

放医研 NEWS

NATIONAL INSTITUTE OF RADIOLOGICAL SCIENCES

03

2014 No.185



HIMAC物語


医師のイメージ通りの治療ができる

今井礼子

どんな仕事、こんな仕事

緊急被ばく医療研究センター 被ばく線量評価研究プログラム

金 ウンジュ

 独立行政法人 放射線医学総合研究所

特集

～明石理事に聞く～

震災から3年目を迎えて

震災から3年という節目を迎えるにあたり、放医研として、福島原発事故とどう向き合っていくのか？というテーマで明石理事にお話を伺いました。

——震災直後の放医研の動きについて教えてください。

明石 まず、放医研は国の防災基本計画の中で、原子力災害時は被ばく医療と環境モニタリングをすと決められていました。それに対応するため、地震直後から対策本部会議を立ち上げ、すぐに医療チーム3名を現地に派遣する等、様々な対応を行って来ました。

——事故で最も想定外だったことは？

明石 今回は原子力災害だけではなく、いわゆる複合災害で、電話が繋がらず、ライフラインが壊れていた、コミュニケーションがとれず状況でした。

被ばく医療という観点では、被災した人々を受け入れるはずだった病院自体が避難区域に入り、病院ごと避難をしてしまったので、受け入れる医療機関がなくなってしまった。これは本当に驚きでした。

私たちは、複合災害の対策というのは講じてきませんでした。災害というのは一つだけ切り取った対策では意味がなかったということです。津波も地震も一緒に起きるし、原子力災害だから避難をするのではなく、津波でだって避難をします。災害対策全体として被ばく医療を捉えなければいけなかったというのが一番大きな反省点ですね。

——今後はその教訓をどのように生かしていけばいいのでしょうか？

明石 あらゆる地域で災害に対応する病院との協力関係を構築し、現地で説明のできる医療関係者等の人材育成を行い、私たちが経験したことの記録や情報を発信していく。

そもそも原子力災害に対応する病院を原子力施設の周りにだけ絞っていたのが大きな問題で、東西南北、距離の違うあらゆる方向に病院を分散させておく必要があるということです。

今までは私たちが被ばく医療機関として協力できる範囲が限られていて、被ばく医療機関としか対話をしていませんでしたが、その地域の災害拠点病院とか、もっともっと広い視野を持った病院にもアドバイスをしていかなければならないと思います。

——放医研では、医療関係者向けの研修を頻繁に行っていますね。

明石 私たちは放射線の専門機関として多くの人に正しい情報を提供していく義務があると思います。でも、全国民となるととても無理なので、各地域で教育をする人、リーダーになる人に教育をする。ここで教育を受けた人が地元に戻って教育をするということで、科学的に正しい情報を国民に広げていくのが私たちの仕事かと思えます。



——震災から時間が経つと、人々の関心が薄れてきますが……。

明石 私たちのやるべきことは、大事な情報をやさしい言葉で発信していくのが前提で、今回の事故でどんなことが起きたのか、きちんと記録して残しておくということ。万が一20年後になにか起きた時に、「こんなことが起きて、放医研がこんなことをやって、科学的にこんなことをやれば良かったんだ」という記録は残しておかないといけません。経験を未来に向かって残しておくというのは、放医研の使命だと思います。

——経験というのは文書では残しづらいで

すし、現地に飛んだ職員もいづれはなくなってしまいます。

明石 まず、私たちは、自分たちより若い世代に伝えておかなければなりません。だから、経験を研究に反映させて受け継いで、それに関する研究をずっと続けていくことが大切だと思います。簡単ではないけれど。



——今回の事故とその対応については海外からも高い関心があると思いますが。

明石 私たちが経験したことを、今後日本語だけでなく、外国語でも伝えなくてはなりません。

放射線の事故は頻度が少ないので、経験している国と経験してない国があります。事故は起きてほしくないけど、起きた時の対応は知っておかなければならない。私は特に、アジアの近隣の国には伝えるべきだと思っています。

