

# 放医研 NEWS

NATIONAL INSTITUTE OF RADIOLOGICAL SCIENCES

# 07

2013 No.181

HIMAC物語

## 24時間体制で安全を守る

石井俊明

どんな仕事、こんな仕事

## 研究基盤センター 研究基盤技術部

## 生物研究推進課

石田有香

サマーサイエンスキャンプ 2013 「放射線を学ぼう！」

高校生のための★先進的科学技术体験合宿プログラム！

サマー・サイエンスキャンプ  
SUMMER SCIENCE CAMP 2013

8・21(水)～8・23(金) 2泊3日  
●会場：放医研

募集は終了しました

毎年人気を集める高校生のための科学技術体験合宿、「サマー・サイエンスキャンプ」が今年もいよいよ開催されます。「放射線を学ぼう」のテーマのもと、放射線についての基礎講座から、さまざまな実験、実習、世界の最先端技術で知られる重粒子線治療の現

場見学など、充実したカリキュラムに加え、新たにオープンした最新設備の研修棟が会場となり、快適な時間を過ごせるはず。今回の募集は終了しましたが、毎年恒例のイベントですので今後もぜひご注目ください。

- 主催：独立行政法人 科学技術振興機構
- 共催：独立行政法人 放射線医学総合研究所ほか
- サイエンスキャンプ本部事務局  
：公益財団法人 日本科学技術振興財団



\*写真は昨年度のキャンプより

「青少年のための科学の祭典 第19回 千葉大会」に出展しました

2013年6月8日・9日

6月8・9日の両日、「青少年のための科学の祭典」が開催され、放医研は、千葉市のQiball（きぼーる）にある千葉市科学館（千葉会場）に出展しました。ここでは「放射線を計ってみよう」というテーマで、身近にある“もの”から出ている目に見えない放射線の種類の違いを観察し、それらの線量を実際にサーベイメータ（放射線測定器）で測定してみるという実験を行い、小学生から熟年の方まで、多くの方々に体験していただきました。



国際重粒子線シンポジウム (HITSRS) 2013大会

2013年5月15日～18日

第26回放射線医学総合研究所 公開講座  
「豊かな暮らしをめざした放射線科学の最前線」

2013年5月18日

「国際重粒子線シンポジウム 2013大会」が千葉市で開催され、国内外の研究者が集まり、重粒子線による影響の診断方法とその評価から最先端がん治療の現状まで、幅広くハイレベルな発表・討論が行われました。

また、この国際シンポジウム開催にちなみ、テーマである重粒子線の医学利用や、宇宙空間での放射線防護について、一般の方々を対象とした公開講座を開催しました。この講座には、放医研の専門家に加え、高校生もプレゼンターとして登場。さらに、熊谷千葉市長のご挨拶もあり、有意義なイベントとなりました。

NASA ジョンソン宇宙センター Cucinotta 博士、ドイツ重イオン科学研究所 Durante 教授、米国コロンビア大学 Hei 教授など、数多くの著名研究者が参加した、国際重粒子線シンポジウム。



重粒子線がん治療合同シンポジウム  
Joint Symposium 2013 on Carbon Ion Radiotherapy

2013年5月2日・3日

Fostering International Collaboration  
between Japan and the United States in carbon ion radiotherapy

重粒子線がん治療をテーマに、アメリカ・ミネソタ州ロチェスターに、日、米、欧の研究機関から専門家が集まり、合同シンポジウムが開かれました。放医研からは、重粒子線がん治療の歩み、世界的な動向、最新の部位別治療実績、そして高精度・高効率がん治療を目指した技術開発の最先端の取り組みが紹介され、ドイツ HIT、欧州内の粒子線治療施設によるネットワーク ENLIGHT、米国メイヨー・クリニック などから、様々な最新の情報が報告されました。放医研のプレゼンテーションは、米国における重粒子線治療への

