

# 発刊にあたって



放射線医学総合研究所長

平尾 泰男

放医研が設置されて約40年が経過した。その間、わが国の原子力開発は目覚ましい進展を遂げた。放医研創設の研究目的である放射線の影響研究や放射線の医学利用研究も、次第に進化・発展している。この数年間、放医研としても、学問の現状、社会の要請等に応ずるべく、大幅な改革を実行してきた。

長期的に継続すべき研究や技術を維持し、新しい研究の萌芽を育てる研究部と、一定年限で目標を達成する研究グループの二本建てとし、これらの研究を支援する部を設置し、所の任務については全所の協力体制をつくる等々、全所の大幅な見直しを行った。これらについては、「放射線科学」最近号に詳述されている。一方、重粒子線がん治療装置の建設にはじまって、本年秋にはこの新装置にふさわしい新病院が完成、来年度はこの成果を全国的に普及展開していくための推進センターが完成する等々、研究施設の拡充も着々と進んでいる。

さて、放医研創設以来、先に触れた「放射線科学」は機関誌的性格で刊行されてきた。その内容は、学術的論文あり、解説的論文あり、また随想あり、と多様であり、その中に研究所の近況を伝えるニュース的な色彩の記事も含まれていた。

今般、発刊することとなった「放医研ニュース」は、その誌名が表わしているとおりに、研究所の現況を速報的に広く載せる出版物としたいと考えている。これによって放医研各部の動向が把握されるならば、「放射線科学」と相補的な役割りを果たすこととなろう。前者と同様に、「放医研ニュース」も関係諸氏全員で育てて欲しいと願っている。

(1996. 8)

## ●研究最前線

# プルトニウム生物影響研究の現状

放医研で行われている放射線の人体に及ぼす生物学的影響とそのリスクに関する種々の調査研究の中で、アルファ放射体プルトニウムの内部被曝影響研究は、国内唯一の動物実験施設として建設された内部被曝実験棟において1986年から本格的に開始された。

本研究の重点目標は、プルトニウムの内部被曝による発がんリスクを動物実験によって実証し、その知見を防護・低減化に関する基準・施策に反映させるとともに、アルファ放射線被曝による生物影響の特質を解明することにある。

研究内容はプルトニウムの体内挙動・代謝、組織中アルファ線量分布と線量評価、発がん等生物効果、除去剤による除去・低減法、および空気汚染の防護技術開発等、多岐に及ぶが、ここでは発がん効果に関する実験研究の現状と最新知見について紹介する。



吸入実験制御卓

プルトニウムの存在形態と最も可能性の高い被曝様式を考慮して、酸化物エアロゾル（微粒子）を吸入曝露し、生涯飼育したラットにおける肺がん誘発効果を実証する研究は、約700匹の最終的実験規模を目指して実験が進行中であるが、これまでに肺線量4-6Gyで最高98%の発生率

と、1-2Gyの線量域における良性および悪性腫瘍の線量反応の違い等、過去米国等諸外国で行われた実験結果とはかなり異なる結果が得られている。

今後は、1 Gy以下の低線量域での線量反応を解析して、実効的な閾値の有無を明らかにするとともに、吸入エアロゾル粒子径による線量反応の差および発がん機構についても検討してゆく予定である。

また、体内摂取後血液に入ったプルトニウムは主に骨組織に沈着するが、その発がん効果を注射投与したラットあるいはマウスを生涯飼育して実証する研究も行われており、このうちラットについてはマウスに比較して骨腫瘍等の発生率がきわめて低く（雌動物のみ約20%）、発がんの感受性に種差および性差が存在することが明らかにされている。

一方、マウスでは、骨線量6-8Gyで最高95%の骨肉腫発生率と、10Gy以上の高線量域でのリンパ性白血病の高発生率に比べて骨髄性白血病発生が全くみられない等、ガンマ線あるいは中性子線等他の放射線被曝によるものと比べて異なる結果が得られているが、今後は、放射線の線質・線量率あるいはマウスの系統差・年齢差等による発がん効果の修飾についても比較検討してゆく予定である。

