



*Photo H.fukuda*

## *Index*

「がんの治療法について」 .....	佐々木康人	1
滋賀県放射線技師会におけるベトナムへの医療技術支援 第2報 .....	松井 久男	6
「美しいザグレブ再訪」 .....	町 末男	11
初級放射線教育講座⑤「放射線の源」 .....	中島 宏	12
放射線治療の発展を祈って ～おかげさまで、マイクロセレクトロンHDRは導入100台を突破しました～ .....		16
五感に訴えない放射線のニュースをオオトリの六感で捉えるカレント・トピックス バイオテロ対策法 .....	鴻 知己	17
〔加藤和明の放射線一口講義〕 二次電子平衡 .....	加藤 和明	18
平成19年度主任者部会年次大会 (第48回放射線管理研修会)のお知らせ .....		19

# 「がんの治療法について」



佐々木康人\*

## プロローグ

放射線科医の A さんは古希を迎えるに当り、将来病気になった時に参考とするため現在の状態を画像で残しておこうと思いました。若い同僚である B 放射線部長に依頼したところ、放射線部の視察に来てくれればその折に撮影しましょうということになりました。本年 1 月 16 日 A さんの脳 MRI と胸腹部 CT が実施されました。そして思いがけず右肺中葉に「すりガラス状陰影」(ground glass opacity : GGO) が見つかりました。早期肺がんの可能性が高いという診断を受け、A さんの患者としての対応が始まりました。

## 1. がんの局所治療

がんは早期に見つけ、病巣を全て取り除くことができれば治癒します。がんを取り除く方法に手術と放射線治療があります(表 1)。A さんはがんという前提で手術をするか放射線治療をするかその得失を考えました。独立行政法人 放射線医学総合研究所(放医研)に勤務したことのある A さんは、早期肺がんに対する重粒子線治療、特に 1 回照射で終了する臨床研究計画のことが念頭にありました。

表 1

がんの治療	
1. 手術、切除	] 局所治療
2. 放射線治療	
3. 化学療法(抗がん剤)	] 全身治療
4. 免疫療法	

## 1) 手術

病巣と共にリンパ節を含む周囲の組織を切除すれば完治する可能性があります。切り取った組織の病理検査で、診断が確定できます。リンパ節にがん細胞が見つからなければ完治したと言ってほぼ間違いありません。全身麻酔、開胸など患者の負担が大きいのが欠点ですが、最近では内視鏡下の手術など浸襲の少ない手術法もあり、患者の負担は軽減されています。A さんは早速呼吸器外科の権威の C 先輩に相談しました。C 先生は重粒子線治療の有効性は認めながら、A さんの肺がんについては中葉切除を勧めるといわれました。術者をどなたにお願いするかについても相談しました。どの患者さんでも誰に手術して貰うかは重大な関心事でしょうが、医者が患者になった場合はもう少し複雑になります。積極的過ぎるか、消極的過ぎるか、中庸か。いずれも超一流の呼吸器外科医についての情報交換ですから簡単には決められません。開胸手術か、胸腔鏡下手術かによっても術者の選択は変わります。これに麻酔科医、病院施設や体制まで考え出したらきりがありません。兎に角病理診断を確定しなければ始まらないとの結論に落ち着きました。

## 2) 放射線治療

X 線、 $\gamma$  線、粒子線ががん病巣に大量に浴びせながら、周囲の健常組織には極力放射線を当てないようにすることが、放射線治療の基本です。がん細胞を徹底的に殺傷できれば放射線治療で局所制御可能です。つまり、照射したがんが消失、縮小し、少

\*Yasuhito SASAKI 国際医療福祉大学放射線医学センター長 瀬田クリニック理事

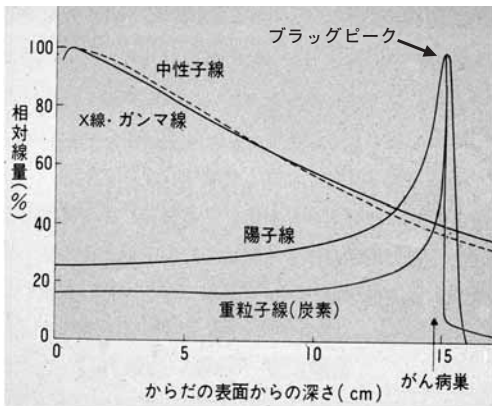


図1 各種放射線の体外照射による体内線量分布の特徴

なくとも大きくならないようにできるのです。

リニアックで体外から照射する X 線やテレコバルト装置で照射する  $\gamma$  線は入射した皮膚表面近くの線量が最大になります(図1)。十字照射や回転照射は病巣に線量を集中して、健常組織への線量を分散する工夫です。ガンマナイフや強度変調放射線治療(intensity modulating radiotherapy: IMRT)はその究極の技術と言えます。これが可能になった一つの要因は画像診断が進歩してがん病巣をかなり正確に三次元で描出できるようになったからです。それでも、画像では描出されないがん細胞の浸潤を考慮に入れて、照射野に一定のマージンをとって治療の完遂をはかるのです。

治療線量を25回~30回に分割して、1回に小線量づつ照射するのは、健常組織の回復機能を利用して副作用を避ける工夫です。

陽子線や重イオン線のような粒子線のもつブラッグピークという性質を利用すると病巣に放射線を集中し、病巣の後方には届かず前方にはピークよりずっと少ない線量しか照射されません(図1)。病巣の深さにブラッグピークが一致するようにエネルギーを調整し、さらに病巣の大きさに合わせてピークを拡大する技術が必要です。放医研と兵庫県粒子線治療センターでは炭素イオンを大型加速器で加速し、重粒子線治療を行っています。炭素イオン線のブラッグピークは、X線や $\gamma$ 線の3倍近くのがん細胞殺傷作用があります(表2)。陽子線はX線、 $\gamma$ 線とさほど差はないと言わ

表2

### 重粒子線の特徴

1. 線量集中性が高い(線量ピーク形成)  
体内の病巣部位でピタリと停止する
2. 細胞致死作用が大きい
  - \* ピーク部は約2~3倍の強さ
  - \* 酸素濃度が低い腫瘍でも効く
  - \* 細胞周期のどの時期にあっても効く
  - \* 放射線損傷からの回復が少ない

れています。放医研での12年にわたる3,000例以上の治療経験から、分割の回数を少なくしても副作用が増えないことが分かってきました。おそらく大きな細胞致死作用などの特徴(表2)のためと考えられています。肺内にある早期がんには1回照射治療が臨床研究として試みられています。Aさんはこの治療ができるのではないかと期待して、放医研重粒子医科学センター病院を受診しました。造影CT、さらに $^{11}\text{C}$ メチオニン、 $^{18}\text{F}$ デオキシグルコース(FDG)を用いるPET検査を実施しましたが、メチオニンもFDGもGGOには集積しませんでした。これらの検査により画像上はリンパ節転移のないことが確認できました。主病巣については判定は難しいが、がんの可能性は十分あるとのことでした。呼吸器外科より転身した放医研のD先生は気管支内視鏡の名手ですので、内視鏡下で病巣に針を指し、病理検査をお願いすることにしました。陽性に出ればがんを確定診断できるが、陰性の場合がんを否定できないとのことでした。がん組織があってもうまく採取できない可能性があるからです。やってみるしかありませんので、3月5日に検査入院の予約をしました。この間抗生物質を服用することにしました。感染であればよくなる可能性があります。期待はしていませんでした。

Aさんは放医研の帰途、同級生で呼吸器内科が専門のE先生を訪ね、これまで撮影した画像を見て貰いました。断定はできないが自分は良性の可能性が高いと思う、兎に角生検の結果次第で治療法を考えよう、これまでの対応は間違っていないとの意見

でした。

Aさんは生検でがん細胞が検出されれば重粒子線治療をお願いしようとはほぼ決心していました。リンパ節転移について確実な診断ができないという欠点はあるものの、放射線科医として画像診断と放射線治療の結果にかけてみようと思いました。また、負担が少なく、日常生活にほとんど影響しないというのも大きな魅力でした。

