

## NEWS REPORT

### 国際オープンラボラトリー開設および開設記念ワークショップ開催



放医研は、11月1日、放射線生命科学分野において世界トップレベルにある外国人研究者の支援の下に国際的に最先端の研究を行う国際オープンラボラトリー(ディレクター:辻井博彦理事;以後、国際ラボ)を設置しました。国際ラボは、当面は粒子放射線分子生物学ユニット、重粒子線治療モデル研究ユニット、宇宙放射線研究ユニットの3研究ユニットから構成されます。各研究ユニットは、世界的に著名な外国人研究者に研究方針と研究運営を委嘱すると共に、著名外国人研究者が指名する若手外国人研究者を中・長期間招聘します。また、各研究ユニットは開放型研究構成をとっており、所内外の種々の研究分野から優秀な若手研究者を集めて、指名外国人研究者を中心とした研究活動が行われます。国際ラボの設置期間は平成23年3月末までであり、2年半の短期間に世界的に高い評価を受けるような成果を挙げることが要請されています。さらには、次期中期計画の最重要課題となる研究が産み出されることも期待されています。

国際ラボの開設にあたり、IMRT(強度変調放射線治療)法の産みの親とも言うべきAnders Brahme博士(スウェーデン・カロリンスカ研究所医療放射線物理研究ユニット主任教授、次ページ写真)を11月14日から18日までお招きしました。カロリンス

カ研究所はスウェーデンの首都ストックホルムにある世界最大の医学系単科教育研究機関です。ノーベル賞生理学医学部門の選考委員会があることでも有名で、研究所の多くの教授が選考委員会のメンバーになっています。

Brahme博士をお招きしたことを機会に、11月17日午前第1回国際ラボ・ワークショップ「Innovation in the Radiation Therapy(放射線治療における技術革新)」を開催しました。

IMRT法は革新的で非常に有効ながんの放射線治療法として認められ、今や世界的に普及しています。Brahme博士はIMRT法を最初に提案した研究者として世界的に知られた物理工学者で、分子イメージング技術を取り込んだ治療装置の開発も手掛けています。講演会では、Brahme博士による特別講演に加えて、今年、放医研が世界に先駆けて提案したOpenPETに関する講演もあり、がんの放射線治療の成績を大幅に上げる革新的な技術の紹介が行われました(次ページプログラム参照)。

半日みのワークショップにもかかわらず、所の内外から91名もの参加者があり、活発な討論がなされました。本ワークショップの内容については、放射線科学特集号にまとめて報告する予定です。

#### 目次

##### ◆ NEWS REPORT

国際オープンラボラトリー開設および開設記念ワークショップ開催・・・1  
第48回日本核医学会学術総会に参加して・・・3

##### ◆ Flash NEWS

アスベスト肺の高感度診断へ向け 一マイクロPIXE分析法を応用した肺組織中アスベストの解析・・・4

##### ◆ 栄えある受賞

水野氏が、PIXE分析法による重金属含有X線感受型DDS化抗がん剤の細胞内分布解析で「Outstanding Poster Presentation」を受賞・・・5

Kurt Hafer氏が、Radiation Research Societyより「Radiation Research Editor's Award」を受賞・・・6

##### ◆ お知らせ

第3回分子イメージング研究センターシンポジウム 脳科学における分子イメージングの将来像・・・5  
第8回重粒子医学センターシンポジウム 炭素線治療の標準化と効率化・・・6

◆ HIMAC REPORT 加速器に貯蔵した生体分子と電子の衝突・・・7

##### ◆ Flash NEWS

ニルス理科実験クラブが千葉キワニスクラブ第16回教育文化賞を受賞・・・8

ワークショップと関連して、14日(金)午後には、米倉理事長、辻井理事を始め、重粒子医科学センターと分子イメージング研究センターのスタッフ約20名がBrahme博士を囲んで、放医研とカロリンスカ研究所との間での共同研究の可能性についての総合討論が行われました。席上、放射線診断、放射線治療に関する技術の開発から、現在世界的にも注目されている‘がん幹細胞’を中心とした放射線腫瘍研究あるいは放射線測定技術の開発等、両研究所が推進している重要かつ広い分野において共同研究ができる可能性の高いことが確認されました。

