・腕関節・手指	3 肋骨・胸骨・鎖骨	4 胸部 (肺・心臓・肺尖・気管枝)	5 食道・胃・十二指腸	6 胆嚢	7 腹部単純撮影	8 小腸・大腸 (バリウム注腸)	9 胸椎のみ	10 腰椎のみ	11 腰椎と仙骨を含む場合	12 骨盤・臀部 (腸骨・仙骨・尾骨などが含まれる場合)	13 腎臓造影 (上向き・下向き)・輸尿管	14 膀胱・尿道	15 骨盤計測	16 子宮・卵管撮影	17 妊娠胎児	18 股関節・大腿上骨 (又は大腿全部)	19 大腿骨下部のみ (下 $\frac{2}{3}$)	20 膝関節・下腿・足関節・足・趾
15<			Fem	Flu	1 頭部・顔面・頸椎・上顎・下顎	2 肩甲骨・上膊・肘・前膊・腕関節・手指	3 肋骨・胸骨・鎖骨	4 胸部 (肺・心臓・肺尖・気管枝)	5 食道・胃・十二指腸	6 胆嚢	7 腹部単純撮影	8 小腸・大腸 (バリウム注腸)	9 胸椎のみ	10 腰椎のみ	11 腰椎と仙骨を含む場合	12 骨盤・臀部 (腸骨・仙骨・尾骨などが含まれる場合)	13 腎臓造影 (上向き・下向き)・輸尿管	14 膀胱・尿道	15 骨盤計測	16 子宮・卵管撮影	17 妊娠胎児	18 股関節・大腿上骨 (又は大腿全部)	19 大腿骨下部のみ (下 $\frac{2}{3}$)	20 膝関節・下腿・足関節・足・趾

部位別の被曝線量のヒストグラフを示すと第2図のごとくなる。

この値から、その平均値および標準偏差を求めると第2表のごとくなる。

8 日本人の遺伝有意線量

遺伝有意線量は、次式によって求められる。

遺伝有意線量の求め方

$$D = \frac{\sum_{J,K} (N_{JK}^{(F)} W_{JK}^{(F)} + N_{JK}^{(M)} W_{JK}^{(M)}) d_{JK}^{(M)}}{\sum_K (N_K^{(F)} W_K^{(F)} + N_K^{(M)} W_K^{(M)})} \quad (1)$$

D : 遺伝有意線量 (年間)

N_{JK} : X線検査Jをうけた年令階層Kの人数 (年間)

N_K : 年令階層Kの全人数

W_{JK} : X線検査Jをうけた年令階層Kの1人が将来生むと予想される子供の数

W_K : 年令階層Kの1人が将来生むと予想される子供の数

d_{JK} : 年令階層Kの1人がうけたX線検査Jによる生殖線量

(F), (M) : Fは女性, Mは男性を示す。

N_{JK} には文部省本研究班の調査班の35年度に集計した値を、また W_{JK} に厚生省統計調査部の値を使用し、 d_{JK} に第2表測定値を入れた。

線量算出班の計算によると、

$$D = 38.6 \text{ mrem/y}$$

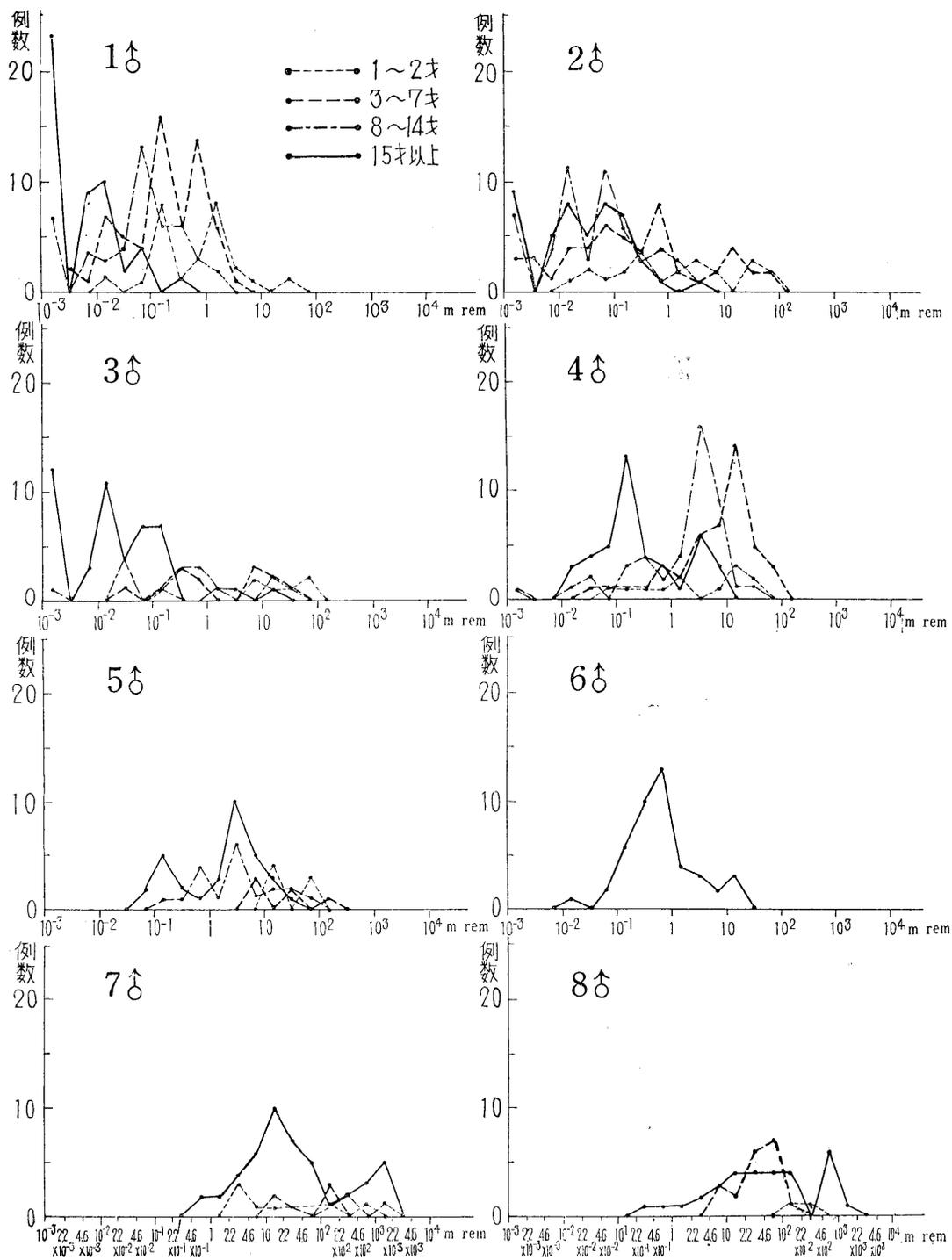
となる。また標準偏差の累積値は次式によって求められる。

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_{J,K} [(N_{JK}^{(F)} W_{JK}^{(F)} \sigma_{JK}^{(F)})^2 + (N_{JK}^{(M)} W_{JK}^{(M)} \sigma_{JK}^{(M)})^2]}}{\left[\sum_K (N_K^{(F)} W_K^{(F)} + N_K^{(M)} W_K^{(M)}) \right]^2}$$

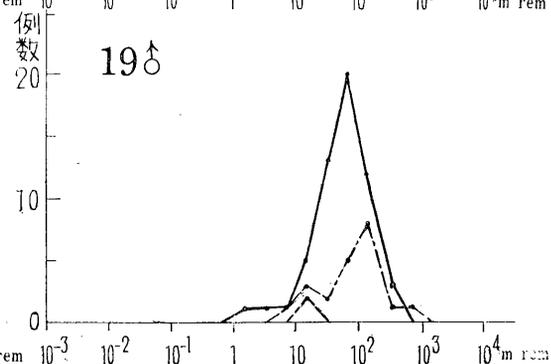
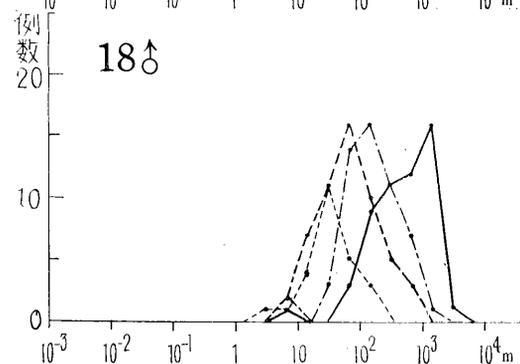
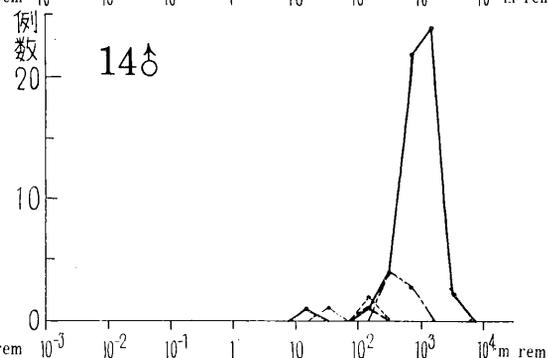
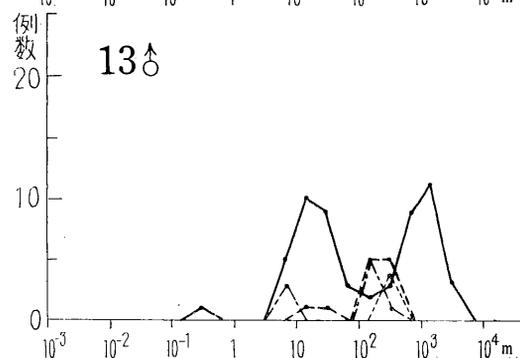
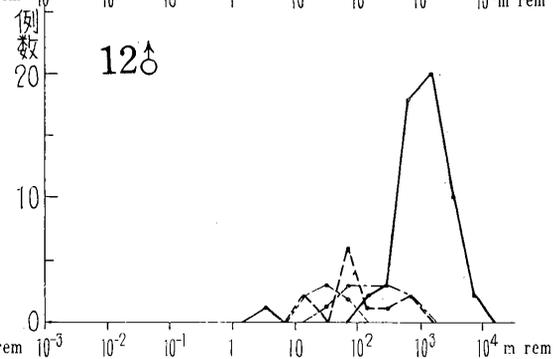
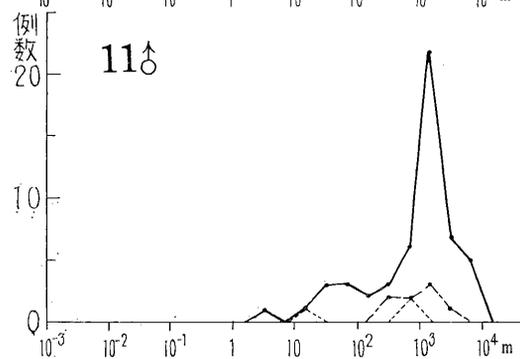
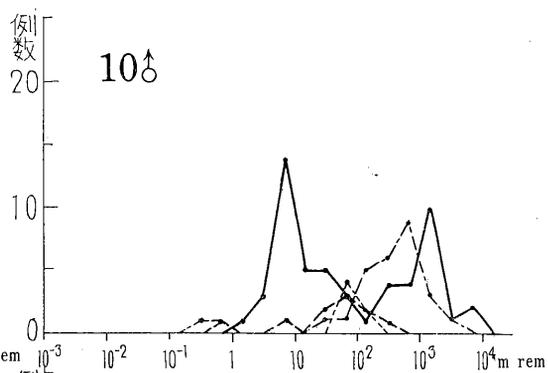
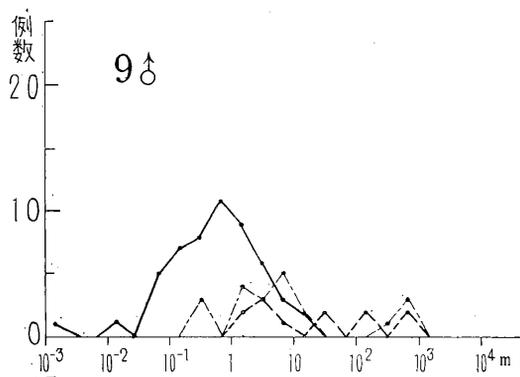
この σ_{JK} に第2表の値を入れて計算すると

$$\sigma = 4.1 \text{ mrem}$$

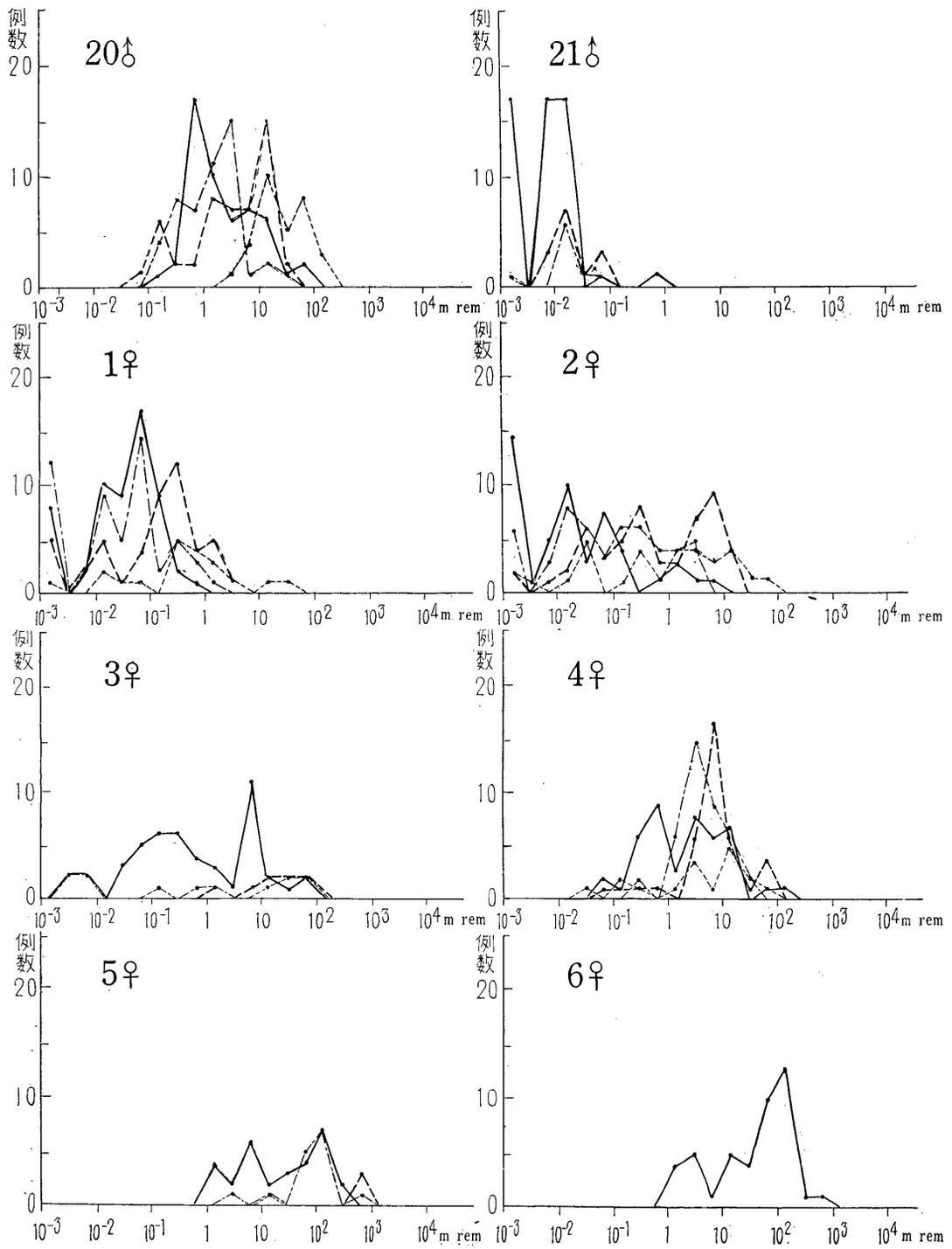
となる。



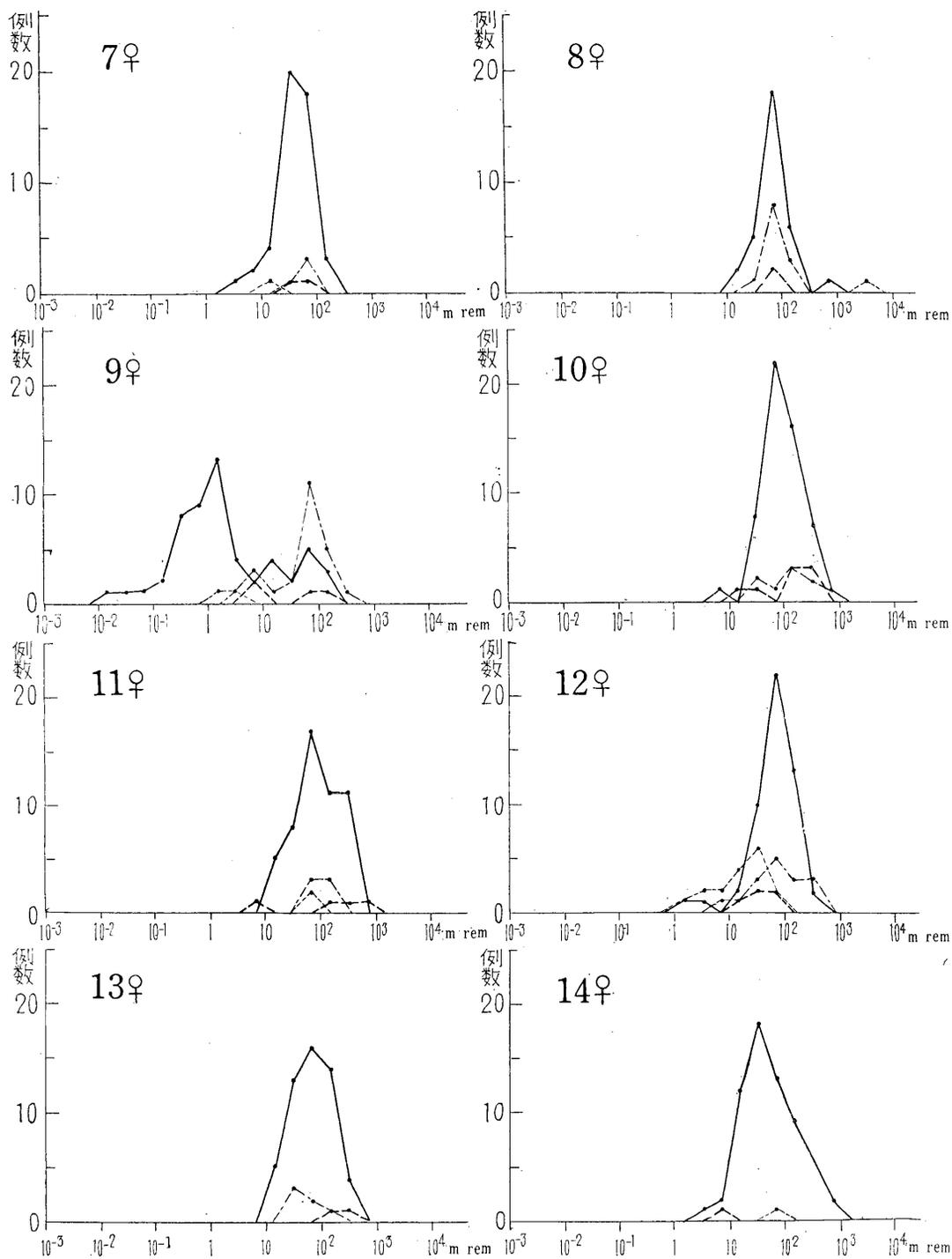
第 2 図 - a) 撮影 (その 1)



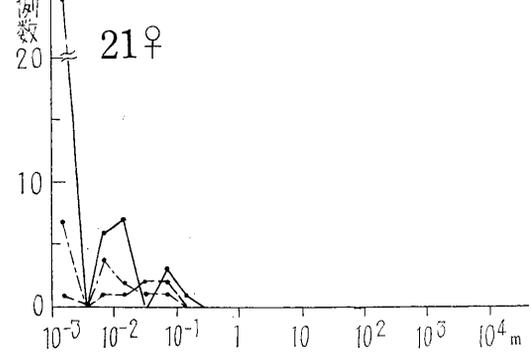
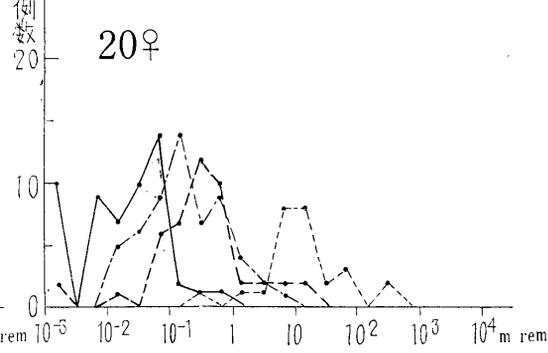
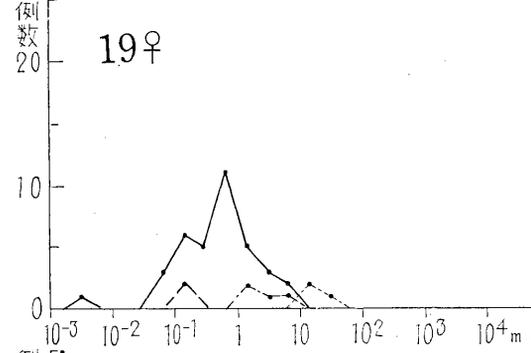
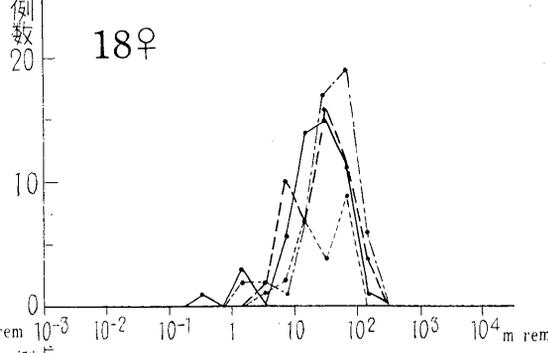
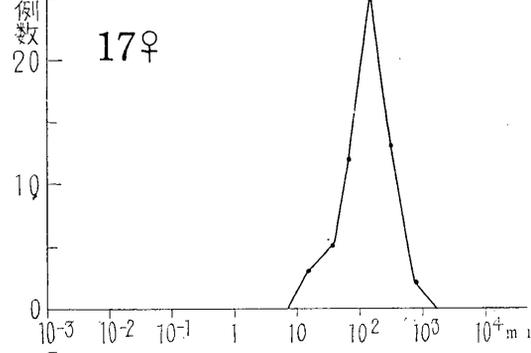
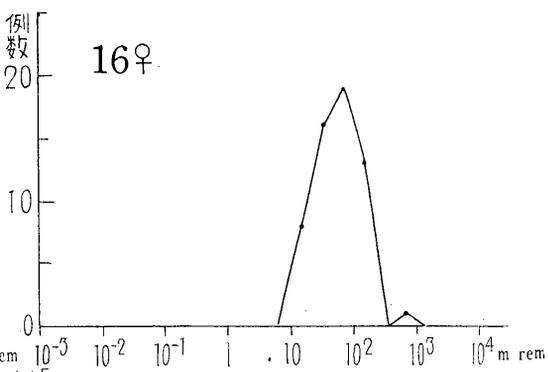
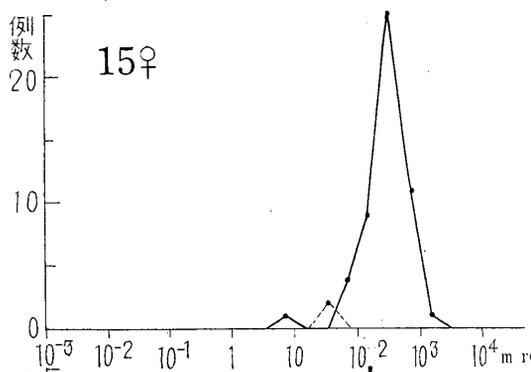
第 2 図 - a) 撮影 (その 2)



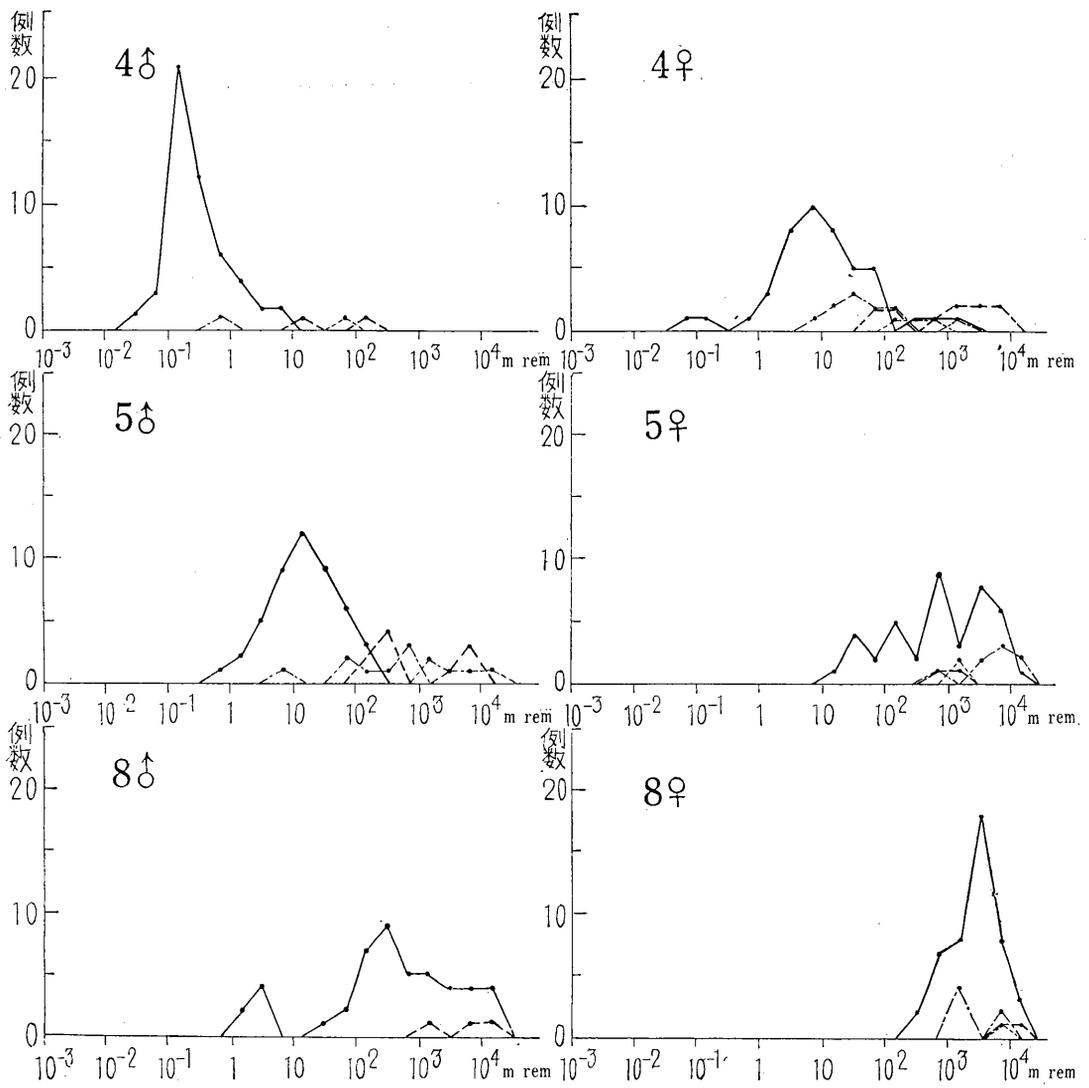
第 2 図 - a) 撮影 (その 3)



第 2 図 - a) 撮影 (その 4)



第 2 図 - a) 撮影 (その 5)



第 2 图 - b) 透 視

(撮 影)

部 位	男			女		
	例 数	\bar{x} mrem	σ mrem	例 数	\bar{x} mrem	σ mrem
1 頭 部, 顔 面	26	2.5	7.1	20	3.2	9.0
2 肩 甲 骨, 上 膊	23	9.3	16.	32	5.3	9.7
3 肋 骨, 胸 骨	7	28.	29.	6	36.	32.
4 胸 部	12	9.4	11.	18	11.	14.
5 食 道, 胃	7	42.	31.	1	15.	—
6 胆 囊	—	—	—	—	—	—
7 腹 部 単 純	9	120.	260.	1	16.	—
8 小 腸, 大 腸	—	—	—	1	2,240.	—
9 胸 椎	3	2.7	1.5	1	4.3	—
10 腰 椎	8	78.	63.	—	—	—
11 腰 椎 と 仙 骨	3	520.	440.	2	73.	9.
12 骨 盤, 臀 部	7	39.	25.	17	22.	16.
13 腎 臓, 造 影	4	260.	7.	—	—	—
14 膀 胱, 尿 道	2	130.	30.	—	—	—
15 骨 盤 計 測	—	—	—	2	40.	5.
16 子 宮, 卵 管 撮 影	—	—	—	—	—	—
17 妊 娠 胎 児	—	—	—	—	—	—
18 股 関 節, 大 腿 骨 々 頭	25	53.	49.	23	36.	26.
19 大 腿 骨 下 部	—	—	—	3	26.	9.
20 膝 関 節, 下 腿	25	45.	42.	25	27.	48.
21 歯	—	—	—	—	—	—

(透 視)

4	胸 部	1	66.	—	3	360.	200.
5	食 道, 胃	5	5,800.	4,800.	2	1,400.	0.
8	小 腸, 大 腸	—	—	—	1	6,000.	—

(撮 影)

部 位	男			女		
	例 数	\bar{x} mrem	σ mrem	例 数	\bar{x} mrem	σ mrem
1. 頭 部, 顔 面	62	0.4	0.5	49	3.	16.
2. 肩 甲 骨, 上 膊	51	5.	12.	53	2.8	4.3
3. 肋 骨, 胸 骨	13	5.4	8.5	8	26.	22.
4. 胸 部	44	10.	15.	38	14.	20.
5. 食 道, 胃	6	32.	45.	4	520.	340.
6. 胆 囊	—	—	—	—	—	—
7. 腹 部 单 純	6	110.	38.	2	58.	58.
8. 小 腸, 大 腸	19	43.	32.	2	84.	10.
9. 胸 椎	12	120.	210.	4	46.	47.
10. 腰 椎	10	97.	106.	8	180.	120.
11. 腰 椎 と 仙 骨	—	—	—	4	230.	200.
12. 骨 盤, 臀 部	12	180.	230.	5	42.	22.
13. 腎 臟 造 影	11	230.	120.	1	190.	—
14. 膀 胱, 尿 道	1	170.	—	1	5.	—
15. 骨 盤 計 測	—	—	—	—	—	—
16. 子 宮, 卵 管 撮 影	—	—	—	—	—	—
17. 妊 娠 胎 児	—	—	—	—	—	—
18. 股 関 節, 大 腿 骨 々 頭	54	110.	150.	51	40.	36.
19. 大 腿 骨 下 部	2	14.	2.	2	0.14	0.
20. 膝 関 節, 下 腿	50	7.6	8.8	44	1.4	3.2
21. 歯	15	0.02	0.03	7	0.024	0.020

(透 視)

4	胸 部	1	140.	—	11	2,300.	2,900.
5	食 道, 胃	10	1,900.	2,300.	2	1,200.	870.
8	小 腸, 大 腸	3	8,400.	6,200.	2	9,600.	3,900.

(撮 影)

部 位	男			女		
	例 数	\bar{x} mrem	σ mrem	例 数	\bar{x} mrem	σ mrem
1 頭 部, 顔 面	48	1.7	0.3	50	0.12	0.22
2 肩 甲 骨, 上 膊	53	0.27	0.59	51	0.53	0.97
3 肋 骨, 胸 骨	16	4.4	9.7	5	2.0	3.4
4 胸 部	45	3.8	5.0	40	6.7	8.1
5 食 道, 胃	19	10.	16.	14	170.	150.
6 胆 囊	—	—	—	—	—	—
7 腹 部 单 純	4	490.	470.	4	58.	21.
8 小 腸, 大 腸	2	170.	100.	12	83.	34.
9 胸 椎	21	120.	250.	25	78.	69.
10 腰 椎	26	580.	550.	9	180.	160.
11 腰 椎 と 仙 骨	8	1,000.	870.	6	120.	60.
12 骨 盤, 臀 部	12	250.	190.	16	120.	110.
13 腎 臟, 造 影	9	100.	80.	7	110.	130.
14 膀 胱, 尿 道	7	420.	50.	1	50.	—
15 骨 盤 計 測	—	—	—	—	—	—
16 子 宮, 卵 管 撮 影	—	—	—	—	—	—
17 妊 娠 胎 児	—	—	—	—	—	—
18 股 関 節, 大 腿 骨々頭	54	240.	230.	53	53.	40.
19 大 腿 骨 下 部	21	110.	110.	4	2.8	2.0
20 膝 関 節, 下 腿	50	3.5	5.3	59	0.14	0.36
21 歯	9	0.016	0.013	15	0.008	0.018

(透 視)

4	胸 部	2	8.00	10.	11	170.	360.
5	食 道, 胃	8	380.	370.	8	7,000.	5,500.
8	小 腸, 大 腸	—	—	—	6	3,600.	2,900.

15 才 以 上

(撮 影)

部 位	男			女		
	例 数	\bar{x} mrem	σ mrem	例 数	\bar{x} mrem	σ mrem
1. 頭 部, 顔 面	49	0.01	0.03	59	0.07	0.12
2. 肩 甲 骨, 上 膊	48	0.13	0.37	52	0.27	0.85
3. 肋 骨, 胸 骨	47	0.5	2.6	46	7.	14.
4. 胸 部	42	1.0	1.7	45	8.	20.
5. 食 道, 胃	32	4.3	6.1	30	74.	99.
6. 胆 囊	44	2.1	3.9	44	80.	94.
7. 腹 部 单 純	47	220.	450.	48	49.	29.
8. 小 腸, 大 腸	31	220.	360.	33	81.	76.
9. 胸 椎	54	1.5	2.6	55	15.	31.
10. 腰 椎	53	770.	1,800.	55	120.	99.
11. 腰 椎 と 仙 骨	53	1,700.	1,600.	52	120.	92.
12. 骨 盤, 腎 部	56	1,500.	1,200.	51	80.	62.
13. 腎 臟, 造 影	56	630.	880.	53	92.	82.
14. 膀 胱, 尿 道	54	1,100.	630.	58	77.	150.
15. 骨 盤 計 測				53	320.	200.
16. 子 宮, 卵 管 撮 影	—	—	—	57	71.	71.
17. 妊 娠 胎 児	—	—	—	60	160.	120.
18. 股 関 節, 大 腿 骨 々 頭	53	690.	610.	53	31.	24.
19. 大 腿 骨 下 部	57	79.	89.	36	1.1	1.6
20. 膝 関 節, 下 腿	52	5.8	10.4	54	0.05	0.10
21. 歯	53	0.02	0.07	50	0.009	0.023

(透 視)

4	胸 部	51	0.56	0.98	45	80.	270.
5	食 道, 胃	47	28.	40.	41	2,700.	3,700.
8	小 腸, 大 腸	47	2,400.	4,100.	47	4,300.	5,800.

Ⅳ 化学 研究 部

概 況

化学研究部は本年度わずかに1名の増員に止まり、合計13名の陣容で研究が行なわれた。加えて所外より2名の研究生が参加した。この間に昭和33年11月より米国オークリッジ研究所の生物部に留学中であった亀山(第2研究室)が1ヵ年半の研究を終って35年4月帰国し、35年10月には代って鈴木(第2研究室長)を11ヵ月の予定でフランスのラジウム研究所に送った。

本年度行なわれた研究の大綱は、前年度と変わらない。すなわち、大別して、放射線の生物に対する作用機構を物理化学的、生化学的に追求せんとする研究と、放射線の人体に対する影響を評価するための元素および放射性核種の化学分析に関する研究となる。全般的にいて新研究棟に移転したのち、諸施設、装置の整備が着々と進み、物品購入事務なども円滑になったことと相まって、後述のごとき研究成果が得られたが、なお十分な研究を遂行するためには人員の充実が急務であることを痛感している。

物理化学的研究ではまず炭化水素、アミノ酸、それらの混合物などを使って、放射線の作用機構の検討を理論的、実験的につづけている。電子スピン共鳴装置、質量分析装置、ガスクロマトグラフ装置などの完成が年度末に近かったので、他研究機関の好意によって研究が進められた。また、コロイド系を生物体のモデルと考えてこれに対する放射線の作用を研究しつつあるが、その過程において塩化金酸溶液が放射線照射によって還元され、金ゾルを生成することを見出したので、この系が線量計として利用できるかどうかを検討し、報告した。他から何の試薬類も加えずに金ゾルを作り得るので興味ある反応であり、 10^6 r 程度の高線量の測定に利用可能と思われる。

放射線の生物に対する作用に関係する最も重要な物質の一つは核酸であることはいままでもない。われわれはいままでによく調べられている大腸菌やバクテリオファージなどを研究材料として、照射前後におけるデオキシリボ核酸(DNA)、リボ核酸(RNA)の量的、質的变化

や、それらの代謝の変化、および特定の蛋白質の合成能力への放射線の影響を追求している。またこれらの変化と生理学的現象(たとえば菌の死滅、可視光による回復、突然変異の誘発など)との関連をとらえようと試みた。cell-freeの系でアミノ酸から酵素蛋白(β -ガラクトシダーゼ)が合成され、しかもその際に特異的なDNA劃分の存在が必要であることを実証し得たことは、今後放射線の作用機構の研究や遺伝情報が伝達されていくメカニズムの解明などに大いに役立つであろう。

総合研究テーマ「 ^{14}C の諸問題」の一つとして、DNA分子内にとりこまれた ^{14}C が嬗変することによる生物学的変化を実験的にたしかめることの可能性を検討した結果、肯定的な見通しを得たので明36年度にひきつづく実験を行なっている。また ^{14}C のDNA分子内での分布が異なる場合の遺伝的障害のちがいを表現する仕方を求め、2, 3の計算を行なった。

放射性核種の分析定量には、従来沈殿法などを主とするいわば古典的方法が用いられている。われわれは危険性が大きいと思われる核種を特にとりあげ、イオン交換法、濾紙電気泳動法、溶媒抽出法などによってフォールアウト、動植物体など種々のoriginの試料の標準的な分析法を確立すべく努力している。イオン交換樹脂による多種類の核種の系統的分離法や、 ^{90}Sr と ^{137}Cs とをspecificに分離、定量する各種の方法を検討し、報告した。希土類を含む核分裂生成物混合物、および α 放射体については若干の結果を得ているが、なお研究をつづけたい。

研究所の創立以来、国立予防衛生研究所と協同して、フォールアウト中に含まれる ^{90}Sr および ^{137}Cs を毎月定量しているが、数年にわたるデータを検討して $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ の比が、従来信じられていた値よりも大きいことを知り、国連科学委員会にも資料として提出した。また ^{137}Cs の体内汚染を知る目的で石川、大阪の中学生おのおの約1,200名の尿を採取し、分析している(年2回)。36年度も引つづいて行なう予定なので、来年度に3ヵ年分のデータをあわせて検討したい。

なお年度当初、人体臓器中に含まれる微量安定元素の

発光分光法による分析を企図したが、装置の設計、製作に予想外の時日を要したために、今年度内にはいくつかの標準試料を分析したに止まったことは遺憾であった。

昨年度末から発足した養成訓練部の研修に協力して、当研究部の研究者の多数が相当の時間と努力とをかたむけて講義、実習の実施にあたったことを特に記しておきたい。

放射線科学という境界領域の問題の解明には、各研究者が専門分野にとらわれることなく自由にいろいろな知識、技術、philosophy をとり入れることが必要であろう。化学研究部においては、研究所の業務のうちの主として基礎的な部分を分担し、他の諸研究部と密接な連携のもとに研究を進めて行きたいと考える。(伊沢正実)

1. スクワランの放射線分解

(結合エネルギーとの関連)

化学第1研究室

山崎 秀郎

1 スクワラン (C₃₀ H₆₂) は分子量として、低級飽和炭化水素とポリエチレン、ポリプロピレンとの中間に位置する単一化合物であり、かつ広い温度範囲にわたって液状である。したがってこの物質の放射線化学反応は上記ポリマーの模型物質としても興味があり、また液状であるため、その反応を定量的に調べ解析を行なうに都合である。

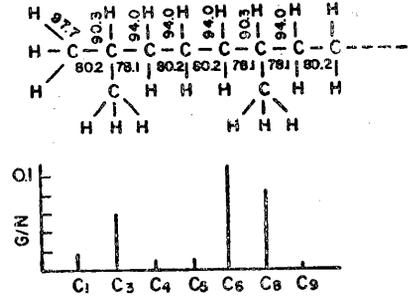
2 試料は真空中および空气中で照射を行なった。一回に用いた試料は約 10cc である。生成気体の定量は、ガスクロマト、質量分析器により行なった。また遊離基収率は約 10⁻⁸ mol/l のヨウ素を加え反応終了後、ヨウ素の

第 1 表

生成物	G 値
水素	3.4
メタン	0.12
C ₂	0.002
プロパン	0.056
プロピレン	0.015
その他の C ₄	0.002
ペンタン	0.023
ヘキサン	0.21
オクタシ	0.14
オクテ	0.03
ノナ	0.01

520mμ の吸収極大の減少より求めた。

3 生成気体および遊離基収率の G 値は常温において第 1 表に示すときのものである。これらの気体生成物は化学結合の切断によるものと考えられ、その G 値と結合エネルギーとの間には第 1 図に示すとき相関がみられた。また G (R) は 1.0 で妥当な値である。



第 1 図 Brown の方法で算出したスクアレン分子内の各結合エネルギー値 (Kcal) と、気体生成物の収率の G 値、N は C 分子の数

[研究発表]

H. Yamazaki, S. Shida* ; Radiolysis and bond stability of squalene, J. Chem. Phys., 32, 950(1960).

*志田正二, 東工大教授

2. ガスクロマトグラフの現象論的理論

化学第1研究室

山崎 秀郎

カラムの軸方向の拡散と移動相、固定相間の試料の移動過程を考慮し、試料濃度の分布に関する次の方程式を得た。

(i) 移動相、固定相間に平衡が成立する場合

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = \frac{VD}{r} \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} - \frac{VU}{r} \frac{\partial C_i}{\partial x} \quad (1)$$

$$(\gamma = V + V^* K_i)$$

(ii) 両相間の物質移動が一次反応である場合

$$\begin{cases} \frac{\partial C_i}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} - U \frac{\partial C_i}{\partial x} - \frac{V^*}{V} k_i C_i + \frac{V^* k_i^*}{V} C_i^* \\ \frac{\partial C_i^*}{\partial t} = k_i C_i - k_i^* C_i^* \end{cases} \quad (2)$$

(iii) 両相間の物質移動が Langmuir 型である場合

$$\begin{cases} \frac{\partial C_i}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} - U \frac{\partial C_i}{\partial x} - \frac{k_i (1 - \theta_i) V^*}{V} C_i \\ \quad + \frac{V^*}{V} k_i^* \theta_i \\ V^* \frac{\partial \theta_i}{\partial t} = V^* k_i (1 - \theta_i) C_i - V^* k_i^* \theta_i \end{cases} \quad (3)$$

- ここに C_i : 移動相中の i 種の試料濃度
 C_i^* : 固定相中の i 種の試料濃度
 U : キャリヤーガス線速度
 V : 移動相容積
 V^* : 固定相容積
 K_i : 両相間の平衡定数
 k_i : 固定相への吸収(吸着)速度定数
 k_i^* : 固定相からの脱着速度定数
 θ : 被覆比

これらの方程式に Mellin 変換をして、分布関数に関する統計量、平均値、偏差、歪度、尖度を求めた。これらの統計的諸量を用いて、クロマトグラフの諸量、保持時間、ピーク巾、ピークの正規分布からのずれ等を求めた。

特に昇温型ガスクロマトグラフについては保持時間、ピーク巾が同系列の化合物についてはその炭素数に比例することを理論的に導いた。

[研究発表]

1. 山崎秀郎, 安盛岩雄; ガスクロマトグラフの現象論的理論, 日本化学会, 分析化学会, 第1回クロマトグラフ討論会 (1959年10月)
 2. 山崎秀郎; 同上, 日本化学会, 分析化学会第2回クロマトグラフ討論会 (1961年1月)
 3. 山崎秀郎; 昇温型ガスクロマトグラフの理論的考察, 工業化学雑誌5月号ガスクロマトグラフ特集号 (1961年)
3. 放射性核種の DNA へのとりこみの影響のマトリックス表現

化学第1研究室

山崎秀郎

放射性核種の DNA およびその周辺へのとりこみの影響は, DNA の変化を通して遺伝的障害と関係があると考えられる。この場合の DNA の変化は放射性核種の種類, とりこまれた場所等により区別される。このように区別された障害の大きさを計算するにあたって, これら障害の起りやすさを表わす確率関数が導入される。この確率関数は放射性崩解の度合, 核種のエネルギー, およびこれにともなう化学変化の容易さによるものとされ, これら三つの因子を推定することにより確率関数は求められる。放射線生物学にとり重要な以下の場合について具体的な計算を行なった。

(i) ^{14}C の一様な分布でのとりこみ。

(ii) ^{14}C および ^3H の DNA 中の thymine へのとりこみ。

(iii) ^{32}P の phage 中へのとりこみ。

ここに \log^+ は正の argument に対する \log を表わす関数論における記号であり, P は X_i および Y_j なる事象の同時におこる確率で X_i および Y_j としては, $X_i = (\beta D, \beta I, R, E, \text{Ch})$, $Y_j = (O, B, S, P)$ のごとく βD は β 線の direct effect による障害, βI は indirect effect によるもの, R は recoil によるもの, E は excitation によるもの, Ch は核の chemical species の変化によるものを表わし, また O, B, S, P は核種の含まれる position が DNA の outside か Base, Sugar, phosphate の部分にあるかを表わすものである。また P_0 は, natural background の宇宙線等の放射能による障害の Probability を表わす。たとえば (i) および (iii) の場合のマトリックス表現は以下のごとくなる。

$$\{\log^+ [P(X \cap Y_j) / P_0]\}$$

$$= \begin{pmatrix} 8 & 7 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 5 & 5 & 6 & 6 \\ 6 & 5 & 5 & 6 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \text{Eq. (i)}$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 5 & 6 & 6 & 6 \end{pmatrix} \text{Eq. (iii)}$$

Eq. (i) で, 1行1列 $\log^+ [P(O \cap \beta D) / P_0] = 8$ であるのは, outside にある ^{14}C からの β 線の direct effect により DNA が障害を受ける確率が, 宇宙線等の background によるものの 10^8 倍だけ大きいことを示している。第 Eq. (i) にみられるごとく, 第1行の outside からの β 線, の影響は多細胞の生物では order において大きい, 十分にうすめた単細胞生物の場合には, 10^{-5} だけ小さくなり, この場合の影響は小さくなる。

[研究発表]

H. Yamazaki; Matrix Representation of the Effects on DNA by Incorporated Radioactive Nuclide, J. Theo. Biol. Academic Press. (投稿中)

4. ガンマ線照射による金の微粒子の生成

化学第1研究室

藤田 斉

伊 沢 正 実*

山 崎 秀 郎

*化学研究部長

1 結 言

放射線線量測定において、化学線量計として硫酸第一鉄、硫酸第二セリウムなどの水溶液が用いられている。これらは、放射線による水の分解生成物によって、金属イオンが酸化または還元される現象を利用するものである。このような放射線により誘導される反応で、コロイド系を生成する場合に着目し、放射線の作用機構を調べること、あわせて、大線量用化学線量計としての可能性を検討することが、この研究の目的である。

まず、最も単純な金ヒドロゾルを対象として選んだ。塩化金酸水溶液に γ 線を照射して、金ゾルを生成する新しい方法を試みた。還元剤による生成方法は多く研究されているが、放射線化学反応としての研究はなされていない。

2 実 験

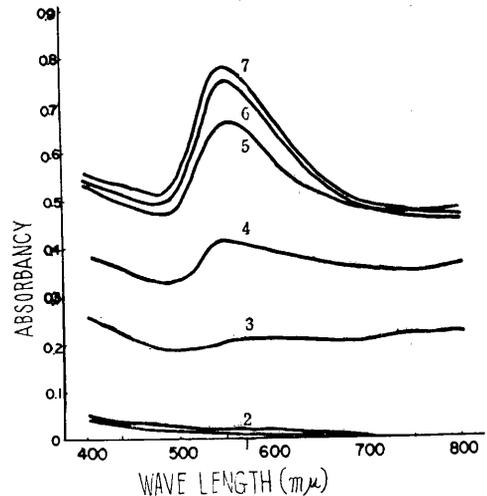
所定濃度の塩化金酸水溶液を硬質ガラス製のびんに入れ、 ^{60}Co 3,000c からのガンマ線を照射した。照射中は、窒素または酸素を通過してかきまぜた。いろいろな線量を照射したのち、溶液を一部採取して、可視部の吸収、散乱光強度、比電気伝導度および pH の変化を測定した。なお、線量の測定は、Fricke の線量計によった。また、生成した金の微粒子を電子顕微鏡で観察した。

3 実験結果

この実験により、塩化金酸水溶液に γ 線を照射すると金がコロイド状に析出することを認めた。第1図は、初濃度 3.70×10^{-4} mole/l の塩化金酸水溶液に窒素を通過しながら、約 10^4 r/min の線量率で照射した場合の可視部吸収曲線である。550m μ 付近に吸収極大を示している。照射線量を変えると、第2図のように、或る線量まで直線的に吸収が増加し、以後、一定値となる。初濃度を変えると、折点はずれるが、曲線の傾向は変わらない。

さらに、入射光に対して直角方向への散乱光強度、比電気伝導度および pH の変化の測定結果を、おのおの第3図、第4図および第5図に示す。いずれも、或る線量まで変化を続け、以後、一定値となる。この折点を生ずる線量において、塩化金酸が完全に金へ還元されていることを、ローダミンBによる呈色反応で確認した。

窒素の代りに酸素を通過した場合にも、同様な結果を得た。第6図は、比電気伝導度の変化を示す。この図で、通気速度の影響がないこともわかる。酸素通気の場合、初濃度が 1.04×10^{-4} mole/l の溶液について、諸性質の変化を一枚の図に書くと第7図となる。



第1図 ガンマ線照射により生成した金ゾルの可視部吸収曲線

照射条件 攪拌：窒素通気

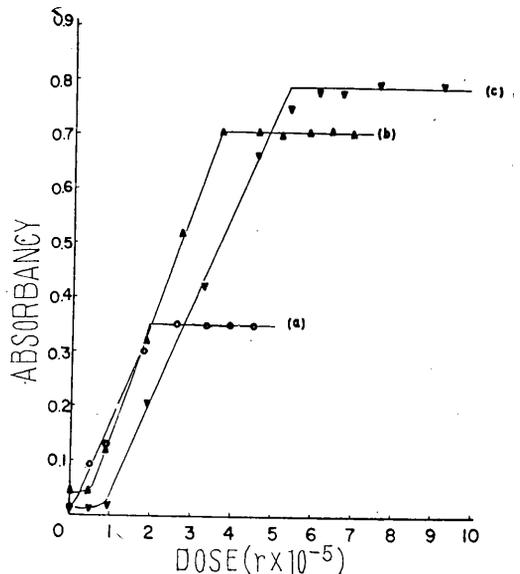
初濃度： 3.70×10^{-4} mole Au/l

照射線量 (1) 非照射；(2) 0.96×10^5 r

(3) 1.89×10^5 r；(4) 3.25×10^5 r

(5) 4.57×10^5 r；(6) 5.40×10^5 r

(7) 6.10×10^5 r ~ 9.20×10^5 r



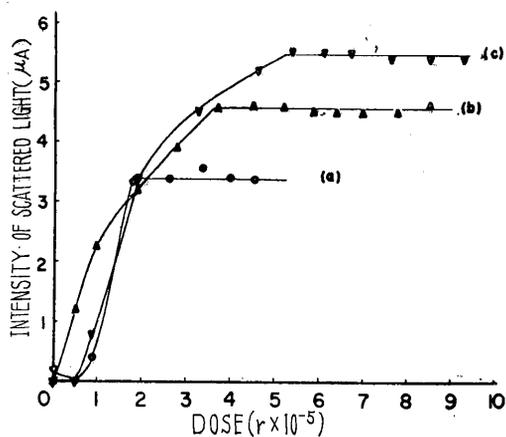
第2図 照射線量と吸光度 (550m μ) との関係

照射条件 攪拌：窒素通気

初濃度：(a) 1.23×10^{-4} mole Au/l

(b) 2.46×10^{-4} mole Au/l

(c) 3.70×10^{-4} mole Au/l



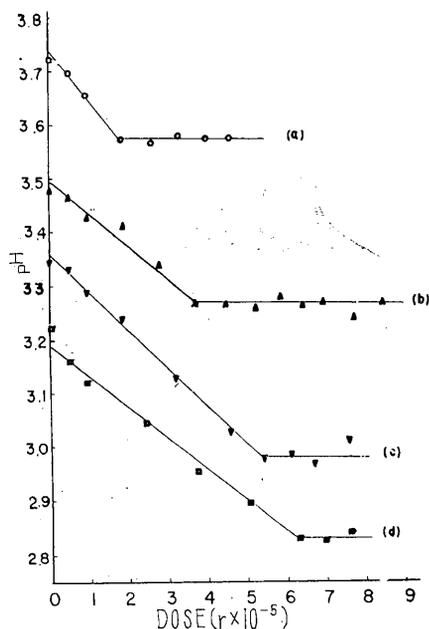
第3図 照射線量と散乱光強度との関係

照射条件 攪拌：窒素通気

初濃度：(a) 1.23×10^{-4} mole Au/l

(b) 2.46×10^{-4} mole Au/l

(c) 3.70×10^{-4} mole Au/l



第5図 照射線量と pH との関係

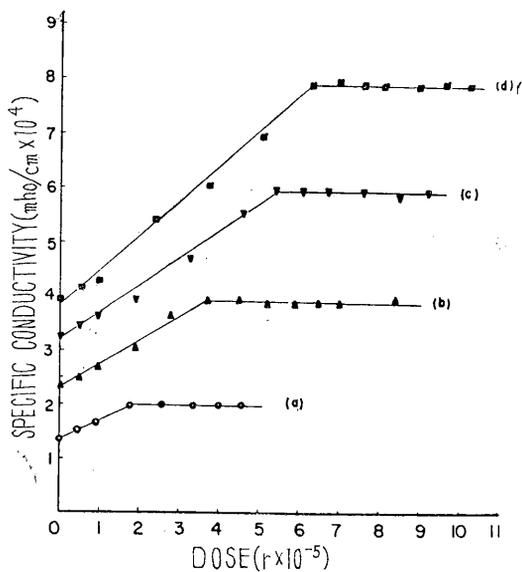
照射条件 攪拌：窒素通気

初濃度：(a) 1.23×10^{-4} mole Au/l

(b) 2.46×10^{-4} mole Au/l

(c) 3.70×10^{-4} mole Au/l

(d) 4.93×10^{-4} mole Au/l



第4図 照射線量と比電気伝導度との関係

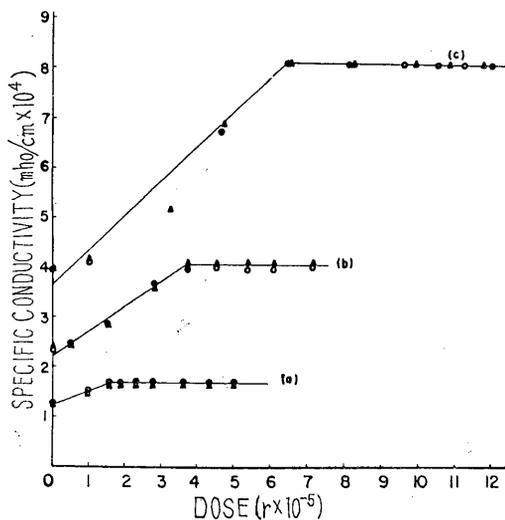
照射条件 攪拌：窒素通気

初濃度：(a) 1.23×10^{-4} mole Au/l

(b) 2.46×10^{-4} mole Au/l

(c) 3.70×10^{-4} mole Au/l

(d) 4.93×10^{-4} mole Au/l



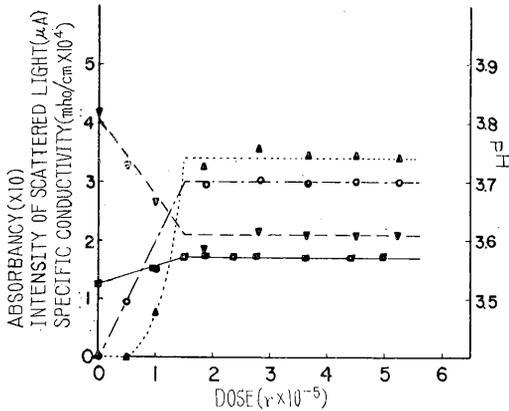
第6図 照射線量と比電気伝導度との関係

照射条件 攪拌：酸素通気 { \triangle ; 10~15ml/min
 \circ ; 120~180ml/min

初濃度：(a) 1.04×10^{-4} mole Au/l

(b) 2.46×10^{-4} mole Au/l

(c) 4.93×10^{-4} mole Au/l



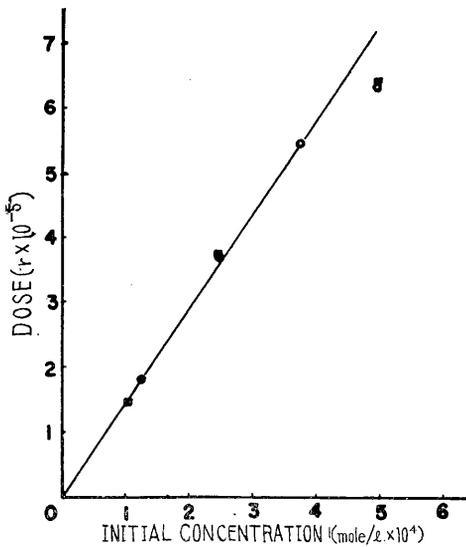
第7図 照射線量と諸性質との関係

照射条件 攪拌：酸素通気

初濃度： 1.04×10^{-4} mole Au/l

--○--；吸光度(550mμ) ...△...；散乱光強度

--□--；比電気伝導度 --▽--；pH



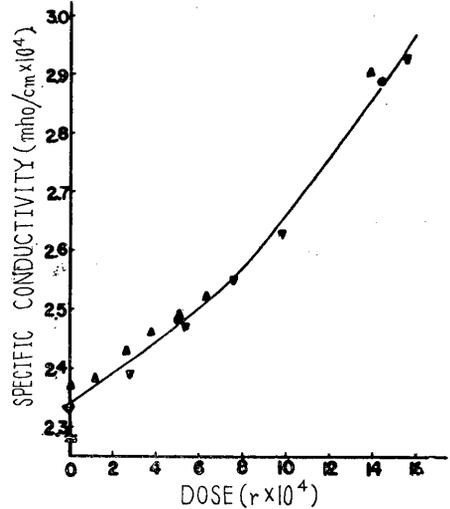
第8図 初濃度と反応完結に要した照射線量との直線関係

(○)；窒素通気攪拌

(□)；酸素通気攪拌

比電気伝導度曲線上で折点を生ずるまでに要する線量，すなわち，塩化金酸が完全に還元されるに要する線量を，塩化金酸の初濃度に対して目盛ると，第8図となり，比例関係を示している。これより， $G(-HAuCl_4) = 0.69$ を算出した。

また，線量率を変えて，約 10^3 および 10^2 r/min でも照射したが，第9図のように，比電気伝導度の値には変化がなかった。



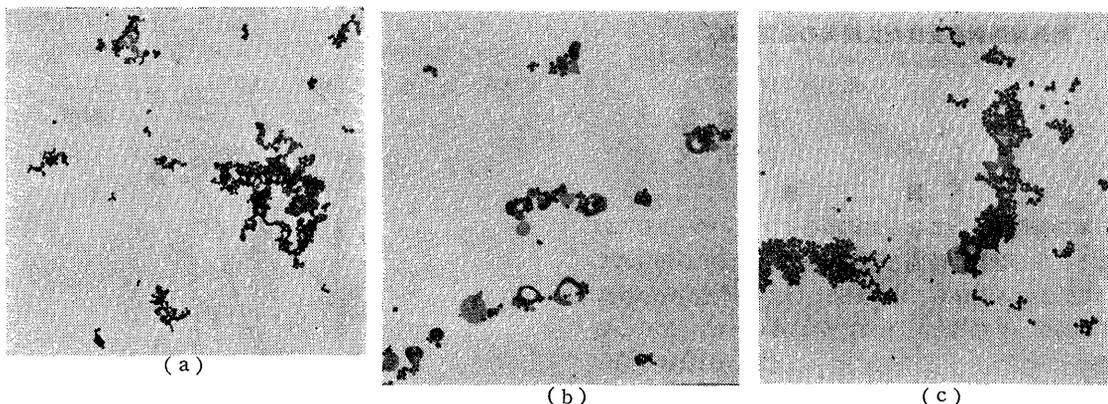
第9図 比電気伝導度—照射線量曲線への線量率効果

照射条件 初濃度： 2.46×10^{-4} Au mole/l

線量率：(△)； 10^2 r/min, (▽)； 10^3 r/min
(○)； 10^4 r/min

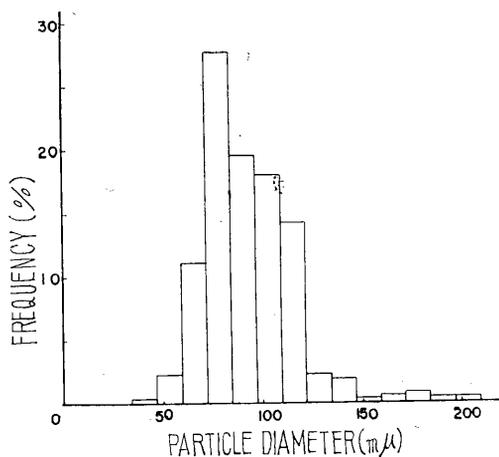
第10図は，約 10^4 r/min の線量率で照射した場合，いろいろな初濃度について生成した金の微粒子の電子顕微鏡写真である。初濃度 1.23×10^{-4} mole/l では無定形粒子であり (10-a)， 2.46×10^{-4} mole/l では環状粒子が特徴的であり (10-b)， 4.93×10^{-4} mole/l では六角形状の粒子が大部分である (10-c)。(10-c)についての粒度分布を第11図に示す。

こうして生成した金ゾルは，不安定で，放置すると沈降する。 4.93×10^{-4} mole/l の塩化金酸水溶液に 6.93×10^5 r 照射して得た試料について，塩化ナトリウムで凝結価を調べると， 20×10^{-6} mole/l で直ちに凝結する。

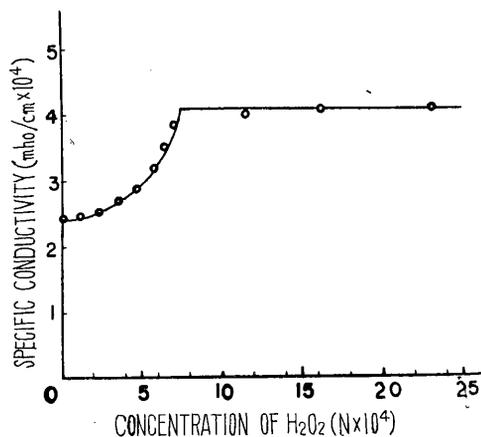


第10図 ガンマ線照射により生成した金の微粒子の電子顕微鏡写真 (倍率: 10,000倍)
照射条件 攪拌: 窒素通気
初濃度および照射線量

- (a) 1.23×10^{-4} mole Au/l, 4.56×10^5 r
- (b) 2.46×10^{-4} mole Au/l, 5.88×10^5 r
- (c) 4.93×10^{-4} mole Au/l, 6.30×10^5 r



第11図 粒子の大きさの分布
照射条件 攪拌: 窒素通気
初濃度および照射線量:
 4.93×10^{-4} mole Au/l, 6.30×10^5 r



第12図 過酸化水素による金ゾル生成反応の電気伝導度変化
初濃度: 2.46×10^{-4} mole Au/l

4 考察および結語

金微粒子の析出反応機構として第一に考えられるのは、水の放射線分解生成物たる過酸化水素の作用である。放射線とは無関係に過酸化水素を加えて、一日後に溶液の比電気伝導度を測定すると、第12図で明らかなように、反応が完結するのに 7.4×10^{-4} N の過酸化水素を要する。水の放射線分解初期生成物としての過酸化水素のG値から計算される濃度は、 3.7×10^5 r 照射した場合 6.7×10^{-4} N であり、これだけでは反応完結に不十分で

ある。ラジカルのこの反応への寄与も大きい。

電子顕微鏡観察の結果、この金ゾルは単分散ではなく形状も一定ではないので、比色および比濁の値は、厳密な再現性を望めない。また、pH は変化量が少なく精密な測定は困難である。しかし、比電気伝導度については再現性がよいので、G値が初濃度および溶存酸素の有無に関係なく一定であること、線量率の影響がないこともあわせて、大線量用の化学線量計として可能である。

[研究発表]

藤田斉, 伊沢正実, 山崎秀郎; ガンマ線照射による金の微粒子の生成, 日本化学会第14年会 (1961年4月)

5. 紫外線照射を受けた大腸菌の回復現象

化学第2研究室

鈴木 學之

沢田 文夫

目 標

紫外線照射をおこなった細菌をインキュベートしていると、生存菌数が時間とともに増加する現象が知られている。かなり昔からこの現象についての研究が行なわれているが、系統的な仕事が行なわれていないためにその機構についてはほとんど不明である。われわれは放射線障害の機構を知るひとつの方法として、放射線による細菌の致死からの回復現象の研究を企画し、その第1段階として紫外線照射による実験をおこなった。

材料および方法

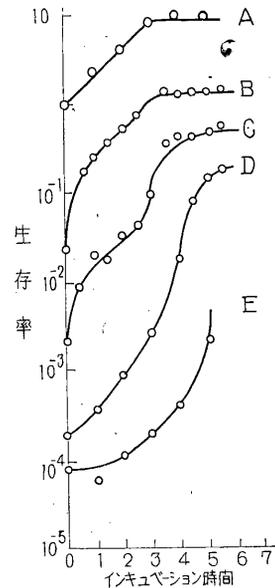
使用した菌は、大腸菌B(H)株 (*Escherichia coli* B(H)) である。

トリス-グルコース培地に培養した対数期の菌を遠心で集め、トリス緩衝液に浮遊せしめ、15Wの紫外線殺菌灯で照射をおこなってから、新しい培地にうつしてインキュベーションをつづけた。大部分の実験はこの培地から或る成分を除いたとき、およびこれに種々の物質を加えた条件でおこなった。照射後の全操作は減光の下でおこなって、光再活性化現象のおこらないようにした。照射後インキュベーションの一定時間毎におこなう生存率はペプトン寒天上のコロニー生成数からもとめた。

結 果

トリス-グルコース培地での回復

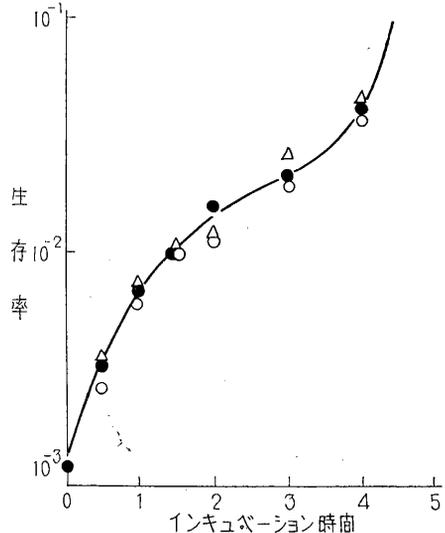
照射菌をトリス-グルコース培地中でインキュベートしていると、時間とともに生存菌数はいちじるしく増加する(第1図)。たとえば、はじめの生存率が0.1%くらいの菌が60分後には約10倍となり、4時間後にははじめの200倍に達する。このような急速な生存率増加はこの菌のこの培地中での generation time である約60分と比べると極端に大きく、普通の細胞分裂によるものとは考えられない。精細にしらべると回復の曲線ははじめの60分間の急速な増加と、2時間目以後の第二の急速な増加にわかれている。前者を初期回復、後者を後期回復と呼ぶ。線量が極めて大きくなると初期回復がほとんどなくなって後期回復が強くなる。磷酸塩の培地およびペプトン-グルコース培地中でも初期回復があらわれない。またトリス-グルコース培地の窒素源を硫酸アンモニウムからカザミノ酸に変えたときも同様である。



第1図 紫外線照射菌の回復曲線、照射時間：0(A)非照射、15(B)、60(C)、120(D)および240(E)秒。

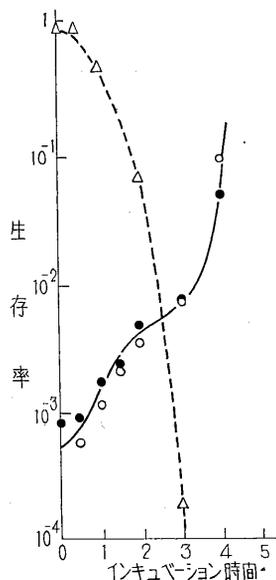
生存率に関する因子について

- (a) 照射菌の生存率にも、濁度増加にも影響を及ぼさないもの：EDTA、5-ヒドロキシウリジン、8-アザグアニン、5-ブロムウラシル、スルファニルアミド、など



第2図 照射菌に対する5-ヒドロキシウリジン(—△—)および8-アザグアニン(—○—)の作用、●—●、対照(薬剤添加せず)。

がこれに属する(第2図)。これらの物質は、実験に用いた濃度では正常菌にもほとんど影響がない。ペニシリンは、もちろん正常菌の溶菌をひき起すが、照射B(H)株をトリス-グルコース培地でインキュベートする限りでは溶菌は起りにくい(第3図)。

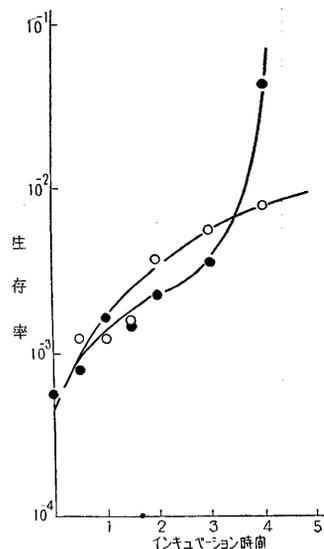


第3図 生存率におよぼすペニシリンの作用。
 —△—, 非照射菌にペニシリン添加。
 —○—, 照射菌にペニシリン添加。
 —●—, 照射菌の対照 (ペニシリン添加せず)。

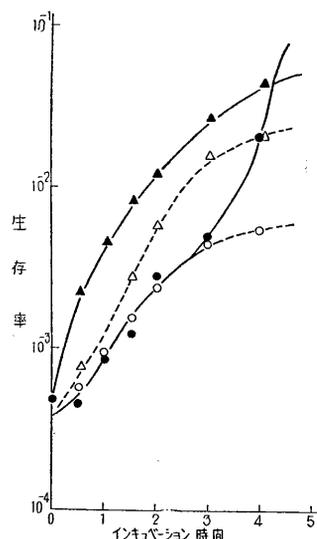
(b) 初期の回復を阻害せずむしろ時に促進するが、後期回復を阻害するもの：これらの条件下では正常菌の増殖はみられず、照射菌の濁度増加もない。窒素、炭素、磷あるいは硫黄給源をトリス-グルコース培地から除いたとき(第4図)およびシアン化カリウム、ナトリウムアザイド、2, 4-ジニトロフェノール、 β -2-チエニルアラニンなどを加えたときなどがこの条件に適合する(第5図)。モノヨード酢酸は初期回復を阻害しないが、約30分後に菌は死滅の方向に向う。 β -2-チエニルアラニンとインキュベートするときには、RNA合成はまったく阻害される。

(c) 約2時間の lag があってから回復のおこるもの：クロランフェニコール、p-フルオロフェニルアラニンの添加によって、かかる状況が作り出される(第6図)。これはいずれも正常菌の増殖を阻害する。照射菌を生理食塩水中でインキュベートしたときにも、同様の状

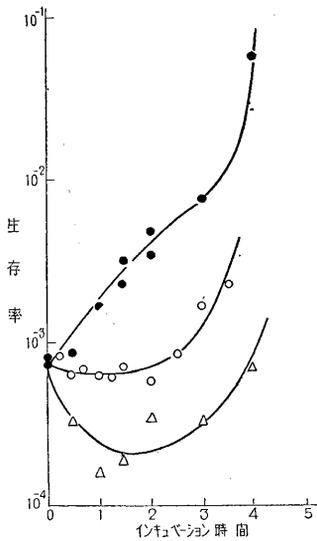
況がみられる。p-フルオロフェニルアラニン存在下では、RNA合成は完全に阻害されない。



第4図 炭素欠乏下の照射菌の回復曲線。—●—, 完全培地中。—○—, 炭素源除去培地中。



第5図 照射菌に対するシアン化カリウム(—○—) ジニトロフェノール(—▲—) およびチエニルアラニン(—△—)の作用。—●—, 対照(薬剤添加せず)。



第6図 照射菌に対するクロラムフェニコール (—△—) およびフルオロフェニルアラニン (—○—) の作用。—●—, 照射 (薬剤添加せず)。

X線照射後の回復

予備実験としてX線照射後の回復をしらべた。この場合にも生存率の回復がみられるが、その割合は紫外線の場合よりもはるかに少なく、照射直後の生存菌が正常の分裂にしたがって増殖を行なうと考えられる。しかしこの場合の回復も、初期の間のみはクロラムフェニコールによっていちぢるしい阻害をうける。

考 案

- (a) 照射菌の回復：実験でみられた回復が細胞分裂によるものであるかどうかについてまず考えてみる。たとえば、炭素源や窒素源を除いたところでもいちぢるしい回復がみられること、またシアン・イオンやナトリウム・アザイドの存在のような代謝阻害剤が存在しても回復が起ること、および増殖中の菌に対して溶菌作用をもつペニシリンがほとんど照射菌の溶菌をひきおこさないことなどの理由から、回復が細胞分裂によるものとは考えられない。したがって、この現象は死菌の回復と考えられる。
- (b) 初期回復：初期回復には蛋白合成が必要である。何となれば、しらべたものなかでクロラムフェニコールと p-フルオロフェニルアラニンのみが初期回復を阻害する。前者は蛋白合成の阻害剤として知られてお

り、後者はアミノ酸アナログである。強い照射でも初期回復の阻害がおこるが、おそらく初期回復の阻害は回復に必要な酵素合成の阻害によるものであらうと思われる。しかし、窒素欠除培地でも初期回復はおこるから、これに要する蛋白の量はごくわずかなものであるらしい。ペプトン-グルコース培地中や、カザミノ酸を添加した培地中では初期回復がみられない。これはつぎのように説明されるであらう。すなわち、トリス-グルコース培地中では、回復に必要な蛋白合成に適しているが、ペプトン-グルコース中などでは蛋白合成がむしろ細胞の非平衡成長 (unbalanced growth) に向けられるからである。この非平衡成長は回復に優先して菌を死滅に導びくことが知られている。

- (c) 後期回復：後期回復の機構はこみ入っていてよくわからないが、照射菌の増殖を許さないが、初期回復は許すような状況では後期回復がおこらない。たとえば種々の欠除培地や、シアンあるいはジニトロフェノールなどを加えた培地がこれに相当する。これらのことから、後期回復には菌体成分の増殖を伴うことが必要であるらしい。クロラムフェニコール、p-フルオロフェニルアラニンなどで初期回復が阻害されたときには、ずっとおくらせて約2時間位から回復がはじまる。
- (d) 核酸合成と回復：DNA合成はRNA合成に比べて、ずっと紫外線照射に対し感受性がつよい。回復現象にはおそらくRNA合成が関与しているであらうと思われる。われわれのおこなった別の実験では、照射菌でのRNA合成は初期の蛋白合成につよく依存していることが明らかにされ、またこの蛋白合成が回復現象にも必要なことを示している。このようなことから考えると、Doudneyらのアザウラシルでの実験結果のように、回復とRNA合成との間には密接な関係があることが予想されるが、p-フルオロフェニルアラニンはRNA合成を阻害しないが回復を阻害し、逆にβ-2チエニルアラニンはRNA合成を阻害し、回復を阻害しないような例もあるから、RNA以外の要因についても考える必要がある。

[研究発表]

Fumio Sawada, Kenshi Suzuki ; Recovery of *Escherichia coli* irradiated with ultraviolet light, *J. Bacteriol.* 81, 288(1961)

6. 紫外線照射を受けた大腸菌における RNA の合成

化学第2研究室

小野 浄 治
鈴木 肇 之

放射線による突然変異の誘発の現象を生化学的に研究する目的で前年度に引続き、紫外線の照射を受けた大腸菌で合成される RNA (リボ核酸)の性質をしらべた。これは遺伝子 RNA (デオキシリボ核酸)の倍加過程のなかに RNA が関与して (たとえばコピー・ジョイスの場合)、放射線によって親の DNA に受けた傷害が子の DNA に伝わる時中間的に RNA に伝えられる可能性や、また変異誘導の際に新しい蛋白質の合成がおこる可能性からも DNA の質的な変化を予想したためである。

1 すでに、紫外線照射を受けた大腸菌で合成される RNA のヌクレオチド組成は、菌全体としてみると正常のものとは異なることを報告したが、RNA を細胞内の三つの劃分 (P₁, P₂, S) にわけてそれらのヌクレオチド組成を比較すると、正常菌と紫外線照射菌とで差は認められなかった。すなわち、照射後、大腸菌に ³²P を30分間とりこませてから破砕し、その 7,000×g, 20分の遠心の上澄を 40,000×g, 15分間遠心してペレット (P₁ 劃分) と上清に分ける。この上清をさらに 105,000×g, 150分遠心して得られたペレットを P₂ 劃分 (リボソーム劃分)、上清を S 劃分 (可溶性劃分) とし、この P₁, P₂, S 三劃分の RNA をアルカリ分解しておおののヌクレオチド組成をみると第1表のごとくである。

一方、紫外線照射後の RNA 合成を前記の三つの劃分についてみると第1図に示すように、正常のものに比して、P₂ 劃分の RNA 合成が低下しているが、S 劃分では逆に上回っている。したがってヌクレオチド組成を細胞全体としてみた場合に、照射菌で作られる RNA においてシチジル酸、グアニル酸、ウリジル酸含量が高いのは、これら3つのヌクレオチド含量の比較的高い S 劃分の RNA 合成が促進されたため、RNA の質的な違いを示すものではない。しかしながら、照射30分以後に合成された RNA のヌクレオチド組成は各劃分で特にグアニル酸、ウリジル酸含量が正常のものよりも高いという結果が得られていることから、この時期に合成される RNA は正常菌のそれと質的に異なっている可能性がある。

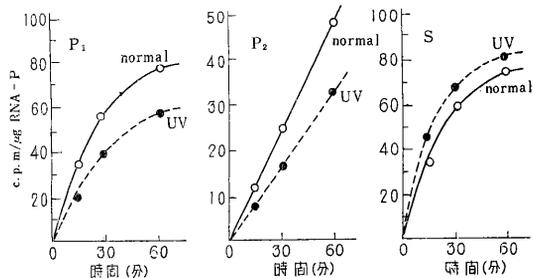
2 紫外線照射後合成された RNA が、培養中に崩壊

第 1 表

大腸菌 RNA のヌクレオチド組成
(A=1.00としたときの³²Pの放射能比)

分 劃	ヌクレオチド	非照射正常菌	紫外線照射菌
全細胞	A	1.00	1.00
	C	1.00	1.21
	G	1.16	1.28
	U	0.90	1.01
P ₁	A	1.00	1.00
	C	1.00	1.05
	G	1.21	1.16
	U	0.95	0.86
P ₂	A	1.00	1.00
	C	0.89	0.89
	G	1.00	0.99
	U	0.88	0.86
S	A	1.00	1.00
	C	1.40	1.40
	G	1.47	1.50
	U	1.00	1.10

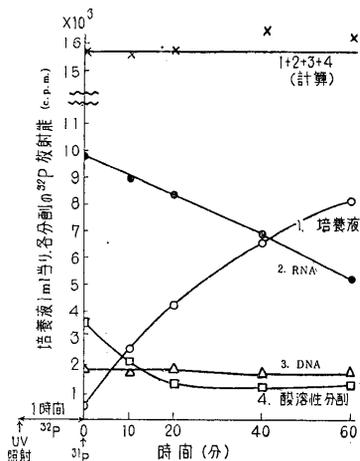
A : アデニル酸 C : シチジル酸
G : グアニル酸 D : ウリジル酸



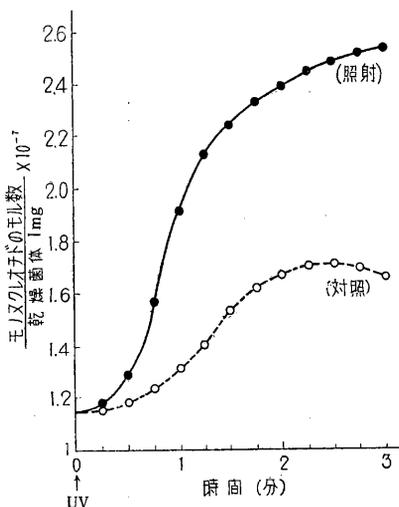
第1図 各細胞劃分における RNA 合成

してゆく現象についてはすでに報告したとおりであるが、この時期における細胞構成物質の消長は第2図に示すごとくである。すなわち紫外線照射後、³²P を1時間とり込ませてからこのアイソトープを含まない培養液中でさらに1時間インキュベートすると、RNA 中の ³²P は急速に失なわれるが DNA ではこの現象は認められない。このとき培養液中の ³²P の量が時間とともに増加することから、細胞内から細胞膜を通して、³²P を含む物質が外へ漏出していることがわかる。しかも菌体から漏出するこの物質は酸溶性の低分子物質であり、第3図に示すようにこの時期に培養液の紫外吸収(260mμ)も急速に増加することからヌクレオチド様の物質であると考えられる。これを仮にモノヌクレオチドであるとして計算すると、漏出する量は1時間に 0.7×10^{-7} モル/乾燥菌体

1 mg であり、これはまた菌体内の全 RNA の 18% に相当する量である。なお二、三の実験から、この漏出は、溶菌によるものではないことが確かめられた。



第 2 図 各細胞成分の照射後培養液中の消長



第 3 図 照射菌から培養液中への紫外吸収物質の漏出

また、前記の条件下 RNA での崩壊を P₁, P₂, S の 3 分劃についてみたところ、照射後 1 時間で合成された RNA はさらにその後 1 時間インキュベートすると、P₁ 分劃では 32.8%, P₂ 分劃で 40.5%, S 分劃で 30.2% 崩壊することがわかり、非照射正常菌では、この期間完全に保持されている。すなわち、紫外線照射後合成された RNA の崩壊の程度は、特に P₂ 分劃で著しい。

以上要約すると、紫外線照射大腸菌で合成された RNA が培養中に崩壊し、恐らく低分子化してから細胞外に出て行くこと、この RNA の分解は特にリボソーム分劃で著しいこと、照射後 30 分間に合成された RNA はヌクレオチド組成でみる限り、質的に正常菌のそれと差がないが、30 分以後に合成されたものでは、グアニル、ウリシル酸含量が高いこと、照射によって、リボソーム分劃の RNA 合成が特に低下すること、さらには正常の菌においても、リボソーム分劃の RNA と可溶性分劃のそれでは、ヌクレオチド組成がかなり異なることを認めた。

〔研究発表〕

1. 鈴木學之、亀山忠典、沢田文夫、岩間由希子、小野浄治；紫外線照射菌における RNA 合成、生物物理研究会 (1960年 8 月)
2. 鈴木學之、小野浄治、沢田文夫、岩間由希子、亀山忠典、渡辺格(京大ウイルス研)；紫外線照射を受けた大腸菌における RNA の合成、「放射線の遺伝的影響」シンポジウム (1960年 11 月)
3. 小野浄治、鈴木學之；紫外線照射を受けた大腸菌で合成された RNA の崩壊、日本化学会第 14 年会 (昭和 36 年 4 月)

8. 誘導酵素合成に対する DNA と RNA の役割

化学第 2 研究室

亀山忠典

岩間由希子

緒言

大腸菌による β -Galactosidase の誘導合成に対する紫外線照射 (UV) の影響をしらべている過程において、particle-bound の酵素が存在することを認めた⁽¹⁾。この particle-bound の酵素の消長は、紫外線による酵素合成の阻害、および可視光線による回復 (PR) と並行していた。さらに誘導物質 (Inducer) の除去および再添加の実験により得た結果は、この particle が酵素合成の場であると考えられるようになった。そこでこの particle 分劃が cell-free system で β -Galactosidase を合成するには必要な基本的条件をしらべ或る程度の成功をみた⁽²⁾。

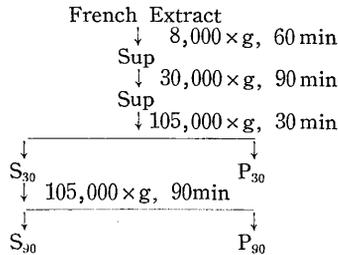
従来 β -Galactosidase の誘導合成には RNA の同時合成が必要であるとされている。一方 Monica Riley et al の実験は、DNA の intactness が酵素合成の誘導およびその継続に必要であることを示した⁽³⁾。著者らは β -Galactosidase 誘導合成に対する DNA の特異的関与および RNA の役割に関して、生菌と cell-free system

で行なった実験結果を報告する。

方法と材料

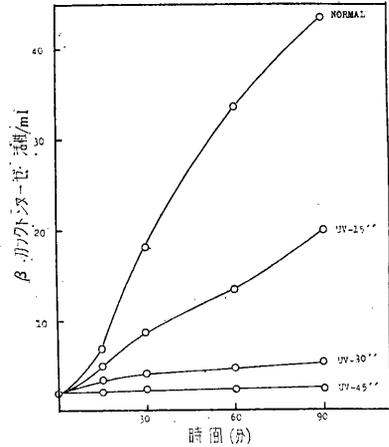
用いた大腸菌は B, B (Gorini's strain), $K^{12}(z^+, i^-, Methionine^-)$, $I5T^-$ および F-2 (Uracil⁻, Arginine⁻) の諸株, バクテリオファージは T_2r^+ および T_3 を用いた。生菌による酵素合成には Minimal-glycerol 培地で成育せしめた log phase の菌を用い, Thiomethyl- β -D-galactopyranoside (TMG) ($0.5\mu M/ml$) を inducer とした。無細胞標品の調製には $0.01M$ Tris ($pH7.2$), $0.01M$ $MgSO_4$ の buffer に suspend した菌体を, French Pressure Cell に2回通す。各分割は次のスケジュールにより行なった(第1表)。 P_{30} と P_{90} は $0.01M$ Tris ($pH 7.2$), $0.005M$ $MgSO_4$ の Buffer で洗い, S_{90} は同じ Buffer に対して7時間透析する。 β -Galactosidase の精製には, French Extract をストレプトマイシン, RNase による除核酸, 硫酸分割, 硫酸再分割, DEAE-Cellulose による分割, 硫酸再沈澱の処理によって約190倍の純度のもを得た。(18,400u/mg=Specific Activity) 抗 β -Galactosidase 血清は兎に精製した酵素 9.2mg を6週間にわたり inject し採取した血清を用いた。紫外線照射実験は15WのGE-殺菌灯を使用(37cm), Photoreactivation には 20W の GE-蛍光灯 10本を使用(10cm)。Zone Electrophoresis には, resin (GEON 426, Good Rich Co.) を常法にしたがって用いた。泳動に用いた Buffer は Tris $0.0275M$, $pH 7.8$, 泳動に用いた Bed は $450 \times 48 \times 11mm$, 12時間, $2^\circ C$, $175V(6 \sim 6.5mA)$ 。

