

## “放射線研究の最前線”

— 創立40周年の記念公開、例年の2倍の見学者で盛況のうちに終了—



恒例の放医研所内一般公開が去る4月21日行われた。今年は創立40周年に当たるため特別企画として所長講演と重粒子線棟が公開され、見学者は個人で357名、専門学校や高校の生徒等の団体を含めると700名を超える盛況で、例年の2倍を数え、説明担当者を喜ばせた。



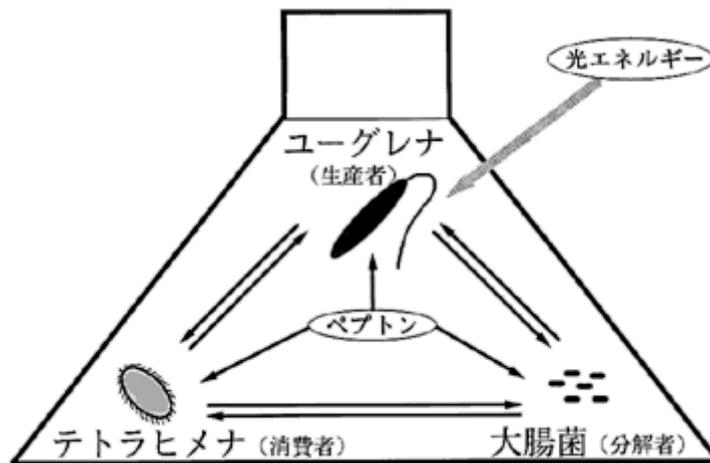
一般公開は、40周年記念ということで各部、各グループが可能な限り多くを公開する努力をした結果、公開施設のいたるところで見学の輪ができ、体験コーナーやパネル展示の前は終日にぎわった。



## ●研究最前線

# マイクロコズムを用いた放射線の生態系影響評価

近年、生態系の保全に対する人々の関心が高まっている。しかし、放射線が単一生物種に与える影響についてはこれまでよく研究されてきたが、多種類の生物種から構成され、その生物種間に様々な相互作用が存在する生態系に放射線が与える影響については十分に検討されてきたとは言い難い。



マイクロコズム内の生物間相互作用

実際の生態系を研究対象とすることは、その複雑さから考えて困難である。そこで、私たちはモデル実験生態系であるマイクロコズムを用いて放射線の生態系影響研究を行っている。マイクロコズムとは制御環境条件下で生物群集を培養した系で、実際の生態系における物理的、化学的、生物的要素と、それらの相互作用の一部を包含した実験系である。現在用いているマイクロコズムは、愛媛大学の川端らによって開発されたもので、ユーグレナ（生産者）、テトラヒメナ（消費者）、大腸菌（分解者）を試験管中で無菌的に混合培養した系である。これら3種の生物は、相互作用の結果、培養開始後50日で個体数がほぼ一定となって安定し、少なくとも300日間にわたって共存できる。

培養開始56日目の、安定期のマイクロコズムに $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 線を照射した場合、50、100 Gyでは大腸菌の一時的な減少がみられたのみで長期的には影響がみられなかった。500、1000 Gyでは大腸菌が死滅し、ユーグレナとテトラヒメナだけが生存できたが、その個体数は長期にわたって対照よりも増減した。この個体数の増減が $\gamma$ 線による直接影響なのか、生物間相互作用を介した（例えば、大腸菌が死滅したことに伴う）間接影響なのかは興味深い点である。5000 Gyでは全生物種が死滅した。

今後、マイクロコズムと単独培養の影響の相違やマイクロコズムの培養時期による影響の相違について研究していく予定である。また、マイクロコズムを使って、放射線とそれ以外の因子（紫外線、酸性化、重金属、電磁場など）が生態系に与える影響を比較評価したり、それらの複合効果についても検討していく予定である。