ワークショップと総合討論以外にも、Brahme博士と様々な研究グループとの活発な討論会が持たれました。イメージング物理研究チームの山谷研究員からjPETとOpenPET、各種検出器の原理と開発状況等についての紹介が行われました。分子腫瘍研究チームの岩川チームリーダーからは、SNPマーカーを用いたヒト正常組織の放射線感受性評価の取り組みについての紹介がなされました。粒子線照射効果解析チームからは、松藤チームリーダーが重粒子線治療モデル研究ユニットについての紹介をされ、Brahme博士からはユニットの運営と研究方針についての考えが示されました。辻井理事と重粒子医科学センターの鎌田センター長をはじめ、多くの医師からは重粒子線がん治療の最新の成果が披露されました。

ワークショップとそれに前後して行われた討論会を通して、Brahme博士は放医研での放射線診断および放射線治療のレベルが非常に高いことに感銘を受けられたようでした。その結果、放医研とカロリンスカ研究所間で、医学物理、生物物理、放射線生物学、重粒子線治療、放射線診断、加速器物理、イオン線物理等の広い分野にお

ける包括的研究協力協定を締結するための準備を開始することの合意が得られました。

Brahme博士を国際オープンラボラトリー・重粒子線治療モデル研究ユニットの著名外国人研究者にお迎えし、更には放医研とカロリンスカ研究所間で包括的研究協力協定を締結することにより、両機関における放射線診断と重粒子線治療の分野において大きな発展が期待されます。

国際オープンラボラトリー 運営室長 伴 貞幸



Anders Brahme 博士

### 1st NIRS International Open Laboratory Workshop on *Innovation in the Radiation Therapy* PROGRAM

#### 9:20 Opening

Opening Remarks

Dr. Hirohiko Tsujii (Director of International Open Laboratory, NIRS)

#### 9:22 Greetings

Welcoming Remarks

Dr. Yoshiharu Yonekura (President of NIRS)

#### 9:24 Group Photo

#### 9:30 Session I: Physical and Biological Modeling

Moderator: Dr. Takeshi Murakami (NIRS)

9:30 Dr. Naruhiro Matsufuji (NIRS)

Overview of the NIRS International Open Laboratory: Particle Therapy Model Research Unit.

9:45 Dr. Taku Inaniwa (NIRS)

Clinical ion beams: semi-analytical calculation of their quality.

10:00 Dr. Yuki Kase (NIRS)

Microdosimetric approach to measuring a clinically relevant effective dose for heavy-ion beams at NIRS.

10:15 Dr. Tatsuhiko Sato (JAEA)

Biological dose estimation for charged-particle therapy using an improved PHITS code coupled with a Microdosimetric Kinetic Model.

#### 10:30 Coffee Break

#### 10:45 Session 2: New Aspects for Particle Radiotherapy

Moderator: Dr. Naruhiro Matsufuji

10:45 Dr. Taiga Yamaya (NIRS)

A proposal of an OpenPET: New geometry that realizes diagnosis during therapy.

11:00 Dr. Nakahiro Yasuda (NIRS)

Possible approaches and physical aspects from microscopic ion track detection.

11:15 Dr. Teruaki Konishi (NIRS)

Biological studies using Medium Energy Beam (MEXP) course in HIMAC and microbeam irradiation system, SPICE.

#### 11:30 Special Lecture

Moderator: Dr. Hirohiko Tsujii

11:30 Dr. Anders Brahme (Karolinska Institute)

Potential developments of light ion therapy.

