

第1回 分子イメージング技術に関する ヨーロッパ会議 (Euro Med Im 06) に参加して

◆ はじめに — 会議の内容は

フランスのマルセイユにおいて1st European Conference on Molecular Imaging Technology(第1回分子イメージング技術に関するヨーロッパ会議)と題された会議が2006年5月9日から12日までの日程で行われました。分子イメージング研究への注目度が高まるにつれ、日本でも2006年5月に分子イメージング学会が設立されましたが、本会議はヨーロッパにおける分子イメージング研究の成果を発表する場として開催されました。他の分子イメージング学会と異なる点はさまざまなイメージング装置(特に小動物PET装置)の開発に主眼がおかれている点でした。高エネルギー加速器物理で有名なCERN(ヨーロッパ素粒子物理研究所)が主体となっていることからそのことが窺えます。

私自身がPET装置の開発を行っていることから非常に興味深い内容でした。

会議はパラレルセッションを設置することなく進み、総演題数は約220演題でした。その内訳は口頭発表が約70演題、ポスター発表が約150演題でした。口頭発表はセッションのはじめにレビューを目的とした演題を配し、ポスターセッションは大別してシミュレーション、検出器及び回路、装置の3つに分かれて行われました。モダリティとしてはPETに関する演題が最も多くて半数近くありました。次いで、CTやSPECTの演題も多数発表されていました。

PET/CTの成功に触発されて、最近のイメージング装置研究のトレンドは複数のイメージング装置を組み合わせたマルチモダリティ化であり、さまざまな組み合わせの装置のプロトタイプが発表されていました。また昼食時にもメーカーによる技術プレゼンテーションと題した発表があり密度の濃いプログラムとなっていました。



開会式

◆ 私とわれわれグループの発表した演題は

私の発表は、"Inter-crystal scatter identification for a depth-sensitive detector using support vector machine for small animal PET"と題して、PET用検出器からの信号を統計的手法で処理することにより、空間分解能を劣化するイベント(結晶ブロック内で複数回相互作用したイベント)を識別する方法を提案しました。

近年のPET用検出器は複数の結晶と複数の受光素子を組み合わせたものから構成されるブロック検出器を用いることが一般的です。ブロック検出器は結晶より大幅に少ない受光素子で構築でき、メンテナンスの利便性で優れています。しかし、ブロック検出器は結晶と受光素子が1対1の検出器(初期のPET用検出器や近年盛んに研究されている半導体を用いたPET装置はこれに属する場合があります。)に対してブロック内で複数回相互作用したイベントは演算の結果、一番初めに相互作用した結晶とは異なる結晶で相互作用したと判断する確率がかなり高くなります。

一方、我々のグループで開発した深さ方向の識別能を有するDOI(Depth-of-Interaction)検出器は、従来のPET用検出器よりもより多くの情報を取得することができます。本検出器を模擬したシミュレーションの結果、出力信号に対し主成分分析及び統計的クラスタリングの手法を適応し8割程度の多重散乱の識別能を得ることができました。

私の発表の他に我々のグループからは、放医研が中心となって開発した頭部用次世代PET装置「jPET-D4」の感度及び散乱補正に関する演題"Detector normalization and scatter correction for the jPET-D4: a 4-layer depth-of-interaction PET scanner"を島津製作所の北村圭司さんが発表しました。

jPET-D4は4層のDOI識別能を有し、有効視野内において一様な高空間分解能と高感度を両立しています。4層DOI検出器では、各素子の感度がDOI方向について大きく異なるため、すべての素子について十分な統計精度の感度補正係数を取得することか困難になります。jPET-D4では感度補正係数を幾何学的な要素や結晶素子ごとの感度等に分けることによって短時間で統計精度のよい感度補正係数を得ることが可能です。

また、jPET-D4は同時計数事象を時系列で保存するリストモード収集を実装しています。リストモードの利点はデータサイズを低減できるだけでなく、イベントごとにエネルギーや時間等の情報を付加することが可能です。jPET-D4は取得したデータのうち散乱線をあまり含まない高エネルギー成分のイベント利用することで散乱補正を行います。

◆ 全体傾向としては、小動物用PET装置の研究が盛ん

前述のように、会議の全体的な傾向としてはまず小動物用PET装置の研究が盛んでした。ヨーロッパ連合で5年ほど前から開発が進められているClear PETプロジェクトによって第2世代の小動物PET装置が報告されていました。彼らの装置は我々のグループと同様にDOI検出器によって2層の深さ識別能を有しています。検出器からの信号を時間サンプリングすることによって、時間分解能の向上及びDOIの識別を行っていることが特徴的であり、1mm程度の一様な空間分解能を目標としています。

半導体を用いたPET装置としてはカナダのSherbrooke大学が推し進めているlabPETが印象的でした。彼らの装置は受光素子にアバランシェ・フォトダイオード(APD)を利用しています。検出器部分は2種類の結晶に対して1つのAPDで読み出しを行います。体軸方向に並べて設置された2種類の結晶の識別はClear PETと同様に信号の時間サンプリングから求めます。プロトタイプシステムによるファントムイメージが紹介されていました。また、X線をパルスカウントすることにより同一の検出器系でPETとCTの両方のイメージングが可能な装置への発展を考えている点も興味深かったです。

検出器についてはガイガーモードAPDに関する演題が多数発表されていました。昨年からの報告されたこのAPDは従来のAPDよりも高い増幅作用を有することが特徴です。まだ大型化等に課題があるようですが、小動物用PET装置の受光素子として有望です。高エネルギー用に開発した検出器をベースにしてPETにおいて利用しようという演題がいくつか見られたのも本会議の特徴でした。製造段階から棒状の結晶を作成し、これをリング状に何層にも配置することでDOI識別能のあるPET装置を開発しようとする演題もありました。体軸方向の識別は棒状結晶の両端に結合した受光素子の出力差から判断する方式のようです。