第1表

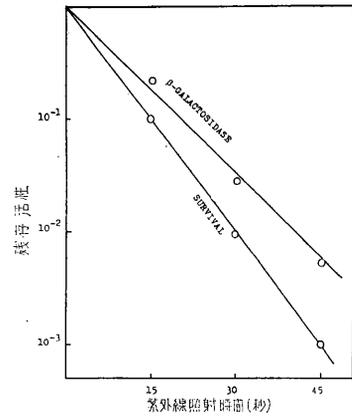


結果

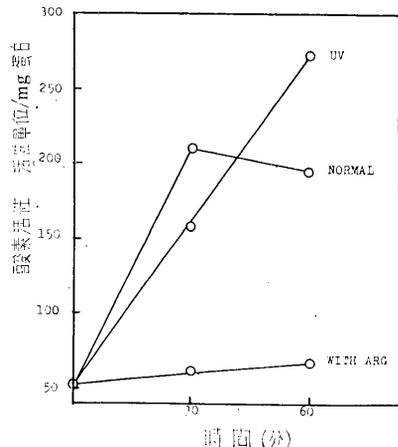
(i) 紫外線による阻害とその可視光線による回復。
 β -Galactosidase 合成に対する UV の影響を第1図および第2図に示した。UV 45秒照射で完全に酵素合成は阻害される。この酵素合成に対する UV の阻害作用が一般的なものであるかどうかをしらべる目的で, Ornithine Trans Carbamylase(OTC)合成の Arginine による抑制からの回復をみた結果を第3図に示した。OTC 合成系は UV の影響を受けない。 β -Galactosidase 合成に対す



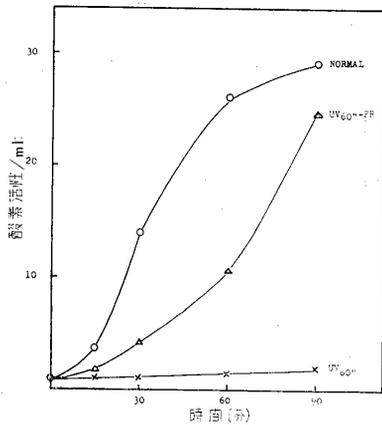
第1図 β -ガラクトシダーゼ合成に対する紫外線の影響



第2図 紫外線線量と酵素合成能との関係



第3図 オルニチントランスカルバミラーゼ合成に対する紫外線の影響

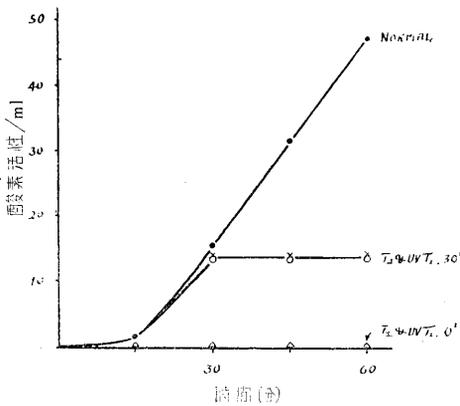


第4図 可視光線による再賦活化

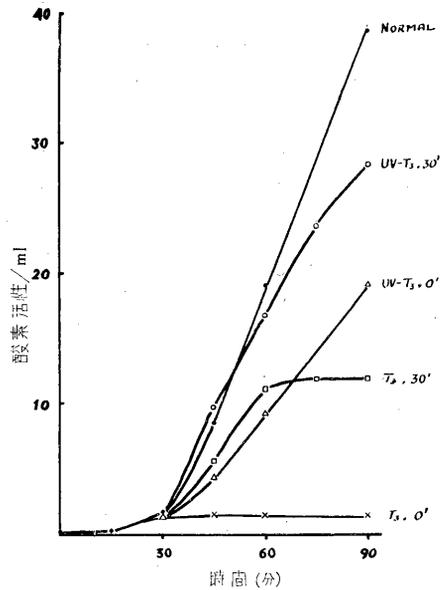
るUVの障害は、引き続いて可視光線を60分照射することによって顕著に回復する。第4図は、この結果を示す。PR-CellのProteinおよびRNAの全合成量はUV-Cellの合成量とほとんど変わらない。

(ii) 5-Br-Uracilの影響。5-Br-UracilはThymineのアナログとしてDNAに取り込まれることが知られている。しかし5BU-DNAが本来の遺伝情報に関してThymine DNAと等価であるかどうか、はっきり知られていない。15Tを用いて5BUの存在下で培養した細菌を用いβ-Galactosidaseを合成せしめると、明らかに菌体当りの酵素合成能の低下がみられる。UVおよび5-BUの結果はDNAの有する遺伝情報が、これらの処理によって異常になったことを示すものと思われる。

(iii) ファージ感染後のβ-Galactosidase合成能。ファージ感染の際、その増殖のための宿主菌依存性がT₂



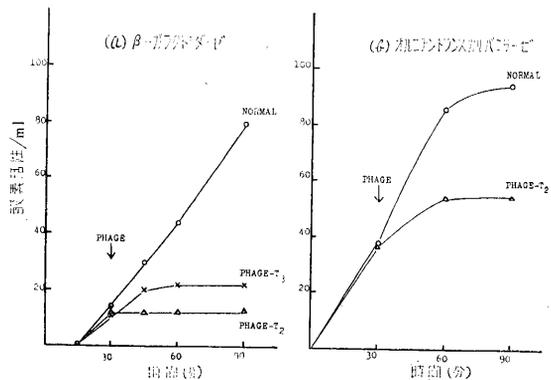
第5図 β-ガラクトシダーゼ合成に対するファージT₂感染の影響



第6図 β-ガラクトシダーゼ合成に対するファージT₃感染の影響

とT₃とは異なるから、宿主菌によるβ-Galactosidase合成に関してT₂とT₃とは、その感染後の影響が異なって現われることが予想される。実験結果を第5図および第6図に示す。

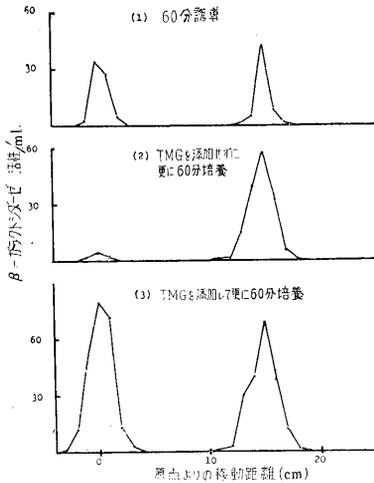
T₂では感染後、直ちに酵素合成は停止し、T₃では少なくとも感染後30分間は継続する。なお紫外線を照射したファージを使って行なった実験が示すようにUV-T₂は正常ファージと同じように完全に酵素合成を停止せしめるが、UV-T₃の場合は30分を過ぎても継続する。このT₂感染の影響をOTC合成にしてみると第7図のよ



第7図 酵素合成に対するファージ感染の影響

うになる。OTC の場合には、 T_2 でも感染後30分間は酵素合成が継続していることが認められる。

(iv) Particle-bound β -Galactosidase. 酵素を誘導合成せしめた菌の抽出液を GEON-電気泳動にかけると、Particle-bound の酵素が分割される。この分割は酵素合成が行なわれている 時期には必ず存在する。しかし、



第 8 図 可視光線による賦活菌体中の β -ガラクトシダーゼの電気泳動分割パターン

TMG を除去することによって酵素合成を停止せしめ、培養を続けると、この分割から可溶性分割に移行して行く (第 8 図)。したがって、この Particle 分割は酵素合成過程の或る一面を反映しているのではないかと思われる。したがって、この分割を用いて cell-free system による酵素合成の試みが重要となった。

(v) cell-free system による β -Galactosidase の合成。P₃₀ 分割を S₉₀ 分割とともに ATP および ATP generator, アミノ酸とともに incubate すると, TMG に完全に depend した β -Galactosidase の活性の増加が認められた。第 2 表にその結果を示す。酵素活性の増加は Time 0 の約 2 倍に達する。P₉₀ も β -Galactosidase の合成を行なうが P₃₀ に比して活性が低い。ATP および TMG に対する要求は極めて明白である。十分に透析を行なった S₉₀ および十分に洗った P₃₀ を用いた反応では, nucleoside di-(XDP), nucleoside triphosphates (XTP) およびアミノ酸の促進効果がいちじるしく認められる。また RNase, クロランフェニコール および DNase によって完全に阻害される。さらにこの結果を ¹⁴C-Leucine の Incorporation および抗体による特異分別によって、確認した結果を第 3 表に示した。第 4 表は反応液組成を示す。

第 2 表

Reaction System	Δ Enzyme units/60min
Complete system	71
// minus S ₉₀	41
// // TMG	0
// // ATP and generator	0
// // amino acids	25
// // XTP, XDP	31
// plus RNase(20 μ g/ml)	- 39
// // Chloramphenicol (80 μ g/ml)	0
// // DNase(4.2 μ g/ml)	- 17.5

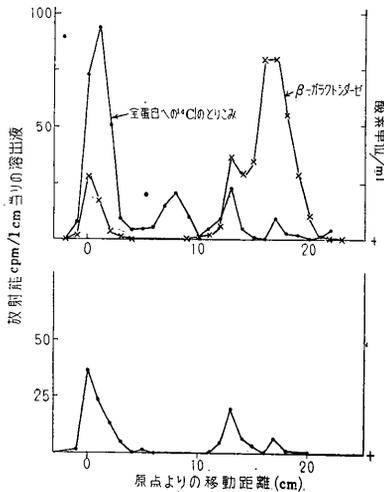
第 4 表 反応液組成

Tris pH7.2	100 μ M/ml
Mg*	4 "
Mn*	2 "
ATP	10 "
phosphocreatine	4.8 "
XTP	0.03 // each
XDP	" "
TMG	2 "
L-Amino acids ⁽⁴⁾	50 μ g
Creatine Kinase	40 μ g
P ₃₀	1.67mg Protein
S ₉₀	0.84mg Protein

第 3 表

Reaction System	Δ Enzyme Units/ml/60min	Total protein cpm/ml	Ab ppt protein cpm/ml
Complete system	60.0	2560	1468
// minus TMG	- 0.8	1590	384
// // amino acids	36.0	1276	436
// // ATP and generator	5.2	182	128
// // S ₉₀ (induced with TMG)	- 0.2	960	600
// // P ₃₀	0.2	96	84
// // S ₉₀ plus S ₉₀ (non induced)	2.8	1812	296
// plus RNase(20 μ g/ml)	- 8.6	88	100
// // DNase(4.2 μ g/ml)	- 11.8	320	208
// // Chloramphenicol (4.2 μ g/ml)	- 9.8	676	344
// // glucose(0.2 μ M/ml)	- 6.8	808	368

上記反応混液における ^{14}C -Leucine の全蛋白への Incorporation を電気泳動で分別を行なうと、4つのピークに別れる。ピーク I は Particle 分割, II は非酵素蛋白, III と IV は可溶性酵素である。抗体による沈降物はピーク I の約40%, III, IVでは約100%の Radioactivity を回収する。第2表および第3表の実験で示されるように、DNase の β -Galactosidase 合成に対する阻害の事実 S_{90} 分割に存在する DNA が酵素合成に必要な因子であることを示唆している。さらに XTP, XDP の要求は、酵素合成という形質発現に関して新しい RNA の合成が必要であると考えられる。DNA の存在、および RNA の同時合成という事実は、生菌において認められていた実験結果とよく一致している。遺伝情報の発現機構を解明するのに、この cell-free system での詳細な研究が、重要な意義をもつものと思われる。その後の研究方向としては、(i) 特異的 DNA 分割がこの系に必要である。(ii) この DNA は UV, 熱処理によって不活性化される。(iii) 酵素合成に特異的 RNA の合成の確認。(iv) RNA 合成と DNA, inducer との関係。(iv) RNA の分別とその物理化学的性質。に集中して研究を進めている。



第9図 GEON 電気泳動による反応生成物の分割

- (1) 全蛋白への ^{14}C のとりこみと酵素活性
- (2) 抗原蛋白への ^{14}C のとりこみ

文 献

- (1) Kameyama, T. and G. D. Novelli, Bact. Proc. (1960), P. 148
- (2) Kameyama, T. and G. D. Novelli, Bioch. Biophys. Research Comm., 2, 393(1960)

- (3) Riley, M, A. B. Pardee, F. Jacob, and J. Monod, J. Mol. Biol. 2, 216(1960)
- (4) Wallenfels, K. and A. Arens, Biochem. Z., 332, 247(1960)

8. 放射性フォールアウトおよびそれにより汚染された物質中の放射性核種ならびにそれに関連する数種の成分元素のギ酸緩衝液によるイオン交換分離法

化学第3研究室

坪田博行

1 緒 言

環境の放射能汚染の程度を知ることは、放射性核種が人体に及ぼす影響、とくに内部線量の評価のために重要な問題である。核爆発実験に由来する環境中の放射性核種の定量法は多数報告されているが、これまでの方法は操作がはん雑でかつ熟練を要するものが多い。したがって、多数の試料を取扱う必要のある本研究所の研究目的には不適當なものが多い。また、それらの放射性核種の輪廻および人体への影響を論ずるためには、放射性核種の安定同位体の濃度、分布なども同時に知らなければならない。これらの理由から正確簡単迅速に放射性核種の分離定量を行なうと同時に、同一試料からそれらの安定同位体およびそれらの放射性核種の化学的挙動に関係のある成分元素の分離定量を行ない得るような方法が要求される。

これらの目的のためにはイオン交換法が適當である。核分裂生成物のイオン交換分離法、天然水や鉱物中の成分元素のイオン交換分離法は、すでに多数報告されている。しかし、それらはわれわれが目的とする比放射能値の小さい試料の分析に適用しがたい。そこで問題の根本的解決のためにイオン交換分離における溶離剤の選択からはじめ、その溶離剤を核分裂生成物および天然物中の種々の金属の分離に適用して、その有用性を調べた。

2 溶離剤の選択¹⁾

分析対象の元素の性質から考えて、陽イオン交換法を採用した。対象の元素の種類は非常に多いので、分離の原理として錯形成を利用したクロマトグラフの方法を取る必要がある。そのためには溶離剤は緩衝作用をもち、また目的金属イオンと溶離剤との間の錯安定定数が適当な値でなければならない。一方、微弱な放射能の測定や微量の金属イオンの定量が、溶出液について正確簡単に行ない得ることが必要である。さらに、この溶離剤を日常分析に採用するためには、試薬の入手や溶離液の調整

が容易なことなども要求される。

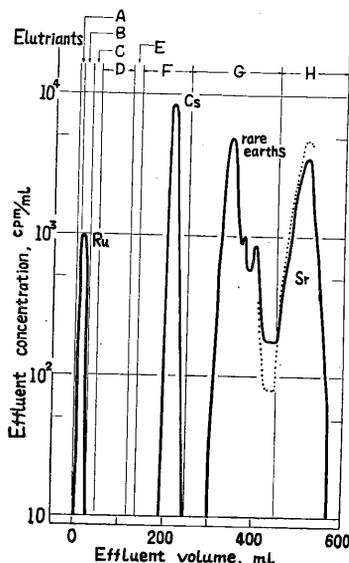
これらのすべての条件を満たすものの一つとして、ギ酸アンモニウムをえらんだ。ギ酸イオンと種々の金属イオンとが作る錯イオンの安定度定数を、イオン交換法で測定した結果を第1表に示した。また、ギ酸アンモニウム水溶液中のアルカリ金属の焰光分析、アルカリ土類金属の EDTA 滴定法が可能であること、ギ酸アンモニウムは比較的低温で気化することなどをたしかめた。

第1表 金属イオンとギ酸イオンとの錯安定度定数 (25°C, 液濃度 1M)

金属	錯安定度定数
Fe ³⁺	K ₁ =70±50, K ₂ =60, K ₃ =2.5, K ₄ =28
Al ³⁺	K=61±5
Ce ³⁺	K=45±5
Mn ²⁺	K=6.3±0.7

3 核分裂生成物の分離²⁾

ギ酸・ギ酸アンモニウム混合液を用いた陽イオン交換分離の一例として、核分裂生成物の分離を第1図に示した。溶出液についての放射能の測定は非常に簡単で、溶出液を蒸発し、最後に測定試験皿に移し、赤外線ランプ



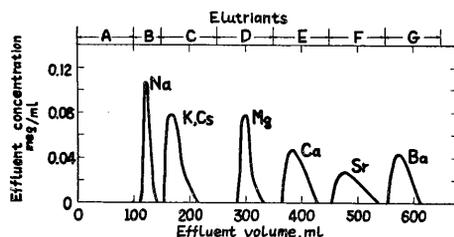
第1図 核分裂生成物の分離

カラム: Dowex 50, ×8, 100~150mesh, φ1.0×8.0cm, H⁺形
 流速: 0.33ml/min
 流入液: A. 試料溶液, B. 0.2N HCl, C. H₂O, D. 0.5% 蔞酸, E. H₂O, F. ギ酸緩衝液 pH3.2, G. ギ酸緩衝液 pH3.8, H ギ酸緩衝液 pH4.2

で乾燥すれば、キャリアフリーの形で測定試料が得られる。

4 アルカリ, アルカリ土類元素の分離³⁾

ギ酸・ギ酸アンモニウム混合液がアルカリ, アルカリ土類元素の分離にも有効であることを示した。このとき Cs と Mg が十分に分離されることは注目すべきことである。溶出液中のアルカリ金属はそのまま焰光分析法によるか、蒸発乾涸後、塩化物にして銀滴定法により定量できる。アルカリ土類金属は EDTA 滴定法により定量できる。分離の一例を第2図に示した。



第2図 アルカリ, アルカリ土類金属イオンの溶離曲線
 カラム: Dowex 50, ×8, φ1.1×10cm, 100~150 mesh, H⁺形

流速: 2ml/min

溶離液: A. 0.2M ギ酸アンモニウム, B. 0.1M ギ酸アンモニウム, C. ギ酸緩衝液 pH3.2
 D. ギ酸緩衝液 pH4.0, E. ギ酸緩衝液 pH4.1, F. ギ酸緩衝液 pH4.4, G. 2M ギ酸アンモニウム

5 天然水の分析³⁾

上述の二つの研究の結果と、さらに Fe, Al, Mn, Ti などの挙動をしらべた結果とから、天然水中の主成分および2, 3の微量成分をイオン交換法で系統的に分離し、

第2表 天然水中の主成分の分離法(A)

樹脂柱: Amberlite IR-120, 100~150メッシュ
 φ1.1×10cm, H⁺形

溶離液	溶離液の量 (ml)	溶出イオン
0.2N HCl	80	—
0.2N HCl	80	Na ⁺
0.5N HCl	120	K ⁺
H ₂ O	20	—
ギ酸緩衝液 pH3.0	70	—
〃 pH3.0	30	Fe ³⁺
〃 pH4.0	50	Mg ²⁺ , (Al ³⁺ , Mn ²⁺)
〃 pH4.2	60	Ca ²⁺
1M ギ酸アンモニウム	70	Sr ²⁺

定量し得る。雨水などの主成分の分離法を第2, 3表に示した。また、この方法を一部変更して、天然水中の微量の Rb, Cs, Sr, Ba を分離し、焰光分析法で定量した。

6 フォールアウト中の ^{137}Cs , ^{90}Sr の分析⁵⁾

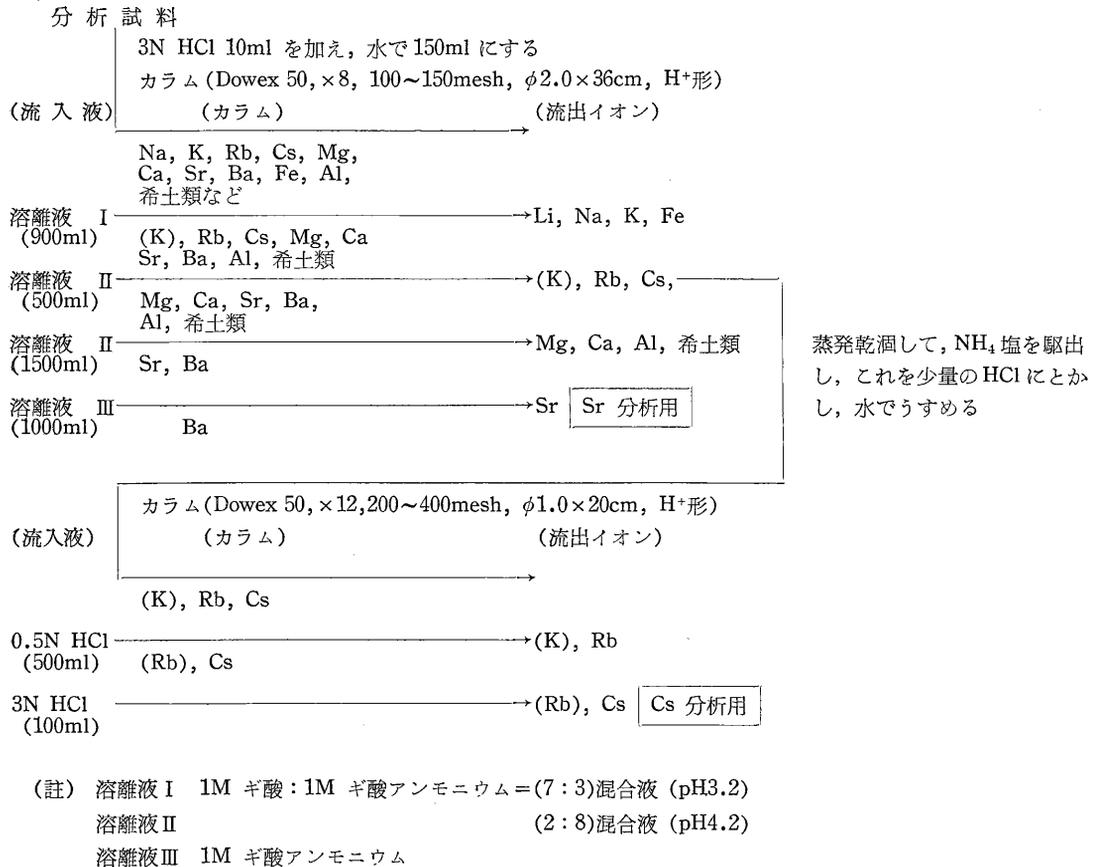
天然水の分析の場合と同様の原理、方法でフォールアウト中の核分裂生成物の分離定量が可能である。第3図の方法は特に ^{137}Cs , ^{90}Sr の分析を目的として提案された方法(クロマトグラフ的方法)である。他の核種、たとえば ^{144}Ce などを目的とするときも、液の組成や量を変えて分離定量し得る。その場合の液の組成や量は前述の研究結果から決め得る。

第3表 天然水中の主成分の分析法(B)

樹脂柱: Amberlite IR-120, 100~150メッシュ
φ1.1×10cm, H⁺形

溶 離 液	溶離液の量 (ml)	溶 出 イ オ ン
ギ酸緩衝液 pH 3.2	40	—
〃 pH 3.2	30	Li ⁺ , Na ⁺ , Fe ³⁺
〃 pH 3.2	30	K ⁺ , Rb ⁺ , Cs ⁺
〃 pH 3.4	30	Al ³⁺
〃 pH 3.6	30	Mn ²⁺
〃 pH 4.0	50	Mg ²⁺
〃 pH 4.2	60	Ca ²⁺
1M ギ酸アンモニウム	70	Sr ²⁺
2M ギ酸アンモニウム	80	Ba ²⁺

第3図 フォールアウト中の ^{90}Sr , ^{137}Cs のイオン交換分離操作順序



7 その他の元素の分離例

ギ酸アンモニウムを溶離剤とする陽イオン交換分離法は、珪酸塩の分析にも適用し得る⁶⁾。本研究の一部は神戸大学理学部で行なった。

文 献

- 1) H. Tsubota; Formation Constants of Some Metal Formate Complexes, and Use of Formate Buffer Solution as an Elutriant of Cation-Exchange Chromatography, Bull. Chem. Soc. Japan(投稿中)
 - 2) H. Tsubota, Y. Kitano(名大); A Rapid Method for Determining Fission Products Contained in Waters Using an Ion Exchanger, Bull. Chm. Soc. Japan, 33, 765(1960)
 - 3) H. Tsubota, Y. Kitano(名大); A Rapid Method for Determining Alkali and Alkaline Earth Elements Using an Ion Exchanger, Bull. Chem. Soc. Japan, 33, 770(1960)
 - 4) 坪田博行; 陽イオン交換樹脂による天然水の分析法—ギ酸緩衝液による分離法—, 日化, 81, 927(1960)
 - 5) 坪田博行; イオン交換樹脂によるストロンチウムおよびセシウムの分離法—降水および落下塵中の人工放射性物質の分析法—(講座), 分析化学, 9, 783(1960)
 - 6) 土橋正二, 坪田博行, 河瀬剛毅(神戸大); イオン交換樹脂による光学ガラスの分析, 分析化学, 9, 512(1960)
9. イオン交換樹脂によるフォールアウト中の ¹³⁷Cs および ⁹⁰Sr の分析法

化学第3研究室

坪田博行

1 緒 言

前報において、イオン交換分離法は放射性核種の分析に有効な手段であることを示した。しかし、クロマトグラフ的方法は、現在特に問題となっている ¹³⁷Cs および ⁹⁰Sr のみを分離対象とするときには、やや面倒な方法である。ここでは、放射性フォールアウト中、とくに人体に関係が深いと考えられる ¹³⁷Cs および ⁹⁰Sr のみを問題としたときの分析法およびそれに関連する研究をまとめて報告する。本法はすでに、毎月のフォールアウトの分析に採用されている(別項参照)。

2 分離法の基礎となった研究

2.1 樹脂内における金属イオンの加水分解¹⁾

陽イオン交換樹脂に交換吸着された Fe³⁺ あるいは

Al³⁺ をギ酸アンモニウムや酢酸アンモニウムのような弱い錯形成剤の水溶液で溶離する場合、pH がそれぞれ約5また6以上になると事実上まったく溶出されなくなる。この現象を説明するのに、Fe³⁺ や Al³⁺ が樹脂内に吸着されたまま加水分解を起したためであると考えた。遊離の金属イオンのみが溶離され、その加水分解生成物は樹脂内に止まると仮定し、上記の pH における Fe³⁺ および Al³⁺ の遊離金属イオンの濃度をその加水分解定数から計算した結果、 $6 \times 10^{-8} \sim 4 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$ になった。計算には外部溶液の pH のみを考慮し、イオン交換樹脂の交換基の影響や、外部溶液の陰イオンの影響を無視した。この値が他の金属イオンにも適用できるならば、それらの金属イオンをイオン交換樹脂から緩衝液で溶離する場合に、pH をこれ以上に高くすると溶離されなくなる pH を算出することができる。第1表にその pH を示した。表に示した以外の金属でも Ti, Zr, 希土類元素などにもこのような現象がみられた。この現象はイオン交換樹脂に吸着された金属イオンの溶離に際して常に考慮すべき問題であるのみならず、また、分析にも利用できる。

第1表 金属イオンが樹脂から溶離されなくなる pH

金属イオン	溶離されなくなる pH
Fe ³⁺	4.7 ~ 5.1
Al ³⁺	5.7 ~ 6.7
Be ²⁺	5.4 ~ 6.5
Bi ⁴⁺	1.1 ~ 1.7
In ³⁺	3.6 ~ 4.2
Sc ³⁺	4.6 ~ 5.2
Sn ²⁺	3.7 ~ 4.5
Th ⁴⁺	3.5 ~ 4.0
UO ₂ ²⁺	4.7 ~ 5.4
VO ₂ ²⁺	6.2 ~ 7.3

2.2 混合溶媒による Ca と Sr とのイオン交換分離²⁾

金属のイオン交換分離において、溶離液にアルコールやアセトンのような有機溶媒を添加すると、分離がよくなることはすでに知られているが、従来は、塩酸と有機溶媒の系についてのみ報告されている。アンモニウム塩を溶離剤とするときにも同様の効果のあることを本研究で示した。ギ酸アンモニウムまたは酢酸アンモニウム水溶液にメタノール、エタノール、アセトンまたはジオキサンを種々の割合に混合した溶液中において、Ca およ

びSrの陽イオン交換樹脂に対する選択係数を測定した。有機溶媒の添加とともに分離係数(α , 選択係数の比)が大きくなり、とくに loading の小さいときに著しい。したがって、カラム法による溶離の際に、CaあるいはSrの Tailing が少ないと考えられる。CaおよびSrの分離に実際に採用した溶液の組合せおよび混合比は次のごとくである。2M-ギ酸アンモニウム水溶液とアセトンの1:1(容積比)混合液, または2M-酢酸アンモニウム水溶液とメタノールの1:1(容積比)混合液。

2.3 セシウムのイオン交換³⁾

Csはアルカリ性溶液からフェノールスルホン酸形陽イオン交換樹脂に選択吸着される。アンモニア塩基性でこの性質をくわしくしらべ、NaOH, KOH 塩基性の場合と比較した。Csの樹脂-液相間の分布係数 k_d は外部溶液の濃度(M)とpHにより変化し、次式により示される。

$$\log k_d = 1.1 \text{ pH} - 1.6 \log[M] + K$$

但し $K = -9.9(\text{NH}_4\text{-Cs 交換})$
 $K = -12.6(\text{Na-Cs 交換})$
 $K = -13.3(\text{K-Cs 交換})$

また、Cs⁺の量の k_d におよぼす影響もしらべた。これらの結果から、Csがフェノールスルホン酸形陽イオン交換樹脂に選択的に吸着されるのはフェノール基によるという定数のとおりであり、かつ、アンモニウム塩基性での使用は場合によってはNaOHやKOH塩基性で使用するよりも便利であることがわかった。

3 フォールアウト中の¹³⁷Csおよび⁹⁰Srの分離定量法⁴⁾

3.1 概要

陽イオン交換樹脂に吸着したFe³⁺, Al³⁺, 希土類元素などは適当な錯形成剤を含む溶離液で溶出される。このとき、溶離液のpHを上げることにより錯形成能が増し、溶離が速められることはすでに前項で述べたとおりである。しかし、pHを7付近にまで上げると、Fe, Al, 希土類元素などのように加水分解性の金属イオンは全く溶出されなくなる。このことを利用して、pH7以上の溶離液で溶離するとアルカリ金属とアルカリ土類元素以外の金属はほとんど溶離されない。したがって、このような高いpHで、かつ、アルカリやアルカリ土類元素を分離できるような溶離液をえらぶと、CsやSrのみがうまく分離できる。

溶離液としては酢酸アンモニウムメタノール混合液を用いたが、ギ酸アンモニウムアセトン混合液も用いら

る。これらの場合、SrとCsは同一のフラクションに溶出されてくるので、さらにSrとCsを分離しなければならない。CsとSrとの分離にはフェノールスルホン酸形陽イオン交換樹脂を用いた。この樹脂はアルカリ性でCsに対し強い選択吸着性を示す。この性質を利用して、アンモニア塩基性でCsを樹脂に濃縮するが、Srが樹脂に全く吸着されないようにするために少量のEDTAを共存させておく。Srの吸着は多分塩基性溶液中のCO₃²⁻の影響であろう。pHの調節とEDTAの添加は、試料中のストロンチウム(natural)の定量をかねておこなう。このように、本法はSrおよびCsを対象に、とくに考えられた方法である。

3.2 試薬

カラム: A. Amberlite CG-120, 100~200 mesh, $\phi 2.0 \times 15$ cm, H⁺形
 B. Duolite C-3(またはダイヤイオンBK), 100~200 mesh, $\phi 1.0 \times 4$ cm, NH₄⁺形(あらかじめ溶液IIIを水で10倍にうすめた溶液で洗っておく)

溶離液: I. 2M 酢酸アンモニウム水溶液とメタノールの等容混合液

II. 2M 酢酸アンモニウム水溶液

III. 5M ギ酸アンモニウム水溶液:5M アンモニア水=1:40混合液(pH 11.3)これを水で10倍にうすめたときのpH 11.0

その他の試薬: 塩酸, EDTA(滴定), ギ酸, ギ酸アンモニウムなど

3.3 分離操作(第1図)

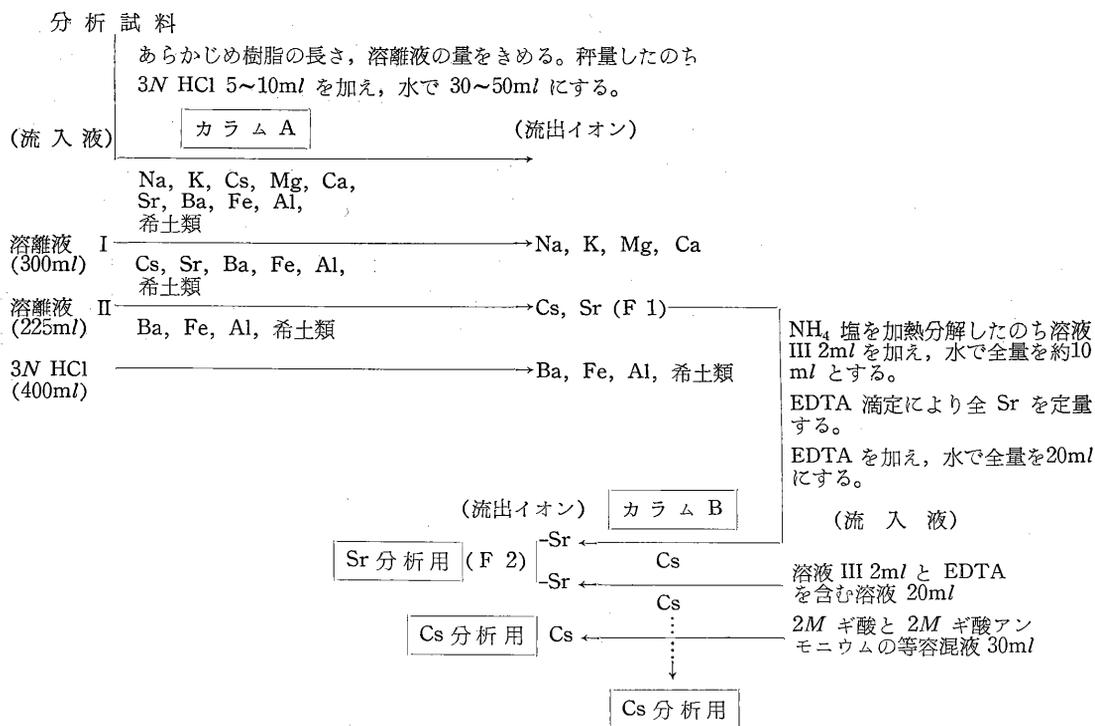
(1) 分析試料に3N塩酸を5~10ml加えて溶解し、水を加えて30~50mlにする。これをカラムAに通し、約50mlの水で洗う。

(2) 溶離液I 300mlを流速2~3ml/minで通すと、Na, Kの大部分, MgおよびCaが溶出される。この部分はすてる。

(3) 溶離液II 225mlを流速2ml/minで通すと、CsおよびSrが溶出される。この部分にKの一部が入ることがある。この部分(F1)はCsおよびSr分析のためにさらに分離する。

(4) カラムに3~4N塩酸約400mlを流して、Ba, Fe, Al, 希土類などを溶出し、カラムを再生する。

(5) 溶出液(F1)をホット・プレート上で加熱し、アンモニウム塩を分解除去したのち、溶液III 2mlを加え、水で約10mlにする。これに0.01M Mg-EDTA



第1図 フォールアウト中の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の分析法順序

1 ml を加え、エリオクロムブラック T を指示薬として 0.01M EDTA で滴定し、全 Sr (natural) を定量する。

(6) 滴定後、さらに 0.01M EDTA を滴定値とほぼ同量だけ加え、水で全量を 20ml にする。すでに液量が 20ml を越えているときはその超過分の 1/10 量の溶液 III を加えておく。これをカラム B に通し、さらに溶液 III 2ml と滴定値と同量の 0.01M EDTA に水を加えて 20 ml にした溶液でカラムを洗う。流出液は ⁹⁰Sr の定量に供せられる。

(7) Cs はカラムに吸着されており、樹脂のまま ¹³⁷Cs の定量に供せられる。Cs を溶出するには、2M ギ酸と 2M ギ酸アンモニウム等容混合溶液 30ml で溶出できる。

文 献

- 1) 坪田博行, 垣花秀武(東工大); 金属イオン交換樹脂内における加水分解, 日化 投稿中
- 2) 坪田博行; Ca と Sr とのイオン交換分離, 日化 投稿中
- 3) 坪田博行; Cs のイオン交換, 日化 投稿中
- 4) 坪田博行; イオン交換樹脂によるストロンチウム

およびセシウムの分離法, 分析化学, 9, 787(1960)

10. 沝紙電気泳動法による ⁹⁰Sr, ⁹⁰Y の迅速分離

化学第3研究室

伊 沢 正 実*

河 村 正 一

*化学研究部長

1 緒 言

⁹⁰Sr の定量には ⁹⁰Y を分離して、その Activity を測定することにより、⁹⁰Sr の Activity を決めている。また治療などの目的で用いられる ⁹⁰Y には、不純物として ⁹⁰Sr を含む恐れがある。このような理由で、⁹⁰Sr と ⁹⁰Y とは迅速に分離する必要がある。現在、種々の分離法があるが、しかしながら、ここで用いるような目的にそのような分離法はない。著者らは迅速簡単に ⁹⁰Sr と ⁹⁰Y を分離することを目的として、沝紙電気泳動法による分離を試みた。

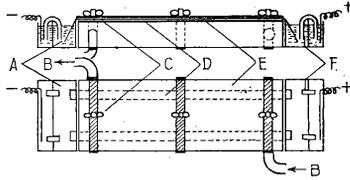
2 実験材料, 装置および実験操作

試薬; すべて特級試薬を用いた。

⁹⁰Sr-⁹⁰Y; 0.01M 塩酸で希釈して Trace の試料とした。

汙紙；東洋汙紙 No.3 を巾 2cm 長さ 40cm に切り 10% 塩酸に浸し水洗し、風乾した。

電気泳動装置；小林式汙紙電気泳動装置および付属の電解槽を用いた。汙紙は第 1 図のように縦 32cm 横 15cm のプラスチック板で挟み、止金で汙紙の両面からおさえた。



第 1 図 汙紙電気泳動装置

- (A) 電解液 (B) 冷却水
(C) ネジ (D) 汙紙
(E) プラスチック板 (F) 塩化カリ寒天ブリッジ

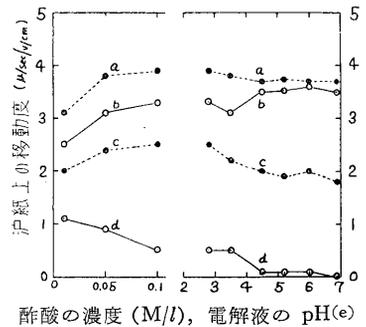
実験操作：泳動に用いる汙紙は、電解液に浸したのちに別の汙紙で抑え、余分の液を吸い取り、陽極の端から 10cm のところにマイクロピペットで試料 0.005~0.01cc を添加した。この汙紙を第 1 図のような装置で泳動した。実験は通常、2×40cm の汙紙 2 枚で行ない、一方にトレーサーの $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ を、他方にトレーサーの $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ に担体として 0.05M. Sr および 0.05M. Y を添加した試料を加えた（以下特にことわりのない場合にはこれを担体と略称する）。

3 実験結果

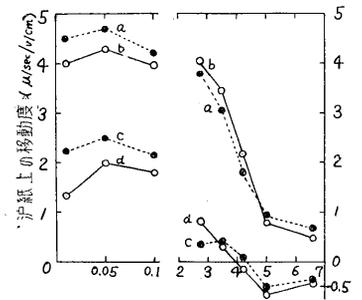
(1) 泳動条件の検討

^{90}Sr , ^{90}Y 相互分離を完全に行なうためには、つぎのような条件が必要となってくる。泳動時間が短いこと、すなわち ^{90}Sr , ^{90}Y の移動度の比が最も大きく、分離した ^{90}Sr , ^{90}Y の Zone がよくまとまり広がらないこと、また使用する電解液はできるだけ電気伝導度の小さいものが望ましい。この場合、実験に用いた電解液は酢酸、マロン酸、クエン酸、ギ酸である。いずれの場合も実験は最初電解液の至適濃度を定め、次にこの至適濃度にアンモニア水を加えた各種 pH の電解液を用いて泳動条件の検討を行なった。第 2 図は酢酸を電解液としたときの結果である。この場合トレーサーの ^{90}Sr , ^{90}Y はそれぞれ Zone のまとまりがよく完全に分離する。しかしながら試料に担体を加えたときは Zone が広がり、 ^{90}Sr , ^{90}Y の間に分離しきれない Activity が残る。また試料に担体を加えると ^{90}Sr , ^{90}Y の移動度はトレーサー試料よりも大きくなる。 ^{90}Y は ^{90}Sr に比べて担体を加えた試料と

トレーサー試料の移動度の差が大きい。このようなトレーサー試料と常用量との違いはマロン酸、ギ酸でもみられた（第 4, 5 図）。しかしながらこのうちギ酸では、 ^{90}Sr は担体を加えてもトレーサー試料でも移動度は同一である。クエン酸を電解液としたときは（第 3 図）、その濃度を変えても ^{90}Sr , ^{90}Y の移動度はほとんど変わらない。また ^{90}Y は全体として移動度は小さく、pH が上がるにしたがい移動度は小さくなり、pH 4 から 7 付近の間 ^{90}Y はみかけ上逆に陽極に向かって動く。また ^{90}Sr も pH 上昇とともに移動度が急激に小さくなる。クエン酸を電解液とした場合、トレーサー試料の ^{90}Sr , ^{90}Y の移動度も担体

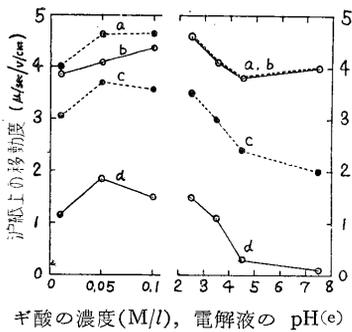


第 2 図 ^{90}Sr と ^{90}Y の汙紙上の移動度
a; Trace $^{90}\text{Sr}+0.05\text{M. Sr}$
b; Trace ^{90}Sr
c; $^{90}\text{Y}+0.05\text{M. Y}$
d; Trace ^{90}Y
e; 0.1M 酢酸にアンモニア水

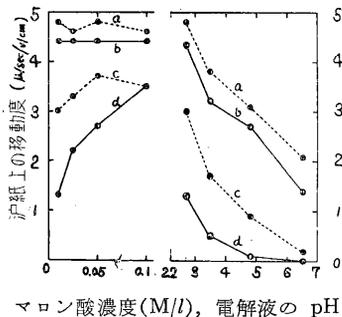


第 3 図 ^{90}Sr と ^{90}Y の汙紙上の移動度
a; Trace $^{90}\text{Sr}+0.05\text{M. Sr}$
b; Trace ^{90}Sr
c; Trace $^{90}\text{Y}+0.05\text{M. Y}$
d; Trace ^{90}Y
e; 0.05 M, クエン酸にアンモニア水添加

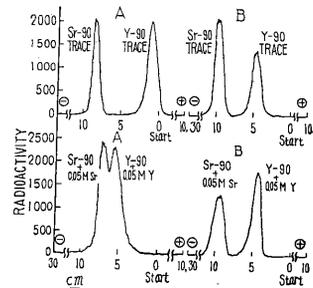
を加えたときの移動度もほとんど変わらないが他の電解液と異なる。この4種類の電解液と前記の分離の必要条件とを考慮し、それぞれの電解液からつぎの4つの電解度が分離の目的にすぐれている。すなわち 0.1M 酢酸アンモニウム (pH 5.0), 0.1M ギ酸アンモニウム (pH 5.0), 0.05M クエン酸アンモニウム (pH 2.7), 0.01M マロン酸アンモニウムであった。いま分離を迅速にするため、電圧を上げて泳動時間 10 分を目標として分離した。その結果を第 6 図、第 7 図に示す。



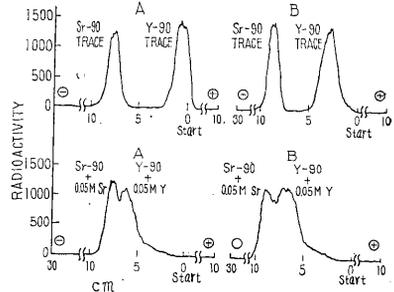
第 4 図 ^{90}Sr と ^{90}Y の濾紙上の移動度
 a ; Trace $^{90}\text{Sr} + 0.05\text{M. Sr}$
 b ; Trace ^{90}Sr
 c ; Trace $^{90}\text{Y} + 0.05\text{M. Y}$
 d ; Trace ^{90}Y
 e ; 0.1M ギ酸にアンモニア水添加



第 5 図 ^{90}Sr と ^{90}Y の濾紙上の移動度
 a ; Trace $^{90}\text{Sr} + 0.05\text{M. Sr}$
 b ; Trace ^{90}Sr
 c ; Trace ^{90}Y
 d ; Trace $^{90}\text{Y} + 0.05\text{M. Y}$
 e ; 0.01M マロン酸にアンモニア



第 6 図 ^{90}Sr と ^{90}Y の濾紙電気泳動図
 電解液 A ; 0.1M 酢酸アンモニウム (pH 5.0)
 B ; 0.05M クエン酸アンモニウム (pH 2.7)
 電圧 A ; 1,080V
 B ; 1,440V
 冷却槽の温度 25°C
 濾紙 東洋濾紙 No.3, 2×40cm
 泳動時間 10分



第 7 図 ^{90}Sr と ^{90}Y の濾紙電気泳動図
 電解液 A ; 0.1M ギ酸アンモニウム (pH 5.0)
 B ; 0.01M マロン酸アンモニウム (pH 2.7)
 電圧 A ; 720V
 B ; 1,080V
 冷却槽の温度 25°C
 濾紙 東洋濾紙 No.3, 2×40cm
 泳動時間 10分間

(2) ^{90}Sr と ^{90}Y の移動度の再現性と ^{90}Y の純度

泳動後、風乾した濾紙を濾紙クロマトグラムスキャナーで測定した。この実験を 5 回くり返し、移動度の平均値、標準偏差および ^{90}Y の純度をしらべた。 ^{90}Y の純度はつぎのようにしてきめた。すなわち ^{90}Y のピークを中心として、巾 1.5cm に切り取った濾紙を分離後 2 時間以内に GM カウンターで測定した。つぎに ^{90}Y を壊変し去るまで放置し、先と同じ条件で Activity を測定して、先の測定値との比をとった。この比の $1/2$ を ^{90}Y のフラクションに混在する ^{90}Sr と考え、 ^{90}Y の純度の目安とした。この結果は、第 1 表に示す。トレーサーの ^{90}Sr ,

第1表 ^{90}Sr , ^{90}Y の移動度の再現性と ^{90}Y の純度

電 解 液	試 料	汙紙上の移動度 $\mu/\text{sec}/\text{v}/\text{cm}$		^{90}Y フラクション中 の ^{90}Sr (%)
		Y	Sr	
0.1 M サク酸アンモニウム (pH 5.0)	T R	0.7 ± 0.1	4.6 ± 0.1	0.07
	CA	3.2 ± 0.2	4.5 ± 0.3	0.44
0.05M ケエン酸アンモニウム (pH 2.7)	T R	1.6 ± 0.2	4.2 ± 0.2	0.24
	CA	1.8 ± 0.1	4.1 ± 0.2	0.18
0.1 M ギ酸アンモニウム (pH 5.0)	T R	0.6 ± 0.2	5.9 ± 0.6	0.23
	CA	4.6 ± 0.7	5.9 ± 0.7	5.12
0.01M マロン酸アンモニウム (pH 2.7)	T R	2.3 ± 0.8	5.3 ± 0.5	0.10
	CA	3.9 ± 0.4	5.3 ± 0.6	6.38

実験回数; 5回

T R; トレーサー試料

CA; トレーサ試料に担体 0.05M Sr および 0.05M Y 添加

^{90}Y の分離で移動度の再現性, ^{90}Y の純度ともによいのは, 0.1M 酢酸アンモニウム (pH 5.0) 担体を含む試料では 0.05M ケエン酸アンモニウム (pH 2.7) である。

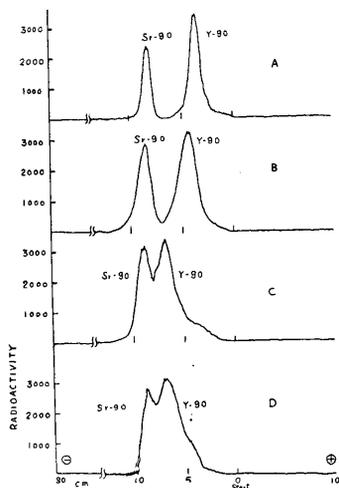
(3) Sr, Y の濃度と移動距離との関係

0.1M ギ酸アンモニウム (pH 5.0), 0.05M マロン酸

アンモニウム (pH 2.7), 0.1M 酢酸アンモニウム (pH 5.0) 電解液では, 担体の有無により ^{90}Sr , ^{90}Y の移動距離は変わってくる。いま, Sr, Y の濃度と移動距離との関係をしらべた。実験は, 同一条件で行なうのが望ましいので, 通過電流の少ない 0.1M マロン酸アンモニウム (pH 2.7) を電解液として選んだ。汙紙は4枚並べて同時に10分間電気泳動した。また測定は泳動後2時間以内に汙紙クロマトグラムスキャナーで行なった。その結果を第8図に示す。これによると Sr, Y とも担体の量を増すと移動距離が大きくなる。

4 考 察

トレーサーの ^{90}Sr と ^{90}Y の分離はいずれの電解液でも分離できた。しかしこのなかで, 0.1M 酢酸アンモニウム (pH 5.0) が相互分離に最もよい。その泳動電圧は 1,080V である。また担体を含む試料の分離は, 0.05M ケエン酸アンモニウム (pH 2.7) が分離に最もすぐれている。その泳動電圧は 1,440V である。ともに 10 分の泳動で分離できる (第6, 7図)。また汙紙の乾燥を熱風で行なえば, 分離測定に要する時間は30分以内である。1回の泳動で4検体処理できる。第2図から第7図の結果でわかるように, 担体を加えるとトレーサーより移動距離が大きくなる。この傾向は Sr より Y が著しい。一方 Sr Y の濃度を段々と増すと, $R_D^{(2)}$ が次第に大きくなることが認められる。 R_D の大小は吸着の大小を意味する。この二つの実験結果からつぎのことがわかる。すなわち Sr, Y の濃度の増加に伴ない, 移動距離が次第に大きくなるのは, 濃度が増す割合には汙紙に対する吸着の割合が増さないからである。先に T. R. Sato らは汙紙電気泳動法で試料の濃度を大きくすると移動距離が大きくな



第8図 Sr と Y の濃度と移動距離の関係

電解液; 0.1M マロン酸アンモニウム (pH 2.7)
電 圧 1,080V
冷却槽の温度 25°C
汙 紙 東洋汙紙, No.3, 2×40cm
泳 動 時 間 10分
添加した担体 A; 0 0
B; 0.001M. Sr 0.001M. Y
C; 0.01 M. Sr 0.01 M. Y
D; 0.1 M. Sr 0.1 M. Y

ることを認めた。彼らはビスマス、鉛を試料にとり、その濃度を大きくすると Rf 値が大きくなることより説明している。この結論は、T. R. Sato⁽¹⁾⁽³⁾らと同じであるが、Rf 値からでなく R_D 値より結論を導くのがより合理的である。

〔文 献〕

- (1) T. R. Sato, W. P. Norris and H. H. Strain; Anal. Chem., 27, 521, (1955)
- (2) E. W. Bermes, Jr. and H. J. McDonald; J. Chromatog., 4, 34 (1960)
- (3) T. R. Sato, W. P. Norris and H. H. Strain; Anal. Chem., 26, 267 (1954)

11. 沝紙電気泳動法による核分裂生成物の分離

化学第3研究室

河村正一

伊沢正実

1 緒 言

従来、単分離法として核分裂生成物中の半減期の長い核種 ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ⁹⁵Zr, ¹⁴⁴Ce の分離に沝紙クロマトグラフ法が用いられている。しかしこの方法は分離に時間がかかる(約20時間)。したがって迅速分離の目的には適しない。著者らは沝紙電気泳動法で、これらの核種を迅速に分離することができたので報告する。

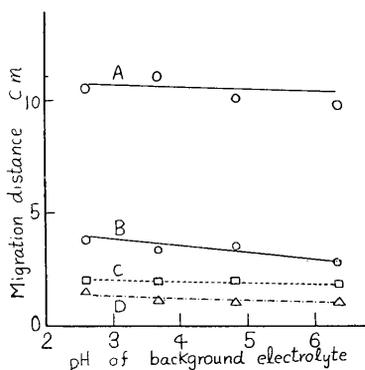
2 実験方法

- (1) 試薬;すべて特級品を用いた。
- (2) 沝紙;東洋沝紙 No. 3 を前報と同様処理した。
- (3) 沝紙電気泳動装置;前報に同じ。
- (4) 操作;この実験はすべて担体 0.05M を添加した。まず沝紙を電解液に浸して余分の液を乾いた沝紙で吸い取り冷却槽の上においた。この沝紙の上にプラスチックの板をのせ、きっちりと止金で止めた。このまま約30分間放置して、沝紙の両端から毛细管現象で上昇した電解液が均一に沝紙を浸しているのを確認した。その後、沝紙の端から 10cm 離れた位置にあるプラスチック板の穴に貼付したセロハンテープを除き、試料 0.005cc をスポットした。スポット後、穴をセロハンテープでふさぎ、一定電圧で泳動した。また電気浸透の影響をみるために過酸化水素液をスポットし、硝酸銀のアンモニア水酸化ナトリウム液でスポットの位置をしらべた。

3 実験条件の検討

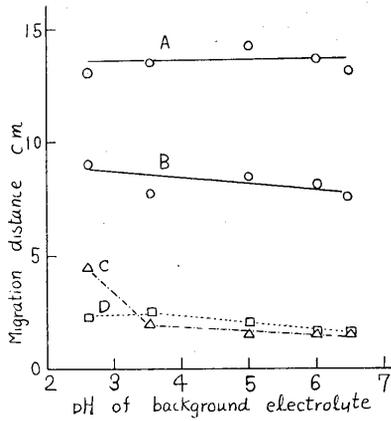
最初酒石酸にアンモニア水を添加して電解液とした。その結果を第1図に示す。この場合 ¹⁴⁴Ce, ⁹⁵Zr はほと

んど動かず原点に留まり、¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の順によく動く。この電解液では ⁹⁰Sr と ¹³⁷Cs; ¹³⁷Cs と ¹⁴⁴Ce; ¹³⁷Cs と ⁹⁵Zr の相互分離が可能である。しかしながら酒石酸では4つの核種を同時に分離することはできない。つぎにギ酸にアンモニア水を添加して電解液とした。その結果は第2図に示す。この場合 Sr, Ce はともにpHが上がるにつれ移動距離が下る傾向にある。一方, Cs はほとんど移動距離が変わらない。つぎに酢酸にアンモニア水を添加して電解液とした。その結果を第3図に示す。この場合, Cs, Sr は pH をあげてもほとんど移動距離は変わらない。Ce は pH をあげるにつれて移動距離がやや大きくなる傾向がある。Zr が原点に止るのは加水分解のためであろう。この加水分解は pH を上げるにつれて大きい。以上のように酢酸を電解液としたときは4つの核種は一応分離されるが、Zone のまとまりがよく、広がらないのは0.1M酢酸アンモニウム(pH 4.3)である。つぎに0.05Mクエン酸にアンモニア水を添加して電解液とした(第4図)。このとき Cs は pH を上げて移動距離はほとんど変わらないが、Sr は pH を上げるにつれ移動距離が小さくなり、pH 6 付近ではほとんど動かなくなる。Ce は原点付近に留り、pH を変えても移動距離はほとんど変わらず、また過酸化水素水は約 1.5cm 動き、pH の上昇と無関係である。Zr は陽極に向かって動く。この方法で4つの核種と同時に分離するには、0.05Mクエン酸アンモニウム(pH3.5)がよいことがわかる。



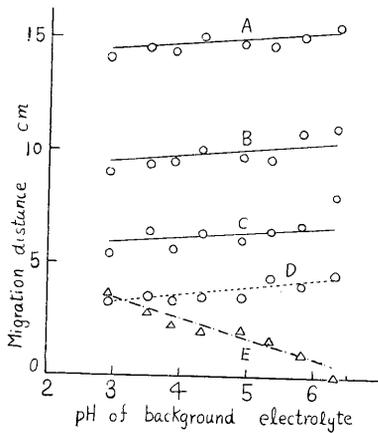
第1図 0.1M 酒石酸アンモニウムを電解液としたときの ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, ⁹⁵Zr, ¹⁴⁴Ce の分離

- A; Trace ¹³⁷Cs + 0.05M Cs
 - B; Trace ⁹⁰Sr + 0.05M Sr
 - C; Trace ¹⁴⁴Ce + 0.05M Ce
 - D; Trace ⁹⁵Zr + 0.05M Zr
- および H₂O₂



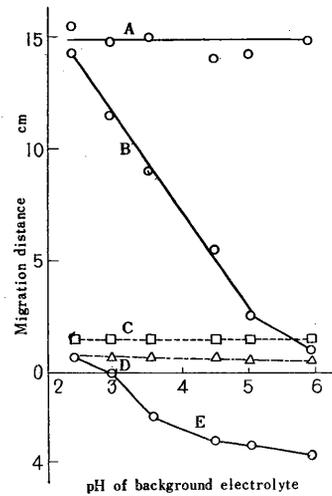
第2図 0.1M ギ酸アンモニウムを電解液としたときの ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{95}Zr , ^{144}Ce の分離

- A ; Trace $^{137}\text{Cs}+0.05\text{M Cs}$
 - B ; Trace $^{90}\text{Sr}+0.05\text{M Sr}$
 - C ; Trace $^{144}\text{Ce}+0.05\text{M Ce}$
 - D ; Trace $^{95}\text{Zr}+0.05\text{M Zr}$
- および H_2O_2



第3図 0.1M 酢酸アンモニウムを電解液としたときの ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{95}Zr , ^{144}Ce の分離

- A ; Trace $^{137}\text{Cs}+0.05\text{M Cs}$
- B ; Trace $^{90}\text{Sr}+0.05\text{M Sr}$
- C ; Trace $^{144}\text{Ce}+0.05\text{M Ce}$
- D ; H_2O_2
- E ; Trace $^{95}\text{Zr}+0.05\text{M Zr}$

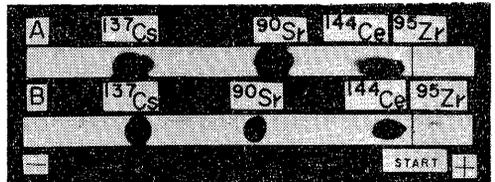


第4図 0.05M グリ酸アンモニウムを電解液としたときの ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{95}Zr , ^{144}Ce の分離

- A ; Trace $^{137}\text{Cs}+0.05\text{M Cs}$
- B ; Trace $^{90}\text{Sr}+0.05\text{M Sr}$
- C ; Trace $^{144}\text{Ce}+0.05\text{M Ce}$
- D ; H_2O_2
- E ; Trace $^{95}\text{Zr}+0.05\text{M Zr}$

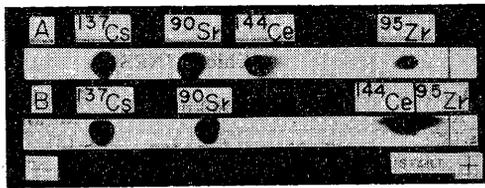
3 結 語

前記の実験結果から ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{144}Ce , ^{95}Zr を一度に分離するためには電解液に 0.05M グリ酸アンモニウム (pH 3.5) および 0.1M 酢酸アンモニウム (pH 4.3) を用いるとよい。この場合の条件は、前者は 1,440V, 20分、後者は 1,080V, 25分である。トレーサー試料ではグリ酸がよく、担体 (0.05M 程度) を含む試料の分離には酢酸がよい。なお、この分離機構は現在検討中である。



第5図 ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{144}Ce , ^{95}Zr の分離結果のオートラジオグラフ

電 解 液 ; 0.05M グリ酸アンモニウム (pH 3.5)
 電 圧 ; 1,440V
 用 紙 ; No. 3, 2×40cm
 泳動時間 ; 20分
 試 料 ; (A) トレーサー試料
 (B) 0.05M 担体添加
 富士X線フィルム使用, 指定現像, 露出30時間



第6図 ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{144}Ce , ^{95}Zr の分離結果のオートラジオグラフ

電解液; 0.1M 酢酸アンモニウム (pH 4.3)
 電圧; 1,080V
 濾紙; No. 3, 2×40cm
 泳動時間; 25分
 試料; (A) 0.05M 担体添加
 (B) トレーサー試料
 富士X線フィルム使用, 指定現像, 露出30時間

〔研究発表〕

河村正一, 伊沢正実; 濾紙電気泳動法による F. P. の分離, 第4回放射化学討論会(昭和35年10月)

12. フォールアウト中の ^{137}Cs と ^{90}Sr

化学第3研究室
 伊沢正実
 坪田博行
 永井充¹⁾

¹⁾国立予防衛生研究所

1 緒 者

核爆発実験に由来する核分裂生成物による環境の汚染と, その人類への影響を評価するために, 従来に引き続き, 国立予防衛生研究所と共同で毎月のフォールアウト中の ^{137}Cs と ^{90}Sr の分析を行なった。

フォールアウト中の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ の比がこれまでに報告されている値 (1.6) よりも大きく, 平均2.8で, かつ毎月大きく変動していることは注目すべき結果である。核分裂収率から考えて, フォールアウト中の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ は約1.7ぐらいであろうと予想されていた。したがって核爆発後, われわれの測定するまでに Cs と Sr との間に物理的・化学的な分別の過程があったと考えなければならぬ。この分別過程として予想されるものを追跡し, 定性的ではあるが, 放射性フォールアウトの落下機構について考察した。

同様の分別現象は, 他の核種, たとえば ^{144}Ce についても考えられる。これらの分析および分別過程の定量的な考察は現在も研究続行中であるので, ここでは, 分析結果を主として報告する。

2 分析法

毎月の雨水および落下塵を水盤法で採取した。これを濃縮し, 塩酸で抽出し, 抽出液の分析は次の二つの方法によった。

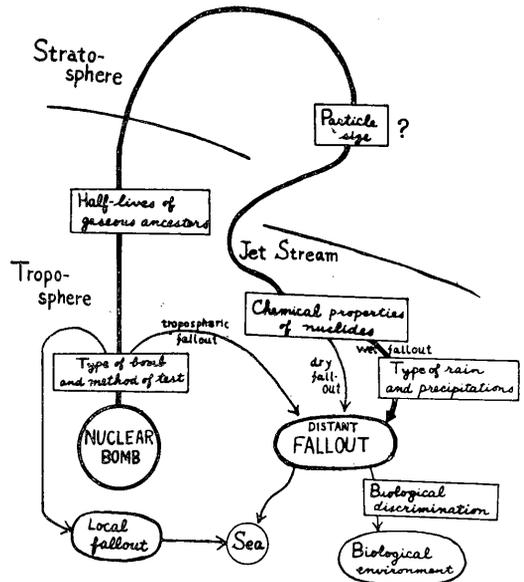
i) Cs および Sr キャリヤーを加え, 発煙硝酸法により Sr を沈澱分離し, その濾液から Cs を分離する。Sr は発煙硝酸法により大部分の Ca を除去したのち, 陽イオン交換法で精製し, EDTA 滴定法で操作中の Sr の回収率を求める。Y ミルキングを行ない, ^{90}Sr の量は ^{90}Y の放射能を測定して求める。Cs は珪タングステン酸法と過塩素酸法の組合せにより精製し, ^{137}Cs の量は β 放射能を測定して求める。

ii) 塩酸抽出液から陽イオン交換分離により Sr および Cs 部分を分離する。これに EDTA を過剰に加え, アンモニア塩基性で Cs をフェノールスルホン酸樹脂に吸着させる。流出液は Y ミルキングを行ない, ^{90}Y の放射能値から ^{90}Sr の量を求める。 ^{137}Cs は樹脂のまま γ -放射能の測定により求める。

3 結果と考察

^{90}Sr および ^{137}Cs の毎月の降下量およびその比を第1表に示す。実験開始より現在 (1960年7月) までの降下量は ^{90}Sr が約 19mc/km², ^{137}Cs が約 54mc/km² と推定される。降下量は1959年春に最も大きかった。

実験継続中の 1958 年までは顕著にはみられなかった



第1図 放射性塵の動き

第1表 毎月のフォールアウトの放射化学分析の結果

Year Month	Tokyo (NIH)					Chiba (INRS)			
	Rainfall		Activity(mc/km ²)		Activity Ratio	Activity(mc/km ²)		Activity Ratio	
	days	mm	Sr-90	Cs-137	Cs-137/ Sr-90	Sr-90	Cs-137	Cs-137/ Sr-90	
1957 Aug.	6	46	0.03	0.10	3.3				
Sept.	14	246	0.21	0.48	2.3				
Oct.	4	35	0.14	0.36	2.6				
Nov.	4	52	0.07	0.14	2.0				
Dec.	5	111	0.11	0.41	3.7				
1958 Jan.	6	60	0.15	0.27	1.8				
Feb.	4	66	0.13	0.25	1.9				
Mar.	10	63	0.13	1.00	7.7				
Apr.	9	36	0.22	1.82	8.2				
May	11	86	0.65	1.22	1.8				
June	7	62	0.33	0.93	2.8				
July	12	196	0.46	1.21	2.6				
Aug.	9	78	0.34	0.63	1.9				
Sept.	14	675	0.14	0.93	6.6				
Oct.	14	276	0.44	1.15	2.6				
Nov.	9	55	0.32	0.63	2.0				
Dec.	9	122	0.49	0.97	2.0				
1959 Jan.	8	63	0.33	0.88	2.7				
Feb.	13	144	0.12	0.67	5.6				
Mar.	12	90	1.02	2.55	2.5				
Apr.	8	155	1.12	3.07	2.7				
May	14	201	1.86	4.10	2.2				
June	11	120	0.78	2.60	3.3				
July	14	72	0.17	0.84	4.9				
Aug.	9	135	0.14	0.29	2.1	0.12	0.20	1.7	
Sept.	10	160	0.09	0.29	3.2	0.08	0.27	3.4	
Oct.	15	217	0.03	0.21	7.0	0.05	0.20	4.0	
Nov.	8	120	0.04	0.32	8.0	0.03	0.23	7.7	
Dec.	6	137	0.09	0.18	2.0	0.12	0.22	1.8	
1960 Jan.	7	31	0.07	0.18	2.6	0.06	0.16	2.7	
Feb.	8	8	0.06	0.24	4.0	0.07	0.10	1.4	
Mar.	15	72	0.05	0.14	2.8	0.06	0.20	3.3	
Apr.	19	167	0.24	0.52	2.2	>0.11	>0.36	3.3	
May	15	126	0.19	0.91	4.8	>0.19	>0.42	2.2	
June	14	83	0.15	0.32	2.1	0.11	0.24	2.2	
July	6	30	0.03	0.06	2.0	0.03	0.10	3.0	

が、1959年5月および1960年5月にいわゆる spring maximum がみられた。

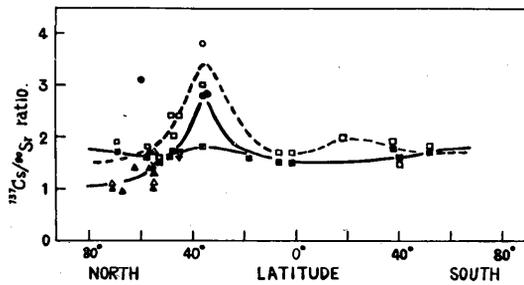
フォールアウト中の ¹³⁷Cs/⁹⁰Sr の比は、1957年8月から1960年7月までの総降下量について2.8で、かつ、1年ぐらいの範囲で平均すると比較的一定した値である。しかし、月毎にみるとかなり変動している。このことを説明するために、核爆発から落下までの過程でCsとSrとの分別の起る可能性がどこにあるかを第1図に示す。

¹³⁷Cs/⁹⁰Sr の比の平均値が2.8で、核分裂収率よりも大きいことは、これらの可能な分別過程のうち、⁹⁰Sr および ¹³⁷Cs の気体親核種 ⁹⁰Kr および ¹³⁷Xe の半減期がそれぞれ33秒、および3.9分であることから説明できよう。すなわち、⁹⁰Sr のかなりの部分は爆発地の周辺に落

下し、成層圏にまで吹き上げられる割合は ¹³⁷Cs よりも少ないと考えられる。

これに対し、¹³⁷Cs/⁹⁰Sr の比が毎月変動するのは、対流圏における気象条件によるものであろう。放射性フォールアウトの大部分は雨と一緒に降ってくるが、降下量と雨量との関係から比の変動が定性的に説明できる。すなわち、空気中の ¹³⁷Cs/⁹⁰Sr の比が比較的一定であっても、もし、CsがSrよりも雨滴の核となりやすいならばその月の雨の降り方および雨量により、降下量の比は変動する筈である。これは、まったく仮定の上に立った定性的な議論であって、その定量的な研究は引き続き行なっている。

しかし、もし、比の毎月の変動がわれわれの考えるよ



第2図 各緯度におけるフォールアウトの $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ の比, 1959

時期	測定者
1959 1959後半	
● ○	本研究 (NIH)
● ○	〃 (NIRS)
■ □	Crooks 氏 (AERE-R-3349, 1960)
⊕	Dzilkina 氏 (A/AC-82/G/L-323, 1960)
▲ △	Fabricius (A/AC-82/G/L-449, 1960)
×	Aarkrog 氏 (A/AC-82/G/L-368, 1960)
	Italian Report (BIO/O3/60, 1960)

うに, CsがSrよりも雨滴の核となりやすいことにより説明できるものであるならば, 放射性核種が成層圏より対流圏へ落下する入口である中緯度地帯で $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ の比が大きく, それより高緯度で漸次小さくなると考えられる。第2図に他の研究者の報告した値を, 緯度に対してプロットした。核爆発実験の直後では, 成層圏まで打ち上げられなかった核分裂生成物の影響もあって判然としない(実線)が, その影響がまったくなくなったと考えられる1959年後半では, 北緯40度付近に $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ の比の極大がみられる(点線)。

文 献

1. M. Izawa, H. Tsubota, T. Nagai et al.(予研); Cs-137 and Sr-90 in fallout deposits. A/AC-82/G/L-388(1960)
2. M. Izawa, H. Tsubota, T. Nagai (予研); Sr-90 and Cs-137 in fallout deposits and implications of their ratio, J. Radiation Research, 投稿中

V 生 物 研 究 部

概 要

35年度研究の方針として、生物研究部では細胞に対する放射線感受性の問題を取り上げることにした。放射線治療の場合にも、放射線障害の場合にも、細胞の放射線感受性の問題はひじょうに大切な問題であって、この問題の解明なくしては放射線障害の本質に深く入ることができないからである。

この問題には多くの approach の道がある。まず第1研究室では形態の面からこの問題を追及すべく、放射線感受性が高いと知られている皮膚と小腸上皮を用い、皮膚では放射線の感受性というものが個体および系統発生的にどのように成立するかを追及することを考え、まず最下等脊椎動物である魚類の皮膚から実験をはじめることとした。一方小腸上皮を材料とする研究では、電子顕微鏡を用い、いままで光学顕微鏡では明らかにされなかったような微細構造の変化を探すことにした。

こうした細胞の放射線の感受性は細胞代謝と関係していなくてはならない。第2研究室では、主として代謝面からこの問題を追及すべく、まず代謝のエネルギー源となる物質の消長の面からこの解決を図ることとした。また酵素系、あるいは酵素系の相互関係が放射線感受性とどのように結びついているのかも主な興味の対象とした。

遺伝第1研究室は突然変異の生起が細胞時期によりどのように異なるかから、やはりこの感受性の問題を目指すことにした。

遺伝第2研究室は最も充実が遅れた理論的考察のみを行ない得る状態にあるのかにがみ、部の研究主題と関係のない集団遺伝学の問題を行なうことになった。

また放射線の化学的保護の問題は、放射線感受性の本質を探究する重要な方法であるので、各方面から探究することにした。

さらに放射線の耐性の問題は感受性の問題であるが、他面それ自身ひじょうに面白い問題であって、しかもいままであまり注目されなかった問題といえよう。

こうした構想で出発した研究部の研究業務はいろいろ

の点でなお不十分であるが、研究員の努力により、大体所期の目的を達し得たものと考えられる成果を生むことができた。

すなわち、第1研究室では、魚類の皮膚を用いて放射線の作用を観察して、哺乳動物と魚類では分類上の位置はひじょうに離れているにもかかわらず、細胞レベルではまったく根本的に異なるところのない反応を示すことが明らかになった。すなわち、人間の皮膚の放射線感受性に関する特性はすでに魚類にあらわれているということである。また小腸上皮についての放射線の作用の電子顕微鏡による探究では、光学顕微鏡ではみられなかったリビド様顆粒の出現という変化が著しいことが明らかにされた。この変化は放射線の作用に直接依存するものか、または二次的なものか等についてなお詳細にしらべる必要があるが、こうした手がかりをさらに追及して行くことは、この顆粒の意義を明らかにすることとともに興味ある分野の拡張が期待されよう。

保護物質についての諸実験は、いずれも否定的結果を得るに止まったけれども、蚕の卵を用いての実験において、僅かではあるがMEAに有効さがみられ、また精子形成過程でDNPが有効ではないかと思われる結果を得たことは興味あることである。特にDNPにより感受性に变化のみられることは、これが代謝経路に関係することから考えて、放射線感受性の問題を代謝経路の問題と結びつけて解決する可能性を示唆する。

耐性の問題については、増富に所望のムラサキツユクサを発見することができなかったもので、東大・理・植物学教室の田中信徳博士の御厚意により *Tradescantia paludosa*, Sax clone 6 を頂いて現地に植え、爾後時期において根冠細胞の染色体異常をしらべることにした。また岩崎民子研究員は、田中博士のもつて染色体異常観察の方法を教示して頂いた。記して厚くお礼申上げる。

生物第2研究室ではエネルギー源としてATPと放射線感受性の問題を追及するため、現在のATP測定法にはいろいろ誤差の入る可能性のあることから、まず測定法の改善が重要であることに気付いた。すなわち、従来

用いられていた Dowex 1 を使用するアデノシン-ヌクレオチドの分離定量法は組織中の未知物質のため、樹脂の吸着時に阻害を受け、正確な定量が不可能であった。これを改善して、組織抽出液より一旦それらをカルシウム塩として沈澱させ、そのカルシウムを Dowex 50 により Na に置換して、その溶液をあらためて Dowex 1 を用いてカラムクロマトを行なうと、正確に測定できることを明らかにした。爾後この方法を用いて研究の進捗が期待できよう。

また ESR を用いて放射線感受性をラジカルの面から明らかにする研究は、ESR の到着が遅れたため小川英行研究員は東工大の志田研究室のものを借らせて頂いた。志田教授の御厚意に厚く感謝するとともに終始実験を援助された化学研究部の山崎氏にも厚く感謝の意を表す。こうしたラジカルの面より測定の結果、アルテミア卵照射により生ずるラジカルは相当長い寿命を持つこと、ラジカルの decay は低温より高温で早いこと、ラジカル量は線量に依存することが明らかにされた。ここで興味ある問題は一定線量照射後、種々の時間においてラジカル量の変化をみたのち孵化させると、ラジカル量と孵化率は逆の関係になることである。すなわちラジカルの多い場合の方が孵化率は良好である。この結果は、自然のラジカル等の測定等、さらに詳しく検討されねばならぬ点が含まれるが、ラジカルの減少は放射線障害への固定化への反応の進行を示唆し、照射量によるラジカル量の大小は実は障害固定化の方向に進行したラジカル量と平行の関係において理解されねばならぬことを示唆する。いいかえると、線量が大きくてラジカルの多いことはそれ自身障害の程度の大きいのを示すのではなくてラジカルの多いことは反応して障害の固定化の方向に進んだものもまた大きいことを示すものなのである。

遺伝研究室にとって特記されねばならぬことは、低線量における突然変異率を測定する総合研究課題であろう。この問題の重要性については、いまさら説明の必要はない。研究部でも実験計画について十分案を練って、まず統計的に必要な数を求め、実験の整一性について期待される程度と、それが乱れる度合についても考察して実験にとりかかった。ただ飼育のための恒温室の整備が 10 月になったため、実験の開始が遅れたのはひじょうに残念であるが爾後大体順調に進行して年度末までに 17 万本以上を処理した。しかし、この研究に直接たずさわっている塩見室長以下稲垣、橋の各研究員はもちろん、飼料準備の技術課員等は文字通り休日なしの努力をし、

また夜遅くまで働いてこの成果を挙げることができたのである。このほか遺伝研究室では、ショウジョウバエの諸系統における自然発生突然変異率の比較、蚕を用いて時期別の突然変異発生率の変化、蚕を用いた保護作用の研究が行なわれた。

遺伝第 2 研究室では総合研究課題の理論的基礎を明らかにする理論的研究が行なわれ、大きな実験指針の確立を援助した。ここでは、文字通り理論と実際との緊密な協同が行なわれたのである。

また生物研究部で行なわれている抄読会も年度末で 49 回に達し、研究員相互の知識の交換に大いに役立っている。

また 11 月に三島の遺伝学研究所主催のもとに行なわれた放射線の遺伝的影響に関するシンポジウム後には、このシンポジウムで論ぜられた問題を整理し、さらに放医研で行なうテーマの検討会を化学研究部の生化学研究室と共催した。問題をひじょうにしぼって特定の問題にしたので、出席者は少ない予想で行なったにもかかわらず、ひじょうな盛会になって活発な議論が出、ひじょうに有益な会合となった。

生物研究部の関係した 35 年度の班研究は、細胞における放射線作用機構の生理生化学的研究(班長・阪大本城市次郎教授)、放射線による遺伝的障害の研究(班長・立大村地孝一教授)、放射線の化学的防護に関する研究(班長・京大福田正教授)、JRR-I の共同利用(班長・都立大千谷利三教授)であって、これらの班研究連絡会議において種々意見を交換、また国内で行なわれている関係分野の研究を知る上にひじょうに役立った。

(仲尾善雄)

1. 魚類の皮膚に対する放射線の作用の組織学的研究

生物第 1 研究室

江藤久美
仲尾善雄

皮膚は放射線感受性の高い組織としていままでよく研究されてきた。しかしそれらの研究はすべて哺乳類を対象としたものであり、それ以外の動物はほとんど使用されていない。この問題に関する正確な知識を得るためには、さらに広い立場からこの問題を見直す必要があると思われる。すなわち、放射線の皮膚に対する作用の機構を明らかにするためには、進化の系統をたどって最下等の脊椎動物である魚類から両生類、爬虫類、鳥類と種々の動物の皮膚に対する放射線の作用を組織学的、組織化

学的に比較検討し、また、個体発生の経過をもたどりながら胚、幼生、成体と皮膚が放射線に対してどのように反応するかを追求していく必要がある。

こうした研究の第一歩として、われわれはドジョウを主に、他の淡水魚、海産魚を材料として、高線量一時照射の場合の皮膚の組織学的変化を研究した。

用いた魚種はドジョウ (*Misgurnus anguillicaudatus*)、ヒメダカ (*Oryzias latipes*)、グッピー (*Lebistes reticulatus*)、グラスキャットフィッシュ (*Kryptopterus bicirrhus*)、ドロメ (*Chasmichthys dolichognathus gulosus*)、トラフグ (*Fugu rubripes*)、アミメハギ (*Rudarius ercodes*) である。

照射線源としては島津信愛型 250 型 (250KVP, 10mA, filter 0.5mmCu+0.5mmAl, FSD40cm, 67 r/min) および水冷式超軟 X 線装置 (50KVP, 20mA, no filter FSD 11.5cm, 3,177 r/min) の二種 X の線を使用した。250KVP で照射の際は水深 2cm の水中で自由に游泳中を背面から全身照射し、線量は Siemens の Universal dosimeter の detector 部を水中の魚の位置に設置して積算線量 1,000r, 3,000r, 5,000r, 10,000r を与えた。50KVP の場合には 1/25,000 のキナルジン液で麻酔した魚体の後半部が照射影に入るようにセットし側面から照射した。その際、魚体の下には湿った戸紙を敷き前半部は湿ったガーゼでおおって照射中の乾燥を防いだ。

照射後種々な時期に Zenker, Bouin 等の固定液で固定し、5~8 μ のパラフィン切片にした。染色は Heidenhain の Haematoxylin-eosin, Mayer の Haematoxylin-eosin, Feulgen 反応, PAS 染色, Mallory の triple stain を用いた。

照射による皮膚の変化は、用いた材料と照射線源とによって差異を示した。

まず 250 KVP X 線を使用した場合について述べる。ドジョウに 5,000~10,000r 照射すると一週間位ですべて死亡する。48 時間以内に死亡したものは、全体的にみて尾柄部等に粘液の放出による皮膚の白濁がみられた。組織学的にみると、白濁部は表皮細胞層が脱落して真皮層が裸出している。これは哺乳類等によく研究されている四度皮膚炎が急激におこったものと似ている。白濁していない部分でも表面が不規則になり、表皮細胞自身も膨潤して形が不規則な球形になっている。表皮層の厚さも減じている。またいずれの部分の scale sac にもリンパ様液が充満しているのがみられた。48 時間以後に死亡したものは皮膚の白濁という急激な変化はみら

れなかったが、組織学的にはやはり粘液細胞数の減少、表皮細胞の膨潤がみられ、組織全体はルーズになり厚さも減じている。scale sac にはやはりリンパ様液が充満している。

ドロメ、トラフグの全身 10,000r 照射のものでは 7 日後に、5,000r 照射のものでは 17 日後に変化がみられなかった。またドロメに 10,000r (240KVP, 20mA, 180r/min) の照射を行なったものでは 24 時間後に変化はみられなかった。アミメハギの局部 3,000r 照射では、前半部のみ照射のものでは 13 日後に、後半部のものでは 7 日後にそれぞれ変化がみられなかった。

次に 50 KVP X 線を使用した場合について述べる。ドジョウに 31,776r 照射すると、照射側では表面が不規則になり粘液細胞数の減少、表皮細胞の膨潤等高压 X 線照射の場合の変化と変りないが、反対側 (非照射側) ではほとんど正常皮膚と変りなかった。このように照射側と反対側とで変化に著しい差がある。これは表面で吸収されて大きな影響を与えるが、透過力の小さい超軟 X 線の特性である。

グラスキャットフィッシュに 12,710r を局部照射 (体後半部) したものは、3~4 日で尾鱗が脱落し、20 日くらいで照射部位に皮膚の異常増殖がみられた例がある。この異常増殖は照射部全域にわたってみられ、細胞の膨潤、壊死等によって表面は不規則になり、組織はルーズになっている。また異常増殖した細胞は結合組織、筋肉組織中にも血球とともに見出された。

ヒメダカの体後半部を 3,869r 照射すると、数日で尾鱗が脱落する。1~2 週で照射部の鱗が脱落するに及んで死亡する。これらのうちで生き残ったものでは、90 日経っても尾鱗の再生はみられない。

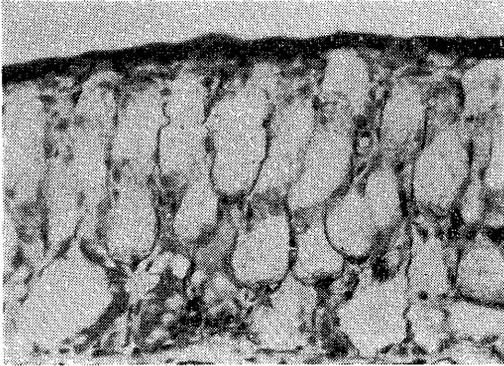
以上の結果から、魚類の皮膚の放射線による障害は哺乳類の皮膚の放射線障害とよく似ていることがわかる。哺乳類では基底層、汗腺、毛のうが特に感受性が高いが、魚類でもこれらに相同と考えられる scale sac の細胞、粘液細胞が非常に感受性が高い。基底層 (*Stratum germinativum*) については小線量、長期間の観察が必要なのでここでは触れない。粘液細胞も成熟度により感受性を異にする。細胞の破壊を基準にして感受性を考えてみると、完成したものの方がこわれ易いようであるが、決定的にはなお研究を必要とする。照射部位の表皮細胞の膨潤を考え合わせて、細胞膜の透過性的変化ということも考えられる。

いままでのデータでは淡水産の魚に比べて海産の魚

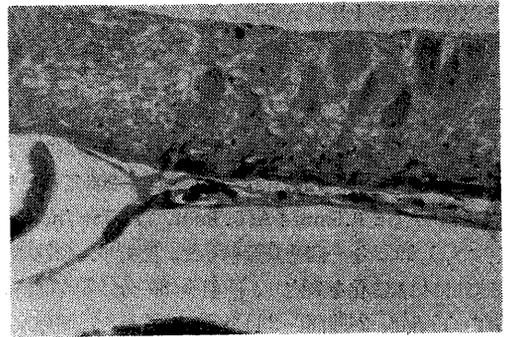
の皮膚の方が放射線に抵抗性を示すようであるが、これについてもさらに比較検討する必要がある。

〔研究発表〕

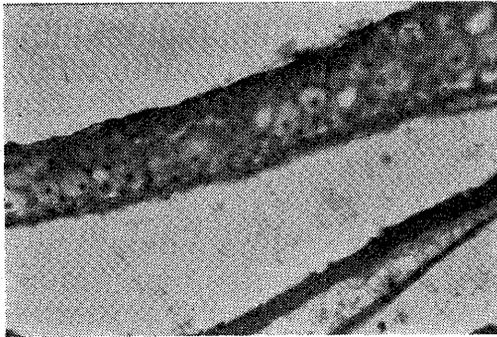
江藤久美・仲尾善雄：魚類の皮膚に対する放射線の作用の組織学的研究，日本放射線影響学会第2回研究発表会（1960年11月）



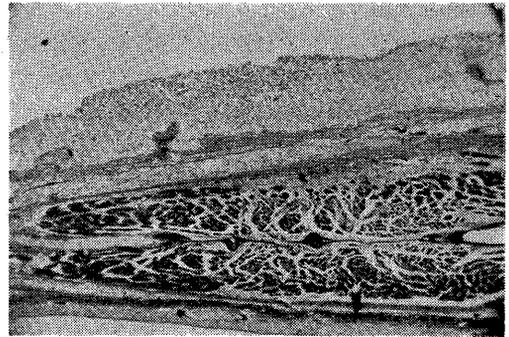
第1図 ドジョウ皮膚 正常



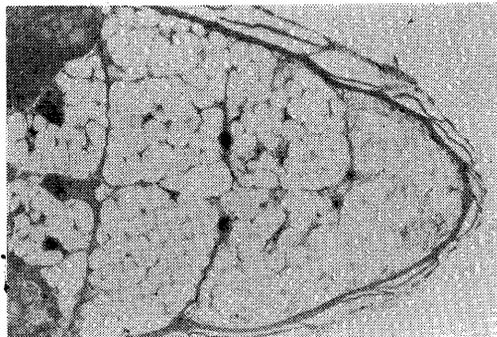
第4図 ドジョウ皮膚 5日後 10,000r



第2図 ドジョウ皮膚48時間後 5,000r



第5図 グラスキャットフィッシュ 20日後 12,710r



第3図 ドジョウ皮膚48時間後 10,000r

2. X線被照射小腸上皮細胞の電子顕微鏡的観察

生物第1研究室

兵藤 泰子
仲尾 善雄

小腸上皮細胞は放射線感受性の高い細胞であることはよく知られている。そしてネズミでは小腸障害が死亡の主因子の一つとなって、いわゆる *intestinal death* が起る。小腸上皮の障害に関しては、すでに多くの報告がなされた。小腸上皮細胞では正常な状態で細胞分裂が盛んに行なわれて、常に新しい細胞がつくられているが、放射線の照射によってこの細胞分裂が障害をうける。それによって上皮細胞の分布の異常、細胞の欠如等が起り、小腸障害が引き起こされていると考えられている。