問題は生検が陰性の場合どうするかでした。しばらく経過を見る手もありますが、それも不気味に思えます。手術すればがんかどうかとリンパ節転移の有無がわかるので、中葉切除、胸腔鏡下でなく、伝統的な開胸手術をお願いしよう。どなたにお願いするかは生検結果を見た上で、関係者と相談して決めようと思いました。自分もがんになるのだという事実直面して、大げさにいえば人生観が変わったと感じましたが、このがんでは死なないという決意のようなものが湧いていました。

原発巣治療後の再発予防、リンパ節転移があった場合の術後治療についても考えました。

## 2. がんの全身治療

### 1) 化学療法

がんが原発巣外へ広がったかその可能性のある場合には全身的治療が必要になります。抗がん剤等を用いる化学療法と免疫療法があります(表1)。抗がん剤治療は長い歴史があり、対象となるがん細胞や臓器に応じた薬剤の選択や多剤併用の投与方針が確立しています。また、新薬や新しい治療計画の臨床試験が次々と実施されています。強力な抗がん剤は一般には副作用も強く、患者にとっては辛い治療と考えられています。しかし、治療法にも工夫が凝らされ、効果を高めるだけでなく、副作用の軽減もはかられています。最近肺がんの化学療法を受けた友人はほとんどまったく副作用なしに終了しました。明らかな効果も認められました。効果も副作用も個人差が大きいのも事実です。

しかし、白血病や悪性のリンパ腫の一部で病気が抑えられる(緩解する)のを除くと、化学療法だけで、がんを治癒することは困難な場合が多いと考えられます。

### 2) 免疫療法

がんは、遺伝子の変異が重なった結果、自己の細胞が無秩序に分裂増殖する病気と考えられています。このような体内に生じた異常な細胞を排除しようと免疫力が働きます。体内でこの役割を荷っているのがリンパ球、特にT細胞です。患者さんから採取したリンパ球を体外で培養し刺激を与えて活性化し、増やした後患者さんに戻しがん細胞と闘わせるのが活性化自己リンパ球療法です。瀬田クリニックでは2週間かけて培養した自己リンパ球の注射を6回繰り返す方法で治療しています。

手術時に採取したがん組織を用いて、対象となるがん組織の抗原を呈示する樹状細胞を患者さんの単球から作ることが出来ます。この樹状細胞を患者体内に戻すと、患者さんのがんを特異的に攻撃するTリンパ球が誘導されます。これが樹状細胞ワクチン療法です。

副作用のないこと、化学療法や放射線治療と併用できることが、免疫細胞治療の特色です。瀬田クリニックグループで実施した免疫治療の患者さんは2,000余例に達しますが、CT画像などで病変の評価ができた835例のうち8例に著効(完全緩解)が認められています。これを含め何らかの改善(部分緩解と長期不変)がみられた有効率は24%です。はっきりした効果は認められなくとも、生活の質(Quality of Life: QOL)を保ちながらがんと対決できることも利点といえます。がんとの共存を可能にする治療法とも言えるかもしれません。未だ日常医療として認知されていないので、自由診療(自費)で実施しなければなりません。そのため他の手段を尽くした後に最後のよすがとしてクリニックを受診する方が多いため、末期がんの治療法と見做されがちです。本来は術後の再発予防にも有効であり、それを支持するデータが蓄積されています。

Aさんはがんの診断がついたら早い時期から、免疫治療を始めるつもりでいました。診断がつかなくとも早く始めたらと瀬田クリニックの創設者F先生は勧めてくれましたが、相手を特定できないまま闘う

のは却って不安だと考えて、Aさんは躊躇していました。

### 3. 緩和医療、緩和ケア

わが国では毎年約100万人余りの方が亡くなりますが、その死因の1/3はがんです。毎年30万人以上の方ががんで亡くなっているわけです。全国がん登録制度が確立していないので、がんに罹患する方の数は正確に把握できていないのですが、亡くなる方の2倍位のがん罹患者が毎年出ると推測されています。がんになる方の約半数は生存していることとなります。がんが局所にとどまっている早期に診断し、手術や放射線で適切な治療をすればがんを克服できるのです。こういう方達を増やす努力は勿論大切です。一方、見つかった時にすでのがんが進行していて、局所治療だけでは済まされない患者さんや、手術や放射線治療後に再発したり、転移したりした患者さんはいずれがんで死亡する運命を荷っているといわねばなりません。進行がんとどのように闘うか、あるいは闘わないかは個人の人生観、死生観にもよると言えます。私の同級生の外科医は次々と転移するがん病巣を手術で切除し、6回も手術をした後、外科医らしい壮絶な死を迎えました。一方には、積極的な治療はせずに、少しでもQOLを高め、残りの人生を出来る限り楽しみながら死を迎えることを選ぶ患者さんもおられます。進行がんと診断されてから死を迎えるまでの生き方は個人により様々ですが、これを支える医療や看護が必要です。痛みがQOLを悪くする大きな要因ですので、麻薬を用いて痛みを緩和する以外は積極的な医療はしない場合は緩和ケアと呼びます。もう少し積極的治療を選択する立場では緩和医療と言います。例えば放射線治療は痛みの原因となる病巣がわかれば極めて有効な治療法です。呼吸や循環など生命に直接かかわる機能を脅かす病巣がある場合も放射線治療でその病巣を小さくすれば、生命予後やQOLを改善できます。このような対症療法を目的とした放射線治療を姑息的放射線治療と呼んでいます。免疫治療が進行がん治療として多く用いられているのも

現実です。

このような緩和医療、ケアに熱心に取り組む医療グループや機関がある一方、積極的治療法がなくなった患者さんの面倒を見たがらない医師や医療機関が増えているのも事実のようです。瀬田クリニックの「がん医療よろず相談外来」にはそういう患者さんや家族の方が訪れます。

90歳の肺がんの母親について相談に来られた娘さんの話をします。持参されたフィルムの中に胸部CTの他に脳のMRIが入っていました。全く萎縮や梗塞病巣のない90歳とは思えない若々しい脳でした。「お母様は肺がんを除けば、実にしっかりした若々しい方なのでしょう」と言うのと「そうです。だからもったいないでしょう。」という答えが返ってきました。こんなことを言った医者はこれまでいなかったと付け加えながら「自分達のがん難民だ」というのです。肺の原発病巣は陽子線治療で消失したが予想に反して胸膜転移を起こし、胸水がたまり呼吸が苦しいのだが、どこの医者も本気で診てくれない、ある医師からは「90歳にもなって未だ生きたいのですか」とまでいわれたと憤懣やるかたない風情なのです。胸水をとれば呼吸困難は一時的にせよ良くなる筈と言ったのですが、胸水を抜いてくれる医者がいないと訴えるのです。信じ難いことではありますが事実と思わざるをえません。前述のE先生が娘さんの住居近くの病院に勤務していたので診察を依頼しました。後日電話で伺ったところでは、呼吸困難は喘息のためと診断され、その治療の結果よくなったとのことでした。

適切な治療を受けるためにあてどもなくさまよう人達が発生するわが国の医療体制にはまだ欠陥があって、そのいわば隙間をうめる活動が必要な筈だと思い、「がん医療よろず相談外来」を開いています。がんで毎年亡くなる30万人以上の方々の中にこうした問題を抱えている方が多いのだと思います。

### 4. 予防、予知

がんの治療以前の問題として、がんにならない方策があれば良いのですが、これは思うに任せません。

日常生活を健康的、健全に過ごし、十分休養をとり、清浄な空気を呼吸し、安全な食べ物をバランスよく摂取することはおそらくがんのみならず、多くの病気を予防するのに役立つでしょう。実際は多くの方が多忙で、ストレスの多い、いわゆる不健康な生活を余儀無くされています。肺がんの原因となることが知られているタバコですら、やめられない方々が沢山おられるのが現実です。