重要な足がかりとなり、今後は日米間でよりいっそう協力し合っていくことが話し合われました。



放射線医学のフロンティア  
—世界のCOEをめざして—

2013年6月3日

第3期中期計画も半ばに差しかかりましたが、今後の研究課題を絞り込み、重点的に取り組んでいくための意見交換の場として、理事長主催の懇談会を行いました。まず米倉理事長から、今後の指針として、国際共同研究をさらに発展させ、研究成果や最新技術を外部へ積極的に発信していくこと、そして、これらをスムーズに行うための具体案が提示

されました。また、根井プログラムリーダーから、放射線影響研究の推進について提案があり、密度の濃い活発な議論が交わされました。今後も、こうした催しを通じて研究所全体を活性化することとし、放射線科学のCOE (Center of Excellence) としての方向性を確認しました。



寄附金が研究の大きな力になっています

放医研では、皆様からの寄附金をお受け致しております。平成24年度は、重粒子線がん治療研究の発展や、放射線影響に関する研究に役立ててほしいとお気持ちとともに、個人の方を中心に、総額129,040,000円をお寄せいただきました。

寄附金が使われている一つの例として研究現場からの声をご紹介します

国際オープンラボラトリーの活動は、その多くが寄附金により支えられています。当ラボラトリーは、重粒子線を用いた放射線治療や、宇宙放射線防護に関連する4つの研究ユニットで構成され、欧米の大学・研究機関に属する著名外国人研究者の指導のもと、若手研究員等による国際共同研究を推進しています。皆様のご支援により、著名な研究者の招聘や研究者の雇用、多数の海外協力研究者の招聘、国際ワークショップの開催等を活発に行うことができ、大変感謝しております。これらの活動を通じて、国際共同研究の学術論文も増えつつあります。これからも研究のさらなる進展に取り組んでいく所存です。

国際オープンラボラトリー・サイエンティフィックセクレタリー  
岡安隆一



世界の期待を集める重粒子線がん治療。巨大な加速器 HIMAC をはじめとする多くの分野の技術が組み合わされて実現する、この最先端治療には、医師はもちろん、必ずしも表舞台には登場しない、数多くのスペシャリストたちが関わっています。本シリーズでは、重粒子線がん治療を支える人たちへのインタビューを通して、その技術やがん治療にける思いを紹介していきます。



物理工学部重粒子設備室

石井俊明 (いしい としあき)

第7回

## 24 時間体制で安全を守る

建物は生きています。人の体と同じように常にチェックし、手を入れ、新陳代謝をはかることで安全と快適さが保たれます。HIMAC が設置された巨大な重粒子線棟は、保守・点検の仕事を行うプロフェッショナルチームによって 24 時間守られています。電源、配線、熱源、給排水、空調など、建屋内のあらゆる設備の維持管理を担当する重粒子設備室の石井俊明さんに話を伺います。



重粒子設備室のみなさん

### 設備を見守り、維持する19人

「私の所属する加速器エンジニアリングは、加速器の運転・維持管理を目的に設立され、平成5年に完成した HIMAC とまさに歩みを共にしてきたといえるでしょう」と、重粒子設備室の石井さんは話の口火をきります。

「私たちは、HIMAC の装置が置かれている重粒子線棟の設備・ユーティリティの管理を担当しています。3年ほど前からは新治療研究棟の設備の管理も私たちが担当しています」。管理しているのは、電気や空調、排水などから防災にいたるまで、多岐にわたります。「それこそ蛍光灯の管球交換といった日常業務から、停電や地震などのアクシデントに備えた非常時対応までさまざまです」

メンバーは石井さんを含めて 19 名。24 時間体制で作業に当たります。

「昼間は 6 名から 8 名、夜間は 3 名

が常駐しています。夜勤担当者は、夕方の 5 時までに来て業務の引き継ぎを行い、朝 9 時に引き継ぎを終えて帰ります。正月は多少人数が減りますが、基本的に 365 日この体制は変わりません」

### 専門性を超えて、全体を見る

チームは電気、空調、熱源、衛生、建築・防災の 5 グループに分かれています。「各分野の有資格者を中心とした構成となっていますが、限られた人数ですので、自分の専門の仕事だけをやるというわけにはいきません。専門分野にたけていることも大事ですが、何にでも対応していく姿勢もここでは非常に重要です」