マルチモダリティについても多くの演題が発表されていました。この分野において最も有名なPET/CTは、PETとCTを体軸方向の同一線上に配置することで両方の画像を一度に得ることができます。しかしながら従来のPET/CTは時間軸においては同一の画像とは言えません。前述のlabPETのように複数のモダリティを同一の時間軸で計測できる装置の研究はまだ始まったばかりであると感じました。ダイナミック計測でも利用できるマルチモダリティ装置が今後の大きな研究課題になっていくことが推測されます。

PETの受光素子として現在最もよく利用される光電増倍管は磁場の影響を受けます。これがPET/MRIの研究にとって最大の問題となっていました。従来は結晶をMRI内にリング状に設置し、ライトガイドで離れた場所に設置した光電子増倍管において結晶で変換された光を計測するシステムが提案されていました。この方法では結晶によってガンマ線から変換された光の集光性が悪く、性能を劣化させる要因になることが報告されています。昨年度あたりから受光素子に半導体であるAPDを用いた検出器をPET/MRIに利用しようという試みが始まっています。アメリカのBrookhaven大を中心としてマウスの頭のみを覆う形の非常に小さなPET装置(ratCAP)を考案し、覚醒下でのマウスのイメージングを推し進めています。本会議で彼らはAPDベースの検出器と小型化したフロントエンド回路を突破口としてPET/MRI実現の検討を行っていました。

臨床用PET装置において今後のトレンドは飛行時間差(Time-of-Flight : TOF)を利用したPET装置になると思われます。数年前からLaBr₃のような高速な結晶を用いてTOF-PETを開発しようという動きが伺えます。Philips社はLYSOを結晶に用いたTOF-PET/CTを発表していました。時間分解能は500psと少し物足りませんが、臨床画像におけるTOF-PETの有用性についても報告しており、開発スピードの速さに驚かされました。

◆ 所感として、中近東系の研究者との議論が収穫

今回の日本からの参加者は7名と乏しい状況でした。ヨーロッパ系の参加者が大半を占め、次いでアメリカといった感じでした。地元であるフランスの参加者も多数参加していました。近年イメージング装置研究においてアクティブに貢

献している韓国をはじめとするアジア系の参加者が少ないことも意外でした。逆に私のポスターに興味を持っていただいた人の中には中近東系の普段なかなかお会いする機会のない研究者の方々と議論できたのは大きな収穫でした。

最後に、会場となったファロ宮はナポレオン3世時代皇帝の別邸として建設された荘厳な宮殿でした。会議は半地下のホールを中心に行われ、一般に公開されている公園では旧港(マルセイユはフランス第1の港町です。)を一望できる素晴らしい風景が散歩に来た人たちの眼を楽しませてくれていました。マルセイユに着いたその日にひどい雨に遭遇してしまいましたが、その後は晴天で地中海気候の中で充実した時間を過ごすことができました。国際会議において食事はいつも懸念材料ですが、今回はフランス語を勉強中の方と終始同行できほとんど困ることはありませんでした。お国柄でしょうか、観光地といえども英語のメニューをおいてあるお店は余りありませんでした。



学会会場となったファロ宮



会場からの風景

本会議は2年に一度開催される予定と聞いております。また今後マルセイユには CERIMED(European Centre for Research in Medical Imaging)と呼ばれるヨーロッパでの分子イメージングの拠点となるようなセンターを立ち上げる話を大々的に宣伝していました。本会議への参加は最新のイメージング機器研究の動向を知ることができ非常に有意義なものとなりました。

● 謝辞

本会議への参加および発表にあたり、支援して頂いた分子イメージング研究センター先端生体計測研究グループの村山秀雄チームリーダーに感謝いたします。

(分子イメージング研究センター 先端生体計測研究グループ イメージング物理研究チーム 吉田 英治)



<茶色> 六条オオムギ 「マサカドムギ」

夏になると冷たいものが欲しくなります。最近はいろいろなお茶が出てきましたが、麦茶も負けてはいません。煮だし用のパック製品のみならず、ペットボトルの製品もコンビニで置かれるようになりました。麦茶は、ハト麦を原料としたものもありますが六条オオムギをもとにしているのが多いかと思えます。

この六条オオムギ、1970年代、関東以西で大麥縞萎縮病が発生し、被害が拡大していました。

研究機関と大学が精力的に育成を進めたため 1980年代に二条オオムギは抵抗性の品種が育成されましたが、六条オオムギについては、品種をつくるまでに至りませんでした。それまでこの地区では「カシマムギ」が栽培されていましたが、このような事情のため、作付面積は減る一方でした。しかし、竹林茨城1号にγ線照射をしてできた「Ea 52」には極めて強い抵抗性が見つかりました。1979年、早生で耐倒伏性が強い関東皮 53号と交配を行い、選抜を繰り返して、1989年、とうとう六条オオムギの抵抗性品種「マサカドムギ」が育成されました。耐病性も突然変異で変わる場合があります。それを利用できるのも放射線育種(突然変異育種)の利点でしょう。マサカドムギの精麦品質は精白度がやや劣りますが、麦茶にした時の品質はカシマムギに劣りませんでした。

マサカドムギは、平成14年まで900ha程度作付されていましたが、現在は別系統のオオムギの縞萎縮病抵抗性で収量の多い「すずかぜ」(放射線を利用していない品種)に押されつつあります。