また一方、細胞構成要素の放射線感受性に関しては確実な知見が少なく、一般に細胞質より核が感受性が高いと認められているほかはほとんど確立された見解はない。

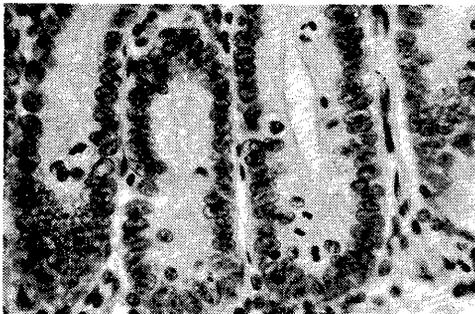
そこでわれわれは、放射線照射を受けたマウスの小腸

上皮の組織像の上における変化を光学顕微鏡的に観察するとともに、主としてそのような細胞は、微細構造に果してどのような変化があるかを追及するために電子顕微鏡的に観察した。

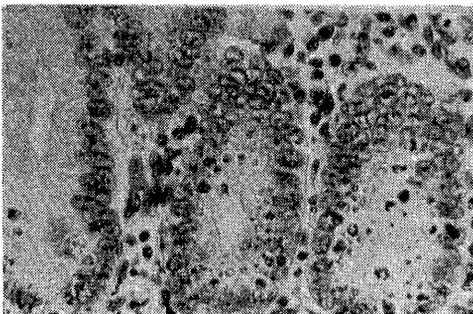
実験動物としては、CF₁、および dd/y 系の雄で、体重 20~27g の成体を用いた。X線照射は 200 KVP, 19 mA, filter Cu 0.5mm+Al 0.5mm, 77~78r/min の条件で、1,000r を一回全身照射した。照射した動物は、経時的に体重変化を測定し、照射後 30 分、3 時間、6 時間、12 時間、24 時間、2 日、3 日、4 日等に屠殺し、開腹して小腸（主に十二指腸の部分）を切り出し固定した。光学顕微鏡観察用としては、10%ホルマリン、または Zenker 氏固定液で固定し、パラフィン切片を作り、ヘマトキシリン-エオシン染色及びホルゲン氏反応を行なった。また電子顕微鏡観察用としては 1%のオスミク酸 (pH 7.4 のペロナール酢酸緩衝液使用) で固定しメタクリレート樹脂に包埋し、超薄切片を作製し観察した。

1,000 r の全身一回照射によりマウスは 4~6 日後に殆んど死亡する。死亡までに大体 20~30% の体重減少がみられる。

光学顕微鏡的な変化は、いままで観察されていたのと

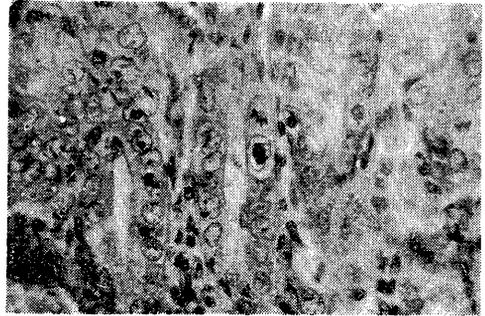


第1図 Control (非照射), 細胞分裂像がみられる。



第2図 1,000 r 照射後3時間, 細胞分裂像はみられず小滴状物が多数みられる。

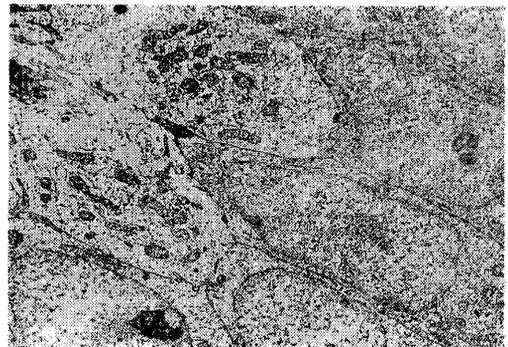
同じで、照射後 30 分ですでに細胞分裂像がみられなくなり、3 時間、6 時間では正常なもので細胞分裂像がみられる隠窩上皮細胞において (第1図)、ヘマトキシリン濃染しホルゲン氏反応ポジティブな小滴状物が多量に出現し、核の膨化がみられる (第2図)。一方絨毛上皮細胞には殆んど変化はみとめられない。照射後 12 時間、24 時間のものでは小滴状物は少なくなり、しばしば分裂像がみとめられる。2 日、3 日、4 日のものでは核濃



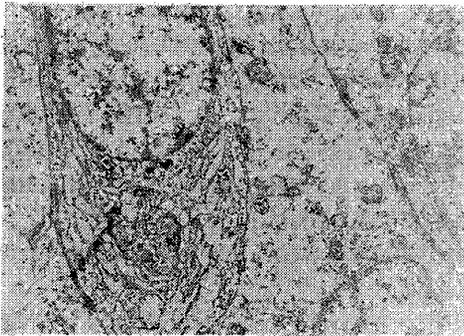
第3図 1,000 r 照射後2日, 細胞分裂像はみられるが、核は濃縮したり、膨化し、上皮細胞は肥大し、配列が不規則になっている、(第1~3図 Zenker 氏固定, Feulgen 反応, 光学顕微鏡写真)

縮に陥っている細胞が現われたり、上皮細胞が著しく肥大し、配列が不規則となってくる (第3図)。また 3、4 日のものでは、細胞分裂像が正常の場合より多くみられる場合がある。そして上皮細胞の分布が減少したり絨毛上皮細胞が欠如し、粘膜固有層が露出しているのがみとめられる。

また電子顕微鏡による微細構造の観察については、照射後短時間のものでは微細構造に著明な変化を来すものと殆んど変化のない細胞とがある。3、6 時間および 12、24 時間のものでは絨毛上皮から隠窩上皮にかけての細胞で著しい細胞崩壊像がみられる。すなわち核質が消

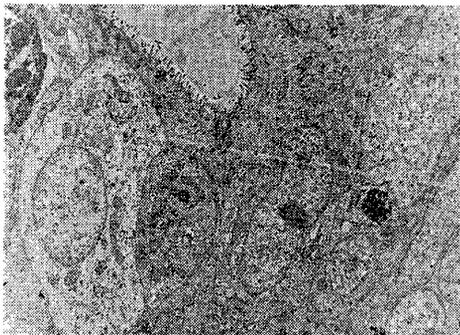


第4図 Control (非照射),

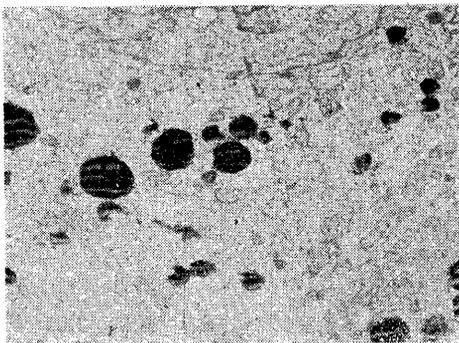


第5図 1,000 r 照射後24時間、核質、細胞質の顆粒が殆んど消失している。

失し、細胞質は著しい変化を示しながらも残っている場合の外、極端な時には核質、細胞質の顆粒が殆んど消失している場合が多くみられる(第5図)。ミトコンドリアも膨化しかなり変化しているが、核質及び細胞質に著しい変化がみられる場合でもかなりよくその構造を保持している。一方24時間のものでも隠窩の奥の部分では



第6図 1,000 r 照射後24時間、隠窩の奥の部分の細胞、核、細胞質共に著明な変化はない。



第7図 1,000 r 照射後3日、lipid 様物質、空胞がみられる。

(第4~7図 オスミック酸固定、電子顕微鏡写真)

核、細胞質の顆粒状物質に顕著な変化がみられない細胞も多くある(第6図)。照射後3日、4日のものでは絨毛先端の上皮細胞中に、多量の lipid 様物質がみられる(第7図)。(この lipid 様物質は正常動物の絨毛上皮細胞にもみとめられるが、被照射個体の絨毛上皮細胞中のものは大きくしかも多数である。)また絨毛上皮、隠窩上皮共に、著しい空胞が形成されているものがある。しかし核質、細胞質の顆粒は密で正常に近い状態である。

光学顕微鏡観察による結果、即ち、分裂阻害核片の形成、核濃縮、異常分裂、細胞肥大および配列不規則、上皮細胞の欠如等は多くの報告と一致し、その過程はかなり複雑なものであろうが、小腸の障害は細胞分裂の障害にはじまると考えられる。

Quastler らによれば小腸上皮細胞(主に隠窩の部分)には細胞世代のいろいろの時期の細胞があることが報告されているが、照射後初期に小腸上皮細胞の微細構造に、崩壊像のいろいろの状態のもの、崩壊しないものなどがあるのは細胞世代のどの時期にあるかによって放射線感受性が大きくちがうことを示しているのではないかと考えられる。またこれまでの実験では致死線量であるからあまり確定的なことはいえない。感受性については細胞世代の時期によってもかなりの違いを生じることが予想される。

また3日後のものにみられる多量の lipid 様物質については、現在放射線感受性に関して不飽和脂肪酸が問題となっている折から、非常に興味深いものである様に思われる。

[研究発表]

兵藤泰子・仲尾善雄; X線被照射小腸上皮細胞の電子顕微鏡的観察, 日本放射線影嚮学会第2回研究発表会(1960年11月)

3. ^{60}Co γ 線照射に対するアルテミア卵の化学的防護

生物第1研究室

岩崎民子

仲尾善雄

放射線に対する化学的防護は、照射により生じたラジカルや、二次生成物とその化学物質と競合するとか、生体組織の酸素分圧を低下せしむることにより保護効果をあらわすものと考えられている。もしこのように保護作用の機構が基本的であれば、哺乳動物で有効な保護薬剤はまた無脊椎動物でも有効であらねばならない。ところが、無脊椎動物を材料として研究してみると、哺乳類ま

たは細菌で保護効果をもつ物質が無効の場合がほとんどあって、有効であったという例は稀である。

いままで無脊椎動物を材料とした保護効果の実験は極めて少ないが、たとえば Kaplan の *Drosophila*, Nakao et al. による蚕等の例は全部否定的結果を得ている。もしそうであれば、保護効果作用機構について考え直さねばならないであろう。しかしいざいざしても無脊椎動物を材料とする実験は少ないので、何よりも実験例を増すことが肝要である。

本実験では甲殻類 *Crustacea* の *Phyllopora* に属する *Artemia salina* の卵を用いた。この卵は blastula で発生を中止し、乾燥状態におくと 10 数年も生存可能である。しかし、一度はほぼ 2% 程度の食塩水中に入れ、25°C 前後に保持すると、24 時間後には幼生となって孵化してくる。

用いた薬剤は哺乳類で保護効果の大きいことの知られているアミン類のうち、AET (S, β -Aminoethylisothiuronium bromide hydrobromide), Glutathione, MEA (Mercaptoethylamine), その他シアン化ナトリウム, チオ尿素, ハイドロサルファイト, 2-4-Dinitrophenol などを用いた。なお、使用濃度は予備実験でアルテミア卵の孵化にまったく毒作用のない濃度のうち、最も高いものを用いた。使用放射線は 3,000 c の

^{60}Co γ 線で、10cm の距離で約 12,200 r/min である。

照射前処理：照射前に各種薬剤に 30分～5 時間浸漬し、その溶液中にて卵を約 15 分間照射した。照射後正常食塩水に戻し、孵化させた。なお照射終了後食塩水に移すのに 15 分を要した。こうして孵化させた卵を 72 時間後にフォルマリンで固定して孵化率を調べ、放射線感受性（保護効果）の指標とした。

また、保護物質溶液の pH を中性に adjust した場合も試みた。

さらに、前処理中の発生進行の影響を除くため保護物質溶液に浸す際、温度を 0°C にすることも試みた。（この場合卵は水分、したがって保護物質を卵内に取り込むが、発生はほとんど進行しない）。

照射後処理：乾燥卵を 20 分あるいは 30 分間照射し、照射終了後直ちに種々の濃度の保護剤溶液に浸す。そして 5 時間後に正常食塩水に戻して同様孵化率を調べた。

また保護剤液で処理後、再び乾燥させて照射する実験も行なった。

実験結果を第 1, 2 表に総括して示す。

表より明らかごとく、いずれの薬剤もすべてアルテミア卵の放射線による孵化歩合低下作用に対して無効とすることができる。処理方法を変えてもこのことは同じである。

第 1 表 化 学 的 保 護 効 果

薬 剤	濃 度 M	処 理 時 間	対 照 卵				処 理 卵			
			総 数	孵化数	%	*	総 数	孵化数	%	*
A E T	10 ⁻¹	30'	1,238	680	61.0	2.7	574	340	65.8	3.9
		180'	803	300	41.5	3.3	782	293	41.6	3.5
グ ル タ チ オ ン	10 ⁻¹	180'	3,264	1,480	50.4	1.8	3,334	1,576	52.5	1.8
M E A	10 ⁻¹	180'	1,252	214	19.0	2.2	1,240	230	20.6	2.2
シアン化ナトリウム	10 ⁻²	30'	1,298	676	57.9	2.7	1,807	617	37.9	2.2
		180'	2,090	820	43.6	2.2	1,292	390	33.5	2.5
チ オ 尿 素	10 ⁻¹	30'	1,195	543	50.5	2.7	1,385	588	47.2	2.5
		180'	1,515	627	49.3	2.5	1,628	660	45.0	2.4
ハイドロ サル フ ア イ ト	10 ⁻²	30'	1,935	1,010	58.0	2.2	1,285	724	62.6	2.7
		180'	1,552	530	37.9	2.4	2,500	816	36.3	2.0
D N P	10 ⁻⁴	180'	3,048	1,475	53.8	1.8	4,285	2,049	53.1	1.6

*非照射卵の孵化率を100%として換算した

第2表 化学的保護効果

	濃度	処理 M 時間	20 分 照 射 卵			30 分 照 射 卵				
			総 数	孵化数	%	総 数	孵化数	%		
対 照		5	1,603	1,089	75.5	2.2	1,565	580	41.5	2.4
A E T	10 ⁻¹	5	2,121	1,429	74.9	1.8	1,436	516	39.9	2.5
〃	10 ⁻²	5	815	545	74.3	2.9	1,623	610	41.8	2.4
〃	10 ⁻³	5	2,066	1,385	74.2	2.0	1,323	421	36.2	2.5

哺乳類、細菌で有効な薬剤が無脊椎動物で無効なことは非常に興味あることであって、この理由の追求から放射線障害の本質に対する手がかりが得られるのではなからうかと考えられる。

最近電子スピン共鳴装置を用いて保護物質投与によるラジカルの行動を探知し得るようになったので、アルテミア卵についてもこの装置を用いて Molecular Biology の見地から、保護物質投与と感受性の関係を検討してゆく予定である。

〔研究発表〕

岩崎民子, 仲尾善雄; ⁶⁰Co γ 線照射に対するアルテミア卵の化学的防護, 日本放射線影嚮学会第2回研究発表会 (1960年11月)

4. X線照射に対する蚕卵の化学的防禦ならびに作用増強の可能性についての研究

生物研究部長

仲尾善雄

放射線障害に対する化学的防禦については哺乳類微生物を材料として詳しく研究され、ひじょうに一般的な現象と考えられている。しかし遺伝的障害に対しては保護物質が効果を持つかどうかについて確定的な結論を出すことはできない状態であって、この点についての実験は互いに矛盾している場合が多い。また微生物を材料として紫外線照射後にトリプシン処理を行なうと、紫外線の不活化作用の増強がみられる。これは紫外線により不十分に行なわれた不活性化が検出されるためであって、紫外線照射の微生物中活性を保っているものなかに真の意味で正常といえないものが含まれることを意味する。放射線は紫外線と異なった作用をするが、ionization のほかに excitation も含まれるので、照射後正常にみえるもののうちにトリプシン後処理により検出されるような障害の含まれる可能性も考えられる。

こうした点を明らかにするため、蚕の優性致死を用い

て実験を行なった。すなわち雄蛾に Ribose-5-Phosphate (Nutrit Biochem.) 3% を 0.03ml, または 0.5% トリプシン (5% のトリプシンでは注射後交尾し得ない) 0.05ml をそれぞれ注射後、前者では 8,400 r (280KVP, 10mA, 210 r/分), 後者では 9,000 r (200KVP, 19mA, 256 r/分) それぞれ照射した。照射後直ちに無処理の雌蛾に交尾し、その産下する卵の死亡時期を初期死卵 (着色前死卵), 着色死卵, 後期死卵 (催青死卵), 孵化に分類してしらべた。

結果は第1, 第2表のごとくであって、保護作用はまったくみられない。トリプシンの場合には2回目の雄を用いたもので、作用の増強がみられるように思われる。ただし対照の場合にも2回目の雄 (一度交尾に使った雄をも一度用いること) では異常の発生がみられるので、この作用増強が長く作用を受けたものにあらわれたのか、健全なものの数の減少を示すのか、またはたんに2度使われた精巣には自然にも死亡率が高いということに原因するのかはさらに検討しなければならない。

またこうした実験は精子のみでなく、他の生殖細胞形成過程についても行なう予定である。

〔研究発表〕

仲尾善雄; 蚕の生殖細胞に対する放射線障害の化学的防禦, 第31回日本動物学会大会 (1960年10月)

第 1 表

処 理	総 数	孵 化	後期死卵	着色死卵	初期死卵
Control	2,093	(72.81) 1,524	(6.02) 126	(4.63) 97	(16.53) 346
R-5-P 注射	8,703	(87.29) 7,597	(7.58) 660	(0.71) 62	(4.41) 384
8,400r 照射	14,782	(64.84) 9,585	(27.76) 4,104	(4.76) 704	(2.63) 389
R-5-P+8,400 r	14,356	(67.94) 9,754	(24.50) 3,518	(5.78) 830	(1.77) 254

第22 表

処 理	総 数	孵 化	後 期 死 卵	着 色 死 卵	初 期 死 卵
Trypsinのみ	4,242	(71.69) 3,041	(6.36) 270	(5.00) 212	(16.95) 719
X線9,000r +Ringer	3,469	(35.28) 1,224	(23.45) 815	(20.18) 700	(21.04) 730
9,000r+ Trypsin	6,042	(39.67) 2,397	(24.36) 1,472	(22.13) 1,337	(13.84) 836
2回目9,000r + Trypsin	3,429	(26.19) 898	(31.73) 1,088	(20.03) 687	(22.05) 756

5. 改良イオン交換法により測定せるアデニン系ヌクレオチドのメダカ胚発生中における含有量の変化

生物第2研究室

田 口 茂 敏

アデニン系のヌクレオチドは各種生体现象のエネルギー源として、また助酵素として代謝反応に用いられることは既知の事実であるが、さらにこれら物質の含有量の変化は恐らく生体现象の代謝的調節に関連する基本的に重要な役割をはたしていると思われる。

放射線による細胞分裂の阻害、その他種々の生体代謝の影響は、こうしたアデニン系ヌクレオチドを通じて働いている可能性が大きい。最近、放射線による染色体切断の癒合にATPが深い関係を有することがWolffらにより明らかにされた。

しかして放射線のこれら過程に対する影響の研究には、その測定法が確立し、正確にその量が測り得ることが大切である。

これら物質の測定法は多くの研究者により報告されているが、最初BarthとJaeger(1947年; *Physiol. Zool.*, 20, 133.)により報告された。この方法によると、組織の酸溶性分画中の温度処理により遊離しやすい磷酸をアデノシン三磷酸(ATP)として測定するので、ATPとアデノシン二磷酸(ADP)とを区別することも不可能であり、また他の有機磷酸化合物から由来する磷酸もATPに計算してしまう不便があり、また測定の段階では組織に由来するグリコゲンにより生ずる濁りのために測定を妨害されやすい。

一方イオン交換樹脂によりこれら物質の分離法が発達し、SiekevitzおよびPotter(1953年; *J. Biol. Chem.* 200 187.)により少量の組織中のこれら物質の分離・定量法として改良されたが、なお組織中の未知物質の共存阻害

により、樹脂への吸着がさまたげられ正確な定量はなお不可能であった。この不便を解消するため、著者はBarthとJaeger(1947年)により採用されているカルシウム塩による組織抽出液からのヌクレオチドの部分的精製と、SiekevitzとPotter(1953年)によるその分離を組合わせて、吸着時の共存阻害を排除し、微量組織中のアデニン系ヌクレオチドの分離定量を可能にしたので、以下メダカ胚発生中のAMP, ADP, ATPの含量の変化を測定した結果を報告する。

材料および方法

樹脂 Dowex 50 および Dowex 1 ともにクロスリンケージが2で200~400メッシュの品を用いた。樹脂は2MのNaOHと2MのHClとで交互に樹脂層を流し、流出液に260m μ での吸収がなくなるまで十分に洗ってから用いた。最後に2MのNaOHで洗い、蒸留水でアルカリ反応がなくなるまで十分に洗った。Dowex 50は金属の置換に、Dowex 1はヌクレオチドのクロマトグラフィーにそれぞれ用いた。

コラム コラムとしてはガラスの直筒を用いた。直径は6mm、高さは150mm、先端の太さは2mmで上部に50mlの貯留部を有するものを用いた。樹脂はこの直筒の底部に10mmの高さにつめた。

流速 Dowex 50を用いてのナトリウム置換と、Dowex 1への吸着およびDowex 1からの溶出の際の流速は1滴当りそれぞれ3秒、4秒、3秒に調節した。

試料の調整はIshidaとTaguchi(1957年; *Annot. Zool. Japon.*, 30, 1.)により記載された方法にまっただがって行なわれた。すなわち、ヒメダカ(*Oryzias latipes*)の胚を23°Cで発生させ、必要な発生時期に達した胚200個を前以って冷却しておいたPotter-Elvejemのガラス、ホモゲナイザーに取り、10%のトリクロール醋酸2mlを加え、ホモゲナイズした。ホモジェネートは冷却遠心器中で2,000gで遠心分離し、上澄を12ml容量のポリエチレンの遠心管にとって冷却状態で保存し、残滓を再び1mlの10%TCA中に分散させ、遠心抽出する。3分間遠心して得た2回目の抽出液を最初の液に加え、倍量の冷無水アルコールをこの混合液に加える。2,000g3分の遠心によりグリコゲンを除き、かくして得た澄明な上澄を15ml容量のガラス遠心管にとり、2%のフェノール・フタレインを指示薬として、2MのNaOHでpHを8.2まで中和する。中和したアルコール溶液に飽和Ca(OH)₂液に10%の割でCaCl₂を溶かした液2mlを加えて十分混合し、20°Cに10分間放置

し、2,000g で3分間冷却遠心をする。

かくして、アデニン系のヌクレオチドは共存阻害物からカルシウム塩として分離される。

このカルシウムの沈澱を1MのHCl 0.1 mlに溶かし、完全に溶液にして後、蒸溜水10 mlを加えてクロール・イオンを0.01M以下にうすめる。これはその濃度以上のクロール・イオンは樹脂への吸着を妨げるからである。次に溶液を、1MのNaOHを用い、ユニバーサル・インディケーターに対してpH 5に調整してアニオン交換樹脂であるDowex 50のカラムを通す。この際カルシウム塩はナトリウム化合物に置換される。ナトリウム塩に置換された液を三角フラスコに集め、チモール・ブルーを指示薬として、稀NH₄OH液を用いてpHを8.2にする。

上記溶液をDowex 1の樹脂層に吸着させ、ついで通常の方法により樹脂層よりヌクレオチドを溶出する。この際使用する液の組成ならびに容量は第1表に示す通りである。溶出液はフラクション・コレクターを用いて、

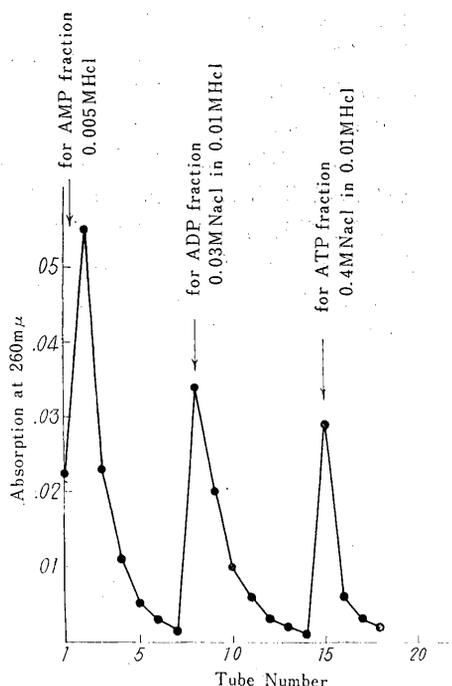
第1表 溶出液と樹脂の大きさ

AMP	0.005 M HCl	10 ml × 7
ADP	0.03 M NaCl in 0.01 M HCl	10 ml × 7
ATP	0.4 M NaCl in 0.01 M HCl	10 ml × 7
樹脂		
Dowex 50 × 2	200-400 mesh	
Dowex 1 × 2	200-400 mesh	

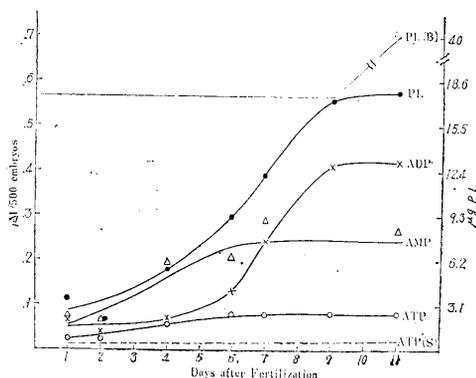
10 ml 毎に集め、各フラクションの260m μ における吸光度をBekman型の光電分光光度計にて測定し、ヌクレオチド量の換算にはSiekevitzらが用いているアデニンの13,500に対し、著者はアデノシンの15,000を分子吸光度として用いた。

結果

最初に方法の改変結果について述べる。この方法により試料中のヌクレオチドは完全にアニオン交換樹脂に吸着されるようになった。それは下記のごとくして証明される。Dowex 1に吸着させる際の残滓を第2のDowex 1のカラムを通し、この第2のカラムを、ATPのフラクションを溶出するために調整された液をもって溶出し、その流出液の吸光度を分光光度計でしらべてみる。かくしてこの際吸収がなければヌクレオチドは最初のカラムに吸着されたことになる。この方法による典型的溶出図を第1図に示す。



第1図 本法により得られた典型的溶出図



第2図 ヒメダカ発生中のアデノシンヌクレオチド含量の変化

ATP(S) = Siekevitzの法により得られたATP量

PI = ADPおよびATPの量より換算して得られた易分解磷酸量

PI(B) = Barthの法により得られたATP量

本法により測定せる、ヒメダカ (*Oryzias latipes*) の胚発生中のアデニン系ヌクレオチドの含有量の変化を第

2 図に示す。図示のごとくアデノシン一リン酸(AMP)は受精後第4日まで急激に増加する。その後平坦となり、第11日の孵化まで保たれる。ADPは最初は低く、受精後第6日から第9日の間に急に増加し、その後孵化まで増加はよまざる。ATPの含有量は胚発生の全期間を通じほぼ一定に保たれるが、ただ初期の5日間には多少の増加がみられる。第2図中にはADPとATPの分子量から計算により得た易分解性リン酸量の変化を比較のため示した。この曲線は絶対量を除外すれば、その形状はADPの曲線のそれに等しい。

論 議

本実験により、ヒメダカ (*Oryzias latipes*) の胚発生前のATP量はほぼ一定に保たれることが示された。同様な傾向は、孵化時の急速な増加を除いては Ishida et al. (1959年) の前報にもみられた。前報の場合は溶酸性抽出物の加水分解により得られるいわゆる“溶酸性7分P”をATPとみなしたので、ATP以外の有機リン酸化合物からのリン酸も含んでしまっていることになる。

胚発生前の形態的・機能的変化の激しさに反し、ATP量に変化のないことはむしろ奇異の感なきを得ない。

ATP量に変化のみられないのに反し、ADP量には発生前に顕著な変化がみられる。このADP量の変化は形態的、機能的分化に必要なエネルギーを供給する代謝の変化に対応するものと思われる。いわゆる7分Pと計算により得られた易分解性リン酸量との差はヌクレオチドのリン酸以外の有機リン酸化合物のリン酸によるものと思われる。

第2図中の点線は Siekevitz と Potter (1953) の方法により得られたATPの量を示す。この線は、現在の方法により得られた値を示す実線よりも下に位置する。この両線の差は吸着時の共有阻害の程度を示すものである。そしてそれは試料中に存する未知の共存阻害物によるものと思われる実験的証拠がある。Siekevitz らの方法により得られたAMPやADPの発生前の変化は図に示さなかったが、現法によるものよりも、発生前にともない激しい増減がみられたが、それは共存阻害物の増減の反映と思われるATPが比較的それら物質の影響を受けることが少なかったのは、3種のヌクレオチドのなかではATPが樹脂との親和力が最も強いからと考えられる。本法により採用されたカルシウムによる部分的精製法により、これら阻害物の影響をまったく排除することができる。

このようにしてADT, ATPの測定法が確立したの

で、今後この方法を用いて放射線の細胞代謝のエネルギー源に対する作用を追及して行きたい。

要 約

1. 組織抽出液を直ちにイオン交換クロマトグラフィーにかける前に、カルシウムによる部分的精製を行なうとアデニン系ヌクレオチドの分離・定量に好結果をもたらす。発生材料の場合にはこの未知の吸着を阻害する物質が多いので特に効果的である。
2. ヒメダカ (*Oryzias latipes*) の発生中の溶酸性のアデニン系ヌクレオチドを本報に報じた改良法を用いて測定した。
3. ATP量は発生前最初の5日間にはごく少し増加するが、全期間中はほとんど大きな変化がみられない。これに反しADPは発生につれて大きく変化する。
4. 従来の方と本法により得られた結果の差について論議した。

なお本論文につき1960年10月、日本動物学会大会において一部発表し、本年度中には Annot. Zool. Japon. に全文発表予定。

6. 被照射アルテミア卵ラジカルの ESR による測定

生物第2研究室

小川 英 行

生物第1研究室

岩崎 民 子

これまでの放射線物理、放射線高分子化学、放射線生物学の研究によって、電離放射線と生物体との相互作用の過程は、(電離・励起)→(衝突・エネルギー移動)→(遊離基の生成)という過程をたどり、これが生物学的過程に組み入れられて障害を起すと考えられている。

遊離生成までの過程については最近特にESRを使用している研究が盛んに行なわれるようになった。(W. Gordy et al., 1955, W. Gordy et al., 1960, L.G. Augenstein et al., 1960 等)

が、それと同時に放射線障害の機構を知る際に重要なことは、このようにして生じた遊離基が生物体の系のかなかではどのような振舞いをするかということである。この問題は非常に多岐にわたる研究を必要とするが、本年度は生物体を試料として用いる必要から高感度を要求するので、その機種を選定および文献調査、機械の操作方法等を研修した。ESRの設備をもって来年度から行なう研究の予備の実験として、放射線によって生じた遊離基の生物体中における崩壊と生物の機能に及ぼす効果と

の間の関係を調べてみた。

材料は、生じた遊離基が物理的要因でだけ崩壊させることができ、しかもその処理に十分耐え得るような生物を用いることの必要と、これまで放射線の効果については、種々研究されているので便利なアルテミア卵を用いた。そして食塩水に入れて発生を始めさせる以前に崩壊した遊離基が、この卵の孵化率に直接的な効果をもたらすかその手がかかりを得ることを目的として実験を行なった。

照射は ^{60}Co 3,000 c の線源を用い、12,200 r/min の条件で、10分、50分、100分照射。照射後、室温または dry-ice 中において東京工大に運搬し測定した。

ESRで測定の結果、照射量が高ければ生ずる遊離基の量も多くなり、10分照射にくらべて100分照射の方がはるかに多くの遊離基を生ずる。また同じ線量照射の場合には、遊離基の消滅は室温においた方が、dry-ice 中よりも速やかである。こうして生じた遊離基の寿命は相当長くて4日後でも十分な量の残存が認められる。しかし1ヵ月後には、測定にかからない量にまで減少する。遊離基の消滅の様相は初めほど大きく、時間の経つにしたがって減り方が小さくなる。

一方孵化率の方は、50分照射のもの

照射後 3.5hr	室温	21.9%
	Dry-ice	36.6%
照射後 2日	室温	11.9%
	Dry-ice	23.0%

また線量による孵化率の変化は、

対照	100%
10分照射(直後)	83.2%
10分照射(室温1ヵ月後)	23.5%
100分照射	0%

この結果から推測できることは、生成した遊離基の崩壊が障害を大きくするように働いているのではないかということである。しかし崩壊した遊離基のすべてがそういう効果をもつものかどうか、食塩水に入れる直前に残っている遊離基は効果をもたないのか、またこの測定装置では明確には存在を証明できなかったが、照射以前から存在しているかもしれない遊離基とのちがいはどうか、等の問題が残っている。これらの問題および基礎となる線量と遊離基生成、その崩壊率、それからこの卵でよく調べられている湿度との関係等の問題は次年度に継続される。

この実験の際に測定指導をしていただいた、化学研究部山崎秀郎氏に、また研究設備を使用することを許可さ

れた東工大志田教授に厚くお礼申上げる。

7. ショウジョウバエ諸系統における自然突然変異率の比較(予報)

遺伝第1研究室	
塩見敏男	
稲垣栄一	
橋弘子	
遺伝第2研究室	
安田徳一	

低線量において線量—突然変異率の関係を追及するためには、自然突然変異率ができるだけ低い系統を選ぶことが重要である。また、いろいろの場所の野生型が固有の自然発生突然変異率をもつかどうか興味ある問題である。こうした企図の一端として、研究所附近で採集したもの(Kurosuna)、ラドン泉として有名な増富附近で採集したもの(Masutomi)、およびOregon-RSの系統における自然発生突然変異率を求めた。

飼料は通常のイースト・黒砂糖・寒天培地を用いた。Oregon-RSはIsogenicにしたもの、Kurosuna, Masutomiはmass cultureのstockを用い検出法はMuller-5である。羽化2日後の雄における成熟精子について調査した。

結果は表のごとくである。自然突然変異率はOregon-RSで最も低くMasutomi, Kurosunaの順で増加している。

X染色体における劣性致死突然変異率

系 統	調査染色体数	致 死	突然変異率
Oregon-RS (iso)	5,349	15	0.280%
Kurosuna (mass)	7,189	31	0.431%
Masutomi (mass)	8,624	33	0.383%

しかし、この差は統計的に有意とはいえない。

こうした突然変異率の比較には、多くの問題が含まれる。Oregon-RSは長期実験室で飼育され、Isogenic系統として、sib-matingによるpair cultureを続けてきたものであり、Kurosunaは1年間研究室で飼育され、Masutomiは1~2代飼育繁殖させたものである。したがって遺伝的な自然突然変異検出のback groundは整っていないので、この点はさらに追求して整一な材料についてさらに実験する。またこうした比較には、劣性伴性致死のほか優性致死(孵化率)の比較も大切なので、この点も実験的に確かめたい。こうした点から、Iso-

Oregon-RS が自然突然変異率で最も低く、遺伝子組成の不整一な Kurosuna, Masutomi 系統が高いのは興味がある。

8. 産卵後の種々な時期における蚕の X 線誘発可視突然変異率

生物研究部長
仲尾善雄

蚕では卵は第一減数分裂の後期に産下され、第2減数分裂は産卵後 60 分にはじまる。雌雄両前核の合一はそれよりさらに 40 分後になる。いままで生殖細胞成熟過程の時期別の突然変異率はショウジョウバエ、蚕等において詳細に追求され、特に産卵後の種々な stage における突然変異率についてはショウジョウバエを材料として分析されている。蚕では産卵後時間別に数多くの卵を集めるのが容易なため、これを用いて実験し、その結果をショウジョウバエについて得られたものと比較することは興味ある問題である。

突然変異検出には可視因子を用いた。すなわち第V染色体上のピンク眼 (*pe*; 0.0) と赤眼 (*re*; 31.7) の両座位である。野生型の卵は黒色に着色 (正確には藤色) するが、*pe* は白卵、*re* は赤卵に着色する。野生型の雌に *pe re* の雄を交配し、この交配から生れる卵を、産卵後 0-40分、40-80分、80-120分、120-160分、160-200分の5つの時期別に集め、X線照射を行なった。X線は 80kVp, 4 mA, 177.5 r/min の条件で4分および8分照射を行なった。したがって線量は 710 r と 1,420 r とである。卵は適時浸酸処理を行ない、黒卵中の赤卵および白卵またはそのモザイク卵を着色時検出し、同時に致死時期も区分した。実験は2回繰返して行なった。

結果は第1表および第2表に示すとおりである。表から明らかとなり、可視座位 *pe* と *re* における突然変異率は一般に時間が経過するほど高くなる。しかし時期が進むとともに上昇するのは高線量の場合のみであって 710 r の場合にはほとんど時期の異なることによる変異率の変化はみられない。

このように、1,420 r と 710 r とで時期別の突然変異率が違った様相を示すことは奇妙な現象であって説明に困難であり、さらにこまかく実験を行なう必要がある。しかし次のような可能性も一応考えられる。すなわち、(1) 照射による突然変異誘発には回復があり、ちょうど 710 r と 1,420 r との間に回復可能と不可能との限界があり、一方は回復可能であるが他方ではそれが不可能と

第 1 表

時期	線量r	総数	孵化	後死	着死	初死	変異卵	変異率
Control		4,895	3,578	107	164	1,044	2	0.052
0~40	710	2,036	1,853	56	55	65	7	0.355
〃	1,420	2,328	1,994	144	126	50	13	0.571
40~80	710	1,423	1,247	91	50	30	4	0.287
〃	1,420	1,422	1,117	173	86	39	5	0.362
80~120	710	1,209	1,020	108	44	30	6	0.509
〃	1,420	1,870	944	534	280	102	10	0.566
120~160	710	1,351	1,148	110	52	37	4	0.304
〃	1,420	1,591	907	365	231	64	21	1.37
160~200		2,466	1,990	295	78	99	3	0.127
〃	1,420	2,801	1,221	884	557	72	67	2.45

i) 突然変異率は着色卵総数について求めた、すなわち、

$$\text{変異率} = \frac{\text{変異卵}}{\text{総数} - \text{初期死卵}}$$

ii) 後死は催青死卵、着死は着色死卵、初死は初期(着色前)死卵+不受精卵

iii) 変異卵は *pe* 及び *re* 両座位の合計である。

第 2 表

時期	線量r	総数	孵化	後死	着死	初死	変異卵	変異率
0~40	710	1,686	1,558	59	23	43	2	0.122
〃	1,420	1,936	1,561	218	69	80	5	0.269
40~80	710	1,035	917	61	17	38	2	0.201
〃	1,420	1,389	1,133	145	68	40	2	0.148
80~120	710	1,087	952	93	20	20	1	0.094
〃	1,420	1,232	637	345	163	84	3	0.263
120~160	710	1,123	934	120	46	20	3	0.272
〃	1,420	1,670	959	427	165	99	19	1.21
160~200	710	1,646	1,439	114	25	67	1	0.063
〃	1,420	1,954	1,028	610	235	62		1.004

註は第1表に同じ。

考えるか、(2) 多くの雌を用いて卵を集めているので比較している産卵時期でずれがあって、種々な時期の40分間という産卵時間に対する卵の産卵分布がひじょうに片寄っているのが原因であるか、(3)モザイクの現われ方が低線量では遅く、したがって小さいので見逃されるかのいずれかの理由が考えられる。いずれにしも、この点はさらに明確にする必要がある。

〔研究発表〕

仲尾善雄；産卵後の種々な時期における蚕のX線誘発可視突然変異率 第II報，日本遺伝学会第32回大会（1960年11月）

9. X線による蚕卵発生抑制に対する化学的保護

遺伝第1研究室

稲垣栄一

仲尾善雄*

*印生物研究部長

種々の化学的保護剤が、X線による蚕卵の抑制に有効であるかどうかをしらべた。いままでたびたび述べたように無脊椎動物を材料とするこの種の実験がひじょうに少なく、また有効であるとの実験例はさらに少ないのでこの点多くの実験例を集積することが保護作用の機構を考察する上にも望まれるわけである。

保護剤としては哺乳類で有効なことのよく検討されているAET, MEAと、ほかにDNPを用いた。産卵後種々な時間後の蚕卵を、いろいろな濃度のこれら薬液中に浸漬し（通常1時間）、その後直ちにX線照射した。X線は200kVp, 19mA, 1mmAl F. S. D. 40cm 256 r/min の条件で照射し、線量もいろいろなものを用

いた。発生卵は適時塩酸孵化法により孵化せしめて調査した。また実験は何回か繰返した。

結果は表に示した通りである。

Stage	処 理	着色・初期死卵	早期死卵	点青死卵	催青死卵	孵 化	不受精卵
0~60	8,000rのみ	475	—	—	—	—	754
60~120	〃	353	1	—	—	—	1,097
120~180	〃	211	—	—	—	—	441
180~240	〃	102	—	—	—	—	321
計	(卵数8,755)	1,141	1				(86.96%) 7,613
0~60	0.05% ME A + 8,000r	399	—	—	—	—	1,251
60~120	〃	256	—	—	—	—	1,274
120~180	〃	80	—	—	—	—	815
180~240	〃	79	—	—	—	—	257
計	(卵数4,411)	814					(81.55%) 3,597
0~60	0.1% ME A + 8,000r	294	—	—	—	—	947
60~120	〃	362	34	—	—	—	1,177
120~180	〃	143	—	—	—	—	555
180~240	〃	165	—	—	—	—	498
計	(卵数4,175)	964	34				(76.09%) 3,177

280kVp, 10mA, F.S.D. 30cm no filter 210r/min
40分 8,000r

Stage	処 理	着色・初期死卵	早期死卵	点青死卵	催青死卵	孵 化	不受精卵
0~60	8,000rのみ	403	—	—	—	—	708
60~120		34	—	—	—	—	597
120~180		117	2	—	—	—	269
計	(卵数 2,130)	554	2	—	—	—	(73.89%) 1,574
0~60	0.05% ME A + 8,000r	500	—	—	—	—	884
60~120	〃	45	48	—	—	—	627
120~180	〃	52	19	—	—	—	386
計	(卵数 2,561)	597	67	—	—	—	(74.07%) 1,897

0~60	0.1%MEA +8,000r	313	449	—	—	—	464
60~120	〃	184	67	—	—	—	446
120~180	〃	27	30	—	—	—	318
計	(卵数 2,480)	524	546	—	—	—	(56.85%) 1,410
対 照	(1)	(0.91)	(17.56)	(5.36)	(7.79)	(66.12)	(2.25)
		72	1,380	421	612	5,195	177
	(2)	(0.43)	(1.13)	(4.97)	(4.79)	(85.25)	(3.44)
		23	61	269	259	4,612	186

280kVp 10mA, F. S. D. 30cm no filter 210r/min 8,000r

この二つの表からMEAはひじょうにかすかではあるがと考えられる。
が蚕卵の発生に対するX線の障害から卵を保護する作用

Stage	処 理	着色・ 初期死卵	早期死卵	点青死卵	催青死卵	孵 化	不受精卵	計
0~30	10 ⁻² M AET+4,000r	63	295	442	489	98	26	
30~60	〃	22	125	486	289	53	44	
60~90	〃	42	229	372	447	23	45	
90~120	〃	12	98	234	152	79	13	
120~150	〃	4	96	240	68	7	28	
150~180	〃	21	98	167	75	15	57	
計		(3.24) 164	(18.62) 941	(37.87) 1,941	(30.01) 1,520	(5.44) 275	(4.21) 213	5,054
0~30	4,000 r のみ	35	327	342	374	89	31	
30~60	〃	9	260	359	521	50	45	
60~90	〃	5	102	372	505	56	41	
90~120	〃	27	115	189	241	22	34	
120~150	〃	4	42	74	127	23	20	
150~180	〃	11	90	130	123	11	29	
計		(2.10) 91	(21.62) 936	(33.86) 1,466	(32.01) 1,386	(5.80) 251	(4.62) 200	4,370
0~30	10 ⁻² M AET のみ	1	40	6	5	351	2	
30~60	〃	3	62	14	55	714	3	
60~90	〃	3	29	9	22	502	11	
90~120	〃	10	16	11	13	242	5	

120~150	〃	3	31	2	23	184	11	
150~180	〃	7	10	—	12	126	6	
計		(1.07) 27	(7.39) 188	(1.65) 42	(5.11) 130	(83.29) 2,119	(1.49) 38	2,544
0~30	Cont	2	58	10	22	571	3	
30~60	〃	1	54	28	39	719	7	
60~90	〃	3	68	7	24	323	11	
90~120	〃	1	12	16	12	183	7	
120~150	〃	—	10	3	9	73	4	
150~180	〃	5	4	5	5	89	9	
計		(0.50) 12	(8.52) 206	(2.85) 69	(4.59) 111	(81.84) 1,978	(1.69) 41	2,417

200kVp 19mA 1mm Al F.S.D. 40cm 250 r/min 16分

	着色・ 初期死卵	早期 死卵	点青 卵	催青 卵	孵化卵	不 受 卵
0' ~ 30'	10 ⁻³ M DN P 4,000r	—	457	—	—	—
	0% 4,000r	3	21	37	6	4
	10 ⁻³ M DNP 0r	—	162	—	1	—
	0% 0r	—	—	2	239	9
30' ~ 60'	10 ⁻³ M DN P 4,000r	—	712	4	—	11
	0% 4,000r	2	170	178	21	13
	10 ⁻³ M DNP 0r	22	238	—	16	91
	0% 0r	2	9	3	331	7
60' ~ 90'	10 ⁻³ M DN P 4,000r	—	969	5	—	95
	0% 4,000r	22	183	411	17	15
	10 ⁻³ M DNP 0r	—	649	—	5	67
	0% 0r	8	12	14	980	14
90' ~ 120'	10 ⁻³ M DN P 4,000r	—	661	—	—	3
	0% 4,000r	8	116	202	20	15
	10 ⁻³ M DNP 0r	—	625	—	—	31
	0% 0r	4	3	—	587	6

120' ~ 150'	10 ⁻³ M DN P 4,000r	—	794	—	—	104
	0% 0r	8	192	273	18	11
	10 ⁻³ M DNP 0r	—	237	—	6	—
150' ~ 180'	0% 0r	5	—	3	227	9
	10 ⁻³ M DN P 4,000r	—	419	—	—	97
	0% 4,000r	1	24	127	26	11
180' ~ 210'	10 ⁻³ M DNP 0r	—	232	—	—	13
	10 ⁻³ M DN P 4,000r	32	117	19	4	8
	0% 4,000r	7	74	139	48	6
	10 ⁻³ M DNP 0r	57	37	—	39	5
	0% 0r	—	3	17	116	2

このように産下卵を材料にすると、MEAは僅かに有効であり、10⁻³M AETは無効、10⁻³M DNPも無効である。

この問題には Check しなければならぬいろいろの点が含まれる。第一は薬剤の浸透の度である。どの程度の早さと濃度でMEAやDNP、AETが卵のなかに入る

かをしらべなければならない。第二はこれら薬剤による発生遅延であって、その程度を知らなければ対照を正しく取ることはできない。第三は発生時期を考へてきめた時期に大量の実験を行なわなければ、本実験のごとき合計のやり方に問題が含まれる。

10. X線照射による精子形成過程への障害の化学的保護

遺伝第1研究室

稲垣栄一

仲尾善雄*

*印生物研究部長

成熟精子や産下された卵では、細胞は極めて特殊の状態にあるため、放射線作用の保護実験を行なった場合に問題が多くなる。たとえば前者では細胞質をほとんどみならず、後者では卵膜が透過について問題となる。

本実験は精子形成の初期(精原細胞)の放射線障害に対する化学物質の保護効果をみたもので、実験例数はまだ極めて少ないが予報的に報告する。

5令の2日目くらいの蚕に(雄) 10^{-4} M DNP, 10^{-3} M AET または蚕のリンガ液を 0.05ml 生殖巣の部位に注射し, 200kVp, 19mA, 1mmAl filter, F. S. D. 40cm 256 r/min の条件で 2,000r 照射した。この雄をそのまま飼育し、発蛾後雌蛾に交尾させてその産む卵をしらべた。(卵は浸酸処理を行なう。)

研究結果は表に示す通りである。

例数が少ないため結論的なことをいうのは不可能であ

処 理	蛾数	着色初期死卵	正常卵	不精卵	総数	受精歩合
10^{-3} M AET +2,000r ♂	7	21	61	1,039	1,121	7.31
10^{-4} M DNP +2,000r ♂	6	92	2	1,222	1,316	7.14
Ringer +2,000r ♂	5	56	3	1,245	1,304	95.48
10^{-3} M AET +2,000r ♀	1	1	30	25	56	55.36
10^{-4} M DNP +2,000r ♀	7	31	1,549	608	2,188	72.21
Ringer +2,000r ♀	4	15	795	585	1,395	58.06
10^{-3} M AET ♀	4	9	1,768	51	1,828	97.21
10^{-4} M DNP ♂	4	38	287	98	423	76.83
Ringer ♂	6	10	2,308	100	2,418	95.86
♀	6	19	2,205	121	2,345	94.84

るが、 10^{-4} M DNP には僅かに保護効果がみられるようにみえるが、♂の場合には相乗効果がみられる。

明確な結論を得るためには、さらに例数を増すことが必要であると思われる。

11. 低線量放射線と誘発突然変異との関係についての研究 I 実験計画

遺伝第2研究室

安田徳一

放射線量と誘発される突然変異率が直線的関係をするとは、よく知られた事実であるが、W.P. Spencer & C. Stern (Genetics, 33: 43-74; 1948) [以下(s.s)として引用する]はキイロショウジョウバエ(Canton S系統)を用いてこの関係が25rまで成立することを明らかにした。

最近、線量-効果の関係で限界線量(Threshold)が関心事となっている。しかもそれは25rを下廻るところで議論されるので、はたしてこの直線関係がどのくらいの低線量にまで拡張できるかを調べることは、緊急に大切な問題となっている。しかしこうした低線量の問題は、自然発生のもとの差を見出すことが困難であり、十分な数を用いなければ成功はむづかしい。それ故に、あらかじめ統計的に有意な差を生じ得る実験規模を求めることが大切である。この論文の目的は、8rの線量までこの直線関係が成立するかどうかをしらべるために必要な調査染色体数を統計的に決定することにある。考え方として、(s.s)の得た直線を8rまで延長した直線を考え、この直線上にのるかからないかを決定するために必要な調査染色体数を求めた。この考え方は遺伝学研究所の木村資生博士の示唆によるもので、この研究の終始を通じて御教示をいただいた同博士に厚くお礼申し上げる。

実験はキイロショウジョウバエCanton S系統を遺伝的に均一にし(Isogenicにする)、Muller-5法により染色体あたり誘発致死突然変異率を求める。実験方法としては、(i)対照群および1,000, 2,000, 3,000, 4,000の各線量(単位r)を与えた各群について、それぞれ突然変異率を調べ(s.s)の一次式が成立するかを調べる。(ii)対照群および8, 15, 25の各線量をそれぞれ照射した群について突然変異率を調べ、(s.s)の一次関係がこの領域でも成立するかどうかを調べる。

線量-突然変異率の関係は次のように示される。

$$(1) \quad p = A + B \cdot d$$

ここに p は突然変異率, d は放射線量, A は自然突然変異率, B は単位線量あたりの誘発突然変異率 (Mutation Constant) を示す。(s.s.) では A, B の最尤推定値がそれぞれ $1.0 \times 10^{-3}, 2.0 \times 10^{-5}$ である。

調査染色体を推定するのに大切な B の最尤推定値 \hat{B} および分散 σ_B^2 は, 最尤法を用いて, 次のように示される。

$$(2) \quad \hat{B} = \frac{\sum n_i (d_i - \bar{d}) (\bar{p}_i - \bar{p})}{\sum n_i (d_i - \bar{d})^2}$$

$$(3) \quad \sigma_B^2 = \frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\sum n_i (d_i - \bar{d})^2}$$

ここに d_i は照射する線量をあらわし, n_i は調査すべき染色体数である。 \bar{p} および \bar{d} は, 各群についての荷重平均である。(s.s.) の資料では $\hat{B} = 2.0 \times 10^{-5}, \sigma_B = 0.6 \times 10^{-7}$

第一段階の実験規模は, 直線の勾配 B の標準偏差から推定する。 B の95%信頼区間はほぼ

$$(\hat{B} - 2\sigma_B, \hat{B} + 2\sigma_B)$$

であるから, 目標精度として $2\sigma_B$ をどの程度までみとめるかを諸条件からあらかじめ設定する。これは勾配 B がどの程度ずれてもやむを得ないかをあらかじめ定めることを意味する。許容誤差を ϵ とすると,

$$(4) \quad 2\sigma_B \leq \epsilon$$

突然変異染色体の観察数を各群同数だけみるものとする, その数を n として

$$(5) \quad n = n_i p_i$$

(3), (4), (5)より

$$(6) \quad n \geq \frac{4\bar{p}}{\epsilon^2 \hat{B}^2 \sum p_i^{-1} (d_i - \bar{d})^2}$$

調査すべき染色体数を N であらわせば,

$$(7) \quad N = \sum n_i = n \sum p_i^{-1}$$

(s.s.) の場合は,

$$\bar{p} = 4.1 \times 10^{-3}, \bar{d} = 2 \times 10^3$$

$$\sum p_i^{-1} (d_i - \bar{d})^2 = 4.19 \times 10^9 \quad \sum p_i^{-1} = 1.1 \times 10^3$$

したがって, (7)より

$$(8) \quad n \geq \frac{98 \times 10^{-4}}{\epsilon^2}$$

許容誤差 ϵ を3~1%くらいにとると, 各群で, 最低必要な観察数 n は, $\epsilon = 0.03$ で $n = 11$, $\epsilon = 0.02$ で $n = 25$, $\epsilon = 0.01$ で $n = 98$ 等々である。これを用いて, 各群につき最低調査染色体数が求まる。第1表はこれを計算したものでわれわれの場合, 諸条件より考えて, $\epsilon = 0.02$ として, 1,000, 2,000, 3,000 および 4,000の各線量について調べるのに, 対照群とともに少なくとも30,000本の調査を必要とする。

の調査を必要とする。

第1表 高線量域における調査染色体数

線量 (d_i)	突然変異率 (p_i)	n_i		
		$\epsilon = 0.03$	$\epsilon = 0.02$	$\epsilon = 0.01$
(r)	($\times 10^{-3}$)			
Control	1.0	11,000	250,000	980,000
1,000	21.0	524	1,191	4,667
2,000	41.0	269	610	2,391
3,000	61.0	181	410	1,607
4,000	81.0	136	309	1,210
	総計 N	12,110	27,520	107,875
	$N = n \sum p_i^{-1}$	12,100	27,500	107,800

許容誤差 ϵ に対して, 各群どれだけ染色体を調査すべきかを示してある。

われわれの実験の目的である低線量域では, その直線関係を調べるのに次のようにして行なう。25~4,000 r の範囲で成立している一次式の勾配 $B = \hat{B}$ を対立仮説 H_1 とし, 帰無仮説 H_0 として $B = 0$ と取る。これは高線量域の直線が $0 \sim 25r$ の範囲ではあてはまらないと仮定して実験を行ない, 結果が H_0 を棄却することになれば, (s.s.) の直線がそのまま低線量域でも成立することと判断し, H_0 を棄却できないならば, 低線量域では, 直線がそのまま, 延長できぬと判断することである。

実験精度として, 第一種の誤りの確率 (これは, ほんとうは H_0 が正しいが実験の結果, 棄却する確率) を5%, 検定力 (これは第二種の誤りをしない確率で, 第二種の誤りとは, ほんとうは H_0 が正しくないのに, 実験の結果棄却しない誤り) を90%とする。この精度のとり方は生物実験一般にみとめられている大きさである。

二つの仮説 H_0, H_1 でみられる B の差をそれぞれの仮説で得られる分布の標準偏差をもちいてあらわせば (第1図を参照),

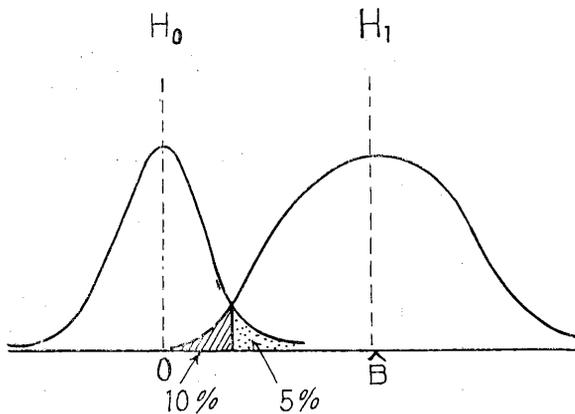
$$1.65 \sigma_{B_0} + 1.28 \sigma_{B_1} = \hat{B}$$

ここに

$$\sigma_{B_0}^2 = \frac{\bar{p}_0(1-\bar{p}_0)}{\sum n_i (d_i - \bar{d})^2}$$

$$\sigma_{B_1}^2 = \frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\sum n_i (d_i - \bar{d})^2}$$

であり, それぞれの仮定で得られる分布は, 正規分布を



第1図 二つの仮説による分布の関係
 左の分布は仮説 H_0 のもとで得られるもの、右の分布は仮説 H_1 のもとで得られるもの、両者の平均値および第一種の誤差 (5%) と検定力 (90%) との関係を示してある。

している。これらより

$$(9) \quad n = \frac{(1.65\bar{p}_0 + 1.28\bar{p}_1)^2}{B^2 \sum p_i^{-1} (d_i - \bar{d})^2}$$

および

$$N = \sum n_i = n \sum p_i^{-1}$$

から必要とする染色体数を求めることができる。(s.s) の資料からは、

$$\begin{aligned} \bar{p}_0 &= 10^{-5}, & \bar{p} &= 12.4 \times 10^{-4} \\ \bar{d} &= 12, & \sum p_i^{-1} (d_i - \bar{d})^2 &= 27.8 \times 10^4 \end{aligned}$$

したがって(9)より、観察すべき染色体数 n は

$$n = 83$$

だから、各線量について必要な、調査染色体数は第2表のようになる。

第2表 低線量域における調査染色体数

線量 (d_i)	期待突然変異率 (p_i)	調査染色体数
Control	$10 (\times 10^{-4})$	83,000
8 (r)	11.6	72,000
15	13	64,000
25	15	56,000
		N=275,000

第一種の誤りの確率 5%, 検定力 90% のとき、調べるべき染色体数を推定してある。

これより、およそ統計 300,000 本の染色体を調査することによって、最初に定めた精度で結果を得ることができる。

以上の考察は、(s.s) の資料を土台にして、まったく統計的な立場より考察した結果であって、さらに混入する可能性のある誤差を考察に入れると、これ以上の数を調べて、はじめて統計的に明確な結論を期待し得る。したがって 30 万本は調べるべき最低数であるといえよう。限界線量の有無については、この実験の結果高線量域の直線が、低線量域まで延長できぬと判断された際に、さらに詳しく分析すべき問題であって、この実験では、あくまでも高線量域の直線が低線量域でも成立するかどうかを調べるのが目的である。

12. Isogenic 集団における有害突然変異遺伝子の蓄積についての理論的考察

遺伝第2研究室

安田 徳一

シヨウジョウバエを用いて実験を行なうにあたって、遺伝的背景を均一にするため、材料を Isogenic にすることがある。そしてしばしば、何年前に Isogenic 系統にしたことがよく報告されている。しかしこの Isogenic な集団は何世代にもわたって飼育されている間に、当然、突然変異、自然淘汰、交配様式等の要因によってそれは乱される筈である。したがって突然変異遺伝子がどのようにして Isogenic 系統に蓄積されていくかを考察することは、人類をも含めて、2 倍体生物集団中に蓄積される突然変異遺伝子の過程とあいまって、興味ある問題である。さらに、現在、われわれの研究部で行なっている低線量—突然変異率の関係についての実験とも関連している。すなわち、Isogenic の状態がどうなっていくかにより、世代による状態の推移から、突然変異率算出に必要な補正が、どの程度大切なものかを推定することも可能である。ここではもっと簡単な場合として、十分大きな集団をとりあげ、集団内では、任意交配が行なわれているとし、遺伝子頻度に変化を起す要因として、自然淘汰と突然変異を考える。突然変異遺伝子が保有される機構については古典仮説 (Dobzhansky, Th. Cold. Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology 20: pp 1—15; 1955) をとる。

常染色体上の遺伝子について

実際に観察される突然変異率は染色体あたりで調べる

ことが多い。したがって、ここでは染色体を2種類にわけて、一方の染色体の頻度増加の様子を調べる。

正常(野生型)遺伝子からなる染色体Aの頻度を $1-x$ 、少なくとも1つの有害遺伝子をもって染色体A'(有害染色体)の頻度を x とすると、接合体の頻度および淘汰値は次のように表わされる。

接合体	頻度	淘汰値
AA	$(1-x)^2$	1
AA'	$2x(1-x)$	$1-hs$
A'A'	x^2	$1-s$

ここに $0 \leq hs \leq s$

一世代あたりの有害染色体A'の頻度変化量 Δx は

$$(1) \quad \Delta x = (1-x)\mu - sx(1-x)\{h + (1-2h)x\}$$

平衡状態にいたったとき $\Delta x = 0$ 、その状態におけるA'の頻度 \hat{x} は、

$$(2) \quad \hat{x} = \frac{-sh + \sqrt{4\mu s(1-2h) + s^2 h^2}}{2s(1-2h)}$$

平衡頻度 \hat{x} にいたるまでの過程は(1)より、ほぼ次の微分方程式の解で与えられる。

$$(3) \quad \frac{dx}{dt} = (1-x)[\mu - sx\{h + (1-2h)x\}]$$

初期条件は $t=0$ で $x=0$ 。すなわち、最初の状態では有害染色体はまったくないとする。これは、最初の状態がIsogenicであるということから当然のことである。この状態から出発して、頻度 \hat{x} にいたる過程は、

$$(4) \quad t = \frac{1}{s(1-2h)} \left[\frac{\log(1-x_t)}{(1-\hat{x})(1+\hat{x})} - \frac{\log(\hat{x}+x_t)}{(1-\hat{x})(\hat{x}+\hat{x})} + \frac{\log(\bar{x}+x_t)}{(1+\hat{x})(\hat{x}+\hat{x})} + \frac{\log \hat{x}}{(\hat{x}+\hat{x})(1+\hat{x})} - \frac{\log \bar{x}}{(\hat{x}+\hat{x})(1+\hat{x})} \right]$$

で考えられる。ここに対数は自然対数であり、

$$\bar{x} = \frac{sh + \sqrt{4\mu s(1-sh) + s^2 h^2}}{2s(1-2h)}$$

である。

キイロショウジョウバエの第II染色体について、致死および半致死突然変異率が0.3~0.7%なることが実験で示されており、したがって $\mu=0.005$ として s, h のいろいろな値に対して \hat{x} を求め(第1表)、 $h=0.04$ の際、どのようにして蓄積が行なわれるかを計算した。(第2表)

第1表は、十分世代が経過したのちに、どの程度の頻度で、有害染色体が保有されるかを表わしており、第2表ではこの程度のパラメーター($\mu=0.005, h=0.04$)に対して、最初の5世代は s の大きさに関係なく、2%ほどの有害染色体が蓄積されることを示している。

第1表 有害染色体の平衡頻度

$s \backslash h$	0.00	0.01	0.04	0.05	1.00
0.50	0.100	0.096	0.084	0.078	0.010
0.60	0.091	0.087	0.075	0.072	0.009
0.70	0.084	0.080	0.069	0.065	0.008
0.80	0.079	0.074	0.064	0.060	0.007
0.90	0.074	0.070	0.056	0.055	0.006
1.00	0.070	0.066	0.051	0.051	0.005

s : 淘汰係数, h : 優性の度合, ただし突然変異率 $\mu=0.005$ /染色体

第2表 有害染色体の蓄積過程($\mu=0.005, h=0.04, x_t$ に達するまでの世代数で与えてある。)

$s \backslash x_t$	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
0.00	0	0	0	0	0	0
0.01	3	3	3	3	3	3
0.02	5	5	5	5	5	5
0.03	7	7	8	8	8	8
0.04	10	10	11	12	13	13
0.05	13	14	15	18	21	21
0.06	18	19	22	37	—	—
0.07	24	30	—	—	—	—
0.08	37	—	—	—	—	—
0.09	—	—	—	—	—	—

性染色体上の遺伝子について

キイロショウジョウバエのように雄がXY型、雌がXX型の生物について、有害染色体の頻度変化は次のようになる。集団中における雄での有害染色体の頻度を x 、雌でのそれを y とする。受精直後の接合体の頻度および各淘汰値は次のようになる。

接合体	頻度	淘汰値
♀ AA	$(1-x)(1-y)$	1
AA'	$x(1-x)+y(1-x)$	$1-hs$
A'A'	xy	$1-s$

$$\delta \quad \begin{array}{ccc} A & 1-x & 1 \\ A' & x & 1-s' \end{array}$$

一世代あたりの有害染色体 A' の頻度変化量は雄, 雌において, それぞれ dx , dy で示せば,

$$(5) \quad dx = \frac{(1-s')y}{1-s'y} - x + (1-x)\mu'$$

$$(6) \quad dy = \frac{\frac{1-hs}{2}(x+y-2xy) + (1-s)xy}{1-s[h(x+y-2xy)+xy]} - y + (1-y)\mu$$

ここに μ , μ' はそれぞれ雌雄における A から A' の突然変異率である。

有害染色体の頻度が低い状態では, 近似的に,

$$(7) \quad dx = (1-s')y - x + (1-x)\mu'$$

$$(8) \quad dy = \frac{1-hs}{2}(x+y) - y + (1-y)\mu$$

平衡頻度は $dx=dy=0$ で与えられ, それを \hat{x} , \hat{y} であらわすと,

$$(9) \quad \begin{cases} (1-s')\hat{y} - (1+\mu')\hat{x} + \mu' = 0 \\ \left[\frac{1-hs}{2} - (1+\mu) \right] \hat{y} - \frac{1-hs}{2} \hat{x} + \mu = 0 \end{cases}$$

の解で与えられる。(第3表を参照)

平衡状態にいたるまでの過程は, ほぼ(7)(8)の連立定差方程式の解で与えられる。初期条件は $t=0$ で $x=y=0$, t 世代目における頻度を x_t , y_t とあらわすと,

$$(10) \quad x_t = \hat{x} + C_1 \lambda_1^t + C_2 \lambda_2^t$$

$$(11) \quad y_t = \hat{y} + \frac{\lambda_1 + \mu}{1-s'} C_1 \lambda_1^t + \frac{\lambda_2 + \mu}{1-s'} C_2 \lambda_2^t \quad (s' \neq 1)$$

ここに λ_1 , λ_2 は,

$$2\lambda^2 - (1-sh-4\mu)\lambda - (1-sh)(1-s'-\mu') = 0$$

の2根であり, C は初期条件で定まる定数で, ここでは

$$(12) \quad C_1 = \frac{(1-s')\hat{y} - (\lambda_2 + \mu)\hat{x}}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

$$C_2 = \frac{(\lambda_1 + \mu)\hat{x} - (1-s')\hat{y}}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

となる。

$s'=1$, すなわち雄が劣性致死の場合は, (5)(6)より

$$(13) \quad \hat{x}_t = \hat{x} \{1 - (-\mu')^t\}$$

$$(14) \quad \hat{y}_t = \hat{y} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{1-sh-2\mu}{2} \right)^t \right\} - \frac{(1-sh)\hat{x}}{1-sh-2(\mu-\mu')} \left\{ \left(\frac{1-sh-2\mu}{2} \right)^t - (-\mu')^t \right\}$$

第3表に, $\mu=\mu'=0.015$, $h=0.04$, $s=s'$ のとき, s の変化により, 平衡頻度, 増殖率 λ および各世代における有害染色体の頻度を与える式を示した。劣性致死が雄でみられる場合 ($s'=1$), 雄では第1代ではやくも平衡

に達するが, 雌では5世代経たてからはじめて平衡に達することがわかる。(第3表)

第3表 有害性染色体の蓄積について

s	\hat{x}	\hat{y}	λ_1	λ_2
0.5	0.053	0.078	0.720	-0.260
0.6	0.041	0.066	0.544	-0.086
0.7	0.032	0.057	0.522	-0.066
0.8	0.025	0.051	0.498	-0.044
0.9	0.019	0.045	0.473	-0.021
1.0	0.015	0.041	—	—

s	x_t	y_t
0.5	$0.053(1-\lambda_1^t)$	$0.078(1-\lambda_1^t)$
0.6	$0.041 - 0.046\lambda_1^t + 0.005\lambda_2^t$	$0.066 - 0.064\lambda_1^t - 0.002\lambda_2^t$
0.7	$0.032(1-\lambda_1^t)$	$0.057(1-\lambda_1^t)$
0.8	$0.025 - 0.020\lambda_1^t - 0.005\lambda_2^t$	$0.051(1-\lambda_1^t)$
0.9	$0.019 - 0.009\lambda_1^t - 0.01\lambda_2^t$	$0.045(1-\lambda_1^t)$
1.0	$0.015 - (0.015)^{t+1}$	$0.041 - 0.056(0.465)^t + (-1)^t(0.015)^{t+1}$

s : 淘汰係数, \hat{x} : 雄の平衡頻度, \hat{y} : 雌の平衡頻度
 λ_1, λ_2 変化率, x_t, y_t , 雄, 雌における t 世代目における有害染色体の頻度。

以上の考察により, 常染色体上の遺伝子の平衡頻度はその有害さの程度にかなり影響を受けることがいえる。しかしながら, 最初の数世代の間は, その有害さの程度によらず, ほぼ一定の割合で蓄積が行なわれることがみられる。ただし, 突然変異率および優性の度合は毎代一定としている。

この研究において, 性染色体接合頻度を求める際, 国立遺伝学研究所の木村資生博士より貴重な御指導をいただいた。ここに厚くお礼申し上げる。

Ⅵ 生理病理研究部

概 況

このような名称が、当研究所において、いかなる具体的内容を意味するかの明確な定義は見当らない。それは一面臨床研究とほとんど同義語と理解されると同時に、他面実験動物による問題の解決を意味するならば、脊椎動物の生物学とわずかに一線を画すにすぎない。しかしながら要は研究方法にあるのではなく、研究テーマの取り上げ方にあるといえる。当研究所の設立主旨が放射線による人体障害の実態の把握とその予防ならびに治療の探究と、放射線の医学的利用にあるのである以上、生理病理研究部の使命は臨床活動（附属病院を場とする）と基礎研究（医学的）の両面に、極めて広い分野を担当することになる。したがってここでは広く医学の各分野に視野のとどく指導のもとに上記の両面に渉る研究が行なわれるのであって、内部機構と人員構成もまたこの方針に沿って計画推進せられてきた。すなわち生理部（1室）と病理部（2室）が今日のところ医学者である部長（病理）のもとにあり、生理部には1室長（MD）、2研究員（PhD）およびほかに2人の室員より成り、病理部は3研究員（MD）および3室員によって運営されている（昭和36年度）。しかしながら全体として現在の研究テーマならびにその発展方向からみて、両室とも人員の不足はおおい難く、今日でも研究の展開はこれを遂行する人員の不足によって明らかに阻止せられようとしている現況である。

両室の研究テーマの個々の内容については後述されるが、生理部は主として基礎医学における内分泌系の変動を放射線障害において追求し、病理部は臨床と基礎と両面に涉って研究網を拡げている。すなわち病理部はその学問上の必然から臨床との結びつきが強く、義務として病理解剖（剖検）と生検手術材料の検査は担当しなければならず、このほかに基礎研究の遂行が課せられている。またこのほかに障害臨床その他の研究部との協同研究の処理などが行なわれる。

両室の設備の内容は、一般に設立の早い生理部は比較

的充実の度が早いのに反し、病理部は事実上の発足が昭和35年であったため、機械器具の整備が遅れている。しかしながら明年度においては一般病理検査設備のほかに電子顕微鏡、Radioautograph、組織培養が発足しうよう予算要求せられるであろう。

研究成果は設立の比較的古い生理部においては逐次発表せられて斯界に対する寄与も大きいのが、病理部は昭和36年度末にいたって大体の人事がまとまったところで、実際の研究着手は昭和36年以降に行なわれるであろう。

（竹内 正）

1. 放射線の内分泌機能に及ぼす影響に関する研究

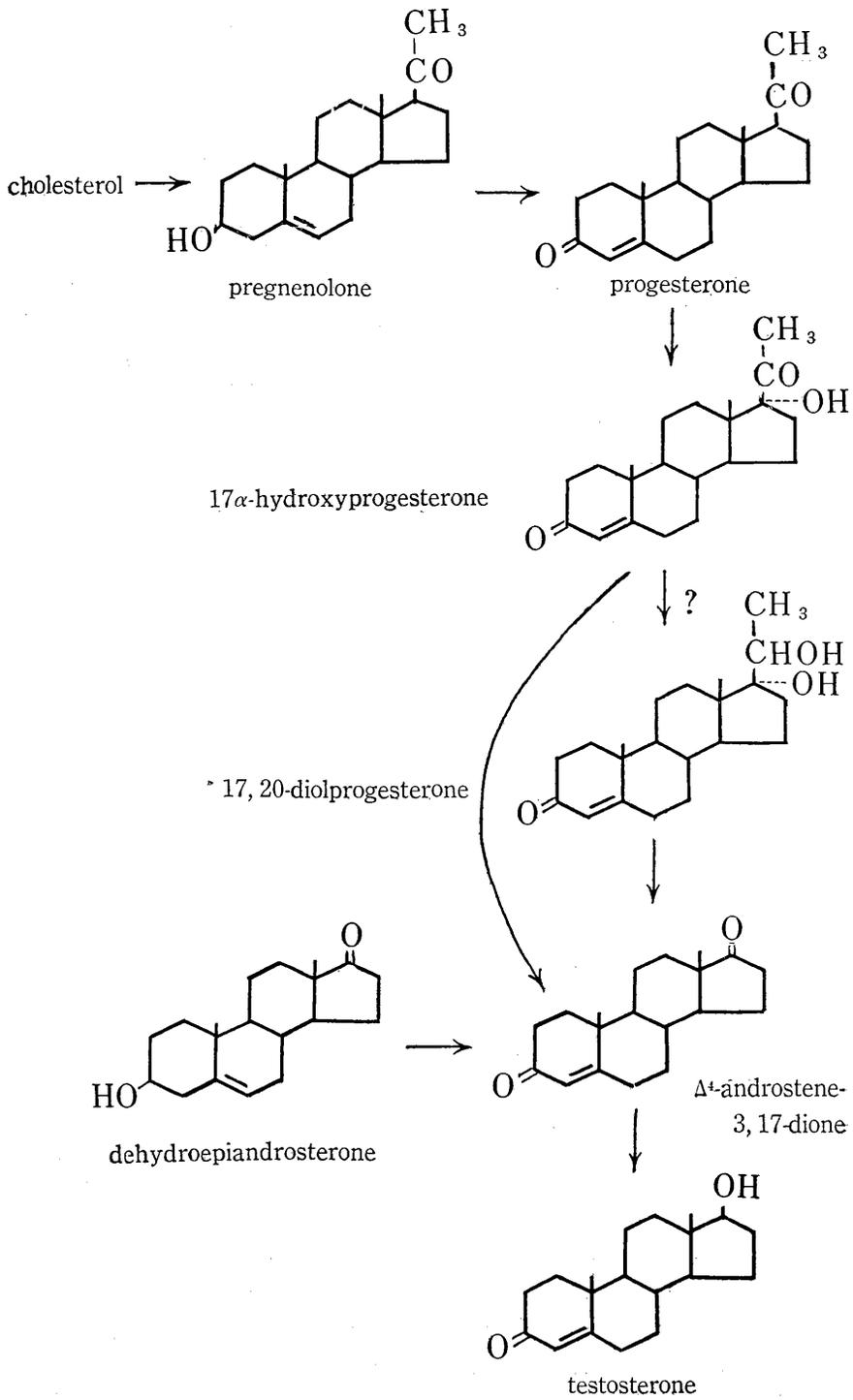
生理学研究室

松 葉 三千夫
一 井 昭 五
矢 後 長 純
森 崎 益 雄

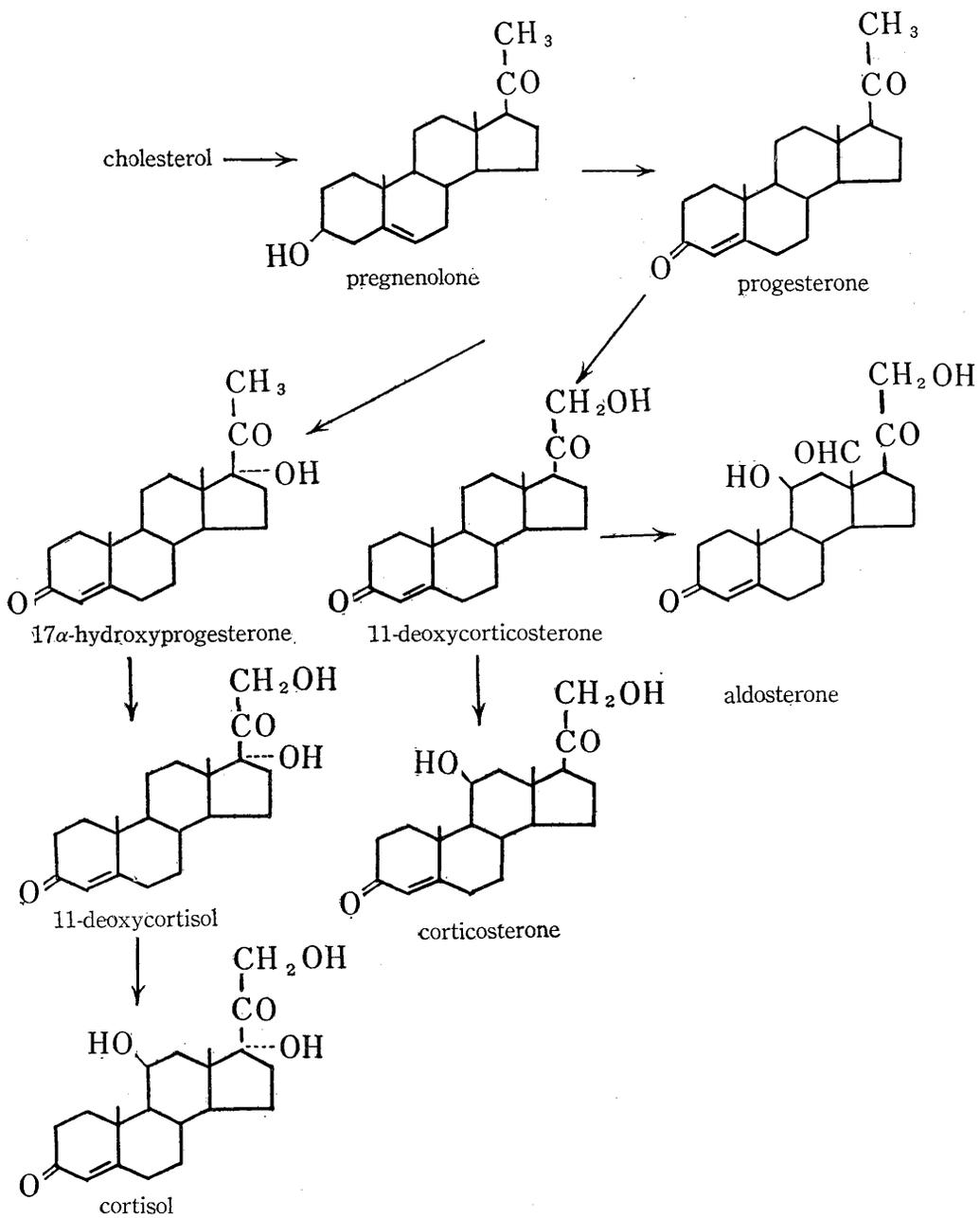
発癌をも含めた広義の放射線症の発現に、内分泌系の機能が大きな役割を演じていることは、Furth, Lipschutz らにより強く示唆されているところである。しかし内分泌系のいかなる変調が、放射線症の発現にどのような機構で、どのような役割を演じているかを解明するような研究は、現在までほとんどなされていない。これらの機構が解明されれば、放射線症の予防、治療に大きな進歩が期待される。われわれはこの目的に従い、基礎的研究として睾丸および副腎のステロイドホルモン産生に及ぼすX線照射の影響を検討した。

(1) 睾丸における男性ホルモン生成過程に及ぼす影響

睾丸における男性ホルモン生成過程は Cholesterol より出発し、第1図のような諸段階をへることが知られている。モルモットに750rのX線を5回に分割照射し、これらの睾丸につき基質として Progesterone, 17- α Progesterone, Dehydroepiandrosterone, Androstendione を用い、*in vitro* で incubate してその代謝を



第1図 睪丸における男性ホルモン生成過程



第2図 副腎における副腎皮質ホルモン生成過程

しらべた。きわめて興味深いことには、男性ホルモン合成の多くの過程のうち、 17α -hydroxylation のみが X 線照射により障害を受けることがわかった。 17α -hydroxylation はステロイド代謝過程のうちで極めて重要な位置を占めている。この意義につき、現在、 ^{14}C -Progesterone を用いてさらに検討をつづけている。

(2) 副腎皮質ホルモン生成に及ぼす放射線の影響

放射線症の発現を副腎皮質ホルモンのうち DOC は阻止する方向に、また Cortisone, Cortisol は促進するように作用するということが知られている。故に本研究においては、その機能変調を質的に調べるために、*in vitro* の条件下で実験を行なった。ラットの副腎を摘出し、これに 20 万 r の X 線を照射してのち、4 割して、ACTH の添加、無添加の条件下で incubate し、生成されるステロイドホルモンを定量した。照射された副腎ではホルモンの産生に減少がみられるが、特に ACTH 添加の場合にこれが著しい。いい換えると、照射副腎では ACTH に対する感受性の減少が著しいということである。

ACTH の作用機構は、いまのところ不明の点が多いので、X 線照射の副腎に対する作用の解明は極めて難しいものと思われるが、われわれは照射によるステロイドホルモン産生の Pattern の変化を ^{14}C -Progesterone を用いて追求し、これの解明のための実験を現在続行中である。

(3) 実験的卵巣腫瘍におけるステロイドホルモン生成に関する研究

放射線の比較的少量照射により、マウスの卵巣に数種の腫瘍が発生し、その腫瘍組織より未同定のステロイドが生産分泌され、遠隔臓器（主として乳腺子宮）に悪性腫瘍を惹起せしめる可能性が考えられている。この主張をより直接的に確認するために、卵巣腫瘍を incubate して、そのホルモン産生を調べようとしている。dd-系マウス生後 20 日のものに 150r の X 線を全身照射し、飼育中であり、このうち 8 ヶ月と 6 ヶ月のも 2 例にリンパ性白血病の発生をみている。腫瘍の発生次第移植を行ない、ホルモン産生を調べるとともに、その放射線の感受性をも検討する予定である。

[研究発表]

- 1) 一井昭五, 矢後長純, 森崎益雄, 松葉三千夫; Steroid Hormone 産生内分泌腺に及ぼす放射線の影響, 第一報 睪丸および副腎皮質におけるホルモ

ン産生に及ぼす X 線照射の影響に関する研究 日本内分泌学会東部部会 (1960年9月)

- 2) 一井昭五, 森崎益雄, 松葉三千夫; Steroid Hormone 産生内分泌腺に及ぼす放射線の影響, 第二報 睪丸における男性ホルモン生成過程に及ぼす X 線の影響に関する研究 日本放射線影響学会 (1960年11月)

- 3) 矢後長純, 松葉三千夫; Steroid Hormone 産生内分泌腺に及ぼす放射線の影響, 第三報 副腎皮質機能に及ぼす X 線照射の影響に関する研究 日本放射線影響学会 (1960年11月)

2. 放射線の生殖に及ぼす影響に関する調査研究

生理学研究室

松葉三千夫

小林森

健康なる子孫の繁栄ということを含めて、生殖に及ぼす放射線の影響について予備の実験を開始した。本研究においては、遺伝的問題を除外するために妊娠成立後に X 線照射を行なった。

成熟 Wistar 系ラットを用い、雌ラットの性周期と陰脂垢試験での精子確認で受胎日を確認し、妊娠 9.5 日に X 線全身照射を行なった。X 線照射の線量はのおの 10, 20, 25, 50, 100, 150r の 6 群の実験を行ない、出産率、産仔数、産仔性比、死産仔数、奇型発生率、発育成熟、陰開口日、及び中枢機能について観察した。特に中枢機能に関しては条件反能による学習成立の難易について実験を行なった。出産率は 25r 以上の照射で減少し、産仔数は 50r 以上の照射で減少した。産仔の性比は 50r を境にして雄性仔の数が減少し、照射線量の増加につれてこの傾向は強くなった。死産仔は 25r 以上において認められた。奇型の発生は 50r 以上において認められ、片眼球欠損の例が最も頻度が大であった。発育不良は 20r 以上で認められた。これに対し、陰開口期は 150r 照射の場合も、対照群と差を認めず正常であった。中枢機能検査としての条件反能の条件づけ難易について、われわれの用いた実験方法は、その測定値のばらつきが大きすぎ、各照射群の平均値の差は推計学的に無意味であったが、その平均値をみると、照射線量の増大につれて条件づけが困難になる傾向を示した。

以上述べてきた実験結果は、限られた実験動物数で得られた平均値で判断したものであって、推計学的に有意

義であるか否かは今後の研究にまつところのものである。

2. 腎内循環血液動態の研究とその形態学

病理第1研究室

竹内 正
白沢 春之
関山 重孝

血液動態を生理的に把む方法の一つとして、RI が利用せられてからほぼ 10 年になる。この間、各臓器間の循環動態については次第に知見を増しているが、一個の臓器内における循環動態の変動は未だほとんど着手せられていない分野である。しかしながらこの知見こそは、臓器全体としての機能に最も関連するところが深い分野であり、同時に臓器病理学の形態の裏づけをうるためにも稔多きところである。

この考えから、本研究は犬または家兎について血中に⁵⁹Fe を物質代謝に比較的關係の薄い形で注入し、このβ線を直径約 2mm の GM 管を用いて、腎表面数ヵ所および腎動静脈において計測しておき、動物に一定の条件を与え（例えば低圧、異常滲透圧、外傷馬核腎炎等）これがいかに変動するかを観察する。

本実験によって予測せられる結果は、腎内における循環動態がこれら上記の条件の付与によって血流は多くの場合傍髄循環 (Juxta medullary Circulation) をとるのであろうということ。したがってこの高度の場合、被膜下循環 (Subcapsular Circulation) は犠牲にされることもありうると考えられる。これはいわゆる両側性腎皮質壊死 (Bilateral cortical necrosis) の病理発生の説明に寄与する。

また同時に行なわれる電子顕微鏡および組織化学的方法による検索は、循環血液量に対応する正確な組織像の読みを与えるであろう。これは臓器病理学への確実な道標を立てることになる。

