

放医研 NEWS

NATIONAL INSTITUTE OF RADIOLOGICAL SCIENCES

05

2015 No.192

放射線のこと、しっかり調べて伝えたい

長期にわたる

低線量放射線の影響を解明する

～子どもたちにもたらず影響とリスク低減～

島田 義也 山田 裕 森岡 孝満

どんな仕事、こんな仕事

世界初の超伝導回転ガントリーの開発で、 装置の小型化、治療の精密化を実現

岩田 佳之

01

Date:2015.APR.12

放医研 一般公開

“暮らしと放射線”
基礎研究から医療、災害対応まで

今年もたくさんの方々に
来ていただきました！



4月12日、国立研究開発法人として初めての一般公開を行いました。今年「暮らしと放射線」をメインテーマに掲げ、身近にある放射線への理解を深めることを目的に開催しました。天候にも恵まれ、多くのご家族連れや学生のみなさん(3,099名)にお越しいただきました。各施設の展示や、新しい試みの「放医研トーク」では、放医研職員と最新の研究や

研究所の仕事について直接お話していただくことで、よりいっそう理解が深まった様子でした。

また放医研に初めてやってきたチーバ君とお子様達と一緒に写真撮影をする姿もあちこちで見られました。

たくさんの方々に、楽しく、しかもためになるイベントをこれからも企画していきますので、次回も放医研一般公開を宜しくお願いします。



おかげさまで大盛況！
一般公開・講演会

一般公開恒例の講演会には多くの方が参加されました。肺がんの重粒子線治療、脳研究、医療被ばくへの取り組みなど、放医研ならではの身近なテーマということもあり、別にご用意したサテライ

ト会場も満杯になるほどの盛況でした。これからも皆様により良い企画をお届けしたいと思います。



Date:2015.APR.12

02

一般公開の新企画！
放医研トークイベント
“みんなで話そう
科学のこと・研究所のしごと”

小学生～大学生の少人数を対象に、宇宙放射線や脳の研究、研究所の仕事の3つのテーマで、参加者との対話を中心としたトークイベントを実施しました。講演者とのやりとりを楽しみ、研究や放

医研を身近に感じてもらえていたらうれしいです。



03

Date:2015.APR.14,19

第56回科学技術週間で
サイエンスカフェを開催しました

放医研の2人の研究者が、第56回科学技術週間サイエンスカフェ(主催:文部科学省と科学技術団体連合)に登場しました。

小平聡主任研究員の講演には一般の方を中心にご参加いただき、『宇宙放射線の発生源を調べることはできるのか?』など、研究者の間でもまだ答えが見つからない疑問に切り込む鋭い質問がありました。

山田真希子サブリーダーの講演には小学生の親子連れを中心にご参加いただきました。脳の模型の組み立てに挑戦するお子さんの姿や、『放医研で脳の研究とは意外』という一般の方のご意見が印象的でした。

どちらの講演も時間を超過して質疑が行われ、放医研のちょっと意外?な研究の一面を知っていただけただけではないかと思えます。



小平聡 主任研究員「宇宙放射線の科学と被ばく線量」



山田真希子 サブリーダー「こころを生み出す脳の話」

Welcome to NIRS!

今年もフレッシュな若者たちが放医研にやってきました！

昨年10月と今年4月から放医研に加わった期待の星！
しっかり者もシャイな人も、明るい笑顔で頑張ろう！



04 INTRODUCING

 穂坂 直也 総務部 総務課 人事係	 山本 絵里香 総務部 契約課 契約第1係
 武田 翔吾 研究基盤センター 安全・施設部 放射線安全課 放射線安全企画係	 高科 理恵 企画部 広報課 広報係
 遠藤 里香 総務部 経理課 資産管理係	

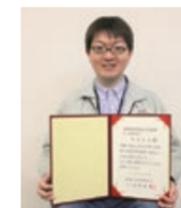
05

表彰されたみなさんをご紹介します

AWARDS



重粒子医科学センター物理工学部
研究員
古場 裕介
第37回(2014年秋季)応用物理学会
講演奨励賞受賞
シンチレーティングGlass GEMの
炭素線に対する応答(3)