——研修にも外国から多くの人が参加していますね。

明石 IAEA や WHO からよく依頼されます。韓国の医療従事者は10年位、毎年20～30人が放医研に来て、被ばく医療の教育を受けています。

私たちは、事故時の対応はいろいろと経験があるので発信しなければならないし、それはある意味、義務だと思っています。

——ありがとうございました。

探検！
実験！！
放医研!!!
科学技術週間
放医研 一般公開
平成26年 4月20日 (日曜日)
9:30 am ~ 4:30 pm 受付終了: 4:00pm

放射線と人々の健康に関する総合的な研究開発を行っている放医研。放射線を正しく理解していただくために、一般公開では職員が様々な工夫をこらして皆さまをお迎えします。お子様も楽しめる体験教室や、実験教室、スタンプラリーなど、いろいろな企画をご用意してお待ちしていますので、ぜひお問い合わせのうえ、おいで下さい。



PHOTO: 2013年より

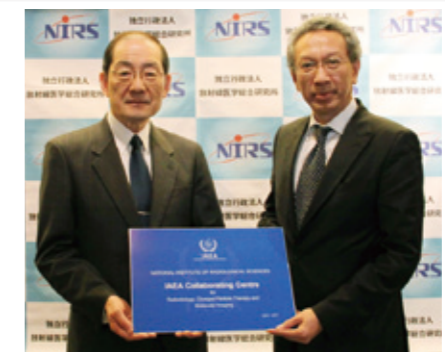
- 主催・会場：放医研 (千葉市稲毛区穴川)
- 後援：千葉県、千葉市 ※順不同
- 入場料：無料 ※詳しくは放医研のホームページで！
<http://www.nirs.go.jp>

IAEA協働センター第3期認定記念シンポジウムを開催 『放射線医学で国際貢献するIAEAと放医研』

会場：富士ソフト アキバホール

平成26年2月20日 (木)

放医研は、IAEA (国際原子力機関) から協働センター (IAEA-CC) の三期目の認定を受けたことを記念し、シンポジウム『放射線医学で国際貢献するIAEAと放医研』を開催しました。シンポジウムでは、指定3分野について、放射線防護研究センター、重粒子医科学センター、分子イメージング研究センターの各センター長による講演、日本学術会議副会長の春日文子氏を交えたパネルディスカッション、活動の一環で放医研で研修を受けた海外の研修生のスピーチなどを行い、放医研の役割などについて、活発な議論が交わされました。



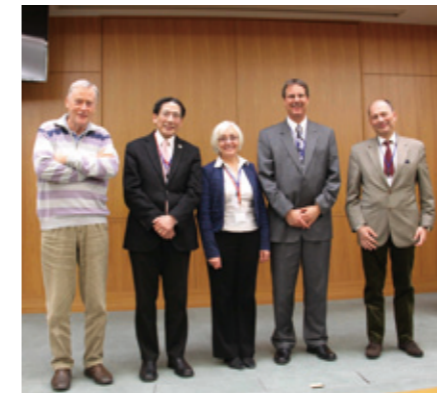
レシー・チェム IAEA ヒューマンヘルス部長から米倉放医研理事長へIAEA-CC認定プレートが授与された。



第二期国際オープンラボラトリー成果報告会 開催

会場：放医研・推進棟大会議室

平成26年1月29日 (水)



左から、アンダース・ブラーム、トム・ヘイ、ベニー・ジェッゴ、ジャック・ニコロフ、マルコ・デュランテの各氏



放射線に関する世界の著名研究者を迎え、放医研・国際オープンラボラトリー成果報告会 (第二期) が行われました。

プログラムには、トム・ヘイ教授 (米国コロラド大学)、マルコ・デュランテ教授 (ドイツ GSI)、アンダース・ブラーム教授 (スウェーデン

Karolinska Institute)、ベニー・ジェッゴ教授 (英国サセックス大学)、ジャック・ニコロフ教授 (米国コロラド州立大学) などに加え、放医研を含め多くの若手研究員がプレゼンテーションを行いました。

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。



重粒子医科学センター病院 第1治療室医長

今井礼子 (いまい れいこ)



