

■ 第30回 放医研シンポジウム報告 ■

放射線の生体影響とその修飾

—— 実験発がんを中心として ——

本シンポジウムは、平成10年11月19日（木）・20日（金）の両日、

放医研・講堂において開催された。今回のシンポジウムは、動物を使っ

た放射線の生体影響研究の現状を捕えると共に、その基礎となる障害発

生機構の理解を深め、生体影響の低減化に向けた研究の展開を指向した

ものとして企画された。



第30回 シンポジウム 風景

各講演・セッションの概要は以下の通り（講演順）である。

1. 基調講演「放射線被ばくのデトリメント：概念と評価」：稲葉氏（放

医研）は、まだ一般にはなじみの薄いデトリメントについて、その概念

の解説をすると共にデトリメント評価における問題点を指摘し、放医研

の取り組みを紹介した。

2. 放射線影響の線量・線量率効果（3演題）：現在、問題意識を持たれ

ている放射線被ばくの中で最大の課題は、低線量あるいは低線量率被ば

くによる生体への影響であり、佐々木氏（放医研）、古瀬氏（放医研

）、佐藤氏（環境科技研）の発表があった。

3. 発がんの遺伝的要因（4演題）：遺伝的要因は発がん感受性の決定に

重要で、腫瘍発生にはどのような遺伝的要因が関係するかについて、神

谷氏（広大・原医研）、相沢氏（放医研）、島田氏（放医研）、日合氏

（京大・医）の発表があった。

4. 遺伝子変異／組換え動物の発がん感受性（3演題）：発がん機構を解

明するための遺伝子変異動物や遺伝子改変動物を使った研究について、

石井氏（放医研）、續氏（九大・医）、武藤氏（東大・薬）の発表があ

った。

5. 発がんの修飾要因（4演題）：発がんの予防や放射線のデトリメント

の低減化に関し、小野田氏（放医研）、吉田氏（放医研）、佐井氏（国

立衛研)、森氏(岐阜大・医)の発表があった。

6. 特別講演「New findings of long-term radiation effects on

cancer and non-cancer risks among atomic bomb survivors and

the need for animal experiments」: Preston博士は、広島(財)

放射線影響研究所、統計部の部長で、50年以上にわたる被ばく者の寿命

調査データの最近の解析結果と今後、動物実験によって解析されるべき

課題を提起した。

7. 内部被ばく発がんとその修飾(3演題): 環境で問題となる放射性物

質の中で、トリチウム、放射性ヨード、プルトニウムそれぞれについて

て、山本氏(広島国際大)、新田氏(広大・原医研)、小木曾氏(放医

研)の発表があった。

8. 放射線による胎児影響(3演題): 胎児の被ばくでは様々な障害が発

生ずる。胎児の影響について久保田氏(放医研)、伏木氏(京都府立医

大)、法村氏(産業医大)の発表があった。

9. 総評: 丹羽氏(京大・放生研)は、今回のシンポジウムの総括をし、

これからの研究における動物実験の意義や課題について述べた。

今回のシンポジウムを通し、発がんや胎児影響研究への真摯な取り組

みと、発がん機構解析の急速な展開が実感されると共に、発がん抑制研

究が新たなステラテジーをもって進み出していることを感じた。今後の

放射線影響研究における動物実験の重要性を改めて認識させられた有意

義なシンポジウムであった。

(実行委員

長 荻生 俊昭)