分子生物学が進歩して、遺伝子解析によって個人の薬や放射線感受性に関する情報が得られます。がんに罹患したときの治療法の選択に役立てる試みがなされています。将来どのがんになり易いかがわかれば、前述の一次予防のあり方についての具体的な戦略がたてられるかもしれません。健康診断（健診）もより重点的に行えるでしょう。

現状では比較的实施し易く、有効性の高い検査を年齢に応じて定期的実施することをお勧めします。いわゆる二次予防です。胃がん、大腸がんの検査、女性では乳がん、子宮がん検診、男性では前立腺がんの血中腫瘍マーカーPSA (prostate specific antigen) の検査などが有用です。肺がんのCT検診について、最近米国で有効でないという報告がでたと報道されました。Aさんの場合、ほぼ同時期に受けた職場健診で撮影した胸部X線撮影は正常と判定されました。CTの異常陰影検出能は胸部X線撮影よりかなり高いようです。肺がんが心配な方はCT検査を実施する価値があると思います。

## エピローグ

3月5日Aさんは入院の準備をして、放医研重粒子医科学センター病院を再訪しました。気管支内視鏡下生検により、病巣にがん細胞があるかどうか確認する日だったのでした。

がん細胞陽性なら重粒子線治療、陰性なら中葉切除、いずれの場合にも治療終了直後から免疫治療開始との方針を自分なりに立てていました。

生検に先立ち造影CTを再検し前回と比較して頂きました。予想外にGGOがやや縮小し薄くなっていました。B先生は抗生

物質が効いている可能性があるので、あと2ヵ月程このまま続けてみて下さいといわれました。急遽生検も入院も取りやめて帰宅しました。こういう形の肺局所の感染症があることは、Aさんには全く想定外だったのです。嬉しい誤算の類ですが、まだ保釈のようなものです。以後もきちんと抗生物質を飲み続けました。服薬コンプライアンスの模範囚でした。

5月9日Aさんは今度は期待と不安が混じり合った気持ちで3度目の造影CTを受けました。前回より陰影はさらに薄くなり、その広がりも縮小しました。B先生の指示は抗生物質をやめて半年後に念のため再検でした。こんな肺感染症があるのだろうかという疑問をまだ抱きながら、Aさんは放医研の門を出たのでした。

## プロフィール

1937年東京生まれ。63年東京大学医学部医学科卒業。68年東京大学大学院医学系研究科修了（医学博士）。68年より東京大学医学部附属病院第2内科助手。69年～71年米国ジョンスホプキンス大学核医学部門研究員。73年聖マリアンナ医科大学第三内科助教授、81年東邦大学大森病院放射線科教授、85年群馬大学医学部核医学講座教授、90年東京大学医学部放射線科教授。96年科学技術庁放射線医学総合研究所重粒子治療センター長、97年同所長、01年独立行政法人放射線医学総合研究所理事長。06年国際医療福祉大学副学長・大学院教授、07年より現職。専門は核医学、放射線医学。放射線審議会会長、原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）日本代表など歴任。国際放射線防護委員会（ICRP）主委員会委員。

# 滋賀県放射線技師会における ベトナムへの医療技術支援 第2報



—第3弾ベトナム現地実習および視察— 松井 久男\*

## 1. はじめに

JICA との事業提携を結んで早一年有余が過ぎました。前回この FB News No.351にて、この事業のプロジェクトマネージャーである門前氏より第1、2弾の事業報告をさせていただきましたが、その後第1回目の被ばく防護・低減についての研修生受け入れを、滋賀医科大学付属病院を中心に2006年4月からほぼ1ヶ月に亘り行いました。

今回、2006年10月に2週間に亘る過酷なスケジュールで第3弾訪越を行ってきました。その大きな目的は2つありました。1つは、本事業がベトナムにおいて円滑に行えるよう、研修報告をベトナム政府や在ベトナム領事館、JICA ベトナム事務所等に表敬訪問をかねて行い、強固たる信頼関係を構築することでした。もう1つは、受け入れたベトナム研修生が働くチョーライ病院で一緒に働いて、研修生が日本から得た知識がどのように活かされているかを調査して彼らの研修会開催を支援することでした。

本誌面では前回に続き訪越事業活動を簡単に紹介させていただきます。

## 2. ハノイ入り、ベトナム保健省、PACCOM、JICA 訪問

2006年10月12日、関西国際空港を発ち、

首都ハノイへ初めて入りました。到着時間が遅いせいか、ホーチミンほど空港では混雑していませんでした。しかし、市内に入ると、ホーチミン同様バイクが半端ではないほど溢れかえっていました。APEC 開催間近ということもあり各国の政府関係者、大統領も宿泊されているようで、厳戒態勢が敷かれており物々しい雰囲気か漂っているホテルに到着し緊張していると、JICA スタッフが出迎えてくれてただちに打ち合わせを行いました。

一夜明け、朝早くからベトナム政府保健省 (Ministry of Health : MOH) での面会に臨みました。ホーチミンより北であり10月なので涼しい気候を予想していましたが、訪問時に気温は30℃を超えており、また湿度が多くスーツを脱ぎ捨てたい心境でした。JICA スタッフが帯同してくれるわけでもなく、メールでのアポイントのみでの訪問で、非常に不安と緊張が入り乱れていました。此処は社会主義国ベトナム。何があってもおかしくありません。ベトナム語の通訳を連れてきたので多少心強くもありましたが、異国ベトナムで政府訪問することは背中から冷汗が流れるほどの緊張となり、脈打つ鼓動も速くなったものです。会談会場に入りしばらくすると、国際協力局の副局長キン氏と医療機材・建築局の副

\*Hisao MATSUI 長浜赤十字病院 放射線科部 課長



写真1 ベトナム保健省表敬訪問

局長ワン氏、治療担当の医師2名が同席され会談が始まりました(写真1)。冒頭に門前委員長が表敬に際し、時間を割いてもらったことに対する感謝の気持ちを英語で伝え、言語を何で会議を行うかという問いに対して、通訳を雇った旨を伝え日本語での会談となりました。目つきの鋭い政府官僚は、名刺も差し出さず威圧するような雰囲気醸し出していました。また、通訳が上手に伝わらない局面で英語を使用すると、大きな声で叱責してくる場面もありました。私たちが訪越による現地視察や、受け入れ研修生から聞いたベトナムにおける理解しがたい現状等について話を持ち出すと、曖昧かつ不自然な答えが返ってきて、外交の難しさを肌で感じたものです。放射線防護に関しても教育は十分であると説明され、医療現場と官僚クラスの認識の温度差に疑問すら覚えました。しかしベトナムにおける医療従事者の免許制度などや女性の雇用などの話を伺うことができ、実りあるものとなりました。一時間あまりの会談でしたが、当技師会がベトナム保健省を表敬訪問したことは、当会にとって歴史的なこととなりました。

その後、人民援助調整委員会(People's Aid Coordination Committee : PACCOM)を表敬訪問しました(写真2)。ここは私たちに對して非常にフレンドリーで、MOHでの緊張が一気に解けたのを覚えています。PACCOMを訪問した理由は、本活動をベトナムで行う上で、この委員会から非政府



写真2 PACCOM 表敬訪問

組織(Non Governmental Organization : NGO)である証明書を発行してもらうためです。一昨年の事業開始時に証明書が発行されましたが、一年毎の更新が必要で、事業活動報告に加え今後1年間に行う予定の事業案を提出する必要があります。

このPACCOMは、ベトナム友好団体連盟の海外非政府事業に関する業務機能を持ち、ベトナムの各地方、組織と海外NGOとの連携を促進し、海外NGOと各地方カウンターパートとの窓口の機能を担っており、政府に対して適切な政策を助言するという大きな影響力を持つ組織です。今回、所長のキーン氏にお会いし、日本とPACCOMとの関係についてお伺いしました。PACCOMではJICAや日本大使館、領事館と協力し色々な事業を行っているようで、日本のNGO、特定非営利活動法人(Non-Profit Organization : NPO)等の団体にも支援を要請されていました。現在世界で600ものプロジェクトチームが協力し合っており、ベトナムでも64のNGO、NPO団体が活動している話をお聞きして、私たちの視野の狭さを認識致しました。また、ベトナムでは外交ルートが共産党関係、外務省関係、PACCOMと、3つあることをお聞きし、社会主義国の複雑な部分を垣間見たような気がしました。一方、私たちの活動にも非常に興味を持っておられ、医療従事者の免許制度、放射線防護の教育の必要性を良く汲み取っておられました。会談最後にNGOライセンスの延長依頼をし