第12回 医師のイメージ通りの治療ができる

重粒子線がん治療を支える様々な人々をご紹介してきたHIMAC物語。その最終回に登場するのは、患者さんに直接向き合い、治療の重責を担う医師です。手術など他の治療法をとるのは不可能な症例で優れた実績を残してきた、重粒子医科学センター病院第1治療室の今井礼子さんにお話を伺いました。



HIMACを支える人たちの努力があつてこそ

まず、HIMACにどんな印象を持っているかを伺いました。

「私が放医研に来て10年になります。HIMACのシステムにほとんど故障がないというのが、特筆すべき点だと思います。何らかのトラブルによって、その日予定していた患者さんの治療が行えなかったということは、私の記憶の中では一度もありません。

これだけの装置が日々故障なく、確実に動くというのは、すばらしいことだと思います。照射時間も非常に短いので、1日にたくさんの患者さんの治療を行っているのですが、そのスケジューリングも見事です。

また、そういった維持管理の点だけではなく、例えば、もっと細くシャープなビームがほしいといった要望を出すと、

物理工学部の人たちが、ただちにそれに向けてがんばってくれます。このように、皆さんの努力によって支えられ、日々進歩しているという点でも、素晴らしい施設だと感じています」

私たち医師は、HIMACを支える多くの人々の役割の末端をまかされ、患者さんの治療に向き合っているのだと、今井さんはいいます。



この道を選んだきっかけ

約10年前、レジデントとして放医研にやってきた今井さんは、骨盤骨肉腫の

患者さんが、重粒子線治療の後、元気に歩いている姿を目撃しました。

「仙骨に手術不可能な大きな肉腫のある患者さんでした。このような肉腫に通常の放射線治療（エックス線を使った治療）を行っても、効果がなく、すぐに腫瘍が増大してしまい、歩けなくなってしまった患者さんを経験していました。そうした姿を目の当たりにしたことは大きな衝撃でした」

すぐさま今井さんは重粒子線治療の整形外科領域に行くことを志願しました。

重粒子線に魅せられて

エックス線など他の放射線での治療経験も豊富な今井さんですが、重粒子線治療の魅力をこう語っています。

「照射したいところに多くかけられ、当てたくないところには当てないですむようなシャープなビームをもつ放射線

は、重粒子線のほかにはありません。

エックス線は粒子ではなく波なので、止まることなく突き抜けていきます。そのため、もっと患部に当てられたら治せるのと思っても、その向こうに放射線を当ててはいけぬ脊髄や食道・腸などがあると治療はできないのです。

重粒子線でしたら、患部の後ろ側にあるものごとをあまり気にしないで治療できます」

また、陽子線治療との違いについては、「陽子が野球のボールだとしたら、重粒子はドッジボールです。質量が大きいのので、重粒子線には、それだけパワーがあります。ですから、生物学的効果（がん細胞の破壊力）という点では、重粒子線の方が優れています。

また、陽子は軽いので、到達するまでフラフラします。それに比べ、重粒子は重いのでシュッとまっすぐ飛ぶ。ビームのシャープさという点でも、重粒子線に軍配があがります」

重粒子線のそうした特性を考慮したうえで、重粒子線で治療すべき患者さんとそうでない患者さんを見極めることが大切だと、今井さんはいいます。

「私が専門とする骨軟部腫瘍の領域では、手術が可能な方は、手術していただくというのが基本的なスタンスです。例えば、手足の骨の腫瘍に関しては、化学療法や手術の手法がきちんと確立してい

ます。手術をしても機能が損なわれず、知らない人が見れば、手術をしたことさえわからないという例がたくさんあります。治療成績がよく、機能の保存もよい治療法があるものに対し、あえて重粒子線治療を行うことは勧めません」