（内部被ばく・防護研究部 小木曾 洋一）

## 粒子線の分割照射におけるLETの効果

X線や $\gamma$ 線などの線エネルギー付与（LET）の小さい放射線では、間隔をあけて少しずつ照射する方が全部の線量を一回で照射するより細胞致死効果が小さい。これは照射と照射の間に細胞の回復が起こるためである。がんの放射線治療では正常組織の方ががんの組織よりもこの回復が大きいことを利用している。この方法では両者の回復の差が小さい場合などでは良好な治療効果が得られない。重粒子線は細胞致死効果などの生物学的効果比（RBE）が高く、さらに、ブラッグピークの位置を制御することによって腫瘍に線量を集中できることと相まって、このような難治性のがんの治療に効果が期待されている。しかしながら、重粒子線による分割照射の効果は、十分に研究されているとは言えないのが現状である。

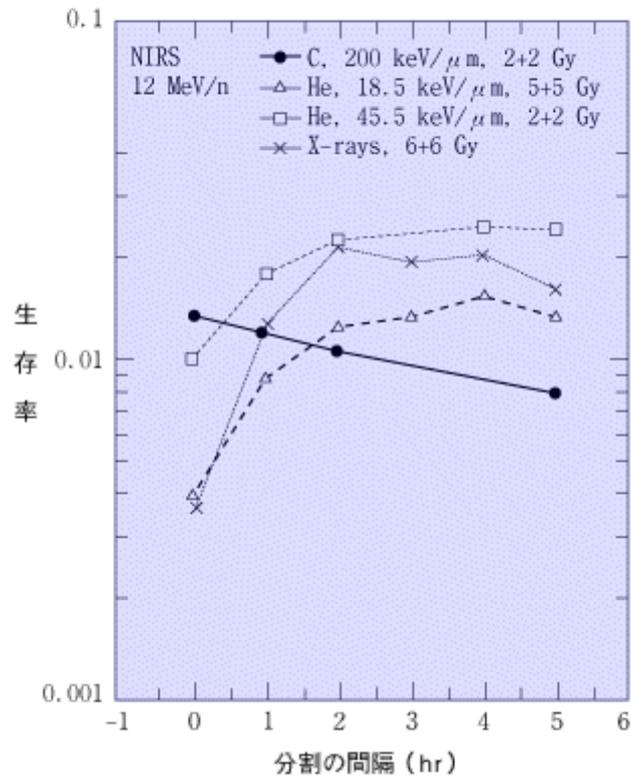
我々は、放射線医学総合研究所サイクロトロン<sup>1</sup>の炭素線とヘリウム線（12MeV/n）、および理化学研究所（理研）リングサイクロトロン<sup>2</sup>の炭素線（135MeV/n）を用いて、培養細胞（チャイニーズハムスター由来、V79細胞）の致死効果とLET変化の関係を調べてきた。V79細胞を数時間の間隔をあけて2分割照射すると、細胞致死効果からの回復の程度はLETの増加に伴い減少することが観察された。さらにLETの高い炭素線（LET=250keV/ $\mu$ m）の分割照射後では、X線とは逆に、一回照射よりも細胞致死効果が増強された。増強効果は、4時間まで分割時間増加に伴い大きくなった。

実際のがん治療では、重粒子線の体への入射部（LETが小さい）に位置する正常組織では分割照射による回復が大きく、逆にブラッグピーク部（LETが大きい）に含まれる腫瘍内部では回復が小さくなると考えら

れ、極めて好都合であろう。

(障害基盤研究部 江口 清美)

## 放医研における実験結果



## ●放射線医学総合研究所組織図新旧対照表

# 平成8年度放医研の組織改正について

放医研では重粒子線がん治療を推進するため、平成5年度に重粒子治療センターを設置し、平成6年度から臨床試行を開始した。その後、先導的研究の強力な推進と研究所のより一層の活性化を図るため2年間にわたり機構改正を行った。

