

放医研 NEWS

NATIONAL INSTITUTE OF RADIOLOGICAL SCIENCES

HIMAC物語

重粒子線照射の 司令塔

古場裕介

どんな研究室、こんな研究室

発達期被ばく 影響研究プログラム

今岡達彦

09

2012

No.176

NIRS-COLUMBIA UNIVERSITY JOINT WORKSHOP 2012

放医研-コロンビア大学
ジョイントワークショップを開催!

6月12日、放医研-コロンビア大学・ジョイントワークショップが開催されました。このワークショップは、米国のコロンビア大学と締結した学術協力覚書に基づき、国際オープンラボラトリー及び重粒子医学センターが中心となって開催されたもので、放医研からは重粒子医学センターと分子イメージング研究センターのがん治療に関する講演を行い、一方ではコロンビア大学、コロラド州立大学、ドイツのGSIなどの著名なサイエンティストが講演。若手研究者も数多く登場し、活発な質疑応答が行われ、実り多いワークショップとなりました。また、今回は、世界的に著名な放射線生物学者であるコロンビア大のエリック・ホール教授を招聘。放射線照射により引き起こされる生物学的な影響について最近の知見をまとめて講演。研究者・医学者にとっても、このワークショップが大きな刺激になったと思われます。



(左から) 岡安隆一(サイエンティフィックセクレタリー)、米倉義晴理事長、エリック・ホール教授

Dr. Eric Hall

1953年にロンドン大学を卒業後、オックスフォード大学で学位を取得。現在はコロンビア大学で名誉教授として教鞭を執る。主な著作として、「Radiation and Life」、「Radiobiology for the Radiologist」があり、彼の執筆した教科書は世界中で多く用いられ、放射線研究者、治療医、従事者にはなくてはならないものとなっている。

Dr. Tom Hei

コロンビア大学・放射線腫瘍学教授及び環境健康学教授、国際オープンラボ・宇宙放射線研究ユニット著名外国人研究者。米国放射線研究学会・次期会長でもあり、幅広い活躍が目立つ。

Dr. Clifford Chao

コロンビア大学・放射線腫瘍学特別教授(Distinguished Professor)及び学部長。コーネル大学の放射線腫瘍学教授も兼任し放射線治療の臨床分野での業績が顕著である。

Dr. Marco Durante (GSI, Germany)

ドイツ重イオン科学研究所(GSI)教授で生物物理部門長、国際オープンラボ・粒子線線質研究ユニット著名外国人研究者。重粒子線の生物影響に関する研究等の世界的権威で、国際放射線研究学会の会長も務める。

加藤宝光

重粒子医学センター
国際重粒子医学研究プログラム

コロラド州立大学で学位を取得。放医研で研究員を務めた後、コロラド州立大学環境/放射線健康学助教授に就任。重粒子線を含む放射線の生物影響研究分野での若手のホープとして期待される。

Dr. Chris Allen

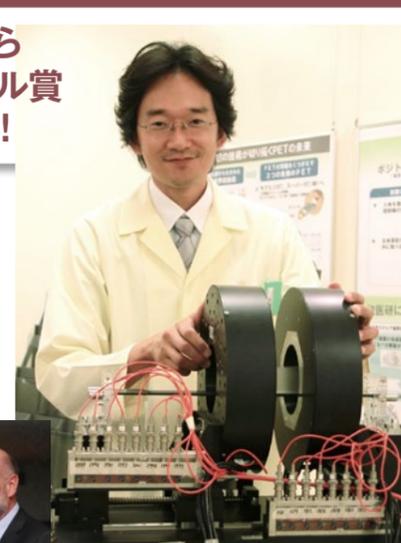
米国ニューメキシコ大学・分子遺伝/微生物学で学位を取得。その前はジャズミュージシャンというユニークな経歴を持つ。現在は国際オープンラボ・粒子線治療分子標的ユニットの指名研究員として活躍する。



国際色豊かな面々で意見交換が行われたレセプション

山谷泰賀チームリーダーら
「ゴットフリート・ワグネル賞
2012」最優秀賞を受賞!

