

Flash NEWS

PTCOG46 中国淄博にて開催される

第46回 Particle Therapy Co-Operative Group (PTCOG46) 会合が、2007年5月18日～23日にかけて中国の山東省淄博において、Wanjie Proton Therapy Center (ワンジー陽子線治療センター) のホストで開催されました。会合には山東省人民政府及び中国医学会がスポンサーに付き多くの中国国内参加者がありました。

2007年より放医研重粒子医科学センター長 辻井博彦氏がPTCOGの会長(Chair man)を3年間の任期で務めており、今回は辻井会長の下で開催される初めてのPTCOG会合となったため、Steering Committeeの議長等は、同氏が担当されました。

前半5月18日～20日にはEducational WorkshopがWanjie International Hotelで開催されました。180名の参加者があり、物理工学、及び生物の基礎から、臓器毎の臨床まで幅広い範囲の講義が行われ、線量測定の実験等も行われました。

21日のSteering Committeeでは、定款が定められたほか、2010年の群馬大ー放医研によるPTCOG開催が決まりました。

後半5月21～23日のGeneral meetingは、総勢約700名(外国人約300名+中国国内から約400名)の参

加のもと、会場となったZibo Luzhong Hotelのホールはほぼ満席状態で盛大な開会式となりました。開会式に引き続き、辻井氏による「放医研における炭素イオン線治療：13年の経験」と題した講演が行われ、中国の医師らもその治療成績の良さに感嘆していました。ワンジー陽子線治療センターからも多数の演題が発表され、activityを感じさせる内容でした。他に日本からの口頭発表は、放医研の柳氏、国立がんセンター東病院の荻野氏、筑波大学の坪井氏からあり、また展示で放医研の岩田氏等があり、それぞれ活発な討議がおこなわれました。また、群馬大学の山田氏からは「群馬大学における重粒子線治療プロジェクト」が発表され、2010年のPTCOG開催も追い風になり、一気に群馬大学の名が参加者に知れ渡りました。海外からは、一部の施設を除き、これまでretrospective studyの報告が多かったのですが、粒子線治療の存在を他分野の腫瘍専門医に示していくためには、今後エビデンスレベルの高い臨床データを報告することが重要であり、MD アンダーソンがんセンターのSmith先生も「とにかく Publish! Publish! Publish!」と訴えておられました。企業からはロボットアームの治療ベッドとコンビームCTを用いた位置決めシステムや、CTを用いて位置あわせ合わせを行うシステムが発表され、治療計画を含めた患者により近いところでの研究開発が盛んであると感じられました。

(重粒子医科学センター病院併任 立崎英夫、
群馬大学 大野達也)



Educational Workshopの会場となったWanjie International Hotel



General meeting 開会式、左から6人目に辻井 PTCOG 会長

- 目次
- ◇ Flash NEWS PTCOG46 中国淄博にて開催される 1
 - ◇ NEWS REPORT
 - 大気中の宇宙線強度を迅速、精緻に計算できる 2
 - プログラムを開発 2
 - 放射線医学総合研究所と横浜市立大学が研究、教育及び医療の教育のための包括的な連携協定を締結 4

- 次
- ◇放射線育種十五色 6月 黒色 小豆「紅南部」 4
 - ◇お知らせ 放射線医学総合研究所 創立50周年記念講演会 5
 - 茨城県稲敷市のあずま東小学校で放射線測定の実習 5
 - ◇センター紹介 先端遺伝子発現研究グループ 6
 - ◇HIMAC REPORT 次世代重粒子線照射システムの開発研究 7
 - ◇エッセイ ばるす 8

大気中の宇宙線強度を迅速、精緻に計算できるプログラムを開発

日本原子力研究開発機構と放医研で共同開発 航空機飛行高度における宇宙線環境画像を予測表示

■概要

放医研放射線防護研究センター環境放射線影響研究グループ宇宙線被ばく研究チームの保田浩志チームリーダーと、(独)日本原子力研究開発機構(以下、原子力機構)原子力基礎工学研究部門環境・放射線工学研究ユニット放射線防護研究グループの佐藤達彦研究員らは、大気圏内の宇宙線強度のグローバル分布を精度よく迅速に計算・表示するプログラムを共同で開発しました。今後、本プログラムは、放医研の航路線量計算システム(JISCARD)に組み入れられ、航空機乗務員の宇宙線被ばく管理に役立てられる予定です。

■宇宙線強度解明の重要性

宇宙空間には、太陽起源や銀河起源の様々な粒子が高速で飛び交っています。宇宙に長期間滞在する宇宙飛行士にとって、これらの粒子による被ばくは健康上無視できない問題です。一方、地上に住む私たちは、地球の磁場や大気に護られ、宇宙空間と同じ組成・エネルギーの宇宙線を浴びることはほとんどありません。しかし、宇宙線のうちエネルギーの高い粒子は、大気中の原子・分子と核反応を起こして透過力の強い2次粒子(中性子や μ 粒子等)を生みだし、これらは地上にまで達します。特に、宇宙線の強度は高度が上昇するほど強くなるので、航空機で上空を飛行している際には、地上に比べて明らかに高い線量の被ばくを受けます。そのため、近年、航空機搭乗時の宇宙線被ばくに対する社会的関心が高まり、平成18年には文部科学省放射線審議会が航空機乗務員の被ばく管理に関するガイドラインを策定しました。また、電子回路の小型化・高集積化が進むに伴い、宇宙線によるソフトエラーの問題についても産業界を中心に関心を集め、対策が検討され始めています。

