

“のぞいてみよう _____ 最先端の放射線治療と放射線研究”

好天に恵まれた日曜日の公開で
過去最高の見学者を迎え、盛況のうちに終了



恒例の放医研所内一般公開が、那珂湊放射生態学研究センターは4月

16日、本所は4月19日に行われた。特に本所は異例の日曜日開催とした

が、好天にも恵まれこれまでの平均の2倍を超える1256名の見学者が訪

れた。休日開催で専門学校や高校生等の団体は例年の半分程度にとどま

ったにもかかわらず、家族連れ等近隣の方がたが大勢見学され、放医研

にとっても意義のある研究所公開となった。

新装なった重粒子治療推進棟の大会議室で行った重粒子治療センター

長の講演は大盛況で、熱心な質疑応答が行われ、重粒子治療に対する関

心の高さがうかがわれた。また、今年は公開時間を10時から17時と1時

間延長し、昨年に続いて重粒子線棟も公開したが、公開施設や体験コー

ナー、パネル展示の前は終日にぎわい、説明員等対応職員は嬉しい悲鳴

をあげていた。

scid 遺伝子変異と放射線感受性

scid (重症複合不全症) マウスは、C. B-17マウスの中から、Tリンパ

球もBリンパ球も無い免疫不全マウスとして見つかった。リンパ球が分化

し、機能を獲得する際にはT細胞受容体あるいは免疫グロブリン遺伝子が

一度切断され、必要な遺伝子の断片が繋ぎ直されること (即ちV(D)J再配

列) が必要である。scidマウスではこの繋ぎ直しの過程に不全があり、

切れたDNA断片が再結合できないため免疫機能が獲得できない。この

scidマウスは、放射線に高感受性で、放射線誘発DNA二本鎖切断の再結

合にも欠陥があることが1990年にFulopとPhillipsにより報告されて以

来、放射線生物学領域で注目された。近年、このscid変異はDNA依存性

プロテインキナーゼの触媒サブユニット (DNA-PKcs) をコードする遺

伝子におきた突然変異であることが、いくつかのグループから報告され

ている。一方、ヒトの遺伝性疾患である末梢血管拡張性運動失調症(AT)

の患者 (ATホモ) では放射線に高感受性で、免疫不全があり、リンパ

腫が高発する等、scidマウスと類似した症状を示し、またその母親 (AT

ヘテロ保因者) では乳がんが発生しやすいことが知られている。

私達は、遺伝性の放射線高感受性疾患と発がん感受性の関連性の解析

のため、まず、scidマウス、C. B-17マウス及びそれらの交雑初代(F1)