新たに配属された人には、1 年を通じて行われるさまざまな業務をまんべんなく体験してもらい、仕事全体を“やって”覚えてもらうようにしているそうです。

石井さん自身は、電気関係が専門です

が、現在は、設備室室長や装置担当者との作業の確認や打ち合わせを行う、グループの調整役としての任務が中心です。

### 五感を動員して点検する

仕事は、毎日 3 時間おきに行われる点検作業から、毎週、毎月、半年、年 1 回のものなどさまざまです。「大きな作業、定期的な作業に関しては、月単位・週単位で決めたスケジュールに沿って行いますが、日常的なものとしては、朝の引き継ぎが終わりしだい、施設内をくまなく歩きまわり、膨大な項目に及ぶ点検を行うことが中心です。目視だけではなく、異音・異臭はないか、振動はないかなど、五感を駆使した点検です」

建屋設備制御室にはさまざまな機器の稼働状況を知らせるモニターがあります。「この部屋が無になることは決してありません。常にモニターのチェックを

行い、何か異常が発生すれば、現場に人を急行させるシステムになっています。

しかし、非常誘導灯の蛍光灯が切れていたとか、水漏れが発生していたといった、機械がモニターしきれない部分は、人が実際に行ってみて細かくチェックする必要があります。すぐ対応できるものであれば、その場で即刻修理します」



重粒子線棟と新治療研究棟の機器を常にモニターチェック。



現場に向かう際の 7 つ道具も個性的なものばかり。

### とにかく治療が最優先

「みなさんあまり目にする機会がないので、気がつかれないかもしれませんが、大きな建物には、必ず私たちと同じような仕事をしている人がいます。一般の建物との違いは、ここががん治療を行っている施設であることですね。ですから何より治療が優先されています。治療や実験で照射が行われている時には、立ち入り禁止区域に入ることはできませんし、それ以外の場所でも、患者さんの邪魔にならないよう作業に配慮します」

そのため、HIMAC が稼働していない日曜から月曜にかけての作業が多くなり、夏前のこの時期には、とくに冷房システムのメンテナンスに気を遣うそうです。「装置から熱が出るので、HIMAC の置かれた場所では冬でも冷房しています。熱源と呼ばれる冷房用の設備が 4



巨大な設備を象徴する機器がいくつも並ぶ、重粒子線棟の地下室の一コマ。

台ありますが、夏場は建物全体を冷房する負荷も加わるため、フル運転となります。単体で動いているわけではなくいろいろな機械の集合体ですから、1 箇所でも不具合があると動かなくなり、治療計画にも大きな影響が出るので、緊張感を持ってメンテナンスを行っています」

### 東日本大震災での体験

放医研に来てから 10 年を超える石井さんの勤務体験の中でも、東日本大震災は、やはり忘れられない大きな出来事だったそうです。

「HIMAC はちょうど 3 月の定期点検期間中で稼働しておらず、私は新治療研究棟にいました。地震が起きてすぐにこれは日頃経験しているような地震ではないぞ、と感じました。最初に頭をよぎったのは、エレベーターに取り残された人はいないかどうかです。私たちの使命は、施設を守り、安全に運用していくことですが、それには何よりもまず人命が優先です。次に考えたのは、熱源のことでした。重粒子線棟の熱源は、水を冷やすのに溶液を使っています。もし電気が止まってポンプが動かなくなると、溶液は結晶化し、管の中で固まって、取り壊さない限り、二度と使えなくなる恐れがあります。そうなると治療にも大きな影響を与えてしまいます。幸い、エレベーターの確認や熱源の停止は問題なく行えました。非常時マニュアルの徹底と、日頃の