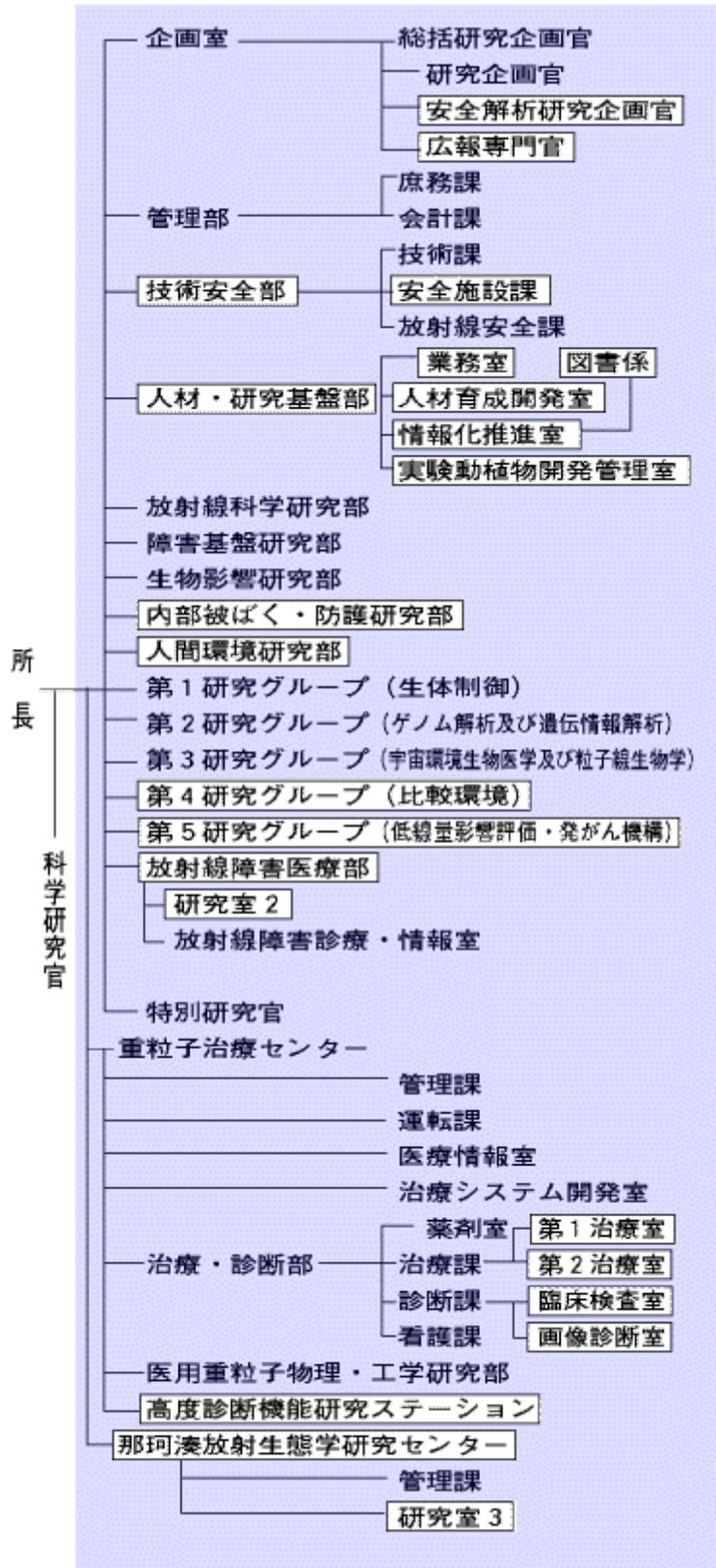
初年度の平成7年度には、企画室の設置や生物系研究部を中心として組織改正を行い、平成8年度には、環境系研究部や研究支援部門に加えて、医学系研究部門や生物系研究部の一部についても見直すなど、今後の中長期的な業務の的確な遂行を念頭に置いた機構改正の総仕上げを行った。以下に平成7年度と8年度の組織図新旧対照表を示す。