#### 12:10 Closing

Closing Remarks

Dr. Hirohiko Tsujii



## 第48回日本核医学会学術総会に参加して

第48回日本核医学会学術総会が10月24日(金)から26日(日)まで、幕張メッセ(千葉市)で開催されました。

総会初日は午後の日本脳神経核医学会や Molecular Imaging研究会などの各研究会から始まりました。従来、研究会は最終日の閉会式後に行われていましたが、内容の濃い講演なので、開会前の方が、頭がフレッシュなうちに聞くことが出来てよかったですと思います。また、今回から日本核医学技術学会と日程を合わせての開催となり、規模が大きかったはずですが、それより大きい幕張メッセのキャパシティーのおかげでその一角に収まってしまったためか、見た目にはあまりその大きさを感じませんでした。しかし、特別講演やシンポジウムのための大会場が3会場、やや小規模な講演会場が6会場、ポスターセッションは、機器展示とともに広大な展示ホール内で4会場と、多くの講演が2日目と3日目にはほぼ終日同時進行したので、どの会場に行くべきかかなり選択を強いられました。特に、特別講演・シンポジウムに、興味あるセッションが複数重なっていて半分以上聞き逃し、やや心残りでした。

総会2日目の夜には会場内で「交流会」が催されました。今年は参加費無料だったためが大盛況で、会場から人があふれていて、食事を取りに行くのもなかなか困難でした。

PETを中心とした画像核医学分野は、 $^{18}\text{F}$ FDGによるがん検診の普及に続き、 $^{18}\text{F}$ FDGやアミロイドイメージング剤 $^{11}\text{C}$ -PIBによるPET検査を含むJ-ADNI(日本アルツハイマー病脳画像診断先導的研究)が本格的に始動し、PETがアルツハイマー病研究の中でも中心的役割を担いつつあるなど、一層国民への普及が進む傾向にあります。このような背景も後押しをし、臨床PET検査件数が増加することを反映してか、PET検査の安全管理に関するワークショップは盛況で、日々臨床の現場で検査にあたる医療従事者の、この方面への関心の高さが伺えました。その一方で、デリバリーが可能な $^{18}\text{F}$ 標識の新しいアミロイドイメージング剤の開発を始め、PETデータと病態との関係など基礎的研究にも演題が寄せられていました。昨年のアミロイドイメージングの一般口演会場は大盛況でしたが、今年も注目の分野であったと思います。このような、新規イメージング剤の開発や評価、核医学的手法による病態解明、装置や方法の開発など、様々な基礎的検討の発表も数多くあり、日ごろの研究とは異なる視点の話も聞くことも、今後の仕事を進めていく上でのよい刺激となったと思います。

今年の総会のメインテーマは「協調と融合の夜明け—分子からヒトへ—」でした。放医研が中心の、市内での開催だったため、核医学会にあまり縁の無かった放医研内の別の専門分野の人も気軽に来場できたのではないかと思います。今回は、シンポジウムに小動物イメージングが取り上げられました。小動物を対象としたイメージングはリガンド開発を始めとした前臨床という位置付けだけでなく、ひとつの生物学研究のツールにもなりえるものだと思います。また同様にヒトを対象としたイメージングも、疾患・治療・創薬研究のためだけでなく、脳機能など生体機能研究そのものを解明する手段のひとつとして、医学とは異なる分野への展開が、他の専門家と批判的な意見も含め興味を共有することで、ますます加速されるきっかけとなり、新しい発見に繋がればと思います。医学を中心とし

た生命科学分野でのトランスレーショナルリサーチを表す言葉に、しばしば“From bench to bedside”が使われます。それに“and beyond”も付け加えたいと思いました。