●シリーズ：放射線とつきあうために…… 3



放射線と放射能の性質

放射線の性質

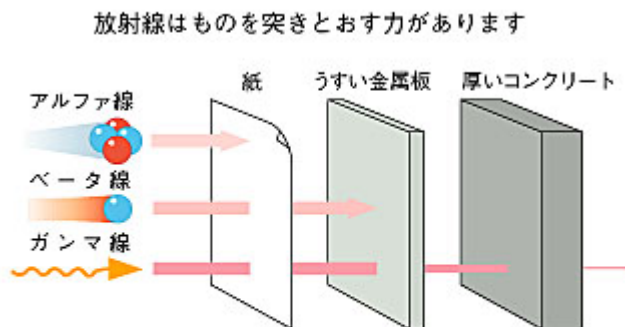
このシリーズの最初に述べましたが、第一に、放射線は人には見えな

い、聞こえない、感触もない、臭いもないし、味もない。つまり、人間

の五官で感ずることはできません。しかし、放射線には直接あるいは間

接に物質を電離する性質があります。これをうまく利用して、間接的に

放射線の存在すること、あるいは、その量を知ることができます。



放射線の透過力

第二に、放射線には物を通り抜ける性質がありますが、放射線の種類

によってその透過力は異なります。例えば、放射性物質から出てくる α

線は、空気中なら数cmで止まってしまいますし、1枚の紙で止めること

ができます。 β 線なら0.5mm位のアルミの板で止めることができます。

ところが、 γ 線はコンクリートの壁や、鉛などの遮蔽材で、その量を減

らすことはできますが、完全に止めることはできません。コバルト-60

のγ線は30cmのコンクリートでも、約1/10は通り抜けてしまいます。

一般に、α線やβ線だけでなく、加速した電子線、陽子線、重イオン

線など電荷を持った放射線は、直接電離放射線と呼ばれ、その透過力あ

るいは透過厚さは、粒子の種類やエネルギーによって決まってきます。

一方、X線やγ線、中性子線など電荷を持たない放射線は間接電離放射

線と呼ばれ、透過物質の厚さと共に減少しますが、完全になくなること

はありません。もっとも十分厚い壁で遮蔽され、普通の自然放射線の量

と同じくらいになれば、透過量を知ることは難しくなります。

加速器などで人工的に作り出す放射線には、もっと高いエネルギーの

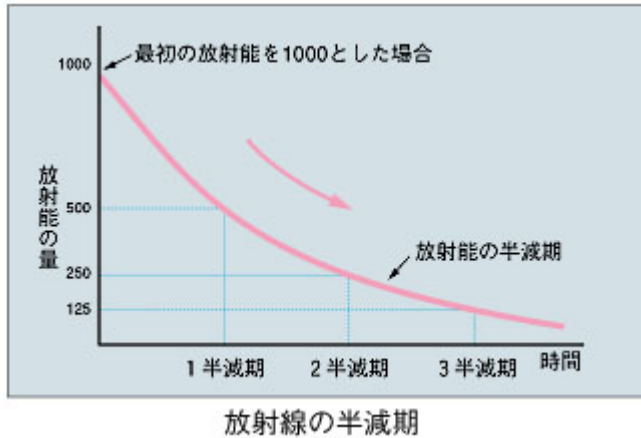
荷電粒子もあって、エネルギーは低下しますが厚い物体を通り抜けてし

まうこともあります。また、その荷電粒子が原子核反応により2次的に

放出する放射線には電荷を持たないものもあるので、厚い壁でも僅かな

X線やγ線、中性子線などが通り抜けてくることもあります。X線や中

性子線でも、エネルギーが高くなれば透過力も増します。



放射能の半減期

放射性物質から放出される放射線の量、すなわち放射能は、時間と共に

に次第に減っていきます。その減り方を表すのに「半減期」という言葉

を使います。最初1000あった放射線の量が500に減るまでの時間を半減

期といいます。半減期は、放射性物質の種類によって異なります。一般

的に、半減期が長ければ長いほど単位質量・単位時間当たりの放射線の

量は少なくなりますが、放射能の量はなかなか減りません。一方、短半

減期の放射性物質は、初めは単位質量・単位時間当たりの放射線の量は

多いのですが、比較的短時間の内に放射能の量は減って無くなってしま

います。

主な放射性物質の半減期として、最近核医学検査でよく使われる炭素

-11、窒素-13、酸素-15、フッ素-18は、それぞれ20分、10分、

2分、110分です。核分裂で比較的たくさんできるストロンチウム-90

セシウム-137の半減期は、それぞれ29年、30年です。いろいろな分

野で広く利用されているコバルト-60は約5.3年です。医療によく使わ

れていたラジウムは1600年、原子炉の燃料として使われているウラン

-235は71億年です。天然に存在し、私たちの体にもたくさん含まれて

いるカリウム-40の半減期は約13億年です。私たちは元々、全く放射線

や放射能のないところでの生活はできないのです。

(特別研

究官 河内 清光)