マウスを用い、個体及び細胞レベルで放射線感受性の検討を行った。

急性全身照射実験の結果、放射線照射後30日以内に50%の動物が死亡す

る線量 (LD₅₀₍₃₀₎) は、scidマウス、C. B-17マウス及びF1マウスで

は各々、4.1Gy、6.5Gy、7.0Gyであり (図1)、scidマウスは放射線感

受性が高いことが確認された。

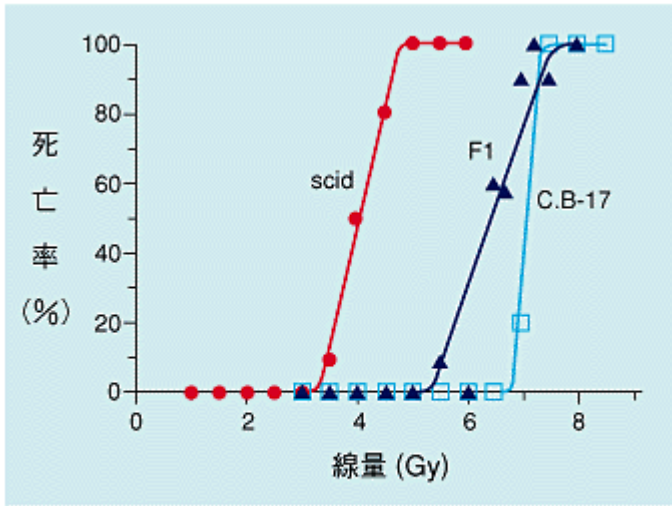


図1 放射線全身照射による各系統マウスの急性死亡率曲線

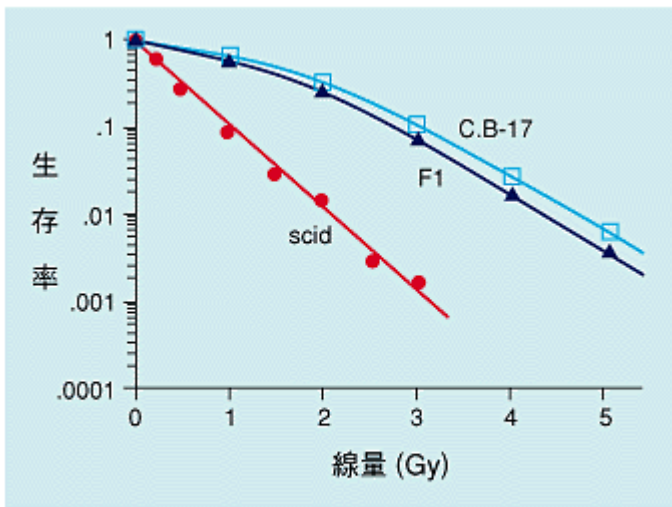


図2 放射線照射後の各系統マウス骨髄細胞の生存率曲線

また、同一の致死線量を照射されたC. B-17マウスとF1マウスでは、F1

マウスは有意に生存日数が短縮していた。さらに、各々の系統の骨髄細

胞を用い、放射線感受性を調べた結果、C. B-17マウスとF1マウスの骨

髄細胞はscidマウスの骨髄細胞に比べると放射線感受性はかなり低かつ

たが、F1マウスの骨髄細胞はC. B-17マウスの骨髄細胞に比べ、有意に

放射線感受性が高かった(図2)。即ち、scidヘテロマウスではscidホ

モマウスに比べるとはるかに放射線感受性は低いものの野生型マウスよ

りは感受性が高いことが示された。

それでは、放射線の発がん誘発能に対し、*scid*ヘテロマウスはどう反

応するのであろうか。γ線の照射を受けた*scid*マウスでは胸腺リンパ腫

の発生率が高率であったが、C. B-17マウス及びF1マウスでは胸腺リン

パ腫の発生率は低く、C. B-17マウスとF1マウスの間で差はなかった。

即ち*scid*ヘテロの効果は見られていない。その他の臓器の腫瘍の発生に

関しては差が有るか否かについては未だ解析が済んでいない。現在、動

物飼育実験が終了した段階で、全腫瘍を対象に組織学的な診断・解析を

進めているところである。

(第5研究グループ：石井 洋子、小林 森*、西村まゆみ、

島田 義也、佐渡 敏彦

**、荻生 俊昭

*客員協力研究員、

**特別研究員)



2つのシステムを備えた

PIXE (荷電粒子励起X線) 分析用加速器システム

昭和36年度から稼働してきたバンデグラフ加速器が、平成10年度に更

新されます。新しい装置は、High Voltage Engineering社製タンデム

型加速器 (最高加速電圧1.7MV) です。当面は、PIXE (荷電粒子励起X