■宇宙線強度の計算

大気中の宇宙線強度を評価するためのモデルは、原子力機構が中心となって開発した最新の核反応モデルを組み込んだ放射線輸送計算コードPHITSと最新の核データライブラリJENDL高エネルギーファイルを組み合わせたものをベースとして導出した簡易計算式の集合体です。高度・地磁気強度・太陽活動周期・周辺環境を入力パラメータとし、宇宙線の大气中輸送をシミュレシ

ョンして任意の地点における宇宙線のスペクトルを計算します。計算結果をモンテカルロ(乱数発生)型の詳細なシミュレーションと入念に比較したところ、これとほぼ同じ精度で宇宙線のエネルギースペクトルをごく短時間の処理で取得できることが確認されました。なお、本モデルの一部を成す中性子のエネルギースペクトルの簡易計算式については、その精度・有効性を既に確認し、原子力機構のホームページから“EXPACS”として公開しています。今回は、この手法を他の粒子(陽子・ α 粒子・ μ 粒子・電子・陽電子及び光子)に拡張し、全ての宇宙線成分のエネルギースペクトルを精度良く計算することを実現しました(図1・図2・図3)。

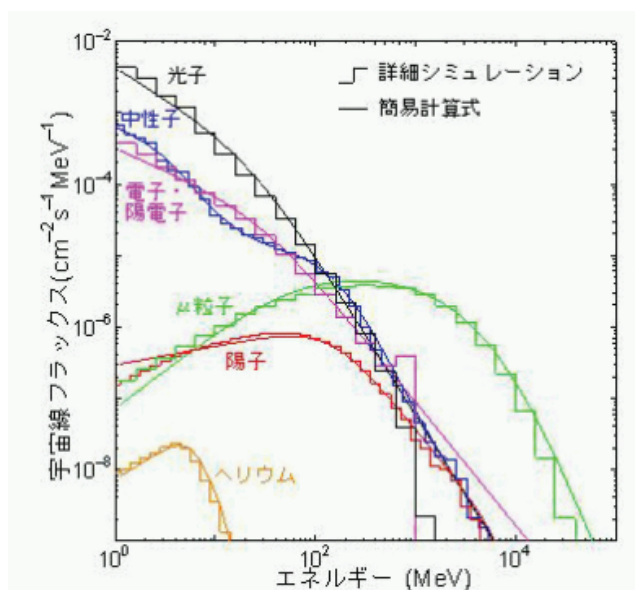


図2 東京における宇宙線スペクトル
従来法(不連続線)と本研究(連続線)の比較

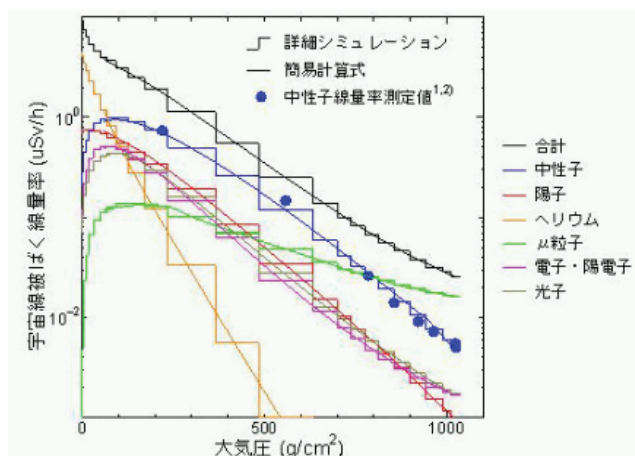


図3 東京上空における宇宙線被ばく線量率
従来法(不連続線)と本研究(連続線)の比較

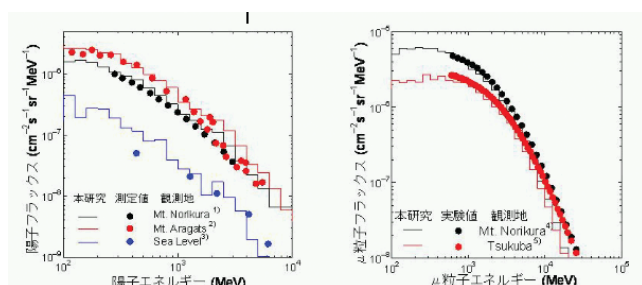


図1 観測値と本研究による計算値との比較

■航空機高度宇宙線強度の画像化

地球上の任意地点における宇宙線被ばく線量をすべての成分について簡単に計算できるようその機能を拡張しました。(図4) このプログラムに地球の陸地の標高デ

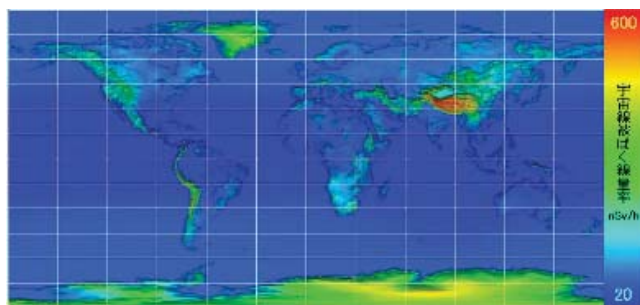


図4 地表面における宇宙線被ばく線量マップ

ータを入力して計算を行えば、地上の宇宙線強度分布のマップを作ることができます。

今回開発したモデルを、地球の磁場(地磁気)のデータ及び太陽活動の時間変化のデータと組み合わせることにより、航空機の巡航高度(36,000ft、約11km)における日々の宇宙線強度分布を計算し、これを二次元の濃淡マップとして画像表示することに成功しました。その画像は、放射線医学総合研究所(以下、放医研)の航路線量計算システム(JISCARD)の関連情報ページでウェブ公開しました(図5)。地磁気カットオフリジディテ