なお、ハト麦にも放射線育種でできた品種として「ハトムスメ」や「はとひかり」があります。

(環境放射線影響研究グループ 坂内 忠明)

研究レポート

IVR用頭頸部被ばく線量測定・記録システムを開発 副作用データの収集・解析のため臨床試験を実施

放医研の重粒子医科学センター・粒子線生物研究グループ(日本学術振興会特別研究員の盛武敬)らは、虎の門病院(東京都港区・病院長 山口 徹)脳神経血管内治療科の松丸祐司医師および(株)千代田テクノル(東京都文京区・社長 細田 敏和)大洗研究所他の協力のもと、IVR(Interventional radiology)に関する副作用発生要因の分析と患者の被ばく線量低減を目指し、IVR用頭頸部被ばく線量測定・記録システムを開発した。

■ 背景

IVRとは、X線透視画像を見ながら、穿刺針やカテーテルなどを治療部位に近づけて行う手術手技であり、特に頭頸部においては、血管塞栓術や血管拡張術が行われることが多い。従来 of 外科的治療法に比べ傷口が小さく、患者への負担が少ないことから、近年、広く普及するようになってきている。一方、こうした治療法の前提となっているX線透視の時間が長引くことに伴い、脱毛や潰瘍などの放射線による皮膚障害に関する報告も増加している。しかし、これまで頭頸部のIVR施行患者に対しては、被ばく防護にまで注意が払われることが少なかった。

こうした中、研究グループでは頭頸部IVR用の線量測定方法を考案し、2002年から2004年にかけて筑波大学附属病院において実態調査を行った。さらに、普及に向けたIVR用頭頸部被ばく線量計や、IVR施行患者の線量測定から結果通知に至る一貫した被ばく線量評価システムの研究開発を重ねている。

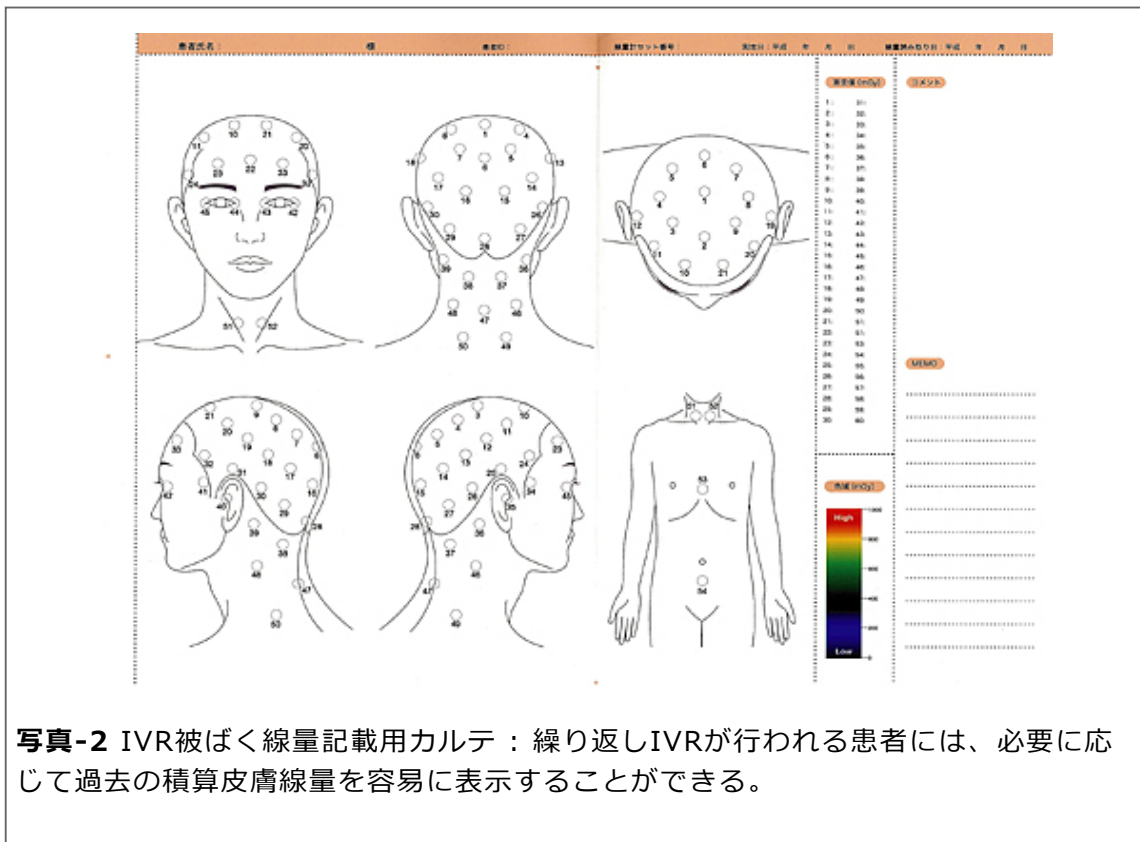
■ 伸縮性素材を用いIVR用頭頸部被ばく線量計を開発

研究グループが開発したIVR用頭頸部被ばく線量計(特許申請中)は、伸縮性のある繊維で作った帽子型の装着具に、1cm角の蛍光ガラス線量計(PLD)を50個以上取り付けたい体型の測定装置となっている。装着具が皮膚に密着するよう、適度な伸縮性を持つスポーツウエア用の素材を用い、三次元的な相対位置を特定しながら頭頸部の皮膚線量を計測することを可能にした。(写真-1)