写真3 ハノイ JICA 表敬訪問

たところ、快諾の上その場で再発行して頂きました。今後は、電子メールを利用しての書類提出や延長書類作成でも良いとの理解を得られたことも大きな収穫でありましたし、予想以上に実りある訪問となりました。

最後に、JICA ハノイ事務所を訪問してベトナム政府との事業締結にご尽力頂いたお礼をかねて、事業の進捗状況の報告を行いました(写真3)。

中川所長には、私たちの事業内容を理解していただき、『ベトナム人は自分たちが学んだことを人に広めることが下手ですので、JICA を通じて環境作りのお手伝いが出来ればよいと思います。地道に頑張ってください』と激励されました。

### 3. ホーチミンへ移動、ベトナム領事館訪問

次に、事業展開を行っているホーチミンへ向かうため、弓なりの国を北から2時間ほどかけて南下。1600kmの移動で一段と蒸し暑さがこたえましたが、訪問が3度目となるせいか、何となく懐かしくて嬉しく、親近感を感じるなかホーチミン入りをしました。

翌日、まず JICA ベトナム南部連絡所に出向き、研修生の研修報告とハノイでの表敬訪問報告を行いました(写真4)。そして JICA の中島所長のアポイントによって訪問先としては大きな山場である領事館に向いました。ここでは、研修生のビザをス



写真4 JICA 南部連絡所表敬訪問



写真5 在ベトナム領事館表敬訪問

ムーズに発行して頂くことも大切なお願い事です。異国の地で菊の紋章の建物を見て、何故かベトナム保健省には無い安堵感を覚えたものです。建物の中に通されましたが、ドアも1つ施錠しないと次の扉が開かない嚴重な構造です。エレベーターが使えないということで、4階の総領事の部屋まで、階段で案内され総領事の部屋に通して頂きました(写真5)。そこは外の喧騒が嘘のように静かな空間で、異国とは思えないほど日本の良き雰囲気随所に感じられる素敵な部屋でした。総領事の塩崎氏は非常に威厳のある、風格漂う方でした。この活動を行っていなければ、全くお会いすることの無い方だと想像すると、名刺を差し出す手も緊張で震えていたのを思い出します。

しかし、話を伺うと非常に気さくな方で、日本とベトナムの医療事情に非常に詳しく、自らの体験までお話しして頂きました。ベトナムの医療水準は未熟であり、今後の発展を強く望んでいることを強調されていました。また、『日本がベトナムで活動する上で卑下することはないですよ。非協力的な部分が見られたら撤収する姿勢で望んでく

ださい』との強いお言葉も頂戴し、外交の駆け引きを諭された気がしました。その後、平山主席領事、調整員の塩谷氏とも相次いで面談を行って本事業を報告させて頂き、深い理解が得られました。

#### 4. 地方の病院訪問

研修滞在半ばで、ホーチミン市から40km離れたブンジュンという村に病院視察に行きました。ここは、4月に研修に来られたフォン氏の兄が放射線技師として一人で働いている、村レベルの小さな病院です。操作室にはドアもなく、外と屋根一つで繋がっていました。CT等はなく、日本製の古いアナログのX線機器一台で、午前中に50人以上の患者さまを撮影されていました。撮影の合間に撮影方法、撮影条件を見せて頂くと、X線絞りはきちんと入っており、撮影条件に関しては機器の性能を考えると問題ありませんでした。絞り、条件のことについて尋ねると、3ヶ月前にチョーライ病院での研修会で被ばく低減方法を学んだということでした。チョーライ病院から発信された放射線防護の意識が、地方でも浸透しつつあるようで、草の根事業の進捗を垣間見ることができ、嬉しくなるとともにスタッフの努力と行動力に頭が下がる思いでした。

日本ではデジタル化が進み、特に若い技師の方が、アナログで適正な条件で撮影できるか些か不安に感じております。自動現像機も一人で管理しながら、限られたカセットで多くの患者さんのために撮影業務をこなされている姿を見て、システムをデジタル化したときに廃棄したカセットや増感紙が惜しく思われたものです。また、私自身もあの環境でベトナム人技師が撮影していたように一枚のフィルムできちんと分割して適正な写真が撮れるのか、自信がありません(写真6)。ベトナムの方に逆に



写真6 分割して撮影された腰椎写真

教えてもらう出来事であり、自己の戒めにもなりました。

#### 5. チョーライ病院実習

ベトナムの地で、ベトナム時間で一緒に働くことによって、今まで気づかなかったことに多く気づいたと同時に多くの事を彼らから学んだ気がしています。外来患者数が2,000人を超えるベトナム随一のこの病院は、日本のODAによって建てられたものですが、機器のハード面、患者さまの数を考えると、1976年の建築では現在の医療に追いついていかない面が多々見受けられます。将来病院の建て直しが出来たら、防護面を含め、環境も大幅に改善することを力説するスタッフの姿は、非常に頼もしかったです。また自主的に講習会を開催し、日本で学んだこと、私たちから学んだことを地方の医療スタッフや仲間に発信する姿は敬服に値するものでした。彼らの研修に打ち込む姿を見ていると、私たちが失いつつある探究心、向上心、吸収力を持ち合わせており感動すら覚えます。

さらに次に研修するときは、自分たちの被ばく管理をしっかり学びたい、という目標を持っており、バッチの正しい着用方法やデータの管理方法などを学んでもらう必要性を感じました。

今回仕事を共にする傍らで、スキンドーズメータ(SDM)を用いて一般撮影や透視検査、CT検査の被ばく線量の測定をベトナム人スタッフと一緒にを行いました(写



写真7 線量測定風景

真7)。

日本のガイドラインを上回る値はありませんでしたが、管電圧と画質の関係において、少し知識が浅いことが判り、次回からの日本での実習に盛り込む必要性を感じました。また、CT室で患者さまを検査する際に、家族がプロテクター無しで患者さまに寄り添う、または動かないように押さえる姿を目の当たりにし、その家族が受ける被ばくについても線量測定し、彼らのその無用な被ばくを無くすことの意識改善を促しました。また、以前 JICA より贈られた線量計があって、それらが使われずに倉庫で眠っているのを知り（写真8）、ハード面を充足させても、ソフト面の育成が如何に重要であるかを思い知らされることとなりました。前回日本での研修で学んだ、実照射野と光照射野の整合性試験をチョーライ病院でも行ったようで、研修成果を見せていただきました。私たちの草の根レベルの活動が徐々にではありますが、小さな実を結びつつあることをここでも実感し、大きな感動を頂きました。

今後のベトナム放射線技術支援課題として挙げられることは、患者さまのプライバシーへの配慮、医療倫理の観点だと思われます。検査室内での被ばくへの配慮は、研修によって充分理解してくれるようになりましたが、女性の検査中に男性の患者さまが真横で待っていたり、注腸検査を他の患者さまに丸見えのまま行っていたり等、今の日本では考えられない光景も見受けられ



写真8 放置されていた線量計

ました。検査数の多さとシステム上、すぐに改善できる問題ではないかも知れませんが、ゆっくりと時間をかけて相互理解を推し図り、事業を進めていきたいと思います。

## 6. おわりに

2週間の滞在で、医療のみならず様々なベトナムの側面を垣間見ました。紙面の都合で触れませんが、事業を開始してから多くの支援、協力のお電話、お手紙を頂くようになりました。これからも出来る限り多くの方に本事業に対し興味を持って頂き、ご支援を賜りますよう宜しくお願いいたします。