なお、詳細については、

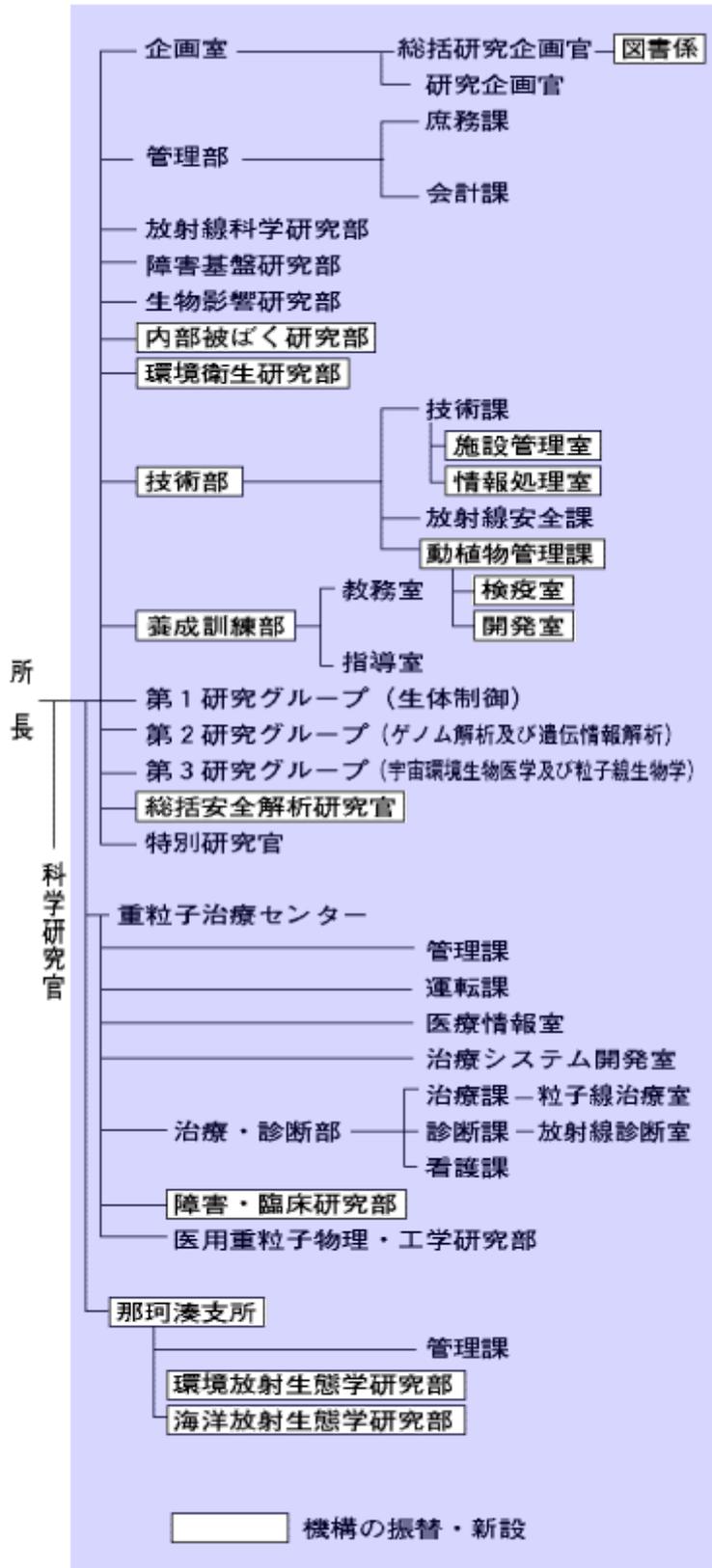
放射線科学Vol. 39 No. 8

「放医研・機構改正について：曾我文宣」参照。

**〔平成8年度組織〕 平成8年度末 定員（391人）**



〔平成7年度組織〕 平成7年度末 定員（393人）



# 重粒子線がん治療臨床試行の 状況について

## 1. 概要

本研究所では、平成6年6月から「重粒子線がん治療臨床試行」を開始し、これまでの約2年半に150症例の治療を終了した。

このうち臨床試行開始から平成8年2月までに治療を終了し、治療後6カ月を経過した104例の患者さんの正常組織への副作用と腫瘍に対する効果が、9月17日開催されたネットワーク会議評価部会及び9月30日に開催されたネットワーク会議で検討された。

## 2. 重粒子線がん治療に対する評価

これまで治療を終了し、治療後6カ月を経過した104例の患者さんの正常組織への副作用と腫瘍に対する効果は以下のとおりである。

### (1) 正常細胞への副作用

#### ■早期（3カ月以内）の副作用

- 皮膚については、1例以外の全例で、線量の段階的増加の際に問題となるような皮膚炎は見られなかった。この1例は上顎がん症例（頭頸部に分類）で、もっとも高い線量が照射され3度の皮膚炎を生じたが、照射後まもなく回復した。
- 口腔粘膜については、照射が行われた22例について、問題となるような反応は1例も見られなかった。
- 体深部の腫瘍近傍にある、肺・消化管・膀胱などの臓器の早期の副作用については、肺がんの2例を除いては問題となる副作用は見られなかった。この2例は治療後間もなく肺炎症状を併