重粒子医科学センター物理工学部
サイクロトロン運転室 博士研究員
中尾 政夫
第9回(2015年)日本物理学会若手奨励賞受賞
ビーム物理領域
シンクロペータロン共鳴結合による
間接的横方向レーザー冷却の実証



長期にわたる低線量放射線の影響を解明する ～子どもたちにもたらす影響とリスク低減～

長期低線量被ばく影響プロジェクト プロジェクトリーダー **島田 義也** サブリーダー **山田 裕** 主任研究員 **森岡 孝満**

東京電力(株)福島第一原子力発電所(以後、東電福島第一原発)の事故では、子どもを含む多くの人々が被災しました。低線量の放射性物質が存在する地域に長期にわたって生活することになったことから、特に子どもへの長期低線量放射線の影響について大きな関心が向けられています。そこで第3回では、長期低線量被ばく影響プロジェクトでの研究内容について、島田プロジェクトリーダー(PL)、山田サブリーダー(SL)、森岡孝満主任研究員(主研/現・放射線防護研究センター)にお話をうかがいました。



プロジェクトの背景と概要

長期低線量被ばく影響プロジェクトは、2012年5月、福島復興支援本部の設立と同時に開設。東電福島第一原発事故に関心の高まった「低線量率放射線の連続被ばくによる生体影響の解明」と、「リスク低減化」を目指した研究を実験動物を用いて行っています。

「長期低線量被ばくのデータは、米国で1960年代から蓄積されています。日本でも、青森県の環境科学技術研究所で長期低線量被ばくによる影響のデータは取られていました。しかし、子どもに対する影響をきちんと出したいということで、このプロジェクトでは子どもに焦点をあてて研究しています」(島田PL)

現在の放射線防護の考え方は、高線量率・単回被ばくの影響に比べて、低線量率・連続被ばくの影響は、およそ半分(低減係数が2)ということと、被ばく線量を足し合わせ

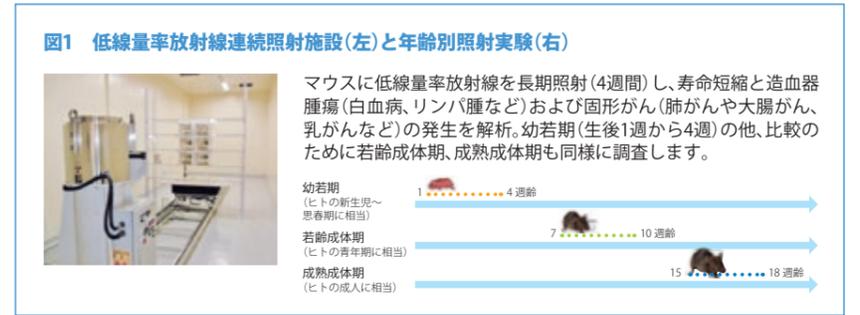
た蓄積線量で評価されるということです。しかし、そこには課題もあります。1つ目は、子どもにも低減係数がそのままではまるのかどうか。2つ目は、連続被ばくの場合、放射線の影響がどのようなメカニズムで蓄積されるのか。3つ目は、子どもの時の被ばくによる影響を将来的にどのように低減できるのかということです。具体的には次のような研究を進めています。