本実験はたんに腎循環のみを目標とするものでなく、

この方法は広く他臓器への応用を可能にするもので、臨床上の機能検査への応用面が広く拓けるものと期待する。

4. 皮膚の外部照射線量とその病理組織学

病理第1研究室

竹内 正
白沢 春之
関山 重孝

外部照射を行なう場合、照射線量と表面線量の測定は容易であるが、組織内における Energy の分布は必ずしも測定可能とはいえない。しかしその正確な線量と組織像との対比にいたっては、かなり未開の分野として残されている。すなわち今日までの方法は組織内は Energy の測定が主としてファントムによっていたことに基因する。

本実験は照射実験動物の皮膚をガラス板法によって線量測定を行なう一方、各層における組織像の読みを行ない、両者対照して組織像の確実な意味づけを行なうことを目的とする。

これによって、吉田肉腫の外部照射実験成績の再検討を行ない、同時に前有効線量と照射時期の効果性を検討する。

5. 中枢神経系の外部照射に対する影響

病理第1研究室

竹内 正
白沢 春之
関山 重孝

生理部において取上げていたテーマの延長として、外部照射に際しておこる血液-脳柵 (Blood-Brain Barrier) の破壊を形態学的に追求することを目的とし、主として電子顕微鏡によって毛細管を取囲む Macrogliia の向血管突起 (Saugfuss) の変化および Gliakammer の形態が差違って観察の対象となる。

Ⅶ 障害基礎研究部

概 況

1 研究目的

本研究部は放射線の人体に対する障害、許容量、障害予防などに関する調査研究を行ない障害予防対策の学問的基礎資料を得ることを目的としている。したがって研究方針を、(1)人体における放射線障害の発現機構およびそれに関連する諸因子について、主として哺乳動物による実験を行ない、その結果を生化学的乃至機能的観察法あるいは物理学的、数学的解析方法により検討すること、(2)放射線障害に対する予防薬および治療薬などに関する合成抽出などの化学的操作に伴う研究とこれら薬剤の薬効または薬理についての研究を行なうこと、においている。

2 構 成

昭和35年度末(昭和36年3月末)現在における研究員は計19名で、うち薬学研究室関係が6名である。なお薬学研究室は昭和35年度にさらに1研究室が認められ薬学第1および第2研究室に分かれ、第2研究室に2名の定員が認められた。

3 研究課題概略

研究業務計画に従い各研究室ごとに独自の研究課題があるが、問題によっては部内研究室同士協力して研究に当たっている。なお一部の研究は、種々の事実により内容を若干変更した。

a. 第1研究室

研究課題(1)造血臓器に対する放射線の作用に関する研究

造血臓器の放射線障害を核酸代謝の変調という面より研究するのが本来の目的であるが、骨髄や脾のような複雑な細胞群よりなる臓器について研究するに先立ち、単一細胞株の組織培養系の核酸代謝に対する作用を研究する意図をもって、一部の研究員が国立予衛衛生研究所に出張し、組織培養法手技の実習、習得に努め、その後実験準備に着手した。

研究課題(2)血液に対する放射線の作用に関する研

究

放射線照射による細胞膜透過性の変化を脂質代謝の異常の面より追求することを目的としたが、指導担当室長および研究員の留学などの事情のため、上記の課題(1)と合せて、その内容を若干変更し、昭和36年度研究課題である「代謝異常(主として脂質、核酸代謝異常)の面よりみた放射線障害に関する研究」にきりかえた。(He-La細胞のエネルギー代謝に及ぼす放射線の作用に関する研究参照)。

研究課題(3)造血臓器に及ぼす放射線障害の様相に变化を与える高分子物質の作用に関する研究

LD₅₀乃至LD₁₅程度のX線量を照射した場合のマウスの死亡率を低下させるような高分子物質について研究したが、照射条件に再現性のなかったこと、および動物飼育条件の不備からして本年度は一定の成績が得られなかった。

b. 第2研究室

研究課題 放射線による発癌と寿命の短縮に関する研究

放射線による寿命の短縮と悪性腫瘍の誘発は許容量、緊急被曝線量などをきめるうえの重要な生物学的因子の一つとみなされているが、とくに実際面において重要である線量-効果関係に関しては多くの問題がある。したがってこれらの問題を解明するため、(a)微量連続照射動物実験による慢性障害の発現の観察および解析、(b)急性障害については1回乃至数回照射による障害曲線との関連についての考察、(c)主として寿命の短縮についての理論的検索、を目的として研究ならびにその準備を行なった。なお本研究に密接な関係のある重要な生物学的因子として個体による放射線感受性の差の問題があるので、これに関連する研究を並行して行なった。

発癌性、急性照射感受性の異なるマウスの系統についてのγ線連続照射およびX線1回照射実験を行なう計画は、照射施設の未完および長期飼育に対する施設の不備のため、本年度は実現できなかった。したがって実験的研究としては、X線急性照射による障害曲線に関連する

つきの諸問題に主力をそそいだ。すなわち、(a) マウスの数種の近交系について線量死亡率曲線に系統差のあることを明らかにするとともに、その原因について考察した。(b) 個体の放射線感受性と生理学的性質の関連性に対する研究の一環として、放射線感受性の異なる2系統のマウスに対して抗甲状腺剤である Mercaptoimidazol を用いて、放射線感受性と甲状腺機能との関係につき検討した。また Mercaptoimidazol は放射線防護効果があるといわれているので、甲状腺機能との関連においてその放射線防護の効果を死亡率曲線により比較した。

(c) 放射線の致死作用に対する化学的防護剤としての AET をマウスに投与したX線照射群と、X線照射のみの対照群の死亡率曲線を分析し、差異のあることを明らかにし、またその結果より AET の作用機序について生物学的見地よりの考察を試みた。

放射線による寿命の短縮に関する理論的考察としては、情報理論を応用して、放射線による急性死と自然死の死亡曲線および放射線1回照射の場合の寿命の短縮との結びつけ、および回復を考えないで分割照射の影響を解釈することを試みた。

c. 第3研究室

研究課題 放射線による生体の機能的影響に関する研究

本研究の目的は放射線障害に関連する主要臓器系につき放射線の作用を機能的面（神経系—循環系—呼吸器系—消化器系—機能など）より研究し、放射線障害の早期発見の生物学的指標をうるための基礎資料とするものである。

(1) 消化器系機能に及ぼす放射線の影響

(i) 消化管に対する放射線の影響

腹窓装着家兎についてX線局部照射後、約1ヵ月にわたり消化管におこる変化を経時的に同一個体で観察し、一応の知見を得たので、さらに定量的実験を行なう目的で小腸瘻を作った家兎に空気バロンを挿入し、無麻酔下で小腸運動を電氣的に連続記録しうるようにして、X線の局部照射中および照射後の変化を観察した。また放射線障害との関連性において放射線の消化管セロトニン含量に及ぼす放射線の影響についてラットで実験を行なった。これはセロトニンが放射線防護剤として有効であるといわれているが、一方においてセロトニンが消化管中にある正常成分の一つでもあるという意味においてこの問題をとりあげた。

(ii) 肝機能に及ぼす放射線の影響に関する研究

全身照射の肝臓への影響はそれ自体注目すべきであるが、放射線による寿命の短縮の原因が放射線による老化の促進によるという考え方もあり、一方において一般の老化現象における肝臓の役割が重視されているので、放射線による寿命の短縮との関連性において本問題をとりあげ検討している。

(2) 神経系機能に及ぼす放射線の影響

中枢神経系は従来放射線感受性が低いと考えられているが、最近機能的面的観察によれば、この概念の再考をうながすような報告がなされている。このことは放射線障害の早期発見に関連して極めて重要であると考え、目下脳波を指標として放射線に対する影響の実験を試みた。しかし脳波の分析自体が非常に多くの困難な問題を含むので、たとえば坐骨神経などの電気刺激に対する反応を観察することとし、まず実験技術面の確立に努めた。また脳波観察の同一個体につき誘発筋電図の観察も試みている。

d. 薬学第1および第2研究室

放射線障害の化学的防護に関しては、被曝方式より考えて、個体の外部被曝と内部被曝の二つの障害形式に対する対策を考えて研究を進めた。

研究課題(1) 生体内放射性物質除去および沈着防止に有効なる薬剤の合成および薬理学的研究

内部線源による被曝を防止する手段として、この線源をなるべく早く除去する目的で、放射性元素の性質に応じて種々の薬物が用いられている。本年度は⁹⁰Srをその対象としてとり上げ、いわゆるキレート剤を問題として、クエン酸およびその近縁の脂肪酸について対比研究を行なった。

研究課題(2) 放射線障害に有効なる生体成分の抽出および薬理研究

放射線障害の治療については、従来、脾、肝、骨髄などにその有効性が報告されているので、文献的考察をさらに継続調査し、35年度末に近い頃から仔牛の脾を原料として研究の実施に入っている。

研究課題(3) 放射線障害に対する予防薬の合成および薬理研究

外部被曝については障害の予防的手段として合成薬剤による方法を追求しているが、実際合成をはじめる前に、予備的な方向づけのためにこの種の予防薬の体内における放射線での代謝機作の研究を行なった。

4 業務計画外研究

“赤血球の球形度に関する研究、および“低線量継代

照射の遺伝的影響は、業務計画の研究課題と間接に関連ある問題であり、現在本研究部に所属する研究員が指導的立場にあって研究した従来の成果をまとめたものである。“個人被曝線量の測定と健康管理”は放射線障害防止の実施面に直結する問題として参画したものである。“放射線比較実験動物学に関する研究”は、従来このような術語はないが、放射線障害に関する哺乳動物実験の結果を、人類にまで外挿適用する方法を検討するための資料を得る目的で着手したものであって、現在主として文献的調査研究に従事しているが、実験計画も考慮している。

5 業務計画外の調査活動状況

1. 各種委員会における活動状況

本研究部の性格上放射線障害関係の立場から各種委員会（原子力施設関係の主な委員会は下記のごとくである*）に江藤部長が専門委員として参加しているの、必要に応じて資料提出などのために文献的調査、その他に相当の努力を払ってきた。

* 原子炉安全審査専門部会、原子炉安全基準専門部会、原子力災害補償専門部会、放射線審議会緊急被曝特別部会（菅原室長も専門委員として参加）、原子力発電所安全基準部会災害評価小委員会、造船技術審議会原子力船安全部会

2. 文部省科学研究費放射線総合研究による“医学診療用放射線による遺伝有意線量に関する研究”に本研究部より江藤、菅原の両名が班員として参加している（日本医学放射線学会誌第20巻第10号参照）。（江藤秀雄）

1. HeLa 細胞のエネルギー代謝に及ぼす放射線照射の作用に関する研究〔第一報〕

HeLa 細胞の磷酸代謝に関する研究

障害基礎第1研究室

関 口 豊 三
大 町 和 千 代
完 倉 孝 子

1 研究目的

高等動物は多くの組織や臓器から構成され、しかもそのおのおのが互いに複雑に影響し合っているので、或る一つの臓器の変化を正確に分析することが容易でない。

そこで、まず複雑な臓器レベルについて研究するに先立ち、細胞レベルでの検索によって、放射線照射効果と細胞の代謝変化との関係を明らかにする目的で、実験材料として子宮癌細胞である HeLa 細胞を用いた。放

射線による代謝変化としては、従来より DNA 代謝の阻害がいわれているが、その阻害機構を分析するために DNA 合成過程を、DNA に特異な前駆体の一つであるチミジンをを用いて、酸溶性デオキシヌクレオチドのレベルにおける変化を分析するとともに、さらに照射による生体エネルギー生成反応の低下とヌクレオチド合成の低下との関係を知るために、放射性磷を用いて ATP をはじめとする酸溶性磷酸化合物の分析を行なっている。

今回は単層静置培養法によって大量培養された HeLa 細胞について、放射性磷を用いてその酸溶性劃分 RNA およびデオキシリボ核酸劃分（DNA）への導入を分析するとともに、ことに核酸合成の前駆物質プールである酸溶性劃分化合物についてイオン交換ならびに滲紙クロマトグラフィーによる分別同定を行なったので、ここに未照射時の代謝知見について第一報として報告する。

2 実験方法

1) HeLa 細胞国立予防衛生研究所リケッチアウィルス部多ヶ谷研究室より恵与された細胞を継代培養して用いた。

2) 増殖培地 Earle の塩類溶液にラクトアルブミン水解物 0.5% および酵母抽出液 0.1% を溶解せるもの 8 容に牛血清 2 容を加えたものを用いた。

培養は $5 \times 10 \times 20$ cm, Roux 瓶中にて単層静置法により行なった。

3) 放射性磷導入 導入は比放射能の低下をさけるために、第二磷酸リーダを加えてない塩類溶液 98 容に牛血清 2 容を加えた培地を用い、 ^{32}P を $1 \mu\text{C}/\text{ml}$ の終濃度になるごとく加えた。

1 回の実験に Roux 瓶 10 本分 (5×10^8 細胞) を用い、培地は 500ml 使用し、放射性磷を加えて 37°C に孵置後、1 時間、3 時間、6 時間および 24 時間後に培地を除去して反応を中止し、磷酸劃分を行なった。

4) 磷酸劃分法

i) 酸溶性劃分 0.6N の過塩素酸を用い、Potter-Elvehjem ホモゲナイザーを用いて 3 回抽出し、この劃分を Hurlbert の Gradient Elution Chromatography によってイオン交換クロマトグラフィーを行なった。

ii) 磷脂質劃分 99% エタノール：エーテル (3:1) を用いて 3 回抽出した。

iii) 核酸劃分 Potter-Heiderberger により 10% 食塩液 (pH7.0) を用いて 100°C で 60 分間加温し、2 回抽出を行ない、これに 2 倍容のエタノールを加えて核

酸を沈澱せしめ、RNA は 0.1N, NaOH で 37°C で 18 時間アルカリ水解を行ない、DNA は pH 3.0 に酸性として遠沈分離を行なって RNA と分別した。

iv) クロマトグラフィー Dowex 1, $\times 8$ 200 ~ 400 メッシュの樹脂を 1.2cm 直径 \times 10cm 長さのカラムとして用い、酸溶性劃分は KOH にて中和後凍結乾燥によって原容量の $1/10$ 以下に濃縮して、過塩素酸カリを十分に除去してからカラムに吸着させた。溶出は 300ml の蒸留水を入れた mixer 中に順次 1N 蟻酸, 4N 蟻酸, 0.2M 蟻酸アンモン + 4N 蟻酸, 0.4 M 蟻酸アンモン + 4 N 蟻酸, および 1M 蟻酸および蟻酸アンモン + 4N 蟻酸を用い、東洋汙紙製フラクションコレクターを用いて分別採取した。この分別操作はすべて $+3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ の低温

室にて行なった。同定には分別された各劃分を凍結乾燥によって濃縮したのち、汙紙クロマトグラフィーを行なって再分別し、マナスライトで紫外部吸収を検出し、またラジオオートグラフィーによって磷酸化合物を検出し同定を行なった。

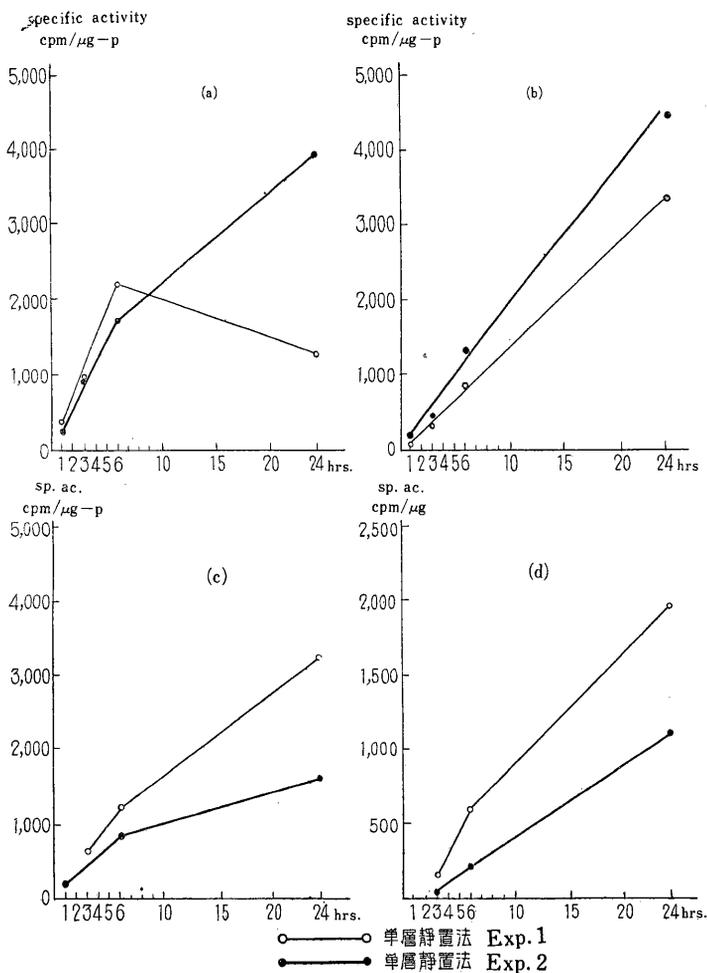
v) 定量: カラムクロマトグラフィーによって分別された各フラクションについて 260m μ の吸光度の測定、放射能測定、および磷量定量を行なって磷酸化合物の比放射能値 $\frac{\text{放射能 cpm}}{\text{磷量 } \mu\text{g}}$ を測定した。

3 実験結果

1) 磷酸劃分へのとり込み 第1図 (a) (b) (c) (d) に HeLa 細胞酸溶性劃分、磷脂質劃分、RNA 劃分および DNA 劃分へのとり込みを示す。酸溶性劃分を除

いては、他のいずれの劃分にも反応初期より 24 時間後にいたる間、ほとんど linear に放射能が導入されている。ただし DNA 劃分のみは解置 1 時間乃至 3 時間においてはまったく放射能はとり込まれない。またその後とり込まれる比放射能値も RNA や磷脂質のその約 1/2 の値を示している。一方酸溶性劃分はまったく異なった二つの傾向を示し、一つは他の劃分と同様に解置 24 時間後までもほとんど直線的に放射能がとり込まれているが、他の場合には解置 6 時間で比放射能値の低下を示している。われわれは単層静置導入法のほかに細胞を浮遊状態にして導入を行なってみたが、その結果は比放射能値は低く、かつ核酸劃分においては 6 時間以降においては導入の減弱が認められたので、酸溶性劃分のクロマト分別はすべて静置導入法により行なった。

2) 酸溶性磷酸化合物について カラムクロマトグラフィーによって 13 種の酸溶性ヌクレオチドおよび磷酸化合物が分別同定された。すなわち溶出順に述べると、AMP, G-6-P, GMP, UMP, 無機磷, ADP, GDP, CTP, ATP, GTP および UTP である。(なお二種類は未同定



第 1 図

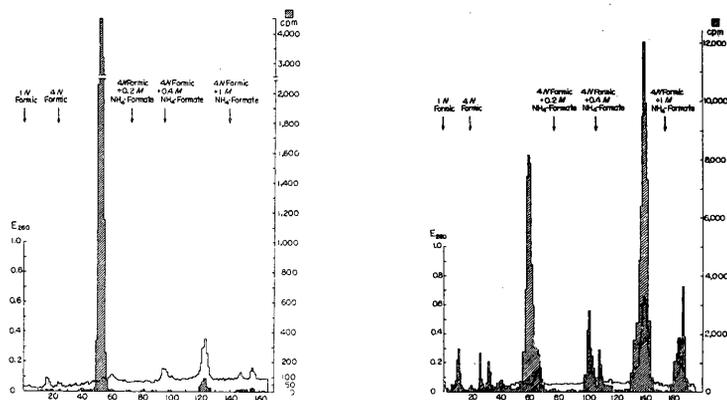
である)。

このうちヌクレオチドとしては ATP が最も含有量が多く、 5.0×10^3 コ細胞 (約 0.5g 湿性重量) で、 $4.0 \mu\text{M}$ あった。

一方放射性磷の導入は孵置 1 時間では、ほとんどがなお無機磷であり、ATP にわずかの放射能が認められるが、第 2 図 (a) 孵置 3 時間では非常に多くの磷酸化合物にとり込まれ、無機磷の比放射能値よりも ATP のそ

れが高くなる。図 (b)。すなわち ATP, GTP, CTP, UTP および G-6-P は高い比放射能値を示す。

第 1 表にその分析値を示す。このように HeLa 細胞は哺乳動物の肝の酸溶性劃分に認められるヌクレオチドおよび磷酸化合物のほとんど大部分が存在しており、肝にあって HeLa 細胞に認められないものは AD・X であるが、この欠除は癌細胞において特有であるといわれている。このように HeLa 細胞は活発な増殖を営み、



第 2 図

第 1 表 クロマトグラフィーによって分別された HeLa 細胞酸溶性磷酸化合物

化合物番号	溶出溶媒	名称	紫外部 吸収	1 時間*				3 時間**			
				総放射能 cpm	磷量 μg	比放射能 cpm/ μg	磷酸化合物 測定値 μM	総放射能 cpm	磷量 μg	比放射能 cpm/ μg	磷酸化合物 測定値 μM
1	1 N 蟻酸	AMP	+	70	10	7	0.3	42,830	39	1,100	1.2
2	〃	未同定	+					6,910			
3	4 N 蟻酸	G-6-P	-	210				45,000	13	3,450	0.42
4	〃	GMP	+	120				29,550			
5	〃	未同定	-	590				16,350			
6	〃	UMP	+								
7	〃	ortho P	-	189,870	477	398	15	389,900	440	887	13.5
8	〃	ADP	+	150				(14,500) ***			
9	4 N 蟻酸 + 0.2 M 蟻酸アンモン	GDP	+					96,300			
10	〃	CTP	+	70				33,800	9.4	3,600	0.1
11	4 N 蟻酸 + 0.4 M 蟻酸アンモン	ATP	+	4,050	110	37	1.1	265,000	192	3,260	2.0
12	4 N 蟻酸	GTP	+	490	35	14	0.36	75,950	84	900	0.9
13	+ 1 M 蟻酸アンモン 〃	UTP	+	690	19	36	0.2	71,450			

* HeLa 細胞 3.5×10^3 についての値

** HeLa 細胞 5.0×10^3 についての値

*** 前の orpho P と重なって溶出しているため、最高の放射能を示す劃分の値のみを示した。

一方また活発なエネルギー生成反応を営んでおり、盛んな RNA および DNA 合成を行なっているのです。目下この細胞を用いて放射線照射を行ないエネルギー成生の照射による低下ならびにそれと核酸合成の阻害との関係について実験中である。さらにまた、現在 HeLa 細胞と平行して L 細胞（マウスのセンキ芽細胞）を用いて照射による代謝変化について実験中である。

なお、本研究のうち、放射性チミンを用いた HeLa 細胞の DNA 劃分への導入実験に関しては別記する。

〔研究発表〕 尾倉孝子：HeLa 細胞の磷酸代謝，生化学，第33巻第4号（1961年5月）

2. マウス系統間の放射線感受性の比較

障害基礎第2研究室

菅原 努
早川 純一郎*
武田 好子*
高橋 千代子

* は研究生

医学、生物学研究における実験動物として強度に近親交配を行なって遺伝的に均一にした、いわゆる近交系動物の有用性が、近時大いに認められ、放射線医学の実験動物としても、欧米ではほとんどの場合、この近交系が用いられている。放医研においても第一段階としてマウス、ラットはこの近交系を自家繁殖して用いることとし、量的には未だ極めて不十分であるが一応本年度からそれが軌道に乗った。

このような近交系は、bioassay の材料として、反応の均一性や反覆性がよいことがあげられるほか、それぞれ特徴ある性質をもっていて、実験の目的に応じて使い分けると便利である。放射線感受性についてみても、主としてマウス、ラットについて近交系動物の系統間に差があることが明らかになってきた。（菅原，早川：放射

第1表 マウス系統間の放射線感受性の比較

系統	性	日令	X 線	LD ₅₀ (30日)*
RF	♂	60	220 kVp 54r/min	540 r
C57BL/6	♂	65±3	200 kVp 77r/min	625 r
	♀	65±3	〃	670 r
CF#1	♂	60	200 kVp 32.5r/min	525 r

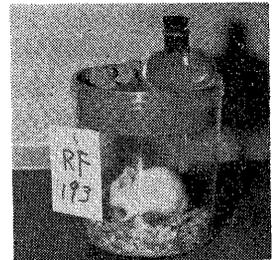
* LD₅₀(30日) は未だ余り正確なものでない。大体の傾向を示すものと考えられる。

線感受性の系統差，NIRS-HB 9, *60) そこで、細かい条件は都合によって若干異なるが、現在までいくつかの系統について得られたものを表示して今後の参考に供したい。第1表に現在までのデータによるX線1回照射による大略の LD₅₀(30日) 値とその条件を示した。

これから C57BL と dd/Y とは LD₅₀ が大きく、RF と CF#1 とは小さい。目下この差の原因については別途検討している。

このような比較はたんにX線1回照射による LD₅₀ のみでなく、放射線に対するいろいろの反応について検討しておくことが、動物実験の結果を豊かなものにするための大切な準備であると考えられる。

なおこれらの実験には、照射後の動物の相互の影響を除くために写真のような一匹用ケージを工夫して用いている。プラスチック製で、軽く観察が容易であり、上部の網の間から固形飼料を自由にとることができる。



第1図

3. 放射線感受性と2, 3の生理学的特質

障害基礎第2研究室

早川 純一郎*
菅原 努

障害基礎第3研究室

土屋 武彦

* 印は研究生

1 研究目的

個体による放射線感受性の差異がどのような機序によるものかは、放射線障害の研究において最も重視されるべき事柄の一つであるが、問題がはなはだ複雑であるため、この方面の研究は少ない。著者らはここに一つの試みとして、放射線感受性と生理学的性質の相関を調らることによって、この個体差の問題の解明に資したいと考え研究を行なった。

2 研究方法

トリヨードサイロニンが放射線感受性を高めるという説から (Stein, J. A. Nature, 182, 1681, 1958), まず甲状腺機能およびこれと関係のあると考えられる体温とについて検討を行なった。

動物：別報（前掲2．マウス系統間の放射線感受性の比較）に示しているように LD₅₀ の著るしく異なる純系のマウス，RF系（LD₅₀，540 r）と C57BL/6系（LD₅₀，625 r）の2系統を使用した。

甲状腺機能測定法：甲状腺機能の測定は ¹³¹I 甲状腺摂取率，¹³¹I release rate，メルカゾールに対する反応性など，¹³¹I の甲状腺摂取量の測定を主体として検索を行なった。

¹³¹I の甲状腺摂取量の測定に当り，投与¹³¹I 量とマウス甲状腺中の¹³¹I 量の測定時における幾何学的，空間的測定条件の相異については模型実験および摘出甲状腺の測定とから，あらかじめその補正係数を求めて補正を行なった。

¹³¹I 投与は 3 μc を腹腔内注射とし，測定にはシンチレーションカウンターを用いた。

メルカゾール投与方法：給水用の水の代りに，0.05%のメルカゾール溶液を用いることにより経口的に投与した。

体温測定：サーミスター温度計で直腸温を測定した。

第1表 X線感受性と生理的性質との関係

	LD ₅₀ (30)	¹³¹ I 摂取率 24時間値		体温(直腸温)
		(r)	平均S.E.(%)	平均S.E.(°C)
RF	540	21.7 ± 2.16		38.3 ± 0.18
C57BL/6	625	8.6 ± 0.61		37.0 ± 0.15

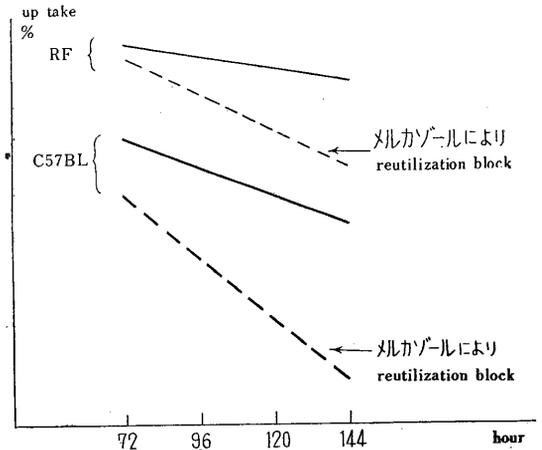
3 研究結果

(i) 甲状腺の¹³¹I 摂取率および体温（第1表）

¹³¹I 摂取率はRF系の21.7%に対してC57BL/6系は8.6%となり，また直腸温はRF系の38.3°Cに対してC57BL/6系では37.0°Cといずれも明らかな差異を示した。

(ii) ¹³¹I release rate およびメルカゾールに対する反応性（第1図，第2表）

¹³¹I の release rate は reutilization のある状態（無処置）では，その曲線の勾配はRF系の0.0576に対してC57BL/6系では0.1238となり急であって，release rate の大きいことを示し，これは統計的にも有意差が認められた。メルカゾール投与により reutiliza-



第1図

第2表

	R F		C 57 B L / 6		備 考
	平均	S. E.	平均	S. E.	
甲状腺機能					
¹³¹ I release rate					
無 処 置	0.0576	± 0.00801	0.1238	± 0.01005	
24時間後より Mercazol投与	0.2204	± 0.03399	0.2618	± 0.03040	¹³¹ I の reutilization を block
測定時麻酔 (Nembutal)	0.1535	± 0.01470	0.1553	± 0.01663	Nembutal も 同上 block に若干有効
¹³¹ I 摂取率 24時間値 (%)					
一週間前より Mercazol 投与	2.4 (21.7)	± 1.23 ± 2.16)	2.4 (8.6)	± 1.10 ± 0.61)	甲状腺機能抑制
体 温 (直腸温) (°C)					
一週間前より Mercazol 投与	37.7 (38.3)	± 0.11 ± 0.18)	37.7 (37.0)	± 0.18 ± 0.15)	甲状腺機能抑制

() 内は無処置対照

B L/6 の 2 系統につき、メルカゾールを照射前一週間 0.05% 水溶液にして水の代りに給水瓶から自由に飲ませるといふ処置をした場合の防護効果を、X線 600 r 1 回照射に対する 30 日間の死亡率について比較した。マウスはいずれも自家繁殖した生後 60 日の雄である。

第 2 表 Mercazol の X 線防護効果

		実験動物数 (死亡数)	死亡率 (%)	生存日数 (日)	効果の判定 (死亡率の X ² 検定)
R F	Mercazol	24(10)	41.6	15	有効 (0.01 < P < 0.05)
	無処置	25(18)	76.0	12	
C ₅₇ BL	Mercazol	28(5)	17.8	19	無効 (0.3 < P < 0.5)
	無処置	25(2)	8.0	11	

Mercazol : 照射前一週間 0.05% 溶液を給水瓶にて自由に飲ませる。

X線 220kV : 600 r 1 回照射

結果は第 2 表に示す通りで、R F 系には防護効果を認められたが、C₅₇BL/6 系については認められなかった。なお、この期間に死亡したものについての生存日数はメルカゾール処置群がいずれの系統でも長くなっていた。この理由は目下のところ不明である。

なお、その後さらに動物数をますほか、他の系統についても比較を行ないつつある。

5. AET の放射線防護作用についての生物学的研究

障害基礎第 2 研究室

武田 好子*
菅原 努

* 印 研 究 生

1 研究目的

放射線の急性致死作用に対する化学防護剤としての AET の効果は、すでに多くの学者によって認められている。AET は元来 SH 基による化学防護剤の一種として作られたものであるが、作用機序については必ずしも明らかでない。そこでわれわれは主として線量効果関係に対する AET の影響から、これを検討せんとした。すなわち、マウスに対する致死作用について、効果のレベルによって AET の効果比率 (D.R.F.) が異なることが Catsch (Advances in Radiobiology, P 181, '57) によ

つて示され、Mole (Rad. Res. Suppl. I, 124, '59) もこれを奇妙な現象として紹介している。そこでわれわれも、AET を投与した場合のマウスの線量対死亡率プロビット曲線の移動のし方を調べることから作用機序への考察を試みようとしたわけである。

2 実験方法

マウスは当所技術課にて自家繁殖した C 57 B L/6 系で、生後 65 ± 3 日のものを、条件を一定にするため一匹用ケージに飼育、観察した。X線は 200kVp, 19mA, 0.5mm Cu + 0.5mm Al の filter を使用、50cm の距離で机よりの散乱を含めた空中線量 77 r/min で照射し、これにより照射後 30 日以内の死亡率と線量との関係を求めた。

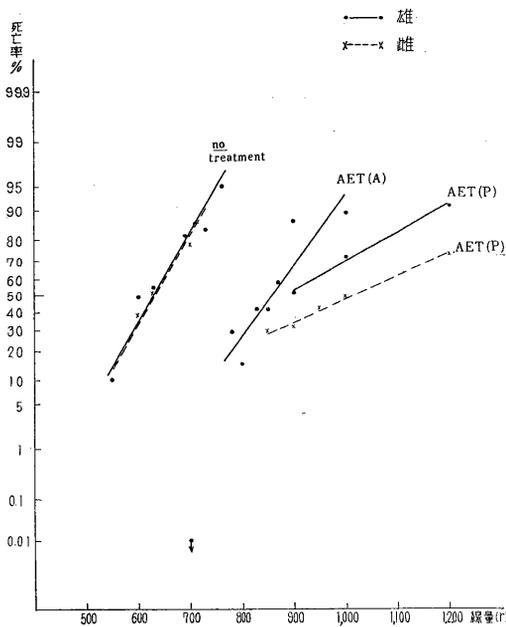
AET は日本新薬の試供品で、アンプルに封入した溶液 (以下 AET (A) とする) と、粉末を使用直前に蒸留水に溶解したもの (以下 AET (P) とする) とである。いずれも 250mg/kg に相当するものを腹腔内に注射したが、のちに AET (A) は一部が分解し、含量が約半分と推定されることが判明した。——九大薬学田口教授の御好意により定量して頂いた。——対照群には同量の生理的食塩水を注射した。なお投与の時期は AET (A) は照射前 10 分、AET (P) は照射前 30 分であった。これは AET (P) は pH が約 7.2 ですすでほとんどが MEG に変化しており、一方 AET (P) の溶解直後の pH は約 4.3 で、未だ AET の形であり、体内で MEG に変化してはじめて有効になると考えたからである。

3 研究結果

性別にそれぞれの場合について、線量死亡率 (プロビットスケール) を第 1 図にあらわした。各点の動物数は一定ではないが、大部分 30 乃至 100 で、無処置群の雌雄間以外は相互に有意差が認められた。すなわち AET (A) と (P) とで効果そのものも、効果直線の勾配も異なり、また、AET (P) の効果に性による差がみられた。なお、死亡したものの死亡までの日数についても検討したが、その平均は大部分が 10 ~ 15 日の間にあり、有意差はみられなかった。

4 考察

AET (A) と (P) とは入手の都合で別々に行なった偶然異なる結果を得たのであるが、その原因として、はじめ MEG の含量の体内での変化の仕方などを考えたが、前述のような分析の結果から、むしろ AET の用量の差によるものと考えた。そうとすれば、AET の多い



第 1 図

ほど、死亡率の高い方で、直線がかたむいてくることになる。元来 AET が自由基の競合などにもどづく単純な線量減少効果を示すものならば、第 1 図の表現で、対照の直線が右方へほぼ平行に移行したようになるべきである。(線量を対数目盛にすれば完全に平行になる。)それで普通は防護剤の効力をあらわすのに、同一効果をあらわすのに要する線量比から定義した D.R.F. を用いている。ところが、AET によって直線は右方へ移動するが、用量が少ないときにはかえって勾配が大になり、用量が十分多いときには勾配が小になるというのは奇妙なことといわねばならない。さらにその移動の程度、すなわち、きき方が雄と雌とで違うとなれば、どうしても AET の作用機構としてより生物学的なものを考えざるを得ない。

このような勾配の相違がどうして起るのかについてはたんなる推測の域を出ないが、若干の考察を試みる。(A) と (P) との相違については用量も投与時間も異なるので、ここで論じないことにし、対照に対する変化についてのみ考える。可能性をいくつか挙げて検討してみると、

(1) 線量率変化の影響：AET がその言葉どおりの意味で、線量低下の効果があるならば、同一空中線量率での照射は、実際にはそれだけ低線量率での照射に相当

する。しかし、現在までのところ、2 倍くらいの線量率の違いで線量効果関係の勾配の差は認められていない。

(2) 死亡のモードの違い：AET の効き方がモードによって異なり、そのモードに応じて線量効果関係が異なれば、AET をやった場合とやらない場合とで当然異なった勾配のものがえられる。Langendorff ら (Strahlentherapie 102, 291, '57) は MEA と雄の去勢とについてその例を示している。このことをみるために、一応生存日数を調べたが、1,000 r 以上の、普通ならば 3.5 日効果のみられるべき線量でも対照の骨髄死のものと変らなかった。これのみでは断定できないが、モードの違いを確認することはいまのところできない。

(3) 二つの感受性差の重なり：マウスが放射線に対してのみならず、薬剤の効果に関しても感受性にばらつきをもつとすれば、いろいろの処置をするほど勾配は小さくなる筈である。この考えは AET (A) の結果から否定される。

(4) 防護作用の複雑な機構による：細菌や、細胞についての研究では D.R.F. として、それぞれ効果レベルによらないで一定の値がえられている。たとえば細菌について Kohn & Gunter (Rad. Res. 11, 732, '59)、腫瘍細胞について Hall (Cancer Res. 12, 787, '52) などがある。これから考えると、AET の防護作用の一次的なところは dose-reduction の考えで説明できるが、哺乳動物のような放射線に対して複雑な反応をするものには、防護の結果も複雑な過程をへて表現されるとしなければ説明できない。ことに雌雄の効果の差は、複雑な二次的効果の存在を示している。

結局 AET の哺乳動物についての放射線防護作用は生物学的に興味のある現象を示すが、その解明は今後にあるといわねばならない。

本研究の一部は日本放射線影響学会第 2 回研究発表会 (35.11.11 於京大) において発表した。

(本研究は一部文部省科研費課題番号 9122 号によった。)

6. X線誘発致死因子に対する AET の影響

障害基礎第2研究室

武田 好子*

菅原 努

* 印 研 究 生

1. 研究目的

雄マウスの X 線照射による遺伝的障害の一つの目安として、優性致死因子誘発について AET の防護効果を調べた。

2. 研究方法

AET (日本新薬製) 250mg/kg を照射 30 分前に腹腔内に注射。180kVp X 線 500 r 局部照射。照射後それを正常な雌マウスと次々に交配し、産腔を認めた日から 14 日目に開腹し、黄体数、全着床数、生存胎児数などに調べ、優性致死因子の出現頻度を推定した。

3. 研究結果

AET 処理群と対照群との間に差を認めることができなかった。この原因として、率丸部における薬剤濃度が関係しているのではないかと考えられる。

(本研究は主として文部省科研費課題番号 9127 号によった。)

日本医学放射線学会雑誌第 20 巻第 9 号, 昭和 35 年 12 月, 1996~1999。

7. 放射線と寿命についての考察 (1)

障害基礎第2研究室

菅原 努

佐藤 文昭

完倉 孝子¹⁾

江藤 秀雄²⁾

武田 好子³⁾

¹⁾ 障害基礎第1研究室, ²⁾ 障害基礎研究部長, ³⁾ 研究生

1. 研究目的

放射線が動物の寿命を短縮し、その線量効果関係が直線的であるということは、放射線障害として極めて重要なことで、国際放射線防護委員会においても、最大許容量を決定する上の重要な因子とみなしている。しかし人類では未だ十分信頼するに足る証拠はなく、動物実験でも小線量領域では十分証明されたわけではない。したがって、人類への適用はすべて比較的大線量の動物実験の結果からの外挿によるもので、この外挿を基礎づけるた

めには、十分なとくのいく理論的裏づけが必要である。この意味において著者等は本研究を行なった。

2. 研究方法

(i) 理論式の導き方

情報理論にしたがって、個体の放射線に対する感受性は個体のもつ情報量と線型の関係があり、放射線照射のような妨害により情報量は減少し、それが或る限界 Hd 以下になるとその個体の死を来すと仮定する。このようにすると、或る生物集団における個体差は情報量の差とみなされるし、照射も老化もともに情報量を減少させるものとしてたがいに関係づけることができる。

さて、或る生物集団中の情報量の頻度分布を分散 σ^2 、平均値 $H\mu$ の正規分布と仮定した。 H_0 を個体もっている情報量の初期値とし、集団におけるその頻度を $F(H_0)$ とすれば、

$$F(H_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(H_0 - H\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

とあらわされる。なお、正規分布は長く裾を引くので、平均値の両端 $\pm 3\sigma$ までを考慮した。これは全生物集団の 99.7% を含む。

第1図に示すように Hd は、はじめ $Hd - 3\sigma$ のところにあるとし、妨害によって Hd がだんだん左方に移動し、Hd の左に出たものから順次死亡すると考える。死亡率は個体の情報量の時間的変化と上に仮定した個体差の分布から求められる。任意の時刻の情報量は、

$$H = H_0 - H_n \quad (2)$$

と表わされ、 H_n は個体に対する妨害による情報量の減少量を示している。H の時間依存性として、

$$\frac{dH}{dt} = -\frac{dH_n}{dt} = -a \quad (3)$$

$a : a > 0$ なる定数

を仮定する。これから死亡率は次の式で表わされる。

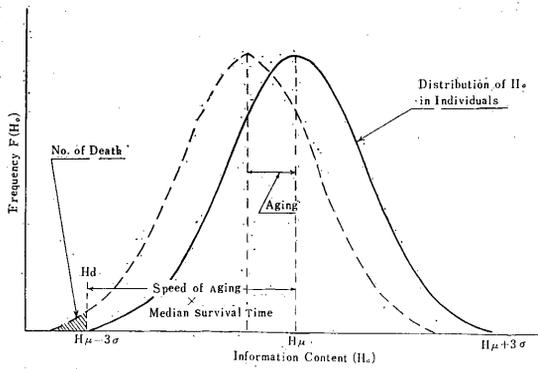
$$M(t) = -\frac{d}{dt} \left(\log \int_{H_1+at}^{H\mu+3\sigma} F(H_0) dH_0 \right) \quad (4)$$

この式は解析的に積分不能で、Galton 曲線の表を利用して数値計算する。

(ii) 文献上の結果との照合

(a) 動物実験の生存率曲線での照合

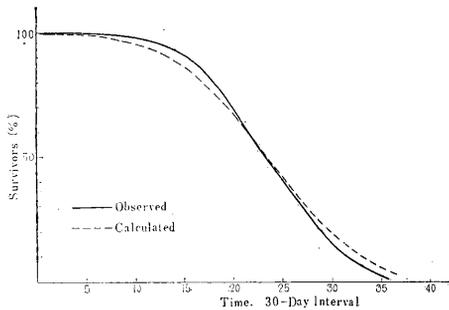
非照射の場合について、マウスの生まれたときを 100



第1図 各個体における情報量の分布

%とした生存率曲線について照合を試みた。50%生存の点に対して曲線が点対称のもの、そうでないものの2種類の生存率曲線が実験的に得られている。この理論による計算値と Lorenz らの実験値 (Biological Effects of External X and Gamma Radiation, 24, '54) を第2図に示した。これは点対称の場合で、理論値と実験値との一致はよく、この際は生存率はプロビットで直線になり、Gompertz 関数は直線にならない。

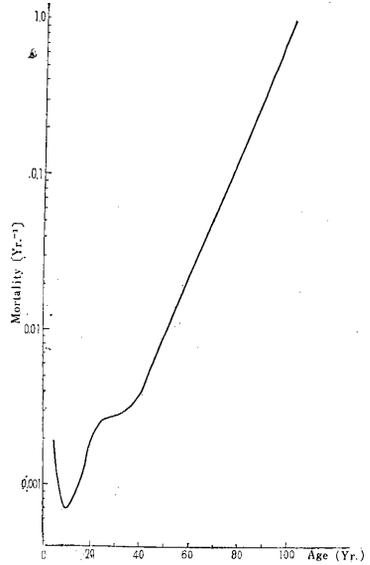
生存率曲線が点対称でない場合は、当然よい一致は得られない。



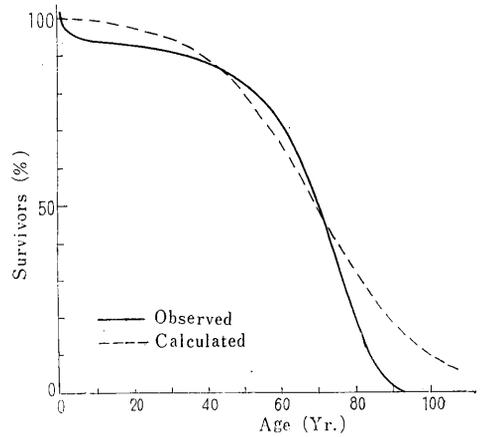
第2図 非照射マウスの生存曲線

(b) 人間の場合

第3図にわが国の人口統計の値を例示したように、40才以後で Gompertz 関数は直線になる。したがってこれを生存率曲線であらわすと、当然のことながら点対称ではなく、50%生存の点をすぎると急激に生存率が減少することは第4図に示したとおりである。この場合にはこの理論におけるパラメーターの調節のみでは実験値との一致は得られない。



第3図 人間の Gompertz 関数



第4図 人間の生存曲線

3 考 按

一般に、生後の日数に対して、各時期の当初に生存するものに対するその期間内での死亡率 (Specific Mortality Rate) の対数をとると直線が得られるということが古く Gompertz の発見以来、人類についてはもちろん動物についても正しいとされ、多くの理論はこの形を導き出すことを目的としている。

しかし、動物実験の例も、必ずしもこのとおりにならない。われわれの理論によると、死亡数分布は正規分

布になり、したがって生存率曲線をプロビットで目盛ったときには直線になることが期待され、一部の動物実験はこれを示している。これに反して Gompertz の法則から期待される生存率曲線は 50% 生存以後において急激な減少を示す点においてこれと異なる。この二つの型のどちらをとって理論に合わせるべきかが問題である。

動物実験は人間の場合にくらべて、集団の組成も均一であるし、環境も一定しているのでより理想型に近く、人類の場合はこれを修飾する因子が加わるための歪みであると考えるのが正しいとすれば、この理論をそのまま発展させればよいことになる。

ここでは主として非照射の動物の生存率曲線を中心として、情報理論を応用した解釈を試みた。しかし、その理論の出発点には動物の放射線感受性から出発したいくつかの特性が含まれているので、非照射の場合の寿命がすでに放射線との関連において理解されるし、さらに種々の条件での放射線照射を適当に情報量の減少に対応させる方式がみつければ、放射線による寿命短縮を理解する一つの手がかりになりうるであろう。

[研究発表]

菅原努, 佐藤文昭, 江藤秀雄, 武田好子, 完倉孝子; 放射線と寿命についての考察(1), 日本医学放射線学会雑誌 第 20 巻第 11 号 (1961年1月)

8. 放射線と寿命についての考察 (2)

障害基礎第 2 研究室

佐藤文昭
菅原努
江藤秀雄

1 研究目的

放射線による寿命短縮の定式化

放射線による寿命短縮については、一回または分割照射に際して、短縮率が線量に比例するということが一般にいわれている。ただしこの際、一回照射と分割照射とで直線の勾配が異なることが知られている。しかしこの直線性の認められるのは、短縮率が 20% くらいまでのところで、この程度では本来 2 次または指数函数などになるべきものも近似的に直線になることが考えられる。死亡までの微量連続照射の場合は dose rate (線量/日または線量/週) に対して短縮率がほぼ直線になるが、この場合にも同様のことがいえる。そこで直線的関係はより複雑な関係の近似であるとの考えから、実験との比

較に例示したように、より大きい短縮率のところでは直線からずれるものを対象として考えることにした。このようにすることによって、はじめて寿命短縮に関する二つの相対する考え方の適否を比較することができる。

2 研究方法

(1) 一回照射による寿命短縮

寿命短縮は線量に対する直線関係よりはずれると考えたので、老化の目安と考えられる H_n の線量依存性は、線量の 2 次式を使って次のように仮定した。

$$H_n = a_0 t + a_1 D + a_2 D^2 \quad (1)$$

t: 動物の年令, D: 線量, a_0, a_1, a_2 : 定数

なお、ここに右辺の第一項は自然老化をあらわすものである。

前報(1)の模型にしたがって、情報量の初期値 $H\mu$ をもつ個体は全情報量が $H\mu - 3\sigma$ に減少したときに死亡し、そのとき H_n は 3σ となる。線量 D の照射で動物が年令 S で死ぬとすれば、次の式が成立する。

$$H_n = a_0 S + a_1 D + a_2 D^2 = 3\sigma \quad (2)$$

対照群の平均寿命を S_0 とすれば、

$$H_n = a_0 S_0 = 3\sigma \quad (3)$$

したがって照射群の寿命および寿命短縮率は、おのおの次の式であらわされる。

$$S = S_0 - \frac{a_1}{a_0} D - \frac{a_2}{a_0} D^2 \quad (4)$$

$$\frac{S_0 - S}{S_0} = \frac{1}{S_0} \frac{a_1}{a_0} D + \frac{1}{S_0} \frac{a_2}{a_0} D^2 \quad (5)$$

(2) 長期照射に対する寿命短縮

長期照射による老化は一回照射による老化のたんなる蓄積であると仮定する。線量率 r で照射しつづけたとき、その動物が年令 S で死んだとすれば次の式が成立する。

$$H_n = a_0 S + a_1 r S + a_2 r^2 S = 3\sigma \quad (6)$$

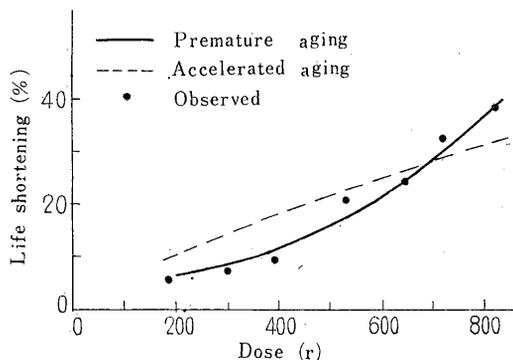
(3)と(6)から σ を消去して、長期照射による動物の寿命は次の式であらわされる。

$$S = \frac{S_0}{1 + \frac{a_1}{a_0} r + \frac{a_2}{a_0} r^2} \quad (7)$$

(3) 実験との比較

(i) 一回照射の場合

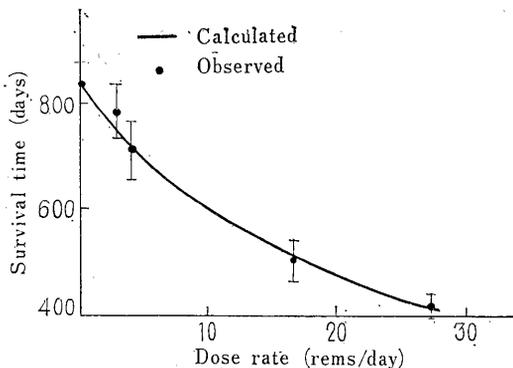
マウスを用いた Furth らの実験値 (Radiology 63, 562, '54) および(5)式による計算値を第1図に示した。実験との一致は良好である。



第1図 一回照射によるマウスの寿命短縮

(ii) 長期照射の場合

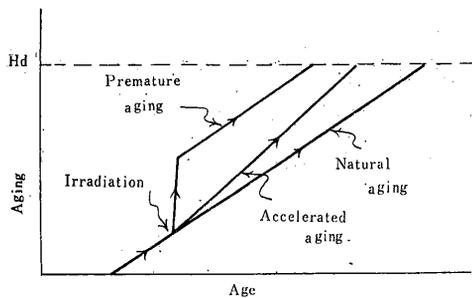
長期照射の実験例としては Neary のマウスの実験結果 (Nature 187, 10, '60) を図に示した。計算値は(7)式にもとづくもので、実験誤差の範囲内で両者はよい一致を示している。なお計算に際しては、定数 a_1/a_0 , a_2/a_0 を最小二乗法によって求めた。



第2図 長期照射によるマウスの寿命短縮

3 考 按

現在、放射線による老化に対する二つの考え方があ。その一つは、老化の速度が放射線によって大きくなると考える Accelerated Aging の考えである。他の一つは、放射線は老化を段階的に進ませるが、老化の速度は変えないとする Premature Aging の考えである。両方の考えを第3図に図式的に示した。



第3図 老化の二つの考え

われわれの模型は Premature Aging の考えにもとづくものであるが、Accelerated Aging の考えにもとづいて同様の定式化を行なうと、

$$H_n = a_0t + a_1Dt + a_2D^2t$$

となり、第1図に示したように一回照射による寿命短縮の実験データと著しく異なった結果を与える。

H_n に対する(2)式は線量の2次の項を含んでいるので、Fowler ら (Brit. J. Radiol., Vol. XXX III, 389, '60) が指摘したように、回復現象に対する考慮が含まれている。すなわち、一定線量の照射を行なう場合一回照射よりも、分割照射の方が効果が少ないことが(4)式より導かれる。

なお、Blair (UR-442, '56) は老合における LD_{50} の低下から死亡の閾値が下り、それを死亡に結びつけているが、これには実験的にも異論がある。われわれの理論でも、自然老化を考えることにより、相対的に死亡の閾値が下ることになることは同じであって、Blair のようにして LD_{50} と結びつける必要はない。

定数 a_1/a_0 , および a_2/a_0 は一回照射と長期照射に対して違った数値をとっているが、この場合実験動物の系統も違っているので、照射方法による違いかどうかは不明である。

4 結 語

放射線は生体のもつ情報量をへらし、それが一定限界に達すると死亡するとし、放射線と情報量減少に関して一定の函数関係を仮定することにより、一回照射から連続照射までをよく説明することができた。ここにいう情報量は、簡単には放射線障害の目安と考えてもよい。この理論により Premature Aging の考えが Accelerated Aging の考えよりよいことが明らかになった。

〔研究発表〕

佐藤文昭, 菅原努, 江藤秀雄; 放射線と寿命についての考察 (2), 日本医学放射線学会雑誌 第 21 巻第 2 号 (昭 36 年 5 月) (英文)

9. 放射線の消化管機能に及ぼす影響に関する研究

障害基礎第 3 研究室
松 岡 理
土 屋 武 彦

1 研究目的

放射線による生体の機能障害の発現機序には多くの要因が含まれ, その発現様式もまた, いくつかの臓器系への影響の相互の関連により複雑であると考えられるが, 機序解明の第一段階としては, まず個々の臓器系に注目し, それに対する放射線の影響を詳細に検討することが必要である。筆者らは放射線に対し非常に感受性の高い臓器系の一つとみなされている消化管系を取上げ, これに対する放射線の影響を生理学的見地から検討した。

2 研究方法

(i) 腹窓家兎による消化管障害の観察

放射線の消化管機能に対する影響に関しては, 従来種々の方法で検討されてきたが, その大部分が一つの個体については, 或る一定の時期における観察にとどまり, 連続的観察による動的な変化の追求は少なく, *in situ* における実験では, その大部分が麻酔下におけるもので, 生理的条件下における観察は少なく, さらに実験動物の種類も, ほとんどラット, マウスに限局されている。以上の理由から, 放射線照射前より照射後にわたる連続的観察を生理的条件のもとで行ない, かつ全身症状と消化管症状との関連を追求する目的で, 家兎を用いて本実験を行なった。

実験方法 家兎の小腸部に銀枠付ガラス製腹窓を装着し, 手術創の治癒後 250kVp の X 線 500~2,000 r の局部照射を行ない, 照射後 1 ヶ月にわたり連続して観察を行なった。

結果 2,000 r の X 線照射により家兎の体重は漸進的に減少するも, 食欲には, 初期, 中期を通じて, あまり著しい変化は認められなかった。しかし末期にいたると食欲は漸次減退し, ついにまったく失なわれ, 体重は激減して死亡する, 下痢は斃死直前に発生したものの数例を除いては, ほとんどおこらないといってよい。しかも死亡するのは照射後 20 日以上であって, なかには 60 日以上生存するものもある。500 r から 1,000 r では変

化に乏しく著変をみとめない。この期間中, 腹窓を通じて観察記録された消化管障害の所見を要約すると, 第 1 表のごとくである。

第 1 表

照射後の時期	観 察 さ れ た 変 化
直後 (0~1日)	軽度の小腸充血, 小腸の弛緩, 運動の抑制
初期 (1~5日)	充血, 軽度の運動亢進
中期 (5~15日)	小腸の狭窄, 漿膜の菲薄化, 盲腸の出血
後期 (15日~)	血管の遊離, 小腸の狭窄の発展, 盲腸の狭窄

上記の症状のうち小腸の狭窄については, その部位での運動の伝達困難, 停止が観察せられ, 日とともにその部位が発展延長した。このことはこの狭窄によって腸内容の通過困難をひきおこす原因になるのではないかと考えられた。

(ii) バロンの *in vivo* 腸内挿入による実験

腹窓による観察によって, 放射線に対する家兎の消化管運動の反応の特異性が推測されたので, 放射線照射中およびその前後における消化管運動を無麻酔下で定量的, かつ連続的に観察記録する目的で本実験を行なった。

実験方法 家兎に外科的に小腸瘻を作製し, 手術後 1 週間目に, その部位よりゴム製空気バロンを挿入し, 腸管の運動をバロンを通じてトランスジューサーにみちびき, これを電氣的に増巾記録し得るようにし, 腹窓の場合と同様に X 線の腹部局所照射 (200kVp, 500 r ~ 2,000 r) を行ない, 照射前より照射中および照射後の小腸運動の変化を連続記録した。

結果 家兎の小腸運動は X 線の照射後, 極めて早期にその振巾も頻度も抑制された。その抑制の発現時間, 程度およびその持続時間は照射線量とともに増大するが, いずれも照射後 24 時間以内には回復し, それ以後はほぼ正常か, あるいは軽度の亢進を示した。この初期の運動抑制およびその程度と照射線量との関係は, たとえば第 1 図に示すようである。

3 考 察

腹窓法による観察および小腸瘻による実験結果から, 家兎の消化管に及ぼす放射線の影響は, 従来多く報告されているラット, マウスに関するものとは相当異なるようで, いわゆる Intestinal Death はおこらず, 照射後の生存期間も上述の照射線量によって, ラット, マウス

実験動物

家兎 2.5~3.0. ♂
無麻酔下で運動描記

第1図 放射線の消化管機能に及ぼす影響

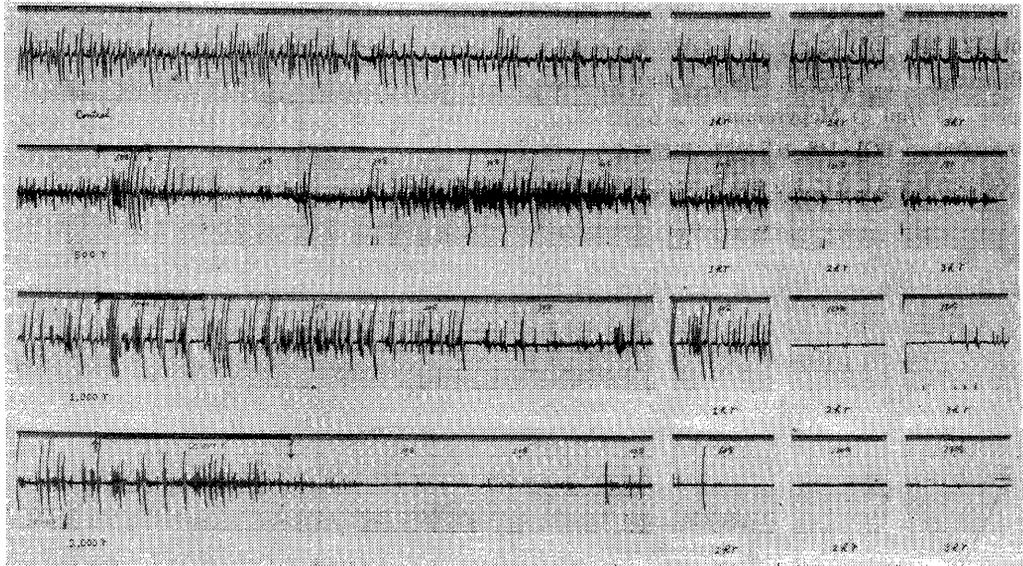
in vivo 腸内挿入空気バロオンによる実験

照射条件: 200kVp, 25mmA

FSD40cm ツープス10×10cm

Filter 1.0mmCu+0.5mmAl

Dose rate 110r/min



が3~4日で死亡するのに対し、家兎では20日以上を要した、本実験においては局部照射を行なったが、なお全身に2,000 r照射した場合でも30日以上生存し得た。一方下痢はほとんど認められず、消化管の運動に関しても、従来報告されているネズミにおけるコリンエステラーゼ系の変動に由来するといわれている一過性の運動亢進とは逆に運動の抑制がみとめられた。このように兎においては消化管への影響はラット、マウスにおけるものとは著しく異なっている。これらの差異を生ずる原因に関しては実験法の相違に由来するもの、および動物自身の生理学的差異に由来するものの両者が考えられるが、これらの点を解明する目的で、現在薬物投与による検討および比較生理学的見地からの種々の検討を行なっている。

〔研究発表〕

松岡 理, 小林定喜, 土屋武彦, 消化器系に及ぼす放射線の影響, I. 家兎消化管運動に及ぼす影響について, 第20回日本医学放射線学会 (1961年4月)

10. 放射線の消化管セロトニン含量に及ぼす影響に関する研究

障害基礎第3研究室

松岡 理

東京大学農学部

古川 義宣

1 研究目的

放射線による消化管機能障害との関連性ならびに防護剤としてのセロトニンの作用機序の解明を目的として本研究を行なった。すなわちセロトニンが Protection Agent として有効であることについては、すでに種々の検討がなされている。一方セロトニンは生体内の Active Substance の一つであり、その分布において消化管の占める比率が非常に大きいこと、およびその消化管における生理学的意義から考えて、放射線による消化管障害に消化管の Endogeneous のセロトニンが何らかの役割を果しているのではないかと推測のもとに、まず消化管のセロトニン含量の放射線による影響を検討した。

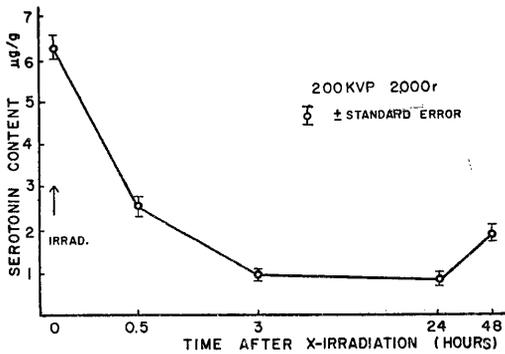
2 研究方法

実験動物として、ラット (Wister系) を使用し、一部

の実験にはモルモットを用いた。動物は200kVpのX線
の一回全身照射、一定の時間後に打頭放血し、回腸上部
を1g摘出し、Feldbergの方法(J. Physiol. 120, 298,
'53)に従がい、アセトン(0°C, 24hr)によるセロト
ニンの抽出を行ない、Vaneの方法(Brit. J. Phar-
macol, 12, 344, '57)によりラットの胃の条片を用い
てBioassayした。すなわち胃標本の 10^{-6} g/mlの
Atropine, 10^{-6} g/mlのMepyramineによる前処置およ
び 10^{-5} g/mlのBOL-148の5分間の処理により、標
本の収縮が消失することによりセロトニンの固定を行な
った。

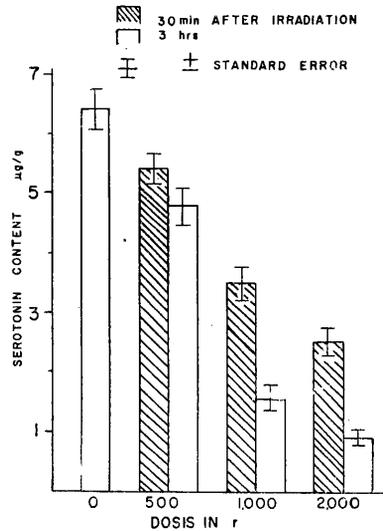
3 結果

X線2,000r全身一回照射後、30分、3時間、24時
間、48時間の腸のセロトニン含量(組織1g当りのセ
ロトニンのcreatinin phosphate量 μ g)の変化を測
定した。(第1図)



第1図 X線全身照射後のラット小腸中のセロトニン
含量

その結果は第1図に示すように、セロトニンの含量は
X線の照射後急速に低下し、30分後ですでに对照の約
25%に減少し、3時間後にはほぼ最低の値に達し、24時
間にも低値を示している。また48時間においてもなお
低値を示す傾向がみられる。2,000r全身照射ではラッ
トは2日目より下痢を発生し、3~4日目には斃死する
が、この下痢を発生している時期とセロトニン含量の著
しい低下の起きている時期とは最初のずれはあるが、時
期的に重なっている。つぎにこのセロトニン含量の減少
と線量との関係を検討してみると、第2図に示すよう
に、500r, 1,000r, 2,000r照射後、30分、3時間では
第1図と同様の傾向がみられ、線量の増加とともに、
セロトニン含量の減少の比率も増大することがわかつ
た。われわれはまた、放射線によって消化管のうける影



第2図 ラット小腸のセロトニン含量に対する
X線の影響

響が実験動物の種類によっていちじるしく異なる点に注
目しているが、この問題に関しても、放射線によるセロ
トニンの消長が何らかの関連を有するものと考え、消化
管障害の様相のことなるモルモットとラットの両者につ
いて比較検討した。

第1表 ラットおよびモルモット小腸のセロトニン
正常時含量およびX線の影響

種別	セロトニン含量 μ g/g		照射による 減少の割合 %
	正常時 m.v \pm S.E	2000r照射後3 時間 m.v \pm S.E	
モルモット	4.42 \pm 0.41	2.35 \pm 0.05	46.8
ラット	6.34 \pm 0.30	0.92 \pm 0.12	85.5

すなわち第1表に示すように、両者の間にはセロト
ニンの正常時の含量に相当の差があり、消化管障害の著
しいラットの方が含量が高く、かつ照射による減少の程
度も著しく、正常時含量の高いものの方が放射線によ
って減少する割合も著しいことがわかつた。すなわちラ
ットは正常含量の85.5%も減少するのに反し、モルモ
ットは46.8%の減少にとどまっていることがわかつた。

3 考察

X線の照射により、腸管のセロトニン含量に極めて早
期に変化があらわれ、かつその変化の程度が著しく、ま
た長期間にわたりその変化が持続することは最近発表され

た Melching ら (Strahlentherapie 113, 391, '60) の脳その他の臓器におけるセロトニンの放射線による消長とは著しくことなっている。しかもセロトニンが消化管の吸収および運動などの生理に相当な意義を有することから考えて endogeneous のセロトニンが消化管障害の発現機序に一つの役割を演じているのではないかと推測している。そこでその機構に関して、関連する薬物などによる影響、その他の見地から検討を加えつつある。また動物差の問題に関しては比較生理学的見地から正常含量および影響のうけ方の相違をラット、モルモット以外の動物についても検討を行ないつつある。これらを総合して、放射線感受性の動物差に関する問題の解決についての一つの資料を得たいと考えている。

〔研究発表〕

岡岡 理, 古川義宣 (東大農学部); 放射線の消化管セロトニン含量に及ぼす影響, 第 51 回日本獣医学会 (1961年4月)

11. 肝機能に及ぼす放射線の影響に関する研究

障害基礎第3研究室

土屋 武彦

早川 純一郎 *

* 印 研究生

1 研究目的

組織学的研究から肝臓は放射線による影響が少なく、一般的に、比較的放射線感受性の低い臓器とみなされている。一方、全身照射の場合には (a) 比較的低線量で肝細胞の変化が観察されており (Rhoades, R. P.: National Nuclear Energy Series. Div. IV. Vol. 22-I chap. 11. 1948), また (b) 肝細胞の代謝に影響のあることも報告されている。このように全身照射における影響が肝臓に対する一次的な変化による結果ではなく、全身的影響による二次的な変化であるとしても注目すべきことからであると考える。また Dienstbein (Nature, 184 (4713), 630, 1960) は ^{131}I でラベルしたローズベンガル液を用いる肝機能測定法により、ラットに全身一回 600 r で肝機能に変化のあることを報告している。ところで放射線による寿命の短縮の原因が放射線による老化の促進にあるという考え方があり、また一方において一般の老化現象における肝臓の役割が重視されているので、放射線と寿命の短縮との関連性において肝機能に対する放射線の影響について検討を行なう。

2 研究経過

純系マウスを用い、 ^{131}I ラベルローズベンガル液 $3\mu\text{c}$ を尾静脈より注射した。注射直後、全身の放射能をシンチレーション・カウンターで測定し、ついで注射後5分、10分、15分で肝臓を摘出してその放射能を測定し、全身測定値に対する肝臓測定値の比を求めた。

ddY 系においては全身 400 r を1回照射したものと対照群との間で、照射後1日および1週間では相異はみられなかったが、30日のものでは変化が認められた。しかしRF系では、照射後30日でも変化は認められなかった。その原因については系統差によるものか、いずれかの結果が誤まっているためか目下のところ不明であるので、線量その他の条件を変えた実験により検討中である。なお、たんに放射線照射後の観察だけでは変化があらわれないとしても、潜在的障害は存在するとの仮定のもとに負荷を与えて、その潜在障害を表面に打ち出すことによって、低線量における肝機能に与える放射線の影響を検討する予定である。

12. 神経系に及ぼす放射線の影響に関する研究

障害基礎第3研究室

土屋 武彦

南 沢 武

I 脳波に及ぼす放射線の影響

1 研究目的

中枢神経系は一般に放射線に対して非常に抵抗性の高い組織であると考えられているが、これは組織学的観察の結果よりいわれてきたことである。これを機能的に観察すれば、低線量で変化のあらわれることが最近報告されてきており、このことから、神経系が非常に放射線の抵抗性の高い組織であるという従来の考え方に再考がうながされている。ことに Lebedensky (Proceeding of the International Conference on the Peaceful Use of Atomic Energy, 11, 7, 1956) は中枢神経系の機能的変化が 0.1 r という非常に低い線量であられるというソ連研究者の総説を発表している。もしこれを事実とすれば、中枢神経系は最も放射線感受性の高い組織の一つであると考えねばならない。また本川氏等 (Tohoku. J. Ex. Med. 66, 389, 1957) は“閃光反応”を利用して低線量における放射線の影響を報告している。

そこで脳波を指標として、放射線の中枢神経系への影響を観察することとした。

2 研究経過

動物を長期間、できるだけ正常状態で観察する目的で

家兎を使用した。また脳波の分析には非常に多くの困難と問題があるので、坐骨神経、網膜などへの電気刺激に対する脳波の反応などを主として観察することとした。まず長期間留置しておく坐骨神経刺激電極の装着、簡単に網膜刺激が可能で、かつ再現性のある電極などの作製につき努力し、また坐骨神経刺激による一定の反応の得られる脳波電極刺入部位ならびに長期留置のできる電極およびその固定法につき研究したが、最近これらの技術面が一応確立したので、目下この方法を用いて放射線照射による脳波の変化、脳波に反応を示す刺激電圧閾の変化、反応時間の変化などの観察を行ない、中枢神経系への影響を検討するための実験を行なっている。

II 誘発筋電図に及ぼす放射線の影響

1 研究目的

神経系への放射線の影響の一部とし、neuromuscular junction に対する影響も考慮して、脳波観察の同一個体での変化をみる目的で、誘発筋電図の観察を行なうことにした。

2 研究経過

長時間観察のできる方法についての実験を行なった。刺激は坐骨神経電気刺激とし、I に述べた電極をそのまま使用し、また銀の鍼針を用いて前脛筋の筋電図をえている。予備実験の結果、一定の刺激に対しての一定の反応が無処置動物では可能になった。今後脳波観察の同一個体について、誘発筋電図を同時に観察し、神経系への放射線の影響に対する一連の実験を行なって検索する予定である。

13. 生体内放射性物質除去および沈着防止に有効なる薬剤の研究

障害基礎薬学第1研究室

松島 美一

鈴木 治

1 研究目的

生体内に摂取された放射性物質が体内に沈着し、長期間内部照射を行なうと、たとえ線量率は僅少であっても、身体的にも遺伝的にも有害な作用を示すので、これを防止するためには放射性物質が生体内に沈着するのを防止し、かつすみやかに体外に排泄せしめる方法をこうすることが必要である。これには種々なる方法が考えられるが、放射性物質と特異的に結合し、それを沈着し難く、排泄し易い形に変える薬剤を与えることは一つの有力な方法である。この場合問題となる放射性物質はほと

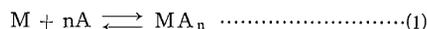
んど金属であることが多く、したがってそれらの金属と可溶性 chelate ないし complex を作る化合物が上記の目的に合致する薬剤たる資格を有するものと考えられる。

Pu, Cu, Pb, 稀土類およびその他の重金属類については従前より chelate 化学的研究が多くなされてきて、これらの RI の排泄促進にもこの知識が応用され、効果をあげた例が多い。しかるにアルカリ土類に関しては、chelate 化学的研究が他の金属に比し不十分であり、その RI の排泄促進にも complexing または chelating agent は善効をあげているとはいえない。アルカリ土類の RI のなかで物理的および生物学的半減期、Fission product 中の abundance の諸点から問題の多いのは ^{90}Sr である。 ^{90}Sr を complexing agent により排泄促進を試みる場合、生理的物質である Ca との関連が問題になる。complexing agent が Sr に比し Ca との結合力が大である場合、用いた complexing agent は生体内に大量に存在する Ca と結合して、Sr 排泄に實際上役立たなくなる。すなわち ^{90}Sr の排泄促進には complexing agent が Sr と安定度の高い complex をつくると同時に、Ca に対しては complex 生成の低いことが望ましいわけである。しかるに complex の生成能を安定度定数という物理化学的定数として表現するとすでに測定された化合物については、ほとんど例外なしに $\text{Ca} > \text{Sr}$ である。そこで向後、多くの物質につき安定度定数を測定しこの関係の逆転した、あるいは $\text{Ca} \sim \text{Sr}$ であるような化合物を探求することが必要である。

一般に安定度定数測定法は Ca, Sr が他の重金属に比し complex の安定度が著しく低いので従来の重金属に対して用いられる方法では不十分であることが多い。このため筆者らは Schubert (J. Phys. Chem. 56, 113, 1952) によりはじめられ、田村・松島 (薬学雑誌: 79, 1526, 1959) により研究された陽イオン交換樹脂を用いる方法により測定を行なった。測定法は田村・松島の論文(前記)に詳しいが、その原理は大要下記のごとくである。

2 研究方法

金属イオン M と complexing agent のイオン A との間に complex MA_n が形成されるとき、(1) 式の平衡が成立する。



この complex MA_n の安定度定数 K は (2) 式で示される。

$$K = \frac{[MA_n]}{[M][A]^n} \dots\dots\dots(2)$$

ここで [] はそのものの濃度を示すものとする。濃度 [A] の complexing agent のイオンと金属イオン M を含む溶液に陽イオン交換樹脂を共存させた場合、金属は樹脂・溶液間に分配される。その分配率を K_d、特に [A] が 0 に等しい場合の分配率を K_d⁰ とすると、

$$K_d^0 = [MR]/[M]$$

$$K_d = [MR]/\{[M]+[MA_n]\}$$

ただし R はイオン交換樹脂の交換残基を示す。[M] がイオン交換樹脂の交換容量に比し、十分小なる場合には K_d⁰ は [M] によらず一定とみなすことができる。

$$\text{故に } K = \frac{([MR]/K_d) - ([MR]/K_d^0)}{([MR]/K_d^0) \cdot [A]^n}$$

$$K = \frac{(K_d^0/K_d) - 1}{[A]^n} \dots\dots\dots(3)$$

K_d, K_d⁰ は測定可能な値であり、数種の異なった [A] についての測定値より n を求めることができる。故に(3)式の右辺はすべて既知であるので、この式より K を求めることができる。

この方法によりクエン酸、イソクエン酸、アロイソクエン酸の Ca, Sr complex の安定度定数の測定を行なった。クエン酸は従来⁹⁰Sr 排泄促進作用が認められており(伊藤, 他: Chem. & Pharm. Bull. 6, 287, 1958) アロイソクエン酸も同じ作用が最近証明された(伊藤他: 未発表)。

アロイソクエン酸はイソクエン酸の立体異性体であり、従来イソクエン酸合成の際少量生成することが知られていたが、天然物中の存在は証明されなかった。しかるに近時、坂口ら(農化: 32, 207, 1958)は *Penicillium purpurogenum stoll var. rubrisclerotium* Thom No. 1148 の培地中に多量存在することを証明した。筆者らは同氏らよりアロイソクエン酸の粗製品の恵与をうけ、その精製を行なった。精製法は酸が Ca 塩の場合は陽イオン交換樹脂を用いて脱 Ca したのち、水溶液を減圧下濃縮、約 100°C に加温しラクトン化せしめて行なった。酢酸エチルおよびクロロホルムを用いて数回再沈澱を行ないラクトンの純結晶を得た。ここに得たアロイソクエン酸ラクトンは無色粉末状結晶、融点 147°, 吸湿性大である。水溶液の常温における pH 滴定は二塩基性酸であることを示した。過剰アルカリ存在下で加温することにより、さらに一つの酸性基が現われラクト

ンが開環することが示された。

クエン酸、イソクエン酸については市販品をそのまままたは精製して用いた。

温度 25°, イオン強度 0.156, pH 7.0~7.2 における見かけの安定度定数は第 1 表のごとくである。

第 1 表 Stability Constants (K) of Complexes

Organic acids	Ca-complex		Sr-complex	
	molar ratio	K	molar ratio	K
Citric acid	1:1	6.6×10 ²	1:1	5.9×10 ²
Isocitric acid	1:1	1.9×10 ²	1:1	6.8×10
Alloisocitric acid	1:1	8.1×10	1:1	3.1×10

特定 pH における安定度定数という表現は非常に大きな問題を含んでいるが、ここではその pH においてイオン交換樹脂法を応用して得られた値を意味している。これに対する詳細な研究は目下続行中である。

3 研究結果および考察

前記の動物試験の結果、⁹⁰Sr 排泄促進作用はクエン酸が有効であるが、アロイソクエン酸もクエン酸に近い有効性を示した。しかるに Complex stability constants は両者の間にかかなりの差がある。これは前者が生体常成分であるに対し、後者がそれだけでなく代謝速度の差に基づくものと推定され、向後の安定度定数と動物試験結果との関係の解析に考慮されるべき因子であると考えらる。

14. 酸化的脱アルキル化酵素モデルの研究

障害基礎薬学第 1 研究室
花 木 昭
鈴 木 治

1. 研究目的

放射線に対する保護剤(アミノ基を有するもの)も、薬物学的に考える場合、肝臓によって与えられる若干の変化を度外視できない。一般の薬物の場合、この変化が薬効に関係することの多いのは、しばしば知られた事実である。

従来保護剤に対する機作の解釈については、保護剤と体内の反応部分とは *in vitro* 実験におけるごとく反応するものであるとされている場合が多く、肝機能の関与については考えられていない傾向があった。

この報告は保護剤の体内機作を論ずる場合に肝機能が

関与することを考慮し、殊に肝の酸化的脱アルキル化を問題としたもので、この機作の解明を行なって保護剤の作用を *in vitro* で、そのアミノ基の面から容易に定量分析できるように、一種のモデル系を設定しようとして行なわれたものである。

このため、保護剤のアミノ基の代わりに、デメチルアニリン誘導体を用いて反応系の設定を行なった。

2 研究方法および経過

一般に酸化的脱アルキル化は芳香核の水酸化とともに芳香族N-アルキルアミノの主要な代謝反応である。これらの代謝反応はいずれも肝臓ミクロゾームに局在する酵素系によって行なわれ、その機構は極めて類似しているものと考えられている。反応に際しては還元型助酵素、ことにトリフォスフォピリヂンヌクレオチドの還元型* (reduced triphosphopyridine nucleotide) と酸素が同時に要求せられる。

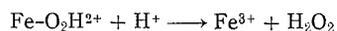
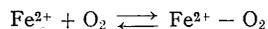
* 以下 TPNH であらわす。

ミクロゾームは TPNH を酸化して TPN⁺ と過酸化物を生ずることが知られているので、この過酸化物が同時に薬物の脱アルキル化、水酸化に関与し、いわゆるペルオキシダーゼ的酸化によって代謝が行なわれると考えられてきた。しかし、肝臓ミクロゾームによるデメチルアミノアゾベンゼン (DAB) の脱メチル化およびナフチルアミンの水酸化等に、TPNH の代わりに過酸化水素あるいは過酸化水素を生成する酵素系 (グルコース-グルコースオキシダーゼ) を加えたところ反応は進行しないこと、また反応系にカタラーゼを加えて中間に生じる過酸化水素を分解せしめても、反応の阻害はみられないことがその後の研究によって明らかにせられた。したがってたんに過酸化水素がこれらの反応に関与するという可能性は否定せられている。

肝臓ミクロゾームによる脱アルキル化はキレート剤、とくに Cu, Fe に対して選択的に働らくピピリヂル、オルトフェナントロリンにより阻害を受けることがわかり、活動中心として Fe あるいは Cu が関与することが推定せられている。しかしCNによって阻害されないもので、或る種のチトクロームオキシダーゼが反応に参加する可能性は除外せられる。このように、脱アルキル化は複合酵素系であるので、現在のところ詳細な知見は得られていない。いずれにしても、TPNH の関与する電子伝達系に連なる一種の酸化酵素 (mixed function oxygenase) と考えられる。

この酵素系の機構を解析する方法の一つとして、筆者

は簡単な化合物を組み合わせて Fe を活性中心と考えた酸化酵素のモデル (N-demethylase model system) を構成し、DABの脱メチル化を試みた。酸素の存在下で Fe²⁺ 自身が自働酸化を受け、Fe³⁺ に変化することはよく知られている。この際これに共役して酸素の還元が行なわれ、恐らく遊離基が生成される。したがって有機化合物、たとえばベンゼン、アニリンが存在するとその酸化が認められる。この反応の速度は極めて遅いので、



(George, P., J. C. S 1954 4349)

モデルとしての価値は低い。しかしアスコルビン酸を加えると Fe³⁺ より Fe²⁺ への還元反応が行なわれ、反応系における Fe²⁺ の相対濃度が高く維持せられる。同時にDABの脱メチル化が促進せられる。Fe²⁺ が存在しないと、たとえアスコルビン酸を加えても反応はおこらない。すなわちアスコルビン酸は反応系において一種の cofactor で、酸素が Fe²⁺ により活性化せられ、DAB分子の最も活性に富む部位を攻撃し、脱メチル化を行なうと考えることができる。

Fe²⁺ 以外の金属では、アスコルビン酸が存在する条件では Fe³⁺ は Fe²⁺ と同程度の活性を示すが、Cu²⁺, Co²⁺ の活性は Fe²⁺ の約 5%, Zn²⁺ はほとんど活性がない。反応の最適 pH は 7.2, 最適温度は 40°C で反応系の構成には各成分相互の酸化還元電位が重大な影響を与える。

[研究発表]

1. 石館守三 (東大・薬), 花木 昭; アスコルビン酸-Fe²⁺ 系による 4-Dimethylaminoazobenzene の酸化, 第 13 回日本薬学会大会 (1960年 4 月)
2. 石館守三, 花木昭; アミノアゾ化合物の酸化的脱アルキル化と発癌性について, 第 4 回日本薬学会関東支部総会 (1960年 10 月)
3. M. Ishidate, A. Hanaki; Oxidative N-Demethylation of Carcinogenic Aminoazo Compounds by Model System I. Oxidation of 4-N-Dimethylaminoazobenzene by Some Systems, Chem. Pharm. Bull. (in press)

15. 赤血球の球形度に関する研究

障害基礎第1研究室

中村 弥
完倉 孝子

天田 祐治¹⁾
神保 トシ子²⁾

¹⁾ 横浜国立大学工学部

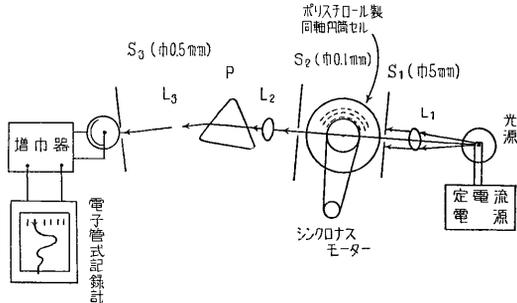
²⁾ 横浜市立大学医学部生化学教室

1 研究目的

人の赤血球は生体内では中凹の偏平な円板形をしているが、体外に取り出されるとその環境に応じて様々な変形および構造上の変化をなし、遂には溶血という完全破壊の状態に至る。この際の形態の変化を定量的に表現する方法として、球形度の測定を用い、このように単純化して表現した場合、実際上どの程度肉眼的に観察した場合の形態の変化の表現に役立つか、また何が赤血球の球形度を支配する因子であるかを調べた結果を二、三報告する。

2 実験方法

第1図が装置の略図である。すなわち定電流電源による



第1図

り安定化された光源の光はレンズ(L₁)により集光され、スリット(S₁)を通り、ポリスチロール製の同軸二重円筒セル(試料は二円筒間の間隙(約3mm)に入れられ、内側円筒は同期電動機により定速回転(1回転30秒)をなし、外側の静止円筒との間に速度勾配をもつ層流を作る)を通り、スリット(S₂)、レンズ(L₂)、プリズム(P)、レンズ(L₃)を通り、スリット(S₃)の位置に分光された像を生ずる。このうちスリットを通過した光は光電管または二次電子増倍管に入り、その光量に比例した光電流となり、さらに増巾器で増巾され、その出力は電子管式自動平衡記録計により記録測定され

る。測定値の総合誤差は±0.5%である。

いま、浮遊液をセルに入れたときの静止時および回転時の記録計の読みをI_静およびI_回とし、媒体のみのときの読みをI_媒とすれば、球形度は、

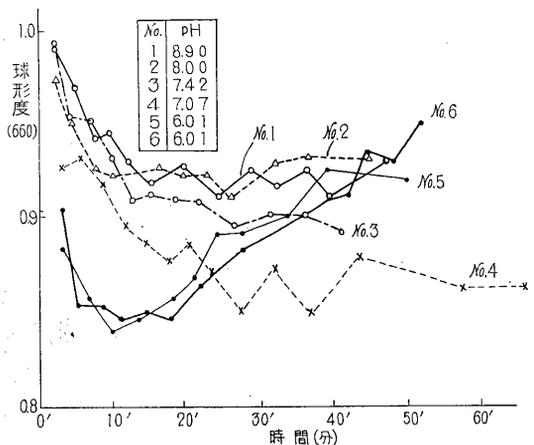
$$\begin{aligned} \text{球形度} &= \frac{\log I_{\text{回}} - \log I_{\text{媒}}}{\log I_{\text{静}} - \log I_{\text{媒}}} \\ &= \frac{\text{回転時の浮遊液の吸光係数 註}}{\text{静止時の浮遊液の吸光係数}} \end{aligned}$$

と定義される。この定義によると、浮遊体が完全な球体のとき、球形度は1となり、偏平化して非対称性が大きくなるにつれて、値は小さくなる。またこの球形度は浮遊液の透過光と浮遊物体濃度との関係が Lambert-Beer の法則に従う限り、浮遊物体濃度とは無関係な量として与えられる。本実験の装置では、赤血球浮遊液の赤血球濃度2% (v/v) で、ほぼこの条件を満足し、実験は0.4%で行なった。また、用いる光の波長は赤血球浮遊液の場合の660Å(本実験はすべてこの波長で行なった)のごとく、浮遊物体内を通過する際できるだけ吸収されない波長を用いねばならない。1.2.3.