線) 分析専用の加速器としての利用に限られますが、将来ごくわずかな

改造で、速中性子線を利用した生物影響研究にも利用できるものとなり

ます。そのため、建物の正式名称もバンデグラフ棟から静電加速器棟と

変更の予定です。

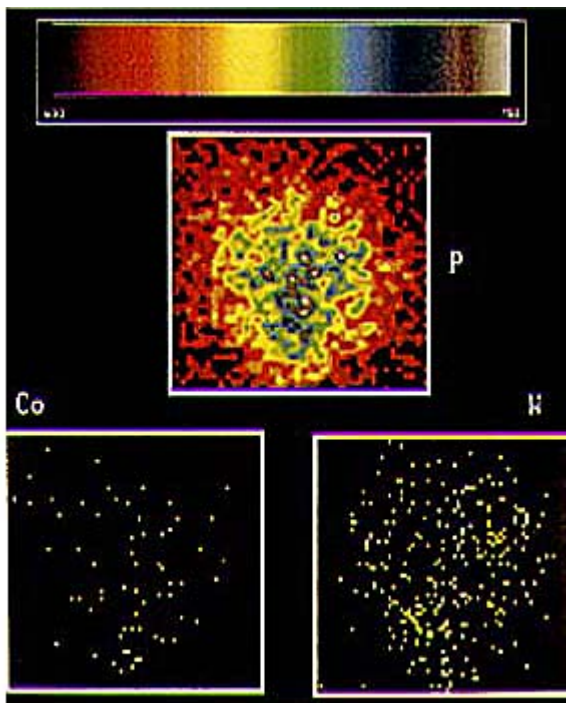


図1 抗エイズ薬が、T-リンパ球に取り込まれたことを示す。Co (コバルト) とW (タングステン) の細胞内分布—マイクロPIXEによって、明らかにされた。

PIXE分析用システムは、2つ用意しています。1つは、従来型のPIXE

分析システムです。Si (Li) とCdZnTeの2つの検出器を備えています。

同時計数によって、重元素 (Rb, Sr, Ag, Au etc) の分析にも利用でき

ます。0.5から2.0mmまでの任意のビームサイズが可能で、1回に25個

の試料を自動測定できます。もう一つは、マイクロPIXE分析用システム

です。最小1.0 μ m角のビームサイズで25mm角の試料を走査できます。

これにより、現在の放医研のバンデグラフでは不可能であった細胞内の

元素分布の解明や構造解析などの研究の発展に役立つことが期待されま

す。

RIXE分析法は、加速された陽子を生物試料などに照射し、励起される

元素固有の特性X線を解析する元素分析方法です。非破壊で行えること

や検出感度が高いことから、極微量の試料でも分析可能であるなどの特

徴を持った分析法です。とりわけ今回新たに導入されるマイクロPIXE分

析システムは、所内外の研究者からの期待が大きいものです。

なお本システムは、平成11年1月から稼働開始する予定です。

詳細は、バンデグラフのホームページ

(<http://uexs72.nirs.go.jp/~hima/>) を参照して下さい。

(技術安全部

技術課 今関 等)

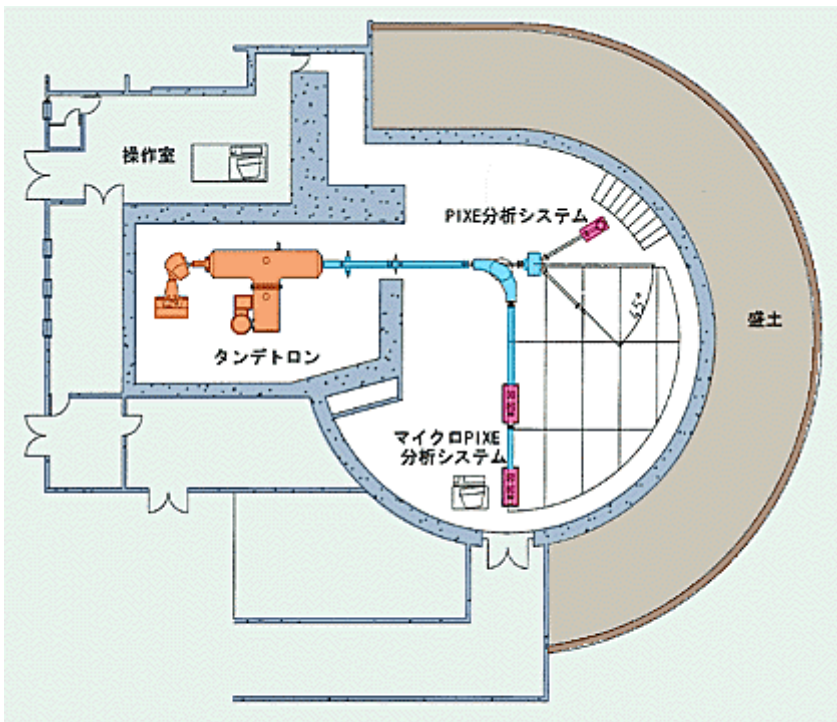


図2 PIXE分析用加速器システム全体図

HIMACで利用できるイオン種と将来計画

現在HIMACで、定常的に利用されているイオン種、及び近い将来に利

用可能なイオンとして計画しているイオン種を表1に示します。

表1 HIMACにおけるイオン種

定常的に供給しているイオン種	H, He, C, Ne, Si, Ar
利用可能なイオン種	N, O, Fe, Kr
試験中のイオン種	Mg, Al, Xe
近く試験を予定しているイオン種	B, F, S, P, Cl, Ca, Ti, Ni