放医研の研究活動の活性化と進展を担う

企画室の業務活動

企画室は、近年の研究内容の多様化・高度化、期限付きの研究グループ

制の導入、的確な研究評価の実施、資源の的確な配分、国内・国際研

究協力・交流の強化等を踏まえ、企画調整機能を拡充・強化するため、

平成7年度に行政職のみの管理部企画課から、研究職の室長をトップと

した新組織になりました。

企画室の業務内容は、年々、多様化・複雑化するとともにその量は増

大してきており、日々の業務に忙殺される毎日ですが、当所の研究活動

の活性化・進展あるいは研究環境の改善等のため、研究部門、医療部

門、管理部門、技術部門等の協力の下、21名の職員（非常勤職員含む）

で過酷な企画室の業務をこなしています。各係等の業務の一端をご紹介します。

します。



研究職の研究企画官及び安全解析研究企画官は、研究の企画・立案を

はじめ、社会的要請の高い研究評価の実施及び評価基準の策定、放医研

の長期的な方針を定める長期業務計画の策定、さらに各係で対応できな

いような業務を中心に担当するとともに、研究者と行政との重要なパイ

プ役になっています。

企画係は、予算要求、機構定員要求、予算実行計画の編成、科学技術

振興調整費（9年度22課題）の予算要求・執行・大学への委託、補助金

等の外部資金の導入、外部機関との共同研究・受託研究の締結、外来研

究員・特別研究員・客員研究員・客員研究協力員等外部の研究員等の受

入、原子力基盤技術総合的研究等の企画調整、外部研究者を招聘しての

講演会の開催等の業務を担当しています。予算関係の業務について具体

的にご紹介します。

毎年初春頃から、次年度の新規研究等の目玉となる重要施策につい

て、調査研究の重要事項を審議する研究総合会議を中心に検討を開始

し、4月から5月頃に策定します。同時並行して所内の次年度概算要求

ヒアリングを行い、研究総合会議の意向を踏まえつつ、150億円にも上

る予算の要求資料を作成します。この資料をもとに、6月上旬から科学

技術庁への3～5回の説明に始まり、9月からの大蔵省への説明になり

ます。その間、資料の作成・訂正、質問に対する回答の作成等、迅速な

対応を連日行いますが、これが12月末の大蔵省内示まで続きます。さら

に、1月には次年度業務計画の策定を始めるとともに、実行予算計画編

成のためのヒアリングを行い、3月末頃までに業務計画の策定及び予算

実行計画の編成を行います。これが大凡の予算関係の年間を通しての業

務の流れですが、この間にはお天道様が顔を出すような時間まで仕事を

することもしばしばあります。機構・定員要求についても、所管が総務

庁である違いはあるものの、新規に1人を獲得するため、予算要求と同

様に膨大なエネルギーを費やすことになります。にもかかわらず、認め

られないときは虚脱感と篋棒な量の分厚い資料ファイルだけが残りま

す。（これらの業務については、個人的に国のシステムを見直すことに

より、相当の業務の簡素化に繋がるのではないかと考えています。）

[国際研究協力官及び調査係](#)は、各国との科学技術協力協定に基づくプ

ロジェクトの企画調整、平成7年頃から増え続ける研究者の外国出張・

留学手続き（年間約150人）及び外国研究者の招聘・受入（年間約80

人）、外国人来訪者への対応、国際ワークショップの開催等の国際研究

協力・交流の業務を担当しています。

広報専門官及び統計係は、重粒子線がん治療臨床試
行を中心とした一

般からの問い合わせ、マスコミの取材への対応（年間
約50件）・プレス

発表等、外部からの問い合わせの窓口になっており、