今井さんが治療を担当するのは、手術など他の治療法をとるのが不可能な症例がほとんどです。

「重粒子線治療しか選択肢が残されていない患者さんたちです。だからこそ、次の一手として自分に何ができるかを、常に考えるようにしています」

重粒子線治療はそんな患者さんにとって、そして治療にあたる自分たち医師にとって、「希望そのもの」だと今井さんはいいます。



昨日の治療は、明日の治療の新しい入口

最後に、HIMACの今後について伺ってみました。

「HIMACが誕生して約20年ですが、重粒子線治療の適用範囲は、この間、着

実に広がってきました。過去のこういう症例で、安全に治療ができた。だったらもう少し大きな腫瘍でも大丈夫だろう、もっと線量を増やしても大丈夫だろうというようなことですね。まさに、地道な積み重ねの賜物です。

何か新しい技術がポツと出てきて、それを採用することによって、治療法や効果が激変する、というようなドラマチックなことは、医療の現場にはありえません。重粒子線治療も、1994年から2003年まで臨床試験を行ってきたからこそ、そのデータの蓄積によって、先進医療としての道が開けたわけです」

昨日の治療こそが明日の治療につながると、今井さんは強調します。

「新治療棟の3Dスキャン装置の完成で、重粒子線治療の腫瘍の大きさからくる制約はだいぶ緩和されました。現在では、だいたい22～23センチの腫瘍の治療も可能になっています。

スキャンの精度が上がったことで、腫瘍の形に沿ってキチンとした照射が行えるようになり、重要な臓器を回避するという点に関してもほとんど問題がなくなってきました。

2015年には、回転ガントリーが完成します。さらにいろいろな方向からの照射が可能になるので、ますますイメージ通りの照射ができると思います。その登場を心から楽しみにしています」

緊急被ばく医療研究センター 被ばく線量評価研究プログラム

Research Center for Radiation Emergency Medicine Research Program for Radiation Dosimetry

より正確に、迅速に。 被ばく患者の診断と治療の道標となる内部被ばく線量評価

放射線被ばく事故が発生し、放射性物質に汚染された場合に行う医療を、緊急被ばく医療と呼びます。放医研は日本の被ばく医療の中核であり、放射線による人体の障害に関する診断と治療に関する研究を行っています。そして放医研設立の目的の一つであるこの研究を行っているのが、緊急被ばく医療研究センターです。その中で、被ばく患者への適切な処置をするために欠かせない「線量評価」について、被ばく評価研究チームの金ウンジュさんに伺いました。

被ばく線量評価の二つの手法

内部被ばくは放射性核種が、空気や食べ物を通して、あるいは傷口を通して体内に取り込まれることで生じます。私が担当している内部被ばく線量評価とは、体内に放射性物質が取り込まれたとき、「それがどれくらいの程度なのか」を予測する仕事です。

内部被ばく線量評価の方法は、大きく二つに分かれます。一つは、ホールボディカウンターなどの装置を使って体の外側から測る体外計測法です。

もう一つは、尿や便、時には血液などの生体試料を使って測定するバイオアッセイ法です。私はこれを担当しています。

体外計測法は、患者さんの負担も小さく、比較的短時間で結果を得ることができますが、十分な量のガンマ線を出す放射性核種にしか適用できません。

一方、バイオアッセイ法は、飛距離の短いアルファ線やベータ線だけしか出さない放射性核種にも使用することができます。

バイオアッセイ法の手順と難しさ

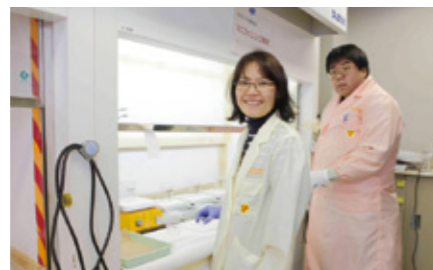
私は現在、主に尿を試料とするバイオアッセイ法の研究を行っています。

ガンマ線の場合は、尿から直接測ることができます。しかし、紙1枚で遮蔽されるアルファ線はもちろんのこと、それより飛距離の長いベータ線も、尿の成分によ

金ウンジュ

Kim Eunjoo

緊急被ばく医療研究センター
被ばく線量評価研究プログラム 研究員



バイオアッセイの科学分析室にて

って止められてしまいます。

そのために、測定の前には、尿中の有機物を分解したり、放射性核種を分離したりする「科学的手法」が不可欠です。

この過程を前処理といいます。温度の微妙な差や、薬品の入れ方ひとつで、結果が変わってきます。経験に伴うノウハウの蓄積がないと、無駄に時間がかかってしまったり、薬品を必要以上に使って