写真-1 IVR被ばく線量計装着写真：頭頸部に密着する帽子に多くの線量計を配置し、X線照射部位とその推定線量の記録をカルテに体表面分布図として残すことができる。

照射を終えた線量計は、そのまま千代田テクノルに返送され、頭頸部各部の皮膚透過線量が線量分布図としてカルテ保存用シートに印刷される(写真-2)。また、患者の線量データは、データベース化され、必要に応じて過去の積算線量分布図を表示し、通知することが可能。



実際の臨床現場では、手術の邪魔になるため、大量の線量計を短時間で設置、回収しなければならない。今回開発した線量測定装置は、こうした課題を解決し、現場の医師のみならず看護師や放射線技師等でも簡単に線量計を着脱することができる。

■ システム全体の運用試験を行うため臨床試験を実施

研究グループでは、実用化へ向けたステップとして、患者被ばく線量の測定から通知に至るまでのシステム全体の運用試験を行うとともに、頭頸部IVRによる副作用データを収集するため、虎の門病院における臨床試験の実施を申請した。

臨床試験では、実際の患者に線量計を装着し、線量計設置部位や患者への装着方法などについて検証する。また、線量計の準備から病院への発送、線量計の回収、線量の集計、通知までのシステム全体を運用する上での問題点を探り、その改善を図ることを目的としている。

一方、実際に照射された線量と発生する有害事象の関係を追跡調査し、IVRによる副作用のデータを収集・解析することにより、副作用の発生要因を解明し、具体的な被ばく低減方法を医療従事者向けに提言することを目的としている。

■ 副作用発生要因分析のためのデータベースを構築

今後の展望として、現在の頭頸部IVR用システムを、全身スーツタイプへと拡大する。また、特に長期的な被ばくの影響が懸念される小児用の計測システムを開発する。これらにより、IVRやCT検査などによる医療被ばく全般のデータを収集し、副作用発生要因分析の基礎となるデータベースを構築していく。

さらに、検査や治療に伴う放射線被ばくリスクを担当医師が患者にわかりやすく説明するためのカルテ作りなど、インフォームド・コンセントのさらなる緻密化を図っていく。

近い将来、これらの皮膚線量データが、血液検査や内服薬のデータと同じように、電子カルテの中に放射線被ばく歴として記録され、検査や治療の際に役立てられるようになることを目標としている。

なお、本研究は、6月8、9日に広島で開催された日本保健物理学会第40回研究発表会で発表された。

TOPICS

平成18年度 業績表彰受賞者と感謝のことば

各分野における研究について、平成18年度の業績に対する表彰が行われ、以下の5名が受賞された。これまでの功績をたたえとともに今後のさらなる活躍を期待すべく、授賞式が7月4日に放医研の講堂で行われた。ここでは5名の受賞者の感謝の言葉を紹介する。



放医研正面玄関での集合写真

◆ 重粒子線治療一筋に仲間に感謝 !!



重粒子医科学センター センター長 辻井 博彦

この度、業績表彰をしていただきましたが、そろそろ定年も近くなり、面映い感じがしないでもありません。これまでは、他を推薦することはあっても自分自身がもらうことはないと思っていましたので、まさに予期せぬ喜びでした。これまでの仕事に対する表彰と思いますが、同時に、これからはしっかりやれよとのメッセージだと認識しています。

私は放医研に来てから12年間、一貫して重粒子線治療に従事させていただき、平成13年には高度先進医療の承認にこぎつけることができました。また、治療を行うためには画像診断は不可欠ですが、昨年、分子イメージングの立ち上げに係わらせていただいたのは大変幸運でした。さらに、原子力平和利用の一環として、アジア地域において子宮がんの多施設共同研究という国際貢献にも従事させていただいております。

センター長という立場は、調整役をまかされたりすることが多く、一人では何もできません。私に表彰されるような業績があるとしたら、それは私を温かく支えてくれた仲間がいるおかげです。この場をお借りして心より感謝の意を表したいと思います。

◆ 二つ目の表彰



重粒子医科学センター ゲノム診断研究グループ 腫瘍研究チーム 岩川 真由美

小児外科医を辞め、大学院生時代から安藤興一先生のご指導による研究を続けてきた放医研に、放射線感受性遺伝子プロジェクト第三グループリーダーとして採用されてから5年が経ちました。その間の業績、すなわち村田 啓先生のご指導のもと、今井 高志リーダーをはじめとするスタッフ全員で行ってきた「放射線感受性予測」研究成果につき、この度、理事、理事長より表彰をいただきました。お世話になった全ての皆様、特に病院の看護師の方々、小池幸子様、早尾 辰雄様にお礼を申し上げます。

一方、共に受賞した旧フロンティアセンタースタッフの中でも、私を支え私に耐え生き延びた野田 秀平君、松井 芳文君をはじめとする(山田 滋君を含む)放医研内ミニ外科グループ「岩川虎の穴」一門に特に感謝し、副賞金一封は(もしあれば)三人に献呈する覚悟です。

放医研では、昨年、吉川 京燦先生の名幹事によるゴルフ辻井杯で優勝しており、これで二冠を達成しました。いずれも、私を放し飼いにしてくださる辻井博彦センター長、今井リーダー、お二人の掌で暴れ回る孫悟空のビギナーズラックです。今後は表彰に恥じぬよう、一層、研究そしてスポーツに集中したいと思っています。放医研の皆様、充実した毎日をありがとうございました。