きめ細かい対応を

行っています。また、和文・英文年報、最新の研究成
果や研究状況を掲

載した「放医研ニュース」、「放射線科学」、社会的
要請及び科学技術

政策上のニーズへの対応のために研究所の総合性を発
揮した特別研究の

報告書等の刊行、シンポジウム・環境セミナーの開催
及びその報文集の

刊行、各種パンフレットの作成、見学者への対応（年
間約50件）、所内

一般公開の開催、国有特許の取得手続き等、研究成果
の情報発信・広報

を中心とした業務を担当しています。

放射能資料係は、放射能調査研究の予算要求・予算
実行計画の編成、

万全な体制が不可欠な緊急被ばく医療・緊急モニタリ
ング等の原子力防

災対策、原子力防災訓練の実施、国連科学委員会ドラ
フトへのコメント

の取りまとめ、米国の原子力軍艦の寄港（年間約100
件）に伴うモニタ

リングの専門家派遣の調整、放射能水準に関わる調査
及び編集・刊行等

の業務を担当しています。

専門職は、当所で強かに推進している重粒子線がん治療臨床試行につ

いて、外部の有識者等で構成される重粒子線治療ネットワーク会議・同

部会・同分科会・臨床研究班、重粒子線がん治療装置の共同利用に係わ

る委員会等、年間約100回にも及ぶ会議の運営・調整、共同利用に伴う

外部研究者（約400人）受入に係わる業務等を担当しています。他の各

係でも多数の委員会等の運営を担当してます。

以上の他、紙面には書ききれないほどの雑多な業務を抱えています

が、研究者等からの要望に応えるとともに、研究所の運営が円滑に遂行

できるよう、さらに21世紀に向け、より魅力溢れる研究所になるよう企

画調整業務を行っています。

HIMAC news

ファラデーカップ

<HIMACのビームモニタ1>

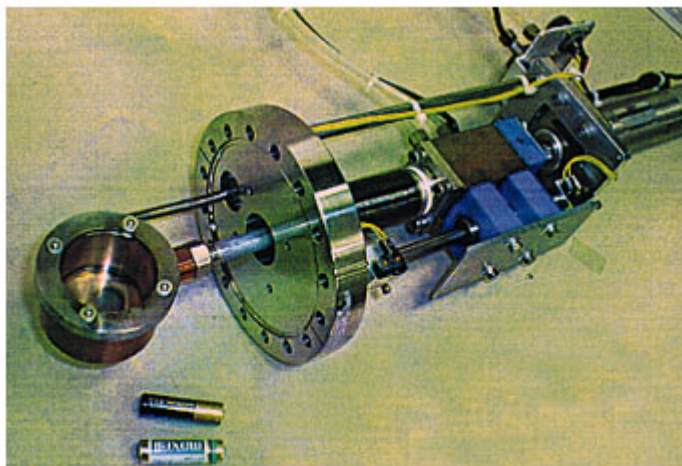


図1 入射器（低エネルギー）用ファラデーカップ

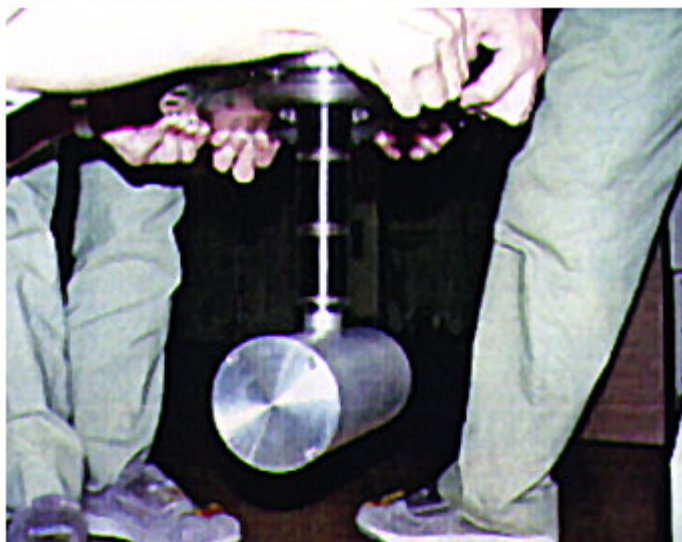


図2 シンクロトロン（高エネルギー）用
ファラデーカップ

ファラデーゲージとも言われ、加速器等で得られる荷電粒子を直接電

流として計測するための最も基本的な検出器です。約250年前、有名な

ファラデーが似た装置で電界測定に応用したため、この名前と呼ばれま

す。多くは金属製の円筒型（図1）ですが、精度を問わない場合は金属

の塊（図2）も使われます。計測方法としては、直接微小電流計とつな

いで用いられます。荷電粒子は物質に当たると二次電子や二次イオンを

生成して、入射荷電粒子を対象とした電流計測時には誤差の要因となり

ます。%以下の精度を得るためには、かなりの工夫が必要となります。

多くの場合問題となる二次電子は金属表面から放出されます。その工

ネルギーは大部分が20eV以下の低いものですが、電子1個当たり負の1

価の（プロトン1個に相当する）電気量を持って出ていくので、電荷計

測上は問題となります。また放出量は、当たる荷電粒子のストッピング

パワー（エネルギーロス）に（ほぼ）比例するため、重イオンの場合

HIMAC入射器エネルギーに相当する数MeV/n領域は比較的放出量が多

く、図1にあるようにカップの形状にして放出二次電子を捕獲するよう

に工夫します。しかし、これでも精度上不十分なのでさらにカップ入り

口に負電極（-100V程度）を設けて二次電子がカップから出ていかない

（押戻す）ようにして、やっと数%の精度が得られるようになります。

この負電極をサプレッサとも呼びます。さらに高精度を要求する場合