訓練の重要性を思い知らされる出来事でした」

### 休みの日は地域とともに

毎朝始業の 1 時間位前に出勤するようにしている、という仕事熱心な石井さんですが、休みの日をどう過ごしているのでしょうか。「地域のために働いています。生まれ育った地元、千葉県いすみ市で毎年行われる『大原はだか祭り』の神輿(みこし)の渡御に、忙しく働かされています(笑)。300 年以上の伝統を持つ神事ですが、過疎化・少子化が進み、神輿の担ぎ手を確保するのが悩みの種だといいます。

「毎年 9 月の彼岸の時期に行われる祭りでも、そろそろ本格的な準備に入ります。去年、長の役目を果たしたので、今年は解放されると思ったのですが、またもや出番が回ってきました。周りのお年寄り連中に比べると、まだまだ若造なので、ひと頑張りしないとね」と、若々しい笑顔を見せます。



仕事の活力のもと? 地元千葉大原のはだか祭りより。

# 研究基盤センター 研究基盤技術部 生物研究推進課

Laboratory Animal and Genome Sciences Section

## すべての研究者を支える実験動物の研究・開発チーム

実験動物は、放射線が人体に及ぼす影響の研究や放射線を利用した治療の研究などには欠くことのできない重要な役割を担っています。

生物研究推進課は、生殖工学技術を用いた実験動物の開発・供給、実験動物の衛生管理、クリーンな飼育環境の保全維持等、放医研の動物実験に関するサポートを一手に引き受け、研究に貢献しています。また、動物実験委員会の事務局も担当し、動物実験がスムーズに進められるよう適切な支援を行っています。

生物研究推進課の仕事を石田有香さんに聞きました。

### 動物実験を管理し、サポートする

生物研究推進課には表紙に登場している7名の他、数多くのスタッフの方々が所属し、放医研の動物実験が適正に実施されるよう日々協力し合って業務を行っています。具体的な業務内容は、実験動物と飼育施設の管理や維持、生殖工学を用いたマウスの作製、教育訓練、動物の発注と、平成19年度より所内に設置された動物実験委員会の事務局です。

私自身は、動物や施設がクリーンな状態であることを確認するための微生物検査や検疫と、動物実験委員会の事務局を担当しています。



診断用の病理切片を作製しているところ。ろうで固めた臓器を数μmの厚さに切り、細胞が1層の状態を観察できるようにする。

### 実験の意義と動物福祉を共存させる

2005年より動愛法（動物の愛護及び管理に関する法律）などが改正されました。それぞれの大学や研究機関で動物実験等に関してしっかりと自主規制することが求められるようになり、放医研でも動物実験委員会が設立されました。

### 石田有香 YUKA ISHIDA

研究基盤センター 研究基盤技術部 生物研究推進課



放医研で動物実験を行う際は、委員会で実験計画の審査を受け、理事長承認を得なければなりません。外部の方が放医研で動物実験を行う場合も含め、申請の件数は年間およそ200件程度にのびります。

動物実験には3Rの原則があります。まずは「代替法の利用(Replacement)」。



培地に生えたコロニー（微生物の集落）を観察し、色・形・大きさ、その他の情報から微生物を判定。

系統発生的により低位の生物、あるいは培養細胞やコンピュータシミュレーションでの実験を検討します。次いで「使用動物数の削減 (Reduction)」。目的を達成しうるだけ少ない動物数で実験を計画します。そして「苦痛の軽減 (Refinement)」。実験手技を洗練したり適切な麻酔法を選択したりすることで動物の苦痛軽減をはかります。

動物実験委員会が実験計画を審査する際、最も重点を置くのもこの3Rです。私たち事務局は、申請前の実験計画書について、専門外の人にも理解しやすい表現か、3Rへの配慮は適切か、ということをそれまでの審査状況も踏まえて確認し、表現方法や、時には3Rの再検討を申請者の方に提案しています。

私は、今の仕事に就く前は、放射線生体影響のプロジェクト研究に携わっており、実験動物ユーザーの立場で毎日飼育室へ入っていました。実験計画書の作成や海外からのマウス凍結胚の導入手続きもユーザーとして経験していますので、「規制が強化されたら手続きの負担が増える」など、研究者側の気持ちもよくわかります。今は、放医研の動物実験から成果をどんどん出していただくべく研究者をサポートすることが使命と思い、以前の経験を活かしつつ、研究推進と動物福祉の双方にとって、より良い方法はないかを常に考えるようにしています。