動物実験で放射線影響を解析

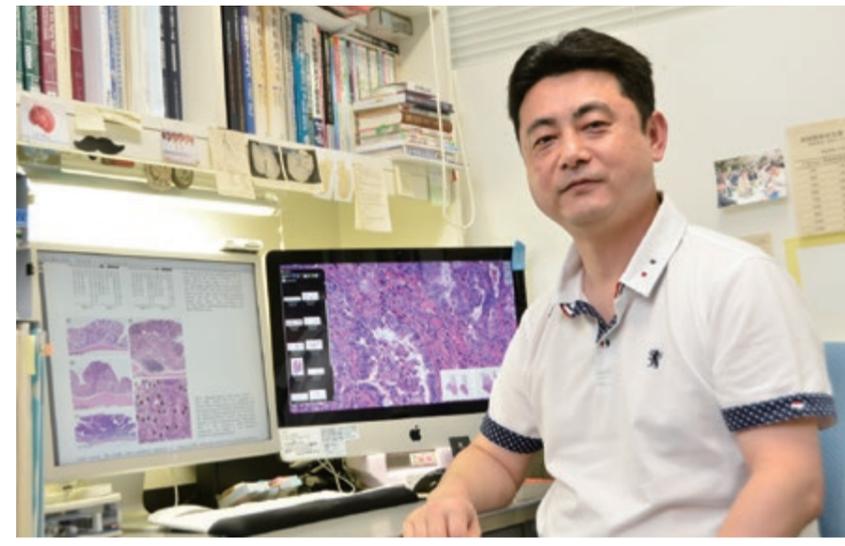
まず、子どもの時期の低線量率放射線

被ばくによる影響の研究は、どのように行われるのでしょうか。

「生後1週齢のマウス(人間でいえば乳児期にあたる)をケージ内で飼いながら、低線量率放射線を4週間(ヒトでいえば小児期まで)連続照射します。その後、寿命を全うするまで通常に飼育し、寿命短縮率や各臓器における発がん率を調べます。そしてこれまでの研究で既にある高線量率・単回照射のデータと比較することにより線量率効果係数*1を求めます」(山田SL) (図1)



*1 線量率効果係数(dose-rate effectiveness factor:DREF): 同じ線量で高線量率放射線で生じる生物影響の値と、低線量率放射線の値の比を求めたもの。



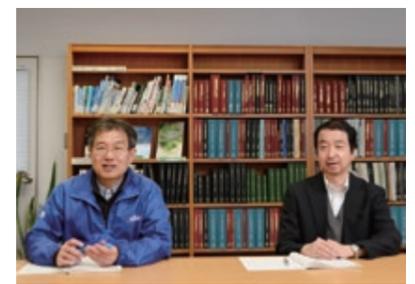
また、乳腺は放射線による発がんリスクが高い臓器のひとつですが、その乳がんのモデルラットや、子どもに多い脳腫瘍のモデルマウスに低線量率放射線を連続照射し、高線量放射線による影響との違いを明らかにする実験も進められています。

「例えば、脳腫瘍の出やすいモデルマウスでは、放射線のできたがんか、あるいは自然発生したがんなのか、遺伝子レベルで見分けることができるので、長期被ばくした場合の脳腫瘍の発生率や、放射線タイプの腫瘍はどれくらい増えるのかを調べています」(島田PL)

幹細胞に焦点をあてた放射線影響の蓄積性の評価

次に、がんは幹細胞(臓器を作る大もとの細胞)の遺伝子(DNA)の傷がもとになってできるといわれています。放射線による傷を受けた細胞は、どの様にしてその影響を蓄積するのでしょうか。

「低線量被ばくでは傷ついた遺伝子は修復が十分可能ですが、傷を持った細胞が生き残った場合、傷を持っていない細胞との



放医研HPIに福島復興支援本部のサイトが開設されました。合わせてご覧ください。
<http://www.nirs.go.jp/rd/structure/fph/index.shtml>

の評価とメカニズムの解明を目指して行っています。

「現在、動物実験においては摂取するカロリーを制限すると腫瘍の発生が低下し、寿命が延長することがわかっています。そこで子どものマウスに放射線を照射し、大人になってから、通常より低カロリーの餌で飼育したところ、平均寿命が20%長くなる結果が得られ、特に肝がん、肺がんの抑制に効果的なようです。よって、適度な運動とカロリーコントロールを心掛けることは、がん予防に有効であると期待できます」(森岡主研)

また、がん予防に有効な食物中の成分として、赤ブドウ等に多く含まれる「レスベラトロール」が注目されており、放射線により生じる消化管腫瘍に対しても抑制効果があることがわかりました。

動物実験アーカイブとネットワーク

「放医研では、動物実験のデータや試料を最大限に有効活用するためにアーカイブ化を進めています。現在、米国のノースウエスタン大学やドイツ連邦放射線防護庁などとネットワークで結び、海外の研究者と放医研の研究者がデータや病理組織画像をお互い共有できる体制を構築中です」(山田SL)