最後になりますが、事業遂行に関し、多大なご協力、側方支援頂いた滋賀県各病院スタッフ、JICA スタッフに深謝申し上げます。また本事業にご理解頂き、執筆の機会を与えて頂いた株式会社千代田テクノルに感謝を申し添えます。

### ♣ プロフィール ♣

1961年滋賀県生まれ  
1983年国際医学総合技術学院卒業後、長浜赤十字病院 放射線科部入社 現在、同部課長、放射線取扱主任者、放射線安全委員会委員長。2005年国際交流委員として JICA 草の根事業に従事し、2006年より滋賀県放射線技師会理事。片言の英語で奮闘しながらベトナム交流を深めている。

## 「美しいザグレブ再訪」

前・原子力委員 町 末 男



人口500万のこじんまりした美しい国クロアチアを知る日本人は少ない。1991年に旧ユーゴスラビアから独立して16年しかたっていない発展途上の国である。昔、ハプスブルグ帝国の一部であった時代の歴史と文化が色濃く残っており、ザグレブの町はウィーンを小さくしたような美しい街である。旧市街を歩くと、淡い黄色や白の壁に苔の生えた赤がわらの家が立ち並ぶ石畳の小路があり、ゆったりとした時間が流れている。坂になっている小路の突き当たりにはイエス・キリストをまつた祠があり、一人の婦人が祈っていた。

クロアチアにはスロベニアと共有している80万kWの原子力発電所がある。40万kWがクロアチアの持分となっている。原子力の研究を中心にして、原子力人材も育ててきた Ruder Boskovic 研究所がある。今は医学・生物学や材料科学など幅広い分野をカバーする所員700人のこの国最大の科学研究所になっている。

私の最初のクロアチア訪問は1981年ごろにドブロブニクで開かれた IMRP (放射線プロセス国際会議) で講演した時である。ここは歴史的な文化の残るリゾート地で、今は日本人も訪れている。2回目は1994年 IAEA の事務次長として Ruder Boskovic 研究所に招かれて講演した。そのとき私の所管する IAEA サイベルスドルフ研究所の課長をしていた Valkovic 博士の別荘に招かれて生活の豊かさに驚いたことがある。ザグレブはウィーンから車で4時間の近さなので雪の深い冬に家族で訪れた事もある。

今、クロアチアには大使として前・文部科学審議官の白川さんが活躍されている。IAEA 時代に交流のあったベシュカー大使もおられる。以前来日された Prah 原子力安全委員長からも

講演をとまわれたので、今回、IAEA の会議でワルシャワに出張した機会にザグレブを訪問した。講演はザグレブ大学で80人ほどの専門家や学生の前で「日本と世界における原子力エネルギーの利用の展望」について紹介した。その後の Prah 委員長主催の昼食会には原子力発電所の経営者、Tosmic 経済・労働省大臣補佐官など要人が招かれて意見の交換が行われた。クロアチアでは天然ガスが一次エネルギーの40%を占めている。その内、国産は60%で輸入が40%である。したがって原子力発電の拡大は必要であるが、チェルノブイリ事故のために国民に安全に対する懸念が有る。2基目の建設には、その解消が不可欠であるという。

白川大使には暖かいおもてなしを頂き、その際にお会いした Vikic-Popic 教育・科学・スポーツ省副大臣やベシュカー大使などから科学技術先進国日本の協力に対する強い期待を聞いた。

久し振りに訪れた Ruder Boskovic 研究所では放射線防護の研究室で千代田テクノロが寄贈したガラス線量計が使われており、放射線防護協会長の Ranogajec-Komor 博士はこの線量計は再測定が可能で、しかも精度が良い点を高く評価していた。小さいが日本の科学・技術協力として意義がある。

この国は観光収入が GDP の20%である。これからはさらに科学技術を基盤とする新しい産業を興していく事が重要である。

今、クロアチアの最大の外交目標は早期に NATO、EU への加盟を達成する事である。美しく、歴史あるこの国の着実な発展を願ってザグレブを離れた。

(2007年6月2日記)

## 初級放射線教育講座⑤

# 「放射線の源」



中島 宏\*

### 放射線・放射能の発見

1895年11月8日、ウィルヘルム・C・レントゲンは、真空の放電管を使って陰極線の研究を行っていた際に、黒い板紙で覆ったガラス管を放電させると、暗室内の白金シアン化バリウムが蛍光を発しているのに気がつきました。これが、人類が放射線を始めて発見した瞬間です。彼は、それまで知られていない何か放電管から出ているに違いないと考え、この光線を「未知のもの」という意味でX線と名付けました。

翌1896年、このことを知ったフランスのアンリ・ベクレルは、黒い紙で完全に遮蔽した写真乾板の上に、十字架の文鎮と、ウラン化合物（硫酸ウラニカルカリウム）を引き出しの中にしまっておきました。後に現像してみると、十字架の影が写真に写っていたのです。ベクレルはこれから、ウランから写真を感光させる、X線によく似た性質の光線が出ていることを発見、その光線をベクレル線と名付けました。

このベクレルの研究成果に興味を持ったのがマリー・キュリーです。彼女は夫が発明した検出器を用いて、ウラン鉱石から放射線を出しているのはウラン原子であることを見出し、さらに、ベクレル線を出す物質を化学的に分離することを始めました。その結果、1897年に、ウラン鉱物から放射性元素ポロニウムを分離し、さらに、ウランやポロニウムより強い放射能をもつラジウムの分離にも成功しました。この時に初めて、彼女は現在使われている「放射能」

や「放射線」という言葉を用いました。

後に電子を発見したJ.J.トムソンの下で研究していたアーネスト・ラザフォードは、1898年にウランから $\alpha$ 線、 $\beta$ 線という2種類の放射線が出ていることを発見しました。その時、 $\alpha$ 線はプラスの電気を帯びた重い粒子の流れ、 $\beta$ 線はマイナスの電気を持った軽い粒子の流れであることを見出しました。

1900年にはP・V・ヴィラルールが、磁石に影響されない、X線に似た透過力の強い非荷電粒子の流れがあることを発見し、ラザフォードはそれに $\gamma$ 線と命名しました。

さらに、ラザフォードは1919年、窒素原子に $\alpha$ 線を当てると酸素原子に変わることを発見しました。これが世界初の人工的な原子核変換です。その後、彼の弟子のジェームズ・チャドウィックによって中性子が発見され、キュリー夫妻の娘夫婦による人工的な放射性物質の生成、オットー・ハーンらによる核分裂反応の発見と続き、放射線、放射能に関する学問の基礎が築かれました。

放射線、放射能に関する発見が相次ぐ一方で、ほぼ時を同じくして、物理の分野でも重要な論文が発表されました。アインシュタインは、1905年の論文「運動物体の電気力学」の中で、物質の持つ質量(m)とエネルギー(E)は本質的には同じであると示し、真空中の光速(c)を用いて、 $E=mc^2$ と表わされることを発表しました。

\*Hiroshi NAKASHIMA 独立行政法人 日本原子力研究開発機構 J-PARC センター 安全ディビジョン 放射線安全セクションリーダー

これにより、すべての物質はエネルギーの源となりうるということが示されたのです。

今日では、ほとんどの安定な原子核の構造が解明されており、更には、寿命の短い不安定な原子核構造まで解明が進んでいます。また、原子がさらに小さな素粒子から構成されていることなども解り、放射線、放射能に対する理解や認識の範囲が更に広がっています。

### 放射線とは？

ここで、一旦、放射線について整理したいと思います。放射線は、**図1**に示すように、大きく分けて2種類あります。電磁波と粒子線です。

電磁波には、 $\gamma$ 線やX線などが含まれます。電磁波の特徴は、粒子の性質はあっても物質は伴わないことです。速度はすべて一定で、光速、即ち約30万 km/秒です。電磁波は**図2**に示すように波長の長さで分類されています。波長の短いものが $\gamma$ 線やX線です。その次に紫外線、可視光線、赤外線と続きます。波長が赤外線よりも長い電磁波を、単に電波と呼んでいます。