6月19日、ドイツ連邦共和国大使公邸で開催された第4回ドイツ・イノベーション・アワード「ゴットフリート・ワグネル賞2012」授賞式で、分子イメージング研究センター山谷泰賀チームリーダーらが最優秀賞を受賞しました。受賞研究は「がん診断と放射線治療を融合するOpenPET」。自らが発明した世界初の開放型PET装置「OpenPET」を利用し、PET診断と放射線治療を融合したシステムの実現を目指すものです。



「OpenPET」の研究

同時に診断と治療ができる世界初の開放型PET装置を開発。PETの可能性を広げ、分子イメージング研究を推進します。

「東京電力福島第一原子力発電所事故の
初期段階における内部被ばくの
線量再構築に向けた国際シンポジウム」を開催

緊急被ばく医療研究センターは、7月10日・11日、国際シンポジウムを開催しました。福島県の変換事故の初期段階の内部被ばく線量評価については、ホールボディカウンタ(WBC)の測定結果以外にも、計測されたデータやシミュレーションの結果等を精査して活用することにより、その精度向上が見込まれます。今回のシンポジウムには、2日間で延べ170名以上が参加し、線量評価の手法について、海外3カ国の専門家7人及び国内の専門家

(初日は12人、2日目は13人)の白熱した議論が特設の円卓で行われました。



高校生のための★先進的科学技术体験プログラム!

8月22日~24日

サマー・サイエンスキャンプ
SUMMER SCIENCE CAMP 2012

- 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

毎年人気を集めるサイエンスキャンプが今年も放医研で盛大に開かれました。今回は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、盛りだくさんのカ

リキュラム。全国各地から熱心な高校生が参加し、講師を務めた研究者と楽しく有意義な時間を過ごしました。もしかして、未来のサイエンティストがここから誕生? そんな期待を抱かせるみなさんの意気込みが印象的でした。



PET薬剤製造
基準教育プログラムを開催

6月15日・16日、日本核医学会の「PET薬剤製造基準(学会GMP)」教育プログラムを開催。自施設を今後学会GMPに準拠させたいと希望する方や病院関係者など、多くの方々が参加されました。



青少年のための科学の祭典
千葉大会に参加しました

6月9日・10日、放医研は「青少年のための科学の祭典・第18回千葉大会」の会場(千葉市科学館)に初めて参加しました。「放射線を調べてみよう」というテーマで、サーベイメータを使って自然界の放射線を調べる実験や、霧箱での放射線の観察などを行い、大盛況でした。



サマーコンサート

恒例の七夕コンサートが、重粒子医学センター病院ロビーで行われ、たくさんの方々がコーラスと管楽器アンサンブルの華麗なハーモニーに酔いしれました。



多くの若手研究員も
プレゼンテーションを
行いました!

鎌田センター長、佐賀プログラムリーダーの有益で貴重な講演の他、研究基盤センターからは小平研究員、小西研究員、国際ラボ・粒子線線質研究ユニットのワルター・ティンガネリ指名研究員、分子イメージング研究センターからは平野博士研究員、重粒子医学センター及び九州大学より篠藤客員協力研究員らが講演し、大変有意義で活発な議論が行われました。



佐賀恒夫

分子イメージング
研究センター
分子病態イメージング
研究プログラム
プログラムリーダー



小平 聡 小西 輝昭 Walter Tinganelli Tony Wang 平野 祥之 篠藤 誠

(敬称略)

HIMAC物語

治療を支える人、技術、そして、思い

世界の期待を集める重粒子線がん治療。その表舞台には多くの医師が見えますが、医師だけで治療は機能しません。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高精度な治療システムを作り上げ、それを稼働させる数多くのスペシャリストがいるのです。本シリーズでは、重粒子線がん治療を支える人々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。

重粒子医学センター
次世代重粒子治療研究プログラム

古場裕介 (こば ゆうすけ)