国内外を問わず、互いに研究者が実験結果などを補完しあい、効率的でスピーディに共同研究を進めることが可能になります。

放

医研では、年に1回、福島県と千葉市の親子を対象に「小学生交流サイエンスキャンプ」を開催しています。

「放射線の基本について実験を通して学び、正しく理解してもらうことが大切。キャンプでは友達や親子で仲良く勉強ができ、ゆっくり話せてよかったという声もいただいています」(島田PL)

「科学的なデータを提供して、不安を取り除いていただくのも私たちの役目です」(山田SL)

放射線の研究はもちろん、広く一般の人々に放射線について理解してもらう活動も、放医研の大きな役割ということですね。

世界初の超伝導回転ガントリーの開発で、装置の小型化、治療の精密化を実現

【答える人】重粒子医科学センター・物理工学部 加速器開発室
 いわた よしゆき
 室長 岩田 佳之

加速器開発室では、重粒子線がん治療装置HIMACによる治療や研究のため、装置の高度化や超伝導回転ガントリーの設計開発などに取り組んでいます。岩田佳之室長を中心とするプロジェクトでは、世界初となる超伝導電磁石を使用した重粒子線用の回転ガントリーを開発、来年春の稼働に向けた準備作業が進んでいます。超伝導回転ガントリーは、装置自体が回転することで任意の角度からのビーム照射が可能のため、患者の負担を軽減し、より精度の高い照射を行うことができます。また、超伝導化によって装置の小型化が実現され、今後目指す普及型の重粒子線治療装置の開発にも拍車が掛かります。

Q 理学系大学院のご出身です。放医研に来られ、加速器に関わるようになったきっかけはなんですか。

大学では原子核物理が専門で、核構造の研究をしていました。例えばヘリウムは陽子2個と中性子2個でできていますが、重イオンを加速器で加速してある標的にぶつけるとバラバラになり、陽子2個と中性子4個のヘリウム6という重いヘリウムができることがあります。そのような自然界には存在しない原子核を作って構造を研究する、純粋な物理研究ですね。

放医研には当時の指導教官の紹介で来たのですが、来てからもしばらくは同じような研究を続けていました。加速器に分野転向したのは平成15年頃、小型の線形加速器(放射線治療装置)のデザインをや

てみないかと言われたのがきっかけです。

Q 加速器開発室では現在、どのようなプロジェクトが進められていますか。

重粒子線がん治療用の超伝導回転ガントリーの研究開発を中心に、HIMACの性能の向上や高度化への改良・改善、それに必要な機器類の設計・製作などを行っています。

Q 超伝導回転ガントリーとは、どのようなものでしょうか。

現在の重粒子線治療では、治療台上の患者さんに対して、垂直または水平の固定方向からしかビームを照射できません。治療台を傾ければある程度斜めからの照射も可能ですが、体勢的に患者さんの負担が大きく、また、体内で臓器が動いたり、当てたくない重要臓器に照射されてしまう可能性もあります。そこで、患者さんは動かさずにビームラインを動かそう、という思想で開発されたのが回転ガントリーです。ビームラインが患者さんの回りをグルグルと回り、0度から360度までのどの方向からでも照射できるので、治療精度の向上や周辺臓器への影響・



8分割された円筒構造体



副作用の軽減が期待できます。

近年、陽子線治療では回転ガントリーが標準的になっていますが、重粒子線の場合は大きな磁石や、それらを支える大型構造体を必要とするため、装置も建屋も巨大になってしまいます。現在稼働している重粒子線用の回転ガントリーは世界で一つのみで、ドイツのハイデルベルクにあり、長さ19メートル重量600トンにもなります。私たちは、超伝導電磁石を採用することで、回転ガントリーを陽子線治療のものと同じくらいに小型化することを目指しました。現在、搬入・組立中の回転ガントリーは、長さ13メートル重量300トン程度です。