◆ 環境中のテクネチウムとレニウム極微量分析への挑戦



放射線防護研究センター 環境放射線影響研究グループ 田上 恵子

原子力の平和利用に伴い発生する使用済み核燃料や、その再処理工程で排出される放射性廃棄物の処理処分に関連し、環境から人への放射性核種の移行経路における動きを明らかにしておくことは、安全・安心のために必要なことである。テクネチウム-99は半減期21万年の長半減期核種であり、原子炉内でセシウム-137と量的に同程度生成している。環境中に放出された場合には、その化学形から考えると移動しやすいと言われているが、安定同位体の存在しないテクネチウムが実際にどのような挙動を示すのか長期的には明らかにされていなかった。そこで過去の核実験でもたらされたテクネチウム-99の測定や、トレーサー実験を行ってきたが、我々はさらに地球化学的に挙動が似ている同族元素のレニウムに着目し研究を進めた。今回はこれら一連の研究成果に対して表彰を戴くことができ、大変感激している。環境放射線影響研究グループ、廃棄物技術開発事業推進室の方々、またこれまでいろいろと叱咤激励してくださった諸先輩方に感謝しつつ、また気持ちも新たに研究を進めていくつもりである。ありがとうございました。

◆ 受賞への感謝と節電対策への取り組み



基盤技術センター 安全・施設部 施設課 宮原 文男

皆様方のおかげで、受賞出来たことを感謝しております。省エネについては、現在所内各居室においてお昼休みの消灯及びエアコン設定温度を高くすること等の協力をお願いしておりますが、皆様の少しの協力で、大きな省エネにつながると思います。また、各設備機器の新設、更新においても省エネタイプ機器の導入が必須となるので、これからも省エネを意識しまして一次エネルギーの消費量が多少でも少なくなるように努力したいと思っております。有り難うございました。

◆ 研究とは違う醍醐味ある充実感 !!



分子イメージング研究センター 運営企画ユニット 業務調査室長 原田 良信

今回、私は「研究企画立案と外部資金獲得」での功績が認められ業績表彰の栄誉を受けました。運営費交付金が右肩下がり状況では、大型プロジェクト研究を打ち立て外部資金を得ることが重要であり、その意味で本受賞は大変意義深いものと感じております。私は放射線感受性遺伝子、分子イメージング、中皮腫などに関わってきましたが、その仕事は、地道な研究とは違う醍醐味のあるものでした。本質的には「交渉する」ことであり、中央官庁の切れ者行政官に対して、研究内容をアピールし、突っ込まれば切り返し、ウソにならない範囲で言い訳をし、知識とイマジネーションをフルに使い相手を納得させるのです。これを数ヶ月という時間をかけて波状的に進めなければならず、資料は膨大な数にのぼり、リポビタンDはケース単位で消費されましたが、その分採用決定時の喜びはひとしおでした。

最後になりましたが、外部資金獲得は確かな研究実績とチームワークがあってからこそ成し得たものです。関係する研究者の皆様のご更なる発展を願うと共に、一緒になって朝方までポンチ絵を作ったり計算をしてくれた方々、私が研究できない分をカバーしてくれたラボのメンバー、現在の運営企画ユニットの皆さんに心から感謝申し上げます。

平成18年度 那珂湊支所 一般公開を終えて

茨城県ひたちなか市にある放医研の那珂湊支所では、近隣の小中学校が夏休みを迎えた7月21日(金)に、一般公開を開催しました。当日は、朝から大粒の雨が降り続くあいにくの1日でしたが、親子連れ等で200名を越える来場者がありました。管理区域の施設見学、研究の紹介、「放射線を計ろう」、「海の生物」の催し物等のほかに、今年は低温の世界や海水を使った電池作り等の「理科の実験」を企画し、夏休みの自由研究へ発展できるものを紹介しました。また、「モニタリングカーがやって来た」では、車の中に展示された様々な測定装置の説明を熱心に耳を傾ける方が数多くいました。中庭では、カラーカプセルや自作の缶バッチ作りも好評で普段と違う元気な子どもの声が飛び交いました。本所からの応援を受けて、職員を増員しましたが、休む暇もなく対応に追われた1日でした。回収したアンケートからは、「普段は入れない施設を見学できて良かった」、「いろいろな体験がおもしろかった」や「がん治療等の最新の研究成果を知りたい」等の希望意見もあり、多くの方から公開の内容に概ね満足したという回答が得られました。盛況の内に無事に終えることが出来ました。ご協力頂きました関係者の皆様にお礼を申し上げます。(21日のNHKのお昼のニュースで一般公開の様子が放映されました。)



海水と硬貨で作った「11円玉電池」の実験風景

(海洋環境調査技術開発室 青野 辰雄)

就任のごあいさつ

**新センター長 就任のごあいさつ
放医研の幅広い研究を支える**

基盤技術センター センター長 西村 義一

高校までは朝な夕なに岩木山、別名津軽富士を、その後、岩手山、別名南部富士を眺めながら大学時代を過ごしました。1973年に放射線医学総合研究所、環境衛生研究部に配属になりましたが、千葉に来て一番戸惑ったのが、どこを見渡しても山が見えず、方角がまったくつかめないことでした。そして、千葉県の最高峰が愛宕山の408mだと知ったときは少々がっかりしましたが、それまで遠い存在だった本物の富士、八ヶ岳、谷川岳などがぐっと身近な存在になり、山岳部やワンダーフォーゲル部に入り、休日は仲間たちとせつせと山歩きを楽しんでいました。

入所当時の部長が故渡邊博信先生、室長が市川龍資・元科学研究官で、中国では大気圏内の核実験がまだ行われており、環境研究が放医研の主要な位置を占めていました。RI実験も盛んに行われており、稲葉次郎・元研究総務官と一緒に放射性物質の体内代謝、とくに年齢依存性や胎仔移行に関する研究を中心に行ってきました。