臨床試行は（中性子と同等のLETを持つ）Cイオンを用いて開始され、

現在も実施中ですが、将来的にはN、O、Ne等のCよりちょっと重い

（LETの大きな）イオン種が用いられる可能性があります。また、共同利

用においては、既にH、He、Ne、Si、Ar等が定常的に用いられています

し、最近では3台目のイオン源である18GHz-ECRで生成されたFeやKr

等の重いイオン種も利用され始めています。物理工学班では特に、原子

物理、原子核物理、化学、材料科学等広い分野に利用されているため、

イオン種に関して色々な希望が出されつつあります。さらに今年の秋か

ら利用が開始される予定のRIビームに関しては、一次ビームの大幅な強

度アップが期待されているところです。

HIMACでは、現在3台のイオン源が稼働中です。当初からあった短パ

ルスPIG、10GHz-ECR、と前述の18GHz-ECRです。これら3台のイオ

ン源は、原理的には全てHe~Arのイオン生成が可能ですが、各々の特徴

と利用条件に基づいて、ある程度使い分けされています。短パルスPIG

は、アーク放電初期に生成される高密度イオンを利用するもので、He、

Ne、Ar等を大強度で生成できます。また、Si等固体試料の（スパッタリ

ングによる）イオン化に適しているため、今後はこの種（Mg、P、Ca

等）の利用の拡大が期待されています。10GHz-ECRは、10GHzのマイ

クロ波と磁場の共鳴で得られる高エネルギー電子を利用してイオン化す

るもので、原理的には寿命を決めるパーツを持たない高い安定度を有し

ています。治療に用いるCは、主にこのイオン源から供給されています

し、今後のRIビーム（ ^{11}C 等）利用のためにさらなるCの強度アップが期

待されています。

また、最近導入された18GHz-ECRは、18GHzマイクロ波と強磁場と

の共鳴で得られるより高いエネルギーの電子を利用してFeやKr等の重い

（多価）イオンの生成を狙って開発されてきたもので、今後Ni等の重金

属イオンやXe等非常に重いイオンの利用に向けた改良・開発が期待され

ています。

利用可能なイオン種を増やしていくためには、「上記3台のイオン源

から現状の利用に見合うビームを安定供給しながら、新イオン種の生成

試験を平行して行う」必要があり、テスト時間の確保や調整員の確保を

含めて計画的に運用する必要があります。

また、イオン種によっては、使用するガス（または固体）の化学的特

性、毒性、可燃性等の検討も必要であり、短期間に多くのイオン種を増

やすことは困難な状況にあります。また、イオン種の拡大と強度アップ

には、HIMACの色々な部分における開発・改良が必要となります。

主な項目としては

- ・イオン源における生成量の増大化：電子密度、電子エネルギー、イオ

- ン閉じ込め時間、ガス密度、引出し系等の改善

- ・線形加速器のRF電力の増大化：一般的に、重いイオンの加速には大電

- 力が必要

- ・線形加速器のエネルギーアップ：薄膜通過時に重いイオンの電子を効

- 率良く剥ぎ取るためには、高いエネルギーが必要

- ・シンクロトロン入射ビームに対する冷却：主にイオンの進行方向及び

速度に関するバラツキで制限されている入射効率を改善する

・シンクロトロンRFの改良：主にイオンどうしの反発力である空間電荷

効果によるビームロス改善

・シンクロトロンにおけるベータトロン（平衡軌道の周りの）振動の最

適化：加速途中のロスを減らす

等があります。

これらの項目中、・、・、・、・は経常的研究開発の中でも実施可能

ですが、・と・は数億円規模の予算措置と高度な技術開発を必要としま

す。

（医用重粒子物理・

工学研究部 佐藤 幸夫）



水圏環境中の放射能の動きを追う

那珂湊放射生態学研究センター



放医研の茨城県内の施設としては昭和35年に「原研の実験用原子炉を

利用した放射化学分析など」の目的のため東海支所が発足したことに始

まります。昭和44年には「海産生物への放射性核種の濃縮に関する研究

など」の実施のため那珂湊市磯崎町に東海支所臨海実験場が加わりまし

た。その後昭和50年に「環境の放射生態学の研究」の充実のため陸上の