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 関 千江

▼機器展示とポスター会場



▲PET安全管理のワークショップ

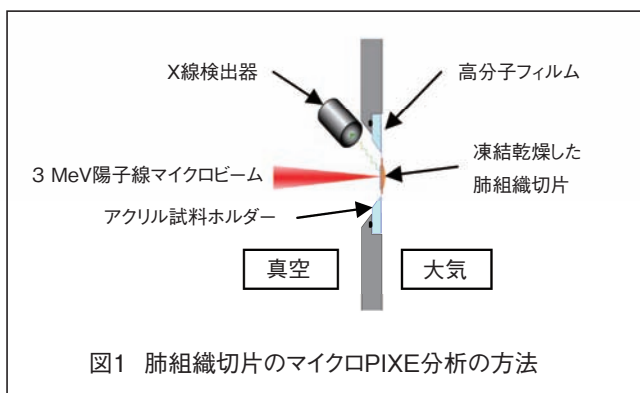


▲交流会

## アスベスト肺の高感度診断へ向けて —マイクロPIXE分析法を応用した肺組織中アスベストの解析—

アスベストを吸引することによってもたらされる様々な健康被害(悪性中皮腫、肺線維症など)は、「静かな時限爆弾」と言われるほど発症までの潜伏期間が概ね数十年と長く、発症時には治療が困難な場合も多く、その発症機構の解明や早期診断法の確立が待望されています。

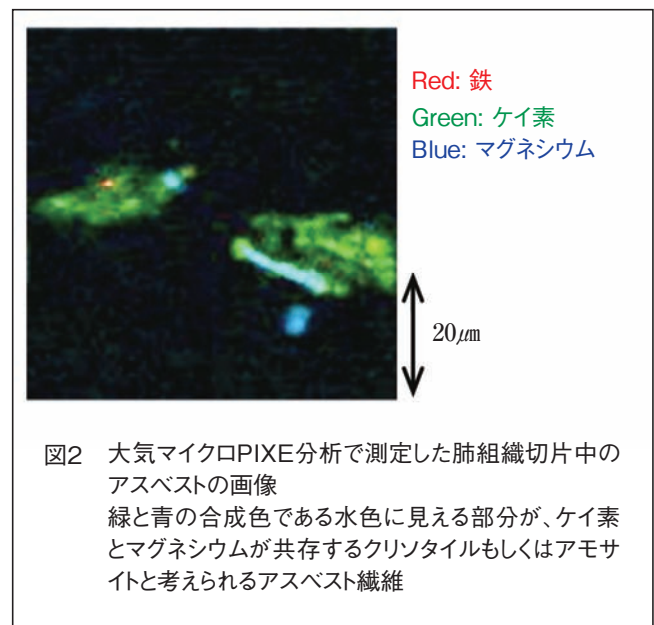
群馬大学医学部保健学科の土橋邦生教授らと日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所(以下、原子力機構高崎研)の佐藤隆博研究員らの研究グループは、原子力機構高崎研のイオン照射研究施設(TIARA)において開発された大気マイクロPIXE分析技術<sup>\*1</sup>を応用して(図1)、ミリグラム単位の少量の肺組織切片中<sup>\*2</sup>に含まれているアスベストを、ケイ素、マグネシウム、鉄等の2次元元素分布により可視化することに成功しました。(平成20年11月11日付報道。参照URL:<http://www.jaea.go.jp/02/press2008/p08111101/index.html>)この研究は、群馬大学21世紀COEプログラム「加速器テクノロジーによる医学・生物学研究」の一環として、群馬大学と原子力機構の共同研究で実施されたもので、本研究成果により、肺組織中におけるアスベストの存在部位やその形状の観察、アスベスト種の同定、吸入量の推定などを従来法<sup>\*3</sup>よりも少量の検体で実現することが可能となり、今後、アスベストに由来する様々な疾病の病因解明や高感度診断への応用が期待されています。