発しステロイド治療を余儀なくされたが、経過良好で6カ月後には症状は消失した。この2例の経験をもとに照射法の改善を行った結果、その後に治療した患者さんでは副作用は全く生じていない。

#### ■晩期（3カ月以上）の副作用

●皮膚においても、その他の部分においても問題となるものは全く観察されなかった。

■以上の結果から、中枢神経系を除く各部位とも投与線量を増加させながら臨床試行を継続中である。

#### （2）腫瘍に対する効果

●表に腫瘍に対する一次効果（治療後6カ月）を示す。

●本臨床試行においては、他の治療法では高い治癒が見込めなかった多数の症例について、腫瘍の縮小や症状の改善が見られるなど、これまでのところ予想通りの効果を上げている。特に、従来、X線だけでは効果がないと思われていた腫瘍（腺がん、悪性黒色腫等）にも効果がある症例も認められた。

●一部例外はあるものの、多くの部位においては、投与する線量の増加とともに腫瘍の縮小、局所制御率、症状の緩和等、治療効果が良くなる傾向が認められる。

●一方で、中枢神経系の悪性度の強い腫瘍（悪性神経膠腫）は放射線に対する抵抗性が強く、まだ線量が不足しているとも考えられる。

■いずれにせよ、まだ症例数も少なく、治療後の経過も短いので、今後とも症例数を増やしてさらに検討を進めることが必要である。

**(表) 腫瘍に対する一次効果(治療6カ月)**

部位	症例数	一次効果(注1)			
		CR	PR	NC	PD
頭頸部(注2)	15	3	8	3	1
中枢神経系[星状細胞腫]	7	0	1	5	1
[悪性神経膠腫](注3)	7	0	1	4	2
肺(I)	14	0	7	7	0
(Ⅲ△)	3	0	2	0	1
舌(注4)	1	0	1	0	0
肝	12	3	7	1	1
前立腺	9	0	3	6	0
子宮	9	5	4	0	0
総合	24	2	11	10	1
計	101	13	45	36	7