放射線という広い意味では電波や紫外線なども含みますが、放射線防護などの分野では、特に、物質と反応して電離作用を起こすものを放射線とっています。この中で、 $\gamma$ 線は原子核が放射性壊変する時に出てくるものです。放射性壊変とは、放射性同位元素が放射線を放出して、よりエネルギーレベルの低い、安定な原子核になるとうとする現象をいいます。これに対し

X線は、高速の電子を真空管の一種であるX線管の陽極にあてて発生させるものや、核外電子の軌道の遷移や高エネルギー電子の制動などによって放出されるものがあります。 $\gamma$ 線やX線は電波と同じように空間を伝わって広がっていくとともに、物質の中を比較的よく通り抜けていきます。一方、 $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、中性子線など、粒子が飛んでくるものを粒子線といます。この特徴は、電磁波とは違い、速度が一定ではないことです。

$\alpha$ 線は、原子核が放射性壊変する時に出てくる $\alpha$ 粒子の流れです。 $\alpha$ 粒子は陽子2個、中性子2個でできた粒子で、ヘリウムの原子核と同じです。陽子が2個あるので、プラスの電気を帯びています。 $\alpha$ 線は他の放射線、例えば $\beta$ 線に比べると物を突き抜ける力は弱いのですが、その物質に全エネルギーを与えますので、放射線としての影響は大きくなります。

$\beta$ 線は $\alpha$ 線と同様に原子核が放射性壊変する時に出てくる粒子で、電子または陽電子の流れです。 $\alpha$ 線に比べると物質に及ぼす影響は小さいのですが、透過力は大きくなります。

これら電荷を持つ粒子は、ライナックなどの加速器を使って、加速することもできます。

放射線にはこの他に電荷を持たない中性子線というものもあります。重い原子核における放射性壊変の一種である自発核分裂反応、原子炉の中でウランなどの原子核の中性子吸収による核分裂反応、荷電粒子の原子核との反応などから中性子が出てきます。この中性子線は電荷を持ちませんので、直接電離作用を起こしませんが、核反応を

放射線の仲間

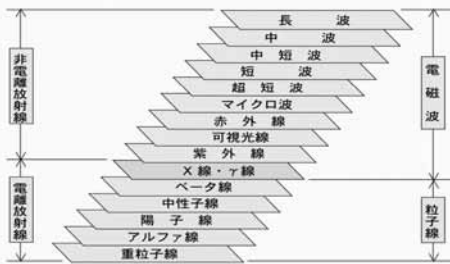


図1 放射線の種類、出典：放射線の影響がわかる本（財放射線影響協会）



図2 電磁波の種類、出典：http://www.jaxa.jp/

起こして間接的に電離作用を起こします。放射線防護の分野では、放射線のほとんどはこれまで説明してきたものに属します。しかし、自然には他にもたくさんの種類の粒子線があります。それは、近年、宇宙物理や高エネルギー物理学が進展し、宇宙の始まりや物質の根源などに対する理解が深まるにつれて、中間子、素粒子などより小さな粒子の存在が認識されるようになってきたからです。

## 身の回りの放射線源

さて、私たちの周りには、放射線を出すものがいろいろあります。それは、自然にあるものであったり、人工的に作り出されたものであったりします。

自然にあるものには、宇宙から来るもの、大地から来るものなどがあります。

宇宙から来る放射線は、宇宙線と呼ばれています。宇宙は、約137億年前に、ビッグバン（大爆発）によって生まれたとされています。その後、宇宙は膨張し、冷えながら種々の物質を作り出しました。素粒子が核子になり、原子核を構成し、核融合や核分裂など核反応を起こし、様々な種類の原子核が作られていきました。さらに、この原子核が原子を構成し、集まり、星や銀河、超銀河集団などが誕生しました。地球に来る宇宙線の起源の主なもの、これらの星における反応で、身近なところでは太陽から来るものです。太陽では、核融合反応により膨大なエネルギーが生み出されており、放射線など様々な形でそのエネルギーが外部に放出されています。宇宙線は、また、宇宙のあらゆる方向から降ってきます。太陽系の外からくる宇宙線の起源は、超新星などで起こった核反応などによるものです。実際、この宇宙線の中で、我々に影響を及ぼすのは、地球の外から地球に降りそそぐ宇宙線（1次宇宙線）が大気中の窒素、酸素などの原子と衝突してできた2次宇宙線です。1次宇宙線のほとんどは陽子線ですが、2次宇宙線のほとんどは中性子線や $\gamma$ 線です。

大地から来る放射線は、地球が誕生した約46億年前からあります。地球を構成しているものには、様々な種類のものがありますが、今でも半減期の長い放射性元素がたくさん残っています。これらは $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線などを出しながら、次第に別の安定な元素に変わっていきます。またさらに、地球には宇宙線が常に降りそそいでいますので、核反応によって、また新たに不安定な元素が作り出されています。

人工的に作り出されたものには、原子炉で作られるものや加速器を使って作られるものなどがあります。

1942年、エンリコ・フェルミは、原子核分裂の連鎖反応の制御に人類史上初めて成功し、世界最初の原子炉が完成しました。原子炉は、主にウランなど核分裂性物質の核分裂反応により、発電を行ったり、中性子吸収による核変換による放射性物質の生産などに使われますが、中性子源として用いられるものもあります。現在では、世界で約440基もの原子炉が発電を行っています。尤も、天然の原子炉は約20億年前に既に地球に存在していました。今から約30年程前、アフリカのガボン共和国のオクロ地区で天然原子炉の痕跡が発見されたのです。人類がようやく約60年前に作った原子炉も、自然は遥か昔に作っていました。

加速器の歴史は古く、最初にX線を発見した放電管も一種の加速装置です。加速器にはいくつかの種類があり、電極間に直流高電圧を付加し、その電位差により荷電粒子を加速するものや、高周波の電場を用いて加速するもの、磁場を用いた円型のものなどがあります。加速器が最も早くから利用されたのは医学の分野です。現在も広く病気の診断や治療に大きな役割を果たし、国内の加速器、約1,100台のうち約7割が医療機関で使われています。一方で、加速器が巨大化して行くのに最も貢献したのは物理学の分野です。より高いエネルギーを求めて加速器はどんどん大きくなり、世界最大の加速器は周長約27kmで、エネルギーも7 TeV に達しようとしています。

これら原子炉や加速器を使いますと、中性子や荷電粒子が物質と反応して、放射性物質ができます。これを「放射化」といいます。この放射性物質は、私たちのご身近なところ、医学、工業、農業などの分野で広く利用されています。身近なところでは、各家庭にもある煙探知器にアメリカンウムが使われています。医学利用では、イリジウムなどを治療のために投与します。工業利用では、<sup>60</sup>Coなどを用いた非破壊検査などがありますし、農業分野では、植物に<sup>60</sup>Coによる放射線をあてて突然変異を起こさせ、品種改良を行ったりしています。

### 法律の中の放射線源

ここでは、放射線防護にかかる法律に定義されている放射線について触れておきたいと思います。放射線防護にかかる法律の大本となる、原子力基本法の定義によれば「放射線とは、電磁波又は粒子線のうち、直接又は間接に空気を電離する能力をもつもので、政令で定めるものをいう。」となっています。更に、原子力基本法の定義を受けて制定された政令では、放射線とは「次に掲げる電磁波又は粒子線とする。アルファ線、重陽子線、陽子線その他の重荷電粒子線及びベータ線。中性子線。ガンマ線及び特性エックス線（軌道電子捕獲に伴って発生する特性エックス線に限る。）。一メガ電子ボルト以上のエネルギーを有する電子線及びエックス線」とされています。ですから、1 MeV 未満の電子線及び X 線を発生させるものは、この法律上の放射線源ではないことになっています。一方、労働安全衛生法に基づき定められた電離放射線障害防止規則では、そのようなエネルギーによる制限はありません。法律の間に違いがあるのです。