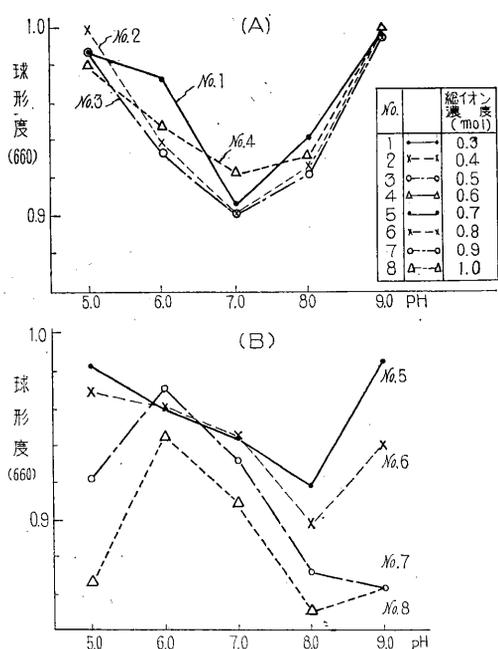
3. 実験結果

A: 赤血球浮遊液の pH と球形度の時間による変化: 第2図のごとく pH 6以下の酸性側を除き、調製後30分以上で球形度はほぼ一定になるので、本実験ではすべて特に断わらない場合はすべて、調製後30分の値である。

B: 媒体の種々のイオン濃度における赤血球の球形度の pH に対する変化: 第3図(A), (B)にみるごとく、



第2図 磷酸塩緩衝液中における人赤血球球形度(660)の時間的变化

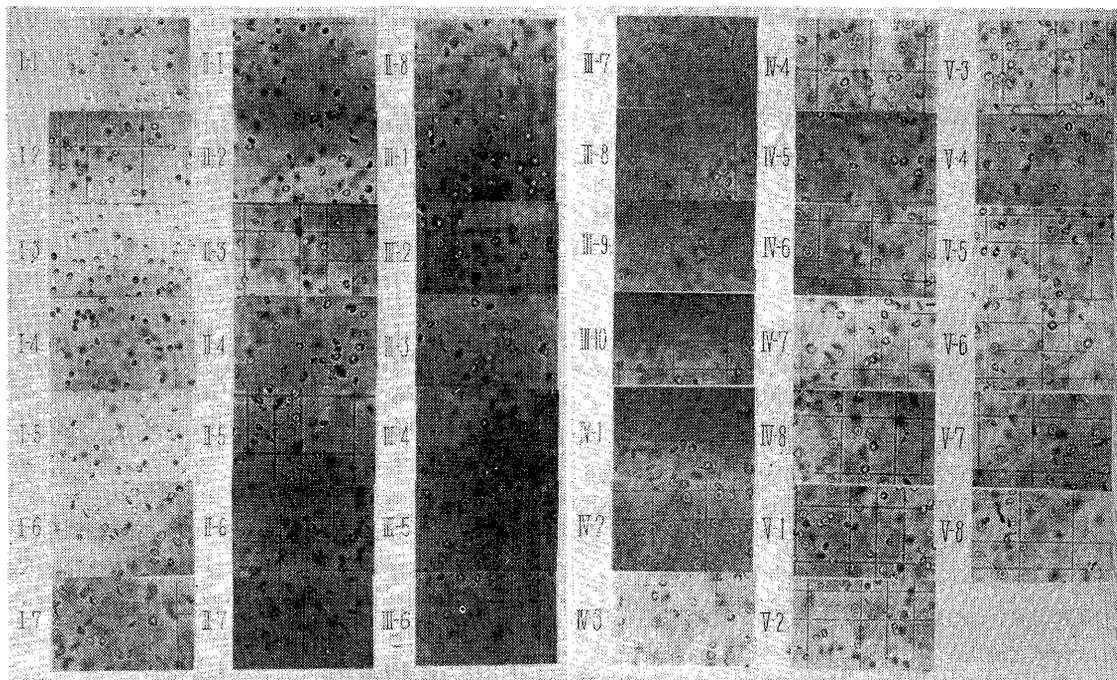


第3図 人赤血球球形度(660)に及ぼす磷酸塩緩衝液のpHの影響

総イオン濃度 0.6mol 以下では、球形度は主として pH によって決定され、また大体一定した値を示すが、0.7 mol 以上では、球形度はイオン濃度によりかなりの変化を示す。pH の付近は、総イオン濃度が 0.7mol 以上でもなお大体一定の値をもつ。第1表は実験に用いた媒体の分子濃度および総イオン濃度、pH と同媒体に浮遊させた赤血球写真の整理番号を表わす。写真にみるように、球形度の本法による表現が肉眼的観察とよく一致している。

C: 赤血球の各種 pH の媒体による洗滌の影響: 遠心沈澱によって血清と分離した赤血球粥に残る少量の血清および血球表面に弱く吸着している物質の影響をみるため、洗滌による球形度の変化を観察した。結果は第4図のごとく、洗滌回数が大きくなると球形度が上がる。さらにこの洗滌された赤血球を各種 pH の媒体に再浮遊させ、球形度を測ると第5図の実線の曲線のごとくなり、赤血球の性質が相当の影響を受けることがわかる。また pH 7 で最も影響が少ない。

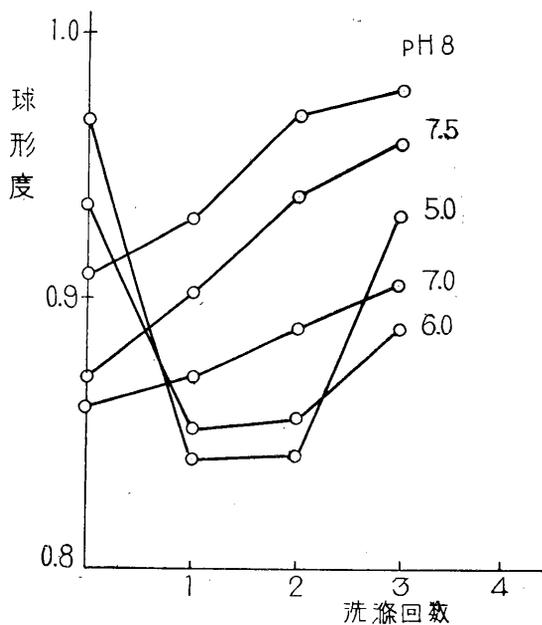
D: 洗滌赤血球に対する血清の影響: 実験Cに見る如く赤血球は洗滌により著しく球形化するが、これに血清を少量加えると、再び偏平化する。すなわち、第6図(A)に



[写真] ヒト赤血球形態におよぼすリン酸塩緩衝液の塩濃度ならびに pH の影響

第 1 表 媒体の組成 (総イオン濃度)

pH mol濃度	5		6		7		8		9	
	総イオン濃度	写真番号	総イオン濃度	写真番号	総イオン濃度	写真番号	総イオン濃度	写真番号	総イオン濃度	写真番号
0.05					0.130	III-1	0.148	II-1	0.150	I-1
0.10					0.260	III-2	0.295	II-2	0.299	I-2
0.15	0.302	V-1	0.324	IV-1	0.396	III-3	0.443	II-3	0.450	I-3
0.20	0.402	V-2	0.434	IV-2	0.534	III-4	0.590	II-4	0.600	I-4
0.25	0.505	V-3	0.550	IV-3	0.670	III-5	0.738	II-5	0.750	I-5
0.30	0.606	V-4	0.663	IV-4	0.813	III-6	0.888	II-6	0.900	I-6
0.35	0.716	V-5	0.788	IV-5	0.956	III-7	1.036	II-7	1.050	I-7
0.40	0.812	V-6	0.900	IV-6	1.092	III-8	1.184	II-8		
0.45	0.914	V-7	1.022	IV-7	1.238	III-9				
0.50	1.015	V-8	1.135	IV-8	1.380	III-10				



第 4 図 Na_2HPO_4 (0.15mol) と KH_2PO_4 (0.15mol) より作った媒体による人赤血球の球形度の洗滌の影響

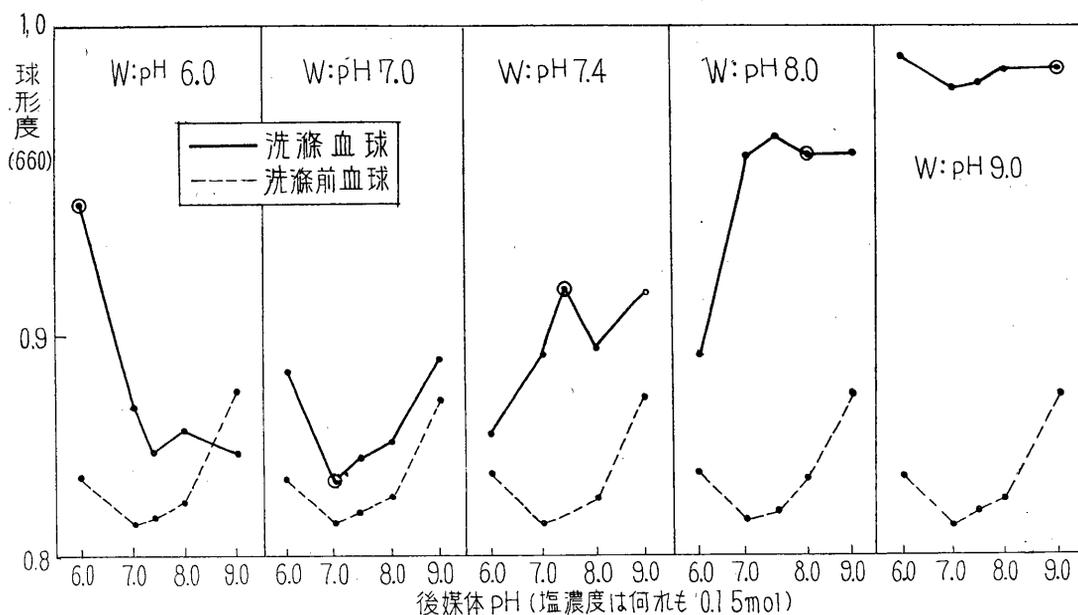
みる如く、0.15mol Na_2HPO_4 と KH_2PO_4 から成る媒体 (pH 8) で 4 回洗滌した赤血球を同じ組成の媒体に再浮遊させ、これにごく少量の新鮮血清を添加した場

合、球形度は洗滌前の値に戻る。然し採血後 6 時間室温に放置した血清はその偏平化能力が著しく減少する。

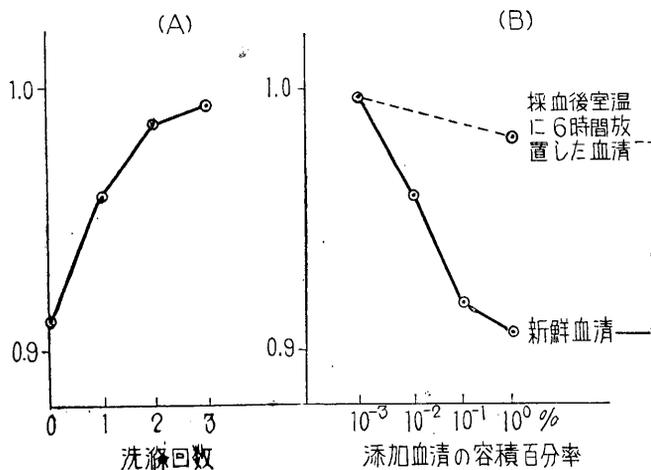
4 考察

(1) イオン濃度 0.6 mol 以下では赤血球の球形度は主として pH により支配され、より高イオン濃度では pH だけでなくイオン濃度の影響も大きくなる。このことは赤血球の形態が、滲透圧等のイオン濃度支配要因によって支配されるより、むしろ赤血球を構成する物質または赤血球の形と密接な関係にある物質の性質のうちで、pH と深く関係する荷電、界面エネルギー、結合エネルギー等が赤血球の形を支配していると考えられる。pH 7 付近で球形度がイオン濃度に関係なくほぼ一致した値を示すことから、この物質の等電点は pH 7 であるかもしれない。

(2) 洗滌により赤血球の球形化が進む。pH 7 付近は比較的洗滌の影響は少ない。球形化した赤血球に微量の新鮮血清を加えると、再び偏平化する。このことは洗滌により赤血球を偏平に保つ物質が血清または血球中にあり、洗滌によって赤血球とはなされる程度の、あまり強くない結合をしていると考えられる。しかし pH 7 付近ではこの結合は比較的強い。この偏平化させる物質がごく微量でその作用があり、かつ室温に放置されると変化してその作用を減ずることは、かなり不安定な物質であることを考えさせる。なお赤血球の球形化を阻止する物



第5図 人赤血球球形度に及ぼす、磷酸緩衝液による洗浄の影響（洗浄媒体と後媒体と塩濃度が同じ 0.15mol で pH が異なる場合）W：洗浄媒体 洗浄回数各3回



第6図 Na_2HPO_4 , KH_2PO_4 各 0.15mol よりなる媒体 (pH: 8) による人赤血球の洗浄 (3回) の影響 と同洗浄血球浮遊液に対する血清の影響

質は、R. Furchgott および E. Ponder 4, 5, 6, 7, 8 らによっても研究されている。

5. 結 語

赤血球の形態変化という複雑な現象を、われわれは球

形度という単純化した量で表わすことにより、比較的容易にかつ数量的に取扱うことができ、この球形度、すなわち形が、或る特定の物質によって強く支配されていることがわかった。

注 浮遊液であるため、吸光という表現はあまり適切ではない。

〔研究発表〕

中村 弥, 天田祐治, 神保トシ子, 完倉孝子; 赤血球の球形度に関する研究, 生化学, 第 33 卷 第 4 号掲載予定

文 献

1. NAKAMURA, W. and AMADA, Y.; Jap. J. M. Sc. Biol., 10, 297, 1957, Jap. J. M. Sc. Biol., 10, 313, 1957, Jap. J. M. Sc. Biol., 11, 153, 1958
2. NAKAMURA, W., AMADA, Y. and NAKAYA MA, Y.; Jap. J. M. Sc. Biol., 10, 303, 1957
3. NAKAMURA, W., AMADA, Y., JIMBO, T. and OTAWA, M.; Jap. J. M. Sc. Biol., 11,

161, 1958

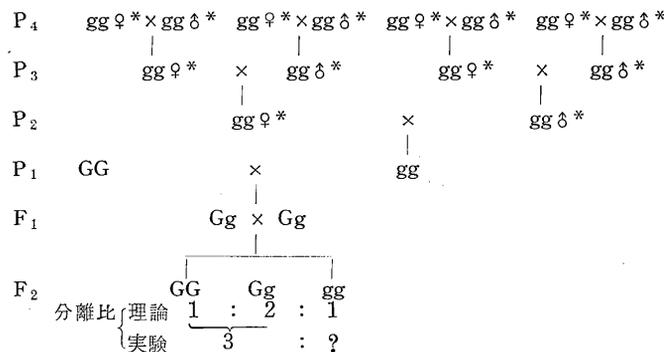
4. FURCHGOTT, R. F.; J. Exp. Biol., 17, 30
5. FURCHGOTT, R. F. and PONDER, E.; J. Exc. Biol., 17, 118
6. JUNG, F.; Naturwissenschaft., 37, 229, 1950
7. JUNG, F.; Naturwissenschaft., 37, 254, 1950
8. PONDER, E.: Hemolysis and Related Phenomena, Gune and Stratton, 1948

16. 低線量継代照射の遺伝的影響

障害基礎第2研究室
菅原 努
武田 好子*
国立遺伝学研究所
土川 清
村松 晋
* 印 研 究 生

放射線の人類に対する遺伝的影響を推測するためには、遺伝についての原理的な研究とともに、哺乳動物を材料にした実験的研究が必要なことはいうまでもないことである。しかし、現在までのところ実験上の困難さのために、研究は十分ではなく、ことに人類の被曝の条件とよく似た、低線量を低線量率で数代にわたって照射したという研究はまったくみられない。著者らは数年間をついやしてこのような研究を行なってきた。未だ全般的に最終的な結果はえられていないが、興味ある結果を得つつあるので、その一部をここに報告する。

材料としてマウスを用い、その照射および交配方法の概要は第1図に示したとおりである。



* 印は照射を受けたことをあらわす。

第1図 照射と交配の図

ここに gg と書いたのは劣性遺伝子をホモにもつストックで、われわれはこれに "wavy" と仮称するストックで a, b, c^h, d, p, se の6コの遺伝子座についてホモのものを用いた。GGと書いたのはこれらの座について野生型のもので、ここではCBA系を用いた。第1図のように照射後交配して F₂ におけるこれらの遺伝子座についての分離の異常の有無から Haldane の方法 (J. B. S. Haldane, J. Genetics, 54, 327, '56) にしたがって P₁ の gg における劣性致死遺伝子数を推定した。

照射は遺伝研 r 線照射室で ⁶⁰Co γ 線を 0.43 r/日で、交配を認めた翌日から子宮内での照射からはじめ、生後 60 日まで、全日数 80 日の照射を3世代続け、全線量約 103 r 照射した。したがって r 線室で3世代飼育したことになる。遺伝子座としては d と se, c^h と p とが連鎖があるので、このうちの一方と他の二者の全部で四つの座について調べた。

現在までにえられた結果は第1表にまとめた。期待値

第1表 結果		
	照射群	対照群
分析動物数	74	46
劣性致死遺伝子を疑われるもの (危険率 $\frac{1}{100}$)	2	0
調査染色体の長さ	5112.688 cM	4553.172 cM
突然変異率		
観察値	$6.8 \times 10^{-3} / r$ / 全常染色体	
期待値	$3.3 - 6.6 \times 10^{-3}$	

は Haldane (同上) に従って線量率の影響を無視して、積算線量から計算したものである。調査染色体の長さは、F₁ の組とそれについての F₂ の数から Haldane (同上) に従って計算したものである。致死遺伝子の存在は交叉があるために絶対の確認はできないので、分離比から一定の危険率のもとに推定したものである。ここには Carter (J. Genetics 56, 353, '59) の計算によるものを用いた。これだけの結果から、最近問題になっている線量率の突然変異率に対する影響などについて言及することはできないが、このような低線量で、しかも三代にわたる照射

でも遺伝的影響が積算的であることが明らかになったと考えられる。

このほか F₁, F₂ における性比, 一腹子数から劣性致死遺伝子を推定することを試みつつある。

国立遺伝学研究所主催「放射線の遺伝的影響に関するシンポジウム」(昭和 35 年 11 月 7, 8 日於三島市)にて講演, 同講演集に印刷中(英文)。

本研究の一部は遺伝研に対するロックフェラー財団よりの研究費 RE 57178 によった。

17. 個人被曝量の測定と健康管理

障害基礎第 2 研究室
菅原 努
京都大学医学部
福田 正
東芝玉川診療所
橋本 哲明
加藤 武司

放射線取扱従事者の健康管理には, 個人の被曝量の測定が極めて大切である。現在この目的のためにフィルムバッジ(以下 F. B. と略す)およびポケットチェンバー(以下 P. C. と略す)の併用がすすめられている。しかし, 実際に両者を併用して測定をしても, その値に不一致の場合があり, その値の信頼性に疑問をいだかされる場合がある。

また個人の血液検査等の健康診断を頻回行なうようにすすめられているが, 実際に個人の被曝量の測定等を行なって被曝の管理を十分に行なった上に, さらにこれらのことを行なう必要があるのか, またどのような点に主眼をおいてそのデータを管理すべきであろうかという問題がある。

これらの点について, われわれは放射線発生装置製作工場の放射線取扱従事者の健康管理を過去約 8 年間にわたって行ってきたので, その実験をまとめて検討を試みた。

1) 実験的に既知の曝射を与えて F. B. および P. C., の特性およびその相互の比較を行なったところ, 予想以上に信頼しうる結果をえた。すなわち, 読取値のバラツキは 30 mr 以上では F. B. および P. C. とともに最大 12.5%, 両者の値も線質についての補正をするならばこの誤差の範囲に入る。

2) 実際に使用して F. B. と P. C. との間に差が

みられたのは, 後者の読取りの誤差が大きいためであつたらしく, はじめ 30% 以上あった不一致の例は, 3 ヶ月後には 10% 以下になった。しかし, F. B. は 2 週間値であるのに対し, P. C. は毎日読取るので, 微量被曝の場合には P. C. の方が当然誤差が大きくなる。F. B. について 2 週間では潜像退行は認められなかったので, 使用の実際に当っては F. B. で積算線量を記録し, P. C. で不測の大量被曝を毎日チェックするというのが合理的であろう。ただしこの際, いくら以上の被曝をその限界とするかは P. C. の精度とも関係することで, 今後の問題であろう。

3) 被曝量は '55 に管理を完全にして以来, 一般には最大許容量をこえていない。ことに最近では 100mr/w にもとづいて指導した結果, 数ヶ月間で被曝量は約 $\frac{1}{3}$ に減少し, 現在ではほとんどの例が目標の $\frac{1}{2}$ 以下である。したがって現状で 100mr/W という形での最大許容量が, 実行上便利であり, まだ十分実行可能なことがわかった。もちろんこの結論がまったくことなる職種にあてはまるかどうかは別である。

4) 血液所見としては, 管理をしていても白血球数の季節的変動が著しいのが特徴であったが(福田, 菅原, 橋本, 橋本, 臨床の日本 5 554, '59)最近ではそれもみられなくなった。ただ取扱期間の長いものに, 白血球数 5,500 以下のものが多いことが注目される。13 週の被曝量と白, 赤血球数との相関を調べたが, 1 例を除き 3 r 以下で, この程度では血球数への影響はみられなかった。このようなことから 300mr/w のときには, なお若干の影響がみられたが, 100mr/w 以下では直接的な影響はまず考えられないので, 晩発的な影響の観察を主として, 年 1~2 回くらいの血液検査でよいのではなからうか。ただし, 各人の正常値とその変動の状態を把握しておくために, はじめに頻回検査することは必要かも知れない。

本研究は表記の協同研究に菅原が一部参加したものに, 菅原の意見を追加したものである。

(本研究の一部は日本医学放射線学会第 20 回総会 35, 4, 大阪において発表した。)

18. 放射線比較実験動物学に関する研究

—主として比較生理学的立場から—

障害基礎第3研究室

松岡 理

1 研究目的

放射線の生体に与える影響に関する研究には実に多くの種類の実験動物が使用されており、その種類はたんに哺乳動物のみにとどまらず、両棲類、魚類、昆虫、原生動物にまでおよんでいる。考察をわれわれ人類に最も近いと考えられる哺乳動物にのみ限定してみても、その種類は諸外国での報告をも含めると、マウス、ラット、ハムスター、モルモット、ウサギ、犬、サル、豚、牛、ロバなどの多くのものにおよんでいる。しかしこれらの動物が実験に供せられるのは、放射線の作用機構に関する基本的問題の研究などの場合は別として、一般に実験の手段としてであって、その目的は、その結果を人類に対する放射線の影響にまで展開しようということにあるものと考えられる。

基礎医学の他の分野においても、もちろん実験動物を使用している研究が極めて広範囲に行なわれている。しかしこの種の実験では、その検定すべき薬物なり、または動物に加えられる各種の操作はすべて人類に適用される前段階、予備テストとして用いられ、或る安全率をみこんだ状態で人体実験が行なわれ、実験動物で得た結果との質的または量的な差についての十分の検討修正がなされて、はじめて実用に供せられ、人類に一般的に適用されることになる。これに反し、放射線の影響に関する実験動物の data はそれが実験としては最初の段階でありながら、同時に最後の段階であって、その結果がほとんどそのまま人類に外挿される結果となるのが大部分であって、この点が上記の諸実験と大いに異なる。なぜならば、現在の知識の段階では放射線の生体への影響は量的な問題は別としても、定性的にはすべて negative なものであると考えられている以上、人体実験は通常の場合許されず、戦争、事故、不注意、その他の人類にとって不幸な場合にしか人類そのものに対する放射線の影響の data は得られないからである。

以上のような観点からすると、放射線の影響に関する動物実験については、その結果の人類への外挿性について、他の分野より以上に実験動物についての確固たる基礎的 data が必要ではないかと考えられる。事実その実

験動物の代謝系が人類とまったく異なる場合には、その代謝系に関して得られた結果を、そのまま人類でも同様な機序で現象がおきているのであると説明している場合は比較的少なくないのである。放射線の生体への影響は細胞のレベルでは Species の差はほとんど認められないにもかかわらず、Whole body または一つの Organ system になると、影響の受け方には Species によってかなり著しい差を生ずることがある。このことを一般には動物の感受性の差という表現で片付けてしまう場合が多いが、個々の実験動物の特性を詳細に比較検討することがその機構の解明に役立つのではないかと考えられる。

現在までの実験 data から人類への影響を定量的な値で示すことが現実には早急に要求されているため、ICRP の勧告をはじめとして、国連科学委員会の報告等に多くの具体的な数値が示されている。しかしこれらに記載された数値に関しては、ICRP の勧告中にも述べられているように、人類で検討されたものは少ない。たとえば生物学的半減期を例にとってみても、比較生理学的に考えられるマウスと人類との相違から考えて、マウスにおける生物学的半減期と人類におけるそれとの間には相当な差異があることが想像され、この種の問題の困難性がよくわかるのである。したがって実験動物の data を有効に役立たせ、いままでに得られた知見をより多く利用することを可能にするために、放射線比較実験動物学、とくに放射線比較生理学の立場から考察し、実験動物から人類への外挿性に関する基礎資料を得たいという目的で調査研究に着手した。

2 研究方法

まず実験動物相互の関連性、相違について詳査し、その data を整理し、つぎに実験動物と人類との関連性を、考えられるあらゆる点について量的な関係でつなぐことである。しかし、いままでの比較生理学の研究目標が、主として動物の進化の過程を追求することにおかれ、下等動物と高等動物、無脊椎動物と脊椎動物の比較という形で行なわれているので、哺乳動物中の、しかも狭い範囲の実験動物の分野での比較に関する研究は非常に少ない。さらに別の目的でなされた個々の動物についての data を総合して比較するためには、それらの値に関して、或る程度の判定基準（すなわち、実験法であるとか、たとえば薬物の投与法、効果の判定基準、LD₅₀、LD、MLD、MTD etc）が大体一定であることが必要であるため一層困難である。もちろん完全に同じでな

くとも、その相異なる測定基準相互の量的な関連性があるとき、われわれが目的としているこの人類と実験動物の関連性と同様に、その data はかなり利用価値の高いものになる。

第二の段階としては、第一の文献調査によって空白でありながら、その項目が重要でありかつ人類と実験動物との間にこの目的に関して有意の差があると推定されることがらについての実験、または調査であって、それによってその空白を自ら埋めることである。実際にいくつかの動物についてはすでに data があるが、その傾向を裏づける決定的な因子に欠けている場合には、さらにあと一種または二種類の動物について同じ方法で実験をこころみることによって、その比較 data は一段とすぐれたものになることは明らかである。これらの二つの段階によって得られた基礎 data を整理し、動物相互の関連性と同時に、その測定項目相互の関連性について十分の検討を加え、もしこれらの data が完全にそろえば、放射線に関する動物実験の結果から、それを人類にまで外挿するに極めて役立つであろう。もちろんこれは理想である。以上は主としてその形質の量的関係にもとづく考察であるが、このつぎに重要なことは、質的な形質の相違ということである。人類と実験動物では解剖学的にも、また、食性、習慣も非常にことなるのは当然であるが、その原因は別として、まったく質的にことなる形質も相当ある。同じ哺乳動物においても、代謝経路に差異のあるものはすでにいくつか知られているが、代謝の方式、代謝経路が人類と著しくことなる場合には、その動物の代謝、または生理という点では意味があるが、外挿性という点に関しては非常に問題である。すなわち代謝経路がまったくことなる場合に、その代謝系に関してなされた研究の data は或る場合には外挿性ということに関しては無意味であるかも知れない。この意味で実験動物と人類との質的な相違についての検討が第三になされねばならない。免疫学、ビールス学の分野においては比較的多くの検討がなされているが、たんに接種可能であるか否かの吟味がなされているだけで、その機構についての検討はほとんどない。この問題に関しては、比較生化学的な研究が大いに期待される点である。

3 調査研究経過

著者および研究所内の協力者の援助を得て、文献の調査を行ない、また若干のことからについては実際に検討を行なった。その結果を整理してつぎのごとき項目に関して一応の Table を作製した。実験動物の種類として

は、サル、イヌ、ウサギ、モルモット、ラット、マウスの6種に限定し、これと人類を含めて比較の Table としたが、空白部分が相当ある。今後の検討をまつゆえである。

i) 生理学的基礎 data

- ① Life Span, ② Growth rate, ③ Reproduction Physiology, ④ Body Temperature, ⑤ Bile Secretion, ⑥ 血球数, ⑦ 血液成分, ⑧ 血液量, ⑨ 呼吸数, ⑩ 心拍数, ⑪ 血圧, ⑫ 栄養の要求性

ii) 解剖学的、遺伝学基礎 data

- ① 体重, ② 臓器重量, ③ 臓器重量の体重比, ④ 大腿骨の大きさ, ⑤ 消化管の重量, ⑥ 消化管の相対的長さ, ⑦ 染色体数

iii) 薬理学的基礎 data (主として薬物反応) 代謝系をうかがう上での参考として、

- ① Atropine, ② Strichinine, ③ Epinephrine, ④ Physostigmine, ⑤ Antu, ⑥ Histamine

IV) 放射線照射の影響

これが最終の目的であるが直接この問題に関するものは少ない。

- ① LD₅₀, ② Mortality, ③ Mode of Death, ④ Dose survival time, ⑤ 血液所見, ⑥ 白血球減少の最低値に達する時間, ⑦ Fertility, ⑧ 白内障の発現, ⑨ ChE 活性値, ⑩ 消化管障害の症状, ⑪ 動物別論文数(消化管)

19. ラット脾における DNA 合成酵素活性に及ぼす X 線の作用

P. Chambon¹⁾

W. Nakamura²⁾

M. Jacob¹⁾

P. Mandel¹⁾

¹⁾ Institute de Chimie biolo. faculte de medicine de Strassburg

²⁾ 中村 弥, 障害基礎第1研究室長

1 研究目的

核酸代謝に及ぼす X 線の作用機構の解明を目的とした前研究に引続き、今回は 700 r 全身照射後、ラット脾における DNA polymerase ならびに deoxyribonucleoside-3-phosphate Kinase 活性の消長について研究したので、その結果を報告する。

2 研究方法

Polymerase 活性は磨砕組織遠心上清中の蛋白量 mg 当りに換算すると、照射後 12 時間、2 日、4 日、7 日には対照 100% に対して、それぞれ -54, -71, -62 および -13% に減少する。上記期間における活性の変化は軽度である。もしもこれらの値を DNA 当り、すなわち細胞単位に換算すると Polymerase 活性においては、-25, -14, +57, +114% の変動となり、Kinase においては 12 時間後には変化なく、2 月、4 月、7 月後には対照に比して 2 乃至 3 倍の増加となる。

3 考察

以上の成績は DNA の生合成に及ぼす X 線の作用機構を明らかにするものである。すなわち X 線照射によって強く影響をうけるものは、Desoxy nucleosides

triphosphate の polymerisation であり、上記の Kinase は大なる影響を受けない。

以上の成績はまた Mandel, Chambon らの前報告したごとく、X 線照射後ラット脾に遊離多磷酸ヌクレオシド (nucleosides polyphosphates libres) が蓄積することによく一致する。

[研究発表]

P. Chambon, W. Nakamura, M. Jacob et P. Mandel; Action des rayons X sur l'activité des enzymes synthétisant l'acide désoxyribonucléique dans le tissu splénique du Rat, Réunion Commune de la Société Belge de Biochimie et de la Société de Chimie Biologique (Avril, 1961)

VIII 環境衛生研究部

概 況

環境衛生研究部は、32年放医研発足当初は放射線の一般環境に及ぼす影響、放射線取扱い施設等における放射線の労働環境に及ぼす影響、放射性物質による食品の汚染に関する調査研究のため3室が設けられ、34年以降放射能除染の研究のために1室が増え、研究員も35年度は17名に増加した。研究業務はこのほかに、総合研究課題として、 ^{14}C の諸問題について分担研究を行ない、別に原子力局の放射能調査に協力して3種類の調査を行っている。

第1研究室においては「主として原水爆実験による放射性フォールアウトの汚染」について調査研究を行ってきた。放射性フォールアウトのEcologicalな研究が、35年度以降の主な仕事である。このほかに自然放射能の測定について、フォールアウトの滞留時間についての仕事が行なわれた。第2研究室においては、原子力事業の発展にともない核燃料物質の取扱い量の増加することを予想し、これら産業の職場における放射性核種の人体汚染の機構および生体内の照射量について研究を行なうため、動物による放射性塵の吸入装置の整備を行なっている。第3研究室においては、一般環境における生体の放射能汚染はおもに汚染飲食物によることから、主として、放射性ストロンチウムの食物への摂取機構について、農作物および水中生物について研究を行なっている。第4研究室は主として放射能の除染の研究業務を行なう予定であるが、昭和34年以来、国連科学委員会において重要な問題となった、放射性炭素の遺伝への影響を解明するため、主として生体内における放射性炭素の測定および調査を行ない、研究室の性格としては、第1研究室の研究を応援している。

原子力局より依頼されている放射能調査のうち、人体臓器特に人骨中の放射性ストロンチウムの調査は、遂年のまた年令別分類によって測定を行なっている。調査の担当は第1研究室が受持っている。農作物中の放射性ストロンチウムの調査は、全国9カ所の地方衛生研究所

に依頼して送付を受けた米麦土壌について測定を行ない、全国の分布を調査している。調査担当は第3研究室が受持っている。放射性炭素の調査については測定器および測定方法の検討を行ない、液体シンチレーションカウンターの使用法を確立するとともに、調査試料の検討を行なった。担当は第4研究室である。

総合研究課題のうち、 ^{14}C の諸問題については、第4研究室より連絡および責任者を出して、研究部間の研究計画、予算編成の事務的業務を行なった。(渡辺博信)

1. Background 放射線の測定

環境衛生第1研究室

渡辺博信

生体が生体外部の放射線源から受ける放射線については、自然の放射線源によるものおよび人工放射線源によるものの2種類がある。自然の放射線源は宇宙線、地殻の放射性物質、大気中の放射性物質が主たるもので、これらのうち、宇宙線によるものは世界的に緯度によりその線量がきまっており、大気中の放射性物質による線量の寄与は僅かである。そこで地殻の放射性物質による線量の寄与は、日本においても地域差がかなりあることが予想されたが、従来これら線量測定の記録が少ないため、実際の数値ははっきりしなかった。そこで環境衛生研究部においてはこのBackground放射線の測定について、文部省の科学研究班が結成された際、班員として測定法の検討を行なうと同時に、日本の大きな都市を中心として、その地方のBackground放射線の測定を行なった。

1 測定法 従来から行なわれている方法は、ラジウム等の標準線源を用いて外部線量の較正を行なったGM-管および電離箱を用いて測定する方法である。研究班ではこの方法に検討を加えるとともに、立教大学道家氏がプラスチックシンチレーターを生体軟組織と等価と考え、シンチレーターによる吸収線量を求めることにより、(日本原子力学会誌 Vol. 1, No. 1)生体の吸収線量を評価する方法を確立し、さらに一定容の土壌中の

Ra, Th, K の放射性核種の量を γ -線スペクトルより求め、Hultqvist の計算より外部線量を求め、この試料土壌からの γ 線をプラスチックシンチレーターを用いて測定し、電子のエネルギースペクトルから生体の吸収線量を実測によらず、土壌試料から簡便に求める方法を用いた。筆者は、土壌試料を用いての簡便法により、全国 13 地点の線量を算出した。

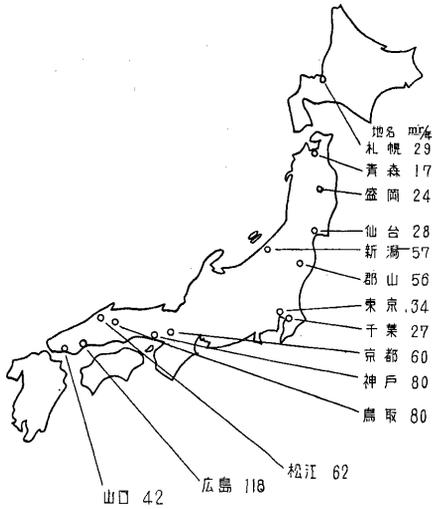
このほか NaI (Tl) 結晶を用いたシンチレーターに適切な遮蔽をして測定し、線量とそのエネルギーレスポンスの形が生体軟組織と等価と考えられるプラスチック

シンチレーターの線量と、 γ 線エネルギーレスポンスと同じになるようにしておくことにより、この遮蔽付 NaI (Tl) シンチレーターによる計測値から線量を正しく求める方法も、理研岡野氏により試みられた。

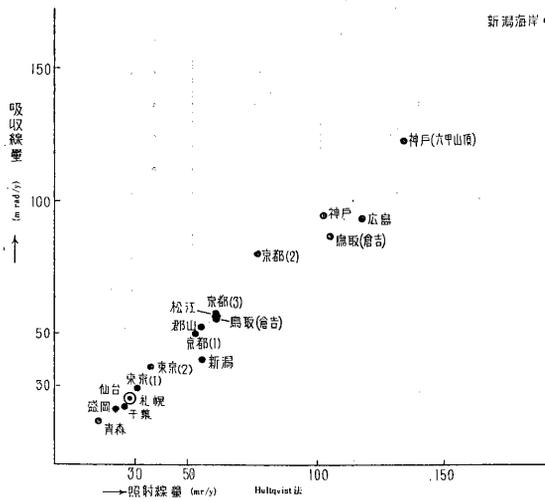
2 測定結果 第 1 表に土壌試料を用いて得られた外部線量と吸収線量を表示し、第 1 図に外部線量を試料採取地別に地図上に示し、第 2 図に外部線量、吸収線量を求めた二つの方法がよく一致することを示した図を示してある。

第 1 表 簡便法および Hultqvist 法による線量率と実測値

地 名	実 測 値 (mrad/y)	簡 便 法 (mrad/y)	Hultqvist 法 (mr/y)	合 有 量		
				Ra (g/g soil)	Th (g/g soil)	K (g/g soil)
札幌市	25	25	29	4.4×10^{-13}	2.8×10^{-6}	7.0×10^{-3}
青森市		16	17	5.4×10^{-13}	—	5.0×10^{-3}
盛岡市		21	24	7.2×10^{-14}	4.3×10^{-6}	6.0×10^{-3}
仙台市		25	28	4.8×10^{-13}	3.6×10^{-6}	5.0×10^{-3}
郡山市		52	56	9.5×10^{-14}	9.5×10^{-6}	1.7×10^{-2}
千葉市 (NIRS)	20—22	22	27	—	4.0×10^{-6}	1.0×10^{-2}
東京 (吾嬬橋)		37	37	8.7×10^{-14}	6.6×10^{-6}	1.0×10^{-2}
〃 (〃-深土)		29	31	3.8×10^{-13}	3.4×10^{-6}	9.4×10^{-3}
新潟 (海岸)		170	190	—	5.7×10^{-5}	9.0×10^{-3}
新潟市		40	57	8.5×10^{-13}	6.0×10^{-6}	1.6×10^{-2}
京都市 (南禅寺)		50	54	4.7×10^{-13}	7.1×10^{-6}	1.6×10^{-2}
〃 (北白川)		80	78	6.0×10^{-13}	1.1×10^{-5}	2.2×10^{-2}
〃 (西大路十条)		57	62	7.3×10^{-13}	9.5×10^{-6}	1.3×10^{-2}
〃 (玄塚)		55	62	1.2×10^{-12}	1.1×10^{-5}	3.0×10^{-3}
神戸市 (六甲)	60—100	95	104	3.0×10^{-12}	4.0×10^{-6}	2.5×10^{-2}
〃 (六甲山頂)		123	134	1.6×10^{-12}	2.0×10^{-5}	3.0×10^{-2}
広島市		94	118	1.3×10^{-12}	1.7×10^{-5}	3.0×10^{-2}
鳥取 (人形峠)		55	62	2.6×10^{-13}	8.0×10^{-6}	2.2×10^{-2}
〃 (〃-2)		87	106	8.3×10^{-13}	1.9×10^{-5}	2.1×10^{-2}
松江市		56	62	—	7.7×10^{-6}	2.7×10^{-2}
山口市		51	42	2.0×10^{-13}	9.2×10^{-6}	6.0×10^{-3}
Liparite (新潟)				1.1×10^{-12}	1.4×10^{-5}	3.1×10^{-2}
Tuff (新潟)				2.1×10^{-12}	1.7×10^{-5}	2.1×10^{-2}
Andesite (新潟)				4.2×10^{-13}	6.5×10^{-6}	2.0×10^{-2}
Rhyolite (新潟)				1.1×10^{-12}	1.8×10^{-5}	2.7×10^{-2}
Kiel (W. Germany)			13	1.4×10^{-13}	1.7×10^{-6}	3.4×10^{-3}
Speyer (〃)			56	6.3×10^{-13}	8.3×10^{-6}	1.2×10^{-2}
Weichenstephan (〃)			80	7.2×10^{-13}	1.4×10^{-5}	1.6×10^{-2}
Braunschweig (〃)			33	2.9×10^{-13}	4.1×10^{-6}	1.0×10^{-2}



第 1 図



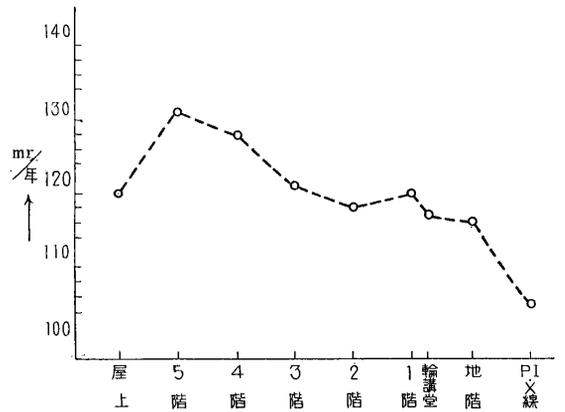
第 2 図

測定結果の示す範囲においては、日本は、関東以北は 30mr/y 程度の低線量の地域であり、関西中国は 50~80 mr/y の関東以北に比べて高い線量の地域であるとい得る。これは両地方の地質の相違によるものである。

ところで近年都市における生活は凝土造り、または石造建築物内の生活が増加してきた。このことは当然これら建造物による地殻からの放射線の遮蔽および建築材料

からの放射線の影響が考えられる。第3図に電離箱による放医研の建物内の線量を示した。この値は宇宙線の線量も同時に測定されているので、第1表の放医研の敷地内、地表1mの地殻からの放射線の寄与に宇宙線の線量 30mr/y を加えた値 52mr/y と比較すれば、建造物内の値が高いことに気がつく、これは主として建築材料の放射性物質の寄与が大きいたことがわかる。第2表に日本家屋内外の値を示したが、放医研の建物内外の値とは異なり、日本家屋の放射線に対する遮蔽効果は少ないことを示している。

3 むすび Background 放射線の測定は、測定法の検討に時間を要したため、実測その他試料採取は今後の計画にしている。これらの資料は、今後国民線量を問



第 3 図 コンクリート建物内線量のグラフ

場 所	電離箱による測定 (mr/y)
屋 上	118
5 階	131
4 階	126
3 階	119
2 階	116
1 階	118
1 階 輪 講 室	115
地 階	114
R I - X 線 棟	103

1. 屋上に近い階は宇宙線の影響が大きい。
2. 1階は周囲の地面からの放射線の影響が入る。
3. 2階、3階がこの建物では線量が minimum になる。

第2表 日本家屋内外線量
(電離箱による測定)

測定点	位 置	線 量 (mr/y)	屋外の線 量との比 (%)
A-1	屋外(崖から15m)	89	—
A-2	主家(崖から15m居間中央)	83	93
A-3	離れ(崖から17m客間中央)	77	87
B-1	屋外(崖から5m)	97	—
B-2	作業小屋中央(崖から5m)	95	98

線量はすべて気圧、気温の補正が行なっている。

題にする場合必要なデータとなると考え、人口密度の高い地域に重点をおいて測定を継続する予定である。

2. Multi-channel γ -Spectrometer による土壌中¹³⁷Cs の迅速測定

環境衛生第1研究室

渡 辺 博 信
山 下 幹 雄
堀 内 朗 子

1 結 言

原水爆実験によって地表に蓄積した種々の人工放射性物質も、今日では短寿命のものはほとんど decay out してしまったと考えられるが、長寿命核種は依然として生活環境の汚染を保っている。このうち比較的長寿命の γ 放射体として¹³⁷Cs (30y), ¹⁰⁶Ru—¹⁰⁶Rh (1 y), ¹⁴⁴Ce (285d) が考えられる(1)。特に¹³⁷Csは Half life が長く土壌中への浸透性も低いために、大部分地表近くに蓄積していると考えられ(2)、その地表における動向、蓄積分布模様を明らかにすることは、Food chain の問題および地表からの外部被曝線量の問題に関連して重要な課題の一つである。

従来、土壌中の¹³⁷Csの測定は主として化学分析によってなされているが、その方法は簡単でなく、かつ長時間を要するので、多数の試料を測定する場合、多大の労力と時間を要する。ところで、 γ -Spectrometry によって直接に土壌試料中の¹³⁷Csの測定を行なう場合、⁴⁰K, Ra, Th, U 等の自然放射性物質およびその他の人工放射性物質が含まれるために、スペクトルの正確な解析を行なうことはほとんど困難である。しかしながらわれわれは、土壌試料から得られるスペクトルにおいて、自然放射性物質等による¹³⁷Cs Photopeak (0.661MeV) 近

傍への寄与は、一般に二次曲線または一次式で近似でき得るとして、得られたスペクトルから統計的に、¹³⁷Csの量を推定した。同時に、同一試料の一部を化学分析法によって測定し、その結果を比較した。

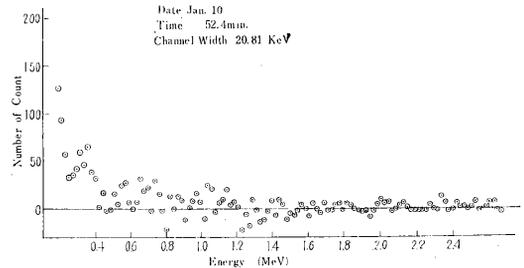
2 測 定 法

得られた γ -Ray Spectrum を解析する場合、¹³⁷Cs Photopeak の近傍の狭い領域を考慮して、単一のスペクトルによる項 $f(x)$ 、¹³⁷Cs以外の核種による寄与 $g(x)$ 、に分離して考えると、スペクトルは次式で表わされる。

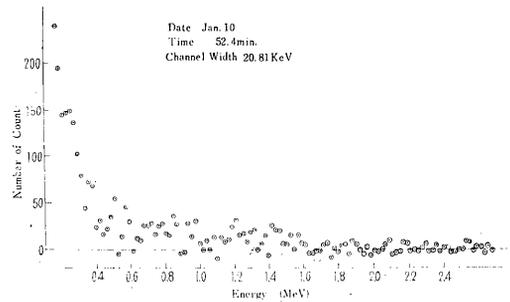
$$S(x) = f(x) + g(x) \dots\dots\dots(1)$$

$g(x)$ として、自然放射性物質のほか、長寿命の人工放射性 γ -放射体が考えられるが、これらの寄与は、一般に一次式ないし二次式で十分近似し得ると考えられる。

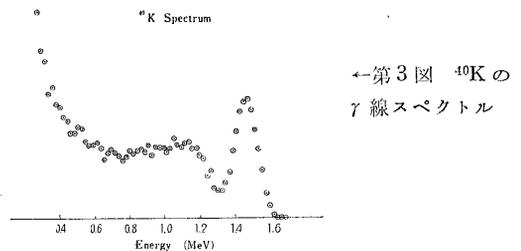
¹³⁷CsのPhotopeakは一般にGaussian Curveに近い形をしており、 $f(x)$ としてError functionを採用し得ると仮定する。



第1図 1m深土の土壌試料の γ 線スペクトル



第2図 6m深土の土壌試料の γ 線スペクトル

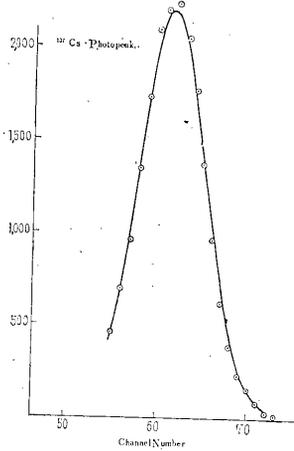


←第3図 ⁴⁰Kの γ 線スペクトル

したがって、 $g(x)$ として二次関数を用いた場合、(1)式は次のようになる。

$$S(x) = A \exp(-h^2 x^2) + B + Cx + Dx^2 \dots \dots \dots (2)$$

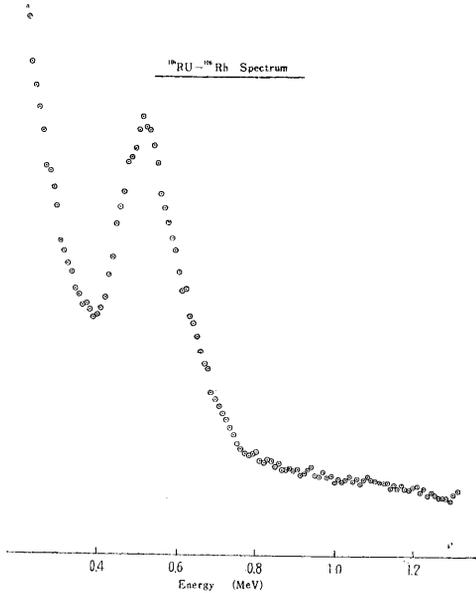
ここに、A, B, C, Dは任意定数である。



第4図 ^{137}Cs の γ 線スペクトルにおけるフォートピーク

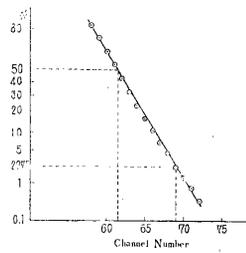
第4図は $^{106}\text{Ru}-^{106}\text{Rh}$ のスペクトルを示す。 ^{137}Cs Photopeak への影響は曲線で十分近似される。

(2) 第5図、第6図は ^{137}Cs Photopeak および正規確率紙上に plot されたその直線性を示す。



第5図 $^{106}\text{Ru}-^{106}\text{Rh}$ の γ 線スペクトル

(1) 第1図、第2図は放医研敷地内の1mおよび6m深土の γ 線スペクトルで、自然放射性物質からの寄与を示している。第3図は土壤中に比較的多量に含まれる ^{40}K のスペクトルであるが、0.66MeV近傍において曲線で十分近似される。人工放射性物質のうち、 $^{140}\text{Ba}-^{140}\text{La}$ 、 $^{95}\text{Zr}-^{95}\text{Nb}$ 等はほとんど decay out しているため、 ^{137}Cs Photopeak への影響はない。



第6図 Probability scale で表示した ^{137}Cs フォートピークの直線

これらの仮定のもとで各 channel における計数誤差を考慮して、(1)式に最小二乗法を適用することにより試料中 ^{137}Cs の単一スペクトルの Photopeak の高さ A は次式で与えられる。(3)(4)

$$A = \begin{vmatrix} \sum w_i a_{1i} s_i & \sum w_i a_{1i} & \sum w_i a_{1i} a_{3i} & \sum w_i a_{1i} a_{4i} \\ \sum w_i s_i & \sum w_i & \sum w_i a_{3i} & \sum w_i a_{4i} \\ \sum w_i a_{3i} s_i & \sum w_i a_{3i} & \sum w_i a_{3i}^2 & \sum w_i a_{3i} a_{4i} \\ \sum w_i a_{4i} s_i & \sum w_i a_{4i} & \sum w_i a_{3i} a_{4i} & \sum w_i a_{4i}^2 \end{vmatrix} \Delta \dots \dots \dots (3)$$

ただし

$$\Delta = \begin{vmatrix} \sum w_i a_{1i}^2 & \sum w_i a_{1i} & \sum w_i a_{1i} a_{3i} & \sum w_i a_{1i} a_{4i} \\ \sum w_i a_{1i} & \sum w_i & \sum w_i a_{3i} & \sum w_i a_{4i} \\ \sum w_i a_{1i} a_{3i} & \sum w_i a_{3i} & \sum w_i a_{3i}^2 & \sum w_i a_{3i} a_{4i} \\ \sum w_i a_{1i} a_{4i} & \sum w_i a_{4i} & \sum w_i a_{3i} a_{4i} & \sum w_i a_{4i}^2 \end{vmatrix}$$

$$w_i = \sigma_0^2 / \sigma_i^2$$

$$a_{1i} = \exp\{-h^2 x_i^2\}$$

$$a_{3i} = x_i$$

$$a_{4i} = a_{3i}^2$$

x_i : 0.661 MeV に対応する channel を原点とした channel number

h : Gaussian Curve の確度定数

σ_i : channel x_i における計数誤差

σ_0 : 任意定数

したがって、Aを ^{137}Cs 標準試料の Photopeak の高さと比較することにより、未知試料中の ^{137}Cs を推量できる。Aの誤差として、各 channel の計数誤差によるもののほかに、スペクトルの函数表示に起因するものが考えられるが、これを定式化するのは困難である。計数誤差によるものだけを考慮すればAの誤差は次式で与えられる。

$$\sigma_A = \sigma_0 \left\{ \begin{vmatrix} \sum w_i & \sum w_i a_{3i} & \sum w_i a_{4i} \\ \sum w_i a_{3i} & \sum w_i a_{3i}^2 & \sum w_i a_{4i} \\ \sum w_i a_{4i} & \sum w_i a_{3i} a_{4i} & \sum w_i a_{4i}^2 \end{vmatrix} \right\} \frac{1}{2} \dots \dots \dots (4)$$

長時間の測定において、増巾器の利得の変動等による peak ズレに対する補正を考えねばならぬ場合がある。

Energy line の変動が微小である場合、 $g(x)$ の変化は無視できるが、 a_1 に対する補正項 f は次式で与えられる。

$$f = \left\{ 1 - h^2 \Delta m |x| - \frac{h^2}{3} (\Delta m)^2 x^2 \right\}$$

ただし Δm は、 ^{137}Cs Photopeak の channel number におけるズレである。

3 測定器

RCL 社製、128 Channel Pulse Height Analyzer Crystal, NaI (Tl) $1.5''\phi \times 1''$ 、光電増倍管 Dumont 6292 5cm 厚の鉛の Shield を使用、医理研製、Low Back Ground Counter (β 線測定)

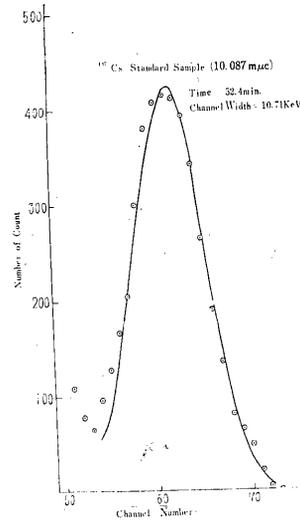
4 Sampling および Sample Preparation

土壌試料の Sampling は、一般に ^{137}Cs の大部分は地表近くに蓄積していることを考慮して、面積 $400 \sim 1,000 \text{ cm}^2$ 、深さ $1 \sim 2 \text{ cm}$ の薄層ごとに採取した。試料は乾燥器で除湿し、約 2 mm mesh のフルイを通して、小石その他の混物を除いて重量を測る。測定試料は、 $17.4 \text{ cm}\phi \times 4.2 \text{ cm}$ のガラス製シャーレに入れて測定された。

5 実験

^{137}Cs 標準試料は、放医研敷地内の 1 m 深土 (密度 0.65 g/cm^3) に ^{137}Cs 標準溶液を混入して作成した。第 7 図にその Photopeak を示す。乾燥土の 0.66 MeV γ 線に対する吸収係数は大体その密度に比例すると考えられるが⁽⁵⁾ 試料の密度の標準試料との差異に対する自己吸収の補正

の必要性は、実験の結果、僅かであったので無視しても大差はない。



第 7 図 ^{137}Cs 標準試料 ($10.087 \text{ m}\mu\text{c}$) の γ 線スペクトルの Graduation Curve

6 測定結果

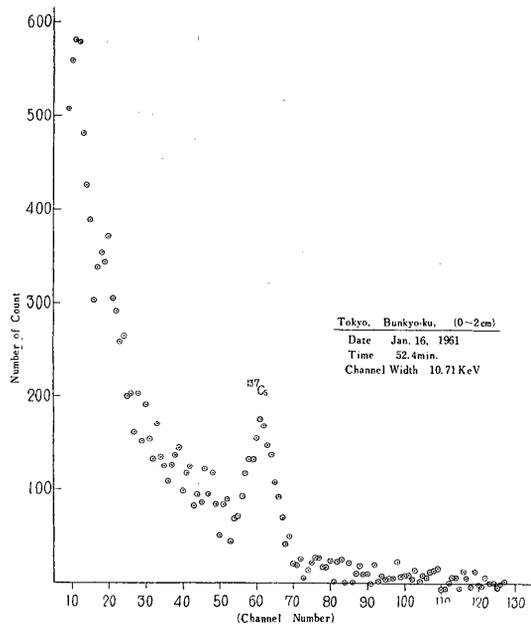
第 8 ~ 13 図に、いくつかの試料の γ 線スペクトルを示す。第 1 図は、これらより推定された ^{137}Cs の量を表している。

第 1 表

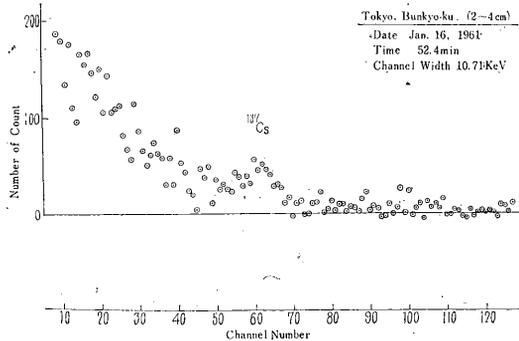
試料番号	採取場所	採取日	面積・深さ	採取量 (乾土) (g)	試量 (g)	試料中の ^{137}Cs ($\text{m}\mu\text{c}$)	1 m^2 当りの蓄積量 ($\text{m}\mu\text{c}$)	化学分析法の結果 ($\text{m}\mu\text{c}/\text{m}^2$)
No.1	東京・文京区	1960 10.20	$30 \times 30 \text{ cm}^2$ 0~2cm	1243	550	3.35 ± 0.61	84.0 ± 15.3	86.5 ± 3.7
No.2	〃	〃	$30 \times 30 \text{ cm}^2$ 2~4cm	1167	665	0.74 ± 0.44	14.9 ± 8.6	12.5 ± 0.9
No.3	千葉県・清澄山	1961 1.20	$20 \times 20 \text{ cm}^2$ 0~2cm	655	585	1.04 ± 0.30	29.1 ± 8.5	24.4 ± 1.1
No.4	千葉県・片貝	1961 1.20	$20 \times 20 \text{ cm}^2$ 0~2cm	1182	1140	0.97 ± 0.31	25.2 ± 8.0	17.2 ± 1.0
No.5	東京・保谷	1961 3.7	$30 \times 30 \text{ cm}^2$ 0~2cm	1000	635	2.28 ± 0.50	39.8 ± 9.1	
No.6	東京・気象研	1961 4.6	$20 \times 20 \times 3 \text{ cm}^2$ 0~1cm	1017	912	1.42 ± 0.50	13.2 ± 4.6	11.5 ± 0.4
No.7	〃	〃	$20 \times 20 \times 3 \text{ cm}^2$ 1~2cm	947	862	*	*	2.4 ± 0.2
No.8	千葉・放医研	1961 4.4	$20 \times 20 \times 3 \text{ cm}^2$ 0~1cm	1055	890	1.59 ± 0.50	15.7 ± 4.9	

* γ -Spectrometer で検出できなかったもの

一般に ^{137}Cs の大部分は、地表近くに蓄積しているために、下層から採取した試料についてはその検出が困難であった。



第8図 東京都文京区西片町で採取した試料の γ 線スペクトル



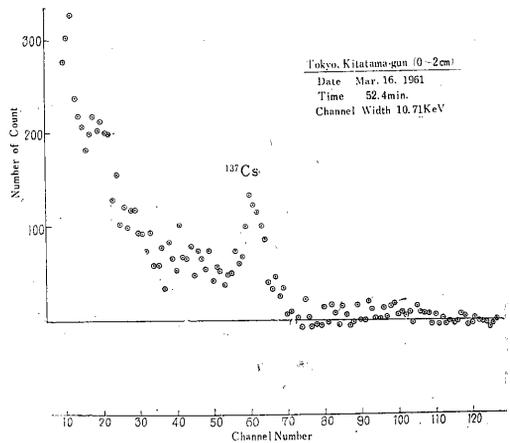
第9図 東京都文京区西片町で採取した試料の γ 線スペクトル

7 化学分析法による結果との比較

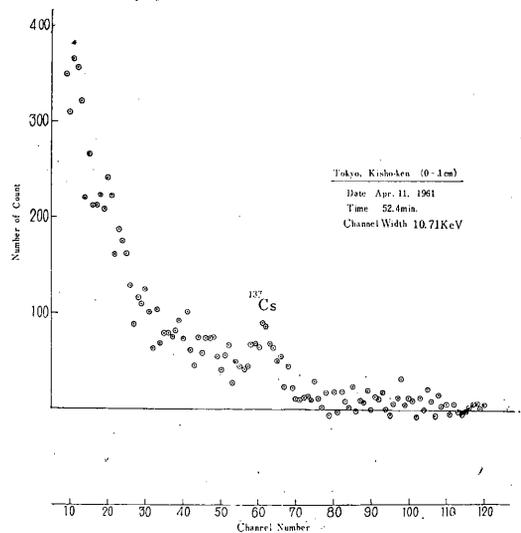
垂直分布の模様を、さらに検討するため、および、 γ -Spectrometry により得られた結果と比較するために、同一試料の一部を化学分析法によって測定した。

i) 分析法⁽⁶⁾

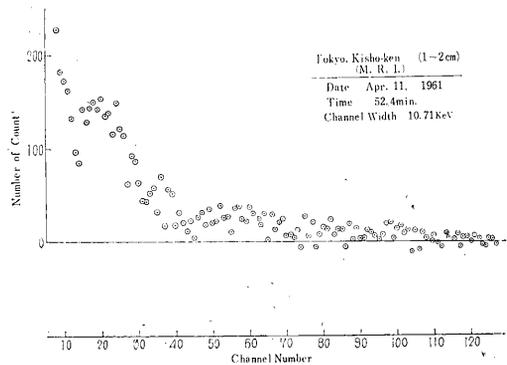
乾土 20g を (1 : 1) の塩酸溶液により処理して抽出液を得る。抽出液中の Cs と K は、まずジピクリルアミ



第10図 東京都北多摩郡保谷で採取した試料の γ 線スペクトル



第11図 東京都杉並区馬橋、気象研究所で採取した試料の γ 線スペクトル



第12図 東京都杉並区馬橋、気象研究所で採取した試料の γ 線スペクトル

第 2 表

Place Depth (cm)	東京気象研(a) ($\mu\mu\text{c}/\text{m}^2$)	高知市(b) ($\mu\mu\text{c}/\text{m}^2$)	東京文京区(c) ($\mu\mu\text{c}/\text{m}^2$)	千葉清澄山(d) ($\mu\mu\text{c}/\text{m}^2$)	千葉片貝(e) ($\mu\mu\text{c}/\text{m}^2$)	千葉稲毛海岸 (f) ($\mu\mu\text{c}/\text{m}^2$)
0 ~ 1	11.5 ± 0.4	5.5 ± 0.5	86.5 ± 3.7	24.4 ± 1.1	17.2 ± 1.0	13.1 ± 1.0
1 ~ 2	2.4 ± 0.2					
2 ~ 4		1.8 ± 0.5	12.5 ± 0.9	1.2 ± 0.5	0.9 ± 0.3	12.4 ± 0.6
4 ~ 6			2.3 ± 0.2	0.4 ± 0.4	2.5 ± 0.4	2.7 ± 0.3
6 ~ 8						1.0 ± 0.3
8 ~ 10						0.9 ± 0.3
10 ~ 12						0.5 ± 0.2
12 ~ 14						0.5 ± 0.2

備考 (a) 壤土

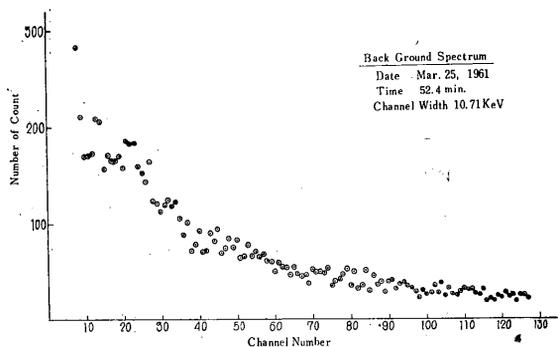
(c) 民家庭内, 壤土

(e) 小学校校庭, 砂質壤土

(b) 小学校校庭, 壤土

(d) 山頂平地, 壤土

(f) 松林内, 砂土



第13図 Back Ground Spectrum

ン塩として沈澱させて他元素から分離し、ついで、アルカリ金属の塩化白金酸塩の水に対する溶解度の差により、Csだけを塩化白金酸塩として沈澱させてK等から分離する。この沈澱をLow Back Ground Counterによって測定した。測定時間は、おおむね150分以内であった。

2) 測定結果

第2表に、いくつかの地点における垂直分布の模様を示す。

8 検 討

第1表に示されるごとく、化学分析法による結果との

比較は、誤差の範囲内で一致している。 γ -Spectrometryによる土壌試料の直接測定の最大の欠点は試料のVolumeが大きいため幾何学的効率が低く、さらに ^{137}Cs -Photopeakのchannel数における拡がりを、かなり大きくする必要があるので、channel当りの計数効率が非常に低くなることである。測定限界は、約1,000mlの土壌につき約 $0.5\mu\mu\text{c}$ で、これは ^{137}Cs が地表1cmの層に一樣に分布しているとすれば、約 $5\mu\mu\text{c}/\text{m}^2$ に相当する。しかし簡単な化学的操作により、試料のVolumeを軽減することにより、測定限界を下げることは十分可能と思われる。 ^{137}Cs の蓄積の垂直分布は、第2表にも示されるごとく、土質の種類、形状等により種々異なり、簡単にその模様を示すことは困難と思われるが、特に透過性の高い砂土以外では、 ^{137}Cs のほぼ80%以上は、0~2cmの表面層に蓄積していると推定される。したがって表面層の値から、全蓄積量を推定することは困難ではない。

1,000 cm^2 程度の一定面積の表土を薄層として採取する場合の誤差は避け難いが、われわれは直径5cmの採土器を用いて、円筒状に表土を採取し、これを正確に薄片に切取った値から外挿して、採取試料の全量を補正した。

最近のFalloutのData^{(7),(8)}によると50~60 $\mu\mu\text{c}/\text{m}^2$

の蓄積量が報告されているが、それは地形、土質、気象条件等によって、局的にみてもかなり不均一な分布をしていると考えられる。

参 考 文 献

1. H. F. Hunter and N. E. Ballou : Nucleonics, Vol. 9, No. 5. (1951)
 2. Jeneva Conf. Vol. 18, P/2207
 3. W. E. Deming : Statistical Adjustment of Data.
 4. 沼倉三郎; 測定値計算法
 5. 原子核工学講座 (共立), 放射線測定装置
 6. 原子力局, 放射能測定部資料
 7. 第1回放射能調査研究発表会論文採録集 (1959)
 8. 第2回 " (1960)
3. 人骨中の ^{90}Sr の定量

環境衛生第1研究室

小 柳 卓

1 要 約

放射性物質の Ecology に関する研究の一環として、 ^{90}Sr の人骨中への蓄積状況を調査し、その行動を把握するために、過去昭和 33 年より人骨を分析し、 ^{90}Sr の定量を行ってきた。今年度も引続き ^{90}Sr の定量を行な

い、また同時に人骨中に存在する非放射性の Sr との相関を検討するために、同一試料について非放射性 Sr の定量分析をも併せて行なった。

2 研 究 内 容

(1) 試料の調整および採取

人骨中の ^{90}Sr 蓄積量を年次別、地域別、年齢別に調査する目的で、今年度は 34 年より 35 年にわたって東京で死亡した者を対象とし、前年度までに行なってきた新潟地方の試料の調査結果と比較検討を試みた。一方各年齢層による差違については、特に骨の成長期における蓄積状況を追求する目的で、若年層の試料を多く求めることに努めた。さらに詳細に検討するためには骨の種類、あるいは骨の部位に関しても、それぞれ別個の分析を行なう必要があると考えられるが、今年度の研究はそこまで到っていない。種類については、今年度の試料はすべて肋骨を用いた。

試料は筋肉、骨髄を除去したのち、 550°C で約 12 時間焼却灰化し、攪潰して粉末とした上、その一部を取って総放射能を測定した。過去の調査によると、高年齢層の試料では ^{90}Sr 蓄積量が非常に少なく、少量の試料では分析後の測定が困難な場合が多いため、灰分の総放射能測定値に特に差のあるものを除き、数個体を合併して

第 1 表

年 令	S. U.	Sr/Ca 10^3	年 令	S. U.	Sr/Ca 10^3	年 令	S. U.	Sr/Ca 10^3
1.8	1.66 ± 0.11	0.5	16	1.20 ± 0.06	0.7	26	1.23 ± 0.58	0.8
5	1.05 ± 0.09	0.5	17	1.47 ± 0.09	1.0	26	0.22 ± 0.06	0.5
5	0.73 ± 0.07	0.3	18	0.41 ± 0.07	0.6	28	0.12 ± 0.09	0.6
6	0.90 ± 0.19	1.1	17	1.03 ± 0.07	0.9	28	0.74 ± 0.27	0.4
7	0.76 ± 0.08	0.4	18	0.54 ± 0.09	0.6	29	1.91 ± 0.48	0.5
7	0.80 ± 0.19	0.7	18	0.95 ± 0.08	1.1	45	1.97 ± 0.09	0.4
7.5	1.21 ± 0.12	0.2	18	0.95 ± 0.07	1.0	—	—	(No. of Sample)
8	0.66 ± 0.14	0.4	18	0.64 ± 0.10	0.8	30-	0.25 ± 0.09	(3)
10	0.79 ± 0.05	0.4	19	1.48 ± 0.18	0.7	30-	0.34 ± 0.10	(2)
10	0.66 ± 0.09	0.8	19	2.53 ± 0.51	0.8	40-	0.48 ± 0.06	(4)
11	0.38 ± 0.07	0.4	19	0.47 ± 0.10	0.9	40-	0.13 ± 0.04	(4)
11	0.73 ± 0.20	0.8	19	0.74 ± 0.15	1.2	50-	0.63 ± 0.11	(5)
12	0.85 ± 0.08	0.5	19	0.62 ± 0.14	0.9	50-	0.28 ± 0.12	(4)
13	0.96 ± 0.13	—	20	1.04 ± 0.24	0.6	60-	0.37 ± 0.10	(3)
15	2.56 ± 0.54	0.8	20	0.21 ± 0.05	0.7	60-	0.37 ± 0.09	(3)
15	1.13 ± 0.09	0.7	23	0.51 ± 0.17	0.3	70-	1.10 ± 0.25	(4)
15	1.15 ± 0.08	0.7	24	2.77 ± 0.46	0.9	70-	0.37 ± 0.10	(4)
16	1.30 ± 0.05	0.7	24	0.28 ± 0.08	0.3	—	—	

分析試料とした。

(2) 分析方法

a. ⁹⁰Sr の定量

⁹⁰Sr の分析は発煙硝酸分離法にもとづき、灰分約 5g に担体 50mg を加えたのち再沈を繰返し、炭酸塩として Sr を分離した。担体に対する収率は 75~85% という値が得られている。分離した炭酸 Sr は沓紙保持台に載せ、試料皿に入れて端面型ガスフローカウンター内蔵の低バックグラウンドカウンターを用いて、その放射能を測定した。⁹⁰Sr 量の決定は ⁹⁰Y の分離、測定によって行なったが、⁹⁰Sr の存在は計数誤差範囲内で認められなかったため、大部分の試料については平衡時における Sr の計測値より ⁹⁰Sr 量を算出した。計数効率率は 40% で、計測値の標準偏差は 10% 以内に抑えた。一方 Sr 単位を算出するために、試料の一部について重量法および滴定法を用いて、灰分中の Ca 含量を求めた。

b. 非放射性 Sr の定量

非放射性の Sr は人骨中の含量が少なく、微量の試料中の Sr を定量する場合、種々問題があると考えられ、二、三の方法につき検討を行なったが、今年度はイオン交換法を用いて Sr と Ca とを分離したのち、Sr は蛍光分光分析法によって定量し、滴定法により求めた Ca 量との比を求めた。

分光分析に際し、他の共存イオンの妨害を抑えて微量の Sr の定量を行なうため、方法の検討を併せて行なったが、結論を出すに到っていない。

3 実験結果

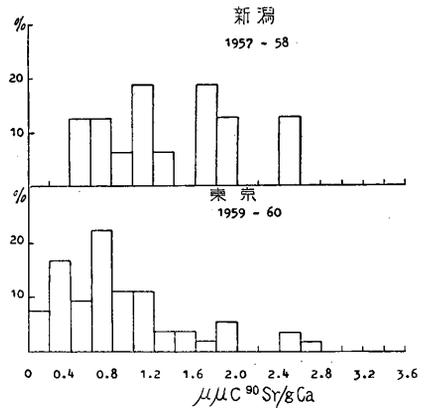
第 1 表に示したのは今年度分析した試料の測定値を年令順に列挙したものである。これをすでに得られている調査結果と比較するために、子供と大人とに分けて平均値を取ると第 2 表のような結果が得られる。'57年、'58年の結果は新潟の試料について得られた値であり、'59、

第 2 表

子 供		大 人	
S.U. ± s.d.	試料数 測定範囲	S.U. ± s.d.	試料数 測定範囲
1957	0.54 ± 0.23 14	1.07 ± 0.29	14
1958	1.48 ± 0.17 8	0.69 ~ 1.83	11
1959	1.08 ± 0.48 9	0.12 ~ 0.48	
1960	0.89 ± 0.19 32	0.12 ~ 2.56	37
		0.45 ± 0.19	37
		0.13 ~ 1.10	

'60年の結果は東京で得られた測定値であるためこれらの値から年次変化を求めることは不適当と思われる。

一方両者についてそれぞれ分配曲線を描くと、第 1 図



第 1 図

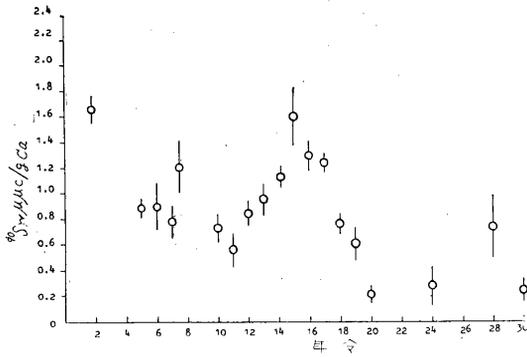
のようになり、傾向として新潟地方の試料に濃度の高いものが多く現われているような結果がみられるが、これを放射性降下物の影響あるいは食生活の差異等に結びつけて地域差と認めることも前述の時期の差ということ、さらにまた実験検体数が非常に僅かであるということ等から困難であると思う。今後の研究によって、このことが裏付けられるならば、試料の採取に際しても地域差ということも考慮に入れなければならないと思われる。

次に測定結果を各年令層に大別してみると、第 3 表に

第 3 表 各年令層の骨中ストロンチウム濃度

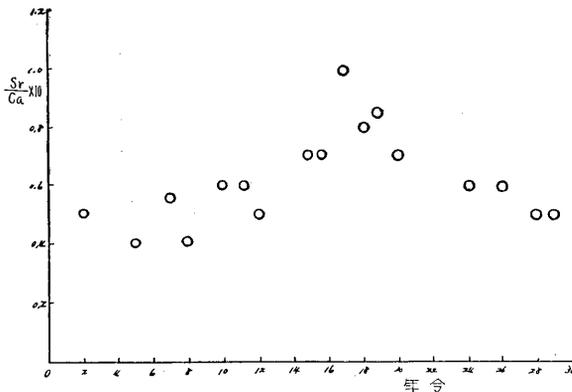
年 令 層	試料数	S. U. 平均 ± 標準偏差	測定範囲
1 - 10	10	0.92 ± 0.13	0.66 - 1.66
11 - 20	18	0.99 ± 0.23	0.12 - 2.56
21 - 30	6	0.88 ± 0.28	0.21 - 2.53
31 - 40	4	0.29 ± 0.13	0.25 - 0.34
41 - 50	8	0.31 ± 0.10	0.13 - 0.48
51 - 60	10	0.59 ± 0.36	0.28 - 0.85
61 - 70	6	0.37 ± 0.10	0.10 - 0.92
71 -	8	0.60 ± 0.10	0.37 - 1.10

示すとおり、20 才以上では年令層間にほとんど有意差の存在を認めることができない。一方 20 才以下の試料については、それらだけに関して、年令と測定値の関係を図示したのが第 2 図の曲線である。従来報告されている結果¹⁾によると、人骨中の ⁹⁰Sr 蓄積量は子供で大き



第 2 図

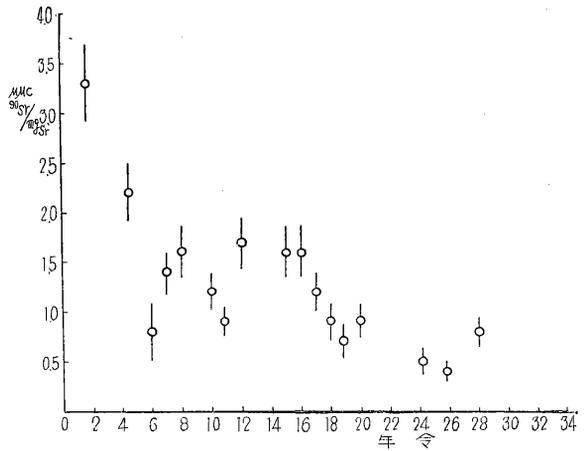
く、約1才付近で大人の値の10倍近くの最高値を示し以後年齢の増加とともに急激に減少する傾向にあることが指摘されており、この曲線においても大体その傾向をうかがうことができる。1才以下ではまた、非常に低い値を示すことがすでに知られているが、この研究ではその方の試料が得られなかった。またこの曲線によると、そのような幼児のピークのはかに、14才より18才までの間にもピークがあるような結果がみられるが、それを裏付けるだけの検体数がないため直ちにこれに意味を求めることはできない。しかしもし実際に、その年齢層にピークがあるものと仮定すると、この曲線は Langham, Kulp²⁾らが食物から骨へ移行するときの Sr, Ca の差別率、各年齢における骨への Ca の蓄積量、過去に摂取した食物中の ⁹⁰Sr の濃度、骨の代謝率等から理論的に予測した ⁹⁰Sr 蓄積量の年齢曲線とほぼ一致することになる。つまり、骨の成長において、Ca の骨への沈積速度および量が 15 才付近で最も大きい値を示すということが、ここに何か関連してくるのではないかと考えられる。



第 3 図

この点に関し、さらに考察を加えるために先に述べた方法により分析した人骨中の非放射性 Sr の量を Ca 含量との比で表わし、同様に年齢との相関をみたのが第3図に示す曲線で傾向としては同様に 15 才付近のピークをみることができる。いずれの場合についても、さらに多数の例が得られなければ、明白なことはわからないが、これらの結果から骨の成長と ⁹⁰Sr 蓄積量の間の関連性というものを追求して行くことにより、⁹⁰Sr あるいは非放射性 Sr の骨中での挙動が推測できるのではないかと考える。

第4図は ⁹⁰Sr と非放射性 Sr との比を求めて、これを



第 4 図

縦軸に取り、年齢との関係を示したものである。ここにみられるとおり、この曲線では 15 才付近のピークはほとんど現われず、年齢の増加とともに単に減少する傾向が示される。これは過去数年の間に、環境中の ⁹⁰Sr と非放射性 Sr との比が増大したことによる結果を示すものと考えられる。このように、⁹⁰Sr 蓄積量を Ca との比で表わすかあるいは非放射性 Sr との比で表わすかによって事情の異なる場合もあり、⁹⁰Sr の Ecology という問題に関しては、その点の考慮も必要となるのではないかと考えられる。

4 総括

前年度に引き続き人骨中の ⁹⁰Sr 濃度を定量したが、特に非放射性の Sr の定量をも同時に行なってその相関を追求した。年次、地域による差異は実験例が少数のため、明確に指摘できなかったが、年齢による差異は比較的明瞭にみられ骨代謝と蓄積との関連は種々問題を含むと考えられる。

参 照

- 1) J. Laurence Kulp, Walter R. Eckelmann, Arthur R. Schulert; Strontium-90 in Man, Science, 125, 219 (1957)
W. R. Eckelmann, J. L. Kulp, A. R. Schulert; ibid, 127, 266 (1958)
J. L. Kulp, A. R. Schulert, E. J. Hodges; ibid, 129, 1249 (1959)
- 2) W. H. Langham, E. C. Anderson; ibid, 126, 205 (1957)
J. L. Kulp, A. R. Schulert, E. J. Hodges; ibid, 132, 448 (1960)

[研究発表]

小柳卓, 堀内朗子, 坪田博行; 人骨中の ^{90}Sr の濃度について, 日本放射線影響学会第2回研究発表会 (昭和 35 年 11 月)

4. 成層圏内のエーロゾルの行動に関する理論的考察

環境衛生第2研究室
阿部史朗

最近の Fallout 観測の結果によれば Fallout 量は春に増大し, また中緯度に多いことが知られている。この事実に対する明確な説明はいまのところないようみえる。新しい機構を探し出すとする試みの一つとして, ここでは太陽光による効果を考えてみた。すなわち成層圏内のエーロゾル粒子の動向に及ぼす太陽光エネルギーの効果について理論的な検討を加え, その結果で Fallout の世界分布, 時間的変動を説明しようというものである。

1 考 え 方

成層圏に太陽光が入射すると, そこにある空気, 水蒸気, 微粒子は太陽光エネルギーを吸収して加熱される。空気, 水蒸気などは固体微粒子にくらべて単位体積あたりに吸収するエネルギーは小さい。そこで粒子はまわりの媒質よりも受熱量 (単位体積あたり) が多く, 定常状態での温度はまわりよりも高くなるであろう。粒子の温度が高くなればそこから熱がまわりの低い領域に移り, 粒子に近い部分をあたためる。定常状態では粒子が最高温を示し, 粒子からはなれるにしたがって温度はさがり, 遠方では粒子がない場合と同じ温度になるとみられる。粒子付近の空気塊について考えれば温度がまわりにくらべ大きいことから, その部分はまわりの空気にくらべ密度が小さい。その結果まわりとの密度差による力, つま

り浮力によって空気塊は粒子を含んだまま上昇することになる。

この考えの筋道を理論的に考察し, 上の過程が可能かどうか, また結果が成層圏内のエーロゾルの動向に影響するほど大きくなるかどうか検討した。

2 空気塊温度の算定

浮力の計算にあたっては, 空気塊の密度がまわりにくらべどの程度小さくなるか, つまり空気塊の温度がどの程度になるか計算することが必要である。

成層圏では, 気温が高さの方向にほとんど一定という事実が気象学で認められている。また粒子の上下降の速度は小さく, 短い時間にはまわりの温度はほとんど変わらないとみてよいであろう。よって温度が定常状態になれば, 運動してもその状態はそのまま保たれるとみられる。また, 粒子と気塊の運動による気塊の冷却もほとんどないであろう。もちろん, 炭酸ガス, 水蒸気は空気にくらべ少ないので無視できる。

温度を定める状態方程式は取扱いの便宜上次の簡単な形のものを採用する。

$$J_0 \pi r^2 = (\rho v C_p + m C_{p1}) \frac{dT}{dt} - A v \frac{dp}{dt} + s \sigma (T^4 - T_a^4) + s \alpha (T - T_a) + s \lambda \frac{T - T_a}{\delta}$$

ここで, J_0 : 太陽定数, r : 粒子の半径, ρ : 空気塊の密度, v : 空気塊体積, C_p : 定積比熱, $1/A$: 熱の仕事当量, T : 粒子温度, p : 空気塊圧力, S : 空気塊の表面積, T_a : まわりの大気温度, $T - T_a / \delta$: 空気塊表面における半径方向の温度勾配, σ, α, λ : フク射, 対流伝導の定数, m, C_{p1} : 粒子の質量, 比熱。

ここでは粒子の温度が一定で T , まわりの空気の温度は T_a であるとしている。この式の左辺は単位粒子, 単位時間あたりの吸収エネルギーであり, これがエネルギー源となって右辺の各項によるエネルギー消費と釣り合っているわけである。右辺第1・2項は空気塊ならびに粒子の温度変化ならびに状態変化に要するエネルギー, 第3項はフク射によって失なわれるエネルギー, 第4項は対流によって失なわれるエネルギー, 第5項は伝導によって失なわれるエネルギー量を示す。水平方向の温度と圧力には変化はないと考えてよいから,

$$V_x \frac{\partial T}{\partial x}, V_y \frac{\partial T}{\partial y}, V_x \frac{\partial p}{\partial x}, V_y \frac{\partial p}{\partial y} \text{ がすべて } 0 \text{ である。}$$

はじめに指適したように, 高さ方向の温度勾配はないとみられるから $\frac{\partial T}{\partial h} = 0$, また上昇速度が小さいので短い時間の圧力変化はほとんどないと考えてよい。よ

って $V \frac{\partial p}{\partial h} \doteq 0$ とする。温度は定常状態を考えているから $\frac{\partial T}{\partial t} = 0$ 。もちろん急激な音波などの存在は考えられないから $\frac{\partial p}{\partial t} = 0$ 。よって、

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\partial T}{\partial t} + V \frac{\partial T}{\partial h} + V_x \frac{\partial T}{\partial x} + V_y \frac{\partial T}{\partial y} = 0$$

$$\frac{dp}{dt} = \frac{\partial p}{\partial t} + V \frac{\partial p}{\partial h} + V_x \frac{\partial p}{\partial x} + V_y \frac{\partial p}{\partial y} = 0$$

よって状態方程式は、

$$J_0 \pi r^2 = s \sigma (T^4 - T_a^4) + s \alpha (T - T_a) + s \lambda \frac{T - T_a}{\delta}$$

右辺第1項については低圧気体のフク射能は固体のフク射能にくらべいぢるしく小さいので、 s としては粒子表面積をとることが可能となる。また黒体フク射として $\sigma = 5.74 \times 10^{-8}$ CGS を採用した。 λ としては表面伝熱係数として $1.9 \times 10^3 \times \delta$ を採用した。ここで δ は気塊半径程度の量である。 α は水平細線の自然冷却の実験より作られた式 ($[M k h kcal]$ 単位)

$$\alpha = 0.47 \lambda_1 \sqrt{\frac{\delta_1^2}{g \mu^2} (t_m + 273)} \cdot \sqrt{\frac{dt}{D}} \sqrt{p}$$

[kcal/m² h °C]

$$t_m = \frac{T + T_a}{2}, \quad dt = T - T_a$$

λ_1 : 空気の熱伝導率, γ_1 : 気圧 1 kg/cm² のときの比重, μ : 粘度, D : 直径, p : 気圧, である。第2, 第3項ともに s としては γ , α の意味合いから粒子表面積を用いる。

$T_a = 200^\circ K$ (成層圏温度), $\gamma = 0.01 \mu$, $\lambda_1 = 0.02$, $\gamma_1 = 1.3$, $\mu = 2 \times 10^{-6}$, $D = 2 \times 10^{-8} (= 0.02 \mu)$, $g = 7.5 \times 10^{-7}$ の数値を代入すれば, T だけに関する方程式となる。これを解いて $T = 222^\circ K$ が得られた。つまり粒子は $222^\circ K - 200^\circ K = 22^\circ C$ だけまわりの空気よりあたたかいわけである。