(注1) CR: 消失、PR: 50%以上の縮小、NC: 50%以下の縮小、PD: 25%以上の増大

(注2) 治療回数が2回不足している2例は不完全照射で局所効果の判定から除外

(注3) X線との併用の照射

(注4) 1例は照射中断し手術施行したため局所効果の判定から除外



# “放射線”を実体験

## 高校生と研究者が一体となった有意義な3日間

研究所に全国から高校生を招き、現役の研究者が直接実験の指導や講義を行うサイエンス・キャンプ（科学技術庁と（財）日本科学技術興財団主催）が8月7日～9日に開催された。今年は第2回目ということもあり、放医研を第一希望とする応募者は昨年よりずっと多く40名あったが、昨年より2名増の12名（男子4名、女子8名）を受け入れた。

学習意欲に燃えた高校生達にできる限り科学研究の現場に触れ実体験をさせたいという熱意にあふれる引率の教諭、および、限られた時間内により良い成果が出せるように数カ月も前から準備を進めた現場の研究者が一体となって、各々がベストを尽くした結果、生徒と指導者の参加者全員にとって有意義な3日間となった。



**第1日目**には午後からオリエンテーションと放医研の概要説明を行った後、企画室川上らの説明で重粒子線加速器、各種放射線治療・診断装置、内部被曝実験施設を見学し、最後にヒューマンカウンターで引率者である高校教諭の体から発せられる微量の自然放射線を測定した。また夜は立食パーティー形式で高校生と研究者の親睦会を開いた。

**第2日目**には午前中に「放射線と放射能」（放射線科学研究部 隈元担当）「放射線の生物影響」（障害基盤研究部 早田担当）「放射線

の医学利用」（治療診断部 辻担当）の講義を行い、午後からは「放射線を見る・測る」（二見他10名担当）と「染色体標本の作製」（早田他4名担当）の実習を行った。

「放射線を見る・測る」では霧箱によるアルファ線の飛跡の観察や各種サーベーターを用いてアルファ線源、ベータ線源、ガンマ線源から発せられる放射線の計数を行い、これらの放射線の特徴や放射線の測定原理を学んだ。また、実習のまとめと発表法も学び、修了証代わりにプラスチックシンチレーターを授与した。

「染色体標本の作製」では、サイエンス・キャンプの前日の8月6日に血液を採血しそのまま、またはX線照射（1.8Rと3.6R）した後、培養しておいたサンプルを用いて参加者全員が自分で、遠心分離、水処理、固定、エアドライを行い、染色体標本を作る実習を行った。

第3日目には午前中に「培養細胞の顕微鏡による観察とDNAの抽出・精製実験」（山内他9名担当）と「染色体の観察」（早田他4名担当）の実習を行った。

前者の実習ではヒトの培養細胞を位相差顕微鏡を用いて生きたまま観察した後、各自が培養細胞からDNAの抽出と精製を行い、最終精製物である小さな綿片のように見えるヒトのDNAを遠沈管に入れて実習の成果として持ち帰った。

後者の実習では、前日に作成した染色体標本をコンピュータ制御顕微鏡を使って能率的に観察して放射線による染色体異常の検出を行い、その異常の出現頻度が照射線量に相関するから線量推定ができるということを学んだ。

また、各自が作った照射リンパ球と非照射リンパ球の染色体標本と染色体写真（正常男性、正常女性、および放射線による異常）を実習の成果として持ち帰った。

第3日目の午後には全体のまとめとディスカッションおよび質疑応答

を行った。

このサイエンス・キャンプで目を輝かせて実験などを行う高校生に接し、彼（女）らがこの時の気持ちを持ち続けることによって、将来何らかの形でこの経験が生きてくれれば良いと思った。

（実行委員長 早田 勇）



## 研究活動と成果の活用に

## 良質なサービスを提供

### -人材・研究基盤部の組織構成と役割-

人材 研究基盤部は、平成8年度の放医研機構改革のなかで、養成訓練部を発展的に解消して生まれた新進気鋭の組織です。旧養成訓練部の教務室、指導室に、新たに旧技術部の動植物管理課、技術課のなかの情報処理室及び企画室の図書係を再編して加え、業務室、人材育成開発室、情報化推進室、実験動植物開発管理室の5室体制でスタートしました。