また、先に述べました「放射化」した物質は、法律にいう放射性同位元素として定義されていません。文部科学省から出された行政文書によって、その取り扱いについて指導されていますが、使用許可上の定めがない等、いくつかの問題が生じています。

法律上の定義においては、他にも、原子炉等規制法、薬事法、医療法などとの扱いの違いや法律制定において様々な制約があるようです。ですから、法律における放射線・放射能の定義は、必ずしも人類がこれまで蓄積してきた自然科学における放射線・放射能の知識・理解と異なるのは避けられないようです。

### むすび

科学が進展するにつれて、放射線、放射能に対する知見が拡がり、我々は新しい放射線源を獲得し、また利用してきました。それにつれて、我々の放射線・放射能に対する認識とその対応も序々に変遷しているように思います。残念ながら、法律をそれに適応させるには、様々な条件、過程がありますので、その変化になかなか順応できていないようです。放射線・放射能に携わるものとしては、放射線・放射能に対する認識の変遷を理解し、それに適切に対処し、新たな放射線源の利用を如何に進めていくかということを考えていく必要があります。

#### ♠ プロフィール ♠

##### 学歴

1982年 東北大学工学部原子核工学科卒業  
1992年 東北大学大学院 博士(工学)

##### 職歴

1984年 日本原子力研究所入所  
1996年 CERN 客員研究員(1年)  
現在 独立行政法人日本原子力研究開発機構  
J-PARC センター 安全ディビジョン  
放射線安全セクションリーダー

##### 研究業務経歴

1995年まで核融合炉遮蔽設計法開発にかかる実験的研究  
放射光領域の X 線の物質内挙動に関する実験的研究

##### 現在

陽子加速器施設 TIARA、BNL/AGS、FERMI 等における遮蔽研究  
大強度陽子加速器施設 (J-PARC) の遮蔽設計、安全評価及び安全管理 加速器の医学利用に係る放射線応用研究



## 放射線治療の発展を祈って ～おかげさまで、マイクロセレクトロンHDRは 導入100台を突破しました～

マイクロセレクトロン HDR（以下 mHDR と略す）は、Ir-192 放射線源を用いた密封小線源治療装置としてお客様に高い評価を頂いている製品です。

放射線治療には身体の外から放射線を照射する外部照射法と、放射線源を直接身体の中に入れ、照射する密封小線源治療があります。小線源治療はできるだけたくさんの放射線をがん細胞に照射し、周囲の正常組織には極力放射線をあてないことを利点としています。また小線源治療は“腔内照射”と、“組織内照射”などに分けられます。さらに用いる線源の種類により短時間でたくさんの放射線をあてる“高線量率”と、比較的長い時間をかけて放射線をあてる“低線量率”とに分けられます。

mHDR は高線量率密封小線源治療装置でオランダの Nucletron（ニュークレトロン）社から輸入しています。適用部位はさまざまですが、現在ご使用されている施設にアンケートをした結果では子宮がんと前立腺癌に対する症例数が群を抜いていました。

1991年に大阪大学に国内第一号機が導入され、同年5月23日に mHDR を使用した小線源治療が開始されました。それから約15年の歳月にわたり、弊社は日本における小線源治療の普及・発展に寄与できるよう努めてまいりましたが、おかげさまで、昨年国内における100台導入を突破いたしました。これは、数多くの医師、技師、物理士、看護師の方々の永年に渡るご尽力の賜物であり、日本における放射線治療の普及に対する思いの現れであると思います。

mHDR は国内シェア率75%を誇る放射

線治療機器です。全世界で約1,500台が導入されている中、日本においてその約1/10が稼働されていることを誇りに思います。

これからも放射線治療の発展に寄与すべく、たゆまぬ努力を続けていきたいと思えます。

（医療機器事業部 丸山百合子）

### mHDR 導入一覧表

大阪大学医学部附属病院	三重大学医学部附属病院
国立がんセンター中央病院	広島大学病院
関西医科大学附属滝井病院	浜松医科大学医学部附属病院
京都大学医学部附属病院	大阪市立総合医療センター
川口市立医療センター	国立がんセンター東病院
長崎大学医学部・歯学部附属病院	島根大学医学部附属病院
札幌厚生病院	三重県立総合医療センター
九州医療センター	栃木県立がんセンター
大牟田市立総合病院	滋賀医科大学医学部附属病院
川崎市立川崎病院	帝京大学医学部附属病院
名古屋大学医学部附属病院	東京厚生年金病院
三田市民病院	神戸市立中央市民病院
新潟県立がんセンター	新潟病院
千葉県がんセンター	市立岸和田市民病院
山形県立中央病院	金沢医科大学病院
愛媛労災病院	大阪労災病院
放射線医学総合研究所	重粒子医学センター病院
宇和島市立宇和島病院	岩手医科大学附属病院
埼玉県立がんセンター	川崎医科大学附属病院
群馬大学医学部附属病院	東京医科歯科大学医学部附属病院
天神会新古賀病院	北里大学病院
帯広厚生病院	宮崎県立日南病院
北海道大学病院	金沢大学医学部附属病院
鹿児島医療センター	奈良県立医科大学附属病院
聖マリアンナ医科大学病院	和歌山県立医科大学附属病院
高知大学医学部附属病院	四国がんセンター
広島赤十字・原爆病院	兵庫医科大学病院
岡山大学医学部・歯学部附属病院	
徳島大学病院	慶応義塾大学病院
東京大学医学部附属病院	
横浜市立大学医学部附属市民総合医療センター	
鹿児島大学医学部・歯学部附属病院	
東北大学医学部附属病院	熊本大学医学部附属病院
大阪市立大学医学部附属病院	香川大学医学部附属病院
神戸大学医学部附属病院	岐阜大学医学部附属病院

土浦協同病院  
 弘前大学医学部附属病院  
 大阪医科大学附属病院  
 宮崎県立宮崎病院  
 長崎医療センター  
 北海道がんセンター  
 静岡県立総合病院  
 京都市立病院  
 福井県立病院  
 癌研究会 有明病院  
 宮崎大学医学部附属病院  
 名古屋第二赤十字病院  
 富山大学附属病院  
 横浜市立大学附属病院  
 宮城県立がんセンター

高知病院  
 九州大学病院  
 愛知県がんセンター中央病院  
 北九州市立医療センター  
 東京都立駒込病院  
 仙台医療センター  
 山口大学医学部附属病院  
 大阪医療センター  
 九州厚生年金病院  
 山口県立総合医療センター  
 埼玉医科大学総合医療センター  
 九州中央病院  
 茨城県立中央病院  
 埼玉医科大学国際医療センター

九州がんセンター  
 杏林大学医学部附属病院  
 福山医療センター  
 順天堂大学医学部附属静岡病院  
 兵庫県立がんセンター  
 静岡県立静岡がんセンター  
 佐賀大学医学部附属病院  
 東京女子医科大学病院  
 岸和田徳洲会病院  
 近畿大学医学部附属病院  
 千葉大学医学部附属病院  
 神奈川県立がんセンター  
 旭川医科大学病院  
 群馬県立がんセンター

(敬省略・導入日順)



## 五感に訴えない放射線のニュースをオオトリの六感で捉えるカレント・トピックス

# バイオテロ対策法

鴻 知己

地球が狭くなってきてテロリストの活動がグローバル化し、また近隣の「ナラズモノ国家」に狂気暴発の可能性が見られるようになって、NBCR テロのそれぞれ (Nuclear/Biological/Chemical/Radiological = of radiation) について、危機管理上の対策が検討されている。

その一環として、研究・医療機関などが持つ病原体の管理強化を盛り込んだ改正感染症法がこのほど (2007年6月1日) 施行となった。研究者の良識に任されてきた保管や輸送に国が規制をかけるもので、日本初の「バイオテロ対策法」といわれている。

病原体を危険度に応じて1～4種に分類・指定し、種類別に所持と使用に条件を付けるもので、これにより病原体の扱いは放射性物質のそれに近いものとなった。海外では当たり前の規制で、国際的な協調を考えれば当然の措置であるとの声もあるが、研究者からは感染症研究の停滞を懸念する声も出ているという (日本経済新聞2007年5月28日)。一例を紹介すると、旧陸軍が生物兵器への応用を研究したという野兎病の細菌を、大正時代に“大原病”の病原体と