3 空気塊の大きさ

σ , α , λ のうち, 最も大きく影響するのは α である。 $dt = 22^\circ C$ によって α の値を求めると, 5.9×10^4 [erg/cm² deg sec] となる。 $\lambda_1/\alpha \doteq \delta$ であるから $\lambda_1 = 1.9 \times 10^3$ [erg/cm sec deg] を代入すれば, 3.2×10^{-2} cm = 320 μ , 気塊半径はこれより小さいが, 平均自由行程の10倍程度以下になることはないであろう。よって気塊半径は 10 μ ~ 300 μ くらいと考えられる。

4 上昇速度

一方, 空気塊の運動方程式はストークスの法則を考慮して、

$$\frac{dv}{dt} = g \frac{T - T_a}{T_a} - \frac{6\pi\eta R V}{\rho v}$$

V : 上昇速度, R : 空気塊の半径, ρ : 空気塊の密度
定常状態 $dv/dt = 0$ を考えると, 終端速度は、

$$V = \frac{v \rho g}{6\pi\eta R} \cdot \frac{T - T_a}{T_a}$$

となる。 $v = \frac{4}{3} \pi R^3$ であるから、

$$V = \frac{2}{9} \frac{\rho R^2 g}{\eta} \frac{T - T_a}{T_a}$$

$\rho = 2 \times 10^{-4}$ g/cm³, $R = 3 \times 10^{-2}$ cm or 3×10^{-3} cm, $\eta = 1.4 \times 10^{-4}$ として, $R = 300 \mu$, 30μ に対してそれぞれ $V = 1.1$ m/hour, 1.1 cm/hour

となる。 $r = 0.1 \mu$ についてはこれより大きな値が得られる。

5 下降速度とブラウン運動

下降する原因としては重力だけを考える。大気大循環によるものは, 気象学上われわれの値にくらべ, 非常に小さいと考えられているので問題にしない。日照があるなしにかかわらず, 重力による沈降があるが, 日照のあるときはそれが上昇速度より小さくなる。その数値は, Stokes-Cunningham の式によって求められる。

$\gamma = 0.01 \mu$, $P_p = 3$, γ に対し 1.1×10^4 , 2.4×10^4 cm/sec である。

ブラウン運動の速度も, $10^{-4} \sim 10^{-5}$ cm/sec 程度であり, 定常状態はくずれない。

6 Fallout の説明

以上のように太陽光があたる場所では, 粒子はいく分上昇させられる。地球全体からみれば北半球の夏には北極, 高緯度地方は半年間連続太陽光によって照射される。が, 冬にはほとんど半年間太陽光はあたらぬ。中低緯度では毎日昼と夜が交代するわけである。1日12時間ずつ太陽光があたっても, 粒子の上昇速度が小さいので上昇する高さはそう大きくない。しかし半年間にわたって照射される場合には, 粒子の上昇高度は相当高くなる。太陽光照射がない場合には重力落下するわけだが, その量は粒子の半径によってちがうが小さいものである。よって成層圏上層部にあるものは, 冬のはじめにおちはじめても, 半年ぐらいいおちて春に成層圏下部, いわゆる Tropopause におちてくる。Tropopause におちたものは大気の循環によって中緯度地方に特に多くはこぼれ, そこで地表に降雨などともにおちる。春の増大はこのような機構で説明できる。ところで大きい粒子は上昇より下降の速度が大きいため, つねに下降をつづ

け地表におちる。Tropopause に落ち切らないものは、春太陽光あたりはじめるので上昇しはじめる。しかし中、低緯度では上昇は大きくない。このようにして高緯度地方が一種の貯蔵庫となって、粒子を保つ傾向をもつ。このようにしていままで問題となっていた Fallout の春季増大、中緯度多大、粒子分布の成層圏多大が説明できるようである。

〔研究発表〕

1. 阿部史朗；成層圏エアロゾルの行動に関する理論的考察，日本放射線影響学会第2回研究発表会（1960年11月）
2. 同上，第2回放射能調査研究成果発表会（1960年11月）

5. 放射性粉塵の人体への影響に関する研究

環境衛生第2研究室

渡辺博信
阿部史朗

核燃料物質の粉塵，放射性気体の飛散，また原子炉の事故時にも気体物質，微粒子が大気中に拡散した場合，これら物質の吸入による体内被曝は重大な危害と障害をおこすおそれがある。特にエアロゾルの吸入は，肺への沈着という面から重視しなければならない。この研究では放射性エアロゾルの危害を研究するために，第一に有効にして安全な発生装置と吸入実験装置を作成し，第二にそれを使用して原子炉事故時に飛散するとみられる放射性ヨードについてエアロゾルとの関連性をしらべた。

1 エアロゾル発生装置の試作，研究

(1) 試作された装置は第1図の LaMer-Sinclair 型の DOP Aerosol 発生機の改良型のものである。原理は蒸発器内の DOP (Di Octyl Phtalate) を加熱し，空気または窒素ガスによって泡立て，DOP 蒸気を作ったところにイオンまたは核物質を送り込むことによって，DOP を凝結させて粒子を作るものであるが，再熱器でさらに加熱することによって，粒径分布が均一にされる。この装置にはまたエアロゾル粒子に対する気体，特にヨード付着の実験に使う目的であらたに，加熱法によるヨード蒸気発生部が付属している。混合箱を含めた本体の大きさは $140 \times 150 \times 60$ (cm³) と小型にまとめている。

(2) 性能テスト

a. 核物質の温度と粒径および粒子濃度の関係

第2図，第3図のように，従来発表されているものと完全に同じである。

b. 粒径分布

第4図のように鋭い分布特性をもっている。

2 Aerosol に対する放射性ヨード付着の研究

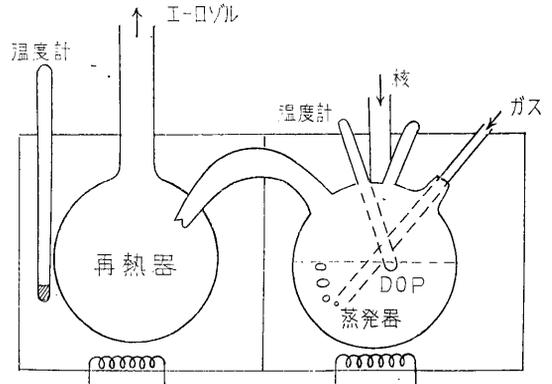
(1) ヨード発生実験

発生装置部の温度と流速を変えて，発生するヨードの濃度を測った。捕集は 10%KI 水溶液の3段階捕集装置で行ない，Na₂S₂O₃ 水溶液で定量した。或る場合には，比色分析も行なった。

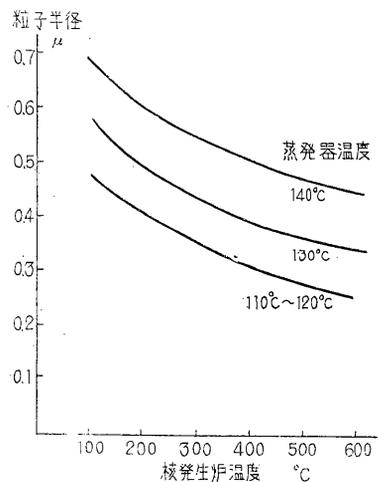
結果は第5図，第6図のとおりである。

(2) ヨードガスの DOP エアロゾルに対する付着

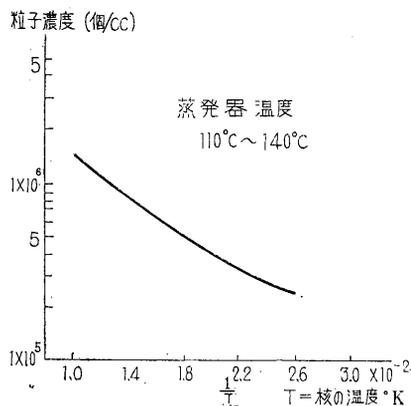
ヨードガスと DOP エアロゾルを大きな容器に入れ，混合した上で電気集塵器あるいは濾紙集塵器を通し粒子をつかまえる。つかまえた粒子はすみやかに KI 溶液で洗った上で定量分析する。結果は変動がはげしく，いまのところはっきりしたことはいえないが，0~5 lpm の流量範囲で 10⁻⁸mol/l 程度付着する。



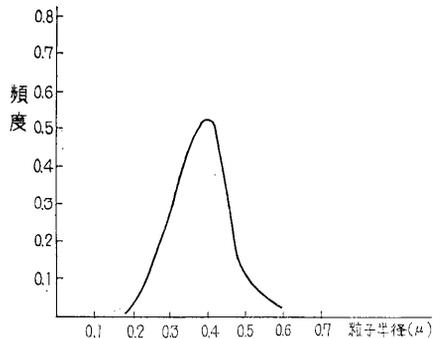
第1図 DOP エアロゾル発生装置



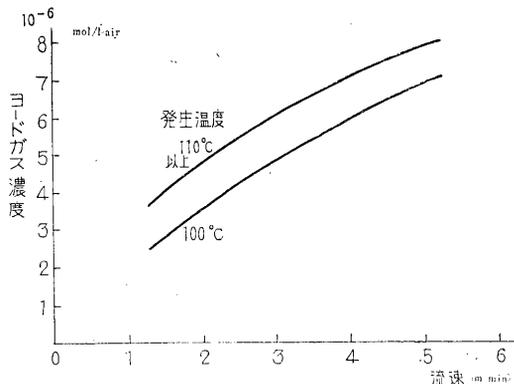
第2図 粒子半径



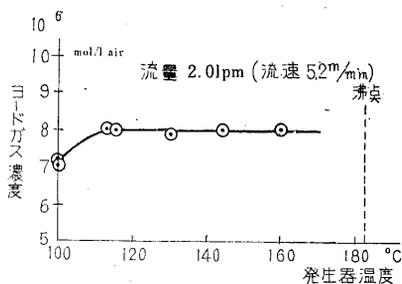
第3図 粒子濃度



第4図 粒径分布



第5図 ヨードガスの発生-1 (発生器温度一定のとき)



第6図 ヨードガスの発生-2 (定流量のとき)

6. 液体シンチレーション・スペクトロメーターによる¹⁴C, ³Hの測定 (¹⁴C および ³H の試料の固定化に関する研究)

環境衛生第3研究室

梶田 義彦
山崎 幹夫
岩倉 哲男

液体シンチレーション法は低エネルギーβ線放射体の測定法としてすぐれたものの一つであるが、その特殊性から同じ目的に用いられる他の測定法にはみられないいろいろな問題がある。ことに³Hの場合は、エネルギーが小さいだけ注意を要する。この実験では、(1)測定容器、(2)使用溶剤および(3)Quenchingに関する問題を取り上げ検討した結果、若干の知見を得たので、ここにその概要を記す。(詳細は、放射性同位元素協会発行“Radioisotopes”, Vol. 10, No. 1, ³H特集号に掲載)

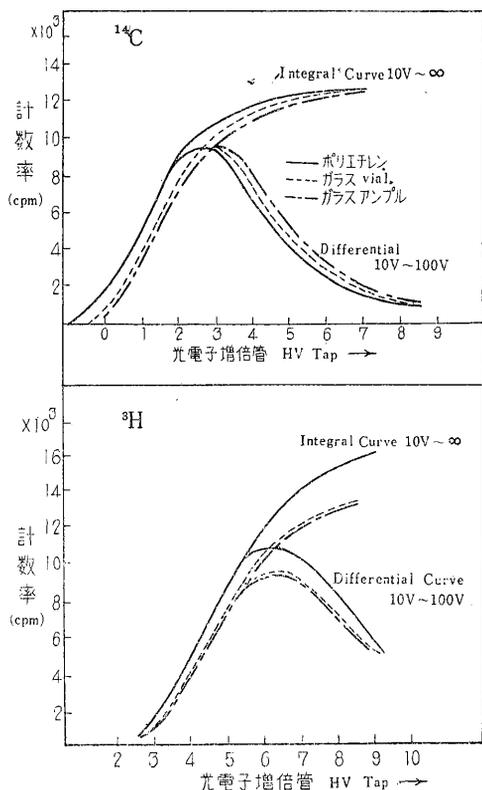
1 測定容器

(a) Screw cap 付 低カリガラス製 Vial (カリウム含量 K₂O として 0.241%, Wheaton Glass Co., Millville, N. J., U. S. A. 製), (b) ガラス製アンプル (硬質ガラス製) (c) ポリエチレン製 Vial の三者につき、¹⁴C, ³H の測定効率を比較検討した。これらは、いずれも Packard 社で販売されており、容量 20ml である。

(a)は、Screw cap 裏面にコルク製パッキングとアルミ箔 (通称 Tin-foil) の反射板がついている。100 箇の Vial の Background を測定した結果、特に著しいバラツキは認められなかった。

(b)は、試料封入の際、水冷下で頸部を熔封するが、特殊バーナーを使用しないと自動試料交換装置内部の高さ 6.5cm 以内にアンプルの高さを熔封できない。20ml 入れると、内部の試料がアンプルの頸の下部まで達するので、内容物の引火あるいは炭化のおそれがある。

(6)は、ベンゼン系溶剤によって膨潤し、試料を長期間保存できず、また、変形により試料交換装置中で事故をおこすおそれがある。



第1図 容器材質の差による¹⁴C、³Hの計測効率の差

測定結果を第1図に掲げた。

ポリエチレン製 Vial を用いた場合が最も効率よく測定できる(特に³Hの場合著しい)ことは、注目に値する。これはポリエチレンの方がガラスよりも一見不透明であるにもかかわらず、光を十分に散乱し得るため、両側の光電子増倍管にはほぼ同数の光子が到達するためと思われる、試料と光電子増倍管との光学的関係の重要性をものがたる一つのよい例であろう。

アンプルが低カリガラス製 Vial に比し、計数効率の若干劣るのは、反射板のないためと思われる。

2 使用溶剤

¹⁴C、³Hの測定の場合、特に³Hでは、試料の多くが親水性であって、疎水性溶剤のトルエン、キシレン、ナフタリン等となじまず、溶解性に制限がある。親水性溶

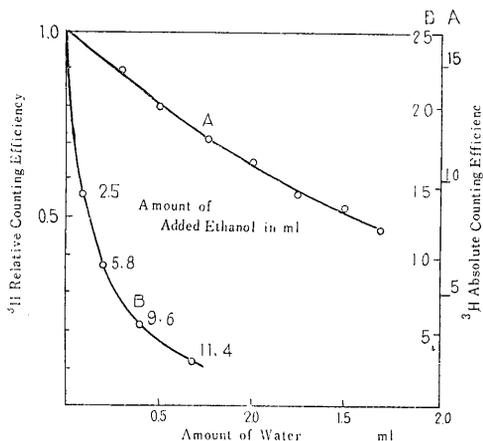
剤としてエタノール、ジオキサン等があるが、他のシンチレーター用溶剤のような共軛系を持たず、またジオキサンは融点が+11°Cで、氷点下の測定条件では氷結の恐れがある。

本実験では、(i)水-エタノール-トルエンの三成分系と(ii)水-ジオキサン(含ナフタリン50g/l)-トルエンの系につき、検討を行なった。

(i)の場合は、水とエタノールのQuenching(後述)効果が加算され、水(含測定試料)の量を増加すれば、媒介剤であるエタノールの量も必然的に多量となるため、その結果として著しく測定効率の低下をまねく。

(ii)の場合、在来の欧米での実験例をみると、多くの場合、ジオキサン(含ナフタリン)-水だけの系で、+5°~10°Cで実験を行なっている例が多い。³Hの測定では、なるべく低温下で実験を行なうことが望ましい(光電子増倍管の熱雑音を除去するため)ので、この実験では、さらに凍結防止の目的でトルエンを20%程度加えよい結果を得ている。

測定の結果を第2図に示す。



第2図 ³H水溶液試料の測定

- A: トルエン-ジオキサン(含ナフタリン50g/l)-水
- B: トルエン-エタノール-水

3 Quenching

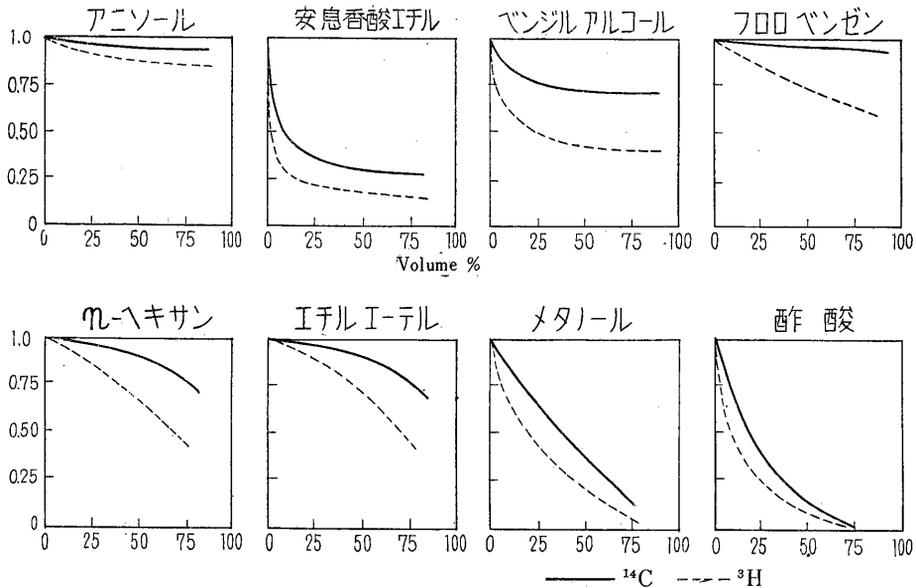
この現象は、試料添加試薬、溶解補助剤等の化学形によって生ずる測定効率の変化、つまりシンチレーターの螢光(特に光電子増倍管の最高感度波長420μ前後の螢光)の弱くなる現象—Fluorescence Quenchingをいい、液体シンチレーション法の応用面から考えて、どのような物質が、どの程度のQuenchingを起すかを正確

に知ることは極めて重要なことである。すでに2, 3のデータが発表されているが、そのほとんどが ^{14}C についてのもので、 ^3H についてのデータはみられない。

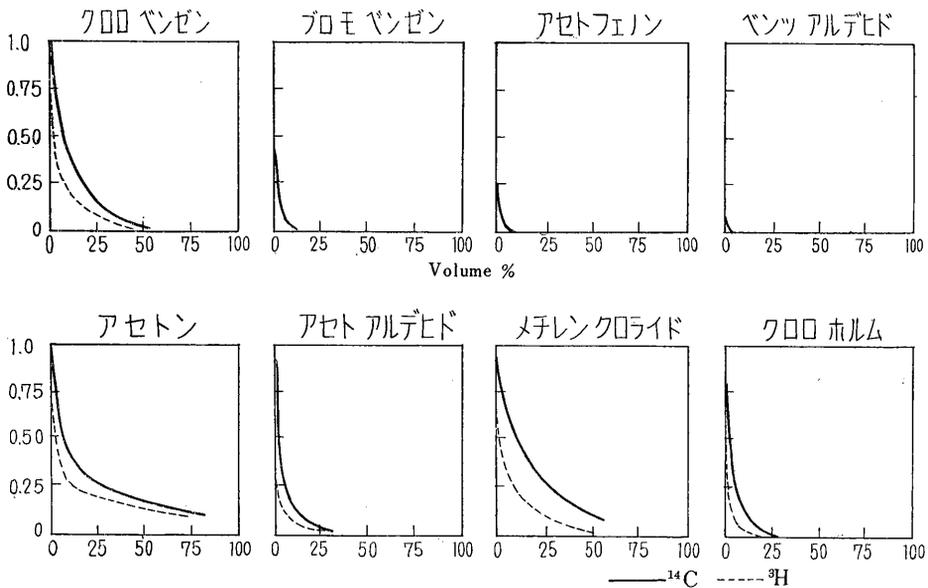
本実験では、代表的な官能基をもつ脂肪族および芳香族溶媒約40種について Quenching の傾向を調べ、同

時に ^{14}C , ^3H における Quenching の様相を比較検討した。その2, 3の測定結果を第3, 4図に示す。一般的に Quenching の効果は化合物のもつ官能基の化合的性質に対して、強い依存性を示すことがわかった。

脂肪族化合物では、飽和炭化水素、エーテル、エステ



第3図 各種有機溶媒の Quenching 効果 I

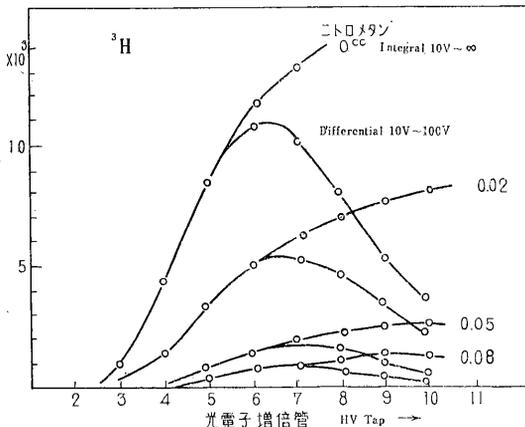
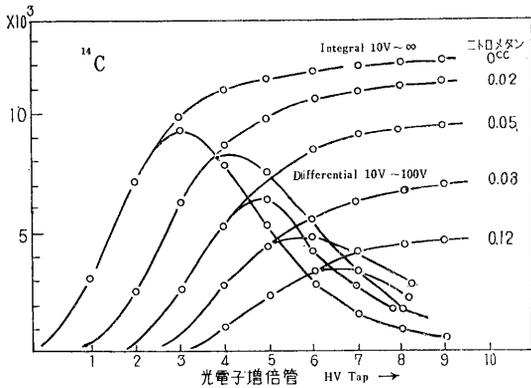


第4図 各種有機溶媒の Quenching 効果 II

ル等による Quenching の影響は大きくなく、むしろシンチレーター用溶媒（この場合トルエン）が上記溶媒によって稀釈されるためによって起る効果が支配的であると考えられ、これらのものは Diluter とよばれるべき一群の化合物である。

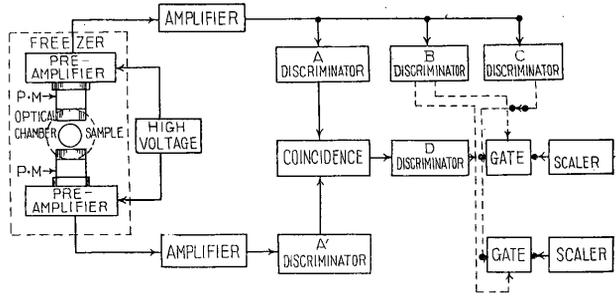
一方、Br, I ハロゲンを含む化合物、ニトロ化合物、およびケトン、アルデヒド、アミン（特に二・三級アミン）等は少量の添加で著しく Quenching の影響があらわれる。これらの溶媒は Strong Quencher とよばれるべき一群の化合物で、添加量（シンチレーター中のこれら化合物の濃度）に対し、指数的に計数効率の低下するのが特徴であって、この測定法に用いる溶媒としては、極力使用を避けるべきである。

アルコール、カルボン酸、ニトリル等における Quenching の効果は、前述二群の中間の程度を示し、Diluter としての作用と Quenching としての作用を併せ持つもの一群と考えられる (Mild Quencher)



第5図 光電子増倍管 HV Tap

芳香族化合物でも、官能基の差による Quenching の効果のあらわれ方は、脂肪族化合物の場合とおおむね一致しているが、Quencher では脂肪族化合物の場合よりもさらにいちじるしく Quenching の効果があらわれており、一方 Diluter では、脂肪族よりも稀釈効果はむしろ少ない。この事実と、トルエン、キシレン等の芳香族共軛化合物がシンチレーター用溶媒として用いられていることを考えあわせると、液体シンチレーターにおける Quenching の機構解明になんらかの暗示を与え得るも



第6図 TRI-CARB Liquid Scintillation Spectrometer のブロックダイアグラム

のと思われ、興味深い。

^3H は、 ^{14}C に比べてその最大エネルギーが、約 1/8 であるので、前述した Quenching の効果は、 ^{14}C の場合よりも一層顕著にあらわれることは十分予想されるが、実際の測定例もそれを裏づけている。

特に ^3H 、 ^{14}C 測定試料に Quencher が加わった場合には、Differential Count においてかなり本質的な差が認められる。(第5図参照)

これは ^3H の場合にはシンチレーター中で発する蛍光が極端に弱く（光子の数が非常に少なく）、試料と光電子増倍管との光学的関係が、 ^{14}C の場合よりも一層重要であることを物語るものである。(試料容器の項参照)

TRI-CARB 314X L. S. S. の測定効率

核種	化学式	測定効率 %	
		Differential. 10V-100V	Integral Discri. 10v-∞
^3H	Tritiated Toluene Scintil. 90,300 d.p.m.	27	33
^{14}C	Benzoic Acid- ^{14}C in Toluene Scintil. 28,000 d.p.m.	70	90
^{36}Cl	B·H·C- ^{36}Cl in Toluene Scintil. 27,400 d.p.m.	82	98

使用測定器

Liquid Scintillation Spectrometer TRI-CARB Model 314X

自動試料交換式〔実験(2)及び(3)〕

同上 Model 314A 手動式〔実験(1)〕

〔第6図および第1表参照〕

使用シンチレーター

トルエン+PPO (4g/l) +POPOP (0.1g/l)

〔PPO, POPPO は Packard 社より購入のもの〕

使用標識化合物(標準液)

¹⁴C; Benzoic Acid-Carboxyl-¹⁴C のトルエン

溶液, 比放射能 3.2 m μ c/ml

³H; Benzoic Acid ³H ring G のトルエン

溶液, 比放射能 10.5m μ c/ml

〔研究発表〕

1. 梶田義彦, 山崎幹夫, 岩倉哲男; 液体シンチレーション・スペクトロメーターによる ¹⁴C, ³H の測定 I, 日本放射線影響学会第2回研究発表会 (1960年10月)
2. 同上, Radioisotopes (日本放射性同位元素協会) Vol. 10, No. 1, ³H 特集号 p.27(1961)
3. 岩倉哲男. 液体シンチレーションカウンター TRI-CARB Model 314X について, p.64(1961)
4. 岩倉哲男, 液体シンチレーションスペクトロメーター (TRI-CARB Model 314X を中心として), 電子工業 Vol. 9, No. 12 (1960年11月)
5. 岩倉哲男; 液体シンチレーション計測法, 原子力工業 Vol. 7, No. 5 (1961年5月)
7. 放射性汚染の除染指数の求め方

環境衛生第3研究室

梶田 義彦
山崎 幹夫
岩倉 哲男

環境衛生第4研究室

阿部 道子

日本工業規格として立案された「放射性汚染の除染指数の出し方」に関する原案にもとづき, 実験を行なったところ, 二,三の改良すべき点を見出したので報告する。

I 汚れ易さの試験

汚れ易さを種々材質について測定する場合, 規格原案では板状とフィルム状とを区別し, 水洗の方法を異にしているが, 実際の試験に際して硬質プラスチック材料, ナイロンレザー等ほぼ中間の性質を示すものが多く, か

えて不便を感じたので本実験では同一に扱った。

水洗方法に関する規定は最も重要な点であって, 水道水による1分(板状)または30分(フィルム状)の水洗という方法には再現性が乏しく, 各試験片を試験する場合に条件を揃え難い点がある。本試験法の目的は除染効力そのものよりもむしろデーターの再現性にあると思われるので, 本実験ではジャーテスターによるピーカー法を採用して比較的好結果を得た。試験法の比較は第1表に示すとおりである。また汚れ易さの表現において規

第 1 表

	日本工業規格案		改良法
	板 状	フィルム状	
試 料	50×50mmに切断 四囲および裏面をプラスチック皮膜で覆う。サンプル多数の場合は25mm直径の円形に切り, サンプルチェンジャーを使用してよい。		30×30mmに切断 プラスチック皮膜不要, 但し滲透性大なるものはプラスチックフィルムを敷く。サンプルチェンジャー使用の場合は25mm直径の円形とする。
試験液	0.1 ml		0.1 ml
乾 燥	室 温	赤外線ランプ	赤外線ランプ
水 洗	水道水で1分間(10L/min)水洗後室温に乾燥, 放射能を測定	試験片をバットに沈め水束が直接あたらないようにしながら水道水を30分間(10L/min)流す 赤外線ランプで乾燥後放射能を計測	500ml ピーカーに水300mlをとり, ジャーテスターを用い5分間, 50rpmでかきまぜる。濾紙を軽くあてて水をきり, 赤外線ランプで乾燥後放射能を計測
汚 れ 易 さ	Rw/R × 100 (A)		Rw/Rs × 100 (B)

註 Rs 試験液 0.1ml を付着乾燥した試験片の放射能 cpm
Rw 水洗後の試験片の放射能 cpm
R 試験液 0.1ml の放射能 cpm

規格案に規定されているA式はRを試験液0.1mlの放射能cpmとしてあるが, これは(1)試験片に試験液を塗布する際の誤差, (2)β線源を用いた場合, 材質の差によって自己吸収, 後方散乱等の影響によって測定値にかなりの差を生ずることが考慮されていない。(第2表参照)

第2表 核種 ^{32}P (H_3PO_4)

材	料	放射能cpm
試験液	0.1ml/	14424
アルミニウム被覆ガラスウール		13283
アルミニウム被覆アスベスト		9774
ビニール引きナイロン メリヤスレザー (粗面)		9845
ビニール引きナイロン メリヤスレザー (光沢面)		10700
防護服 (黄色ビニール)		11662
ポリ塩化ビニールシート		11660
ゴム手袋		11092
硬質塩化ビニール板		9666
アルミニウム板		11546

したがって汚れ易さはRの代りにRsすなわち試験液を塗布した試験片の放射能cpmを用い、B式を採用した方が適当であると思われる。

本法を用い、実験室でよく用いられる材質すなわち木綿布、ビニール片、ゴム手袋を選び、行なった実験の結果を第3表に示す。材質の関係から木綿片が結果に最も大きなバラツキをみせるが(標準偏差 1.47)、本実験の再現性は比較的良好である。

本法を適用し、 ^{89}Sr 、 ^{60}Co 、 ^{32}P 、 ^{131}I を用い、各材質についての汚れ易さを求めてみた結果を第4表に示す。この結果、同一材質においても核種の相違によってかなりの差が汚れ易さに示されることがわかる。したがって汚れ易さの判定には核種の選択が重要である。

なお、規格案においては試験片の四囲および裏面をプラスチック皮膜で覆うことを規定しているが、本法では裏面に透過の恐れあるもののみプラスチックフィルムを

第3表 核種 ^{89}Sr (NO_3)₂

サン プル No.	木綿布 $\lambda=1.47$			防護服(ビニール) $\lambda=0.825$			ゴム手袋 $\lambda=0.812$		
	Rs	Rw	汚れ易さ	Rs	Rw	汚れ易さ	Rs	Rw	汚れ易さ
1	12048	1818	15.1	12658	741	5.9	12658	513	5.1
2	12987	1667	12.8	12346	833	6.7	11905	513	4.3
3	12987	1429	11.0	12987	800	6.2	12048	713	5.9
4	12500	1667	13.3	12821	571	4.5			
5	12500	1429	11.4	12821	833	6.5	11905	645	5.4
6	12500	1818	14.5	12658	740	5.5	12346	455	3.7
7	12500	1429	11.4	12346	625	5.1	12048	588	4.9
8	12987	1333	10.3	12821	952	7.4	11628	408	3.5
9	12500	1667	13.3	12821	666	5.2			
10	12821	1538	12.0	12500	714	5.7			
	平均		12.6	平均		5.9	平均		4.5

第4表 汚れ易さ $R_w/R_s \times 100$

核種	$^{89}\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$	$^{60}\text{CoCl}_2$	$\text{H}_3^{32}\text{PO}_4$	Na^{131}I
アルミニウム被覆ガラスウール	47.1	96.9	68.1	
木綿布	17.3	44.8		38.9
ビニール引きナイロンメリヤスレザー(粗面)	11.4	10.2	50.0	62.7
ビニール引きナイロンメリヤスレザー(光沢面)	9.4	10.1	56.2	61.0
防護服(黄色ビニール)	23.2	3.9	48.1	
ポリ塩化ビニールシート	24.2	3.9	37.1	
ゴム手袋(手術用)	4.4	36.0	34.9	
硬質塩化ビニール板	16.9	3.5	58.8	7.9
アルミニウム板	10.4	27.6	90.1	15.7

敷き、他への汚染を防ぐに止めた。

II 除染指数について

除染指数を求める場合も、汚れ易さの場合と同様の理由によりピーカー法を用いた。規格案では板状のものに対しハケを用いて2分間こする方法を規定しているが、規定された一定の機器を用いない限りはハケによる方法の条件を均一化することははなはだ困難であって危険である。本実験法との比較は第5表に示すごとくである。

本法によりK社のソープレスソープの除染指数を求めた結果は第6表のごとくで、汚れ易さと同様、核種によりまた材質によって除染指数に多少の差が示されることがわかる。したがって除染指数を求める場合にも核種、材質の選定は重要な要因となる。

第7表には木綿片、ビニール片（防護服に用いられる

第5表

	日本工業規格案	改良法
除染指数	- log ₁₀ R _D /R _W	
試料	板状	フィルム状
	水洗、計測後の試験片を用いる	板状、フィルム状
除染方法	除染液に浸した後2分間ハケでこすり、次に1分間水洗（流水10L/min）	除染液をピーカーにとり、30分間かきまぜた後30分間水道水で洗う
		水洗、計測後の試験片を用いる
		除染液 100ml を 200ml ピーカーにとり、ジャーテスターを用いて5分間、50rpm でかきまぜを行なう

注 R_w 水洗後の試験片の放射能 cpm
R_d 除染処理後の試験片の放射能 cpm

第6表 除染指数: log₁₀ R_D/R_W (K社ソープレスソープ1%溶液)

材 料	核 種		
	⁸⁹ Sr (No. ₃) ₂	⁶⁰ Co Cl ₂	H ₃ ³² PO ₄
アルミニウム被覆ガラスウール	0.34		
木 綿 布	0.50	0.28	
ビニール引きナイロンメリヤスレザー（粗面）	0.32	0.19	
ビニール引きナイロンメリヤスレザー（光沢面）	0.10	0.24	0.15
防 護 服（黄色ビニール）	0.10	0.31	
ポリ塩化ビニールシート	0.07	0.33	0.21
ゴム 手 袋（手術用）	0.22		0.10
硬質塩化ビニール板	0.13	0.29	1.19
アルミニウム板	0.18	0.24	0.40

第7表 除 染 指 数

材 料	サ ン プ ル No.	木 綿 布		防護服(ビニール)		ゴ ム 手 袋	
		⁸⁹ Sr	⁶⁰ Co	⁸⁹ Sr	⁶⁰ Co	⁸⁹ Sr	⁶⁰ Co
アルキルアリルスルホン酸ナトリウム	1	0.71	0.69	0.14	0.02	0.27	0.02
	2	0.78	0.63	0.19	0.06	0.24	
エチレンオキシドエーテル	1	0.41	0.26	0.15	0.02	0.07	0.03
	2	0.42	0.27	0.12	0.01	0.05	0.02
高級アルコール硫酸エステルナトリウム	1	0.52	0.52	0.21	0.02	0.31	0.25
	2	0.50	0.55	0.21	0.06	0.23	
EDTA - 2Na	1	1.14	0.63	0.42	0.05	0.34	0.14
	2	0.97	0.65	0.43	0.05	0.29	0.16
アイソトープクリーナーA	1	0.90	0.50	0.71	0.04	0.06	
	2	0.96	0.50	0.67	0.03	0.10	0.04
水		0.27		0.11		0.11	

第 8 表

		β	$\beta\gamma$	γ
Kation	重金属	^{106}Ru (RuCl_3)	^{59}Fe (FeCl_3) ^{60}Co (CoCl_2)	^{51}Cr (CrCl_3) ^{113}Sn (SnCl_2)
	軽金属	^{45}Ca (CaCl_2) ^{90}Sr (SrCl_2)	^{134}Cs (CsCl) ^{86}Rb (RbCl)	^{68}Zn (ZnCl_2)
Anion		^{32}P (H_3PO_4) ^{35}S (H_2SO_4)	^{131}I (NaI) ^{99}Mo ($(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$)	

実験材料の大部は、千代田保安用品、重松製作所、東洋レーヨン、資生堂、花王石鹼の寄贈によるもので記して感謝する。なお実験の一部は、千葉大学薬学部学生山田、馬被両君の奉仕により実施されたことを付記する。

〔研究発表〕

樫田義彦，山崎幹夫，山田和子，馬被尚子；放射性汚染の除染指数，第4回日本薬学会関東支部総会（1960年10月）

8. Food chain における放射性物質の動向に関する研究——その1

環境衛生第4研究室

市川 龍 資

小 栗 幹 郎

(1) 魚類のエラ吸収における Sr—Ca 差別率の研究

いろいろの餌料生物，食用生物にて Sr と Ca の相対的な代謝機構について広く研究が行なわれてきたが，乳汁および乳製品を主要 Ca 源としている諸外国では哺乳動物による実験が多く，魚類については未だその端緒についたに過ぎない。わが国の食生活の特質からみて，原子力産業の進展に伴う汚染問題から淡海両域の Sr—Ca 水生生物の代謝の研究が重要となっている。今年度は魚類がエラから Sr を吸収する場合の Sr—Ca 差別率について実験的研究を行なった。

方法としては淡海両水に生息できるウナギを用い，第1図に示すような血管と環境水の灌流法を工夫した。血管を流れる生理食塩水中に，環境水に加えられた ^{89}Sr と ^{45}Ca がエラ粘膜を通過して吸収されるとき両者の相対的移行度を測定した。これをエラ吸収における Sr—Ca 差別率といい，

もの)，ゴム手袋について ^{89}Sr ， ^{60}Co に対する各種洗剤の除染指数を示してある。この結果， ^{89}Sr の場合にはどの洗剤も水よりは多少の効力を示しているが，EDTAおよびアイソトープクリーナー A（S社製）を除き，除染に対して実用的段階にある結果は見出せなかった。 ^{60}Co に対しては木綿の場合を除き，いずれの洗剤も有意な効力を持つものはなかった。

実 験 の 部

I 試 験 片

各材料を $30 \times 30\text{mm}$ に切断して用いた。また試料が多数の場合は， 25mm 径の円形に切りサンプルチェンジャーに用い得るようにした。いずれの場合にも，予め濃度を調整した放射性試験液 0.1ml を中央に塗布し，ドラフト内で通風下赤外線ランプを用いて低温にて乾燥，放射能を測定して Rs とした。

II 水 洗

500ml ビーカーに水 300ml をとり，試験片を沈め，ジャーテスターにかけて5分間， 50rpm の速度でかきまぜたのち，汚紙を軽くあてて水を切り，乾燥して放射能を測定，Rw とした。

III 除 染

200ml ビーカーに除染液（いずれも1%水溶液を使用） 100ml をとり，水洗後の試験片を沈め，5分間， 50rpm の速度でかきまぜを行なった。のち，水洗の場合と同様の処理を行ない，放射能を測定して R_D とした。

なお，放射能の測定には， β 線は TEN-GM Model EA-12—Counting Scaler SA-20， γ 線は東芝 Medical Spectrometer UCH-23103—UDS-24301 Scaler を用いた。

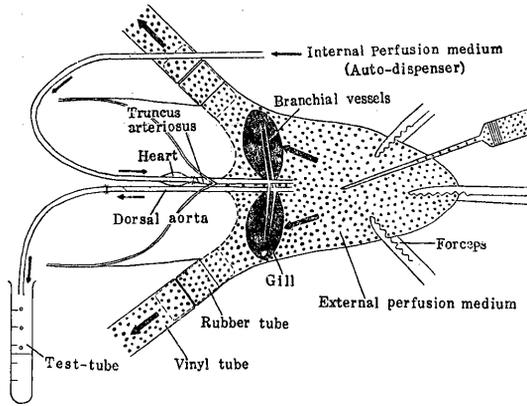
考 察

汚れ易さの率を求める場合にも，除染指数を求める場合にも，最も大きな問題は水洗および除染の方法であり，本試験の性格からいって数値の再現性を最も重視しなければならないことはもちろんである。その点において本改良法は，原案の水道水による水洗法に比し優れていると考えられる。

また本試験を行なうにあたっては，核種の選択は非常に重要であり，少なくとも性質の異なる数種の核種を用いて実験を行なうべきである。この場合，選択の方法は放射能強度よりもむしろ化学的性質によるべきで，たとえば第3表のごとき分類により，1系列（縦列）中の各グループ（化学的性質別）より1種ずつを選んで用いる方法が，一般に便利であると考えられる。

DF_{gill-absorptive} であらわし、次のように定義する。

$$DF_{\text{gill-absorptive}} = \frac{{}^{89}\text{Sr}/{}^{45}\text{Ca} \text{ (血液中)}}{{}^{89}\text{Sr}/{}^{45}\text{Ca} \text{ (環境水中)}}$$



第1図 灌流方式図

第1表 エラ吸収時の Sr—Ca 差別率

A) 淡水			
番号	水中 ⁸⁹ Sr/ ⁴⁵ Ca	血管内灌流液中 ⁸⁹ Sr/ ⁴⁵ Ca	DF
1	0.895	0.670	0.75
2	0.834	0.641	0.77
3	0.518	0.372	0.72
4	0.518	0.380	0.73
5	0.517	0.367	0.71
平均			0.74±0.02
B) 海水			
番号	海水中 ⁸⁹ Sr/ ⁴⁵ Ca	血管内灌流液中 ⁸⁹ Sr/ ⁴⁵ Ca	DF
1	0.884	0.611	0.69
2	0.946	0.642	0.68
3	0.945	0.627	0.66
4	0.784	0.533	0.68
5	0.887	0.588	0.66
平均			0.67±0.01

淡水および海水のウナギにて得られた DF 値は、それぞれ平均値が 0.74±0.02, 0.67±0.01 で、第1表に示すようになっている。海産魚では淡水魚に比べて差別が強いことは明らかである。

前年度研究された淡水産ニジマスにおける淡水と魚体との間の Sr—Ca の総合的差別比は 0.4 くらいとなっており、エラ吸収における差別率はそのうちのかなりの部分を果していることがうかがわれる。

今回の実験にて用いられた淡水中 Ca 濃度は 100mg/l および 190mg/l で、両者の間にては Sr—Ca 差別率に及ぼす変化の影響はみられなかった。ひきつづき、環境水中 Ca 濃度の変化による影響、エラはいせつの場合の差別率などの研究が行なわれている。

(2) 主要放射性核種の海産生物への濃縮率の研究

原子力施設からの放射性廃棄物としては、原子炉冷却水中の誘導放射能、燃料再処理場からの核分裂生成物などが主として海域に導入される。これらの核種の食用海洋生物への濃縮度の大小が、海産生物を多く食用とするわが国において、廃棄物放出の許容限度を支配する大きな要因の一つになっている。今年には、Sr, Cs, Zn, Co, Fe, I, Mn などについて各種生物の濃縮度を算出した。方法としては二通りあり、濃縮度を CF であらわすと、

- (1) $CF = \frac{\text{生物体中安定元素濃度 (元素分析値)}}{\text{海水中安定元素濃度 (を用いる法)}}$
- (2) $CF = \frac{\text{生物体中放射性核種濃度 (RI による)}}{\text{海水中放射性核種濃度 (トレーサー法)}}$

にて求められる。ただし、ここでは生物体の可食部（主として肉の部分）のみを対象とした。また、(2)では環境水と生物体との間に放射性アイソトープが完全に平衡関係に達したときの値をとらねばならない。

各核種についての結果を概観すると、次のようになっている（濃縮率はすべて生重量を基本とした値）。CF はかなり小さいといえる。魚肉で 10、海藻類で 1 前後とみられる。Sr は骨や殻を別として軟体、甲殻、棘皮動物および魚肉にて CF は 0.1~1 くらいで極めて小さいことは人類に好都合である。ただし海藻類のうち褐藻は 10 前後になって、他のものより高い。I は魚肉が 10 前後に対し、軟体、甲殻類などの肉が 30~70 ほどあり海藻類は 3 桁~4 桁の CF をもち、褐藻にて大きく、紅藻にて小さい。Fe の CF は各生物の可食部に揃って高い値を示し、4 桁のものが多い。ことに軟体類の肉では 5 桁を示すものもあって魚肉よりかなり大きい傾向がうかがわれる。Mn の CF は魚で 2~3 桁に対し、軟体類は 3~4~5 桁の CF を示す。Co では Fe, Mn に比して、CF がやや小さく、魚肉で 2 桁、軟体類で 3 桁、海藻で 2 桁くらいになっている。Zn は Fe とともに海産生物への濃縮の高いもので、魚肉と甲殻類の CF が 4 桁、軟体類で 5 桁を示している。第2表は各生物における CF 値を抄録してその一部を示したものである。

[研究発表]

1. 市川龍資, 小栗幹郎: Metabolism of Radionuclides in Fish—1. Sr—Ca Discrimination at Gill-absorption. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., vol. 27, no. 4 (1961)
2. 市川龍資: On the Concentration Factors of Some

Important Radionuclides in the Marine Food Organisms.

- Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., vol. 27, no. 1 (1961)
3. 市川龍資: Up-take of Pottasium and Cesium from Water by the Sockeye Salmon. Jour. Rad. Research, vol. 1, no. 2 (1961)

第2表 各種生物の RI 濃縮係数 (可食部, 生重量)

核 種	生 物 名	C. F.
Cesium (¹³⁷ Cs)		
	Fishes	
	Flounder (post larva)	10-20
	Dorome, marine goby, <i>Chasmichthys gulosus</i>	5-10
	Algae	
	Sea weed	1
	Sea weed	2
	Sea weed (several species)	1-2
	Aosa, green algae, <i>Ulva sp.</i>	6
Strontium (⁸⁹ Sr, ⁹⁰ Sr)		
	Fishes	
	Cuchi, croaker, <i>Argyrosomus argentatus</i>	0.1
	Maaij, horse mackerel, <i>Trachurus japonicus</i>	0.2
	Sukeso, alaskan pollack, <i>Theragra chalcogramma</i>	0.3
	Tobiuo, flying fish, <i>Prognichthys agoo</i>	0.1
	Maguro, bluefin tuna, <i>Thunnus thynnus</i>	0.1
	Echinoderms (Sr/Ca=0.54×10 ⁻²)	
	Uni (ovary), sea urchin, <i>Anthocardaris crassispina</i>	2
	Namako, sea cucumber, <i>Stichopus japonicus</i>	0.7
	Crustaceans (Sr/Ca=1.2×10 ⁻²)	
	Iseebi, spiny lobster, <i>Panulirus japonicus</i>	1
	Kurumaebi, common shrimp, <i>Penaeus japonicus</i>	0.1
	Shibaebi, shrimp, <i>Metapenaeus monoceros</i>	0.4
	Tarabagani, giant crab, <i>Paralithodes camtschatica</i>	0.9
	Gazami, marine crab, <i>Neptunus trituberculatus</i>	0.9
	Molluscs (Sr/Ca—Cephalopods=0.75×10 ⁻² Gastropods=0.3×10 ⁻²)	
	Iidako, octopus, <i>Octopus fangsiao</i>	0.4
	Ika, squid, unidentified	0.1
	Awabi, abalone, <i>Haliotis gigantea</i>	0.1
	Sazae, top-shell, <i>Turbo cornutus</i>	0.2
	Hamaguri, clam, <i>Meretrix meretrix lusoria</i>	0.2
	Kaki, oyster, <i>Ostrea g'gas</i>	0.2

核種	生物名	C. F.
	Algae (Sr/Ca of calcareous algae = 0.6×10^{-2})	
	Asakusa-nori, red algae, <i>Porphyra tenera</i>	0.2
	Red algae, <i>Rhodymenia sp.</i>	<1
	Brown algae, <i>Fucus spiralis</i>	8
	" <i>F. vesiculosus</i>	18
	" <i>F. serratus</i>	11
	" <i>Laminaria digitata</i> (frond)	18
	" " (stipe)	14
	Brown algae (4 species)	14-40
Iodine (^{131}I)		
	Fishes,	
	Nishin, herring, <i>Clupea pallasii</i>	15
	Madai, sea bream, <i>Chrysophrys major</i>	12
	Madara, codfish, <i>Gadus macrocephalus</i>	12
	Maiwasi, sardine, <i>Sardinops melanosticta</i>	11
	Katsuwo, skipjack, <i>Katsuwonus pelamis</i>	11
	Echinoderms	
	Sea cucumber, <i>Stichopus regalis</i>	66
	" "	20
	" (intestine) "	540
	" (") "	490
	Sea urchin (ovary), <i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>	60
	Crustaceans	
	Shibaebi, shrimp, <i>Metapenaeus monoceros</i>	20
	Kurumaebi, common shrimp, <i>Penaeus japonicus</i>	35
	Iseebi, spiny lobster, <i>Panulirus japonicus</i>	48
	Molluscs	
	Kaki, oyster, <i>Ostrea gigas</i>	71
	Hamaguri, clam, <i>Meretrix meretrix lusoria</i>	49
	Asari, clam, <i>Venerupis japonica</i>	41
	Algae	
	Konbu, brown algae, <i>Laminaria sp.</i>	3,400-6,800
	Wakame, " <i>Undaria pinnatifida</i>	400-800
	Hijiki, " <i>Hizikia fusiforme</i>	800
	Asakusanori, red algae, <i>Porphyra sp.</i>	160
Iron (^{56}Fe , ^{59}Fe)		
	Fishes	
	Maaji, horse mackerel, <i>Trachurus japonicus</i>	700
	Maiwashi, sardine, <i>Sardinops melanosticta</i>	2,000
	Karei, flat-fish, <i>Pleuronectes sp.</i>	600
	Saba, mackerel, <i>Scomber japonicus</i>	1,800

核 種	生 物 名	C. F.
	Sanma, saury, <i>Cololabis saira</i>	3,000
	Suzuki, sea bass, <i>Lateolabrax japonicus</i>	3,000
	Madai, sea bream, <i>Chrysophrys major</i>	400
	Sukeso, alaskan pollack, <i>Theragra chalcogramma</i>	400
	Nishin, herring, <i>Clupea pallasii</i>	1,800
	Haze, spiny goby, <i>Acanthogobius flavimanus</i>	2,000
	Echinoderms	
	Uni, (ovary), sea urchin, <i>Anthocidaris crassispira</i>	10,000
	Namako, sea cucumber, <i>Stichopus japonicus</i>	78,000
	Konowata, intestine of sea cucumber, "	1,000
	Crustaceans	
	Iseebi, spiny lobster, <i>Panulirus japonicus</i>	1,000
	Kurumaebi, common shrimp, <i>Penaeus japonicus</i>	1,000
	Shibaebi, shrimp, <i>Penaeopsis sp.</i>	4,000
	Tarabagani, giant crab, <i>Paralithodes camtschatica</i>	4,000
	Gazami, marine crab, <i>Neptunus trituberculatus</i>	2,000
	Molluscs	
	Iidako, octopus, <i>Octopus fangsiano</i>	6,000
	Ika, squid, unidentified	400
	Sazae, top-shell, <i>Turbo cornutus</i>	9,000
	Awabi, abalone, <i>Haliotis gigantea</i>	3,000
	Tokobushi, abalone, <i>Haliotis diversicolor</i>	17,000
	Hamaguri, clam, <i>Meretrix meretrix lusoria</i>	13,000
	Asari, clam, <i>Venerupis japonica</i>	7,000
	Kaki, oyster, <i>Ostrea gigas</i>	8,000
	Algae	
	Asakusanori, red algae, <i>Porphyra tenera</i>	2,000
	Tengusa, red algae, <i>Gelidium amansii</i>	4,000
	Konbu, brown algae, <i>Laminaria sp.</i>	5,800
	Wakame, brown algae, <i>Undaria pinnatifida</i>	1,300
	Hiziki, brown algae, <i>Hizikia fusiforme</i>	2,900
Manganese (⁵⁴ Mn)		
	Fishes	
	Herring, <i>Clupea harengus</i>	95
	Cod, <i>Gadus sp.</i>	320
	Mackerel, <i>Scomber sp.</i>	80
	Flat-fish, <i>Pleuronectes sp.</i>	70
	Echinoderms	
	Sea cucumber, <i>Stichopus regalis</i>	200
	Molluscs	
	Squid, <i>Sepia officinalis</i>	10,000

核種	生物名	C. F.
	Octopus, <i>Octopus vulgaris</i>	50,000
	Abalone, <i>Haliotis tuberculata</i>	750
	Scallop, <i>Pecten jacobaeus</i>	10,000
	Oyster, <i>Ostrea edulis</i>	1,500
	Clam, <i>Macra corallina</i>	620
	Algae	
	Green algae, <i>Ulva lactuca</i>	1,300
	" <i>Enteromorpha</i> sp.	1,500
	Brown algae, <i>Laminaria saccharina</i>	300
	" <i>Fucus serratus</i>	7,500
Cobalt (⁵⁷ Co, ⁵⁸ Ca, ⁶⁰ Co)		
	Fishes	
	Madara, cod, <i>Gadus macrocephalus</i>	36
	Houbou, gurnord, <i>Chelidonichthys kumu</i>	82
	Chidai, sea bream, <i>Eynnemis japonica</i>	20
	Suzuki, sea bass, <i>Lateolabrax japonicus</i>	30
	Buri, yellow-tail, <i>Seriola quinqueradiata</i>	14
	Binnaga, albacore, <i>Germo germo</i>	28
	Katsuwo, skipjack, <i>Katsuwonus vagans</i>	84
	Saba, mackerel, <i>Scomber japonicus</i>	28
	Sanma, saury, <i>Cololabis saira</i>	84
	Iwashi, sardine, <i>Sardinops melanosticta</i>	64
	Nishin, herring, <i>Clupea pallasii</i>	26
	Echinoderms	
	Sea cucumber, <i>Stichopus tremulus</i>	240
	Crustaceans	
	Spiny lobster, <i>Palinurus</i> sp.	4,000
	Molluscs	
	Tako, <i>Polyopus</i> sp.	52
	Surumeika, squid, <i>Ommastrephes sloani</i>	62
	Kaki, oyster, <i>Ostrea gigas</i>	170
	Hotategai, scallop, <i>Pecten yessoensis</i>	190
	Hamaguri, clam, <i>Meretrix meretrix lusoria</i>	200
	Algae	
	Asakusanori, red algae, <i>Porphyra</i> sp.	64
	Konbu, brown algae, <i>Laminaria</i> sp.	27
	Hitoegusa, green algae, <i>Monostroma</i> sp.	15
Zinc (⁶⁵ Zn)		
	Fishes	
	Herring, <i>Clupea harengus</i>	4,400
	Eel, <i>Anguilla anguilla</i>	4,200

核 種	生 物 名	C. F.
	Mullet, <i>Mugil cephalus</i>	540
	Flat-fish, <i>Pleuronectes sp.</i>	2,900
	Echinoderms	
	Sea cucumber, <i>Stichopus tremulus</i>	1,400
	Crustaceans	
	Prawn, <i>Palaemon vulgaris</i>	1,900
	Blue crab, <i>Callinectes hastatus</i>	4,400
	Shrimp, unidentified	1,700
	Crab, unidentified	2,100
	Molluscs	
	Octopus, <i>Octopus vulgaris</i>	11,000
	Squid, <i>Sepia officinalis</i>	2,600
	" <i>Loligo vulgaris</i>	5,700
	Abalone, <i>Haliotis tuberculata</i>	10,000
	Oyster, <i>Ostrea edulis</i>	40,000
	Scallop, <i>Pecten jacobaeus</i>	17,000
	Algae	
	Red algae, <i>Gelidium gracilaria</i>	80
	Brown algae, <i>Laminaria digitata</i>	400
	" "	1,000

9. Food chain における放射性物質の動向に関する研究—その2

哺乳動物における Sr, Ca 吸収, はいせつに及ぼす要因の研究

環境衛生第4研究室

市川 龍 資

榎 本 好 和

原子力利用によって煮き起される食用生物の汚染により, われわれが食物や飲料水から ^{90}Sr などの放射性物質をせつ取することになるが, それら危険な RI のせつ取率のコントロールやアクシデンタルなせつ取の際の防護対策として, ^{90}Sr などの生体内せつ取やはい出におよぼす要因を研究している。今年度は単一ネフロンにおける Sr, Ca のせつ出機構を特にその差別率について実験を行ってきた。これには腎臓の実質が薄く, ネフロンの走行を観察するに便利なイモリのじん臓を用い, 微細カニューレにて尿細管内もしくは糸球体内に ^{89}Sr , ^{45}Ca を注入し, 尿細管における血中への両吸収時の様相を測定した。また, Mg塩, EDTA 塩の存在による影響の測

定を試みた。測定結果については未だ今後も多くの実験を重ねたうえで考察することとするが, じんぞうはいせつにおける尿細管再吸収時の機構の実験的研究には, この方法が技術的に良好な役目をはたすことがわかった。実験方法の確立を得たので次年度において ^{90}Sr その他の動きについての知見を得る実験を計画し, 着手した。

また, はいせつ機構の研究と併行して, 腸管における Sr, Ca の吸収機構およびそれにおよぼす要因についての実験的研究に着手し, ミルク食, 米麦食の相異に主眼を置いて, メタボリズムケージ飼育による代謝実験と, 腸管灌流による血管内への移動測定法とを併行して実験的研究を続行しているが, まとまった結果は次年度において報告されることになる。

[研究発表]

榎本好和, 他機関研究者協同; 尿細管における再吸収機構 (第1報), 日本薬理学会 (1960年11月)

10. Food chain における放射性物質の動向に関する研究—その3

農作物の放射性汚染機構の研究

環境衛生第4研究室

市川 龍 資
阿 部 道 子
江 藤 正 子

農作物が放射性フォールアウト、原子力施設からの廃棄物もしくはアクシデンタルな放出によって汚染する問題は、それが土地を基本として生育するものであるだけに、長期間の影響を起し得ることから極めて大きな関心事となっている。そこでこれらの際の災害の程度、将来への影響の推定、汚染防止の管理対策のために、各種重要農作物について放射性核種による汚染の機構の研究を行なっている。今年度は前年にひきつづき米麦類の放射性 Sr による汚染の研究を行ない、フォールアウトをトレーサーとして、特に経穂吸収、経根吸収の影響に重点をおいて研究を行なってきた。なぜならば、放射性フォールアウトの降下や地表への蓄積の影響による将来の人体への ^{90}Sr のせり取りの推定や、アクシデンタルな放出による農耕地汚染の影響の程度および持続期間の推定は、主として放射性物質の降下を蒙ることによる汚染現象と、土壌汚染による汚染現象との相対的關係に大きく左右されるからである。

方法は 1959 年および 1960 年の千葉市産大麦、裸麦、小麦、陸稲、水稲およびそれらの生育場の土壌について ^{89}Sr 、 ^{90}Sr 、Ca および安定 Sr の濃度の分析測定を行ない、フォールアウト ^{90}Sr 降下と比較しつつ考察を行なった。特に 1960 年小麦および水陸稲については、対照群のほかビニール覆いを出穂期からその収穫までかけて、その間のフォールアウトによる直接汚染を阻止し、土壌からの経根吸収のみによる汚染種子を作る群を設定して、その機構の研究を行なってきた。なぜならば Sr は葉部にせり取られたものが他の葉や穂に移動することはなほ少なく、ために穂のなかの ^{90}Sr にほとんど穂の形成以後直接または経根的にとり入れられたものからなっており、以前に葉部に貯えられたものがこれに関与しないことが実験的に証明されているからである。未だ研究は数年にわたって継続中で、多くの部分の考察が残されているが、これらの実験から現在判明している結果の一部をのべると、次のように概説することができる。 $^{90}\text{Sr}/^{89}\text{Sr}$ 比は 1959 年春の産物にて 5~10 くらいの値を

示しフォールアウトの新しいものの多いことがうかがわれるが、1959 年秋には 1:1 くらいに下り 1960 年では ^{90}Sr の定量はよく行なわれない程度に減衰した。1959 年の 4 月~6 月（4 月後半から 6 月はじめが麦の出穂から収穫の期間にあたる）のフォールアウト ^{90}Sr は 1~2 mc/km^2 くらいに対し、1960 年のそれは 0.2~0.3 mc/km^2 くらいであったが、それをもとにして小麦のデータを解析すると、可食部である小麦精白粉中 ^{90}Sr の起源は 1959 年のように極めて ^{90}Sr の降下が大きかった年は、特別にその 50% くらいが出穂期間中に直接経穂吸収されたものと考えられるが、1960 年では、約 15% 程度が直接吸収によるのみで、大部分が土壌に蓄積されている ^{90}Sr に起因していることが考えられた。このことはフォールアウトが降下を停止しても、現在の汚染レベルが将来にもずっと継続されることを意味しており、廃棄物やアクシデンタルな放出による農地汚染について、将来の食品汚染防止管理に重要な指針を与えるものである。

〔研究発表〕

市川龍資、阿部道子、江藤正子；Evaluation of the Origins of Strontium-90 Contained in Wheat-plant, Science vol. 133 p.2017(1961)

11. 生物環境中の ^{14}C 、 ^3H の調査（放射能調査）

環境衛生第3研究室

樫 田 義 彦
山 崎 幹 夫
岩 倉 哲 男
碓 井 妙 子

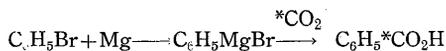
核爆発実験以降の自然界、なかならず生物環境中の ^{14}C 、 ^3H の増加率を調査する目的で、次の研究を行なった。

第一は空気中の炭酸または燃焼によって発生させた炭酸を固定して、Liquid scintillation counter の測定試料に誘導する実験で、Natural carbon 14 を測定する場合の最も効率のよい方法につき、1) 合成過程の難易、2) 化学型による Quenching 効果、3) 試料容器の形状、材質の選別などを検討した。

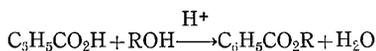
1 合成過程

1.1 Grignard 反応

BaCO_3 として固定した CO_2 を HClO_4 で再発生させ、 N_2 気流中で反応収率 85% で Benzoic acid に誘導した。



1.2 Ester 化



R :

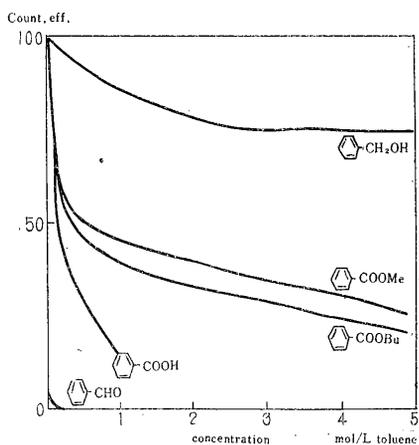
1.3 還 元

Ester を 1.5Mol 当量の $LiAlH_4$ で Benzylalcohol に還元, 収率 80%。



2 Quenching 効果

上記合成誘導体および中間成績体と考えられる Benzaldehyde の Quenching 効果は第1図のとおりである。



第 1 図

る。すなわち Benzoic acid, Benzaldehyde はともに Strong quencher で, 測定試料として不適當であり, Ester は 20~30%, Benzylalcohol は約 75% の効率で, 後者は測定試料としてはほぼ満足すべき化学型なることがわかった。

3 試料容器の材質, 形状

本研究は微量線量測定であるから測定試料の容器の材質, 特に Back ground を高めるおそれのある天然 ^{40}K について各種ガラスの含量をしらべた。また常法の試料瓶は 20ml が最大容量なので, 150~80ml の大型容器および Kaufman 型容器を発注したが, 年度内には未着で実測の段階にいたらない。

次に ^{14}C の増加率測定試料としてブドー酒中のアルコール, やまじそ中のチモールをえらんだ。後者については総合研究課題「 ^{14}C , 3H の諸問題」において報告するので省略。

ブドー酒は山梨大学醸酵研究所より 1952~59 年のもの, おのおの 500ml をゆずりうけた。

品種は次表のとおりである。

1952年	Red Millenium
1953年	Golden Queen
1954年	Koshu
1955年	Red Millenium
1956年	Koshu
1957年	Delaware
1958年	Koshu
1959年	Koshu

測定試料の調製

水浴上でブドー酒を加温溜出するアルコールを分取し, 同心円型精密蒸溜装置(柴田HC-5500)にて精溜したものを, さらに金属ナトリウムを加えて脱水蒸溜して測定試料とした。放射能測定は測定容器到着を待って実施する。

〔研究発表〕

木越邦彦(学習院大)(代表); 核実験による ^{14}C 生成の現状, 文部省科学研究費放射線総合研究代表者会議(1961年2月)

12. 人骨中の ^{90}Sr の測定(放射能調査)

環境衛生第1研究室

渡辺博信

小柳卓

人骨の放射能調査として前年度に引続き人骨中に含まれる ^{90}Sr の定量を行なったが, 調査の内容としては, 研究題目として35年度に行なった人骨の ^{90}Sr の定量と重複する点が多かったため, まとめて報告とした。

13. 食品の放射能調査(放射能調査)

環境衛生第4研究室

市川竜賢

阿部道子

江藤正子

原子力利用によって起る種々の随伴現象のうち, 放射性物質が Food chain に導入されて人間への経口摂取をもたらすことは最も警戒すべきことであり, また最も起りやすい事柄である。現在行なわれている食品関係の放射能調査には, 二つの大きな結果が期待される。すなわち一つは, 現状でわれわれがどの程度の放射性物質

第1表 玄米、土壤中 ⁹⁰Sr 濃度 (1959年産) (A:陸稻 B:水稲)

採取地	玄 米			土 壤		
	⁹⁰ Sr $\mu\mu\text{C}/\text{kg}$	S. U.		⁹⁰ Sr $\mu\mu\text{C}/\text{kg}$	S. U.	
札幌	A	31.7 ± 1.5	139 ± 6.6	163 ± 8.6	204 ± 10.8	
	B	29.4 ± 1.3	323 ± 14.7	159 ± 6.3	132 ± 5.3	
宮城	A	42.2 ± 2.1	205 ± 10.3	71.8 ± 2.5	30.7 ± 1.1	
	B	21.4 ± 1.5	198 ± 13.8	138 ± 4.6	70.8 ± 2.4	
茨城	A	5.1 ± 0.7	35.4 ± 5.2	172 ± 6.3	118 ± 4.3	
	B	22.5 ± 2.0	142 ± 12.5	218 ± 6.9	131 ± 4.2	
東京	A	18.8 ± 1.0	146 ± 7.7	108 ± 5.5	49 ± 2.5	
	B	20.9 ± 0.7	193 ± 6.0	106 ± 5.3	115 ± 5.7	
福井	A	1.0 ± 0.4	67.9 ± 26.2	215 ± 4.6	638 ± 3.8	
	B	3.2 ± 0.6	81.8 ± 0.6	446 ± 15.6	299 ± 10.4	
京都	A			70.5 ± 2.5	197 ± 7.1	
	B			123 ± 3.8	146 ± 4.5	
鳥取	A	4.3 ± 0.7	67.2 ± 10.5	389 ± 11.8	402 ± 12.2	
	B	4.2 ± 0.4	51.8 ± 4.8	252 ± 7.3	121 ± 3.7	
岡山	A	9.7 ± 0.5	95.6 ± 4.8	157 ± 6.5	98 ± 4.1	
	B	22.5 ± 1.4	254 ± 15.7	149 ± 4.2	66.8 ± 1.9	
福岡	A	3.5 ± 0.4	88.6 ± 8.9	132 ± 4.8	288 ± 10.5	
	B	13.2 ± 0.9	109 ± 7.1	198 ± 6.5	104 ± 3.4	

を食品からせ取しているか、また時とともにどう変化しつづつあるかを認識することができることで、もちろん現状のほとんど大部分の汚染源は核爆発実験の放射性フォールアウトに起因している。いま一つは、フォールアウトによる汚染を地球全体についての大きなトレーサー実験として取扱い、これを標識として各種放射性物質の Food chain における動きを研究することで、この研究からの考察は現状認識からさらに進んで将来の予測にまでおよぶものである。1960年度においては1959年秋産米(玄米)を全国各地(札幌、宮城、茨城、東京、福井、京都、鳥取、岡山、福岡)から採取した。内訳は水稲、陸稻およびその水田土壌からなり、⁹⁰Sr濃度の分析定量を行ってきた。また、北海道、福井、京都、岡山の辺地(主に航路標識事務所)にて飲料水に用いられる天水の⁹⁰Srについても定量を行なった。結果の概要は第1表および第2表に示されたとおりである。玄米は白米より⁹⁰Srが高いのはヌカの部分に⁹⁰Sr濃度が高いからで、日本にて玄米食をしている人のことを考えて玄米にて調査したが、今後は玄米、白米両者について調べる予定である。各地によってその濃度の高低はかなりはげしく、フォールアウト降下の地域的変動、気象条件、耕地の相異など種々の要因が関与していると考えられる。詳細な考察は数年間の調査を経過して後に行なうことと

し、ここで述べないが、核爆発実験の停止による⁹⁰Sr降下率の大きな低下および今後もひきつづく減少にもかかわらず、すでに地上に蓄積されている⁹⁰Srの存在により、農作物の⁹⁰Sr濃度は大した減少もなく今後もひきつづいて相当な汚染が持続されると考えられている。飲用天水については、極めて辺地にて天水飲用者の存在することを考えて行なわれたものであり、時期によって雨水の降り方が相違して、⁹⁰Sr濃度も変動するから、この結果はほんの一例に過ぎないもので、たんにその指標となるものである。

[研究発表]

市川龍資、阿部道子、江藤正子; 全国各地の1959年産玄米、耕土及び飲用天水中の⁹⁰Sr濃度について、第2回放射能調査発表会(1960年11月)

第2表 各地飲用天水中⁹⁰Sr濃度(1959年)

地	名	⁹⁰ Sr $\mu\mu\text{C}/\text{l}$
札幌	幌	5.2 ± 0.2
福井	井	7.2 ± 0.2
京都	都	0.9 ± 0.1
岡山	山	3.1 ± 0.1

Ⅸ 臨 床 研 究 部

概 況

臨床研究部は昭和34年僅かに3名をもつて発足した。35年度に至り新に研究部長、第3研究室長(治療)を迎えとともに、Oak Ridge に留学中の第2研究室長(診断)の帰国を俟って、ようやく首脳陣の整備をみるに至った。しかし本研究部の活動の場である病院は35年3月に着工、その完成に35年度一杯を要したため、35年度に発表された研究業績は主として群馬大学、国立東京第一病院、千葉大学医学部、癌研、Oak Ridge 等において行なわれたものである。その他一部は、放医研の研究棟一階の薬学研究室の実験室を借用して実施せられた。

臨床研究部は 1) 放射線障害の診断および治療、2) 放射線による疾病の診断、3)放射線による疾病の治療の3項に関する調査研究を行なうものとされ、第1、第2、第3の研究室をもって構成されている。

35年度に行なわれた研究業務の概要として、まず放射線障害に関するものは第1研究室を主体として、ビキニ被災者の精密な医学的検査を昨年同様に実施し、被災者の逐年の経過を追求するとともに、一方放射線に対して最も感受性の強い骨髄の被曝線量をガラス線量計によって測定する方法の検討を行なった。

診断に関するものとしては、甲状腺、血液等を採り上げ、甲状腺ホルモンの代謝、骨髄移植等に関する研究を行なうとともに、Analogue Computor による甲状腺、肝、造血臓器の代謝過程の分析法について新しい分野を開拓した。

治療に関しては、 γ 線の線量分布に関する研究を行ってきた。(田中 茂)

1. ビキニ海域で放射能灰に被曝した日本人漁夫の血液学的所見の特徴

臨床第1研究室
熊 取 敏 之
徳島大学医学部
三 好 和 夫

1954年3月、ビキニ海域で核分裂産物による人体放射線障害が経験された。被災者は、日本人23、マーシャル人239、米国人28で、このうち日本人漁夫が最も重症であった。この事件は人工の核分裂産物によって惹起された最初の照射例であることと、正確な臨床的、血液学的データがあるという意味で重要である。

日本人漁夫は、放射能灰(降灰開始時の推定比放射能1.4c/g)に約4時間曝射され、その後汚染された船内に2週間生活して帰港した。

帰港当時、被災者の体表が最も強く汚染され、そのほか、尿、血液等にも放射能が証明され、甲状腺部にも体外から放射能が測定できた。死亡例(1名)の骨や肝からも放射能が検出された。

漁夫の被災様式は(1)外部全身照射(主に γ 線)(2)体表に付着した灰による皮膚の照射(主に β 線)(3)呼吸道、消化管、傷を通じて体内に進入、蓄積した放射性物質による内部照射の3種である。このような被曝様式は、核分裂産物等による限定された地域の汚染がある場合の特色である。

皮膚への照射線量は皮膚障害を起すのに十分であったが、その線量は不明である。内部に摂取された放射性物質の量はそう多くはないと考えられたが、内部照射の問題は患者の将来に重要な問題である。また灰のような小粒子が、体内でいわゆるラジオコロイドとして肝、脾、骨髄等に沈着するときの障害も考えねばならない。外部照射線量は各人によって異なるが、14日間に170~700rで、第1日目にこの半量を受けている。

被曝直後から種々の臨床症状が現われ、血液や造精障害がみられた。重症血液障害者の1人が肝障害を起して死亡した。

血液変化として、まずビキニ被災者と、マーシャル人、広島原爆被爆者、その他米、ソ、ユーゴの原子炉事故者の白血球の変化を比較したが、共通していることは被曝後約1ヵ月で白血球数が最低に達していることである。またビキニ被災漁夫は、少なくとも一度は白血球数は4,000以下となった。広島例に比して、その回復

は遅れたがこれは内部照射とともに長期間被曝を受けたためであろう。

白血球数の累積度数曲線を経過を追って作製すると、被曝後6年で、対照に比してなお左方に位置している。

また、初期には淋巴球減少があり、次いで好中球減少がみられた。ほとんど全員に好酸球および単球増多が起った。形態学的変化もみられた。

貧血も現われ、極期には網赤血の消失、減少があった。

粒球減少も観察された。

患者の外部被曝線量と白血球および粒球の最低値との間には逆の相関々係がみられている。

骨髄細胞については、極期には実質細胞は極度に減少し、形質細胞や網状織細胞の残存、増殖があった。

造精機能は造血機能と類似性を示した。約9ヵ月後、精子数は被検全員ほとんど零を示し、回復の徴は約2ヵ年後に現われた。3年後には精子数はほとんど正常に復した。被災者のうちで、被曝後4名の男子、9名の女子が出生し、他に自然流産2、妻妊娠中の者が3名いる(1960年8月調べ)。子女には異常はない。

生存者22名は退院後、ほぼ定期的に医学的検査を受けている。或る者はなお多少の自覚症を訴えているが、全般的には良好な状態である。

〔研究発表〕

K. Miyoshi, T. Kumatori; Characteristics of Hematological Findings of Japanese Fishermen Exposed to Radioactive Ashes in Bikini Area, 第8回国際血液学会(1960年9月)

2. 銀活性化磷酸硝子針蛍光線量計による線量測定

臨床第3研究室

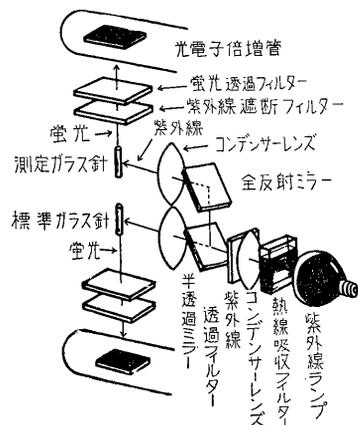
荒居 龍雄
熊取 敏之¹⁾
寛 弘毅²⁾

(1) 臨床第1研究室長
(2) 所付, 千葉大医教授

現在取り扱いが簡単で、信頼されている放射線の測定器は電離槽型のものであるが、測定器の大きさに限度があり余り小さくできない。そのために小部分の線量分布の測定や生体内(主として消化器, 泌尿器系)での実測には多くの困難を伴ない、時には測定が不可能となる。また1回の照射で各部分の線量分布を同時に知ることができれば、測定の実験誤差は少なく、短期間に測定ができて好都合である。

Schulman ら (Journal of Applied Physics 22 1479 '51) により発見された銀活性化磷酸硝子針(1mmφ×6mm)は容積が小さく、この目的に適している。その組成は KPO₃ 25%, Ba(PO₃)₂ 25%, Al(PO₃)₃ 50%の基礎成分に螢光物質として AgPO₃ が8%の重量比で付加されている。測定原理を簡単に述べると、銀がイオンの状態で硝子中に存在している。それに放射線が曝射されると、銀イオンが電子を捕えて銀の原子となり、その量が照射された放射線量に比例すると考えられている。銀の原子は螢光物質であるから特殊の波長の紫外線照射により螢光を出す。この螢光を光電増倍管で捕えて測定する。(第1図参照)

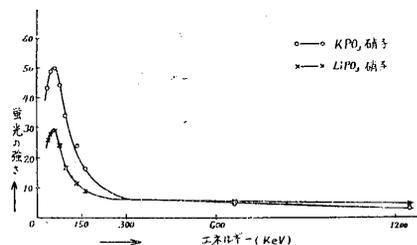
Schulman の硝子 (KPO₃ 硝子) は原子番号の高い物



第1図 測定法

質が含有されているので、線質特性が大きいのが弱点であったが、最近作られた LiPO₃ 硝子(東芝製)は原子番号の低い組成の硝子からできているので、この欠点は大幅改善された。すなわち 65keV X線の感受性は⁶⁰Co-γ線の約20倍であったのが、6倍程度にまで減少した。(第2図参照)

この線量計は X線では 1~2×10³ r, ⁶⁰Co-γ線では



第2図 エネルギーと螢光との相関関係

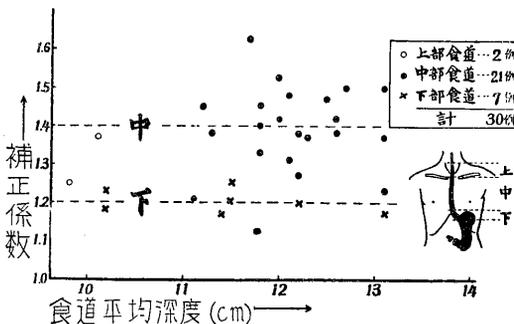
10~10⁴r に直線性があり、線量率の変化による相違もなく、積算線量も良好で線量計として優れたものであると考えられる。ただ照射直後は蛍光の強さが不安定で、測定に適さぬ欠点があるが、照射後 10~50 時間は安定で測定に適し、2 カ月後においてもまだ 90% の値を示す。(200~500r 照射の場合)

実際に使用する場合、線質特性があるので高エネルギー放射線の測定に適するのはもちろんであるが、X線深部治療に使われるエネルギーの低い 200kVp にても、mix D phantom 使用で深部率および散乱線の影響等をシーメンス製線量計と比較測定した結果、十分使用可能のことがわかった。

臨床的応用 ① 食道の線量測定

癌の放射線治療において、病巣線量の実測が容易に行なえれば治療成績を或る程度高めることが可能である。

硝子針および位置確認用の金属小片(X線透視の目印)を細いビニール管に入れたものを作り、これを食道癌患者の病巣部に挿入して治療中の病巣線量の測定をした(千葉大・放射線科にて行なう)。使用X線装置は日立製 TR-250 で、300 度振り照射を行なった。硝子針が病巣部に確実にあるかどうかを厳重に調べるために、患者を照射位置においてX線透視し、さらに照射中廻転横断撮影を行なった。病巣線量の実測値より胸部の補正係数を求めた(第3図)。



第3図 食道内線量補正(X線300度振り照射)

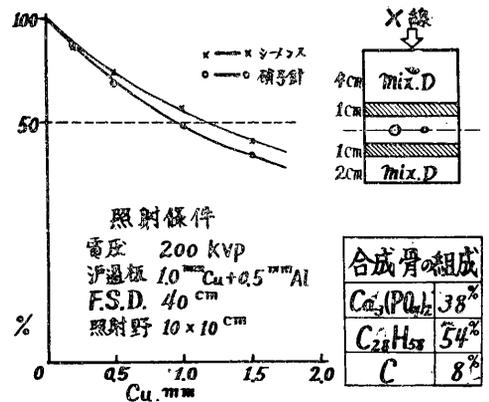
中部食道では 1.4、下部食道では 1.2 がよいことがわかったが、個人差が割合大きいので、よい治療をするためには、各人について実測することが望ましい。

臨床的応用 ② 骨髄線量の測定

放射線障害の立場より骨髄線量の測定は大きな問題であるが、骨髄は生体内において骨、軟部組織等の異なった層に囲まれて存在しているので、その部分の放射線スペクトルは複雑なものが予想され、現在のところ正しい測定が困難である。われわれは一つの方法として、半価

層より実効電圧を出し、NBS Hand book 62 の表より吸収係数を求め、実測した骨髄内の線量を補正する方法を試みた。

軟部組織、骨髄は mix D、骨は合成骨(牛骨粉)の板を組み合わせで作った phantom を使用した。線量計に各種の厚さの銅キャップをかぶせて骨髄内の半価層を測り、この値を空气中で測定した銅キャップと銅板との半価層の比率により補正し、骨髄内の銅板の半価層に換算して求めた。第4図は合成骨使用の骨髄減弱曲線および測定整理結果を示したものである。この測定法について、



	比重	線量計	半価層 (Cu mm)	実効電圧 (Kev)	f	深部率 (%)	骨髄線量 (rad)
合成骨 129		シメンス	0.99	80	0.924	52	48
		硝子針	0.76	71	0.916	57	52
牛骨粉 121		シメンス	0.88	75	0.920	50	46
		硝子針	0.74	69	0.915	54	49

第4図 合成骨の減弱曲線および測定整理結果

銅キャップで半価層を測るといふこと、組織内の半価層より実効電圧を出すということについて、検討の必要があると思われる。また、対象にした骨髄は長管骨内のもので、海綿質構造の場合は別の方法を用いねばならない。

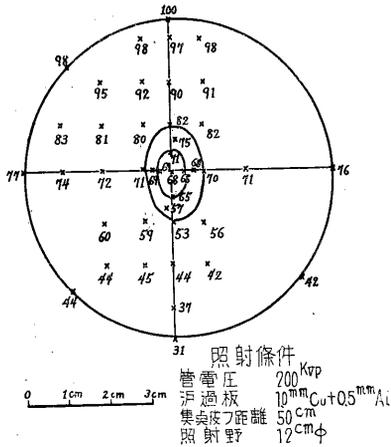
臨床的応用 ③ 骨周辺部の線量分布の測定

上腕骨を mix D に埋没した上腕の phantom を用いて、200kVp X線照射における骨周辺部の線量分布を測定した。その中心軸の深部率曲線は骨の部分で著明に減少しているのがわかる(第5、第6図参照)。

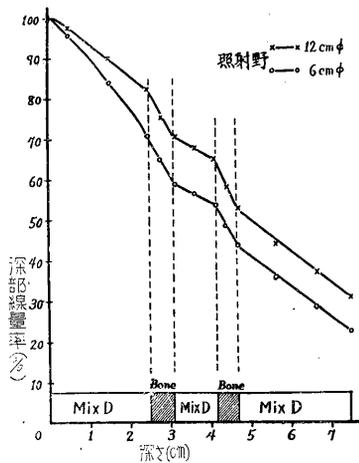
[研究発表]

1. 荒居龍雄, 寛 弘毅; 銀活性化磷酸硝子針による線量測定(第2報・食道の線量測定), 第19回日本医学放射線学会総会(昭和35年7月)

2. 荒居龍雄, 熊取敏之, 筑 弘毅: 銀活性化磷酸硝子針による線量測定 (第3報・骨髄線量の測定), 第20回日本医学放射線学会総会 (昭和36年4月)



第5図 フアントームによる上腕の深部率 (X線)



第6図 フアントームによる上腕の中心軸の深部線量率 (X線)

3. 甲状腺ホルモンの滷紙クロマトグラフィーによる検討

臨床研究部長
田中 茂

放射性汚度が甲状腺ホルモンの研究に利用されてから, 甲状腺内のホルモンの合成をはじめとして, 血液中のホルモンの形態, さらに末梢での分解等について幾多の知見がもたらされたのであるが, この輝しい成果の大半を担うものは放射性汚度によって標識された汚度化合

物を滷紙クロマトグラフィーによって分離し得るにいたったためといってもけって過言でない。しかし一方において, 最も基本的な滷紙クロマトグラフィーの方法自体の検討はほとんど行なわれていない現状である。著者はこの問題を取り上げ, 方法論的な検討を行なった。方法 Abbott より入手せる ^{131}I -サイロキシン, ^{131}I triiodothyronine, iodide, また ^{131}I -iodide を白鼠に注射し, 24時間後の甲状腺水解物等を用い, これらを滷紙に塗布後, 一次元上昇法によって各汚度化合物の分離性ならびに回収率について検討した。使用せる溶媒は, n-Butanol : Dioxane : Ammonia (B : D : A), n-Butanol : Acetic acid : 水 (B : A : W), n-Butanol : Ethanol : Ammonia (B : E : A), Tertiary amyl alcohol : Ammonia (T : A), Collidine : 水 : Ammonia (C : W : A) 等である。

第1表 回収率 %

溶 媒	l-Thyroxine	^{131}I -Triiodo- thyronine	iodide
B : D : A (精製せず)	69	74	95
B : D : A (精製)	81	84	96
B : A : W	92	94	96
C : W : A	78	78	95
B : E : A	76	80	98

成績 第1表に示されるごとく最も回収率のよいものは B : A : W であるが, Thyroxine と Triiodothyronine の分離は悪い。ついで回収率のよいものは B : D : A, C : W : A, B : E : A の順序であった。ただし B : D : A を用いるときは Dioxane を精製せぬと回収率が悪い。

第2表 ^{131}I -thyroxine (T_1), triiodothyronine (T_3) の含有量

		日 数	含 有 量 %
T_1	A	1	69
		14	52
	B	1	54
	O	14	40
	C	2	79
T_3	D	6	76
	E	8	72
	F	8	69

第3表 甲状腺ホルモンの化学的沓紙クロマト
グラフィー

	T ₄	T ₃	I ⁻
Butanol	87	75	66
Blau 氏塩	74	54	6
Ethel-Butanol	70	63	57
Ethanol	64	70	92

ついで ¹³¹I-thyroxane, ¹³¹I-triiodothyronine, ¹³¹I-iodide の安定性についての検討を行なった。thyroxine, triiodothyronine については第2表のごとく標示量の70% くらいしか含まれず、この値は時日の経過とともにさらに減少する。

¹³¹I-iodide では1ヵ月以上放置すると沃度以外に不純物質が生ずる。

血清中の T₄, T₃, I⁻ の抽出性、種々な溶媒を用いてその抽出した結果は第3表のごとくであり、n-butanol による抽出が最も優れている。

沓紙で展開した沃度化合物を従来の方法で発色するには、数 10mcg を要し、生物学的材料に適当し難い。しかし PBI の測定に用いられるセリウムを用いることによって、微量の沃度を分析し得るにいたった。この方法によって見出し得る最小量は T₄. 0.03, T₃. 0.03, I⁻. 0.02mcg であった。この方法によって甲状腺腫を有する粘液水腫の患者血清中より, diiodotyrosine の存在を確認した。

〔研究発表〕

田中茂; 甲状腺ホルモンのペーパークロマトグラフィーによる検討, 総合医学 17: 597 (1960年)

4. 老年者の甲状腺機能

臨床研究部長

田中茂

甲状腺ホルモンは生体のエネルギー代謝のみならず、すべての代謝系に深い関連を有し、これらの過剰あるいは欠乏によってそれぞれ特異な病像を呈することは周知のごとくである。また一方、発育期にある個体に対しては生長ホルモンと協調し、また或る面においては別の方向から生長促進的に働いている。このように生長発育と密接な関係を有するホルモンが生長期を過ぎ、やがて訪れる老人現象に対していかなる影響を及ぼすかは極めて興味ある問題であるが、その前に老人の甲状腺機能が青年期あるいは壮年期のそれと異なるか否かを明らかにし

第1表

性	年齢	PBI mcg/dl		TBP の結合能 mcg/dl	
		例数	平均±S.D.	例数	平均±S.D.
♂	<49	53	6.2±0.2	43	18.8±4.5
	>50	21	5.9±0.3	18	20.0±3.2
♀	<49	36	6.0±0.4	28	19.6±4.9
	>50	25	6.0±0.3	14	21.8±3.4

たいと思う。

老年者の甲状腺について、若年または壮年者と比較した点を述べると、

1) 形態学的変化、甲状腺重量の減少、濾胞の縮小、上皮細胞の扁平化、結締織の増加、コロイド染色性の変化等が認められる。

2) 血清甲状腺ホルモン量 (PBI)

甲状腺疾患でないものおよび健康者の PBI を年齢および性別に分け、その平均値および標準偏差を求めると第1表のごとくであって、男女とも 50 才以上の方がやや低い傾向にある。

3) ¹³¹I 甲状腺摂取率

24 時間値で50才以上と以下の健康者の間に有意の差は見出し得なかった。

4) サイロキシン結合蛋白 (TBP)

第1表のごとく男女とも 50 才を過ぎると、幾分増加の傾向がみられた。

以上の成績より、老年者では甲状腺重量の減少、組織学的な萎縮等の形態的变化のほか血中ホルモン量の低下、末梢へ移行するホルモン量の減少、組織における酸化過程の減退等の諸変化が認められる。これらは特定臓器の機能低下によるものではなく、老化現象によって視床下部一下垂体系からの甲状腺ホルモンの減少、甲状腺自体の萎縮組織における酸素消費の減退等が相伴って起るためと考えられる。

〔研究発表〕

田中茂; 老年者の甲状腺機能, 老年病 4: 704 (1960年)

5. 放射性沃度による甲状腺機能検査法

臨床研究部長

田中茂

放射性沃度 ¹³¹I が甲状腺ホルモンの研究に使用されるに及んで、多くの知見がもたらされると同時に、甲状腺の動的な解析が可能となり、甲状腺の精緻な分析が行

第1表 ^{131}I -摂取率 (24時間)

例数	平均±S.D.
対照	20 22.6±4.2
機能亢進症	36 72.1±19.8
機能低下症	4 3.5±1.1
単純性甲状腺腫	74 37.2±20.7

なわれるようになった。著者は甲状腺機能を無機沃度の摂取能、ホルモンの合成および血中への放出、血中ホルモンの組織への移行という3項目に分ち、これらに対する代表的検査法を挙げ、その有する意義、診断的価値について述べてみたい。

1. 甲状腺の無機沃度摂取能の測定: 代表的なものは甲状腺の ^{131}I 摂取率の測定である。種々な甲状腺について測定法結果は、第1表のごとくであった。
2. 甲状腺よりのホルモン分泌の測定: 代表的なものとして PB^{131}I の *conversio ratio* を取り上げることができる。その成績は第2表に示される。

第2表

例数	<i>conversio ratio</i> %	平均±S.D.
対照	20	27.6±3.6
機能亢進症	10	57.1±10.2
機能低下症	3	5.8±3.4
単純性甲状腺腫	30	28.8±7.3

3. 血中甲状腺ホルモンの組織への移行: 血清サイロキシン結合蛋白 (TBP) を測定することによって、これを知ることができる。正常人 103 人について測定した成績は、11.0—30.4mcg/dl, 平均 19.7±4.7 であった。

以上の諸方法を総合的に判定し、甲状腺の機能を動的に分析することができる。

[研究発表]

田中茂; 放射性沃度による甲状腺機能検査法, 最新医学 15: 1188 (1960年)

6. 放射性水素サイミジン標識骨髓細胞移植に関する臨床的研究

臨床第2研究室

永井輝夫
R. M. Kniseley*

* ORINS Medical Division

DNA の特殊前駆物質であり, *in vitro* でも骨髓細胞に容易に利用される放射性水素サイミジンが静注細胞追跡の手段として選択使用された。すなわち, あらかじめ放射性水素サイミジンで標識された donor 骨髓細胞が, 洗浄後, 患者2例に注入され, 標識細胞の検出にはラジオオートグラフ法が利用された。

症例1: 広汎な転移を伴う未分化悪性腫瘍例で *auto-logous marrow* (2.1×10^5 標識細胞を含む 5.1×10^9 有核細胞) が 360 全身γ線照射後静注された。

症例2: 症例再生不良性貧血例で, ABO 型が同型で Rh 型も両立し得る健康 donor より採取された *homologous marrow* (2.3×10^5 標識細胞を含む 2.1×10^9 有核細胞) が投与された。

すなわち頻回腸骨穿刺によって, 骨髓約 200ml が採取された。骨髓は血液成分分離用のプラスチックバックに移され, ついで 1.9c/m mol の放射性水素サイミジンが骨髓 1ml につき $2\mu\text{c}$, 総量 $400\mu\text{c}$ 加えられた。ゆるやかに攪拌後, 37°C で1時間インキュベートし, ついで 2,200 回転 30分間冷凍遠心により血漿が除去された。骨髓細胞は氷冷リンゲル液 200ml に浮遊され, 2 回遠心洗浄された。第2回洗浄液には, 非放射性サイミジン 5mg が, 注射後体内で標識に利用される可能性のある未利用遊離放射性水素サイミジンを希釈する目的で加えられた。洗浄後, 骨髓細胞は, あらかじめ採取してあった血漿 100ml に再浮遊された。この注入液および洗浄液については液体シンチレーションスペクトロメーターによる放射活性測定およびラジオオートグラフ, 有核細胞計数などが行なわれた。

標識細胞静注後, 頻回血液および骨髓試料が採取され, 英国コダック製 AR10 ストリッピングフィルムおよび NTB2 液体感光乳剤を用い, ラジオオートグラフが作製された。14~76日間露光後, 現像, 染色し標識注入細胞を発見すべく顕微鏡下で全野がくまなく走査された。

実験結果の総括は第1, 2表のごとくで, 標識細胞は静注 10 分後にすでに骨髓試料中に認められ, 2~10 日後には標識桿状核および分葉核白血球が認められ, 注入

第1表 Patient No. 1 (M. Y.)