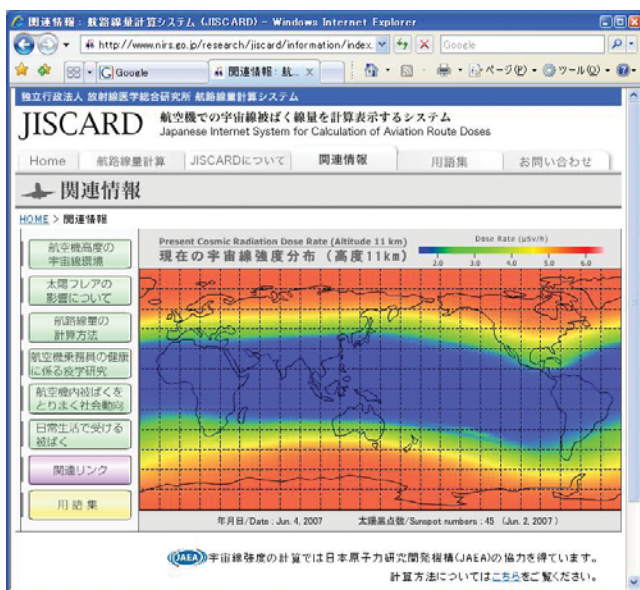


図5 日々の航空機飛行高度の宇宙線強度分布画像例

ィ(以下 Rc)の計算は、スイス・ベルン大学で開発された MAGNETOCOSMICS コード(最新版、2010 年まで有効)によって行い、結果をデータベース化して使用しました。この Rc 値のデータは、Google Earth 形式の画像ファイルとして JISCARD のオプションページで既に公開済みです(図6)。現在の太陽活動の強さ(モデュレイションポテンシャル: Mp)は、人工衛星により継続的に観測されている太陽黒点数のデータから推定しました。これらのパラメータ(Rc, Mp)を原子力機構で開発した上記の計算モデルに入力し、航空機の巡航高度(高度11km)における宇宙線強度を緯度・経度それぞれ1度間隔のメッシュで計算して、その分布を「現在の宇宙線強度分布」として世界地図上に濃淡表示しました。この計算・画像更新は1日毎に自動で行われるよう

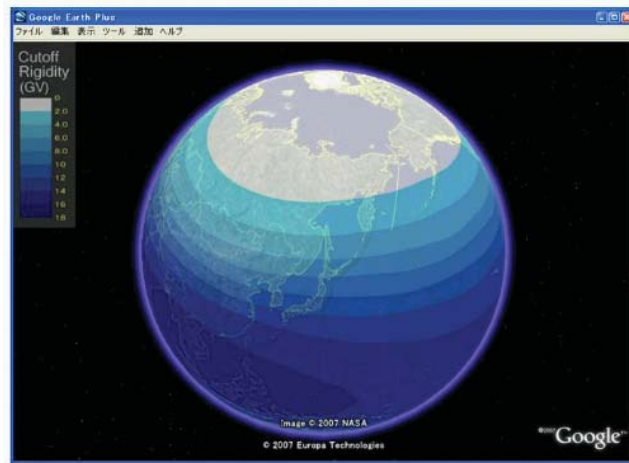


図6 2006年7月の地磁気カットオフリジディティ

になっています。なお、今回開発したシステムでは、過去数ヶ月間の黒点数の変動傾向から1日前の Mp 値を推定し、その値から現在の宇宙線強度分布を予測しています。この場合、1日程度での Mp 値の差はごくわずかです。1日ごとの宇宙線環境にも変化は見られません(図7)。しかし、まれに太陽表面での爆発(フレア)に

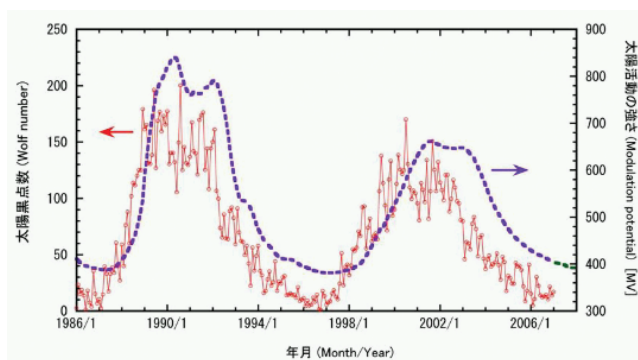


図7 太陽黒点数(赤)と太陽活動の強さ(点線)の推移

伴い大量のプラズマ粒子が惑星間空間に放出され、大気圏内の宇宙線強度が数日間大きく変動することがあります。今後は、そうした短時間の太陽活動の変化にもリアルタイムに対応できるように機能を改良・検証していく予定です。