なお、実験動物検疫の重要性に鑑み、所長達により実験動物検疫推進室を検疫専門官を中心として設置しましたので、実質5室体制となっています。新旧組織の対照を下図に示します。

次に、役割について紹介します。人材・研究基盤部は、放医研の研究活動及びその成果の活用を、次の側面から支援するための良質なサービスを提供することが、課せられた役割と考えています。即ち、

- 1) 外に向けては、研究者等の養成訓練のための研修課程の実施、  
研究情報収集及び発信のための環境整備。
- 2) 内に向けては、研究のための先端的な情報処理技術活用のため  
の環境整備及び良質な実験用動植物の提供と管理。

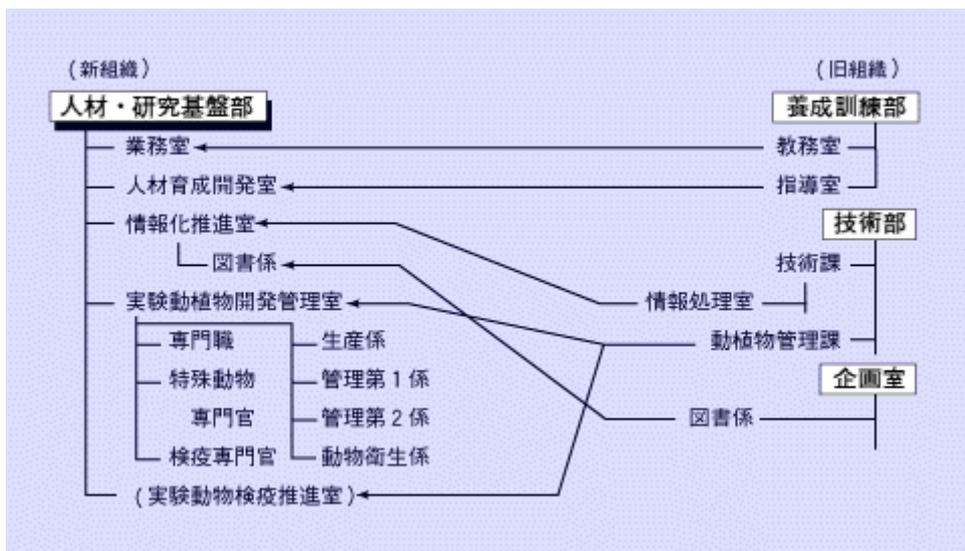
これまで養成訓練部が中心となって進めてきた研修課程に対しては、今回の機構改革に合わせ特に実習についても研究所全体で支える方向に変え、養成訓練部と言う名前が無くなって放医研が研修業務を止めたと誤解されないよう対応するため、所長達で人材育成開発センターが設置されました。センター長には科学研究官が併任で就任し、対外的には人材育成開発センターが研修業務を実施する形となりますが、副センター長を人材・研究基盤部長が、また、センターの教務室を業務室が担

当しており、人材・研究基盤部は人材育成開発センターの運営を実質担っています。

情報化推進室では、すでに大規模なNirs Netを放医研内に構築し、内外との情報交信やネットワーク上の高度計算機共用環境を提供しており、図書業務にもNirs Netを活用したサービスを取り入れています。

実験動植物開発管理室では、放医研の研究に必要な良質な実験動植物の提供に加え、多くの飼育栽培施設の維持管理や実験動物の検疫を担当しています。

部に所属する研究者は、上記の主任務に加え、それぞれが保有するエキスパティーズに対応して所内外の研究グループに参画したり、各室の役割に関連した研究課題を設定して研究活動も行っています。



[バックナンバーを見る](#)   [ホームページへ戻る](#)