大きさが0.1mmのマウス胚（受精卵）を操作するための顕微鏡での作業。体外受精や受精卵凍結、顕微注入などをすべてこの部屋で行っている。

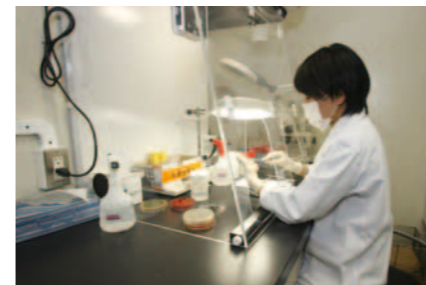


小さなドロップの中で培養していた受精卵を顕微鏡で観察しているところ。

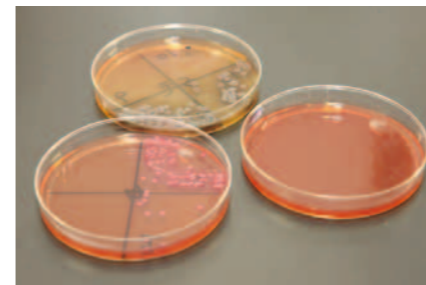
### 微生物汚染から放医研を守る

遺伝子改変動物の需要や共同研究が増えたことで、外部機関から動物が搬入されることが多くなっています。もし、外部から持ち込まれた動物によって、放医研の動物が病原微生物に汚染されるような事態になれば、たいへんです。長年の実験が、水の泡になってしまうことも考えられます。

そこで、外部から動物が持ち込まれる場合は、供給元の飼育環境や衛生状態の



マウスから材料を採取し、エーゼで培地に塗抹する。検出したい微生物の種類に合わせて組成の異なる培地を使い分け、材料を採取する部位も異なる。



右は微生物を接種していない培地、左の2枚はそれぞれ違う微生物のコロニー。ルーチンの検査では「いてはいけない病原体（特定病原微生物）」の有無を調べる。

調査を行い、検疫が必要と判断された場合は一定期間隔離飼育をします。12～15種類の特定病原微生物の有無を検査し、すべての検査結果が陰性でないと衛生レベルの高い飼育室へ動物を搬入することはできません。

### 動物実験技術の向上をめざす

生物研究推進課では、動物実験技術の研究開発も行っています。2分割された特殊なケージを用いた衛生検査法も成果のひとつです。

実験用マウスとおとり用マウスを仕切り板のついたケージ蓋を使用して同居させます。仕切り板は金網のため、マウスは鼻や口等で接触でき、空気や床敷き等の汚物の行き来もありません。それにより、実験用マウスが持っているかもしれない病原微生物を、おとり用マウスに容易に感染させることが可能になりました。

以前は、別々のケージでマウスを飼育しなければならなかったため、気流を考慮してケージを配置したり、実験用マウスの汚れた床敷きをおとり用マウスのケージに移したりと、感染させるための工夫が必要でした。このケージ蓋の開発によって検出度が上がり、検疫で活用しています。



金網の仕切り板で2分割された、独自開発のケージ。

# NIRS Staff

### 放医研ならではの管理の難しさ

低線量被ばくの影響研究では、多くの場合「がん」がターゲットになります。がんは短期間で現われるものではないので、マウスやラットを長期間（場合によっては生涯）飼育することになります。

難しいのは、その間ずっと同じ条件で飼育しなくてはならないということです。何かの条件が変わると、その影響が本当に放射線引き起こされたものなのかどうか判断できず、実験の意味がなくなってしまいます。温湿度などの飼育環境を一定に維持することに加え、病原微生物の侵入を防ぎ、高い衛生レベルで管理し続けることが重要です。