Bone Marrow		10 Min.	1 Day	2	3	4	7	9	10	14	21	37
Time post-infusion												
No. scanned films		5	10	5	5	5	4	5	4	5	5	3
Cell Type	Rubriblast	1										
	Unclassified Mononuclear		1		1							
	Unclassified Small		4	4								
	N. Myelocyte	1										
	N. Metamyelocyte	2	1									
	N. Band			3	2							
	N. Segmented					1		1?				
Total		4	6	7	4	0	0	1?	0	0	0	0
Blood		10 Min.	1 Day	2	3	4	7	10	14	17	21	37
Time post-infusion												
No. scanned films		5	7	5	5	5	9	5	6	5	5	5
Cell Type	Rubricyte	1										
	Unclassified Mononuclear	3										
	Unclassified Small			1								
	N. Myelocyte	3	1	1								
	N. Metamyelocyte	3	2		1			1				
	N. Band			2		1		1				
	N. Segmented					1	1	1		1?		
Total		10	3	4	1	2	1	3	0	1?	0	0

された donor 骨髓細胞が recipient 体内で分裂成熟の
両能力を保持することが示された。

に関する臨床的研究,第20回日本医学放射線学会(1961)

〔研究発表〕

1. T. Nagai and R. H. Kniseley; The Fate of ^3H -Thymidine Labelled Cells Injected as a Potential Human-marrow Graft, 第8回国際血液学会議(1960年9月)
2. 永井輝夫; 放射性水素サイミジン標識骨髓細胞移植

第2表 Patient No. 2 (E. W.)

Bone Marrow

Time post-infusion	2 Days	9	17
No. scanned films	5	5	5
Cell Type	Smudge	1	
	Unclassified Small	1	1
Total	2	1	0

Blood

Time post-infusion	10 Min.	1 Day	2	3	4	5	6	7	12	14	17
No. scanned films	3	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5
Cell Type	Unclassified Mononuclear	14									
	Unclassified Small	10		1		2					
	N. Myelocyte	3									
	N. Metamyelocyte	2	3	1							
	N. Band				1						
N. Segmented							2				
Total	29	3	1	2	0	2	2	0	0	0	0

7. Isotope Kinetics におけるアナログ計算機の応用

臨床第2研究室

福田 信 男
田 中 茂¹⁾
永 井 輝 夫
熊 取 敏 之²⁾
杉 本 元 宜³⁾
小 川 康 男⁴⁾

- 1) 臨床研究部長
- 2) 臨床第1研究室長
- 3) 一橋大学物理学科
- 4) 明治大学電子工学科

生体に投与された標識化合物の体内における消長を追及することにより、諸種代謝状態を動的に把握することは甲状腺疾患、血液疾患、循環器疾患、肝腎疾患等の診断に際して重要なことである。そこで当研究部では、こ

の方法の系統化および精密化を目指しているが、今年度は病院未発足のため患者についての測定が不可能であるので、その理論的基礎の確立に努力した。

従来、一般的には放射性同位元素化合物の代謝の動力学 (Isotope kinetics) を表現する微分方程式は、標識化合物の微量性と代謝の定常性を仮定することにより、一階常係数線型微分方程式になると考えられている。このことを利用して Isotope kinetics の実測曲線を半対数グラフ上に plot することにより、代謝経路の諸速度係数を推定するというのが従来の解析方法である。われわれは逆に代謝経路についての微分方程式を生化学的知見にもとづいて設定し、これに数多くの組合せの速度係数を代入してアナログ計算機によりこれを解き、このようにして得られる Isotope kinetics の理論曲線と実測曲線とを比較するという方法で、生体内代謝過程を動的に把握することを試みた。

甲状腺を中心とする ¹³¹I 代謝についての 17 元連微

分方程式，肝を中心とする ^{131}I ローズベンガルについての5元連立微分方程式，骨髓を中心とする ^{59}Fe 代謝についての6元連立微分方程式などの問題をとり上げて，このプログラムを実行した。

8. 実大像シンチグラムに関する基礎的研究

臨床第3研究室

楠本五郎

尾内能夫*

都丸禎三*

* 癌研放射線科

シンチグラムを用いて甲状腺疾患を診断する方法は，甲状腺臨床上一重要な部門ではあるが，シンチグラムの判読には定量的な部分が非常に少なく，主観的な判断が広範囲をしめている。

Allen (Radiology, 58, 68, 1952) および Goodwin (Radiology, 61, 88, 1953) 等はシンチグラムから甲状腺重量を算出することを考えたが，これとてもシンチグラム像から甲状腺の実寸を求める方法には言及していない。

われわれは甲状腺の実大像を，シンチグラム上に求める方法を実験的に追究した。

Rate down ratio のみによって像の大きさおよび明暗を調節することは，微細調節が困難な点，また Scanning speedによって像の大きさが変化する等の欠点があり，実際の甲状腺においても Rate down ratio をいかに調節するかという定量的な標準を求めることが不可能である。

Mallard (Brit. J. Rad., 32, 652, 1959) は cps の値によって，打点の色彩を変えることを考えた。この方法によると cps の分布が一見してわかるので便利であるが，甲状腺では ^{131}I の投与量や摂取量によって cps の値が変化するので，このままでは線源の実大像を得ることは困難である。

われわれは，この欠点を除くために，その線源の最高 cps 値に対する%で線源上各点の cps をあらわした(これを cps (%) と略記する)。cps (%) は線源の強さに無関係となり，等 cps (%) 曲線を求めるとこれは線源の形にのみ関係した個々の線源に特有な曲線である。

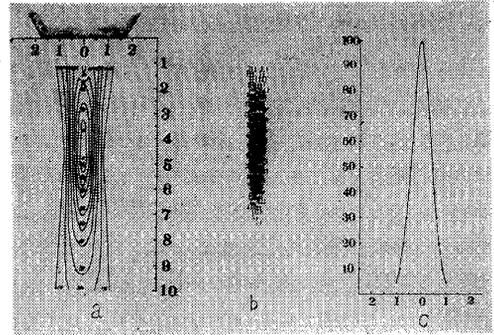
MacIntyre (Am. J. Roentgenol. 77, 471, 1957) の考察したバックグラウンド除去回路は，調節された cps 以下では打点しない特長がある。彼はこの回路を用いて肝臓の微少な cps の変化をシンチグラム上に判然と示す方

法を研究している (Am. J. Roentgenol. 77, 455, 1957; 79, 129, 1958; Radiology, 73, 329, 1959)。

われわれは，この回路と上記の等 cps (%) 曲線を併用して実大像シンチグラムを求める方法を追究した。

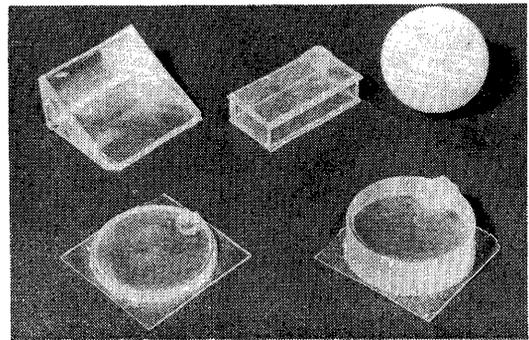
測定装置は東芝製シンチレーション装置 (ML-401) を用いた。

コリメーターは焦点距離 5cm, 19 孔の Honey cone を用いた (第1図)，rate mater の時定数は 0.5秒を使用し，線源が組織中にあるときの散乱線の影響を除くためにエネルギーは 250KeV 以下を切った。模型線源は



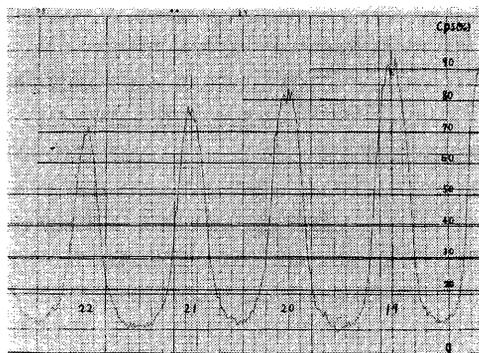
第1図 Honey cone の特性曲線

- a; 等反応曲線
- b; 津屋スキヤン
- c; 分解能曲線



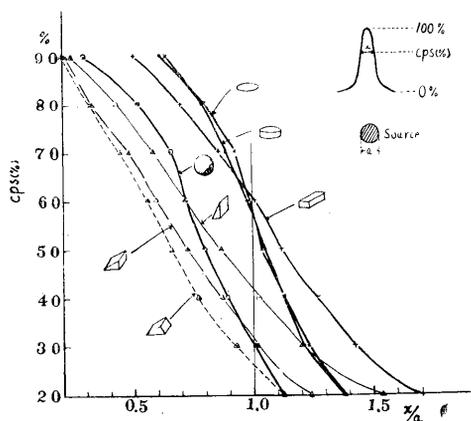
第2図 実験に用いた模型線源

第2図のごとく，直径 37.5mm の球，直径 37.5mm 厚さ 1mm および 11mm の二種の円板，長さ 40mm 巾 20mm 厚さ 10mm の直方体および，底辺 20mm 斜辺 40mm で一角が 60° の直角三角形を底面とし高さ 40mm の直角三角柱の5種で，いずれもセルロイドまたはアクリル樹脂板製の容器に ^{131}I 溶液を満したものである。



第3図 cps 自記記録曲線の一例(円板)

スキャンニングと同時に、各点における cps を自記記録計に導入して連続的に記録した。この自記記録曲線(第3図)から前述のごとく cps(%) を求めた。次に線源の中心断面上をスキャンニングしたときの自記曲線において、或る cps(%) のときの曲線巾を x とし、中心断面上の線源の巾の実寸を a として、 x/a を横軸に cps(%) を縦軸にとると第4図の曲線が得られる。

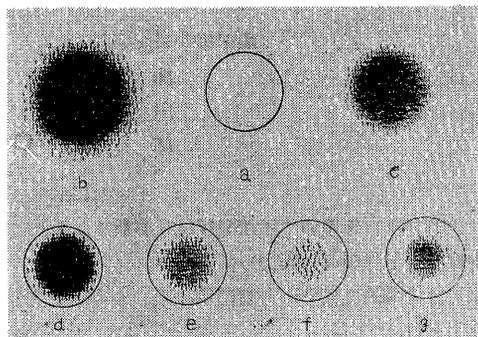


第4図 各種の線源における cps(%) と x/a との関係
 a ; 中心断面上の線源の巾
 x ; ある cps(%) における自記曲線の巾

図で明らかなごとく厚さの均等な線源すなわち円板、直方体では cps(%) が 60 % のときに x/a が 1.0 である。換言すれば、バックグラウンド除去回路を 60 % に調節すれば、実大像シンチグラムが得られることを示している。

厚さが均等でない線源の場合は曲線は左方に移動し、球では 30 % のときに x/a が 1.0 となる。さらに三角柱では、 x/a が 1.0 となる点は三角柱の置き方によ

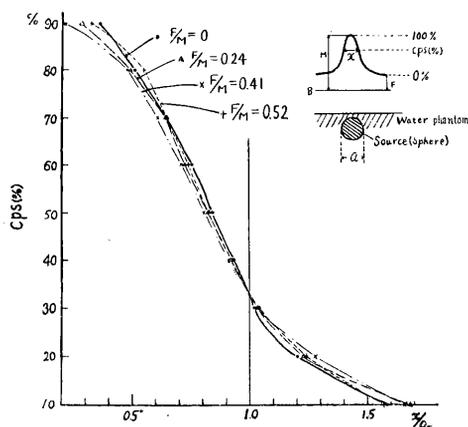
て、42 %、31 %、26 % と変化する。したがって三角柱のような特殊な形の線源では、実大像シンチグラムを求めることは困難となってくる。ただしこのような形の甲状腺が実在するか、あるいはその薄い辺縁までを正確に求める臨床的価値があるかは別の問題である。



第5図 バックグラウンド除去レベルによるシンチグラムの変化(球線源)

a; 線源の形状, b; cps(%)13%, c; cps(%)30% 実大像シンチグラム, d; cps(%)50%, e; cps(%)66%, f; cps(%)85%, scanning speed 24cm/min, g; cps(%)85% scanning speed 10cm/min.

第5図は球線源において、いろいろな cps(%) でバックグラウンドを除去したときのシンチグラム像の比較である。13 % のときは明らかに線源より大きく、30 % のときにちょうど実大像シンチグラムが得られる。さら

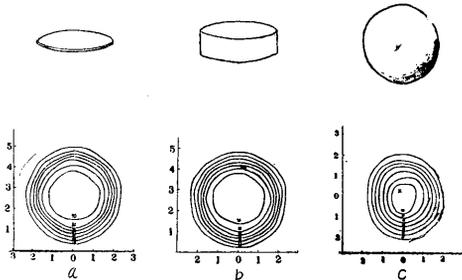


第6図 種々の cps 値をもつた水槽中に沈められた球線源の、cps(%) と x/a との関係

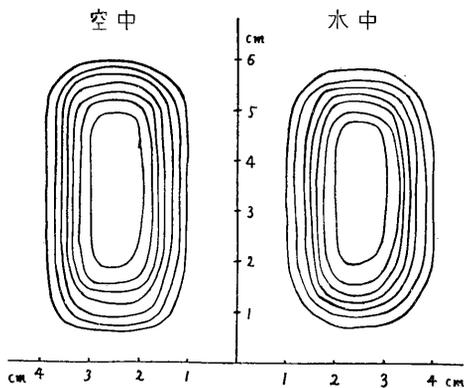
F; 水槽の cps レベル
M; 沈んだ状態における線源部の最高 cps 値

に除去のレベルを上げるに従って、像は小さくなるのがわかる。85 %のときは打点数も明らかに減少してくるが、gのごとく scanning speed を 10cm/min(他は24 cm/min) に減少すると、打点数は増加して像は濃くなる。この際注意すべきことは像の大きさは変化しないことであって、これはバックグラウンド除去回路で打点域を調節した特長であろう。

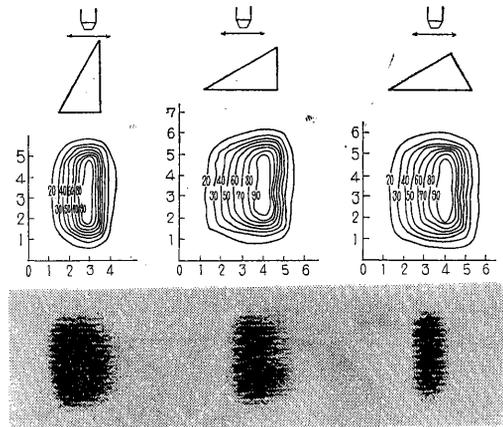
なお線源周囲にも相当量のアイソトープが含まれる場合を考慮して、種々の濃度の ^{131}I 溶液中に球線源を沈めてスキャンニングを行なった(第6図)。この場合、線源周囲部の cps レベルを 0 %として cps (%) を算出すると、cps (%) が 30% のときに x/a が 1.0 となり第4図の曲線とまったく一致する。したがって、室内の cps のかわりに周囲組織の cps を 0 %と考えれば周囲に存在する ^{131}I の影響は除外することができる。



第7図 円板、球における等 cps(%) 曲線の比較
 a; 円板 37.5mmφ 厚き 1mm
 b; 円板 37.5mmφ 厚き 11mm
 c; 球 37.5mmφ



第8図 空中および水中における直方体の等 cps(%) 曲線の比較



第9図 種々の方向においた直角三角柱の等 cps(%) 曲線とシンチグラム

以上はシンチグラム像の大きさの問題であるが、次に像の形状および ^{131}I の分布を明らかにするために、われわれは cps 自記録曲線(第3図)を基礎として、各線源の等 cps(%) を作製した(第7, 8, 9図)。図で明らかのごとく、等 cps(%) 曲線は線源にほぼ相似形である。したがって適当な % の等 cps(%) 曲線を選べば、線源と同大同形の曲線が得られることを示している。

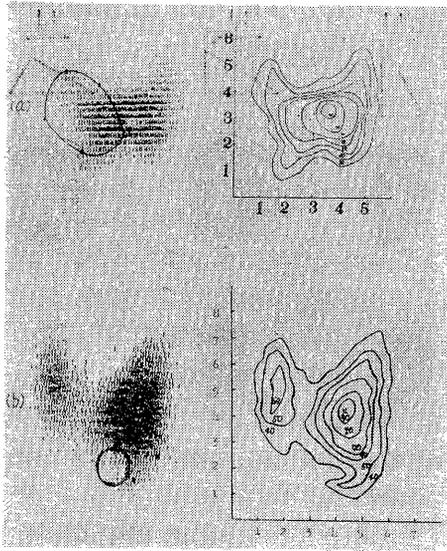
第7図 a, b は厚さのみが異なった円板であるが、この二つの等 cps(%) 曲線はほとんど完全に一致している。すなわち、この程度の厚さの影響は無視してよいと思われる。

a, b, c を比較すると、a, b では等 cps(%) 曲線は線源の周縁部に密集しているが、c の球では線源中心部まで分散している。これは c と a, b との ^{131}I の分布の差を示すもので、この点シンチグラムの濃淡のみによって分布の変化を推測するよりも有利であろう。

第8図は同一立方体を空中においたときと、水中に 1 cm 沈めたときの比較であるが、空中水中とも等 cps(%) 曲線に差が認められない。すなわち、250KeV 以下のエネルギーを切りすてれば、周囲組織からの散乱線の影響は無視してよいように思われる。

三角柱(第9図)の場合には等 cps(%) 曲線は線源の形とやや異なってくる。これはコリメーターの特性にも関係することであり、このような特殊な形の線源においては避けることが困難な問題である。

最後に、これらの結果が臨牀的に利用価値があるか否かを試みた(第10図)。われわれは甲状腺シンチグラム



第10図 甲状腺のシンチグラム (cps(%)40%) と等cps(%) 曲線の比較

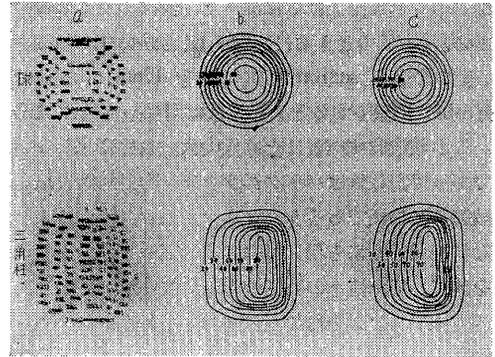
- a; 右葉に腫瘍がある症例
- b; 左葉下部に小腫瘍がある症例

をの 40% の cps(%) できている。手術の際にも全体の甲状腺を露出して大きさを実測することは困難であるため、正確な結論にはいたらないが、少なくとも外面から計測した甲状腺の寸法に近いシンチグラム像が得られるようである。

第10図 a は大きな腫瘍により右葉の大部分が圧迫されている症例であるが、等 cps(%) 曲線で見ると高 cps(%) 領域は左方に移動し、右葉には認められない。この状態をシンチグラム像の明暗のみから具体的に判断することは困難であり、等 cps(%) 曲線の併用が診断上に役立つことと思われる。第10図 b は左葉下端に小腫瘍が存在する例である。等 cps(%) 曲線で明らかなように、バックグラウンド除去回路を 40% に調節した際に、腫瘍による欠損像がシンチグラム上に最も鮮明となることを示している。

バックグラウンド除去回路を一定の cps(%) に調節すると、それ以下の cps においては打点しないから、cps の変化があってもシンチグラム上にあらわれない。この場合、等 cps(%) 曲線または cps の自記記録曲線をみれば低 cps 部の分布を知ることができる。

このように等 cps 曲線に臨床上的利用価値が多いと思われるが、cps 自記記録用紙から等 cps(%) 曲線をえ



第11図 等 cps(%) 曲線自記装置から求めた等 cps(%) 曲線と cps 自記曲線から求めた等 cps(%) 曲線の比較

- a; 等 cps(%) 曲線自記装置による打点
- b; a から求めた等 cps 曲線
- c; cps 自記曲線 (第3図参照) から求めた等 cps 曲線

がくことは非常に煩雑であって、このままでは臨床上の利用は不可能である。

そこでわれわれは、電気接点を用いて希望の cps(%) の範囲のみを打点させる方法を試みた (第11図)。a は 90~80, 70~60, 50~40, 30~20 各 CPS(%) の間を打点させたもので、b はこれを結んで得た等 cps(%) 曲線、c は前述のごとく自記記録曲線から求めたものである。この方法によればシンチグラムと同時に等 cps(%) 曲線を直接打点させることも可能である。

以上のごとく、等 cps(%) 曲線とバックグラウンド除去回路を併用することによって、目的は或る程度達せられたように思う。ただこの実験に用いられたものは一種の装置であるから、他の装置を用いた場合は数値的にも幾分異なってくるとと思われる。また基礎実験として、球、円板等を線源に選んだ関係上、極端な形の甲状腺については応用範囲外である。

今回の報告は基礎実験が主であり、これの臨床的応用には甲状腺の形状等の統計的研究を必要とすることは言をまたない。

[研究発表]

1. 楠本五郎, 尾内能夫, 都丸禎三; 実大像シンチグラムに関する基礎的研究, 第122回日本医学放射線学会関東部会 (1960年10月)
2. 同上, 第20回日本医学放射線学会 (1961年4月)

9. ⁶⁰Co γ線遠隔照射線量分布

臨床第3 研究室

藤田 裕子
尾内 能夫*

* 癌研放射線科

照射装置を臨床に供するために、あらかじめ水ファントム内の線量分布を得ることが行なわれる。普通は測定によって得られるが、計器の読みと放射線量が一義的に対応しているかは問題で、そのほかにも実験誤差を含んでいる。別に計算によって得る方向がある。これも実験にとって代るというものでは決してなく、相補なっていくものである。以下はこの方向に属するもので、結局、或る条件のもとにある点の線量を得る式を得て、このなかの諸定数を標準の中心軸線量に一致するように定め、数値的に分布を得るものである。W. J. Meredithらは古く (Brit. J. Radiol. 17, '44) X線について得ている。この場合は半影が問題とならないから、計算はもっぱら散乱線量に注がれていた。これにたいし ⁶⁰Co γ線照射では、半影が問題となるので、以下の計算には空気中一次線の分布を得ることに時間がさかれた。

癌研にある照射装置 RI-107 型は線源が高さ 1cm, 半径 1cm の円筒型で、線源から 24cmのところにタンゲステンの角型の絞りが、39cm のところに主ビームにそう壁をもつ鉛の半影除去絞りがあ

空気中線量の計算は次のようにしてなされた。照射野内では線源を点状として、線量は距離の自乗の逆数に比例するとしてよいであろう。しかし半影内では、線源と絞りの大きさと形が問題となる。つまり、線源は大きさをもち、或る場所の線量は直接 γ 線のとどく部分と、絞りによって一部吸収をうけてくる部分とを考えなければならぬ。しかも線源の、或る微少部分からの γ 線束が絞りをよぎる長さは、0 から絞りの厚さまでの間の数値をとるから、これをその線束の偏りの角の函数であらわさなければならない。そしてこれら線源の微少部分の効果を積分して、半影内の或る点の線量が得られる。実際の線源は円筒で、その軸と照射軸—中心軸—は一致するように位置しているが、計算ではその軸に直角に位置する棒状線源があるものと近似した。この棒状線源のアイソトープ密度分布、つまり γ 線の強度分布は円分布とするのが最もよい近似となろうが、計算の労の軽減のために荒く一様分布をなしているとするとも考えられる。或る点 (l, x) における線量を与える式は、線源

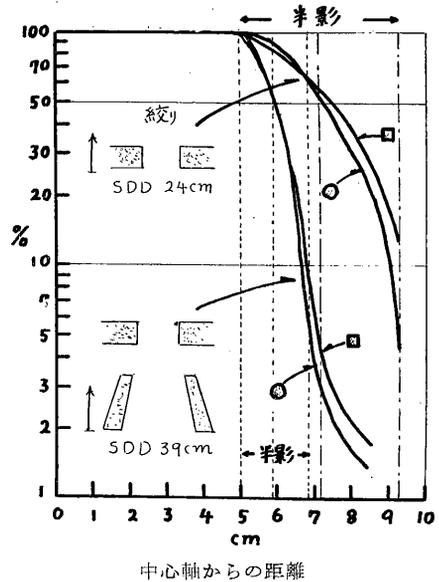
が一様分布なら円分布なら、

$$R_1(l, x) = \frac{Q\Gamma}{2cl} \int_0^\theta e^{-\Sigma\mu S} d\theta$$

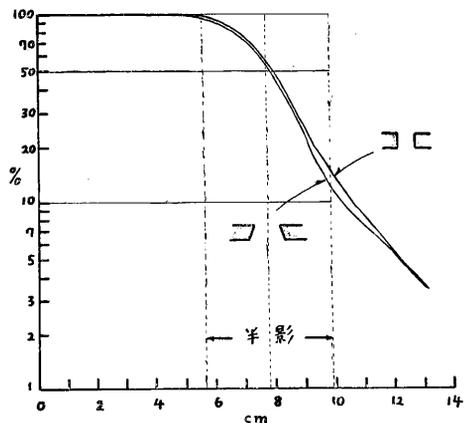
円分布なら、

$$R_2(l, x) = \frac{2Q\Gamma}{2c^2l} \int_0^\theta e^{-\Sigma\mu S} \sqrt{1-(l\theta-x)^2} d\theta$$

S=S(l, x, θ) は γ 線の絞りをよぎる長さで、これは函数形から θ の適当な区間に分類される。S が θ の函数である区間では上の積分は解けないから、梯形則によ



第1図 線源の形による空気中線量分布の相違
線源からの距離 75cm



第2図 絞りの形によるファントム内線量分布の相違
SSD 65cm, field 10×10, 10cm depth

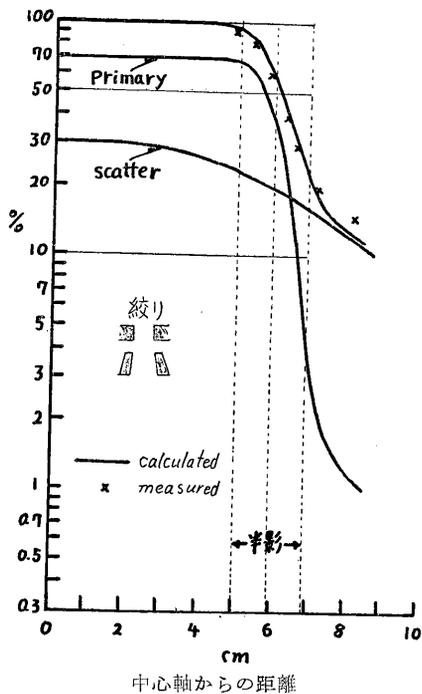
る数値積分を行なった。このとき積分の精度として積分領域の区分数が問題となるが、3区分としたときの誤差は3%ないしそれ以下であった。また全積分領域は先のRI-107型の絞りの構造では最大5区間に分類されたが、このうち絞りをできるだけよぎらないでくることができる区間—つまり最も効果的に効く2(ないし3)区間だけについて計算すれば十分で、あとは無視してきしつかないことがわかった。第1図は線源が一様分布、円分布の場合に、また絞りが角型、およびRI-107型のように角型と錐台型の組合せになっている場合について、空気中線量の分布を得た例である。

こうして得られた空気中分布に、中心軸線量がJohnsの深部線量のデータと一致するようにとった水の吸収の割合を乗じて、水ファントーム内の一次線の分布を得た。

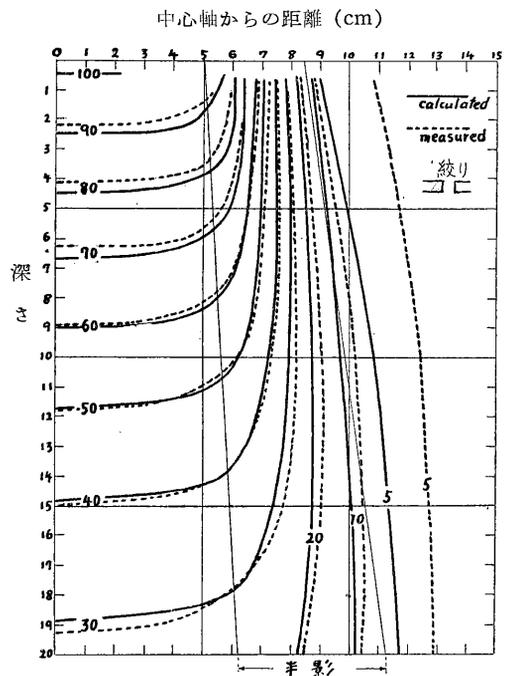
水中では、ほかに散乱線を考慮しなくてはならない。 γ 線は或る確率で、コンプトン散乱をうけて方向を変えるからである。上述のW. J. Meredithらは散乱線による線量をうる実験式を得ている。すなわち半径 r cmの円フィールドの中心での散乱線量 S は、水ファントーム表面空気中線量を基準にとると、

$$S = f(r) \\ = M[1 - 2rK_1(\lambda r)]$$

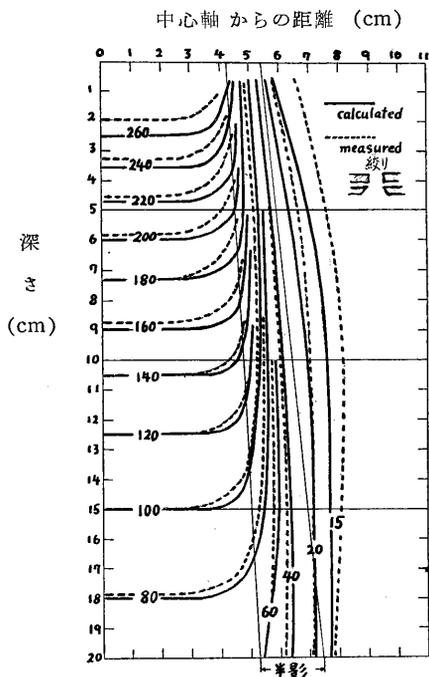
ここに K_1 は1次の第二種変形ベッセル函数である。 M 、 λ は放射線のエネルギーと表面からの深さによる定数で他の条件にはあまりよらない。Meredithらは、これらの定数をH. V. L. 8.0mm CuまでのX線について定めているが、 ^{60}Co γ 線の領域では得られていなかった。Johnsの100cm²照射野での中心軸散乱線量の値から定めた。この実験式をもとにフィールド内外のあらゆる点における散乱線量を得る式が導かれ、計算に便利な図表が作られているから、散乱線量の分布は容易に得られた。Meredithはエネルギーが高く照射野が大きいほどこの式は満足すべきものといっているが、 ^{60}Co γ 線にまで拡張してよいかは一応問題であった。しかし種々の照射条件の分布曲線群の傾向および実測値との比較から、憂うべき問題はなさそうに見える。第2図および第3図は一次線と散乱線を合成して線量分布を得たうちの一枚で、かけ印は実測値である。第4図、第5図は絞りが角型および角型と錐台型の組合せになっている場合の等線量曲線である。点線は実測によるものである。これらは円分布強度の棒状線源を仮定してなされた。計算と実測を比較してみると、まず半影外でのずれが目



第3図 ファントーム内の線量分布
SSD 60cm—15cm depth



第4図 線量分布の計算値と実測値の比較
SSD 65cm, field 10×10



第5図 線量分布の計算値と実測値の比較

SSD 60cm, 15cm depth で field size 10×10cm

つく。これは、絞りの吸収係数を大きくとりすぎたか、他端の絞りからの散乱線が省略されているためかであろう。実測ではフィールドの端で、曲線のまがりかやみであるか、線量計の大きさのために値がならされてしまったのではないかと思われる。中心軸線量の相異は3%程度である。計算の過程を分析すると少ない効果ではあるが、二、三の原因が考えられる。

〔研究発表〕

藤田裕子, 尾内能夫 (癌研); ^{60}Co γ 線遠隔照射線量分布の計算, 第20回日本医学放射線学会(1961年4月)

X 養 成 訓 練 業 務

1. 概 況

昭和34年度に第1回の防護課程を企画した際には2ヵ月の長期にわたるものだけに、果して応募者があるかどうか懸念されたが、結果は予想以上の反響をよぶ75名の応募者を得た。これは、この種の研修に相当の期待があったことを物語るものである。

本年度においては質量ともに拡張を計画したが、残念ながら予算的に前年度と同様の課程が2回認められたにすぎず、専任者も前年度のまま4名に釘づけされ、専任の部長もなかったことは極めて遺憾であった。しかし、本年度においては研究所全体としての activity が増し、また設備等の充実が行なわれたので、研修内容も拡充された。

第1回の経験を省みて、改善された諸点は次のとおりである。

- a) Self study の時間を毎水曜の午後にあてたこと。
これは研修生の自修にあてられるとともに講師の事故による休講の場合カリキュラムの再編成を容易にすることに役立っている。
 - b) 応募者の資格は、理科系の短大卒以上ということになっていたが、これを改め、文科系でも差支えないことにした。その結果文科系5名の応募者があり、内2名が受講した。
 - c) 実習講義の時間を新たにもうけるとともに実習時間の増加を行なった。
 - d) 講義内容を検討し、内容の充実を計った。
 - e) 第3回研修から、各課目分冊であったテキストを講義編と実習編に集録し、2冊にまとめて配布した、この種のテキストは未だ市場にないため、各方面から要望があり将来何らかの方法で公刊したいと考えている。
- 第1回の選考委員会は5名の委員で構成されたが、本年度からはさらに日本放射性同位元素協会と日本原子力産業会議から各1名、および所内から2部長を加え、所

長以下8名とし、選考の公正を期するとともに優秀な研修生が選考されるよう努力した。

2. 応 募 状 況

- (1) 実習期間 第2回昭和35年6月6日より
7月30日まで
第3回昭和35年10月3日より
11月29日まで

(2) 応募者数

応募者数は第2回47名、第3回53名、このうち計60名が受講と決定した。

なお、このうちには再応募者15名があり、うち14名は受講と決定した。

受講者を所属機関および専門別に分類すると、別表のとおりである。

3. 教材用映画の作成

昭和34年度に製作された教材用映画「放射線障害の予防シリーズ(その一)、環境の管理」全2巻は予想以上の好評を博し、借入れの要望が今日なお続く状態である。また、国際原子力機関およびセイロン国からの要望があったので、プリントを送付した。

本年度は前年度と同額の予算を得たので、昨年度同様養成訓練部が主務となって、各部課より選出された委員により、映画製作委員会を組織し内容についての検討が行なわれた。その結果、第二作は「放射性同位元素の安全取扱い」とすることになり、以来十数回にわたる綿密な検討を経て、シナリオが作成された。36年1月から新理研映画株式会社の手でクラクインし、4月13日に完成、試写会が行なわれた。

この映画は放射性同位元素を用いた化学実験や動物実験を安全に行なう方法について具体的に例示し、解説をしたもので、作業者が放射性同位元素に関する正しい認識と習慣を持つことの必要性を強調している。

第1表 研修生機関別および専門別一覽

(第2回)

(第3回)

出身校 所属機関	(第2回)					(第3回)					合計
	医 薬	農	理 工	文	計	医 薬	農	理 工	文	計	
官 庁	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	2
直轄機関	3	1	1	0	5	2	3	1	1	7	12
国立大学	4	1	2	0	7	2	0	2	0	4	11
公立大学	0	0	1	0	1	1	0	1	0	2	3
私立大学	0	0	3	0	3	1	0	1	0	2	5
公立機関	1	1	3	0	5	1	0	2	1	4	9
準公立機関	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2
民間	0	0	8	0	8	0	0	8	0	8	16
計	8	4	18	0	30	7	3	18	2	30	60
内 女子	1				1	1				1	2

第2表 研修生の地域別分布調

	東 京	神 奈 川	千 葉	埼 玉	茨 城	静 岡	奈 良	滋 賀	大 阪	兵 庫	鳥 取	岡 山	広 島	長 崎	福 岡	山 口	熊 本	宮 城	新 潟	富 山	石 川	秋 田	福 島	愛 知	札 幌	計	
1 回	17	1	2	1	1	1	1	1	1					1	1	1				1						1	30
2 回	15	1	4	1					1	1			3	1		1	1				1						30
3 回	10		1	1	2			3	1	1	2		2	1			1		1	1	1	1	1	1	1	1	30
計	42	2	7	4	4	1	1	3	3	1	1	5	1	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	90

XI 技 術 部

1. 技術業務

昭和35年度においては、昭和34年に完成したX線照射棟、第1γ線照射棟、第2γ線照射棟、病院の付属棟、ならびに研究棟共同実験室等諸施設内の機器の整備、実験用動植物の飼育、栽培および供給、研究用物品の修理工作、研究用消耗品の保管、配分を前年度に引続き行なうとともにベータートロン棟の整備をはじめ、ヴァン・ド・グラーフ棟、動物舎の設計を大体完了した。本年度完成予定であったベータートロン、ヒューマンカウンターは担当製作業者が鋭意努力したにもかかわらず、何分わが国最初の装置であり、仕様書決定後も種々の調査、実験を行ない、若干の仕様変更を余儀なくさせられた事情もあって、昭和36年度初期に完成の見込みである。

なお、変電所、ボイラー、機械室の運用を本年度より技術課にて行なうこととなった。また病院の開設に伴ない、停電による事故に万全の処置を期するため、非常用自家発電機の設置に着手し、昭和36年度初期に完成の予定である。

なお本年度技術課にてX線照射棟、第1γ線照射棟、中性子線照射棟において取扱った実験件数は下記の通りである。

X線照射棟	654件
第1γ線照射棟	141件
中性子線照射棟	33件

技術課飼育栽培係において、各研究部に供給した動物の種類ならびに数は、大体下記のとおりである。

マウス	3,000匹
ラット	810匹
モルモット	160匹
ウサギ	50匹

2. 保健安全業務

放射線施設と研究体制の充実に伴ない、放射線の安全管理の業務は急速に増大してきた。

これに対処し、安全管理技術の質的向上を図るため、関係者の人的技術的向上および各種機器の整備を行なった。一方、所内における放射線障害の予防に関する審議機関として、放射線安全会議の発足をみ、放射線障害予

防規定をはじめ各種の取扱基準の審議などを行なってきたが、その一部はすでに実施され、所内における放射線障害の防止の万全を期している。

1) 放射線の安全管理

RI棟の完成に引続き、内部設備の整備を行なっていたが、35年7月に一応その整備を終えたので使用を開始した。これに伴ない従来東京大学、国立予防衛生研究所等の所外の研究機関で分散して行なっていたRI関係の研究も漸次RI実験棟に移った。

RI棟の整備とともに廃棄物処理棟も整備され、放射線施設としては、RI実験棟、X線照射棟、第1γ線照射棟、第2γ線照射棟、中性子線照射棟および廃棄物処理棟の6棟となった。したがって、これら各施設に出入する者についての放射線障害防止上の管理業務も活発となり、フィルムバッジおよびポケット線量計による個人被曝の管理、各施設の放射線量率の測定、管理区域の設定および防護用機器の整備等を行ない、放射線障害防止の万全を期している。特に、個人被曝の管理については、35年度中、延2,370名について、フィルムバッジサービスを行なったが、許容線量以上の被曝者は生じなかった。

なお、従来所外に依頼していたフィルムバッジの現象測定を所内において行なうため、その設備の整備を行なっていたが、その完成をみたので35年度においては、所内において一貫したフィルムバッジサービスを行なう予定である。

2) 廃棄物処理施設について

(1) 廃棄物処理施設の概要

放射性廃棄物処理施設としては、低レベル放射性廃液 ($10^{-5} \sim 10^{-6} \mu\text{c/ml}$) 処理施設、中レベル放射性廃液 ($10^{-3} \sim 10^{-5} \mu\text{c/ml}$) 処理施設、および放射性し尿処理施設の三つが現在設けられている。

所内の放射性同位元素使用施設からの廃液は、放射性物質の濃度により区別された配管を経て専用の貯留槽に送られる。貯留槽内の廃液はその放射性物質濃度について測定されたのち、先に述べた施設のいずれかで処理される。なお、廃液中の放射性物質濃度が法定許容濃度を下回る場合には、未処理のまま環境に放出される。

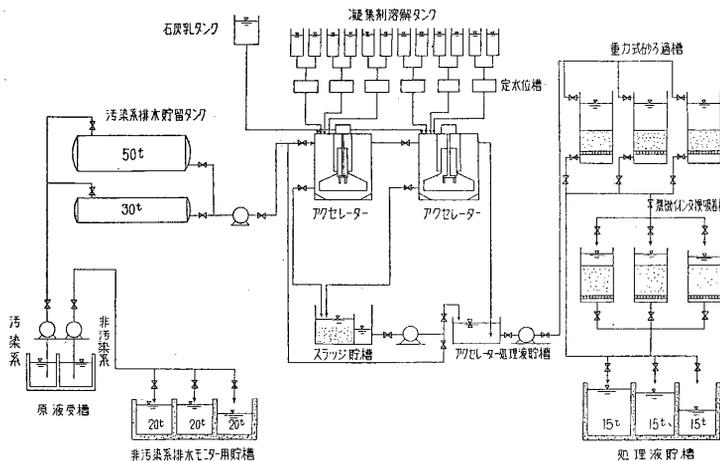
低レベル廃液処理施設は現在稼働中であるが、中レベル廃液処理施設およびし尿処理施設は昭和36年度からそ

れぞれ稼働の予定である。

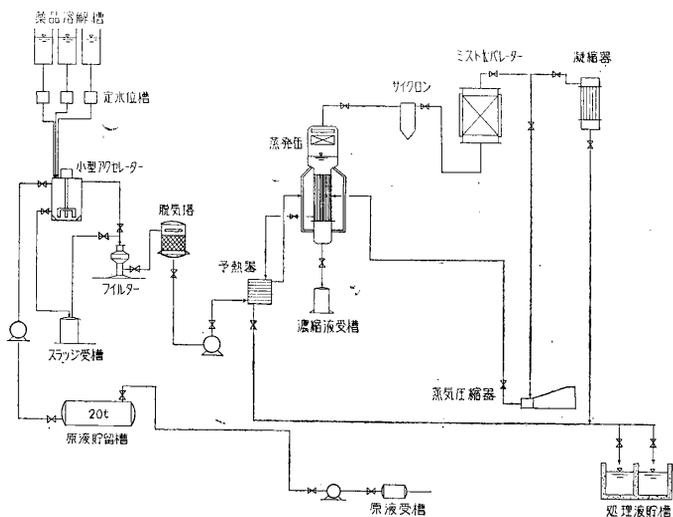
(2) 低レベル放射性廃液処理施設

所内の放射性同位元素使用施設から排出される低レベル放射性廃液は、貯留槽に送られ放射性物質濃度が処理を要するほど大きな場合には、一基の貯留槽を単位として低レベル放射性廃液処理施設に送られる。この施設はアクセレーター、砂ろ過槽、および無機イオン交換吸着槽から成り、廃液中の放射性物質を分離するための薬品を注入する装置が付属している。(第1図参照)

アクセレーター内では廃液と注入された薬品により化学反応を生じ、綿状の沈澱物(フロック)が形成される。



第 1 図



第 2 図

廃液中の放射性物質はフロックとして沈澱し、放射性物質と放射性物質をほとんど含まぬ上澄液に分離する。上澄液はさらに砂ろ過槽に送られ、微細な沈澱物が除かれる。処理能力は1基で2t/時である。一般には砂ろ過槽までの処理で十分に目的が達成されるが、砂ろ過槽までの処理のみでは所定の許容濃度まで放射性物質を除去することができぬときには、ろ過液をさらに無機イオン交換吸着槽に送り、残っている放射性物質を除去する。

外国では放射性廃液の処理にアクセレーターを使用している例がみられ、注目すべき成果も報告されているが、当所における稼働の結果からしてもアクセレーター

による放射性廃液処理の経済性、放射性物質の除去効果については優れた点を認めることができた。なおわが国において放射性廃液処理にアクセレーターを使用したのは当所が最初である。

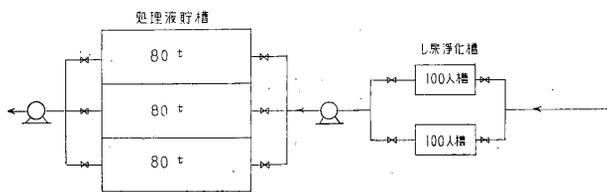
(3) 中レベル放射性廃液処理施設

中レベル放射性廃液はアクセレーターによる処理が適当ではないため、専用の貯槽から蒸発濃縮装置に送られる。この装置は最終処分を必要とする廃棄物の量を少なくする目的で建設され、pHの調整および一部固形分の除去を目的とする小型アクセレーターと真空ろ過装置、廃液中のガスを除去する脱気装置から成る前処理装置、蒸発缶、蒸気処理装置、蒸気圧縮器、その他から成る。(第2図参照)

この装置は蒸発により発生した蒸気を圧縮して蒸気温度を高め、蒸発缶に送り蒸発の熱源とする型のもので、放射性廃液の処理に用いられたのはわが国では当所が最初である。処理能力は0.5t/時であり、熱経済の面で特異性が認められている。

(4) 放射性し尿処理施設

治療、診断の目的で放射性同位元素を投与された入院患者から排泄されるし尿は、浄化槽で処理されたのち処理液貯槽に送られる。処理液貯槽では、流入液が放流可能な濃度にいたるまで、放射能が減衰されたのち放流される。(第3図参照)



第 3 図

この施設は34床の入院患者に対する容量を有し、放射性し尿処理施設としては、わが国において最初のものである。

(5) 液体以外の放射性廃棄物の処理

所内の施設から排出される放射性の固体廃棄物、動物屍体、かゆ状廃棄物および特殊な廃液は、現在、廃棄物処理機関に処理を依頼している。

(6) 昭和35年度の廃棄物処理状況

昭和35年度においては約 810 t の放射性廃液が貯留槽に送られ、290 t の廃液についてアクセレーターによる処理を行なった。この期間の平均放射性物質除去率は約 80%となっている。

3. 放射能検査業務

放射能検査課は4月23日、新たに設置され、放射能検査関係業務を所掌することとなったが、行政機関職員定

員法の改正が12月に行なわれたため、当初わずかに課長に当時の保健安全課長の併任が発令されたのみで職員の充員が行なわれず、また検査室も建設中であったため、最少限度の庶務的事項を行なったのみに止まった。しかし、その業務の一環となる放射能調査は、従前どおり環境衛生研究部および化学研究部において行なわれた。

昭和36年にはいつから急速に充員が行なわれるようになり、3月には人選もすみ、また病院棟北側の検査室も完成し、機械器具の整備、検査計画の立案も進み、業務開始の第一歩をふみ出すまでになった。

放射能検査課は現在行なわれているフォールアウトの影響による米麦等の放射能調査のほか、今後ますます増加する原子力関係の施設に重点をおき、緊急事故時の対策のため、従業員の内汚染の検査および施設からの廃水の検査にそなえ、水、人尿、食料品等のなかに含まれる放射性核種の定量を行なうこととし、第一段階として緊急度の高い核種から順次分析方法を確立するとともに、職員の技術向上をはかり、将来国内における放射能分析技術の中心的役割を行なうことができることを目標に努力している。

このため、35年度末には ^{90}Sr 、 ^{131}I および U について分析方法の検討と、職員の研修の準備を開始した。

XII 予算および決算

1. 昭和 35 年度予算の概要

昭和 35 年度放医研歳出予算総額は 702,119千円が計上され、前年度予算総額 583,187千円に比し、金額にして 118,932千円、比率にして 20%の増となり、建設 4 年度において最高の上昇率を示すに至った。

放医研発足以来の予算総額は累計 1,998,212千円となり、うち建設費は全体の 47% 約 985,000千円、試験研究用機械器具購入費は 32% 約 642,000千円を占める。

昭和 35 年度予算の主要なる特色は、

- (1) 前年度完成した R I 棟などの研究施設、すでに購入済の試験研究用機械器具を使用する本格的な研究体制をさらに推進させるための研究者その他の職員の充足、研究用機械器具のより一層の整備をはかり、
 - (2) 前年度国庫債務負担行為として計上された病院棟 (140,000千円) およびヴァン・ド・グラーフ棟ならびに動物舎等の研究施設の建設を続行し、
 - (3) 病院棟の年度内完成により、36 年 1 月から診療を開始するための病院運営費が、入院・外来患者収入 2,349 千円とともに、病床数を 36 年度目標を 100 床とし、35 年度において 50 床とし、これに必要な 3 ヶ月予算が計上され、
 - (4) 東海支所の完成による運営経費がみこまれ、
 - (5) 34 年度にその第 1 回の課程を開設した放射線に関する技術者の養成訓練事業が、35 年度において放射線防護課程 2 回を実施し、逐次拡大強化の方向に緒をひらいたこと、
- などである。

以下若干予算の詳細について述べる。

- (1) 予算の明細……第 1 表のとおり。なおこの表には放医研の直接の予算のほか、別途科学技術庁において計上される放射能調査費のうち放医研の必要経費 11,654千円を含む。
- (2) 組織および定員
組織については技術部 (技術課・保健安全課・放射能検査課) および病院部 (事務課・医務課・検査課・総看護婦長付) が設置され、職員定数について

64人の新規増員が認められたが、その内訳は下表のとおりである。

区 分	新 規	既 定	計
行 政 職 (←)	16人	56人	72人
行 政 職 (→)	5	26	31
研 究 職	19	81	100
医 療 職 (←)	5	0	5
医 療 職 (→)	4	0	4
医 療 職 (≡)	13	0	13
常 勤 職 員	2	2	4
計	64人	165人	229人

(3) 研究費 282,078千円

研究用庁費は前年度同様 1 人当たり年間 365千円、試験研究用機械器具購入費は東海支所の 19,883 千円を含め、総計 248,771千円が計上され、ヴァン・ド・グラーフ、マススペクトロメーター、X線用エネルギー分析器、電子スピン共鳴吸収装置、分析用超速心機等の機器類が含まれる。

(4) 建設費

予算の詳細は次のとおりであり、契約の内容は第 4 表のとおりである。35 年度において建築の完成をみるに至らず、次年度に繰越したヴァン・ド・グラーフ棟および動物舎の建築を除き、病院、廃棄物処理棟および前年度繰越の東海支所の建築を完了した。

a) 研究所施設費

1. ヴァン・ド・グラーフ棟 120 坪 18,507千円
 2. 動物舎 80 坪 6,130千円
 3. 病院関係施設費 155,430千円
- 内 訳
- イ. 国庫債務負担行為現金化分 (98,000千円)
 - ロ. 病院内機械設備関係 (55,726千円)
 - ハ. 看護婦宿舎 (13人) 48 坪 (1,704千円)
4. 廃棄物処理施設費 31,084千円

第 1 表 昭 和 35 年 度 歳 出 予

科 目	歳 出	前 年 度	流 用 等	歳 出	支 出
	予 算 額	繰 越 額	増 △ 減 額	予 算 現 額	(支出官払) 支 出 済 額
	円	円	円	円	円
放射線医学総合研究所	702,119,000	160,454,300	△ 1,624,000	862,573,300	294,557,444
職 員 俸 給	48,170,000	—	—	46,546,000	—
扶 養 手 当	2,340,000	—	—	2,340,000	—
暫 定 手 当	4,340,000	—	—	4,340,000	—
職 員 諸 手 当	2,968,000	—	—	2,968,000	—
職 員 特 別 手 当	13,002,000	—	1,624,000	13,002,000	—
超 過 勤 務 手 当	4,582,000	—	—	4,582,000	—
常 勤 職 員 給 与	567,000	—	—	2,191,000	—
非 常 勤 職 員 手 当	199,000	—	—	199,000	—
諸 謝 金	94,000	—	—	94,000	—
職 員 旅 費	(※ 926,000) 2,358,000	※ 102,000	—	2,460,000	—
試 験 研 究 旅 費	918,000	—	—	918,000	—
講 師 旅 費	32,000	—	—	32,000	—
庁 費	(※ 1,394,000) 57,944,000	※ 116,000	—	58,060,000	15,260,746
放射線医学試験研究費	248,771,000	105,629,000	—	354,400,000	217,970,277
患 者 用 品 費	1,462,000	—	—	1,462,000	632,000
医 療 費	2,182,000	—	—	2,182,000	—
患 者 食 糧 費	229,000	—	—	229,000	—
医 療 機 器 整 備 費	79,273,000	—	—	79,273,000	60,694,421
各 所 修 繕	593,000	—	—	593,000	—
研 究 所 施 設 費	※ 226,756,000	※ 54,607,300	—	※ 281,363,300	—
研 究 所 職 員 宿 舎 施 設 費	※ 5,066,000	—	—	※ 5,066,000	—
不 動 産 購 入 費	136,000	—	—	136,000	—
国 有 資 産 所 在 金	137,000	—	—	137,000	—
市 町 村 交 付 金					
放 射 能 調 査 費					
放 射 能 測 定 費	11,654,000	—	—	11,654,000	7,513,131
總 合 計	713,773,000	160,454,300	—	874,227,300	302,070,575

算 額 及 び 決 算 額 調

濟 歳 出 額		計	翌 年 度 へ 繰 越 額	残 額	備 考
(前渡資金官吏払) 支払済額	(関東地建支) (出委任分) 支出済額				
円	円	円	円	円	
148,867,585	264,098,746	707,523,775	139,674,284	15,375,241	※は関東地方建設局に支出委任額で()は内数
37,352,045	—	37,352,045	—	9,193,955	
1,456,861	—	1,456,861	—	883,139	
3,049,321	—	3,049,321	—	1,290,679	
2,300,437	—	2,300,437	—	667,563	
10,272,196	—	10,272,196	—	2,729,804	
4,243,360	—	4,243,360	—	338,640	
2,190,900	—	2,190,900	—	100	
198,000	—	198,000	—	1,000	
85,500	—	85,500	—	8,500	
1,431,923	※ 904,512	2,336,435	※ 123,400	(※ 88) 165	
917,980	—	917,980	—	20	
30,050	—	30,050	—	1,950	
41,289,237	※ 1,428,058	57,978,041	※ 81,900	(※ 42) 59	
30,497,604	—	248,467,881	105,931,984	135	
829,300	—	1,461,300	—	700	
2,179,961	—	2,179,961	—	2,039	
—	—	—	—	229,000	
9,677,872	—	70,372,293	8,900,000	707	
592,048	—	592,048	—	952	
—	※ 256,726,300	※ 256,726,300	※ 24,637,000	—	
—	※ 5,039,876	※ 5,039,876	—	※ 26,124	
136,000	—	136,000	—	—	
136,990	—	136,990	—	10	
4,140,803	—	11,653,934	—	66	
163,008,388	264,098,746	719,177,709	139,674,284	15,375,307	

- 内 訳
- イ. 増設物建築費 30坪 (2,216千円)
 - ロ. 特殊配管設備 (786千円)
 - ハ. 中レベル放射性廃液処理装置(22,417千円)
 - ニ. 放射性尿尿処理施設 (5,665千円)
 - 5. RI棟設備費 3,880千円
 - 6. 二回線受電工事費 8,798千円
 - 7. 舗装植樹等雑工作物費 2,927千円
 - b) 研究所職員宿舎施設整備費 5,066千円
 - 1. 1棟2戸建(20坪) 5棟
 - 2. 東海支所
 - 職員宿舎(12坪) 1戸
 - 研究員宿泊所(15坪) 1戸

(5) 付 表

年度別職員定数推移表	第2表
年度別科目別予算総表	第3表
契約工事調書	第4表

2. 昭和35年度決算の概要

決算の詳細は、第1表のとおりであるが、以下若干詳述する。

1. 人件費の残額が第1表に示すとおり比較的多かったのは、定員法が34年12月に至って成立したため、予算定員より約6ヵ月の差を生じたためである。
2. 患者食糧費全額が不用額になったが、これは病院の

建設が遅延し、遂に年度内に開設するに至らなかったのに原因する。

3. 試験研究費において、ヴァン・ド・グラーフ型加速器、陽イオン分析用電磁石質量分析計、万能シンセスキャンナー、および34年度から繰越したベータートロン購入に要する経費ならびに施設費において、ヴァン・ド・グラーフ棟、動物舎建築に要する経費24,842,300円がそれぞれの特殊事情によって次年度に繰越すの余儀なきに至った。

第2表 年度別職員定数推移表

区 分	昭 和 32年度	昭 和 33年度	昭 和 34年度	昭 和 35年度
計	40人	70人	163人	225人
行政職(一)	16	35	56	72
行政職(二)	4	4	26	31
研究職	20	31	81	100
医療職(一)				5
医療職(二)				4
医療職(三)				13
常勤職員			2人	4人

第 3 表

放射線医学総合研究所年度別、科目別予算総表

(単位 千円)

項 目	昭和 32 年度 予 算 額	昭和 33 年度 予 算 額	昭和 34 年度 予 算 額	昭和 35 年度 予 算 額	合 計
(項) 放射線医学総合研究所	(447,567) 143,571	(120,000) 569,335	(140,000) 583,187	702,090	(707,567) 1,998,183
2 職 員 俸 給	7,629	13,339	31,136	48,170	100,274
3 扶 養 手 当	309	607	1,644	2,340	4,900
3 暫 定 手 当	1,588	2,620	5,404	4,340	13,952
3 職 員 諸 手 当	367	1,241	2,485	2,968	7,061
3 職 員 特 別 手 当	1,747	3,535	8,517	13,002	26,801
4 超 過 勤 務 手 当	601	1,200	2,513	4,582	8,896
5 非 常 勤 職 員 給 与	0	0	273	199	472
5 常 勤 職 員 給 与	0	0	278	538	816
6 諸 謝 金	0	0	43	94	137
8 職 員 旅 費	278	1,042	1,842	2,358	5,520
8 赴 任 旅 費	60	0	0	0	60
8 試 験 研 究 旅 費	0	523	744	918	2,185
8 講 師 旅 費	0	0	16	32	48
9 庁 費	5,030	13,400	39,322	57,944	115,696
9 旅 射 線 医 学 試 験 研 究 費	(39,050) 43,765	90,210	259,096	248,771	(39,050) 641,842
9 患 者 用 品 費	0	0	0	1,462	1,462
9 医 療 費	0	0	0	2,182	2,182
9 患 者 食 料 費	0	0	0	229	229
9 医 療 機 械 器 具 整 備 費	0	0	0	79,273	79,273
9 各 所 修 繕 費	0	0	0	593	593
15 研 究 所 施 設 費	(408,517) 82,197	(120,000) 415,845	(140,000) 224,862	226,756	(668,517) 949,660
15 研 究 所 職 員 宿 舎 施 設 整 備 費	0	25,773	5,012	5,066	35,851
15 不 動 産 購 入 費	0	0	0	136	136
16 国 有 資 産 所 在 市 町 村 交 付 金	0	0	0	137	137
(項) 放 射 能 調 査 費	0	0	14,196	11,654	25,850
9 庁 費	0	0	14,196	11,654	25,850
合 計	(447,567) 143,571	(120,000) 569,335	(140,000) 597,383	713,744	(707,567) 2,024,033

(註) 括弧内は国庫債務負担行為を示す

第4表 契約工事調書

工 事 名	工 事 内 容	契 約 金 額	工 期	請 負 者
放射線医学総合研究所 第12回(病院)建築工事	新築RC-4 4,612,596m ²	112,861,000	35. 3. 18 36. 1. 20	大成建設(株)
電灯設備其他上電気工事	電灯設備1式 電力配線設備1式 構内配電線路1式	13,908,500	35. 3. 31 35. 11. 15	(株)弘電社
第13回(病院)電話設備其他上電気工事	電話設備1式 火災報知設備1式 電氣時計設備1式 インタホン1式	4,607,000	35. 4. 1 36. 1. 20	三和電気(株)
第7回(病院)衛生その他上工事	衛生器具設備1式 給排水設備1式 排湯設備1式 給排水設備1式 消火設備1式 暖房設備1式	22,132,000	35. 4. 1 35. 11. 15	岩田商会
第6回(瓦)上工事	配管設備1式	822,300	35. 4. 1 35. 11. 15	東京瓦斯(株)
病院昇降機設備工事	昇降機設備1式	9,250,000	35. 6. 23 35. 12. 25	三菱電機(株)
第14回(発電設備)其他上電気工事	発電設備1式 変電設備1式	11,500,000	35. 8. 11 36. 3. 30	(株)弘電社
第18回(病院)電話設備其他上電気工事	構内線路1式	1,890,000	35. 12. 6 36. 3. 30	東洋電機通信工業
第5回(病院)空気調整設備其他上工事	空気調整設備1式 換気設備1式 冷却設備1式 酸素笑気吸引配管設備1式	2,784,000	35. 8. 20 35. 12. 1	斎藤省三商店
第14回(看護婦宿舎)建築工事	新築RC-2 152.22m ²	2,784,000	35. 8. 22 36. 1. 31	大成建設(株)
第16回(看護婦宿舎)電気工事	電灯設備1式	85,000	35. 9. 21 35. 12. 25	(株)弘電社
東海支所宿舎建築其他上	新築BD-1 97.20m ² 給排水設備1式 排水設備1式 排電燈設備1式 衛生器具設備1式 井戸堀1式	1,340,000 25,000	35. 9. 1 35. 11. 30 36. 3. 28 36. 3. 30	株木建設(株) 株木建設(株)
東海支所建築其他上工事	新築RC-2 635.06m ² 排水設備1式 給排水設備1式 汚水廃液プール	15,925,000	35. 6. 8 35. 12. 5	株木建設(株)
東海支所電気工事	電灯設備1式 電力配線設備1式 変電設備1式 構内配電線路1式	3,318,000	35. 9. 20 35. 11. 30	関東電工

工 事 名	工 事 内 容	契 約 金 額	工 期	請 負 者
放射線医学総合研究所 東海支所暖房其他工事	給排水設備 1 式 排水設備 1 式 暖房設備 1 式 空調設備 1 式	9,740,000	35. 7. 14 36. 1. 30	暁建設(株)
同 上 第13回(ベータートロン棟)建築工事	新築RC-2 439,965m ²	14,200,000	35. 7. 16 35. 12. 15	大成建設(株)
同 上 第15回(ベータートロン棟)電気工事	電力配線設備 1 式 内配線設備 1 式 変電設備 1 式 火災報知機 1 式 電気時計 1 式	3,331,000	35. 8. 13 35. 12. 15	(株)弘電社
第4回(ベータートロン棟) 暖房其他工事	暖房設備 1 式 衛生器具設備 1 式 給排水設備 1 式	2,383,000	35. 9. 21 35. 12. 25	岩田商会
同 上 第7回(ベータートロン棟)瓦斯工事	配管設備 1 式	36,300	35. 10. 4 35. 12. 25	東京ガス(株)
同 上 第15回(廃棄物処理棟)建築工事	RC-2 104,000m ²	2,448,500	35. 10. 11 36. 1. 30	大成建設(株)
同 上 第15回放射性廃液処理設備工事	廃棄物処理設備 1 式	30,365,000	35. 10. 4 36. 1. 30	桂原製作所
同 上 第17回(廃棄物処理棟)電気工事	電灯設備 1 式	74,700	35. 10. 11 36. 1. 30	(株)弘電社
同 上 廃棄物処理棟暖房工事	暖房設備 1 式	635,000	35. 10. 11 36. 1. 30	大島水道(株)
同 上 第16回(宿舎)建築其他工事	WB-1 220.1659m ² 電灯設備 1 式	2,965,000	36. 1. 25 36. 3. 30	大成建設(株)
同 上 第8回(宿舎)瓦斯工事	配管設備 1 式	273,200	36. 3. 23 36. 3. 30	東京瓦斯(株)
同 上 第8回(宿舎)衛生其他工事	衛生器具設備 1 式 給排水設備 1 式	430,000	36. 1. 28 36. 3. 30	大島水道(株)
同 上 引込線工事(2回線)	鉄引塔架線設路	700,000	35. 9. 21 36. 3. 30	東京電力(株)

XIII 図書および広報, その他

1. 図書業務

昭和35年度は研究員もほぼ充足して、各部の研究業務がようやく本格化してきたので、それにともなう図書、雑誌、資料類の利用者数および利用率も一段と上昇した。35年度は予算総額 3,920 千円で前年度に比し 3 割弱の増額となったとはいえ、研究上必須な資料である雑誌および雑誌バックナンバーの購入に予算の大半を割き、この面については不十分ながら一応必要をみたす程度には充足したが、和洋単行本類の保有量についてはなお目標に遠い現状にある。もちろん、これら不足の面は寄贈、交換等による必要文献の入手、外国文献の複写斡旋、他機関との図書、資料類の相互貸借、閲覧斡旋等により可能なかぎり補なうよう努力した。さらに図書目録、雑誌目録の発行等インフォメーションサービスを強化して現有資料類の十分な活用を期した。

なお、慶応義塾大学医学部北里記念医学図書館より、Radiology 他 3 種の雑誌のバックナンバー総計 1,104 冊の寄贈があったのをはじめとして、今年度は、国立東京第一病院、日本学術会議および所内研究員数名より図書、資料類若干の寄贈をうけた。

この年度に購入した雑誌は、バックナンバーは欧文 19 種、新刊は欧文 139 種で、詳細は巻末付録 220~222 頁所載のとおりであるが、国内雑誌は 11 種を購入した。また単行本は、本年度で発足以来のものを合わせて総数 1,445 冊、うち和書 873 冊、洋書 572 冊となる。

2. 出版

35年度における放医研の出版活動は種類にして 3 種、点数にして 14 点であった。

イ) 月刊 放医研ニュース、発行部数 毎月 1,500 部 自昭和35年 4 月 25 日、第 3 巻第 4 号、至昭和36年 3 月 25 日、第 4 巻第 3 号、B 5 判 8 頁 (ただし、第 3 巻第 4 号、第 6 号、第 7 号、第 11 号、第 4 巻第 1 号は 12 頁、第 3 巻第 8 号および第 4 巻第 3 号は 16 頁)

2) 年刊 放射線医学総合研究所年報 昭和34年度

発行部数 1,500 部 昭和36年 3 月 25 日発行 B 5 判 98 頁

3) 不定期刊 National Institute of Radiological Sciences. 1961 発行部数 2,000 部 昭和36年 3 月末日発行 B 5 変裁判表紙共 20 頁英文

以上のほか、放医研の所外協力団体「放射線影響協会」から「放医研/1960」(発行部数 3,000 部 昭和35年 12 月 25 日発行 B 5 変裁判表紙共 20 頁)が発行された。

3. 国連資料小委員会

昭和35年 1 月、第 7 回国際連合科学委員会がニューヨークで開催され、日本政府代表として塚本憲甫放医研所長が、また、代表代理として田島英三(立大教授・放医研参与)および松山義夫(東大教授)、三宅泰雄(東大教授)の諸氏がそれぞれ参加したが、この会議の結果、35年 9 月 19 日から 30 日まで、1) 遺伝の問題、2) ^{14}C の問題を主要議題とし、そのほか 62 年報告の構想等についてジュネーブで開催される第 8 回国連科学委員会に提出するため、国連加盟国は「放射線による影響」に関する資料をとりまとめた上、5 月中旬までに国連事務局に送付することとなった。

この資料のとりまとめに関して、日本学術会議放射線影響調査特別委員会および原子力委員会放射能調査専門部会は合同で国連資料小委員会をつくり、わが国で行なわれた調査研究の結果のうち、国連科学委員会の目的にそつものをでき得る限り広くとりあげ、その編さんならびに出版などについて努力することとなった。

すなわち、昭和35年 2 月 29 日、第 1 回の班長会議を開催した同小委員会は、委員長として塚本所長が主宰し、別表のごとく構成され、各班ごとに 4 月一杯を目標として資料の収集、調整に努力した。

かくして、第 1 回提出資料の取りまとめは予定通り進捗し、26 件に達した。5 月 20 日、外務省国際連合局科学課に搬入されたこれらの資料は、日本国提出資料として第 8 回国連科学委員会に提出のため、ただちに国連事務局に送付された。

上記資料のうち、当所関係者分は次のごとくである。

渡辺博信, 山下幹雄; The Residence Time in the Atmosphere of the Debris from Atomic Test Explosions.

伊沢正実, 坪田博行ほか; Cesium-137 and Strontium 90 in Fallout Deposits.

樫田義彦ほか, Radio-active Contamination of Marine Products in Japan—Radio-nuclides found in Lives of Tunas from the Pacific in 1958.

市川龍資ほか; Radio-active Contamination of Marine Products in Japan—⁹⁰Sr in Marine Organisms in Japan

このたびの提出資料に含まれなかった資料は、上記科学委員会に出席した日本政府代表により information として持参されたが、第1回資料の取りまとめまでを一応の目標とした国連資料小委員会は、5月27日開催された原子力委員会放射能調査専門部会においてその報告を行なった際、なお引きつづいてその活動を行なうことが決定され、科学委員会の62年報告作製のため資料を収集し提出することとなった。

国連科学委員会は、上述の第8回にひきつづき、第9回を昭和36年3月13日から24日まで同じくジュネーブで開催したが、会議は、1) 62年報告のための各専門部会による資料の討議、2) 核実験以外の被曝源(医療用被曝線量、放射性廃棄物処理、自然の被曝線量)、3) 放射線生物学の基礎的諸問題、4) 被曝線量の調査と身体的影響に関する諸問題等の専門的議題のほか、科学委員会の62年総括報告の計画をさらに討議した。

この会議に先立ち、日本代表団としても見解の統一と裏づけとなる資料の収集をはかったが、36年2月17日第5回国連資料小委員会を医学書院において、さらに3月3日第6回を日本放射性同位元素協会において開催し、特に放射性核種の降下機構、蓄積量を議題として各試験研究機関の関係者を招聘し、資料の検討と討議を行なった。これにより、核実験による放射性核種の影響について、国際的にも評価の分れていた降下量に比例するとする立場と蓄積量に依存するとする立場について、かねて関係方面より強調されていた日本としての見解を固め放射性降下物の影響については蓄積量を重視する立場が支持された。

従来の資料の収集から一歩すすんで、影響の評価という段階に入って、国連科学委員会の動向がますます注目される折柄、国連資料小委員会も、アジアにおけるわが国の立場から、その活動が大いに期待され、多大の評価

をうけた。

国連資料小委員会委員名簿 (ABC順)

所 属	氏 名	分 担 業 務
東京大学農学部	桧山 義夫	Food chain 班長
東京大学医学部	宮川 正	Medical use 班長
東京教育大学理学部	三宅 泰雄	Fall out 班長
都立大学理学部	森脇大五郎	Genetics 班
立教大学理学部	村地 孝一	Genetics 班長
気象庁観測部	大田 正次	Fall out 班
東京大学理学部	斎藤 信房	Fall out 班 Food chain 班
立教大学理学部	田島 英三	Dosimetry 班長
放射線医学総合研究所	塚本 憲甫	Low dose Biological 班長
日本赤十字病院	都築 正男	Low dose Medical 班長

4. 厚 放 研 連

厚生省付属機関と放射線医学総合研究所の研究者相互の理解と協力の場として発足した厚生省付属機関—放射線医学総合研究所研究者連絡会は、昨34年8月、放医研で第1回を開催して以来順次厚生省付属機関で開催し、主として放射能調査についてその問題を討議研究してきたが、35年度はその第3回より第10回までの計5回を、厚生省付属機関厚生省および科学技術庁で開催した。

会議には従来、厚生省側から公衆衛生院、栄養研究所、予防衛生研究所、衛生試験所、東京第一病院、東京第二病院等国立試験研究機関の研究者、および科学技術参事官室、公衆衛生局、医務局、業務局等の各担当者、原子力局からアイソトープ課、放射線安全課の関係者、放医研側からは関係研究者が毎回多数出席したが、本年度は放医研病院の開院をひかえて、厚生省側との連絡協議事項も多く、したがって議題を、前述の放射能調査関係のみにとどめず、適宜関係者の出席を得て、ひろく一般課題に発展させた。

本年度の連絡会において討議の中心となり話題となったものは、要約すれば「放射能調査の在り方」と「放射線の医学的利用」の二点であろう。すなわち、放射能調査に関しては、すでに核爆発実験中止後久しく、フォールアウトについては一応の目安のついた今日、問題はむしろ、近時めざましい進展を示した原子力産業に付随す

る環境汚染の点にあり、この面の調査研究こそ今後の方向であるとされ、特に緊急時対策の問題は、当連絡会のメンバーが事故発生時には直接の担当者となる関係上、担当分野、体制等について熱心に討議を重ねた。

一方、放射線の医学的利用の問題は、在来の厚生省付属機関はもちろん、計画されている国立ガンセンターとの関連から、放医研病院での業務内容、研究課題等について懇談が行なわれ、協力について話し合いがなされた。

35年度中に行なわれた厚放研連の開催月日と開催場所ならびに議題を示すと以下のとおりである。

第6回 昭和35年5月27日 国立栄養研究所

〔議題〕

1. 36年度放射能調査の基本的考え方および具体案
2. 国立栄養研究所の紹介

第7回 昭和35年6月24日 国立予防衛生研究所

〔議題〕

1. 「放射能調査 各省連絡会議の報告」
原子力局アイソトープ課 山本 孜
2. 「国立予防衛生研究所の紹介」国立予防衛生研究所 江頭靖之

第8回 昭和35年9月2日 放射線医学総合研究所

〔議題〕

1. 「放射線の医学的利用」放射線医学総合研究所臨床研究部 田中 茂
2. 「ガン・センターの構想」厚生省医務局国立病院課 鈴木千代吉
3. 映画「環境の管理」放射線医学総合研究所製作

第9回 昭和35年11月7日 厚生省

〔議題〕

「厚生省における放射線関係行政の現状と問題点」
厚生省科学技術参事官 大熊治一、公衆衛生局 村中俊明、医務局 浦田純一、薬務局 浦久保五郎

第10回 昭和36年2月17日 科学技術庁

〔議題〕

「緊急時対策の問題点」立教大学理学部教授 田島英三、原子力局アイソトープ課長 鈴木嘉一、原子力局放射線安全課長 亙理信一、放射線医学総合研究所障害基礎研究部長 江藤秀雄

付 録

1. 放射線医学総合研究所組織規則
2. 放射線医学総合研究所事務分掌規程
3. 顧問名簿
4. 職員名簿
5. 昭和35年度職員海外出張一覧
6. 昭和35年度人事異動表
7. 昭和35年度退職および転出者名簿
8. 昭和35年度研究生名簿
9. 職員研究発表一覧
10. 職員著書その他一覧
11. 第2回放射線防護短期課程講師名簿
12. 第3回放射線防護短期課程講師名簿
13. 第2回放射線防護短期課程研修生名簿
14. 第3回放射線防護短期課程研修生名簿
15. 昭和35年度購入雑誌バックナンバー目録
16. 昭和35年度購入外国雑誌目録
17. 海外関係機関よりの寄贈文献資料目録
18. 放射線医学総合研究所組織英文呼称
19. 放射線医学総合研究所日誌

1. 放射線医学総合研究所組織規則

(昭和32年6月29日
総理府令第39号)

改正 昭和33年12月27日 総理府令第89号
昭和34年3月31日 総理府令第17号
昭和34年7月1日 総理府令第43号
昭和35年4月23日 総理府令第22号

放射線医学総合研究所の内部組織を定める政令(昭和32年政令第166号)第3条の規定に基き、放射線医学総合研究所組織規則を次のように定める。

放射線医学総合研究所組織規則

第1条 放射線医学総合研究所に、次の11部を置く。

管理部

物理研究部

化学研究部

生物研究部

生理病理研究部

障害基礎研究部

環境衛生研究部

臨床研究部

技術部

養成訓練部

病院部

第2条 管理部に、次の3課を置く

庶務課

会計課

企画課

第3条 管理部庶務課においては、次の業務をつかさどる。

- 1 機密に関すること。
- 2 人事に関すること。
- 3 所長の官印及び所印の保管に関すること。
- 4 公文書類の接受、発送、編集及び保存に関すること。
- 5 職員の福利厚生に関すること。
- 6 前各号に掲げるもののほか、他部及び他課の所掌に属しない業務に関すること。

第4条 管理部会計課においては、次の業務をつかさどる。

- 1 予算、決算及び会計並びに会計の監査に関すること。
- 2 行政財産及び物品の管理に関すること。
- 3 営繕に関すること。

第5条 管理部企画課においては、次の業務をつかさどる。

- 1 調査研究の総合調整及び企画に関すること。
- 2 文献及び資料の調査、収集、編集、刊行及び保管に関すること。
- 3 国際機関に提出する資料の作成に必要な調査を行うこと。
- 4 統計の製表、解析及び編集に関すること。

第6条 物理研究部においては、次の業務をつかさどる。

- 1 放射線からの人体の防護に関する調査研究に関すること。
- 2 人体及び生物に対する放射線の測定に関する調査研究に関すること。
- 3 人体及び生物に対する放射線の照射に関する調査研究に関すること。

第7条 化学研究部においては、次の業務をつかさどる。

- 1 放射線の作用に関する化学的調査研究に関すること。
- 2 放射線の作用に関する生化学的調査研究に関すること。
- 3 放射性物質の分析等に関する調査研究に関すること。

第7条の2 生物研究部においては、次の業務をつかさどる。

- 1 放射線の作用に関する生物学的調査研究に関すること。
- 2 放射線の作用に関する生物物理学的調査研究に関すること。
- 3 放射線の遺伝線量に関する調査研究に関すること。
- 4 放射線による突然変異の生物集団に及ぼす影響に関する調査研究に関すること。

第7条の3 生理病理研究部においては、次の業務をつかさどる。

- 1 人体に及ぼす放射線の影響に関する生理学的調査研究に関すること。

2 人体に及ぼす放射線の影響に関する病理学的調査研究に関すること。

第8条 障害基礎研究部においては、次の業務をつかさどる。

- 1 放射線による人体の障害に関する基礎的な調査研究に関すること。
- 2 放射線の人体に対する許容量に関する調査研究に関すること。
- 3 放射線による人体の障害の予防及び早期発見に関する調査研究に関すること。
- 4 放射線による人体の障害の予防薬及び治療薬に関する薬学的調査研究に関すること。

第9条 環境衛生研究部においては、次の業務をつかさどる。

- 1 放射線の生活環境に及ぼす影響に関する調査研究に関すること。
- 2 放射線の職業環境に及ぼす影響に関する調査研究に関すること。
- 3 放射性物質による食品の汚染に関する調査研究に関すること。
- 4 放射性物質による汚染の除去に関する調査研究に関すること。

第10条 臨床研究部においては、次の業務をつかさどる。

- 1 放射線による人体の障害の診断に関する調査研究に関すること。
- 2 放射線による人体の障害の治療に関する調査研究に関すること。
- 3 放射線を利用する疾病の診断に関する調査研究に関すること。
- 4 放射線を利用する疾病の治療に関する調査研究に関すること。

第10条の2 技術部に、次の3課を置く。

技術課
保健安全課
放射能検査課

第10条の3 技術部技術課においては、次の業務をつかさどる。

- 1 共用実験施設（アイソトープ実験施設を除く。）の運用に関すること。
- 2 変電施設、ボイラー室及び機械室の運用に関すること。
- 3 研究用消耗品（アイソトープを除く。）の保管及び配分並びに研究用物品の工作及び修理を行なうこと。

と。

- 4 研究用動物の飼育及び研究用植物の栽培並びにこれらの配分を行なうこと。

第10条の4 技術部保健安全課においては、次の業務をつかさどる。

- 1 アイソトープ実験施設の運用に関すること。
- 2 アイソトープの保管及び配分を行なうこと。
- 3 機器、被服等のアイソトープによる汚染の除去及び放射性廃棄物の処理に関すること。
- 4 所内における放射線量率の測定その他放射線に関する安全管理に関すること。
- 5 職員の放射線に関する健康管理に関すること。

第10条の5 技術部放射能検査課においては、次の業務をつかさどる。

- 1 生活環境における放射能の検査に関すること。
- 2 汚染物質の放射能の検査に関すること。

第11条 養成訓練部においては次の業務をつかさどる。

- 1 養成訓練計画の樹立及びその実施に関すること。
- 2 教科書及び教材の作成に関すること。
- 3 受講生の入所、退所その他身分取扱に関すること。
- 4 受講生の宿泊に関すること。
- 5 前各号に掲げるもののほか、養成訓練に関すること。

第11条の2 病院部に、次の3課を置く。

事務課
医務課
検査課

第11条の3 病院部事務課においては、次の業務をつかさどる。

- 1 患者の受診及び入院退院の事務に関すること。
- 2 医療用消耗品及び給食用食品の管理及び配分に関すること。
- 3 診療記録の整理及び保管並びに医療に関する統計に関すること。

第11条の4 病院部医務課においては、次の業務をつかさどる。

- 1 診療に関すること。
- 2 入院患者の給食に関すること。
- 3 調剤及び製剤に関すること。

第11条の5 病院部検査課においては、生理学的検査、病理学的検査、化学的検査及び細菌学的検査に関する業務をつかさどる。

第12条 放射線医学総合研究所に、所長を置く。

2 所長は、所務を掌理し、所属職員を監督する。

第13条 放射線医学総合研究所の部に、部長、課に課長を置く。

2 部長は、所長の命を受け、部務を掌理する。

3 課長は、部長の命を受け、課務を掌理する。

第14条 病院部に、総看護婦長1名を置く。

2 総看護婦長は、部長の命を受け、看護に関する業務を掌理する。

第15条 放射線医学総合研究所に、支所を置く。

2 支所の名称及び位置は次の通りとする。

名 称	位 置
放射線医学総合研究所 東海支所	茨城県那珂郡東海村

3 支所に、支所長を置く。

4 支所長は、所長の命を受け、支所の業務を掌理する。

附 則

この府令は、公布の日から施行する。

2. 放射線医学総合研究所事務分掌規程

昭和34年7月17日
所長達第6号

改正

昭和35年7月19日
所長達第8号

(目的)

第1条 この規程は、科学技術庁事務分掌規程第23条の規定に基づき、放射線医学総合研究所の各部及び支所並びに各課の事務分掌について定めることを目的とする。

(庶務課)

第2条 管理部庶務課に、庶務係、人事係及び給与厚生係を置く。

2 庶務係においては、次の業務をつかさどる。

- (1) 機密に関すること。
- (2) 所長の官印および所印の保管に関すること。
- (3) 公文書類の接受、発送、編集及び保存に関すること。
- (4) 所内規程案、その他成案文書の審査及び進達に関すること。
- (5) 庁中の取締に関すること。
- (6) 課の庶務に関すること。
- (7) その他他部、他課及び課の他係の所掌に属しない業務に関すること。