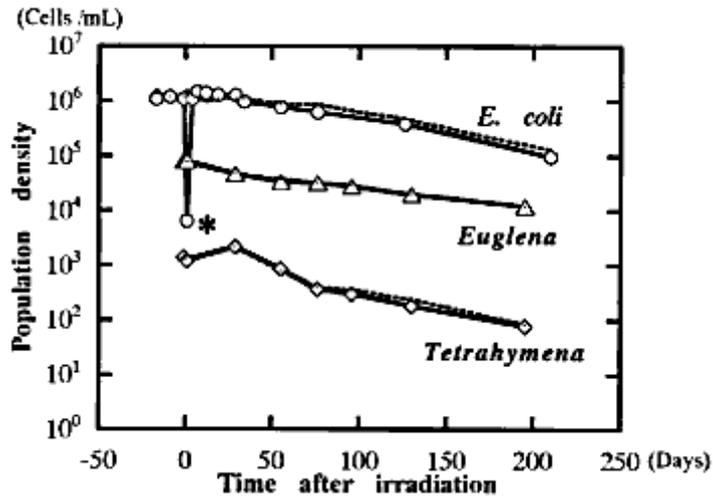


図1 100 Gy照射

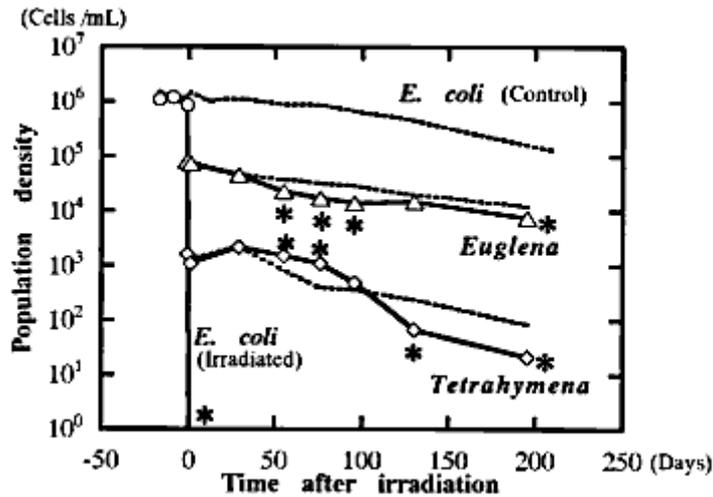


図2 1000 Gy照射

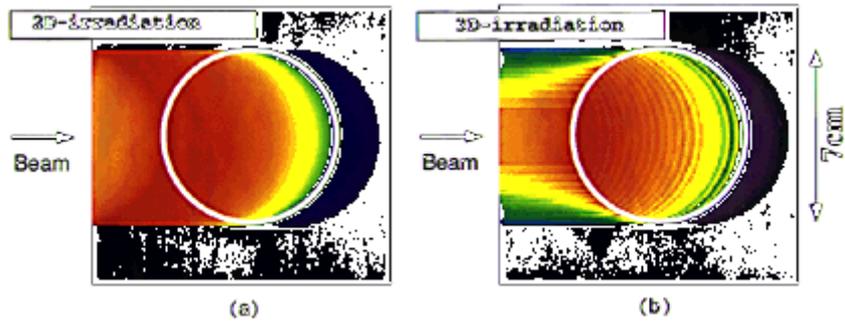
実線はγ線照射の結果を、破線は対照の結果をそれぞれ示す。  
\*は対照と統計的に有意に異なるものを示す。

(第4研究グループ 府馬 正一)

## 3次元照射による線量分布の改善

重粒子線治療の臨床試行を開始して3年が経過し、良好な成果の期待されるのですが、重粒子線の特徴をさらに技術的に活かしたシステムの高度化と開発に取り組んでいます。その一つが重粒子線3次元照射システムです。重粒子線線量分布の特徴的なブラッグピークにおける高い生物学的効果を生かすと同時に、患部に均一に線量を集中させ、周囲の正常組織への線量を極力少なくする工夫を行っています。このため、従来の2次元的な拡大ブラッグピークを使うのではなく、重粒子線の鋭いブラッグピークをわずかに拡大したもの（ミニピーク）を、標的の深部方向に走査し、各々のミニピークの深さ位置ごとに多葉コリメータの開度を標的だけに限定されるように動的に制御するシステム構成となっています。2次元照射ではビーム軸方向の照射野の厚さを制御することはできず、必要としているターゲット領域の最大厚さを全照射野にわたって使います（例：図a）。従って最大厚さが必要のない場所ではターゲット上流の正常組織への照射が避けられません。3次元照射では、多葉コリメータによって位置ごとの照射野の厚さの制御が可能となるため不必要な照射をカットできます（例：図b）。このシステムの特徴は現在臨床試行で用いられているブロードビーム法を応用しているため、現状のシステムに上記の3点（ミニピークを作るリッジフィルタ、重粒子線の深部方向の飛程を調節する楔形レンジシフタ、多葉コリメータを動かし制御すること）を加え、その制御法を確立するだけでよく、現状からの拡張が容易なことであります。