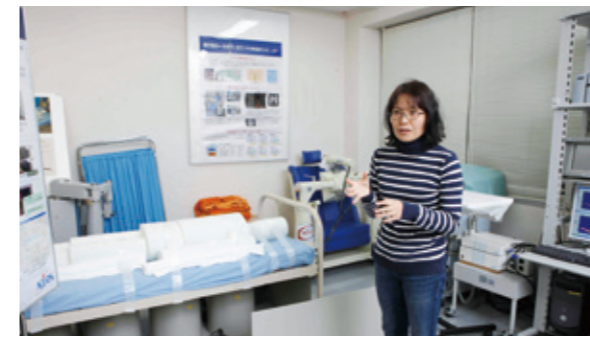
しまったりします。私自身、バイオアッセイ法に取り組んでまだ3年と日が浅く、経験不足を実感していますが、なるべく早く克服しようと、努力しています。

迅速化への課題

バイオアッセイ法による線量評価には、現在約1週間程度の時間がかかります。バイオアッセイ法で使う尿は1日尿(24時間の間に排出したすべての尿)が望ましいのですが、仮に500ミリリットルのスポット尿(検査時に採取された尿)で行ったとしても、有機物分解に2~3日、核種分離(イオン交換)に1日くらい必要です。さらに計測にもだいたい1日程度かかり、全工程で4~5日くらいかかってしまいます。被ばく事故などの緊急時では、一刻も早く結果を出す必要があるため、時間をどう短縮していくかが、今後の課題です。

動物試料に関しては、時間短縮の一つの方法として、すでにマイクロ波による分解を行って、有機物の分解が短時間で済みます。しかし人間の尿は、マウスの尿と違って量が多いことに加え、有機物が大量に含まれているという難しさがあります。

そこで現在、「共沈法」の研究開発に取り組んでいます。これは調べたい放射性核種を沈殿させ、沈殿物だけを取り出し



ホールディングカウンターは、ベッド式簡易型、椅子式、立立式があり、さまざまな状況に応じて使われる



て分解するという方法で、圧力や温度を高める専用の装置を使うと、分解時間を10分程度まで短縮することが可能になります。動物の試料で、ある程度できることを確認しているので、今後は人間の生体尿で実験を重ねていく予定です。実現すれば、放射性核種にもよりますが、1時間以内で結果を出すことができるようになると思います。

シナリオ構成能力が必要とされる

バイオアッセイ法で測定できるものは、尿などの試料中の放射性核種の放射能(ベクレル)です。体内に取り込んだのが3日前なのか、5日前なのかによって、尿中の放射能が違ってきます。

そこで、国際放射線防護委員会(ICRP)が作った放射性核種別の日ごとの排出量を示したデータを使い、尿中の放射能から人体への摂取量(ベクレル)を評価して、摂取量から、人体への影響を表す放射線量のシーベルトを評価して、実際に放射



測定の様子

性核種を体内に取り込んだとき、どれくらい被ばくしたのかを推定します。

ホールボディカウンターなどの体外計測装置は、体の中の放射性核種の残留量を測ります。そこで、残留量から摂取量を算出して、被ばく度を推定します。体外計測にしろ、バイオアッセイ法にしろ、正確な内部被ばく線量を評価するための難しさは、被ばく時から計測時までのシナリオをきちんと組み立てることにあると思います。

計測屋から何でも屋に

私は、韓国で大学を卒業後、日本の大学院に進み、高エネルギー中性子の反応断面積の測定などを行っていました。このデータは今でも放射線遮蔽のための基礎資料として使われています。