一般に、動物は人間よりも汚いというイメージを持たれがちですが、実は実験動物はものすごくきれいなんです。

SPF (Specific Pathogen Free) 動物（特定の病原微生物を持っていないことが確認されたクリーンな状態の動物）

の飼育では、特に注意が必要です。飼育器材の供給・洗浄・滅菌も私たちの仕事ですが、人の出入りが多いほど動物の微生物汚染の危険性は高まります。そのため、私たちスタッフは、各飼育エリアに付帯している器材室等



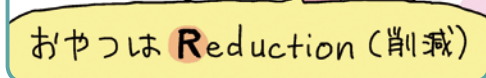
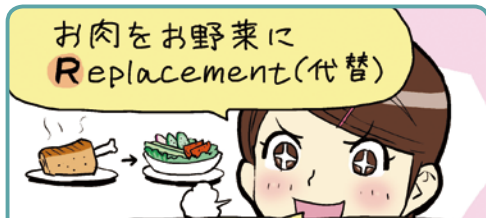
を中継点として飼育室に入ることなく飼育器材の搬入・搬出を行い、また、器材の動線は一方方向になっています。

私たちの身の回りに存在している緑膿菌（土壌や水中等に生息する常在菌。化膿の原因となる）や、黄色ブドウ球菌（皮膚や腸内に常在し、ニキビや食中毒の原因となる）なども、放射線により造血細胞が傷ついたり、免疫力が落ちたりして

いる実験動物にとっては、命取りになることがあります。いうなれば、実験動物にとっては人間が最大の汚染源です(笑)。ですから、その意識を持って実験動物を取り扱う必要がありますね。ひいては3Rの順守にも繋がる、重要なポイントだと思います。

## あやかちゃんの3R

## 用語解説



# 動物実験の3Rって?

**医**療や医薬の開発では、動物実験は人間に適用する前の欠かせないステップです。その必要性が増していく一方で、動物の福祉のための基本理念が求められるようになり、動物愛護管理法では3Rという国際基準がつけられています。

3RとはReplacement(代替法)、Reduction(使用数の削減)、Refinement(苦痛の軽減)です。具体的には、代替法ではコンピューターなどへの完全置換、系統発生学的に低位の動物への相対的な置換。使用数の削減では、より少ない動物数で同等の情報を収集する、または少数の動物を長期間飼育して多くの情報を得ること。苦痛の軽減では、苦痛の軽減と排除をはかる飼育方法や実験方法が検討されています。放医研では3Rに配慮した動物実験を計画して、その内容を動物実験委員会で厳しく審査しています。

作 PECO

## 数字でみる放医研トリビア

# 25

平成24年度に放医研で凍結保管したマウス(組換えマウスも含む)の系統数です。今やマウスは生物医学研究には不可欠で、これまでに世界中で様々なマウスが開発され利用されています。例えば、全身の臓器や組織が緑色蛍光タンパク質(Green fluorescent protein: GFP)で光る「グリーンマウス」はその代表的なものです。所内でも、独自に開発したマウスや所外で開発されたマウスが放射線影響研究のために活躍しています。また、このような貴重なマウスの受精卵を-196℃の液体窒素中で凍結することで、半永久的に保管することができ、必要時に必要数のマウスを提供することができます。災害時などの対策としても凍結保管は非常に有効な方法です。さらに最近では凍結卵を専用の箱(ドライシッパー)に入れて輸送することも可能となっており、国内外から届いた凍結卵からマウスを作出する技術支援も行っています。

## 寄付金のお願い

放医研は、職員一同、研究成果の社会還元を常に意識しながら努力し、放射線科学・放射線医学分野の世界的な拠点として活動してまいります。

放医研の活動に対する皆様方のあたたかいお力添えを是非ともお願い申し上げます。

お問い合わせ先：企画部研究推進課知的財産係  
TEL：043-206-3027(ダイヤルイン) E-mail：kensui@nirs.go.jp

## 今月の表紙

研究基盤センター  
研究基盤技術部 生物研究推進課  
のみなさん

## 編集後記

2013年も、はや半年が過ぎました。今年も暑い夏になりそうです。体調管理に気をつけて乗り切りましょう!(く)