考えてみますと、それまで当然のことのように実験動物を使ってRI代謝実験をしてきたわけですが、実験を行うにあたっては、実験動物はもとより、放射性物質、実験施設、計測機器、メンテナンス、実験終了後の廃棄物処理等々、多くの部門の研究支援を受けていました。一方では放医研に入所後、早い時期から実験動植物委員会、共同実験室運営委員会、RI部会など所の共同利用に関わる委員会に関与してきましたが、それはあくまでもユーザーとしての立場でした。この度の人事は、これまで多くの支援を受けてやってきたのだから、残りの時間、今度は逆に皆さんに恩返しをしろ、ということだと受け止めております。

新設された基盤技術センターは、研究開発を行って研究所に必要な基盤技術を提供する部門と、安全な研究環境作り、および長期的な展望にたった施設整備を進める部門から成り立っています。いわば研究インフラを提供するところですが、研究施設の老朽化も目立ちはじめ、これらの解決策を講じることも急務になっています。時代と共に放医研の研究環境や研究内容も多様化し、研究支援部門も昔よりも小回りが利かなくなってきましたが、5年という区切られた中期計画の中で、効率よく研究成果をあげるためには、より高度な技術開発と

きめの細かい研究支援は不可欠です。しかし、期間が区切られているからといって安全をおろそかにすることはできません。

より質の高い研究支援体制を築きあげるとともに安全な研究環境づくりのため、微力ながら力を尽くしていきたいと考えています。

炭素線治療の局所制御率を推定 —大腸がん肝転移1回照射のスタートに向けて—

■ はじめに

重粒子線がん治療の特徴の一つとして、小分割照射の可能性があげられます。これまでの放射線治療では、照射間での正常組織の回復と腫瘍の感受性増加を期待した多分割照射法が一般的でした。しかし、多分割照射は、治療期間の観点で治療コスト低減の障害となります。

重粒子線の場合、Braggカーブに代表される線量の局所集中性と、Braggピーク部での高い生物学的効果によって、小分割照射であっても正常組織の線量を許容レベル以下に保ちながら、腫瘍に対して一様に高い制御効果を達成できる可能性があります。従ってHIMACでは線量増加試験と共に、小分割照射の有効性を検証するプロトコル研究が部位ごとに実施されています。

小分割照射を試みる場合に、まず問題となるのが処方線量の選択です。重篤な障害が頻発するような高線量は論外ですが、一方で、あまりにも安全側の低線量も局所制御の観点では患者さんの利益になりません。従って、線量増加試験であっても事前に局所制御率を精度よく推定し、妥当な線量から開始することが望まれます。今回、非小細胞性肺がん(NSCLC)に続いて1回照射が開始されることとなった大腸がん肝転移症例について、開始線量を決定する材料の一つとして腫瘍の局所制御率(TCP)をモデル計算により推定しました。

■ 手法

計算にはWebbらが提唱したTCPモデル¹⁾を用いました。このモデルでは、腫瘍の放射線感受性がガウス関数で分布するとみなしてTCPを評価します。

[1]

$$TCP = \sum_i \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(\alpha_i - \alpha)^2}{2\sigma^2}\right] \cdot \exp\left\{-N \exp\left[-nad\left(1 + \frac{d}{(\alpha/\beta)}\right) + \frac{0.693T}{T_d}\right]\right\}$$

ここで α [Gy⁻¹]、 β [Gy⁻²]はLQモデルの係数、Nは腫瘍中のclonogenの数[個]、nは分割回数[回]、dは一回照射物理線量[Gy]、Tは照射期間[日]、T_dは腫瘍増殖時間[日]、 σ は α の分散です。図-1には、このモデルを用いてNSCLCの局所制御率²⁾を解析した結果³⁾を示します。臨床結果がこのモデルで精度よく再現され、また局所制御率をエンドポイントとした炭素線のRBEが、処方線量計算時のRBE(腫瘍中心で約2.4)と良い一致を示していることがわかります。