Q 超伝導回転ガントリーの設計開発で、最も困難だったことはなんですか。

やはり、磁石の開発です。ビーム軌道に沿ってバナナ状に曲がった形の超伝導コ

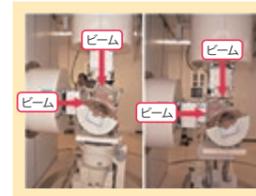


深夜の搬送は35トンのトレーラーで

図1 回転ガントリー概念図



円筒構造体に取り付けられた超伝導電磁石により高エネルギー炭素ビームが患者まで輸送される。構造体が0度から360度回転することで、患者へ任意の角度から照射することが可能となる。



現在の治療風景(B治療室)

イルを設計・製作するのは非常に難しいのです。また全体の設計では、装置の大きさ・重さと照射範囲のバランスですね。超伝導電磁石の磁場を高くすれば装置を小さくすることは可能ですが、あまり小さくすると今度はビームを照射できる範囲も小さくなってしまいます。十分な照射範囲を保ちつつ、全体としてはなるべく小型化・軽量化したい。そのバランスが、とても難しかったですね。

Q 超伝導回転ガントリーの稼働に向けて今後、どのような作業が行われますか。

回転ガントリーはメーカーでの回転試験を済ませた後、一旦バラバラにして輸送、搬入され、現在、新治療研究棟内で組み立てられています。装置の組み立てや内部の整備、治療室の内装などをすべて終えて、その後は半年程度かけて、ビームの微調整や線量分布の測定などを詳細に行います。実際に治療や研究が始まるのは、2016年の3月以降になる予定です。

Q 回転ガントリーによる治療の主なメリットはなんですか。

第一にはやはり、患者さんを動かさなくて良いということですね。また、どの角



地下の治療室へクレーンで搬入

度からでも照射できるので、患者さんの病態に合わせた治療計画(どの方向からどの程度照射するか)の自由度が高いこと、脊髄や神経など重要臓器を避けた精密な線量分布を形成することが可能であることも大きなメリットです。これらによって、照射後の障害や副作用を防ぎ、複雑な形状の腫瘍でも精度良く治療できます。

Q 加速器開発室でのお仕事で最もやりがいを感じることは。また今後、どのような研究を進められるのでしょうか。

私は元々、物作りが好きだったので、自分が設計したものが形になるのは非常に楽しく、また、世界中で誰もやっていないことができるのは嬉しいです。

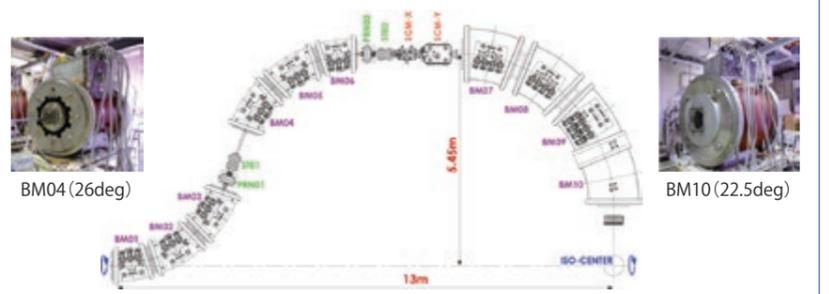
今後はガントリーだけでなく、現在は

常伝導電磁石を使っている加速器本体部分も超伝導化し、それによって重粒子線治療装置の更なる小型化を目指したいと思っています。超小型超伝導重粒子線治療装置の研究開発ですね。

重粒子線治療は今後、回転ガントリーが主流になっていくと思われませんが、現在の装置はまだ大きくてコストも掛かり、大学病院などの大規模医療施設でないと採用は困難です。小型化して建屋や維持費などのコストを減らせれば、もう少し小規模の病院への普及も可能となり、より多くの患者さんが重粒子線がん治療を受けられるのではないかと考えています。