■今後の展開

今回の成果は、地球上のあらゆる地域における宇宙線による被ばく線量を精緻に評価することを可能にし、自然放射線による被ばくの正確な実態把握や、宇宙線被ばくに対する理解を深めるために役立てられます。また、放医研が開発した JISCARD の改良等を経て、航空機乗務員が受ける宇宙線被ばく線量の正確な評価に利用される予定です。一方、電子機器のソフトエラー対策を検討することにも活用できることが期待されます。

■参考 URL

大気中宇宙線被ばく線量評価モデル URL
<http://www.jaea.go.jp/04/nsed/ers/radiation/rpro/EXPACS/expacs.html>
 航空機高度宇宙線環境マップ URL
<http://www.nirs.go.jp/research/jiscard/information/index.shtml>

放射線医学総合研究所と横浜市立大学が 研究、教育及び医療の教育のための包括的な連携協定を締結

(独)放射線医学総合研究所と公立大学法人 横浜市立大学は、重粒子線治療をはじめとする教育・研究を連携して推進することにより、高度な専門的人材の育成を行い先端医療に対する社会のニーズに応えるため、包括的な協定を5月16日に締結しました。

■協定締結の背景

放医研の重粒子線がん治療装置(HIMAC)を用いて実施してきたがん治療は、厚生労働省により先進医療の承認を受け、既に3千名以上の治療が行われ全国的な普及が待ち望まれています。

一方、横浜市においては、がん対策の推進のなかで「国や関係機関へ働きかけるとともに、神奈川県と協調して、重粒子線がん治療施設の事業化」に取り組むこととしています。そうしたなか、横浜市立大学においても、がん等の治療法や創薬など、開発型医療を目指した研究の推進に取り組んでいます。

今回の協定締結は、こうした取り組みの一環として、両機関の包括的な協力体制を構築し、先進的治療法である重粒子線がん治療に対応できる専門的人材の育成を目指すものです。

■協力目的と内容

協力内容は、

- (1) 研究、教育及び医療に関すること。
- (2) 教職員、研究員、学生、研究生等の交流に関すること。
- (3) 研究資料、刊行物及び研究情報の交換等に関すること。

(4) 施設、設備の共同利用に関すること。

の4項目とし、これに必要な具体的内容については、相互協議の上、決定することとしています。

有効期間 締結日より平成23年3月31日まで



放射線育種十五色

6月 黒色 小豆「紅南部」

梅雨に入るとじめじめとした蒸し暑い気候が続きます。和菓子だと水羊羹や水饅頭が冷やされて出回り始める頃です。水羊羹や水饅頭に欠かせないのが黒い餡。こし餡にせよ粒餡にしても原料は小豆です。小豆も外国からの輸入が増えていますが、国内の生産もそれなりに頑張っています。

小豆の生産は北海道がトップですが、岩手がそれに続いています。とはいっても、以前の岩手における小豆の単位収量はかなり低く、優良な品種が求められてきました。1970年には「岩手大納言」という奨励品種が採用されたもののウイルスに弱い等、欠点もあり、他の優良な品種が望まれていました。そこで、放射線育種場で放射線をかけ、新しい品種を育成する事になりました。5つの品種(1品種あたり種子300g)に2種類の線量(10kR [= $2.6 \times 10^3 \text{C/kg}$]

と20kR [= $5.2 \times 10^3 \text{C/kg}$])、2つの品種には1種類の線量(20kR)をかけ、岩手県立農業試験場で小豆の品質や収量、耐病性などを基準に選抜をしていきました。その結果、「紋別26号」にγ線10kRを照射したものの中から一つの系統が選ばれ、「岩系2号」の系統名がつけられました。この系統は更に試験が重ねられ、早熟、良質、多収等の優良性が認められ(ウイルス耐性については「岩手大納言」より強いという程度)、1978年に「紅南部」と名付けられました。名前の「紅」は粒の色から、「南部」は、盛岡藩は南部

藩と呼ばれ、栽培適地がこの藩全域に至るところから、得られています。

小豆は産地はともかく、品種を提示して売られることはあまりありませんが、品種にもこだわりを持って使用している和菓子屋もあるようです。



放射線医学総合研究所 創立 50 周年記念講演会 「放医研の 50 年のあゆみと未来」

放射線医学総合研究所は、設立時から放射線による人体への影響、障害の予防、治療・診断ならびに医学利用に関する研究開発を総合的に行ってきた国内唯一の研究機関です。本講演会は、放医研の創立 50 周年を記念し、研究所の研究開発業務を一般の方々へ広くお伝えするため開催されます。

日 時：2007 年 7 月 20 日 13:00～18:00
会 場：経団連ホール（経団連会館 14 階）
参加料：無料・定員 400 名
主 催：独立行政法人 放射線医学総合研究所

13:30～13:40 開会挨拶
米倉義晴 放射線医学総合研究所理事長
13:40～13:50 来賓挨拶
13:50～14:20 「放医研の 50 年と現在」
高橋千太郎 放医研理事
14:20～15:00
—放医研における放射線医学の取組—
「ここまできた重粒子線がん治療」
辻井博彦 放医研重粒子医科学センター長
「画像で見る身体のはたらきと病気」
菅野 巖 放医研分子イメージング研究センター長
15:00～15:10 質疑応答
15:10～16:00 特別講演
「半世紀を顧みて：がん治療の将来を想う」
杉村 隆 国立がんセンター名誉総長