第3回

重粒子線照射の司令塔

放射線治療の理想像とは、がん細胞だけに放射線を照射し正常組織に照射しないことです。そうすれば、がん細胞は確実に死滅し正常組織に副作用が起こることがありません。重粒子線がん治療は、この理想像に非常に近い照射を実現しています。そのためには、超高速に加速された放射線をミリ単位で制御する必要があり、極めて高度な技術を要します。患者さんひとりひとりの症状や状態に合わせ、放射線のエネルギー、線量、方向など無限とも言えるパラメータの組み合わせの中から理想的なひとつの値を導き出すのが「治療計画」。それは治療成績に直結する重要なステップで、ひとつのミスも許されません。HIMAC 物語第3回目は、この治療計画を担当し、さらに新しいシステムの開発に取り組む古場さんにお話を伺いました。



理想的な線量分布を計算する

「治療計画は、どのような治療を行いたいのか、担当医の治療方針を聞き取ることから始まります」

がんは体の深部にあることが多く、また正常組織がそのまわりを囲んでいます。ブラッグピーク(※)を持つという重粒子線の特性を活かし、がんに集中するように照射方法を決めて行くのが治療計画

です。古場さんは医師の方針に従って、照射する重粒子線ビームのエネルギーや線量、方向などを経験に基づいてコンピュータに入力し、計算結果を確認して、最適な数値を決めていきます。理想的な線量分布を実現しつつ、がんよりも手前にある重要な臓器への照射を回避するために何度もシミュレーションを繰り返します。

「この段階で医師と再検討し、修正を加えることもあります。データが確定したらポラス・コリメータを発注します」

加工技術者から運び込まれたポラス・コリメータをチェックするのも古場さんの仕事です。

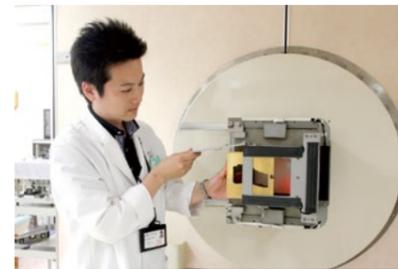
「実際に照射台にセットして、計画通りに照射が行われるかどうかを QA 測定



(Quality Assurance) で確認します」

ここで問題がなければ、最終的に決定したデータを放射線技師に渡して、古場さんの仕事はひとまず完了し、第1回目の照射が行われます。

「治療計画の仕事は、単独では成立しません。医師の治療方針を聞き、最適な照射方法を見つけ出し、次のステップに渡します。いわば、ジャンクションの



ような役割ですね」

がんだけを狙い撃ちしながら正常組織をしっかりと守るという、世界の最先端を行く技術を駆使した重粒子線がん治療。夢のような出来事は、こうして現実のものとなるのです。

※ブラッグピーク (Bragg peak)
重粒子線がヒト組織を通過する際、急激にエネルギーを失い、最大の線量を発生して停止するが、そのエネルギー損の極大部分がブラッグピークと呼ばれる。ブラッグピークは非常に鋭く、周辺組織に大きな障害を与えないことが特徴。

新たな治療計画システムの開発に向けて

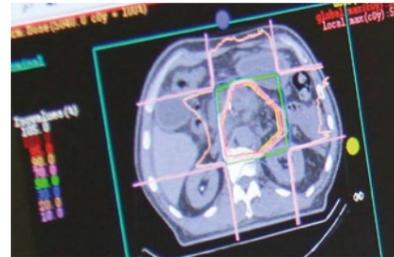
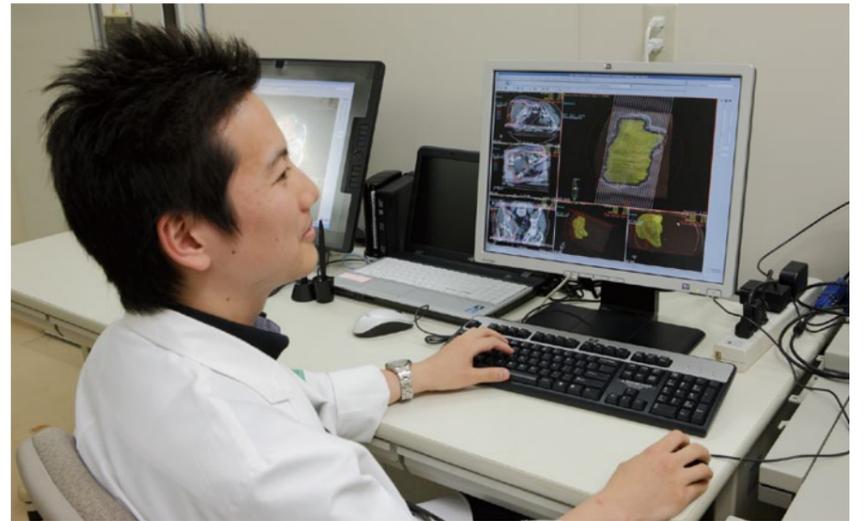
古場さんは現在、治療計画の仕事と並行して、新たな業務にも取り組んでいます。治療開始以来17年間にわたって使われてきた治療計画システムの更新です。