図2 機器レイアウト

回転ガントリーは主として10台の超伝導電磁石により構成される。高エネルギー炭素ビームはこれら電磁石により患者の位置するアイソセンターまで輸送される。



着々と進む組み上げ作業



搬入前に工場で組まれた回転ガントリー



回転ガントリーとは照射ノズルや粒子線を輸送するための電磁石群を備えた装置であり、装置が患者さんを中心に360度回転することで任意方向から粒子線を照射することが可能となります。患者さんを傾ける必要がなくなることから身体的負担を軽減できること、また傾けることによる臓器移動がないため照射精度が向上するなど、多くの利点があります。更に治療計画の自由度が増すことから重要臓器への線量抑制が可能となるなど、より高度な治療照射が可能となります。陽子線では1990年に米国ロマリンダ大学の陽子線治療施設で採用され、これを皮切りに国内外での研究開発が盛んになり、今では標準的に採用されるまでに至っています。一方、重粒子線用回転ガントリーに関しては世界で唯一、独逸ハイデルベルグ大学に建設されたのみで、普及が進んでいませんでした。これは重粒子(炭素)が陽子に比べ12倍重く、必要な電磁石や構造体も相当大きくなることから、ガントリー全体の設計・製作が困難であるためです。



放医研の社会貢献活動をご紹介します

社会とともに

WHO 屋内ラドン ハンドブック — 公衆衛生の観点から —

放射線防護研究センター規制科学研究プログラム サブリーダー 神田 玲子

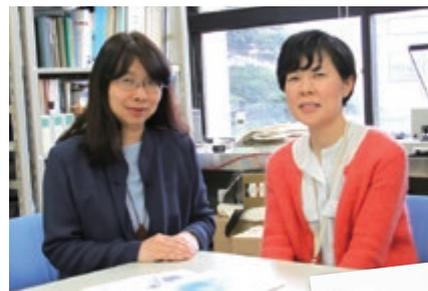
放医研は、WHOと契約を締結し、2015年3月に『WHO屋内ラドンハンドブック』の日本語版を作成しました。これは、2013年に放医研がWHOの協働センターとなったことを受けて、その活動の一環として行ったものです。

欧州、北米、アジアにおける屋内ラドンと肺がんに関する最近の研究により、屋内ラドンは肺がんの原因として、喫煙に次いで二番目に寄与度が高いことが明らかになっています。

過去の国内調査からは、日本の屋内ラドン濃度の平均値は比較的低いことが知られていますが、高濃度のラドンが検出された家屋も見つかっており、その対策を検討する必要があります。

そこで、まずはこのハンドブックを通じて、屋内ラドンに関する正確な科学的知見を社会に向けて発信することになりました。屋内ラドンの健康影響と対策に関する最新の知見をま

とめたこのハンドブックは、日本における自然放射線の公衆衛生の観点から大いに役立つものと期待されます。



日本語版翻訳編集に携わった神田玲子サブリーダー(左) 石黒千絵さん(右)

WHO から
発行されている
英語版

放医研が刊行した
日本語版

<http://www.nirs.go.jp/publication/irregular/04.shtml>

寄付金のお願い

放医研では、放射線科学・放射線医学分野の科学技術の水準を向上させることを目的として、研究開発事業を推進しており、研究所のこうした活動に対するご支援を頂くために、企業や個人の皆様からの寄付金を広く募っております。

放医研は、放射線に関する基礎的な研究から医学応用までの幅広い研究活動を通じて、社会に貢献してまいります。当研究所の事業に一層の温かいご支援を賜りますよう、よろしく願いいたします。

詳細は、当研究所のウェブサイトをご覧ください。

<http://www.nirs.go.jp/public/operation/contribution.shtml>

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

今月の表紙



重粒子医学センター・
物理工学部
加速器開発室
岩田 佳之 (室長)

編集後記

春は変化のとき。新たなことへの期待と不安が入り混じります。昔を懐かしく思い出したりもしますが、未来にはきっといいことが待っているはず。さて、次号からは新メンバーによる放医研ニュースをお届けしますので、お楽しみに！(か)

© NATIONAL INSTITUTE OF RADIOLOGICAL SCIENCES

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

制作協力:日経印刷株式会社

この印刷物はグリーン購入法に基づく基本方針の判断の基準を満たす紙を使用しています。