3 人事係においては、職員の任免、給与、職階、懲戒、分限、服務、試験、その他の人事並びに教養及び訓練に関する業務をつかさどる。

4 給与厚生係においては、次の業務をつかさどる。

- (1) 職員の給与、旅費等の支払に関すること。
- (2) 職員の保健衛生、宿舍その他の福利厚生に関すること。
- (3) 共済組合に関すること。

(会計課)

第3条 管理部会計課に、予算係、契約係、物品係、営繕係及び経理係を置く。

2 予算係においては、次の業務をつかさどる。

- (1) 予算の編成及び実行計画に関すること。
- (2) 支出負担行為計画及び支払計画に関すること。
- (3) 支出負担行為の確認及び会計の監査に関するこ

と。

(4) 課の庶務に関すること。

(5) その他課の他係の所掌に属しない業務に関すること。

3 契約係においては、物品、役務等の契約に関する業務をつかさどる。

4 物品係においては、次の業務をつかさどる。

- (1) 物品の需給計画及び運用計画に関すること。
- (2) 物品の管理に関すること。

5 営繕係においては、国有財産の管理及び営繕に関する業務をつかさどる。

6 経理係においては、次の業務をつかさどる。

- (1) 物才入の調定及び収納に関すること。
- (2) 小切手の振出及び支払に関すること。
- (3) 才出才入の決算に関すること。
- (4) 債権の管理に関すること。
- (5) 計算証明に関すること。

(企画課)

第4条 管理部企画課に、企画係、調査係、統計係及び図書係を置く。

2 企画係においては、次の業務をつかさどる。

- (1) 調査研究の総合調整及び企画に関すること。
- (2) 各種会議、委員会等の運営に関すること。
- (3) 研究者の派遣及び受入の企画及び調整に関すること。
- (4) 課の庶務に関すること。
- (5) その他課の他係の所掌に属しない業務に関すること。

3 調査係においては、次の業務をつかさどる。

- (1) 文献及び資料の調査及び編集に関すること。
- (2) 文献及び資料の刊行並びに広報に関すること。
- (3) 国際機関に提出する資料の作成に必要な調査を行うこと。
- (4) 調査研究の委託の事務に関すること。
- (5) 技術相談に関すること。

4 統計係においては、次の業務をつかさどる。

- (1) 統計の製表、解析及び編集に関すること。
- (2) 統計原表の保管に関すること。

5 図書係においては、次の業務をつかさどる。

(1) 図書、文献及び資料の収集、整理、保管及び閲覧に関すること。

(2) 文献及び資料の複写及び記録写真の作成に関すること。

(物理研究部)

第5条 物理研究部に、物理第1研究室、物理第2研究室及び物理第3研究室を置く。

2 物理第1研究室においては、人体及び生物に対する放射線の測定に関する調査研究に関する業務をつかさどる。

3 物理第2研究室においては、人体及び生物に対する放射線の照射に関する調査研究に関する業務をつかさどる。

4 物理第3研究室においては、放射線からの人体の防護に関する調査研究に関する業務をつかさどる。

(化学研究部)

第6条 化学研究部に、化学第1研究室、化学第2研究室及び化学第3研究室を置く。

2 化学第1研究室においては、放射線の作用に関する化学的調査研究に関する業務をつかさどる。

3 化学第2研究室においては、放射線の作用に関する生化学的調査研究に関する業務をつかさどる。

4 化学第3研究室においては、放射性物質の分析等に関する調査研究に関する業務をつかさどる。

(生物研究部)

第7条 生物研究部に、生物第1研究室、生物第2研究室、遺伝第1研究室及び遺伝第2研究室を置く。

2 生物第1研究室においては、放射線の作用に関する生物学的調査研究に関する業務をつかさどる。

3 生物第2研究室においては、放射線の作用に関する生物物理学的調査研究に関する業務をつかさどる。

4 遺伝第1研究室においては、放射線の遺伝線量に関する調査研究に関する業務をつかさどる。

5 遺伝第2研究室においては、放射線による突然変異の生物集団に及ぼす影響に関する業務をつかさどる。

(生理病理研究部)

第8条 生理病理研究部に、生理学研究室、病理第1研究室及び病理第2研究室を置く。

2 生理学研究室においては、人体に及ぼす放射線の影響に関する生理学的調査研究に関する業務をつかさどる。

3 病理第1研究室においては、放射線による人体の正常組織の変化に関する病理学的調査研究に関する業務

をつかさどる。

4 病理第2研究室においては、放射線の医学的利用に関する病理学的調査研究に関する業務をつかさどる。

(障害基礎研究部)

第9条 障害基礎研究部に、障害基礎第1研究室、障害基礎第2研究室、障害基礎第3研究室、薬学第1研究室及び薬学第2研究室を置く。

2 障害基礎第1研究室においては、放射線による人体の障害に関する基礎的な調査研究に関する業務をつかさどる。

3 障害基礎第2研究室においては、放射線の人体に対する許容量に関する調査研究に関する業務をつかさどる。

4 障害基礎第3研究室においては、放射線による人体の障害の予防及び早期発見に関する調査研究に関する業務をつかさどる。

5 薬学第1研究室においては、放射線による人体の予防薬及び治療薬の合成及び抽出に関する調査研究に関する業務をつかさどる。

6 薬学第2研究室においては、放射線による人体の障害の予防薬及び治療薬の効果に関する調査研究に関する業務をつかさどる。

(環境衛生研究部)

第10条 環境衛生研究部に、環境衛生第1研究室、環境衛生第2研究室、環境衛生第3研究室及び環境衛生第4研究室を置く。

2 環境衛生第1研究室においては、放射線の生活環境に及ぼす影響に関する調査研究に関する業務をつかさどる。

3 環境衛生第2研究室においては、放射線の職業環境に及ぼす影響に関する調査研究に関する業務をつかさどる。

4 環境衛生第3研究室においては、放射性物質による食品の汚染に関する調査研究に関する業務をつかさどる。

5 環境衛生第4研究室においては、放射性物質による汚染の除去に関する調査研究に関する業務をつかさどる。

(臨床研究部)

第11条 臨床研究部に、臨床第1研究室、臨床第2研究室及び臨床第3研究室を置く。

2 臨床第1研究室においては、放射線による人体の障害の診断及び治療に関する調査研究に関する業務をつ

かさどる。

3 臨床第2研究室においては、放射線を利用する疾病の診断に関する調査研究に関する業務をつかさどる。

4 臨床第3研究室においては、放射線を利用する疾病の治療に関する調査研究に関する業務をつかさどる。

(技術課)

第12条 技術部技術課に、器材係、施設係及び飼育栽培係を置く。

2 器材係においては、次の業務をつかさどる。

(1) 研究用消耗品(アイソトープを除く。)の保管及び配分を行なうこと。

(2) 研究用物品の工作及び修理を行なうこと。

(3) 部の庶務に関すること。

(4) 課の庶務に関すること。

(5) その他課の他係の所掌に属しない業務に関すること。

3 施設係においては、次の業務をつかさどる。

(1) 共用実験施設(アイソトープ実験施設を除く。)の運用に関すること。

(2) 変電施設、ボイラー室及び機械室の運用に関すること。

4 飼育栽培係においては、次の業務をつかさどる。

(1) 研究用動物の飼育及び動物舎の運用に関すること。

(2) 研究用植物の栽培及び温室の運用に関すること。

(3) 研究用動物及び研究用植物の配分を行なうこと。

(保健安全課)

第13条 技術部保健安全課に、健康管理係、安全係及び汚染処理係を置く。

2 健康管理係においては、次の業務をつかさどる。

(1) 職員の放射線の被曝の管理に関すること。

(2) 職員の放射線に関する健康診断に関すること。

(3) その他職員の放射線に関する健康管理に関すること。

(4) 課の庶務に関すること。

(5) その他課の他係の所掌に属しない業務に関すること。

3 安全係においては、次の業務をつかさどる。

(1) アイソトープ実験施設の運用に関すること。

(2) アイソトープの保管及び配分を行なうこと。

(3) 所内における放射線量率の測定その他放射線に関する安全管理に関すること。

4 汚染処理係においては、次の業務をつかさどる。

(1) 機器、被服等のアイソトープによる汚染の除去に関すること。

(2) 放射性廃棄物の処理及び放射性廃棄物施設の運用に関すること。

(放射能検査課)

第14条 技術部放射能検査課に、放射能検査第1係及び放射能検査第2係を置く。

2 放射能検査第1係においては次の業務をつかさどる。

(1) 生活環境における放射能の検査に関すること。

(2) 課の庶務に関すること。

(3) その他課の他係の所掌に属しない業務に関すること。

3 放射能検査第2係においては、汚染物質の放射能及び放射線量の検査に関する業務をつかさどる。

(養成訓練部)

第15条 養成訓練部に、教務室及び指導室を置く。

2 教務室においては、次の業務をつかさどる。

(1) 教科書及び教材の作成に関すること。

(2) 受講生の入所、退所その他身分取扱に関すること。

(3) 受講生の宿泊に関すること。

(4) 部の庶務に関すること。

(5) その他部の他室の所掌に属しない業務に関すること。

3 指導室においては、次の業務をつかさどる。

(1) 養成訓練計画の樹立及びその実施に関すること。

(2) 養成訓練に関する調査研究に関すること。

(事務課)

第16条 病院部事務課に、庶務係、会計係及び医事係を置く。

2 庶務係においては、次の業務をつかさどる。

(1) 患者の受診の手続に関すること。

(2) 部の庶務に関すること。

(3) 課の庶務に関すること。

(4) その他課の他係の所掌に属しない業務に関すること。

3 会計係においては、次の業務をつかさどる。

(1) 医療用消耗品及び給食用食品の管理及び配分に関すること。

(2) 診療費の徴収に関すること。

4 医事係においては、次の業務をつかさどる。

(1) 患者の入退院の手続に関すること。

(2) 入退院患者名簿及び外来患者名簿の保管に関する

こと。

- (3) 患者診療費の算定事務に関すること。
- (4) 死体の保管及び解剖の手續に関すること。
- (5) 診療記録の整理及び保管並びに医療に関する統計に関すること。

(医務課)

第17条 病院部医務課に、栄養係を置く。

2 栄養係においては、次の業務をつかさどる。

- (1) 給食計画に関すること。
- (2) 食料品の調理に関すること。
- (3) 炊事場の管理に関すること。
- (4) 栄養指導に関すること。
- (5) 課の庶務に関すること。
- (6) その他課の他の所掌に属しない業務に関すること。

(検査課)

第18条 病院部検査課に、検査係を置く。

2 検査係においては、生理学的検査、病理学的検査、化学的検査及び細菌学的検査に関する業務をつかさどる。

(総看護婦長付)

第19条 病院部に、総看護婦長付を置く。

2 総看護婦長付においては、次の業務をつかさどる。

- (1) 患者の看護及び医師の診療の補助に関すること。
- (2) 病棟、外来診療棟、手術室及び中央材料室の運用に関すること。
- (3) 看護婦宿舎の運営に関すること。

(東海支所)

第20条 東海支所に、管理室及び研究室を置く。

2 管理室においては、次の業務をつかさどる。

- (1) 支所の器材及び施設の保管又は運用に関すること。
- (2) 支所の庶務に関すること。

3 研究室においては、各部(管理部、技術部、養成訓練部及び病院部を除く。)の業務のうち、原子炉施設を使用して行なう調査研究に関する業務をつかさどる。

(東京連絡所)

第21条 科学技術庁内に、東京連絡所を置く。

2 東京連絡所においては、放射線医学総合研究所の業務の連絡に関する業務をつかさどる。

(課長補佐)

第22条 各課に、課長補佐を置く。

2 課長補佐は、上司の命を受け、課の所掌事務につき

課長を補佐する。

(係長)

第23条 各係に、係長を置く。

2 係長は、上司の命を受け、係の所掌業務をつかさどる。

(研究室長)

第24条 各部(管理部、技術部、養成訓練部及び病院部を除く。)及び東海支所の研究室に、研究室長を置く。

2 研究室長は、上司の命を受け、研究室の所掌業務をつかさどる。

(主任研究官)

第25条 各部(管理部、技術部、養成訓練部及び病院部を除く。)に主任研究官を置く。

2 主任研究官は、上司の命を受け、特定の研究課題について研究の指導及び管理を行なう。

(室長)

第26条 養成訓練部の各室及び東海支所の管理室に、室長を置く。

2 室長は、上司の命を受け、室の所掌業務をつかさどる。

(医師)

第27条 病院部医務課に、医師を置く。

2 医師は、上司の命を受け、診療に関する所掌業務をつかさどる。

(薬剤師)

第28条 病院部医務課に、薬剤師を置く。

2 薬剤師は、上司の命を受け、調剤及び製剤に関する業務をつかさどる。

(婦長)

第29条 病院部総看護婦長付に、婦長を置く。

2 婦長は、上司の命を受け、総看護婦長付の業務につき総看護婦長を補佐する。

(守衛長)

第30条 管理部庶務課に、守衛長を置く。

2 守衛長は、上司の命を受け、守衛を指揮監督する。

(車庫長)

第31条 管理部会計課に、車庫長を置く。

2 車庫長は、上司の命を受け、自動車運転手を指揮監督する。

附 則

この規程は、昭和35年7月19日から施行する。

3. 顧 問 名 簿 (ABC順)

氏 名	役 職 名
藤 岡 由 夫	埼 玉 大 学 長
石 館 守 三	東 京 大 学 薬 学 部 長
茅 誠 司	東 京 大 学 長
木 原 均	原 子 力 委 員 会 委 員
菊 池 正 士	日 本 原 子 力 研 究 所 理 事 長
木 村 健 二 郎	日 本 原 子 力 研 究 所 理 事
森 脇 大 五 郎	東 京 都 立 大 学 理 学 部 長
中 泉 正 徳	A B C C 準 所 長
都 築 正 男	日 本 赤 十 字 病 院 長
山 崎 文 男	理 化 学 研 究 所 主 任 研 究 員

4. 職 員 名 簿

36. 3. 31

所 長 塚 本 憲 甫				川 端 音 三
管理部長 柳 原 毅				立山昭七郎
庶務課長 剛 崎 章 二				相川 久子
課長補佐 高野 繁				坂本 広
庶務係長 益子 孝				土屋 義男
長嶋 徹雄				前田 栄
関 桂子				河野 茂広
三沢 清子				営繕係長 郡司 善雄
金山 貴子				岡田 和夫
吉崎 啓子				藤田 義久
関 弘				和田 ちか
高橋 恵子, 榎本 睦三				兼坂美枝子
守 衛 根本 正衛				佐藤 きり
浅野 了				亀井 慎子
加藤 義一				布施 キク
鯨井 栄一				経理係長 中橋 信晃
浮島豊次郎				小野 武
小川 良平				村井アイ子
人事係長 岡田 春夫				企画課長 今 井 清
山崎 博文				課長補佐 天野 隆治
山崎 茂雄				企画係長 藤岡 淳介
給与厚生係長(兼) 岡田 春夫				永田 孝行
高貫 秀雄				佐久間暉久技
吉川 和子				調査係長 深谷 守平
鈴木 稔				宮芝 滝野
				大日方信治
会計課長 石 井 一				小川 晃司
課長補佐 松岡 大				統計係長(兼) 藤岡淳介
予算係長 狩野 清				図書係長(兼) 天野隆治
海老原昇二				田中 昭
村松恵美子				福田 宗一
契約係長 住吉 利明				
稲坂 正行				物理研究部長 伊藤 岳郎
増田 求				物理第1研究室長 田中 栄一
田中 久人				平本 俊幸
物品係長 伊東 善己				飯沼 武

	西村 弘子		一井 昭五
物理第2研究室長	松沢 秀夫		矢後 長純
	川島 勝弘		森崎 益雄
	高久 祐治		小林 森
	稲田 哲雄	病理第1研究室長(兼)	松葉三千夫
物理第3研究室長	橋詰 雅		白沢 春之
	加藤 義雄	病理第2研究室長(兼)	松葉三千夫
	野田 博治		山崎恵美子
化学研究部長	伊沢 正実	障害基礎研究部長	江藤 秀雄
化学第1研究室長(兼)	伊沢 正実	障害基礎第1研究室長	中村 弥
	山崎 秀郎		関口 豊三
	藤田 斉		完倉 孝子
	佐藤 好子		大町和千代
化学第2研究室長	鈴木 擘之		小林 定喜
	亀山 忠典	障害基礎第2研究室長	菅原 努
	沢田 文夫		佐藤 文昭
	小野 浄治		新発田杏子
	岩間由希子	障害基礎第3研究室長	土屋 武彦
化学第3研究室長(兼)	伊沢 正実		松岡 理
	坪田 博行		南沢 武
	河村 正一		高橋千代子
生物研究部長	仲尾 善雄	薬学第1研究室長	鈴木 治
生物第1研究室長(兼)	仲尾 善雄		花木 昭
	江藤 久美		松島 美一
	岩崎 民子	薬学第2研究室長	玉置 文一
	兵藤 泰子		篠田 雅人
	矢後千恵子		高木 良成
生物第2研究室長(兼)	仲尾 善雄	環境衛生研究部長	渡辺 博信
	田口 茂敏	環境衛生第1研究室長	樫田 義彦
	小川 英行		山崎 幹夫
	新津せつ子		碓井 妙子
遺伝第1研究室長(兼)	仲尾 善雄		岩倉 哲男
	塩見 敏男	環境衛生第2研究室長(兼)	渡辺 博信
	稲垣 栄一		阿部 史郎
	橘 弘子	環境衛生第3研究室長	市川 龍資
遺伝第2研究室長(兼)	仲尾 善雄		小栗 幹郎
	渡部 郁雄		榎本 好和
	安田 徳一		
	藤田 英子		
	今泉 洋子		
生理病理研究部長	竹内 正		
生理学研究室長	松葉三千夫		

	阿部 道子		土屋 一男
	江藤 正子		高石 重義
	福田 直子		
環境衛生第4研究室長(兼)	渡辺 博信	飼育栽培係長	林 定治
	小柳 卓		塩見美緒子
	山下 幹雄		田中 富藏
	堀内 朗子		佐藤 貞男
	平島 瑞穂		長沢 文男
臨床研究部長	田中 茂		山崎 友吉
臨床第1研究室長	態取 敏之		石井 勇
	福田 信男	保健安全課長	河西 市子
	高田美奈子	課長補佐	
	藤田 裕子	健康管理係長	小岩 規男
臨床第2研究室長	永井 輝夫		山岸 栄男
	荒居 龍雄		塚本 康子
臨床第3研究室長	楠本 五郎		稲坂 和子
技術部長	松友 信寿	安全係長	桜井 保孝
技術課長	隅田 拡		原勢千恵子
課長補佐	福並 大円	汚染処理係長	岡本 延夫
器材係長	小高 庄二		伊藤 文雄
	並木 良夫		中升 晋司
	鶴岡 良宜		藤田 欣司
	増沢 武男		吉沢 慎介
	宮原 貞子	放射能検査課長	望月 尚文
	小坂 三夫	放射能検査第1係長	田中義一郎
	川島 利雄		鈴木 穰
施設係長(兼)	福並 大円		遠藤真理子
	福元 健夫	放射能検査第2係長(兼)	田中義一郎
	近藤 民夫		田野 実
	山崎 栄一	養成訓練部長(兼)	伊沢 正実
	三輪 実	教務室長	若林 一夫
	魚路 益男		積田 静子
	近藤 龍雄	指導室長	
	佐々木末雄		中島 孝夫
	篠原 秀雄		永島 明
	内藤 寛治	病院部長	熊谷 富義
	三橋千代義	事務課長	伊東 茂
	黒沢 範夫		
	貫井 武夫		

庶務係長(兼)	関谷 菊治 長谷川芳夫 成毛 菊子 宮本 みつ 三瓶 ハナ	薬剤師	小泉利喜雄
会計係長	関谷 菊治 中原 幸子	総看護婦長 看護婦長 〃 〃 看護婦	石井喜久子 津野和嘉子 長田しず子 梅田 礼子 波多 昭代 萩原 立子 国本美恵子
医事係長	大羽 文夫 川相 紀夫	検査課長(兼) 検査係長	熊谷 富義 三浦 正司
医務課長	田崎 莢生	東海支所長(兼) 管理室長	塚本 憲甫 上滝 利春 関 和一郎 種田 信司 須藤 重雄
医師	尾立新一郎		
〃	鍋谷 欣市		
〃	池田 道雄		
栄養係長	谷口 清司 勝田 弘子 竹垣 シヅ		

5. 昭和35年度職員海外出張

氏名	所属研究部	出張先	出張期間	備考
亀山忠典	化学研究部	アメリカ合衆国 (Oak Ridge National Laboratory, Biology Division)	33.11.10~ 35.4.11	昭和33年度 原子力留学生
永井輝夫	臨床研究部	アメリカ合衆国 (Oak Ridge Institute of Nuclear Studies, Medical Division)	34.8.24~ 35.8.25	米国フルブライト 委員会留学生
小林定喜	障害基礎研究部	アメリカ合衆国 (University of Duke)	35.2.1~ 36.7.3	昭和34年度 原子力留学生
鈴木正	環境衛生研究部	IAEA (Health Safty and Waste Disposal Division)	35.4.14~ 37.4.13	休 職
飯沼武	物理研究部	イギリス (University of Leeds)	35.4.18~ 36.5.16	昭和34年度 原子力留学生
塚本憲甫	所 長	ジュネーブ (第8回国連科学委員会)	35.9.15~ 35.10.18	日本 政府 代表
鈴木擘之	化学研究部	フランス (Institut du Radium de Paris)	35.11.13~ 36.10.2	昭和35年度 原子力留学生
中村 弥	障害基礎研究部	フランス (Institut de Chimie Bioloque, Faculté de Médecine de Strasbourg, ほか)	35.10.30~ 36.11.2	フランス政府技術留 学生および原子力留 学生
新発田杏子	障害基礎研究部	ドイツ連邦共和国 (西独) (Radiologisches Institut der Universität Freiburg)	36.1.3~ 37.1.2	IAEA フェロマシ ップ
塚本憲甫	所 長	ジュネーブ (第9回国連科学委員会)	36.3. 5~ 36.4. 1	日本政府代表
市川龍資	環境衛生研究部	ジュネーブ (第9回国連科学委員会)	36.3. 5~ 36.4. 1	日本政府代表代理

6. 昭和35年度人事異動表

(1) 行政職(-)

職名または 所属	氏名	異動 年月日	備考
保健安全課長	個人情報保護 の為、非公開	35.4.1	建設省より
安全係長		〃	採用
保健安全課 管理部長		35.7.1	厚生省より
企画課長補佐		〃	文部省より
会計課		35.9.1	〃
事務課長		36.1.16	厚生省より
技術部長		36.2.1	科学技術庁より
企画課長		〃	採用
企事事務課長		36.2.16	厚生省より
放射能検査課		〃	採用
放射能検査課 第1係長		36.3.1	農林省より
保健安全課長		36.3.16	科学技術庁より
庶務課		〃	採用
事務課		〃	厚生省より

(2) 行政職(-)

所 属	氏名	異動 年月日	備考
庶務課	個人情報保護 の為、非公開	35.4.1	文部省より
会計課		35.5.1	採用
技術課		35.5.6	〃
養成訓練部		35.6.11	〃
保健安全課		35.6.15	〃
会計課		35.6.28	〃
技術課		35.8.1	〃
〃		35.9.1	〃
〃		35.9.2	文部省より
〃		35.10.24	採用
東海支所		35.12.10	〃
企画課		35.12.22	〃
東京連絡 事務所課		36.1.5	〃
庶務課		36.2.1	〃
庶務課		36.2.25	〃
技術課		〃	〃
保健安全課		〃	文部省より
放射能検査課		〃	〃
事務課	〃	採用	
医務課	〃	文部省より	
〃	〃	〃	

医務課	個人情報保護 の為、非公開	36.3.16	採用
〃	〃	〃	〃

(3) 研究職

職名または 所属	氏名	異動 年月日	備考
物理研究部	個人情報保護 の為、非公開	35.4.1	採用
化学研究部		〃	〃
生物研究部		〃	文部省より
〃		〃	採用
生理病理研究 部		〃	〃
〃		〃	〃
障害基礎研究 部		〃	〃
環境衛生研究 部		〃	〃
〃		〃	〃
臨床研究部		〃	〃
〃		〃	〃
養成訓練部 生理病理研究 部長		35.5.1	〃
臨床研究部長		35.5.16	文部省より
物理研究部 臨床第3研究 室長		〃	〃
環境衛生研究 部		35.8.16	文部省より
〃		35.9.1	採用
生理病理研究 部		〃	〃
物理研究部		35.10.1	〃
生物研究部		〃	〃
臨床研究部		〃	〃
障害基礎研究 部	36.1.1	〃	
生物研究部	36.2.16	文部省より	
生理病理研究 部	〃	〃	
障害基礎研究 部	〃	〃	
生物研究部	36.3.1	〃	
障害基礎研究 部	36.3.16	採用	
環境衛生研究 部	〃	〃	
〃	〃	文部省より	

(4) 医療職 (一)

職名または 所属	氏名	異動 年月日	備考
医務課長	個人情報保護 の為、非公開	36.1.16	採用
医務課師		36.3.1	〃
〃		〃	文部省より
〃		〃	採用

(5) 医療職 (二)

職名または 所属	氏名	異動 年月日	備考
医務課師	個人情報保護 の為、非公開	36.2.16	厚生省より
薬剤師		〃	〃
栄養係長		36.3.1	採用

(6) 医療職 (三)

職名	氏名	異動 年月日	備考
総看護婦長	個人情報保護 の為、非公開	36.2.16	厚生省より
看護婦		36.3.1	〃
看護婦長		36.3.16	採用
〃		〃	厚生省より
〃		〃	採用
看護婦		〃	厚生省より

7. 昭和 35 年度退職および転出者名簿

職名または 所 属	氏 名	異 動 年 月 日	備 考
環境衛生研究部	個人情報保護 の為、非公開	35.5. 1	工業技術院へ
企 画 課		35.5. 31	辞 職
〃		35.6. 30	〃
管 理 部 長		35.7. 1	厚生省へ
環境衛生研究部		〃	文部省へ
養成訓練部		35.7. 15	辞 職
保健安全課		35.8. 12	〃
養成訓練部		35.8. 31	〃
会 計 課		35.9. 1	厚生省へ
物理研究部		35.9. 30	辞 職
会 計 課		35.10.15	〃
庶 務 課		35.10.31	〃
臨床研究部		〃	〃
生理病理研究部		35.12.31	〃
技 術 課	36.3. 15	〃	

8. 昭和 35 年度 研究生 名簿

氏 名	所属研究部	期 間	備 考
野 田 博 治	物 理 研 究 部	34.11. 1~35. 6.30	広島大学医学部付属原子放射能基礎医学研究施設
武 田 好 子	障害基礎研究部	35. 3. 1~36. 3.31	奈良女子大学理学部生物学科卒 国立遺伝学研究所特別研究生
早 川 純一郎	〃	35. 4. 1~36. 3.31	名古屋大学大学院農学研究科学生
南 沢 武	〃	35. 6. ~35.12.31	東京大学大学院博士課程動物学専攻学生
渡 利 一 夫	化 学 研 究 部	35. 8.22~36. 3.31	立教大学卒
井 上 英 夫	物 理 研 究 部	35.10. ~3ヵ月	島津製作所中央研究部原子力研究課
鈴 木 喜志子	技術部保健安全課	35.10. ~36. 9.	武蔵工業大学原子力研究所副手
腰 原 英 利	化 学 研 究 部	35.11. 1~36.10.31	東京大学理学部動物学科助手
戸 沢 満智子	生理病理研究部	35.11.15~36. 3.31	東京慈恵会医科大学助手

9. 職 員 研 究 発 表 一 覧

A 論 文

(発表者欄, 括弧内は所外共同研究者)

発 表 者	題 目	発 表 誌	巻 号	頁	備 考
〔物理研究部〕					
川島勝弘, 高久裕治 稲田哲雄, 松沢秀夫	組織等価物質の試作 (筋肉等価プラスチックについて)	日本医学放射線学会雑誌	20	11	
松沢秀夫, 川島勝弘 高久裕治, 稲田哲雄	電離槽の大きさと電離電流の関係について	日本医学放射線学会雑誌	20	11	
〔化学研究部〕					
伊 沢 正 実 行, 他 坪 田 博 行	Cs-137 and Sr-90 in fallout deposits	国連科学委員会資料 A/AC・82/G/L・388			
伊 沢 正 実 行, 他 坪 田 博 行	Sr-90 and Cs-137 in fallout deposits and implications of their ratio	Journal of Radiation Research	2		
伊沢正実, 坪田博行 (笠井 篤)	セロソルブ法による Ca と Sr との分離	分析化学			投稿中
亀 山 忠 典 (Novelli, G. D.)	Appearance of particle-bound β -galactosidase of E. coli during its induction after photoreactivation	Bacteriological Proceeding		148	1960
亀 山 忠 典 (Novelli, G. D.)	The cell-free synthesis of β -galactosidase by E. coli	Biochemical and Biophysical Research Communication	2		393
河 村 正 一	沔紙電気泳動法による ^{90}Sr , ^{90}Y の迅速分離	分析化学			投稿中
河 村 正 一, 他	Research on radioactivity in stock rain water of lighthouse in Japan	国連科学委員会資料 A/AC・82/G/L・392			
沢 田 文 夫 鈴 木 肇 之	Recovery of E. coli irradiated with ultraviolet light	Journal of Bacteriology	81		288
坪 田 博 行	陽イオン交換樹脂による天然水の分析法—ギ酸緩衝液による分離法	日本化学会誌	81		927
坪 田 博 行	イオン交換樹脂による Ca と Sr の分離	日本化学会誌			投稿中
坪 田 博 行	Formation consists of some metal formate complexes, and use of formate buffer, solution as an elutriant of cation-exchange chromatography	Bulletin of Chemical Society (Japan)			投稿中
坪 田 博 行 (北 野 康)	A rapid method for determining fission products contained in water using on ion exchanger	Bulletin of Chemical Society (Japan)	33		765
坪 田 博 行 (北 野 康)	A rapid method determining alkali and alkaline earth elements using an ion exchanger	Bulletin of Chemical Society (Japan)	33		770
山 崎 秀 郎	Matrix representation of the effects on DNA by incorporated radioactive nuclide	Journal of Theoretical Biology			投稿中
山 崎 秀 郎 山 崎 正 二 (志 田 正 二)	昇温型ガスクロマトグラフの理論的考察	工業化学雑誌	64	5	757
	Radiolysis and bond stability of squalene	Journal of Chemical Physics	32		950
〔生物研究部〕					
稲 垣 栄 一 雄 仲 尾 善 雄	X線による蚕卵発生抑制に対する化学的保護	放射線の化学的防禦に関する研究 (昭和35年度科学研究費交付金総合研究報告) 動物学雑誌			128
稲 垣 栄 一 雄 仲 尾 善 雄	X線照射による精子形成過程への障害の化学的保護				134
仲 尾 善 雄	蚕の生殖細胞に対する放射線障害の化学的保護		70	1-2	26

仲尾 善雄	産卵後の種々な時期における蚕のX線誘発可視突然変異率。—II報—	遺伝学雑誌	35	8	280	
小川英行, 岩崎民子 仲尾善雄	被照射アルテミア卵ラジカルの ESR による測定	放射線の化学的防禦に関する研究			193	
田口 茂敏 津 せつ子	イオン交換法による微量組織の ATP の定量	動物学雑誌	70	1.2	52	学会報告抄録
渡部 郁雄	織毛虫 <i>Colpidium colpidium</i> における交配型の決定について	動物学雑誌	70	1.2	30	学会報告抄録
〔障害基礎研究部〕						
(堀川正克) 菅原 努	Studies on the effects of radiation on living cells in tissue culture II, Radio-sensitivity of cells isolated from various imaginal discs and organs of larvae of <i>Drosophila melanogaster</i>	Radiation Research	13	6	825	
完倉 孝子	HeLa 細胞の燐酸代謝	生化学	33	4		
(中村 実, 川本澄夫) 深津久治, 小野伸雄 菅原 努	軟部組織のX線撮影法(撮影に関する基礎実験)	日本医学放射線学会雑誌	20	13	2,759	
中村 弥, (天田祐治, 神保トシ子), 完倉 孝子	赤血球の球形度に関する研究	生化学	33	4		
大町 和千代	大腸菌の呼吸型硝酸還元酵素	酵素化学シンポジウム	14		52	
佐藤文昭, 菅原 努 江藤秀雄	放射線と寿命についての考察(2)	日本医学放射線学会雑誌	21	2		
菅原 努 (橋本 哲明)	放射線装置製作工場員の白血球減少症に対するチスチン製剤(ネオスデン)の効果	新薬と臨床	9	4	351	
菅原 努, 佐藤文昭 江藤秀雄, 武田好子 完倉孝子	放射線の寿命についての考察(1)	日本医学放射線学会雑誌	20	11	2,463	
武田 好子 菅原 努	X線誘発致死因子に対する AET の影響	日本医学放射線学会雑誌	20	9	1,996	
土屋 武彦 (西川義彦, 井野英治)	試作 ¹³¹ I 錠剤の使用経験	Radioisotope	9	2	135	
(寺山 宏), 花木 昭 (石館守三)	Incorporation of N-methyl carbon into the polar dye (Studies on the nature of carcinogenic aminoazo dyes with liner proteins, V)	Gann	51	4	383	
(伊藤 四十二) 篠田 雅人	Rate of digestion of parotin by trypsin and chymotrypsin (Influences of proteolytic enzymes on parotin, III)	Endocrinologia Japonica	8	1	9	
(伊藤 四十二) 篠田 雅人	Separation of hydrolyzates in digested parotin by trypsin (Influences of proteolytic enzymes on parotin, IV)	Endocrinologia Japonica	8	1	13	
(伊藤 四十二) 篠田 雅人	Influence of chymotrypsin on parotin (Influences of proteolytic enzymes on parotin, V)	Endocrinologia Japonica	8	1	20	
〔環境衛生研究部〕						
市川 龍資	Up-take of potassium and cesium from water by the sockeye salmon	Radiation Research	1	2		
市川 龍資	On the concentration factors of some important radionuclides in the marine food organism	Bulletin of the Japanese society of scientific Fisheries	27	1		
市川龍資, 阿部道子 江藤正子	Evaluation of the origins of strontium-90 contained in wheatplant	Science	134			
市川 龍資 小栗 幹郎	Metabolism of radionuclides in fish-1, Sr-Ca discrimination at gillabsorption	Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries	27	4		

櫻田義彦, 山崎幹夫 岩倉哲男	液体シンチレーション・スペクトロメーターによる ^{14}C , ^3H の測定 I On the interrenal tissue of chum salmon <i>oncorhynchus keta</i> (Walbaum), migrating up river to spawn (Studies on the adrenal glands of teleosts-VI)	Radioisotope	-			^3H 特集号
小栗幹郎		日本水産学会誌	26	10		
〔臨床研究部〕						
福田信男 (杉田元宣)	生体内元素の代謝と分布についての統一的研究	小林理研報告	9			1
福田信男 (杉田元宣)	生体内元素の代謝と分布についての統一的研究 (補遺)	小林理研報告	10			4
福田信男 (杉田元宣)	Analogue computation of iodine metabolism	Journal of Theoretical Biology				投稿中
永井輝夫	放射性水素サイミジン標識骨髄細胞移植に関する臨床的研究	Radioisotope (^3H 特集号)				投稿中
田中茂	甲状腺ホルモンのペーパークロマトグラフィーによる検討	総合医学	17			597
田中茂	老年者の甲状腺機能	老年者	4			704

B 口 頭

(発表者欄, 括弧内は所外共同研究者)

発表者	題 目	学 会	発表年月	場 所
〔物理研究部〕				
橋詰 雅	医学診療用放射線による遺伝有意線量の測定	第19回日本医学放射線学会総会, シンポジウム	35. 7.	北海道大学
橋詰 雅, 加藤義雄	生殖腺被曝線量の判定	第2回日本放射線影響学会	35.11.	京都大学
橋詰 雅, 加藤義雄 野田博治	X線遮蔽に関する基礎的研究, 第22報 管電圧波形と線質について	第126回日本医学放射線学会関東部会	36. 2.	東京医科大学
橋詰 雅, 加藤義雄 野田博治	X線遮蔽に関する基礎的研究, 第23報 フィルター効果について	第127回日本医学放射線学会関東部会	36. 3.	東京通信病院
平本俊幸, 田中栄一	プラスチックシンチレーター遮蔽を用いた β 線低バックグラウンドカウンター	第8回応用物理学関係連合講演会	36. 3.	早稲田大学
松沢秀夫, 高久裕治 稲田哲雄, 川島勝弘	外挿電離槽による電離および吸収線量の測定について	第19回日本医学放射線学会	35. 7.	北海道大学
〔化学研究部〕				
藤田 齊, 伊沢正実 山崎秀郎	ガンマ線照射による金の微粒子の生成	日本化学会第14年会	36. 4.	立教大学
伊沢正実, 他	Cr-51 ($\text{Na}_2 \text{}^{51}\text{CrO}_4$) のマウス 臓器組織への分布, 蓄積 (II)	第2回日本放射線影響学会	35.11.	京都大学
伊沢正実, 坪田博行	フォールアウト中の ^{90}Sr と ^{137}Cs について	地球化学討論会	35.10.	名古屋大学
伊沢正実, 坪田博行 河村正一, 田野 実	人尿中の ^{132}Cs について	第2回放射能調査研究成果研究会	35.11.	放射線医学総合研究所
伊沢正実, 坪田博行 河村正一, 田野 実	人尿中の ^{137}Cs について	日本放射線影響学会第2回発表会	35.11.	京都大学
伊沢正実, 坪田博行 河村正一, 田野 実	液体シンチレーションカウンターによる Cs-137 の測定	第4回放射化学討論会	35.10.	日本原子力研究所
伊沢正実, 坪田博行 田野 実	フォールアウト中の ^{90}Sr と ^{137}Cs について	第2回放射能調査研究成果研究会	35.11.	放射線医学総合研究所
亀山 忠典	誘導酵素の cell-free 合成	第2回酵素化学シンポジウム	35. 7.	東北大学

亀山忠典 岩間由希子	誘導酵素合成に対する DNA と RNA の役割	第9回核酸シンポジウム 第1回微生物遺伝学シンポジウム	36. 2.	公衆衛生院
亀山忠典 (Novelli, G. D.)	Appearance of particle-bound β -galactosidase of <i>E. coli</i> during its induction after photoreactivation	60th Annual Meeting of the Society of American Bacteriologists	35. 7.	Philadelphia
河村正一	沝紙電気泳動法による ^{90}Sr , ^{90}Y の迅速分離 (II)	日本薬学会第13年会	35. 4.	東京大学
河村正一, 伊沢正実	沝紙電気泳動法による F.P. の分離	第4回放射化学討論会	35.10.	日本原子力研究所
河村正一, 伊沢正実 坪田博行	沝紙電気泳動法による核分裂生成物中の Cs-137 の迅速分離	日本化学会第14年会	36. 4.	立教大学
(Novelli, G.D.; Eisenstadt, M.) 亀山忠典	Mechanisms involved in the control of enzyme synthesis	Symposium on the Molecular Basis of Neoplasia	36. 2.	Houston
(Novelli, G. D.; Eisenstadt, M.) 亀山忠典	The synthesis of protein by bacteria	Frontiers in chemistry Series	36. 3.	Detroit
小野 浄 治 鈴木 堅 之	紫外線をうけた大腸菌で合成された RNA の崩壊	日本化学会第14年会	36. 4.	立教大学
鈴木堅之, 亀山忠典 沢田文夫, 岩間由希子 小野浄治	紫外線照射菌における RNA の合成	生物物理研究会	35. 8.	京都大学
鈴木堅之, 小野浄治 沢田文夫, 岩間由希子 亀山忠典, 渡辺 格	紫外線照射をうけた大腸菌における RNA の合成	放射線の遺伝的影響シンポジウム	35.11.	国立遺伝学研究所
山 崎 秀 郎	アミノ酸混晶の ESR	日本化学会第13年会 第3回放射線化学討論会	35. 4. 35.10.	早稲田大学 東京大学
山 崎 秀 郎	気相における励起電子エネルギー移動の一考察	日本化学会第14年会 分子の電子状態討論会 (日本化学会)	36. 4. 35. 8.	立教大学 北海道大学
山 崎 秀 郎	ガスクロマトグラフの現象論的理論	第2回クロマトグラフ討論会 (日本化学会, 分析化学会)	36. 1.	名古屋大学
〔生物研究部〕				
江 藤 久 美 仲 尾 善 雄	魚類の皮膚に対する放射線の作用の組織学的研究	第2回日本放射線影響学会	35.11.	京都大学
兵 藤 泰 子 仲 尾 善 雄	X線被照射小腸上皮細胞の電子顕微鏡的観察	第2回日本放射線影響学会	35.11.	京都大学
岩 崎 民 子 仲 尾 善 雄	Co^{60} γ 線照射に対するアルテミア卵の化学的防護	第2回日本放射線影響学会	35.11.	京都大学
仲 尾 善 雄	蚕の生殖細胞に対する放射線障害の化学的防護	日本動物学会第31回大会	35.10.	関西学院大学
仲 尾 善 雄	産卵後の種々な時期における蚕のX線誘発可視突然変異率 —第II報—	日本遺伝学会第32回大会	35.11.	九州大学
仲 尾 善 雄	蚕におけるX線誘発および化学物質誘発突然変異率の座位による差異	放射線の遺伝的影響シンポジウム	35.11.	三島市婦人青少年会館
田 口 茂 敏 新 津 せつ子	イオン交換法による微量組織の ATP の定量	日本動物学会第31回大会	35.10.	関西学院大学
田 口 茂 敏 新 津 せつ子	イオン交換法による微量組織の ATP の定量	日本動物学会第32回大会	36. 2.	関西学院大学
渡 部 郁 雄	織毛虫 <i>Colpidium colpidium</i> における交配型の決定について	日本動物学会第31回大会	35.10.	関西学院大学
〔生理病理研究部〕				
一井昭五, 矢後長純 森崎益雄, 松葉三千夫	睪丸および副腎皮質におけるホルモン産生に及ぼすX線照射の影響	日本内分泌学会東部部会	35. 9.	東京大学

一井昭五, 森崎益雄 松葉三千夫 矢後長純 松葉三千夫	(Steroid hormone 産生内分泌腺に及ぼす放射線の影響に関する研究, I) 睪丸における Androgen 生合成に及ぼすX線照射の影響に関する研究(同上, II) 副腎皮質機能に及ぼすX線照射の影響に関する研究(同上, III)	日本放射線影響学会第2回研究発表会 日本放射線影響学会第2回研究発表会	35.11. 35.11.	京都大学 京都大学
[障害基礎研究部] (橋本哲明, 福田正, 山本五郎)菅原 努 松岡 理, 小林定喜 土屋武彦 松岡 理 (古川 義宜) 菅原 努 菅原 努 菅原 努 武田好子 菅原 努 土屋武彦 花 木 昭 (寺 山 宏) (石 館 守 三) 花 木 昭 (石 館 守 三) 花 木 昭	⁶⁰ Co γ線長期照射の致死効果におよぼす serotonin および reserpine の影響 消化器系に及ぼす放射線の影響 I, 家兎消化管運動に及ぼす影響について 放射線の消化管セロトニン含量に及ぼす影響 診療用放射線の遺伝的影響 ハツカネズミの放射線誘発突然変異率について X線撮影技術への考察 マウスのX線致死に対する化学的防護剤の効果, 特に AET について 診療におけるアイソトープ応用技術の実際 Polar-dye (極性色素) アスコルビン酸-Fe ²⁺ 系による 4-dimethylaminoazobenzene の酸化 アミノアゾ化合物の酸化的脱アルキル化と発癌性について	第19回日本医学放射線学会総会 第20回日本医学放射線学会 第51回日本獣医学会 日本人類遺伝学会第5回総会 「放射線の遺伝的影響」に関するシンポジウム 三重県エックス線技師会記念講演会 日本医学放射線学会第2回研究発表会 三重県エックス線技師会記念講演会 第19回日本癌学会総会 第13回日本薬学大会 第4回薬学会関東支部総会	35. 7. 36. 4. 36. 4. 35.10. 35.11. 35.11. 36. 2. 35.12. 35. 4. 35.10.	北海道大学 大阪中之島公会堂 東京大学 九州大学 国立遺伝学研究所 三重県四日市市 京都大学 三重県四日市市 第一生命 東京大学 千葉大学
[環境衛生研究部] 阿 部 史 郎 阿 部 史 郎 榎 本 好 和,他 市川龍賢, 阿部道子 江藤正子 榎田義彦, 山崎幹夫 岩倉哲男 榎田義彦, 山崎幹夫 山田和子, 馬被尚子 (木越邦彦), 榎田義彦 山崎幹夫, 岩倉哲男 碓井妙子 小柳 卓, 堀内朗子 坪田博行	成層圏エアロゾルの行動に関する理論的考察 成層圏エアロゾルの行動に関する理論的考察 尿管における再吸収機構(第1報) 全国各地の1959年産玄米・耕土及び飲用天水中の ⁹⁰ Sr 濃度について 液体シンチレーション・スペクトロメーターによる ¹⁴ C, ³ H の測定, I 放射線汚染の除染指数 核実験による ¹⁴ C 生成の現状 人骨中の ⁹⁰ Sr の濃度について	日本放射線影響学会第2回研究発表会 第2回放射能調査研究成果発表会 日本薬理学会 第2回放射能調査研究成果発表会 日本放射線影響学会第2回研究発表会 第4回日本薬学会関東支部総会 文部省科学研究費放射線総合研究代表者会議 日本放射線影響学会第2回研究発表会	35.11. 35.11. 35.11. 35.11. 35.11. 35.10. 36. 2. 35.11.	京都大学 放射線医学総合研究所 日本大学 放射線医学総合研究所 京都大学 千葉大学 学術会議 京都大学
[臨床研究部] 荒 居 龍 雄 寛 弘 毅 荒居龍雄, 熊取敏之 寛 弘 毅 藤 田 裕 子 (尾 内 能 夫)	銀活性化磷酸硝子針による線量測定(第2報, 食道の線量測定) 銀活性化磷酸硝子針による線量測定(第3報, 骨髄線量の測定) ⁶⁰ Co γ線遠隔照射線量分布の計算	第19回日本医学放射線学会総会 第20回日本医学放射線学会総会 第20回日本医学放射線学会総会	35. 7. 36. 4. 36. 4.	北海道大学 大阪中之島公会堂 大阪中之島公会堂

福田 信 男	電子計算機による甲状腺機能の模倣	日本内分泌学会総会	35. 4.	大阪大学
福田信男, 熊取敏之 永井輝夫	Ferroknetics 理論に対する一考察	第23回日本血液学会	36. 4.	京都大学
福田 信 男 (杉 田 元 宣)	ヨード代謝の数理解析	日本物理学会生物物理 分科会	35. 4.	東京大学
福田信男, 田中 茂 永井輝夫	RI による諸機能検査法の数理解析 I. ^{131}I による肝胆機能検査	第20回医学放射線学会	36. 4.	大阪中之島公会堂
	II. ^{131}I による甲状腺機能検査			
楠 本 五 郎 (尾内能夫, 都丸禎三)	実大像シンチグラムに関する基礎的研究	第122回日本医学放射 線学会関東部会	35.10.	甲府市
楠 本 五 郎 (尾内能夫, 都丸禎三)	実大像シンチグラムに関する基礎的研究	第20回日本医学放射線 学会	36. 4.	大阪中之島公会堂
(三 好 和 夫) 熊 取 敏 之	ビニキ海域で放射能灰に被曝した日本人漁夫 の血液障害の特徴	第8回国際血液学会	35. 9.	東京都都市センタ ー(英語発表)
永 井 輝 夫	放射性水素サイミジン標識骨髄細胞移植に関 する臨床的研究	第20回日本医学放射線 学会総会	36. 4.	大阪中之島公会堂
永 井 輝 夫 (Kniseley, R.M.)	The fate of H^3 -thymidine labeled cells injected as a potential human-marrow graft	第8回国際血液学会	35. 9.	東京都都市センタ ー
田 中 茂	脳神経の組織蛋白と甲状腺ホルモンの結合に ついて	日本内分泌学会	35. 4.	大阪大学
田 中 茂	妊婦及び胎児の血清サイロキシン結合蛋白に ついて	日本内分泌学会	35. 4.	大阪大学
田 中 茂	サイロキシン結合蛋白変性による結合性の変 化	日本内分泌学会	35. 4.	大阪大学
田 中 茂	双生児に見られた甲状腺腫	昭和35年度内分泌学会東 部部会	35.11.	東京大学

10. 職員著書その他一覧

A 著書

執筆者	題目	編著者	書名	頁	出版社	発行年月
江藤秀雄, 関口豊三, 中村 弥, 松岡 理, 菅原 努, 新発田杏子	放射線障害の化学	芦田譲治, 江上不二夫, 吉川秀男 編	生命現象の化学 II	29	朝倉書店	36. 2.
菅原 努	人類の放射線遺伝学	井関尚栄, 岸木鎌一, 田中克己 編	遺伝医学	91	金原出版	35. 6.
鈴木 治	アイソトープ使用法	古畑 篠遠, 森脇, 岡 監修	遺伝の実験法	551	裳書房	35. 9.
鈴木 治	放射線に関する項目	貴志, 佐野, 鈴木, 伊藤	常用化学便覧	634	誠文堂 新光社	35.10.
熊取敏之	放射線障害の診断		臨床病理年鑑		金原出版	印刷中
熊取敏之	放射線障害による貧血		実地医家シリーズ		金原出版	印刷中
永井輝夫	アイソトープ血液診断学		日本血液学全書		丸 善	印刷中

B 総説・その他

(発表者欄, 括弧内は所外共同執筆者)

発表者	題目	発表誌	巻号	頁	備考
〔化学研究部〕					
亀山忠典	細胞制御	自然	177	1	
沢田文夫	蛋白質の不均一性の問題点	蛋白質・核酸・酵素	5	5	
坪田博行	イオン交換樹脂によるストロンチウムおよびセシウムの分離法—降水および落下塵中の人工放射性物	分析化学	9		783 905
坪田博行, 他	イオン交換ならびに溶媒抽出精製	電気化学	28		93 254 365
坪田博行, 他	イオン交換樹脂使用法	分析化学	9		791 916
坪田博行, 他	分析化学総説 イオン交換	分析化学	9		26R
〔生物研究部〕					
仲尾善雄	放射線遺伝学 (遺伝学講座)	遺 伝	14	10~ 15 3	
〔障害基礎研究部〕					
江藤秀雄	国際放射線防護委員会の新勧告について	Radioisotope	9	1	52
江藤秀雄	放射線の障害と防護	放射線ニュース	2	3	1
江藤秀雄	X線像の成立	東京X線技師会誌	7	8	3
江藤秀雄	ウィンズケール原子炉事故に関する MRC 勧告の批判	日本原子力学会誌	3	3	226

江藤秀雄 菅原 努	最大許容量の概念とその変遷	臨床放射線	5	10	14	
菅原 努	妊娠時放射線被曝の児への影響	医学のあゆみ	33	5	286	
菅原 努	放射線の遺伝障害	臨床と研究	37	4	523	
土屋武彦	シンチグラムの取扱い方について	最新医学	15	4	894	
土屋武彦	シンチスキャンナー	電子工業	11	12	1,025	
土屋武彦	ラジオアイソトープの医学への応用 (1) (2)	看護教室	4	8 9	9 9	
土屋武彦	ラジオアイソトープの臨床医学への応用	理窓 (東京理科大学 同窓会誌)		199	1	
〔環境衛生研究部〕						
岩倉哲男	液体シンチレーションカウンター TRI-CARB Model 314X について	Radioisotope	10	1		³ H 特集号
岩倉哲男	液体シンチレーションスペクトロメーター (TRI-CARB Model 314X を中心として)	電子工業	9	12		
岩倉哲男	液体シンチレーション計測法	原子力工業	7	5		
小栗幹郎	硬骨魚類の副腎 一その形態と機能一	生物科学	13	1		
〔臨床研究部〕						
福田信男 (杉田元宣)	生化学の研究手段としての電子計算機	蛋白質・核酸・酵素	5		716	
福田信男 (杉田元宣, 小川康男)	Isotope kinetics におけるアナログ計算機の 応用	医用電子装置研究専門 委員会資料				
熊取敏之	原爆症について	FM東海放送				35. 8.
熊取敏之	貧血について	FM東海放送				35. 9.
熊取敏之	慢性原爆症について	日本短波放送				36. 4. 1
永井輝夫	放射性水素サイミジンの血液学的利用	臨床血液	2	2	1	
永井輝夫	最近の nuclear medicine	Radioisotope	9	3	291	
永井輝夫	原子核医学の立場から I. 新しい核種, プロファイルスキャンナー, ヒューマンカウンター等を中心に	原子力工業				印刷中
永井輝夫	原子核医学の立場から II. 医学研究用原子炉とその応用	原子力工業				印刷中
永井輝夫	アイソトープ投与患者の安全取扱い	診療				印刷中
永井輝夫	アイソトープ診断の新方法	日本短波放送				36. 2.27
田中茂	放射性汚度による甲状腺機能検査法	最新医学	15		1,188	

11. 第 2 回放射線防護短期課程講師名簿

A 所外講師	
氏名	所属機関名
有沢広己	原子力委員会原子力委員
藤井正一	建設省建築研究所
藤田 稔	日本原子力研究所
桧山義夫	東京大学農学部(教授)
池田長生	東京教育大学(助教授)
石原豊秀	日本原子力研究所
加藤正夫	東京大学生産技術研究所(教授)
望月恵一	日本原子力研究所
森内和之	通産省電気試験所
三宅泰雄	東京教育大学(教授)
村上悠紀雄	日本原子力研究所 アイソトープ研究所
松本元一	日本原子力研究所
西川哲二	東京大学原子核研究所
西垣 晋	農林省農業技術研究所
大塚 巖	理化学研究所
岡野真治	理化学研究所
左合正雄	都立大学工学部(教授)
斎藤 潔	公衆衛生院院長
志田正二	東京工業大学(教授)

津屋 旭	横浜市立大学(教授)
亘理信一	科学技術庁原子力局 放射線安全課長
山口正義	労働省労働衛生研究所長
山本 寛	東京大学生産技術研究所
横山祐之	東京大学理学部(助教授)
吉川春寿	東京大学医学部(教授)

B 所内講師	
塚本憲甫	所長
田島英三	参与(立教大学教授)
寛 弘毅	所付(千葉大学教授)
伊藤岳郎	物理研究部長
松沢秀夫	物理研究部
橋詰 雅	〃
田中栄一	〃
平本俊幸	〃
伊沢正実	化学研究部長(兼)養成訓練部長
坪田博行	化学研究部
山崎秀郎	〃
河村正一	〃
仲尾善雄	生物研究部長

田口茂敏	生物研究部
塩見敏男	〃
江藤秀雄	障害基礎研究部長
菅原努	障害基礎研究部
中村弥	〃
土屋武彦	〃
松岡理	〃
鈴木治	薬学研究室
熊取敏之	臨床研究部
高田美奈子	〃
渡辺博信	環境衛生研究部長
榎田義彦	環境衛生研究部
市川龍資	〃
阿部史朗	〃
中島孝夫	環境衛生研究部（兼）養成訓練部
今井清	管理部企画課長
熊谷富義	技術部保健安全課長

12. 第 3 回放射線防護短期課程講師名簿

A 所外講師

氏 名	所 属 機 関 名
藤 井 正 一	建設省建築研究所
藤 田 稔	日本原子力研究所
桧 山 義 夫	東京大学教授 (農学部)
池 田 長 生	東京教育大学助教授 (理学部)
石 原 豊 秀	日本原子力研究所
茅 誠 司	東京大学総長
加 藤 正 夫	東京大学教授 (生産技術研究所)
望 月 恵 一	日本原子力研究所 (動力試験炉準備室)
森 内 和 之	工業技術院電気試験所 (放射線科)
三 宅 泰 雄	東京教育大学教授 (理学部)
村 上 悠 紀 雄	日本原子力研究所 ラジオアイソトープ研修所
松 本 元 一	日本原子力研究所
西 垣 晋	農林省農業技術研究所 (化学部)
大 塚 巖	理化学研究所
岡 野 真 治	〃
左 合 正 雄	都立大学教授 (工学部)
村 主 進	日本原子力研究所
斎 藤 潔	国立公衆衛生院院長
真 田 順 平	東京大学教授 (原子核研究所)

志 田 正 二	東京工業大学教授 (物理化学教室)
津 屋 旭	横浜市立大学教授 (医学部放射線科)
亘 理 信 一	科学技術庁原子力局 放射線安全課長
山 口 正 義	労働衛生研究所長
山 本 寛	東京大学教授 (生産技術研究所)
横 山 祐 之	東京大学助教授 (理学部化学科)
吉 川 春 寿	東京大学教授 (医学部)

B 所内講師

塚 本 憲 甫	所 長
田 島 英 三	参与 (立教大学教授)
笈 弘 毅	所付 (千葉大学教授)
伊 藤 岳 郎	物理研究部長
橋 詰 雅	物理研究部
松 沢 秀 夫	〃
田 中 栄 一	〃
平 本 俊 幸	〃
坪 田 博 行	化学研究部
山 崎 秀 郎	〃
河 村 正 一	〃
仲 尾 善 雄	生物研究部長

田口茂敏	生物研究部
塩見敏男	〃
松葉三千夫	生理病理研究部
一井昭五	〃
江藤秀雄	障害基礎研究部長
菅原努	障害基礎研究部
土屋武彦	〃
松岡理	障害基礎研究部
鈴木治	薬学研究室
熊取敏之	臨床研究部
高田美奈子	〃
渡辺博信	環境衛生研究部長
樫田義彦	環境衛生研究部
市川龍資	〃
阿部史朗	〃
今井清	管理部企画課長
熊谷富義	技術部保健安全課長
伊沢正実	養成訓練部長(兼)化学研究部長
中島孝夫	養成訓練部(兼)環境衛生研究部

13. 第2回放射線防護短期課程研修生名簿

氏名	所属	氏名	所属
天野英晴	千葉大学R I 総合研究室	中島賢次	原子燃料公社東海製錬所
藤井正範	東海大学工学部	野原功全	医理研製造部技術課
今城光博	広島工高校理科原子工学科	王怡霖	国立予防衛生研究所抗生物質部
糸井健雄	東北電力原子力調査部	大沢康男	日立製作中央研究所
岩本数人	熊本県果樹試験所化学科	桜井保孝	放射線医学総合研究所保健安全課
柿下正雄	金沢大学附属病院放射線科	関谷宏三	農業技術研究所化学部土壌第一課
亀谷勝昭	衛生試験所特殊薬品部	高橋連	日本電気株式会社電子管工業部
金田久	日本原子力発電技術部技術課	高城真	東京電力原子力発電課
金安淑子	東京大学医学部附属病院R I 中央研究室	谷川正	広島商船高校
片山満幸	国立呉病院放射線科	寺嶋将起	科学技術庁原子力局調査課
河合敬次	運輸省海技専門学院機関科	渡利一夫	立教大学理化学教室
木下睦	原子燃料公社東海製錬所		
小林久夫	立教大学原子力研究所		
小松悟	日本赤十字社中央病院		
久保走一	千葉大学工学部写真工学教室		
松岡順之介	九州大学医学部附属病院放射線科		
松坂光雄	東京大学生産技術研究所加藤研究室		
松坂尚典	東京大学農学部家畜薬理学教室		
宮崎智次	石川島重工第二工場監査部		

14. 第3回放射線防護短期課程研修生名簿

氏名	所属
藤井哲夫	日本原子力発電株式会社 技術部技術課
橋本芳一	慶応義塾大学工学部応用化学科
早川昭	農林省食料研究所食品栄養部 栄養化学研究室
井上康	三菱原子力工業株式会社 研究所 放射線管理室
石川光二	運輸省海技専門学院理数科
蒲地康郎	広島大学医学部 原子放射能基礎医学研究所
姜栄浩	慶北大学校文科大学物理学教室
川原光春	広島電機高等学校理化室
川崎昭	労働省労働基準局労働衛生課
木田利之	福島県立医科大学附属病院 放射線化学教室
北原義久	原子燃料公社東海製錬所 放射線管理課
黒須立雄	関西電力株式会社原子力部第1課
三浦仁	株式会社安川電機製作所研究所
小野茂	茨城県警察本部日立警察署
太田敏郎	九州大学医学部第一内科
斎藤むら子	東海大学健康管理室
坂柳迪夫	農林省北海道農業試験場農芸化学部 土壌肥料第4研究室
佐々木旭	防衛庁第3航空団衛生隊
菅井隆一	新潟大学医学部公衆衛生学教室
杉森正	農林省家畜衛生試験場研究第2部ウ イルス第2研究室
鈴木重治	川崎製鉄株式会社 千葉研究部第1研究課
鈴木義昭	国立予防衛生研究所病理部放射能室
田口正雍	日立造船株式会社技術部原子力課
高橋達海	原子燃料公社人形峠出張所技術課
寺田耕二	大成建設株式会社技術研究部
矢島明	日本原子力事業株式会社研究部
山田典将	山口県立医科大学附属病院放射線科
吉田実	日本赤十字社 秋田赤十字病院放射線科
吉村淳	国立衛生試験所大阪支所薬品部
由谷聰至	大阪府立公衆衛生研究所労働衛生部 環境衛生課放射線傷害研究室

15. 昭和 35 年度 購入雑誌バックナンバー目録

- | | | | |
|---|---|---------------------------------------|---|
| 1. Blood | Vol.1-8(1946—1953) | 10. Journal of Clinical Investigation | Vol.29-38(1950—1959) |
| 2. Journal of Biological Chemistry | Vol.132-166(1940—1946),
192-204(1950—1953) | 11. Journal of General Physiology | Vol.29-42(1945—1958) |
| 3. Biochimica et Biophysica Acta | Vol.1-12(1947—1953) | 12. Journal of Bacteriology | Vol.49-76(1945—1958) |
| 4. Radiology | Vol.49-59, No.1
(1947—1952) | 13. Review of Scientific Instruments | Vol.21-28(1950—1957) |
| 5. Analytical Chemistry | Vol.17-26(1945—1954),
28(1956), | 14. Growth | Vol.13-22(1949—1958) |
| 6. International Journal of Applied
Radiation and Isotopes | Vol.2-6(1957—1959) | 15. Experimental Cell Research | Vol.1-15(1950—1958)
(Supplement) Vol.2-7 |
| 7. Journal of Clinical Endocrinology
and Metabolism | Vol.6-18(1946—1958) | 16. Journal of Geophysical Research | Vol.60-63(1955—1958) |
| 8. American Journal of Roentgenology
Radium Therapy and Nuclear Medicine | Vol.53-78(1945—1957) | 17. Journal of Endocrinology | Vol.5-17(1947—1958) |
| 9. Strahlentherapie | Bd. 81-98(1950—1955) | 18. Acta Chemica Scandinavica | Vol.1-12(1947—1958) |
| | | 19. Physical Review | Vol.59-84(1941—1951) |

16. 昭和 35 年度購入外国雑誌目録

- Acta Chemica Scandinavica (Den.)
 Acta Medica Scandinavica (Swe.)
 Acta Radiologica (Swe.)
 Advances in Physics (E)
 American Industrial Hygiene Association Journal (A)
 American Journal of Clinical Pathology (A)
 American Journal of Human Genetics (A)
 American Journal of Pathology (A)
 American Journal of Physiology (A)
 American Journal of Roentgenology Radium Therapy and Nuclear Medicine (A)
 American Naturalist (A)
 Analytical Chemistry (A)
 Animal Breeding Abstracts (E)
 Annals of Human Genetics (E)
 Archives of Biochemistry and Biophysics (A)
 Archives of Industrial Health (A)
 Atomkern Energie (G)
 Australian Journal of Chemistry (Australia)
 Biochemical and Biophysical Research Communication (A)
 Biochemical Journal (E)
 Biochemica et Biophysica Acta (H)
 Biological Abstracts (A)
 Biological Bulletin (A)
 Biometrics (A)
 Biometrika (E)
 Blood (A)
 British Journal of Cancer (E)
 British Journal of Experimental Pathology (E)
 British Journal of Haematology (E)
 British Journal of Industrial Medicine (E)
 British Journal of Pharmacology (E)
 British Journal of Radiology (E)
 British Medical Journal (E)
 Bulletin de la Société de Chimie France (F)
 Bulletin de la Société de Chimie Biologique (F)
 Bulletin of the Atomic Scientists (A)
 Canadian Journal of Biochemistry and Physiology (CAN)
 Canadian Journal of Chemistry (CAN)
 Canadian Journal of Microbiology (CAN)
 Canadian Journal of Physics (CAN)
 Cancer (A)
 Cancer Research (A)
 Chemical Abstracts with Indexes (A)
 Chemical Review (A)
 Chemische Berichte (G)
 Chemistry and Industry (E)
 Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de L' Académie des Sciences (F)
 Deutsche Medizinische Wochenschrift (G)
 Ecology (A)
 Electronics (A)
 Endocrinology (A)
 Experientia (Swiss)
 Experimental Cell Research (A)
 Federation Proceedings (A)
 Folia Haematologica (G)
 Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklear-medizin ohne Ergänzungsband (G)
 Genetics (A)
 Geochimica et Cosmochimica Acta (E)
 Growth (A)
 Health Physics (E)
 Helvetica Chimica Acta (Swiss)
 Helvetica Physica Acta (Swiss)
 Heredity (E)
 International Journal of Applied Radiation and Isotopes (E)
 International Journal of Radiation Biology (E)
 Journal de Physique et Radium (F)
 Journal of American Chemical Society (A)
 Journal of American Medical Association (A)
 Journal of Applied Physics (A)
 Journal of Bacteriology with Bacteriological Review (A)
 Journal of Biological Chemistry (A)

- Journal of Biophysical and Biochemical Cytology (A)
- Journal of Chemical Physics (A)
- Journal of Chemical Society (E)
- Journal of Chromatography (H)
- Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism (A)
- Journal of Clinical Investigation (A)
- Journal of Colloid Science (A)
- Journal of Embryology and Experimental Morphology (E)
- Journal of Endocrinology (E)
- Journal of Experimental Medicine (A)
- Journal of General Microbiology (E)
- Journal of General Physiology (A)
- Journal of Genetics (India)
- Journal of Geophysical Research (A)
- Journal of Histochemistry and Cytochemistry (A)
- Journal of Immunology (A)
- Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry (E)
- Journal of Laboratory & Clinical Medicine (A)
- Journal of Marine Biological Association (E)
- Journal of Molecular Biology (E)
- Journal of National Cancer Institute (A)
- Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics (A)
- Journal of Physical Chemistry (A)
- Journal of Polymer Science (A)
- Journal of Research of N. B. S. Section A (A)
- Journal of Scientific Instruments (E)
- Klinische Wochenschrift (G)
- Lancet (E)
- Limnology and Oceanography (A)
- Metabolism (A)
- Nature (E)
- Naturwissenschaften (G)
- Nuclear Instruments and Method (H)
- Nuclear Science Abstracts (A)
- Nuclear Science Abstracts Index (A)
- Nucleonics (A)
- Pharmacological Reviews (A)
- Physics Abstracts (Science Abst. Sect. A) (E)
- Physical Review (A)
- Physical Review Letters (A)
- Physiological Review (A)
- Presse Médicale (F)
- Proceedings of National Academy of Science (A)
- Proceedings of Royal Society (Series A) (E)
- Proceedings of Royal Society (Series B) (E)
- Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine (A)
- Progressive Fish-Culturist (A)
- Public Health Reports (A)
- Radiation Research (A)
- Radiology (A)
- Review of Modern Physics (A)
- Review of Scientific Instruments (A)
- Science (A)
- Sewage and Industrial Wastes (A)
- Soil Science (A)
- Soviet Physics (Technical Physics) (A)
- Staub (G)
- Strahlentherapie (G)
- Tetrahedron (International Journal of Organic Chemistry) (E)
- Transaction of Faraday Society incl. Discussions (E)
- Transaction of I. R. E. on Nuclear Sciences (A)
- Virology (A)
- Water Pollution Abstracts (E)
- Zeitschrift für Analytische Chemie (G)
- Zeitschrift für Elektrochemie Berichte der Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie (G)
- Zeitschrift für Naturforschung (G)
- Zeitschrift für Physik (G)
- Zeitschrift für Vererbungslehre (G)

17. 海外関係機関よりの寄贈文献資料目録

Polish Academy of Sciences Institute of Nuclear Sciences

1. Report No. 125/VII : A note on the phenomenological theory of unstable particles.
2. Report No. 126/ I -B: Indirect absorption edge in germanium bombarded by fast neutrons.
3. Report No. 127/V : The influence of diluent polarity on the extraction of neptunium and uranium compounds to organic media.
4. Report No. 128/ I -B: Power neutron diffraction study of the orthorombic modification of lead monoxide.
5. Report No. 129/V : Separation of some rare earths by reversed-partition chromatography.
6. Report No. 130/V : Extraction from solutions of perchloric acid by tributylphosphate— I.
7. Report No. 131/ I -A: Potential scattering of neutrons for Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Se.
8. Report No. 132/VIII : Spectrographic determination of beryllium traces in ores by means of the sifter electrode.
9. Report No. 133/ I -B: In-Pile hall coefficient measurements of germanium bombarded by fast neutrons.
10. Report No. 134/ I -B: Parasitic multiple bragg scattering in the neutron crystal spectrometer.
11. Report No. 135/XIII : The Microsynthesis of acetic anhydride-1, 1-C¹⁴.
12. Report No. 136/ I -A: ГАММА СПЕКТР T_U¹⁶⁷.
13. Report No. 137/VIII : Remarks on the behaviour of diphenylcarbazone as analytical reagent.
14. Report No. 138/VIII : Microchromatographic estimation of copper, nickel, cadmium and zinc.
15. Report No. 139/X : Determination of radioactive strontium in urine.
16. Report No. 140/doz. : Measurements of radioactivity in Warsaw, Poland, during the year 1956.
17. Report No. 141/VII : On the intrinsic Pauli principle.
18. Report No. 142/ I -B: A note on the structure of tungsten carbide.
19. Report No. 143/VII : Power input computation for proton linear accelerator.
20. Report No. 144/VII : On the cloud-cloud interaction in high energy.
21. Report No. 145/VII : Elastic scattering of nucleons and pions at very high energy region.
22. Report No. 146/VI : Double maximum angular distributions in high energy nuclear collisions.
23. Report No. 147/V : Die Aufnahme der Athylendiamintetraessigsäurekomplexe von Zink, Cadmium Zirkon und Niob durch Anionenaustauscher.
24. Report No. 148/ I -A: β^+ Radiation of Pr¹⁴⁰.
25. Report No. 149/XIII : The synthesis of dibenzyl telluride.
26. Report No. 150/ChR : УСТАНОВКА ДЛЯ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ОХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ СИСТЕМ НАХОДЯЩИХСЯ В ПОЛЕ γ -ИЗЛУЧЕНИЯ.
27. Report No. 151/VI : On an attempt of detection of primary cosmic photons of very highenergy.
28. Report No. 152/ChR : The determination of the G-value of γ radiation induced reactions by polactions by polarographic electrolysis at constant potential.
29. Report No. 153/VIII : On the reaction of chromates with diphenylcarbazide.
30. Report No. 154/VII : The phenomenological barion-barion scattering theory and the relative pairty determination.

31. Report No. 155/ I -A: A simple magnetometer for Beta-spectroscopy applications.
32. Report No. 156/OFJ : Über den Mechanismus der Schwefelung von Cu-Zn-Legierungen mit Niedrigem Zn-Gehalt.
33. Report No. 157/OFJ : РАЗДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА И КОБАЛЬТА ПРИ ПОМОЩИ АНИОНИТА АСД-2.
34. Report No. 158/IX : Exact solution of the slowing down equation.
35. Report No. 159/IX : The slowing down of neutrons as a stochastic process.
36. Report No. 160/IX : Exact solution of a critical problem for a slab.
37. Report No. 161/VII : On the possibility of measuring the branching Ratio $R = \frac{(\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + \pi^- + p)}{(\pi^- + p \rightarrow \pi^+ + \pi^- + n)}$ at very high energies.
38. Report No. 162/OFJ : Elastic scattering of 13 MeV deuterons on Al.
39. Report No. 163/OFJ : Energy levels in ^{166}Er nucleus.
40. Report No. 164/ VIII : L' influence d' irradiation aux neutrons rapides sur le luminophore ZnS-Mn par P.
41. Report No. 165/V : The influence of nitric acid concent-radiation on extraction of Plutonium (VI)-tetrabutylammonium nitrate complex into mixed solvents.
42. Report No. 166/VI : Nomograms for Lorentz transformations.
43. Report No. 167/ I -B: The theory and operation of the rotating crystal slow neutron chopper.
44. Report No. 168/V : Separation various oxidation states of Plutonium by reversed-phase partition chromatography.
45. Report No. 169/V : Separation of heavy rare earths by reversed-phase partition.
46. Report No. 170/ChR : Approximate wave functions in the calculation of electron excitation accompanying the Beta-decay of He^6 .
47. Report No. 171/ChR : On the ionization of molecular gases by Beta-particles.
48. Report No. 172/V : Deposition of ^{65}Zn and ^{32}P -phosphate on various metallic and non-metallic surfaces.
49. Report No. 173/VIII : Spectral analysis by the power sifting method part 2; the effect of alkalis halogenides on excitation.
50. Report No. 174/IX : Thermal utilization factor in watergraphite moderated lattice.
51. Report No. 175/III : ИСТОУНИК СВЕТА С ИЗОТОПОМ Kr-85.
52. Report No. 176/XIII : Spectrographic analysis of halogens in solution by the copper spark method part 1.
53. Report No. 177/ I -A: Positron radiation of Tm^{166} .
54. Report No. 178/VII : Statistical theory of multiple particle production with angular momentum conservatoin.
55. Report No. 179/VI : Rapid detection of uranium traces in the presence of iron and copper.
56. Report No. 180/VIII : Spectrographic determination of trace amounts of rare earths.
57. Report No. 181/ChR : On the formation of H O in deairedated aqueous solutions under the influence of hydratation of energy of cations on the average tied of the investigated process.
58. Report No. 182/VII : Directional correlation of mesons in a cascade decay of baryons resulting form a baryon-baryon reaction.
59. Report No. 183/XVI : Estimation of the rate material transport in rotary kins used for decomposition of calcium sulfate at the sulfuric acid plant at Wizow, Poland.
60. Report No. 184/IX : The distribution of neutron spectrum temperatures in an infinite plate a heavy gas moderator.

61. Report No. 185/ChR: ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТЕКОЛ ЛЮД ДЕЙСТВИЕМ ТАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ.
62. Report No. 186/I-B: The optical properties of slow chopper and time-of-flight device.
63. Report No. 187/XII: Floating point arithmetic for digital computers.
64. Nukleonika Tom. 4 (1959) Nr. 4-6, Tom. 5 (1960) Nr. 4-11, Tom. 6 (1961) Nr. 1

Oak Ridge National Laboratory, Biology Division (U.S.A.)

65. Symposium on mammalian genetics and reproduction given at research conference for biology and medicine of the atomic energy commission, held at Gatlinburg, Tennessee April 4-7, 1960.
66. Some delayed effects of atomic-bomb radiations in mice by A. C. Upton and others. (Cancer Research Vol. 20 No. 8) The University of Chicago Press, 1960. 59p. plates 27 cm.
67. Season's greeting to members and friends of the biology division. (Bulletin of the Biology Division Dec. 19, 1960) Vol. 13 No. 11, 40 p. 28 cm.

Argonne Cancer Research Hospital (U.S.A.)

68. Semiannual report to the atomic energy commission Mar. 1960. (AEC report: ACRH-13)

AEC Atomic Energy Commission (U.S.A.)

69. Annual report to Congress of the Atomic Energy Commission for 1959.

18. 放射線医学総合研究所組織英文呼称

所 長 Director	臨床研究部 Division of Clinical Investigation
管 理 部 Administration	臨床第1研究室 Clinical Investigation—1 Laboratory
庶 務 課 General Affairs Section	臨床第2研究室 Clinical Investigation—2 Laboratory
会 計 課 Accounting Section	臨床第3研究室 Clinical Investigation—3 Laboratory
企 画 課 Planning Section	養成訓練部 Training Division
物理研究部 Division of Physics	教 務 室 Course Office
物理第1研究室 Physics—1 Laboratory	指 導 室 Instruction
物理第2研究室 Physics—2 Laboratory	技 術 部 Technical Service Division
物理第3研究室 Physics—3 Laboratory	技 術 課 Technical Service Section
化学研究部 Division of Chemistry	保健安全課 Health Physics Section
化学第1研究室 Chemistry—1 Laboratory	放射能検査課 Radioactivity Inspection Section
化学第2研究室 Chemistry—2 Laboratory	病 院 部 Hospital
化学第3研究室 Chemistry—3 Laboratory	事 務 課 General Affairs Section
生物研究部 Division of Biology	医 務 課 Medical Affairs Section
生物第1研究室 Biology—1 Laboratory	検 査 課 Clinical Pathology Section
生物第2研究室 Biology—2 Laboratory	総看護婦長付 Nursing Section
遺伝第1研究室 Genetics—1 Laboratory	東海支所 Tokai Branch Laboratory
遺伝第2研究室 Genetics—2 Laboratory	管 理 室 Branch Office
生理病理研究部 Division of Physiology and Pathology	
生理学研究室 Physiology Laboratory	
病理第1研究室 Pathology—1 Laboratory	
病理第2研究室 Pathology—2 Laboratory	
障害基礎研究部 Division of Radiation Hazards	
障害基礎第1研究室 Radiation Hazards—1 Laboratory	
障害基礎第2研究室 Radiation Hazards—2 Laboratory	
障害基礎第3研究室 Radiation Hazards—3 Laboratory	
薬学第1研究室 Pharmacology-1 Laboratory	
薬学第2研究室 Pharmacology-2 Laboratory	
環境衛生研究部 Division of Environmental Hygiene	
環境衛生第1研究室 Environmental Hygiene—1 Laboratory	
環境衛生第2研究室 Environmental Hygiene—2 Laboratory	
環境衛生第3研究室 Environmental Hygiene—3 Laboratory	
環境衛生第4研究室 Environmental Hygiene—4 Laboratory	

19. 放射線医学総合研究所日誌

昭和35年

- | | |
|---|---|
| <p>4月5日 所議（以下毎週火曜日定例）</p> <p>6日 衆議院科学技術振興対策特別委員会委員見学</p> <p>7日 ベータatron打合せ会</p> <p>8日 ヒューマン・カウンター委員会，東海支所委員会</p> <p>13日 ヒューマン・カウンター委員会，R I棟委員会</p> <p>14日 鈴木正環境衛生第2研究室長 I A E A保健安全廃棄物処理部の Professional Officer として赴任</p> <p>18日 総合研究課題打合せ会，管理部供用官会議</p> <p>19日 科学技術振興週間始まる，所内一般公開，約3,000名来所，ベータatron打合せ会，飯沼武研究員（物理研究部）原子力留学生として英国へ出発</p> <p>22日 R I棟委員会</p> <p>23日 映画「アイントープの安全取り扱い」製作委員会，組織規則改正さる（総理府令第22号）</p> <p>26日 セシウム打合せ会</p> <p>27日 R I棟委員会，第3回国連資料小委員会，大阪府原子力促進委員会一行見学</p> <p>28日 動物舎委員会</p>
<p>5月1日 竹内正生理病理研究部長発令</p> <p>2日 所議，研究部懇談会</p> <p>6日 動物舎委員会</p> <p>11日 R I棟委員会</p> <p>12日 亀山忠典研究員（化学第2研究室）米国ORNLより帰任</p> <p>14日 科学技術庁付属研究所連絡会議（於材技研）</p> <p>15日 田中茂臨床研究部長発令</p> <p>16日 R I棟委員会，照射棟委員会</p> <p>17日 顧問会議（於日比谷松本楼）</p> <p>18日 Ralph E. Cleland 博士（米国インディアナ大学大学院科長，米国科学アカデミーユネスコ活動委員会委員長）来所，「細胞生物学における最近の進歩」と題して講演</p> <p>20日 R I棟委員会</p> | <p>26日 動物舎委員会</p> <p>27日 第6回厚放研連（於国立栄養研究所）</p> <p>30日 放射線影響協会設立発起人会</p>
<p>6月1日 R I棟委員会，映画「環境の管理」試写会</p> <p>2日 R I棟委員会</p> <p>3日 照射棟委員会</p> <p>6日 第2回放射線防護短期課程始まる</p> <p>8日 東海支所委員会</p> <p>9日 第6回研究集談会（原子力委員，国立遺伝学研究所長木原均博士を囲んで）</p> <p>10日 共同実験室委員会</p> <p>13日 R I棟委員会，共同実験室委員会，第7回研究集談会（東大教授吉川春寿博士「核酸をめぐる諸問題」）</p> <p>14日 共同実験室委員会</p> <p>15日 東海支所着工</p> <p>16日 所議，R I棟委員会</p> <p>18日 所議</p> <p>20日 動物舎委員会</p> <p>22日 共同実験室委員会，東海支所委員会</p> <p>23日 動物舎東海支所合同委員会，R I棟委員会</p> <p>24日 所議，第7回厚放研連（於国立予防衛生研究所）</p> <p>25日 所議</p> <p>27日 第19回日本医学放射線学会関係予演会</p>
<p>7月1日 放射線医学総合研究所創立3周年記念日，渥美節夫管理部長転出，榊原毅管理部長，伊藤技術部長（兼）発令，第19回日本医学放射線学会（7月3日まで）</p> <p>8日 所議（昭和36年度予算編成会議）</p> <p>13日 R I棟委員会</p> <p>15日 第8回研究集談会（第19回日本医学放射線学会報告），ベータatron棟着工さる</p> <p>16日 放医研「海の家」開設（浜金谷）</p> <p>19日 動物舎委員会，事務分掌規程改正さる（所長達第8号）</p> <p>20日 動物舎委員会，R I棟委員会</p> |
|---|---|

- 27日 R I 棟委員会
- 8月1日 共同実験室委員会
- 10日 米国 Brookhaven National Laboratory 生物部長 Cirtis 博士来所, 講演「Radiation-induced aging」
- 14~18日 会計検査
- 25日 永井輝夫臨床第2研究室長, 米国 ORINS より帰任, 放医研「海の家」終る
- 9月2日 第8回厚放研連(於放医研)
- 3日 映画製作委員会
- 5日 第4回国連資料小委員会
- 7日 ベータトロン打合せ会, 動物舎委員会
- 8日 第9回研究集談会(東大伝染病研究所 勝田甫氏「組織培養法について」)
- 9,10日 映画製作委員会
- 12日 共同実験室委員会
- 15日 所長第8回国連科学委員会出席のため出発
- 16日 日本内分泌学会関東部会関係予演会
- 19日 第10回研究集談会(米国 ORNL, Biology Division, T. Makinodan 博士「放射線と免疫抗体産生」)
- 26日 病院建設委員会, 長期計画に関する打合せ会
- 28日 宿舎審議会
- 10月1日 渡辺博信環境衛生研究部長発令
- 3日 第3回放射線防護短課程始まる, 廃棄物処理棟増設分着工きまる
- 5日 R I 棟委員会, 第11回研究集談会(永井輝夫臨床第2研究室長帰国談)
- 9日 所長帰国
- 15日 共同実験室物理系委員会
- 20日 米国 California 大学 Virus 研究所 Stent 博士, 米国 Stanford 大学教授 Caplan 博士来所
- 28日 第12回研究集談会(塚本所長, 田島参与帰国報告), 放射線影響学会関係予演会
- 11月1日 放射線影響学会関係予演会, 中村弥障害基礎第1研究室長渡仏(フランス政府技術留学生, 原子力留学生)
- 4日 西独フライブルク大学放射線研究所(Radiologisches Institut der Universität Freiburg)Hanns Langendorff 博士および Hauss Joachim Melching 博士来所
- 7日 ヴァン・ド・グラーフ打合せ会, 第9回厚放研連(於厚生省第2会議室)
- 7,8日 「放射線の遺伝的影響」に関するシンポジウム
- 10,11日 日本放射線影響学会第2回研究発表会
- 15日 鈴木暁之化学第2研究長, フランスへ出発(原子力留学生)
- 18日 R I 棟委員会, 映画製作委員会
- 25日 第2回放射能調査研究成果発表会
- 29日 第3回放射線防護短期課程終了式
- 30日 動物舎委員会
- 12月2日 所議
- 9日 動物舎委員会
- 10日 IAEA Mehl 博士, 鈴木正氏来所
- 13日 東海支所引渡し
- 22日 映画「放射性同位元素の安全取扱い」クランクイン
- 昭和36年
- 1月1日 田中栄一物理第1研究室長, 市川龍資環境衛生第4研究室長発令
- 4日 新発田杏子研究員(障害基礎研究部)西独へ出発(IAEA フェロシップ)
- 5日 36年度予算査定内示はじまる
- 15日 36年度予算内示終る
- 16日 病院部伊東茂事務課長, 田崎英生医務課長発令, 共同実験室物理系委員会
- 19日 共同実験室化学系委員会
- 21日 共同実験室生物系委員会
- 23日 宿舎審議会
- 24日 池田科学技術庁長官一行来所
- 26日 R I 棟委員会
- 27日 廃棄物処理委員会
- 2月1日 松友信寿技術部長, 熊谷富義病院部長, 玉置文一薬学第2研究室長, 天野隆治企画課長補佐発令, ベータトロン打合せ会
- 4日 原子力開発の長期計画に関するシンポジウム「安全性をめぐる」開催

- | | | | |
|--------|--|-----|--|
| 6日 | ベータトロン打合せ会, ^{14}C ・ ^3H 関係打合せ会 | 2日 | 昭和36年度実行予算関係調査説明会 |
| 8日 | ヴァン・ド・グラーフ打合せ会 | 3日 | 共同実験室物理系委員会, 第6回国連資料小委員会 |
| 10日 | R I 棟委員会, 東海支所打合せ会 | 4日 | 動物舎委員会 |
| 11日 | 共同実験室生物系委員会, 基礎科学研究将来計画シンポジウム | 6日 | 昭和36年度研究計画検討会, 昭和36年度業務計画検討会 |
| 13日 | 共同実験室化学系委員会, 崔韓国原子力研究所長来所 | 10日 | R I 棟委員会, 所長および田島参与, 市川龍資環境衛生第4研究室長, 第9回国連科学委員会出席のため出発 |
| 15日 | 東海支所打合せ会, 原子力総合研究成果発表会 | 16日 | 技術部小岩規男保健安全課長, 望月尚文放射能検査課長発令, 共同実験室物理系委員会, 米国オークリッジ原子核研究所 (ORINS) 養成訓練部長 Ralph T. Overman 博士来所 |
| 16日 | 石井喜久子総看護婦長発令 | 17日 | 日本原子力学会会員見学 |
| 17日 | 共同実験室生物系委員会, 第5回国連資料小委員会, 第10回厚放研連 (於科学技術庁第3会議室) テヘラン大学原子核研究所長アザド氏来所 | 20日 | 共同実験室生物系委員会 |
| 20日 | アルファ線棟準備委員会 | 22日 | ヴァン・ド・グラーフ打合せ会 |
| 21~23日 | 昭和36年度研究計画検討会, 昭和36年度総合研究課題検討会 | 24日 | 英国エジンバラ大学動物遺伝学研究所 (Institute of Animal Genetics) の Charlotte Auerbach 博士来所 |
| 24~25日 | 放射線総合研究代表者会議 | 27日 | 日本医学放射線学会関係予演会 |
| 27日 | 東海支所委員会 | 29日 | 所長および田島参与, 市川室長ら帰国 |
| 3月1日 | アルファ線棟準備委員会 | 30日 | 宿舍審議会 |