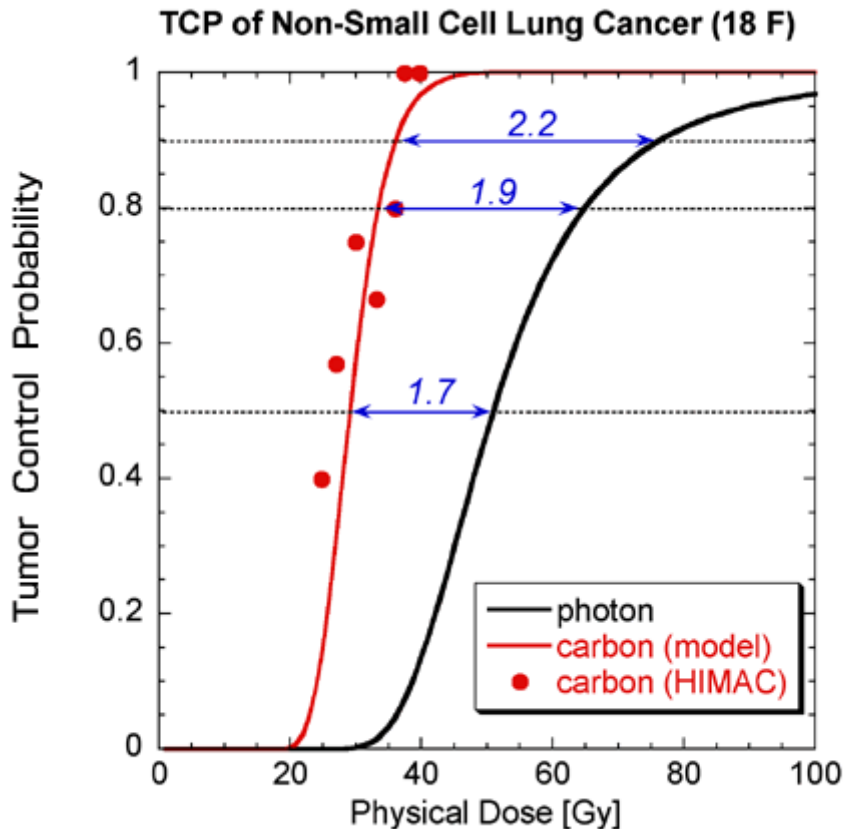


図-1 18分割照射における非小細胞性肺がん(NSCLC)の局所制御率。TCPモデル(赤実線)が炭素線の臨床結果(●)を精度よく再現していることが分かる。また、TCPをエンドポイントに取ったRBE(図中青字)は、高TCP領域で臨床線量計算時のRBE(2.4)とほぼ一致した。これは、高い局所制御率の達成が求められる臨床試験では妥当といえる。

今回、対象となる大腸がん肝転移症例の臨床反応は大腸がんに準じると想定されたので、HIMACでの16回分割照射による大腸がん局所制御率⁴⁾を再現するよう式中のパラメータを決定しました。

■ 結果

PTVを一律に直径60mmとみなして大腸がん照射の処方線量[GyE]を物理線量[Gy]に変換し、局所制御率を[1]式で近似した結果、 α/β として9.0、 σ として0.15を得ました。これらの値をもとに16~1回分割照射でのTCPを予測した結果を図-2に示します。

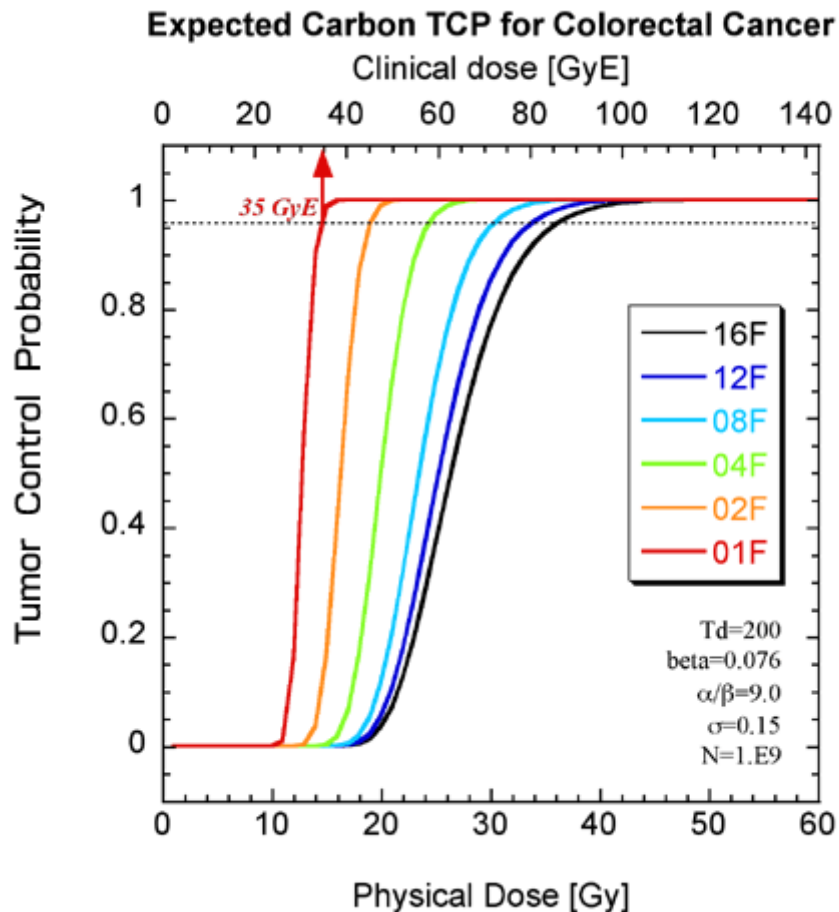


図-2 モデル計算によって求められた炭素線1～16分割照射による大腸がん肝転移の予測局所制御率。1回照射の場合、35GyEの照射によって96%の局所制御が期待される。

局所制御率の初期目標を96%に定めた場合、対応する1回照射の臨床線量は、図より35.0GyEとなりました。また、肝細胞がんの臨床結果を用いた同様の解析でも1回照射線量は33.0GyEとほぼ一致する値が得られました。これらの結果に基づいて大腸がん肝転移1回照射の第I/II相臨床試験プロトコルが審議され、その結果、初期線量36.0GyEでの開始が決定されました。

現在、正常組織を含めた組織別の放射線感受性をまとめ、体内での感受性の違いを考慮した治療計画システムを開発することを目標に、骨軟部肉腫や頭頸部脊索腫など他の部位についても解析を進めています。

< 参考文献 >

- 1) Webb S and Nahum AE: Phys. Med. Biol. 38: 653 - 66, 1993
- 2) Miyamoto T, Yamamoto N, Nishimura H et al.: Radiother. Oncol. 66: 127-40, 2003
- 3) Kanai T, Matsufuji N, Miyamoto T et al.: Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 64: 650-6, 2006
- 4) Yamada S: private communication

(物理工学部/粒子線照射効果解析チーム 松藤 成弘、金井 達明、宮本 忠昭*、馬場 雅行*、加藤 博敏*、山田 滋*、辻 比呂志*、鎌田 正*、溝江 純悦*、辻井 博彦*: *病院)

和歌と英語を読む

◆ 問題 ◆

1. 次の和歌に濁点を打ち、意味のわかる和歌にせよ。

ほととぎすほととぎすきすきすきすに
まつまつわれにはつねきかせよ

2. 日本語の入った英文で、英語を一部日本語読みにすると面白い文章となる。

- 1) 亡くなった父を想って娘が次の様に言った。どんな意味であろうか。

My father was my mother.