私たちはこのシステムについてHIMACの治療ポートにおいて様々なテスト実験を行ってきました。各機器の高速動作の制御については、その移動中の照射を高速制御と呼ばれる方法を応用して1ms以内の高速でビーム照射・停止を行うことで解決しました。また、3次元照射を用いて、実際に2次元照射で用いられる2～10cmの厚さの拡大ブラッグピークを計算通りに再現することができました。さらにこれを定量的に評価し、半影のコントロールなど形成された照射野の評価をするために、多次元線量分布測定システムが必要であり、現在開発中です。今後これらを現状の治療計画システムにフィードバックし、臨床試行に応用できるような全体のシステム整備を行う予定です。



ルサイト中の7cm直径の球状のターゲットを想定して、(a) 2次元照射と (b) 3次元照射各々で照射を行った際に形成される大円の断面の最適物理線量分布シミュレーション図。白抜きの円がターゲットを表わしています。深いほど生物効果が高いため生物学的線量分布をターゲット領域で一定にするため深さ方向の物理線量分布は特徴のある曲線となります。ボラスと呼ばれるターゲットの形状の厚さを模擬した補償材を使って、照射野の形状の深い側の終端をターゲット領域の形状に一致させます。2次元照射では照射野の厚さが一定のため浅い側の終端ではターゲット外に不必要な照射がされてしまいます(a)。この割合は、大円以外の他の断面ではさらに大きくなります。3次元照射ではこれらの点が改善(減弱)されています(b)。

(医用重粒子物理・工学研究部 二見 康之)

## ●放医研装置紹介

### 主加速器－2：シンクロトロンの入射・取り出し

シンクロトロンのビームは中心軌道の廻りに蛇行（ベータトロン振動）しており、振動数は電磁石の微調整で変えることができます。HIMACの加速時は、1周当たりの振動数は $3+3/4$ ですので、4周して同じ軌道に戻る（4倍すると整数になる）状態にあります。入射・取り出しには、先ず「一つの波（節）を大きく膨らまして回転の安定性は保持される」性質を利用します。

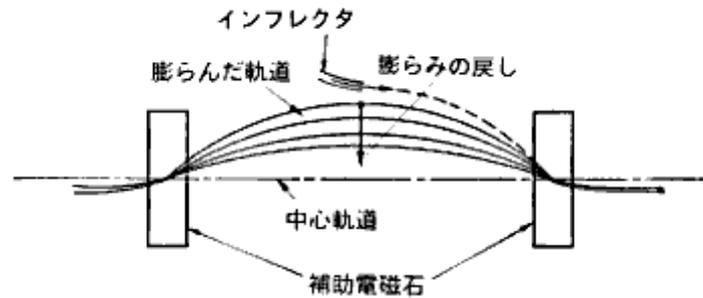


図1 ビーム入射部付近でシンクロトロンのビーム軌道を上方から見た様子

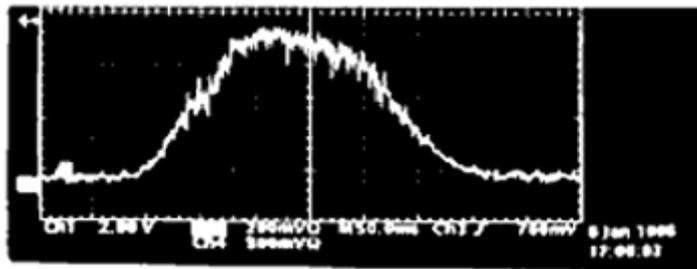


図2  $C^{6+4}$  30 MeV/nの取り出しビーム波形  
横軸：1目盛＝50ms、この面積が粒子数＝ $1 \times 10^8$ 個に相当する

#### 1. 入射

大きく膨らんだ軌道（節）上にインフレクタと呼ばれる（負の高電圧が印加されている）入射チャンネルを設置します（図1）。ライナックのビームは、インフレクタ通過後、シンクロトロン軌道に乗ります（入射）。そして、このビームが、1回転する間に、この膨らみを少しだけ戻しておくと、入射されたビームはインフレクタ電極に当たらずに平行軌道を廻り続けることができます。HIMACの場合、この「膨らみの戻し」具合を高精度に制御することにより、20～40回転分のビームを入射して溜め込んでいきます（強度増加のため）。ライナックで加速されたビーム（核子当たり6 MeV）がシンクロトロンに入射した時、周長132mのリングを1回転する時間はおよそ4  $\mu$ s ですから、この入射に要する時間は80～160  $\mu$ sです。