16:00～16:15 コーヒーブレイク
16:15～16:55
—放医研における放射線安全の取組—
「放射線防護研究のあゆみ」
酒井 一夫 放医研放射線防護研究センター長
「放医研と我が国の被ばく医療」
明石 真言 放医研緊急被ばく医療研究センター長
16:55～17:05 質疑応答
17:05～17:55 特別講演
「我が国の原子力安全確保について」
—原子力安全委員会の役割と放射線医学総合研究所への期待—
久住 静代 原子力安全委員会委員
17:55 閉会挨拶

お申し込み・お問い合わせ
放射線医学総合研究所 企画部広報室
TEL 043-206-3026 FAX 043-206-4062
E-mail nirs50th@nirs.go.jp

茨城県稲敷市のあずま東小学校で放射線測定の実習 放射線防護研究センター那珂湊支所で出張講義

手紙が届きました 今年度は那珂湊支所の一般公開も決まっていない中で、茨城県稲敷市のあずま東小学校の 5 年生から、支所宛に、環境放射能に関する質問の手紙が届きました。支所で相談した結果、『返事を書くよりも、現場で説明した方が理解しやすいでしょう』ということになりました。先方にお話をしたところ、小学校 5 年生と 6 年生で合わせて 50 人程度なので、是非、お話を聞かせて下さいという返事を頂きました。

現地に赴いて 平成 19 年 6 月 5 日に支所と本所の放射線安全課からの応援を得て 3 人で、サーベイメーター、標準線源などを持って、出かけました。手紙に書かれた質問に実習でわかりやすく説明すべく、モニタリングカーも一緒に出しました。午前 10 時 30 分から正午まで、あずま東小学校の体育館で簡単な講義と実習を行いました。



図 1 体育館での講義

実習風景 子どもたちはサーベイメーターを用いた実習で、標準線源や身の回りの物を測定しました。興味を示した子供たちは、身近なもので遮蔽したり、線源からの距離を変えるなど、自分たちで工夫をして測定を行って



図 2 距離を変えて測定



図 3 椅子を遮蔽物にして測定

いました。放射線の性質について、話よりも実習で体得してもらったように感じました。

実習後に 感想、質問や疑問を書いてもらいました。後日、学校側から郵送で送られてくる予定になっています。実習の時の子供たちの眼の輝きを思い出すと、新たな質問に我々も不安がない訳ではありませんが。

今後も 今回児童たちにも私達にもとても貴重な体験でした。今後も、『放射線について学びたい』と連絡があった場合は、業務に支障が無い範囲で、各部署の協力を得つつ対応したいと思います。

先端遺伝子発現研究グループ

グループ・チームの紹介



我々のグループは、当初、免疫研究の中心であった免疫グロブリン遺伝子再構成の研究を行っていましたが、再構成の突然変異体 SCID マウスが、意外にも放射線高感受性であること、この変異が DNA-PKcs 上の突然変異である事を明らかにしたことから、放射線研究にご縁が出来ました。その後 DNA-PKcs がコントロールする遺伝子を探索するため、従来の「1 遺伝子」を対象とする解析から、網羅的「遺伝子プロファイリング」研究へと大きくそのアプローチを変えました。この際、「未知転写物も解析できること」が重要なポイントであり、我々が開発した HiCEP 法はこのポイントを満足するものです。

現在、我々は個々の細胞ではなく、個体への放射線影響を分子レベルで理解する事、また、その場合解析対象の中心となる「幹細胞」の純化、ハンドリング等、放射線影響（短期、「癌」などを含む中・長期影響）の治療に資する情報を提供する事、の二つを大目的として研究を行っています。また、HiCEP 法をヒトサンプル解析技術に改良す

る事も今中期計画の大きな目標の一つです。HiCEP 解析システム開発の一部は、平成 17 年 JST 機器開発プログラム「単一細胞内遺伝子発現プロファイル解析システム」に採用され、5 年計画で進められています。

●●●●● 幹細胞研究チーム ●●●●●

現在、放射線の影響を受ける精巣の幹細胞において重要な働きをする遺伝子を単離し、そのノックアウトマウスおよびレポーター遺伝子のノックインマウスを作成し、その遺伝子の発現及び機能の解析を行っています。非常に面白い事に、精子幹細胞は in vitro の培養によりどんな細胞にも分化できる ES 様細胞に変化することが知られており、卵を、即ち個体の命を犠牲にしない ES 細胞樹立法として大きな期待が寄せられています。しかしながら、生まれて直ぐの精巣幹細胞しか ES 様細胞に転換しない事、その頻度が極めて低い事など、実際の利用にはメカニズムの理解を中心に、今後行うべき事が多くあります。また、この精子幹細胞→ES 様細胞への転換には放射線の世界ではおなじみの p53 が深く関与している事も知られています。個体への放射線影響のキープレイヤーである組織幹細胞のひとつとして、また成体組織からの ES 細胞樹立法を夢見て、更には p53 の幹細胞での役割の理解を目指し、研究を行っています。

この他に、神戸理化学研究所発生・再生科学総合研究センターと共同で「プラナリア及びイモリの再生機構」「核移植による初期化機構」の解析にも取り組んでいます。

●●●●● 遺伝子発現研究チーム ●●●●●

遺伝子発現研究チームはここ 5 年ほどの我々の研究グループの中心であり、DNA マイクロアレー法と原理の異なる発現遺伝子プロファイリング法：HiCEP 法の開発を行ってきました。現在は、少数の細胞を用いた解析、ハイスループット化に取り組んでいます。これらの技術