- 2) 関西でよく言う言葉

Today's tree is knockout, oh sack are no pile knockout.

- 3) 暑い日に次の英語が口から出た。俳句になっているが何と読むか。

You might think today so hot.

- 4) もう一句有名な文句で

Full we care, cowards to become middle note.

(答えは[最後のページ](#))

ぱるす No.56

" ある現代長州人の話 "

● パルスへの原稿依頼が来た。もう放医研では古株になる身で今更何を書いてよいのやら。最近知らない人も所内に増えたとし、OKと言った手前仕方がない。パルスは"花鳥風月"が基本らしい。とすると花は見るも育てるのも大好き!鳥は千葉に住み始めた時、朝の時報を本当のカッコーと間違えて、職場で笑われた。水戸では本物が近くで鳴いていた。風を読むのはどうも苦手。秋冬の月は最高、月見て一杯、深淵な夜空を見上げて想いを巡らすのは格別。

● 私は山口県の宇部で生まれ育った。長男に高杉晋作から名前の一字をもらい"晋"と名付けるほど長州男子であることに誇りをもっている。宇部市は宇部興産の城下町(当時は人口約18万、今は昔の盛況なおもかげはない)。また山口大学の医学部と工学部が本部(山口市)に移転せずに宇部にある。小さいながらも産業と学問の町だと思う。高校時代は県下屈指の進学高に通いながら、何故かサッカー部に入り、授業中は居眠り、3時頃になると目が覚めてグラウンドを走りまわる生活を送った。あの頃のサッカーはマイナーで高校野球には全学生が応援に行くのに、サッカーの試合を含む他のスポーツには応援はなかった。この前のオーストラリア戦も暑い中に、監督以外!選手達は本当に頑張ったと思う。私も真夏の炎天下で3試合した経験がある。意識は朦朧状態、リーグ戦なので試合後に線審をやられ、ボールとしている時にオフサイドで点が入ってしまった。私のせいで山口大チームが高校チームに負けてしまった。お兄さん達ごめんなさい。この場で謝ってもしかたないか?さて、3年の県大会を最後に引退、理科系コースの受験勉強を開始した。級友におまえ何処に行くんだと聞かれ、俺は牧場や農園をやりたいので農学部に行きたいといったら、えらく周囲にアホにされた。当時の級友には医者や宇部興産関連企業の子息が多くて、まず医学、工学部志望。理学部は出ても食えないよと言う風潮で理学部も少なかった。獣医学科なら誰でも入れるから獣医になれば!とからかう奴までいた。今でこそ獣医専攻は6年制になり難関だが、当時の獣医は最も広き門の一つだった。無事、国立大学に入り、在学中に中標津の近くの牧場に援農などした結果、いろいろあって学者の道に入り現在に至っている。ま、初心は趣味で貫徹している。自分で言うのもおこがましいがGreen thumbを自称している。私は大学生の1人娘と100以上の蘭娘の世話をするのが日課になっており、わが家のベランダには所狭しと蘭ちゃんがいる(写真)。この娘らは世話をすればちゃんと答えてくれるところが人間とは違う。最近は薔薇、柑橘等にも触手が動いてきりが無い。



写真：蘭娘達とお気に入りのラビアータちゃん

● 話しは元に戻るが、宇部に年老いた母が住んでいて、顔を見に宇部空港を良く利用する。ある時ANAの機内に入った時、機内の雰囲気違った。たまたまスーパー・シートの無い飛行機で、私は2列目の席に座った。斜め1列目の窓側席に今話題の安部晋三議員が座っていた。すぐ横の通路席には強そうなSPが、そしてその後ろが夫人らしいので女性乗務員に尋ねたら間違いなかった。飛行中は乗客が交代に近づき盛んに挨拶していた。私もこの際挨拶しておこうかと思ったが止めた。内の息子にも"晋"使ってるのよ～では話題になり得ない。羽田に到着するやいなや、彼は出口から陸上に直接降りてどっかに行ってしまった。私は昭恵夫人とそのお母さんの真後ろを歩いて出口に向かったのだが、背後に??の気配を感じられたのか、どうぞお先にと言われて、2人の前に出た。今回の貴重な経験もここで完。字数超過となった。

● 筆を置く前に農学部出身者として是非とも一言。「農地を宅地等に転用するのをやめよう!」。皆さん昔訪れたところが宅地やお店などに変わって寂しい思いをしたことはありませんか?一度変えた農地は簡単には元に戻せない。40%の自給率、食糧難、金があっても食糧が買えない時代がやがて到来する。最近政府も少しは分かってきたみたいだが、高級車、立派な家具、家電の間に骨皮筋衛門が居るのは絵になりませんわ、タイム誌などに掲載されたりして、笑い。そして皆さん農業、せめて園芸を始めましょう。"Culture"とはまさにそれは"農耕→農業"なのですから。

(緊急被ばく医療研究センター 被ばく線量評価部 白石 久二雄)

◆答え◆

1. ほととぎす 程時過ぎず 季過ぎずに先ず待つ我に 初音聞かせよ

2. 1) 私の父はわがままでした。
2) 京の着倒れ、大阪の食い倒れ
3) 言うまいと思えど今日の暑さかな
4) 古池や蛙飛び込む水の音