ポスドクとして、日本原子力研究所(現独立行政法人日本原子力研究開発機構JAEA)に在籍していたとき、東海村JCO臨界事故(1999年9月30日)が起こり、

NIRS Staff



栗原チームリーダー(左)と金さん



測定試料の作製

当時の私が属していた外部被ばく室の皆さんが事故対応にあたりました。放医研は、その時の上司からの紹介で2003年に入所し、現在に至ります。

初めは体外計測を担当していましたが、バイオアッセイ法を担当するにあたり、2010年から2年間、フランスに留学しました。自分自身、専門は「計測屋」だと思っていたので、化学的手法を使うバイオアッセイ法に最初は戸惑いがありました。でも、今では内部被ばく線量評価についての多面的な勉強をさせてもらっていると思って、感謝しています。今は、「何でも屋」(笑)ですね。

東電福島第一原子力発電所事故(2011年3月11日)は、フランス留学から帰国する1週間前の出来事でした。帰国早々、計画的避難区域から選定された住民の方の体外計測やバイオアッセイを実施するなど、激動の日々が続きました。

そうした経験から、今後は、フランスで学んだ、複数の人間が作業を連携して線量評価を行っていく「システム」を導入していきたいと考えています。担当者がその場にいなくても、別の人間が支障なく作業を続けられる、そんなシステムが緊急時には必要ですから。

私たちの仕事は忙しくない方が平和でいいのですが、常に非常時に備える、そんな心がまえで仕事に取り組んでいます。

なぜかけ

用語解説



預託線量って?

放 放射線による被ばくには外部被ばくと内部被ばくがあります。外部被ばくは放射性物質が人体の外にあり、放射線を体外から被ばくすることをいい、内部被ばくは放射性物質を体内へ取り込み、体内で放射線を被ばくすることを言います。放射線はその種類と性質によって人体の組織及び臓器への影響が異なり、これら考慮して人体への影響を表した放射線量のことを実効線量と言います。

外部被ばくは体外にある放射性物質を取り除くことで放射線による被ばくを止めることのできるために、放射線にさらされた期間だけを考慮すればよいのです。しかし、内部被ばくのように体内に放射性物質を取り込んでしまった場合は体内中の放射性物質を摂取してから排泄されるまでの期間中に受ける影響を考慮する必要があります。体内中の放射性物質はその半減期とともに人体の代謝機能によって体内から体外へ排泄されますが、時間の経過とともに体内への影響は変化します。預託線量は、体内への放射性物質の摂取した時からある一定期間（摂取後から排泄するまで）受け続ける放射線量のことを言い、成人に対して摂取後の50年間、乳幼児に対しては摂取時から70歳まで受ける放射線量を想定します。

預託等価線量は体内の個々の組織及び臓器が同期間に受ける等価線量をいい、預託実効線量は各々の組織及び臓器ごとの放射線量を計算して、全身について合計した線量のことを言います。

作 PECO

数字でみる 放医研 トリビア

6080

放医研の加速器“HIMAC”の2012年度の総運転時間は約6080時間です。これは、日に換算すると253日間となり、一年の3分の2以上稼働していることとなります。

何故かという、実は、HIMACは重粒子線がん治療だけではなく、重粒子線を用いた照射実験にも使われているからです。平日の昼間はがん治療に、平日の夜間と土曜日は生物や物理の実験に使用され、昼夜を問わず運転しています。HIMACが運転を停止するのは、夏季・春季の長期メンテナンス期間と日曜日ぐらいです。予定通りにビームを供給できなかった30分以上の故障は、一年間に合計たったの27時間で、治療に支障のある故障はほとんどありません。

HIMACがこれだけ高い稼働率と信頼性を維持できるのも、研究者や技術者など、HIMACにかかわる多くの人々の努力があってこそ。HIMACは今年で完成から20年を迎えますが、これからもますます進化を続けていきます。

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

緊急被ばく医療研究センター
被ばく評価研究チームのみなさん

編集後記

2012年5月号から始まったHIMAC物語も今回で最終回です。今まで楽しみにして下さっていた方々、どうもありがとうございました。次号からの特集もお楽しみに。(か)