開発により、100 細胞以下の解析も可能となり、その解析対象範囲は飛躍的に広がっています。また、10000 反応/年という大量処理は、診断などヒト集団の解析も可能にしつつあります。現在、このハイスループットシステムの耐久テストを行う一方で、癌などヒト検体を実際に用いた解析を通して、その能力の評価を行っています。このように、HiCEP は開発段階をほぼ終了し、多くのユーザーが使用できるところにさしかかっています。昨年、一昨年と HiCEP ユニットが行った所内サンプル解析はこのシステムの仕上げのテストといえます。

●●●●● モデル生物研究チーム ●●●●●

発現遺伝子プロファイリングは従来技術に比べ、非常に再現性が良く又感度も良いものです。それがゆえに多くの候補遺伝子が簡単に単離されますが、このような遺伝子が、本当に機能を担っていて、重要なものなのか？を知るためには、遺伝子破壊などのアプローチが必要です。我々は、独自の網羅的遺伝子発現解析技術の開発と並行して、その後の機能解析のため、ノックアウトマウス作成ラインを放医研に整備してきました。この領域を「基盤技術センター研究基盤技術部」と協力して担当しているのが「モデル生物研究チーム」です。現在では、遺伝子破壊コンストラクト作成からノックアウトマウス作成までのラインがスムーズに稼働しています。また、このグループはこのような有用な遺伝子破壊マウスの作出以外に「精細管移植による精子幹細胞機能の解析」や「核移植技術による細胞核の初期化」技術などの導入を行い、「幹細胞研究チーム」と共同でその目標に向かって研究を行っています。



次世代重粒子線照射システムの開発研究

その5—オンデマンド照射に向けた取り組み

前回までの4回の放医研ニュースでは、次世代重粒子線照射システムが目指す治療に向けて、装置を中心としたような研究開発をおこなっているかを紹介してきました。今回は数年後に次世代照射システムが完成した後、新しい照射法へのアプローチとして基礎的な検討を進めているオンデマンド照射について、その考え方を中心に紹介します。

■背景

放射線治療では、照射開始前に治療計画をおこなって、個々の患者さんのがん標的の3次元的位置・形状や照射方向を検討し、それに基づいて照射装置のパラメータ値の決定や患者補償フィルタ・コリメータの設計をおこなっています。実際の患者さんへの照射では、治療計画で決定した照射条件を照射室内で正確に再現して照射を実施していくというのが基本です。しかしながら、治療計画から照射開始までは1週間以上の時間差があり、さらに分割照射終了までに長い場合1ヶ月以上の期間を要します。この間、がん標的は常に同じ形状で同じ位置に存在するわけではありません。粒子線を含む従来の放射線治療では、この間のがん標的の空間的な位置・形状の再現性を仮定しつつも、その不確実性については照射野マージンを広げる（数mm～1cm～）、すなわち少し広めに照射することで対応してきました。広いマージンの設定は、そこに正常組織が含まれる割合が増えることを意味し、有害事象発生の可能性が高まることになります。一方、粒子線治療、とりわけHIMACの炭素線治療は、体内深部のがん辺縁でのシャープな線量分布を特徴としています。粒子線治療高精度化の目標の一つは、がん標的の位置・形状と照射に関する不確定要素をなるべく取り除いて照射野マージンを狭くし、がん標的の辺縁とシャープな炭素線線量分布と一致させることにあります。

HIMACの開発以来、物理工学部では治療計画で“与えられた照射野条件”に、どれだけ精確に（空間的、線量的に）、かつ臨床装置として安定して線量を投与できるかの研究開発を進め、現在の炭素線治療の臨床成果に貢献してきました。次世代照射で実現を目指すスキャンニング照射・ガントリー装置の開発もこの流れを汲むものです。一方ここに至って、ビームの照射位置はサブミリ～数ミリで制御できますが、対象となるがん標的の位置形状は数ミリ～数cmの不確実性を持つという状況になります。そこでこのようながん標的の形状・位置変化に追従して照射毎に照射野を修正し、照射精度を上げようというのがオンデマンド照射の考え方です。

■照射標的の変動

臓器の運動やその位置再現性・変形は、①呼吸性運動に代表されるビーム照射中の動き（Intra-fractional Variation）と②治療期間中の日毎の位置・形状の変化（Inter-fractional Variation）に分けられます。このうち①については呼吸同期照射などで既に対応していますが、オンデマンド照射が主に対象とするのは②です。例えば胃腸の状態（満腹／空腹、ガスの有無）や膀胱の尿量等は、腹部臓器の位置形状に影響を与えます。或いは呼吸の深さの変動は、呼吸性運動の再現性に影響します。また頭頰部であっても副鼻腔などの腔の状態（空気／体液等）はビームの飛程に影響します。図1は腫瘍形状の変化が最も大きい子宮けいがんの例ですが、照射期間中に腫瘍体積が約10分の1まで縮小変化するケースもあります。

■オンデマンド照射

オンデマンド照射とは、事前に治療計画で決定した機器パラメータを忠実に再現するのではなく、照射室での患者標的の状態に応じて、患者位置決め作業の中で照射野形成機器パラメータを最適にチューニングし、照射を実施しようというものです（図2に概略）。この方法では、各患者の照射毎に照射位置でCT撮影をおこない、事前に治療計画された照射野パ