「システムは導入しても、すぐに使えるわけではありません。放医研独自のやり方や既存の設備に合わせ、調整していく『コミショニング』という作業と、計算された線量分布が実際の照射と合致しているかどうかを確認する『品質保証』という作業が不可欠です」

新システムを使って、現在行っている業務を何の問題もなくこなせる状態にまでもっていくこと、これが古場さんの課題です。新しい治療計画システムはどんな点が今までと違うのでしょうか。

「より滑らかに3D表示ができるようになり、頭・頸部など複雑に神経や器官が入り組んでいる患部も観察しやすくなり、ターゲット部位と正常臓器の位置関係をきちんと把握しながら照射方向を決めることができます。これまで再現できていなかったビームの広がりや、体内でのビームの散乱をシミュレートできるようになったのも画期的ですね。より正確な線量分布の計算を行うことによって、信頼性の高い治療計画を立てることが可能になりました」

HIMAC - The Inside Story



操作性の点でも進化がありました。「マウスの他に、ペン入力が可能となり、医師が直接 CT 画像中にターゲットや正常臓器の輪郭を書き込むことができるようになりました。これにより、医師の輪郭入力時間が短縮され、治療計画をスムーズに進めることができます」さらに使いやすく、さらに正確で、わかりやすく、という改良を加えていくことが古場さんの次の目標です。それは治療成績のさらなる向上につながっていくはずで。

専門知識を治療に生かす

大学・大学院時代、専攻していた物理の実験に HIMAC を使うため、たびたび



放医研を訪れていたという古場さん。放医研の活動を知るにつれ、自分が学んだ知識を実社会に役立てたいという思いが強くなり、医学物理士の資格を取得して、3年前、放医研に入所しました。日本ではまだ数少ない医学物理士のひとりである古場さん。医学物理士とはどんなお仕事なのでしょうか。

「放射線治療機器の発達に伴い、工学や物理の専門知識が求められるようになりました。医学物理士とは、そういった専門知識を生かし、医師や技師の間に立って、放射線治療計画を立てたり、出力の校正や安全の管理を行うことを主な仕事としています。新しい治療計画システムの研究開発もそのひとつですね」

自分の知識を実社会に役立てるという夢を放医研を舞台に実現しつつある古場さん。

「大きな責任もありますが、やりがいを感じます。私自身、これからを楽しみにしています」



オフではマラソンランナーで活躍。チームワークづくりはこんなところにも!



発達期被ばく影響研究プログラム

Radiobiology for Children's Health Program (RaChel)

子どもへの放射線影響を解明する

子どもが放射線から受ける影響を科学的に明らかにすることは、医療現場で子どもに対して放射線をより安全に用いるため、また原発事故などによる人々の不安に対してより正確に答えるためにも、ますます注目される課題になっています。

今回は、そんな重要なミッションに取り組む「発達期被ばく影響研究プログラム」について、今岡達彦チームリーダーにお聞きしました。



今岡達彦チームリーダー

私たちの研究

私たちは、ラットやマウス等の動物を使い、胎児期から成体にいたるまでのさまざまな発達段階で、放射線が生物に与える影響について研究しています。研究は第1期の5年を終え、現在は、第2期の2年目を迎えています。