環境放射能の研究も開始して那珂湊支所に改組され、東海村の実験施設

は那珂湊支所東海施設とし、本部は那珂湊市（平成6年に勝田市と合併

してひたちなか市となる）に移りました。平成8年5月の組織再編によ

り、那珂湊放射生態学研究センターとなり、現在の組織はセンター長、

管理課、3研究室です。今回の組織改革で発足した「人間環境研究部」

の1研究室と「第4研究グループ」の1サブグループが千葉市の本所で

の実験スペースが確保できるまで、本センターへ併任として研究を続けています。

本センターの研究の目的は、組織規則上は放射生態学全般を研究でき

ることになっていますが、メンバーの構成、海岸に位置するという地域

的な有利性、沢山の水槽実験施設を活用するという点から、当面「淡

水、汽水、海水を含めた水圏の放射生態学」としています。

第1研究室では海洋試料中の長寿命放射性核種を測定して、環境中の

分布、移行を追跡し、放射性物質が水圏環境に導入された時のその挙動

を予測する研究を行っています。ナチュラルアナログとしてのUやTh等

の自然放射性核種の挙動も調べています。旧ソ連・ロシアの放射性廃棄

物の日本付近への投棄事件の際には、日本海の高産生物、海水、海底土

中の人工放射性核種の測定も行いました。

第2研究室では、主としてトレーサー実験により、水産生物のRI濃縮

機構の動的な解析を行っています。最近では淡水域と海水域を行ったり

来たりする汽水魚に注目して研究しています。またこの研究室では生物

中の微量安定元素の測定により元素の濃縮機構の研究も進めています。

これらの研究により、特異的に元素を高濃縮する生物や器官が多数発見

されています。

第3研究室は今回の組織改革で発足した研究室であり、重要な人工放

射性核種の中環境中の挙動のパラメーターを解析し、水圏環境の生態学的

モデルの改良を旨としています。また昨年度から水産食品の調理・加工

による人工放射性核種の増減を解析し、被ばくの低減化を検討する研究

も始めています。

本センターの水槽実験施設を利用して（財）海洋生物環境研究所との

共同研究も第2研究室が中心となって実施しています。

核実験由来のフォールアウトも減少し、一般公衆に被ばく線量を与え

る事故もなかった日本では、環境の研究は減少の傾向がありますが先日

の動燃の火災爆発事故の際の混乱ぶりを見ても、社会的意味でも環境の

研究は重要です。とくに水産食品の消費量の多い日本においてはチェル

ノブイリ級の緊急時に備えて、水圏環境中の放射性物質の挙動を把握し

て、予測し、その低減策を究明する研究の必要性は増加しています。



バイオサイエンスESR 1

桜井 弘 編

廣川書店 発行 266頁 1995年 定価18,540円



近年、スーパーオキシドラジカルやヒドロキシルラジカルなどの活性

酸素が生体の中で老化、発がん、その他の疾病発現もしくは生体防御な

どに深く関わっていることが指摘されて以来、生化学者や医学者の間で

活性酸素・フリーラジカルに対する関心が高まっている。活性酸素・フ

リーラジカルを検出する方法としてはESR (electron spin resonance

、電子スピン共鳴) 法が優れているので、このような時期にバイオサイ

エンスのためのESR法を紹介している本書の出版は時宜にかなったもの

である。本書は次の5章から成っている。第1章はエピローグ、第2章

はESRの特性やその対象物の一覧を記したESRの基礎、第3章はESRの原

理、第4章は装置の説明やスペクトルの測定とその解析方法を示した

ESRの研究法、第5章はESR計測のフロンティアとしてのスピントラッピ

ング法、スピンラベル法、時間分解ESR、ESRの画像化法などが詳しく記

載されている。原理の説明のためにやや数学的記述が多いが、内容は活

性酸素・フリーラジカルのESRスペクトルの解析から最新のトピックス

であるESRの画像化まで幅広く網羅されているので、本書は活性酸素・

フリーラジカルを研究している、あるいはこれから研究を行おうと考え

ている研究者、学生にとって有用である。また、生体関連化学領域の

ESR及びESRの応用研究の新しい方法と展望が記載された続巻が刊行され

ている。

(第1研究グ

ループ 上田順市)