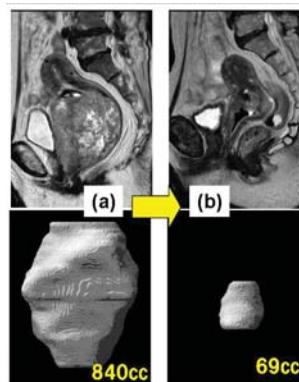


図1 治療期間中の腫瘍縮小例：子宮けいがん
(a)は治療開始前、(b)は開始後26日目（39GyE照射）。
上段はMRI矢状断像、下段は標的の3次元形状とその体積。

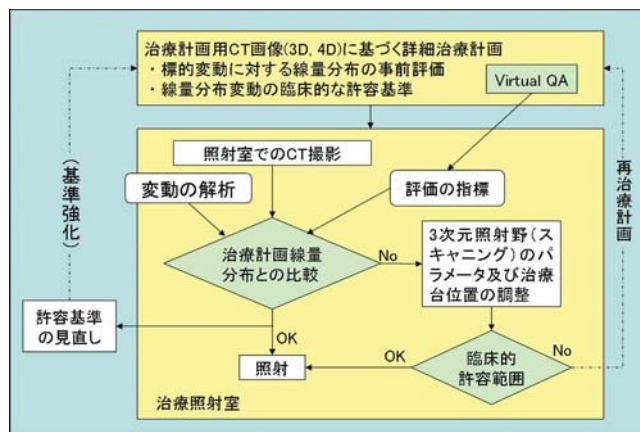


図2 オンデマンド照射の概念図

ラメータで線量分布を再計算・評価します。この線量評価が臨床的な許容範囲を超える場合、3次元的な照射野（照射野形成機器）と患者位置（治療台）に関わるパラメータをその場で調整し、照射毎に最適な線量分布での治療を実施します。次世代重粒子線照射システムで開発するスキャンニング照射では、患者補償フィルタ・コリメータを作製せずに3次元の照射野を機器パラメータだけで変更できるので、ハードウェア的にはこれに対応可能です。一方臨床的に実現するには、一連の作業をオンタイム、すなわち患者さんが治療台に乗っている10～20分の間に実施できるかが決め手になります。そのためには標的の位置・形状をセミオートマチックに解析評価する技術、及び治療計画の時点で事前に考え得る標的の変動をいろいろとシミュレーションし評価基準を設けておくこと（バーチャルQA）が重要になります。このような治療技術は未だ確立されておらず研究の途上にはありますが、他分野での高速な画像認識などのコンピュータ技術やロボテック技術が参考になります。今期中期計画で開発中の次世代重粒子線照射システムの、さらなる可能性の拡大を探りつつ次期中期での展開を視野に、放医研理事長調整費研究課題「治療期間中の腫瘍及び周辺臓器の変形に対応した照射システム構築のための基礎研究」のなかで検討を進めています。

高精度の放射線治療を実現するためには、標的への精確な線量集中という物理的な研究開発と、患者毎に異なる照射標的の位置形状変化の適切な評価とが、車の両輪のようにバランスよく進展していくことが重要と考えて研究を進めています。さらに幾何学的変動（位置・形状）へのオンデマンド照射の先には、腫瘍の質（放射線に対する臨床的反応の空間分布）に対応したオンデマンド照射も夢見ています。

（物理工学部 治療システム開発室 養原伸一）

エッセイ ぱるす No.66

創立 50 周年記念特集 水生舎ものがたり

昭和 35 年 4 月に生物研究部の一員として入所し、第 1 研究棟 3 階で仕事することになりました。生理病理研究部や障害基礎研究部では、動物を使った実験が開始されていて、同じ 3 階に動物室があ

って、マウス、ラットが飼われていました。生物研究部では、仲尾善雄部長の下で、哺乳動物以外に特徴ある実験動物を使って研究が進められていて、3 階に 25℃ と 15℃ の恒温室があり、この恒温室はショウジョウバエ飼育のため特別のもので、温度だけでなく湿度も厳重にコントロールされていました。ショウジョウバエの他、カイコ、ゾウリムシも飼われていましたが、あまり歓迎されていなかったようです。この他 3 階エレベーター前の生物第 1 研究室では、実験台上に多くの水槽が並べられて、魚も色々飼われていました。

昭和 36 年 4 月に、江上信雄先生が赴任されて、キンギョやメダカを実験動物として放射線の身体的影響研究が開始されましたが、その時点ではキンギョやメダカの水槽は温度コントロールのない実験室に置くしかない状態で、一部はショウジョウバエ飼育室に同居させてもらっていました。しかし、湿度を厳重にコントロールしている部屋では、魚は嫌われものでした。実験前のメダカや長期飼育のメダカは本部棟の屋上に甕や水槽を並べて飼育されました。3 階エレベーター前の実験室は、本部棟の屋根と同じレベルにあって、この実験室の窓から出入りできました。江上先生が前任の東京大学から運んでこられた甕や水槽を置くところに困って、チョット置かれたのが始まりでしたが、かなり長期間それが続いていました。