第1期の研究では、放射線（X線やガンマ線）に被ばくしたときのがん発生リスク（なりやすさ）を胎児、幼児、大人の3段階に分けて調べました。まず、マウスの胎児（妊娠後期）は幼児に比べ、がんの発生率が低い事が分かりました。さらに、子どもと大人では影響の出やすい臓器が違っており、その理由も調べました。放射線を受けた細胞は、次の3

つのうち、いずれかの運命をたどります。

①体内から消える、②正常に修復される、③正常に修復されず突然変異を持って生き残る。③の反応をした細胞が、がん化してしまうリスクが高いというわけです。その結果、腸・肝臓は子ども、骨髄は大人の時に被ばくすると、③の反応を起こしやすいことなどがわかりました。

第2期の研究では、放医研で新しいがん治療に使われている重粒子線では子どもに対してどのような影響があるのか、また強いX線を患部に集中させる治療の際、ごく少量ですが、副産物として出る中性子線の影響についても調べています。

重粒子線での照射は、通常何回かに分けて行います。同じ線量でも、一度に当たった場合と少しずつ反復して当たった場合では影響に違いがあるのか、ということも研究課題になっています。

チームワークが要です

スタッフは総勢55名です。女性が多く、35名ですから6割以上ですね。二極化していて、平均年齢はそんなに若いとはいえませんが（笑）、職場環境が明るく活気があるのは、そのためかもしれません。

体制的には、私がチームリーダーを務める「反復被ばく研究チーム」と「発がんリスク研究チーム」の2チームと「プログラムリーダー直属」に分かれていま

す。それぞれ研究内容が違いますが、手法としては、放射線を当てた動物を飼育し、解剖して調べる、という流れは同じなんですね。同じことをやるのだから、チームの垣根はつくらず、それぞれお互いの仕事にかかわっていきましょう、という方針で進めています。

現在、マウスが数千、ラットが数百、全部で1万頭近い数の実験動物を飼育しています。午前中は、毎日その世話に費やされます。生きものなので、もちろん正月もゴールデンウィークもありません。

被ばくから発がんまでは1~2年かかるため、長期間飼育します。感染症などで動物が大量死するなどということが起こると、それまでの努力が水の泡となってしまいます。そういうことにならないように、自然とみんなで協力し合うので、共通の責任感が生まれる素地になっているように感じます。

熟練の技が研究を支えています



標本づくりの熟練の技で知られ、みんなから「マイスター」と呼ばれる佐々木静江さん



病理標本をつくるのにも、たくさんの人手が必要です。そして標本づくりは複数の作業が必要になります。

まず、解剖して取り出した臓器をホルマリンに漬けて腐らないようにします。



様々な行程を要する病理標本作成



細胞や遺伝子の実験も行っています

次いで、観察したい部位を切り出し、化学処理を行ってパラフィン（ろう）で固めます。それを厚さ数μm（1μmは1mmの1000分の1）に薄くスライスして、ガラス板に貼り付けた後、染色し、封入剤とともにカバーガラスで閉じ込め、完成です。細かい作業手順が多く、それぞれの工程で熟練した技が求められます。

これらの一連の作業を円滑に進めるため、ミーティングは大切にしています。

週初めには、前の週の作業の報告やその週の予定の確認を全員で行います。水曜日には研究者と学生が集まり、持ち回りで自分の研究の進捗状況を報告しています。木曜日の昼食時には、スタッフが興味を持った最新の研究論文を紹介するランチョンミーティング、午後には、作業についての予備知識や必要な技術についての勉強会を開くこともあります。

放医研は連携大学院制度をとっていますが、私たちの研究室には9名の学生・大学院生が在籍しています。月1回セ



標本を顕微鏡で見るとこんな風に見えます。左は大人になってから被ばくして発症したラットの乳がん（青色）、右は子どもの時に被ばくし、大人になってから発症した乳がん（茶色）で、種類が異なることがわかります。