## 2. 取り出し

先ず一つの波（節）を大きく膨らませます。次に4極電磁石の励磁を微調整して周回ビームのベータトロン振動数を $3+2/3$ にし、3回転で元に戻るようにします。特にこの条件下では（強い不安定が発生し）平衡軌道の廻りの振動振幅は大きくなる性質を持ちます。次に6極電磁石を励磁する（外側で次第に強くなるような磁場勾配を作る）と、ある一定の振幅を越えるビームは更に大きく振動し、ついにはデフレクタと呼ばれる（負の高電圧が印加された）取り出しチャンネルに飛込むようになります。この様子は、丁度入射の場合（図1）の逆に似ています。デフレクタへ飛込んだビームは、リング内の軌道から完全に外れて取り出しビームラインへ向かって走り出します。このように（数100msの間）、ビームはシンクロトロンから少しずつ削り出されます（図2）。

（物理工学研究部 佐藤 幸夫）

## 食堂からのご案内

当分の間、下記の時間帯にて営業しておりますので、お気軽にご利用ください。

朝食	8時から9時	
	朝定食（和・洋）	各400円
昼食	11時から14時	
	定食（6種類）	各500円
	カレーライス、ハヤシライス	各350円
	ラーメン類（5種類）	
	うどん、そば	週がわり…350～450円
夕食	17時から19時	
	日替り定食（2種類）	400～500円
	カレーライス、ハヤシライス	各350円
	ラーメン類（5種類）	350～450円



昼食はお弁当（500円代金引換）も用意しておりますので前日の17時までに内線505にお申し付けください。出前も致します。  
●なお、追加注文は当日の9時30分までをお願いします。



14時～17時の間は、コーヒー・軽食なども用意しておりますので、随時打ち合わせ・コーヒーブレイクなどにお気軽にご利用ください。  
●サンドイッチ、コーヒーのポットサービスなども致しておりますので、お気軽にお申し付けください。



歓送迎会・懇親会などのパーティーにも対応できますので、お気軽にお申し付けください。  
単品のオードブルもお作り致します。職員食堂から。



## 二次・三次医療の充実に向かって

緊急被ばく医療の臨床的対応に取り組む— 放射線障害医療部



放射線医学総合研究所（以下「放医研」）の任務の一つに、放射線障害の医療と研究がある。この任務は障害臨床研究部が担当し、放医研設立以前に発生した放射線被ばく障害患者であるビキニ環礁被ばく患者やトロトラスト患者の追跡診療を行ってきた。しかし、日本では喜ばしいことではあるが被ばく事故は少なく、放医研が設立されて以後発生した被ばく事故は、昭和47年の千葉の造船所におけるイリジウム被ばく事故しかない。そのため実験的研究が中心となっていた。

平成6年には臨床研究部と合併して障害・臨床研究部となった。しかし、諸外国ではTMIやチェルノブイル等の大きな事故も発生しており、放射線事故に備える医療の必要性も認識され、平成8年に急性障害臨床部門が医療部として独立、放射線障害医療部となった。放射線障害医療部は、第1研究室（研究職4名）、第2研究室（研究職3名）、放射線障害診療・情報室（医療職2名）から組織されている。

放射線障害医療部の任務には次の4項目が考えられる。

- ・ 緊急被ばくを中心とする放射線障害に関する種々の基礎的研究（第1・2研究室担当）
- ・ 緊急被ばくを中心とする放射線障害の実態に関するデータベースの収集と管理（放射線障害診療・情報室担当）
- ・ 緊急被ばく医療を中心とする放射線障害に関する教育・訓練（部全体で担当、医師・看護婦を中心とする治療・診断部のスタッフにも適宜協力をお願いしてある）
- ・ 緊急被ばく医療（放射線障害診療・情報室中心、被ばく事故の規模に応じて

他の2室の研究室と治療・診断部が応援する)

緊急被ばく医療の実施に関しては、外部汚染のみの患者で除染の結果汚染が閾値以下になった患者、あるいは体内に隔離を必要とするほどの量の被ばく源を有しない患者は、新病棟に収容して必要な処置をする。主治医は放射線障害医療部の医師が担当するが治療・診断部の医療スタッフにも協力してもらう。患者数が多くなった場合には、治療・診断部の医師が主治医となることもある。病棟全体の管理については、治療・診断部長が責任を持つ。患者の緊急的な収容が必要なので、業務量によっては治療・診断部の日常業務を緊急に縮小・中断することもある。

現在定期的に行っている「ビキニあるいはトロトラス被ばく関係の患者の定期検診」は緊急ではないので、その施行時期・方法については放射線障害医療部と治療・診断部が協議して決定する。この場合も放射線障害医療部に所属する医師が主治医となり、治療・診断部のスタッフに適宜協力してもらう。