この頃哺乳動物舎が着工され、出来上がる一方で、仲尾先生を中心にして、哺乳動物以外の全ての実験動物を飼育する施設の建設計画が立ち上げられ、昭和 37 年に、ショウジョウバエの餌作り、器具洗浄室、水槽洗浄室そして事務室からなる第 1 期工事が始まりました。続いて昭和 38 年にショウジョウバエ 3 室、カイコ 1 室、水生 4 室、イーストおよびゾウリムシ用 2 室からなる飼育室が増築されて、堂々たる (?) 非哺乳動物舎 (水生昆虫舎) が完成したのです。水生 (魚) としては 25℃ (2 室) と 15℃ の恒温室、海産魚飼育用水槽室とメダカ採卵室が割り当てられました。そして建物の西側、現在実験動物研究棟 (旧晩発棟) がたっている場所に 112 個のコンクリート水槽からなる戸外飼育池が完成し、メダカ、キンギョの繁殖 (生産) が始まりました。この戸外飼育池の建設は、当時の黒田管理部長が、本部棟の屋上に水槽や甕を置いてみると、雨漏りが起きるのではないかと心配されて、予算がついたとのこぼれ話



◀常陸宮殿下に御説明申し上げているところ
(平成 5 年 10 月 14 日)

▶晩発棟の下になった飼育池。最初に出来たテニスコート。稲毛駅に行く途中のゴルフ場のネットが右端に見える。



(?) もありました。

生物研究部のほか、環境衛生研究部の二人組も加わって、海産魚 (主にドロマ) を飼育していて、時々干物が出来ているのが見られるようになりました。江上先生が東京大学へ移られた後も、江藤久美先生が中心になって、水生昆虫舎の運営が続いていました。そして、放医研の研究者だけでなく、国内の多くの研究者やインド、韓国、ドイツなどからの外国研究者も短期間共同研究に訪れ、この施設を使用するなど多くの出来事がありました。比較的新しい出来事ですが、魚類における腫瘍発生について研究をされていた常陸宮殿下が訪問されたことがありました。殿下はキンギョに自然発生する色素細胞のがんに大変興味をもたれ、深く観察されました。

私自身は、メダカやキンギョに放射線を照射して飼育する他色々のことをしましたが、近交系メダカの作出は、大きな仕事でした。メダカは自然状態では 4 月頃から 9 月頃までが産卵期間で、1 年に 1 世代経過するだけですが、25℃ の恒温室で、光を十分にあてて飼育すると 2~3 カ月で成熟し産卵可能になるので、1 年に 4~5 世代経過させることも可能となり昭和 49 年にはメダカ近交系作りに着手し、昭和 54 年には兄妹交配が 20 世代に達して近交系が樹立しました。これはメダカ研究の歴史の中で画期的なことで、放医研に水生昆虫舎があったからできたことです。近交系メダカの育成には多くのスペースが必要ですので、水生昆虫舎に空きスペースができると、直ぐそこへメダカ水槽を置きたくなって、どんどん侵略していく状況となり、多くの方々に迷惑をかけていました。

水生昆虫舎が建設されるまでは、庶務課に所属して研究所の環境整備を担当されていた林さんが係長として就任され、その下で若者二人 (種田君と山崎君) が配属され、水生昆虫舎の管理に当たっておられました。林のおじさん (当時こう呼んでいた) と二人の若者の 3 人組はかなり長期間続き、建物の管理のほか、温室、桑畑の管理など、仕事は多くあったようですが、古きよき時代の象徴のような気がします。林さんが放医研を退かれた後は、稲坂さん、川端さん、郡司さん、並木さん、朽木さんなど多くの人の世話になりました。

長い間に、水生昆虫舎の使い方、使う人にも大きな変遷がありました。今では、メダカ舎と言ってもよいかもしれない。しかし、そのメダカ水生舎の存在は、放医研だけのものではなく、日本いや世界の研究者からも見られているのではないのでしょうか。建物自体は、あちこち傷みが来て、周りの立派な建物に押しつぶされそうです。でも放医研の歴史とはほば一緒に歩み続けているのです。

(田口 泰子)

飼育施設名	飼育場所	飼育・実験動物	移動先	飼育の現況
第一研究棟 (1959年完成)	3階	マウス	哺乳動物舎	哺乳動物舎・SPF
	3階	ショウジョウバエ (1961年10万匹)	水生昆虫舎	終了
	3階	カイコ	水生昆虫舎	終了
	3階	ゾウリムシ	水生昆虫舎	終了
	3階&本部棟屋根の上	海産魚・金魚・メダカ	水生昆虫舎	水生昆虫舎
水生昆虫舎 (1962年完成)	25℃恒温室2室	メダカ・金魚	—	継続
	15℃恒温室	メダカ・金魚	—	トランスジェニックメダカ
	海産魚水槽室	ドロマ等	水槽撤去	終了
	採卵室	メダカ	—	ミシンコ
	カイコ室	カイコ	—	終了
	—	粘菌	—	終了
	ショウジョウバエ3室	ショウジョウバエ	—	終了
	イースト室	イースト菌	第二研究棟	終了
	ゾウリムシ室	ゾウリムシ	第二研究棟	終了
	—	ツメカエル・アルデミア等	—	終了

発行所 独立行政法人 放射線医学総合研究所

〒 263-8555 千葉県稲毛区穴川 4-9-1

発行日：平成 19 年 6 月 1 日 発行責任者：放医研 広報室 (TEL 043-206-3026 FAX 043-206-4062)

ホームページ URL : <http://www.nirs.go.jp>

制作協力 (株)サイエンス・サービス