は、開口直径と長さの比が10倍程度（あるいはそれ以上）になるように

して幾何学的に出ていく二次電子量を制限すると共に、カップ開口部に

磁石を設けて出ていこうとする二次電子を曲げることにより、上記二次

電子のカップからの放出を防ぎます。大電流（かつ高エネルギー）の場合

は、ビームエネルギー損失によるカップ自身の冷却も必要となります

し、高精度を狙う場合は配管を含む冷却系のリーク電流にも注意を払う

必要があります。

HIMACシンクロトロンのような高エネルギービーム（数100MeV/n）

になりますと、上記のような工夫が現実的ではなくなります。低エネルギー

ビームが金属に打ち込まれた場合ビームは、カップを構成する金属

の厚み（mm程度以上）より遥かに短い距離（0.1mmのオーダー）で、金

属中に停止します。この長さを飛程（レンジ）と呼びます。ところが、

数100MeV/n領域になりますと、このレンジは（He等の軽イオンでは特

に）数10cmにも達します。つまり、ビームを止めるだけで相当な厚さ

（重さ）が必要になりますし、高速開閉動作上の問題にもなります。高

エネルギービームは、金属表面での二次電子放出量は比較的少ないので

すが、この厚い金属中で核反応を起こしていろいろな二次イオンを生成

し、問題となります。この中で、レンジの長いプロトン等は金属塊を出

ていく確率が高くなり、大きな誤差の要因となります。この二次イオン

を制御することは、簡単では無いので、通常は行われません。また、重

い金属程ビームが当たった場合の誘導放射能が大きい
ため、高エネルギー

ービームを止める材質としては（安全管理上）軽い金属が望ましいと言

えます。HIMACシンクロトロンでは、ファラデーカップ用金属を二段に

分け、多くの場合殆どのビームが失われる一段目はアルミ（軽い金属）

で製作（図2）して高速動作と低放射能を優先させ、二段目は銅材（重

い金属）としてビームを完全に止めるようにしています。これで10%程

度の精度で荷電粒子を計測できます。

（医用重粒子物理・工学研究

部 佐藤 幸夫）

◆お知らせ◆

『人類のα線発癌についての国際ワークショップ』

—来年1月20～22日、日本で初めての開催—



故 塚本憲甫博士

“International Workshop on Health Effects of Thorotrast,

Radium, Radon and Other Alpha-Emitters 1999”の
名称で、「人

類での発癌を中心としたα線晩発障害の国際ワークショ
ップ」が来年の

1月20～22日の3日間、東京大学・山上会館で、実行
委員会と放医研の

共同主催で開かれます。

この会議は、放医研の第2代所長 故塚本憲甫博士
が、わが国からのた

だ一人の代表として出席した、1965年にIAEAの発足
を記念し、α線晩

発障害研究のため、ウィーンで開かれたIAEA、WHO
共同主催の国際会議

“The Dosimetry and Toxicity of Thorotrast”が発展し
たものです。

そして、その10回目の会合が、初めて、わが国で開か
れることになりま

した。

この会議に関するより詳しい情報や会議のプログラ
ムが必要な方は、

癌研究所 病理部の石川雄一（TEL.03-3918-0111 内
線4324、

FAX.03-5394-3923）、もしくは放医研研究総務官
稲葉次郎

（TEL.043-251-2111 内線203、FAX.043-206-
6282）まで、

ご連絡くださるようお願い致します。