# HIMAC共同利用研究に参加するには

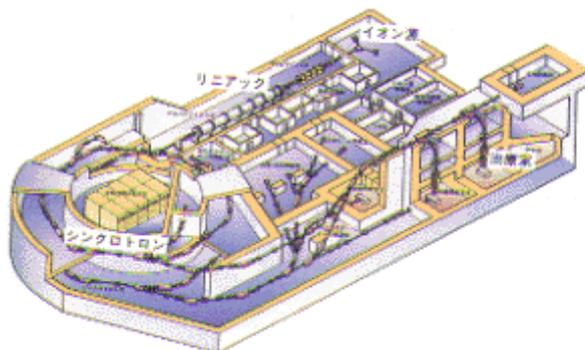
## 1. 共同利用研究の概要

HIMAC（放射線医学総合研究所重粒子線がん治療装置）は世界的にも貴重な装置であり、有効利用の一環として治療以外の基礎研究のために広く所内外の研究者に装置の利用を提供しています。

共同利用研究は、分野を問わず基礎研究も含めて検討の対象になり、参加する研究者の身分にも制限はありません。ただし、研究成果は必ず公に発表されることが前提となります。

所外の研究者も含めた「共同利用運営委員会」が設置され、委員会の下部組織として「課題採択部会」「研究評価部会」「マシンタイム部会」の3部会が設置されています。各課題は課題評価部会で検討され、採択が行われます。また年度末には必ず研究報告を行うことが義務づけられており、その評価結果は次年度の採択に反映されます。研究の実施に予算が必要と認められる場合は、旅費も含めて予算が使えるような措置を講じる場合もあります。

## 重粒子線がん治療装置（HIMAC）



## 2. 募集の方法と時期

毎年、6月と12月に募集を行います。全国300カ所程度の大学、研

研究所に公募の知らせを送付しますが、それ以外でも請求があれば募集要項を送ります。

応募には2つのカテゴリー（A、B）があります。課題Aが通常のビーム利用であり、12月の募集で採択されれば、翌年度4月から1年間、6月の募集ではその年度の後半の半年間、HIMACのビームを使った実験を行うことができます。課題Bは、非常に大型の実験で、コースの整備を伴ったり多額の予算を必要とする研究を対象としたもので、1年前から受付と採択を行い翌々年度実施するものです。予算面でも概算要求の段階から考慮しようというものです。課題Bは12月だけに募集を行います。

### 3. 利用できる施設とビーム

HIMACは火曜日から金曜日の朝から午後7時までは治療のみに利用され、核子当たり290~430MeV炭素イオンが用いられます。夜間と週末は上記実験に利用されています。実験に利用できるイオン種は、火曜日から金曜日は炭素イオンのみで、週末のみHe、N、O、Ne、Si、Ar等のイオンが利用できます。エネルギーはライナックによる加速後の核子当たり6 MeVと、シンクロトロンからの核子当たりの100~800MeVです。実験室は低エネルギー専用の実験室と、高エネルギー用に物理・汎用実験室、生物実験室があります。

### 4. 連絡先

〒263 千葉市稲毛区穴川4-9-1

放射線医学総合研究所

医用重粒子物理・工学研究部 気付

共同利用研究推進室

(電話) 043-251-2111 (内線) 661

(FAX) 043-251-1840

●HIMAC (Heavy Ion Medical Acceleration in Chiba)

平成7年度放射線医学総合研究所重粒子線がん治療装置等共同利用報告書 (NIRS-M-116 HIMAC-013) が刊行されました。報告された研究課題は治療診断研究が13件、生物研究が60件、物理工学研究が30件です。

(6年度分も発刊済み。)

---

●放医研環境セミナーの開催

「放射線被ばくの社会的影響～チェルノブイリ事故から学ぶ」

平成8年12月5日(木)～6日(金) 放医研講堂にて

---

●「'96北陸技術交流・テクノフェア」への参加

平成8年11月29日(金)～30日(土) 福井県産業会館にて