体内に隔離を必要とするほどの量の被ばく源を有する患者は、緊急被ばく医療棟に収容することとなる。たとえ1名の患者でも最小限の看護ユニットを緊急に作る必要がある。

放射線障害医療部の将来として、次のように考えている。

- ・どのレベルの重症度の被ばく患者が出たとしても、この原子力体制が有効に機能するように準備すること。深刻な原子炉事故を想定する場合、二次、三次医療の充実が不可欠である。このため三次医療を充実させるとともに、所外で行われている二次緊急時被ばく医療のマニュアル・教育プログラム作成に積極的に参加し、放医研がその実行部隊の中核を形成していくことが重要である。
- ・汚染に伴う重症被ばく症例を治療できる施設、スタッフを放医研内に設ける。特に皮膚障害・消化管障害に対し、全身管理のできるスタッフ（外科）を持つ。ネットワークに人材派遣を要請する。
- ・二次医療スタッフの教育プログラムを、放射線障害医療部、人材育成開発室を中心に設置する。また被ばく医療の研究会の設立を放医研がイニシアチブを取り進める。
- ・リファレンスセンターとして、放医研に速やかに被ばく事故患者の情報が入り、適格な指導ができる必要がある。また過去の汚染被ばく事故の経過、治療法をデータベースとして収録しておき、各医療施設に診断・治療の情報を提供する。
- ・将来WHO協力センター（急性障害治療部門）として、REMPANに参加する。
- ・最新の生命科学の成果を被ばく医療に取り入れるための研究を進める。将来的には生命科学の先端を競うような研究を止め、線量や臨床応用に直轄した研究に限る。

現状では放射線障害医療部の構成員は部長を含めて10名である。写真は

一昨日チェルノブイル事故急性被ばく患者の治療研究に関する共同研究相手先であるモスクワの生物物理研究所、臨床部のバラバノーヴァ、ペトロシアン両医師の訪問を受けた際の当部スタッフの写真である。今後も緊急被ばく医療の臨床的対応能力を充実するように努力を続ける。

## 独立空調付の植物栽培実験施設が完成しました



97.6.2

温室は昭和38年度から $^3\text{H}$ や $^{14}\text{C}$ を使用した植物のR・トレーサー実験施設として使用されてきましたが、老朽化等の理由から平成3年にR・の使用が廃止されました。その後は小規模な植物の栽培施設として使用されましたが平成8年度に改修され、R・を使用しない一般の植物や植物性プランクトン等を使用する実験施設として利用されることになりました。

新しい温室は年間を通して植物栽培が可能で、実験室としての機能も整備されています。主な特徴は以下のような点です。植物の栽培設備は南側に6室ある大きさ2.7m×2.7mの独立空調付天然光栽培室で、各栽培室には空調と共に水道、電源および作業灯が設置されました。ここでは植物栽培実験の他、関連した各種機器の使用が可能です。これらのうち4室は地下の実験室と床にあけられた穴で連絡していてこの穴は長いケーブルやチューブ等を設置する際に使用します。

また、以前栽培室の一部として使われてきた温室の北側半分は空調と照明および電源が整備され栽培に伴う作業やプランクトンの培養ができる実験室に改修されました。改修後の温室は今までと同様、共同利用施設として使用される予定です。

三二知識

知らなきゃそんそん!!

切り傷



この頃春の陽気のせいか、ちょっとしたけがが増えてきました。イザという時アワテナイように基本的な応急処置を皆さんにお教え致します。参考にして下さいね!

■まず止血!

傷を上から抑えるのではなく、傷から心臓に近い方をぎゅっと圧迫し血が止まるまで抑え続けます。手の指だったら指のつけ根をもう片方の手で抑えて下さい。血が止まったら傷を消毒薬で消毒し、清潔なガーゼなどで傷を保護します。小さい傷ならバンドエイドで充分ですが、大きな切り傷は縫ったり外科用テープで固定した方が治りが早いので、医師に見てもらった方が良いでしょう。

■病院に行かなければならない時は

圧迫止血しているのに血がなかなか止まらない時

傷が大きく開いていたり深い時

一番怖いのは、菌が傷の中に入り込み中で増殖することです。空気が無くとも生きられる菌は嫌気性菌と呼ばれていますが、一度体の中に入ると治りにくいのです。血を絞りだし傷の中の菌を追い出すようにすることが大切です。

傷ドライなどの市販薬を使う時も上記の基本は守って下さい。いきなり傷に薬を塗っても血が止っていなければ無駄になります。