（※「発達期被ばく影響研究プログラム」の動物実験は、動物実験委員会の承認を受けて実施されています）



ミナーを開いて、研究の進捗状況を聞きながら、アドバイスを行っています。

こうしたミーティングを通じて、仕事や研究上の悩みを聞き、互いにアイデアを出し合うことで、より良い成果が得られるようにみんなで努力しています。

放射線医療の安全性確保に寄与したい

東京電力福島第一原発事故の発生以来、子どもの放射線被ばくについて心配されている方も多いと思います。また、放射線を使った検査や治療についても、本当に大丈夫なのか、改めて不安を覚える方も増えているようです。

薬でも同じだと思いますが、放射線も医療で使う場合「これだけ検査に役立つ」、「これだけ治る」ということだけでなく、それを使うことによる影響も、きちんとわかっていないといけません。

残された3年余りの研究期間の中で、その答えを見つけて、放射線医療のより高い安全性確保に寄与していきたいと思っています。

空飛ぶ要塞？

用語解説

数字でみる 放医研 トリビア

415

平成23年度に放医研を訪れた外国人の延べ人数。昨年は、東京電力福島第一原発の事故対応のため、見学の一時中止や国際会議の延期を余儀なくされましたが、ほぼ例年通りの数となりました。もっとも多いのが、研究目的で154人。次いで、見学目的が126人。IAEA（国際原子力機関）理事国の大使など、要人の来訪も近年は恒例行事となっています。海外からトップレベルの研究者を招聘して先端的な研究活動を展開する一方、国際研修など、人材育成を目的としたプログラムの下で、若手研究者の受け入れが増加しています。このように国際化は進み、世界の研究者と交流しながら最先端の研究を行っています。

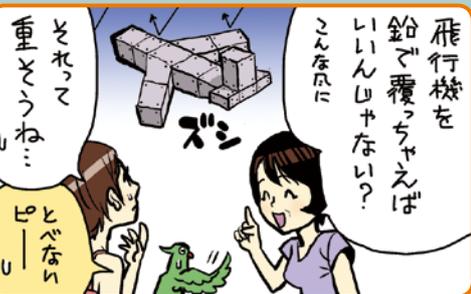
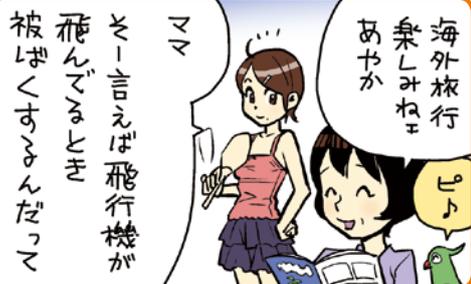
宇宙 放射線って？

宇 宙放射線というのは宇宙空間を飛び交う高速の粒子で、大気圏中の原子と衝突して二次粒子となり、その一部が地上まで達しています。目には見えませんが、私たちは常に宇宙放射線を被ばくしていることとなります。平地で受ける宇宙放射線量はごく微量（1日当たり0.001ミリシーベルト程度）なので心配する必要はありません。しかし、宇宙放射線の線量は上空に行くほど増加し、富士山頂は平地の約10倍、航空機が飛ぶ高度10~12km付近では平地の約100倍近くにもなります。

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：事務担当係 総務部総務課総務係
TEL：043-206-3004（ダイヤルイン） E-mail：soumu2@nirs.go.jp



作 PECO

NIRS 放医研 NEWS 2012年9月号 No.176
©NATIONAL INSTITUTE OF RADIOLOGICAL SCIENCES

発行：独立行政法人 放射線医学総合研究所
問合わせ先：放射線医学総合研究所 広報課 〒263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川 4-9-1
TEL：043-206-3026 Fax：043-206-4062 E-mail：info@nirs.go.jp
ホームページ：http://www.nirs.go.jp
制作協力：サイテック・コミュニケーションズ 撮影：由利修一／大塚俊 デザイン：GRID

今月の表紙
ワークショップで特別講演を行った、著名な放射線生物学者 E. ホール教授。

編集後記
放射線医学は人々の生活や健康のためにあるということを実感したこの3ヶ月。音楽やスポーツに熱中したり、普通の生活を楽しんだりできるよう、放医研は頑張っているんですね。大先輩を見習い、より良い放医研NEWSを作っていきたいと思います。(よ)