“行き届いた対応で 成果高める”

所内一般公開：那珂湊放射生態学研究センター



平成10年度の那珂湊放射生態学研究センターの所内一般公開は、4月16日

(木)の午前10時から午後4時にかけて行われた。

当日は、30名の来訪者があり、その内、地元のひたちなか市の方々が20名と多

数を占めた。残りは県内が9名、県外から1名で、来訪者数は、毎年ほんの僅かず

つではあるが増えている。施設が小さいので本所の数とは比較はできない。

今年のテーマが決まってから、職員、非常勤総出で実施することにしたが、公開

施設、内容などは結局昨年と同じになってしまった。まず、地元のひたちなか市の

広報に載せてもらおうとしたが、わずかのズレで間に合わなかった。この広報に載

せてもらっておればどういう結果が出たかはわからないが、載せられなかったとい

うことが悔やまれる。他には、近隣市町村の役場等には直接ポスターを持ち込んで

お願いした。新聞各社の水戸支局、漁協、近隣の高校並びに中学校などには郵送に

て案内をした。

来訪者が少人数のため、1名（あるいは1グループ）に説明者が1名付くという

非常に丁寧な対応ができた。その結果、アンケートにも表われているが、当センタ

ーのことが「良く分かった」という方が多かった。

当センターは市の外れに立地していて一般の人々には殆ど知られていないため、

「今回初めて中を見学し、説明をしてもらって特殊な施設という考えが変わり、こ

この研究が人類のためになっているのが分かった」という方が殆どであった。この

ように、来てくれた方達には好評であり、全員満足していただけたと思っている。

この一般公開とは時期を異にするのであるが、関連として地元の平磯中学校の2

年生に毎年見学をしてもらっている。規模的にはこちらの方が大人数のためまさに

一大イベントになる。学校側もこの見学を行事の一つとして考えており、これによ

って少しでも理科に興味を持ってもらえるなら嬉しいし、併せて当センターも地元

により理解してもらうことになれば幸いである。

今後は、もっと積極的なPRを行うとともに例えば、科学技術週間中に限らず学

校の見学日を公開日とする、あるいは他の学校にも積極的に持ちかける、など色々

と素案を考えて現状を打開したいと思っている。

平成10年度 叙勲と業績表彰

春の叙勲で 勲三等瑞宝章を市川龍資氏、

勲四等旭日小綬章を関 正利氏が受賞。

また、業績表彰を6名の方々が受賞。業績の概要は次のとおりです。

■市川龍資氏（元科学研究官）

放射性核種の水産生物汚染機構の解明に尽力するなど、放射線防護、保健物理学の発展に貢献。

■関 正利氏（元生理病理研究部長）

骨髄移植に必要な造血幹細胞の増殖・分化機構に関する研究に尽力するなど、血液学及び病理学の発展に貢献。

放医研 業績表彰者

所 属	氏 名	業 績 内 容
放射線科学研究部 主任研究官	柴田 貞夫	放射性核種の化学的挙動に関する研究において、陰イオン錯体の特異な吸着現象を解明し、放射線科学研究の進展に貢献した。
人間環境研究部 第5研究室長	西澤かな枝	診療用放射線の最適化に関する研究において、被曝線量を詳細な測定と解析により評価し、放射線医学利用研究の進展に貢献した。
生物影響研究部 第5研究室長	安倍 真澄	放射線感受性機構の研究において、DNAの放射線損傷を修復する遺伝子を発見し、放射線生物研究の進展に貢献した。
内部被ばく・防護研究部 主任研究官	山田 裕司	プルトニウムの内部被曝研究において、新たな吸入実験装置を開発・実用化し、放射線防護研究の進展に貢献した。
重粒子治療センター医用重粒子物理・	佐藤 幸	重粒子線がん治療装置の開発研究において、短パルスPIG重イオ

工学研究部 第1研究室長	夫	ン源を 開発し、放射線医学利用研究の進展に貢献した。
第3研究グループ 第4サブグループリーダー	福田 俊	骨代謝及び骨粗鬆症に関する研究において、小動物用擬微小重力装置を 開発するなど、宇宙医学研究の進展に貢献した。