して初めて分離に成功した大原研究所 (福島市) は、野兎菌の世界の研究メッカであるが、今回この菌がP3レベルの設備を要する第2種に指定されたため、世界各地から収集した約120種の細菌を持ちこたえられず、国立感染症研究所などに引き取ってもらうことにしたそうである。

似たような話は、放射性物質の規制においても見られる。同じ放射性物質でも核燃料物質に指定されたものは規制が桁違いに厳しく、研究者は管理上の負担から使用を諦めることが多い。高エネルギーに加速した陽子を用いて中性子を大量に生成するには、ウランがある意味で最適の標的物質となるが、つくば (高エネ研) での経験などから、東海村に建設中の J-PARC では、早い段階でウランの使用を諦め水銀にしている。

バイオテロ対策はそれ自体重要であるが、それが感染症対策を後退させ病気による死者が増えるようでは本末転倒となる。最近、結核による死者が増えつつあるとか、麻疹 (はしか) の流行で多くの大学が休校に追い込まれた、などの報道に接すると心安らかでない。

## 二次電子平衡

放射線が物体に及ぼす影響を科学の対象として扱い、その影響の量や質を制御しようと思えば、その因果関係を定量的に記述しなければならない。放射線は物体の構成要素（素粒子またはその簡単な結合体）が運動エネルギーを持って空間を飛行しているものを指すが、狭義には、空気や水（といった地球上に普遍的に存在するありふれた物質）に作用したとき、それを電離することの出来る放射線を意味し、正確には「電離（性）放射線」と呼ばれる。

電離放射線が物体に作用し何らかの影響を残すとき、そのような現象を引き起こす根源の要因は物体に“エネルギー”が付与されることであると考え、上記「因果関係」の“原因の量”（「線量」と呼ぶ）として「エネルギー吸収密度」（＝「吸収線量」）が使われている。ここで「エネルギーの吸収」と呼ばれているのは、物質の構成要素である原子の電離と励起に費やされるエネルギーを意味している。このように“吸収されたエネルギー”の大部分は、結局のところ、熱や光の形で“物体”から放出されることになるので“見かけの吸収”ということになる。物体の内部エネルギーに変化を齎すことに至った“吸収エネルギー”が“真の吸収エネルギー”であるが、ICRU（国際放射線単位・測定委員会）による現行「吸収線量」の定義では、エネルギーの収支計算にはこれを含めないこととしている。

人類が最初に手にした電離放射線はエックス線であったが、その当時の「線量」は“空気の電離能”で定義されたもの（照射線量：単位「レントゲン」）であった。エッ

クス線のエネルギーが高くなる（数 MeV 以上）と定義に則した測定が困難になることと、中性子線など照射線量の適用を外れる新種の放射線がいろいろ現れたことから、先の大戦後、基本線量が“電気量”から“エネルギー量”に切り替えられた。測定の観点（感度、精度、容易性、等々）からは、前者の方が後者より遥かに優れている。それで、精密測定、実用測定の別を問わず、「吸収エネルギー密度」の測定は“電気量”の測定を介して行われるのが普通である。このようなとき、被照射物体の内部（の着目点）における「エネルギー吸収密度」と「電離密度」の対応関係を知る必要がある。着目点を取り囲む微小領域において、領域内で「原子の電離・励起」に費やされる荷電粒子のエネルギーと、入射放射線がその領域内で生成する荷電粒子の運動エネルギーとが等しいとき、（電離生成に要する平均エネルギーが既知であれば）電離の数を計測することにより“微小領域内で吸収されるエネルギー”を評価することが可能となる。電離放射線が物体内に生成する荷電粒子の主体は電子であるので、照射を受ける物体内の着目点が上記のような状態にあるとき「二次電子平衡」の状態にあるという。2次的に生成される電子は、物質構成要素との更なる相互作用により3次以降の電子生成を伴うが、これらを含めて「二次電子」と呼ぶのが慣例となっている。

物質には放射線を減弱させる力があるため、理想的な“二次電子平衡”は、放射線源が均質・一様に分散させられた、無限大媒質の内部にしか実現されないものである。

## 平成19年度主任者部会年次大会 (第48回放射線管理研修会)のお知らせ

- 開催日：平成19年10月4日(休)、5日(金)
- 会場：かでの2.7 (道民活動センタービル)  
(札幌市中央区北2条西7丁目)
- 交流会会場：札幌ガーデンパレス  
(かでの2.7から徒歩3分)
- 参加費：10,000円 (交流会参加費込み)  
5,000円 (年次大会のみ参加)
- メインテーマ：  
“主任者よ、利用者との架け橋となれ” との  
テーマの下、主任者の新しい在り方について、  
一緒に考える場となることを期待しております。

### 特別講演

特別講演として、文部科学省講演に加え、大泰司紀之先生(北海道大学名誉教授)(知床世界遺産 地域の生態系とその管理計画)、および辻井博彦先生(独立行政法人 放射線医学総合研究所)(重粒子線を用いたガン治療の最前線)を講師としてお迎えする予定になっております。

### 連絡先

- 放射線取扱主任者部会事務局  
日本アイソトープ協会学術課  
〒113-8941  
東京都文京区本駒込2-28-45  
Tel.03-5395-8081 Fax.03-5395-8053  
E-mail gakujuitsu@jrias.or.jp

## 編集後記

- 今号では、国際医療福祉大学の佐々木康人先生に「がんの治療法について」のご執筆をお願いいたしました。手術あるいは放射線治療による局所治療、抗がん剤等を用いた化学療法や免疫療法による全身治療、さらに緩和医療、緩和ケアについて、それぞれの利害、得失をわかりやすくご紹介いただきました。何年も検診を受けずにいる編集者には耳の痛いことですが、二次的な予防法として、「比較的实施し易く、有効性の高い検査を年齢に応じて定期的に実施すること」と忠告されておられます。佐々木先生は、放射線医学研究の推進とわが国の科学技術行政の推進に顕著な貢献をされたことで、この春、瑞宝重光章を授章されました。この場をお借りして謹んでご祝辞を申し上げます。
- 初級放射線教育講座⑤の「放射線の源」は、日本原子力研究開発機構の中島 宏先生が執筆されました。放射線・放射能の発見の逸話から、身の回りの放射線源などを紹介され、新たに獲得される放射線源の利用に対しては、法令などが適切に対処していく必要性を強

調されておられます。

- 長浜赤十字病院の松井久男先生には、滋賀県放射線技師会におけるベトナムへの医療技術支援について、ご執筆をお願いしました。JICAとの事業提携による医療技術支援ですが、途上国への草の根支援には手続きの煩雑さをはじめ、さまざまな問題があることに驚かされます。ハード面の支援に加え、人材の育成といったソフト面の支援の重要性が指摘されています。被ばく低減といった技術的な問題から、患者のプライバシーへの配慮、医療倫理などもあります。約30年前のベトナム戦争終焉時の技術協力に端を発した滋賀県放射線技師会会員の医療支援が、ますます発展するよう願っております。

- 弊社による密封小線源治療装置マイクロセレクトロンHDRの国内導入が100台を突破しました。欧米と比較して立ち遅れてきたわが国の放射線治療の益々の普及・発展が望まれます。(金子正人)

## FBNews No.368

発行日/平成19年8月1日

発行人/細田敏和

編集委員/佐々木行忠 小迫智昭 中村尚司 久保寺昭子 金子正人 加藤和明

山口和彦 藤崎三郎 柚木正生 福田光道 野呂瀬富也 丸山百合子

発行所/株式会社千代田テクノロ 線量計測事業部

所在地/〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル4階

電話/03-3816-5210 FAX/03-5803-4890

<http://www.c-technol.co.jp>

印刷/株式会社テクノロサポートシステム

— 禁無断転載 — 定価400円(本体381円)