筆者は昨年度まで同研究グループの一員として、主にアスベスト種の同定手法に関する研究を担当していました。種類によって毒性が異なると言われるアスベストについて、代表的な3種、クリソタイル(白石綿)、クロシドライト(青石綿)、アモサイト(茶石綿)の標準試料を用意し、マイクロPIXE分析を用いて含有するマグネシウム、ケイ素、鉄の3種の主要構成元素から発生する特性X線の強度を測定し、アスベストの基材となるケイ素で規格化したマグネシウムと鉄の強度比を異同比較することでアスベスト種を同定する手法について研究を行っていました。また、マイクロPIXE分析により得られた主要3元素の2次元元素分布について、それぞれ赤・緑・青のRGB色を割り当てて画像を合成し、その3元素3色の合成色が各元素の含有比率の相違によりアスベスト種毎に異なることを利用して、より簡便に直感的にアスベスト種を分別・同定する手法の開発も行っていました(図2)。これらの研究開発が進展することにより、患者が吸引したアスベストの種類とその毒性を速やかに判断することができ、従来手法では困難であった関連疾病の発症リスク判定への応用が期待できます。

現在、筆者は放医研の静電加速器棟PASTA(PIXE Analysis System and Tandem Accelerator)に関する運営・管理および技術開発に携わっています。PASTAでは既に、マイクロPIXE分析技術を含め、非常に優れたPIXE分析装置と技術を有しています。筆者はこれまでの経験を活用して、放医研のアドバンテージとなる所内外の基礎生物・臨床医学研究者との連携によって、今後もアスベストとその関連疾病に関する研究を支援していきたいと考えています。

基盤技術センター研究基盤技術部  
放射線発生装置利用技術開発課 及川 将一



\*1: 3 MVシングルエンド加速器により発生した3 MeV陽子線を1  $\mu\text{m}$ 以下に集束させ、高分子フィルムの窓を介して大気中に取り出し、粒子線誘起X線放出(Particle Induced X-ray Emission, PIXE)に基づく元素分析技術と組み合わせて、マグネシウムからウランまでの多元素を数ppmの高感度で分析し、同時にその2次元分布を1  $\mu\text{m}$ の高空間分解能で取得する技術。

\*2: 肺がんを発症したアスベスト吸引歴のある人とない人について、摘出した組織中ががん以外の部分を数ミリグラム採取して凍結切片を作成し、それを乾燥させたもの。

\*3: アスベスト吸引歴を有する患者の診断法で、胸部X線やCT画像により独特のサインである胸膜の部分的肥厚(胸膜プラーク)や繊維化の存在を確認することにより行われている。

## 水野氏が、PIXE分析法による重金属含有X線感受型DDS化抗がん剤の細胞内分布解析で「Outstanding Poster Presentation」を受賞



東京大学工学系研究科原子力国際専攻の上坂研究室と放医研の基盤技術センター研究基盤技術部(今関等部長)は、平成19年度から「PIXE分析法による重金属含有X線感受型DDS化抗がん剤の細胞内分布解析に関する研究」と題した共同研究を行っています。この度、平成20年10月30～31日にベトナム・ホーチミン市にて開催された「the 8th Asia-Oceania Congress of Medical Physics (AOCMP) and 6th Southeast Asian Congress of Medical Physics (SEACOMP)」において、重粒子医科学センター物理工学部 光束利用調整室の水野和恵さんが、これまでに得られた成果を発表し「Outstanding Poster Presentation」を受賞しました。発表タイトルは「PIXE ANALYSIS OF PLATINUM-CONTAINING DDS DRUGS」で、研究概要は以下の通りです。

### 【概要】

ドラッグデリバリーシステム(DDS)とは、薬剤を目的の臓器や細胞のみに到達させる、副作用のない理想的なシステムです。深部癌に対する新しい化学放射線治療として、このDDSで放射線感受性をもつ薬剤を腫瘍部に送達させ、体外から

患部へピンポイントでX線を照射する「X線DDS」が提案されています。本研究では放射線感受性を持つ薬剤として、腫瘍細胞のDNAに結合しその機能を妨げることで抗癌作用を示す白金製剤であるシスプラチンに注目し、シスプラチン単体よりも血中滞留性が高く、腫瘍に集積しやすいシスプラチンミセル(ナノキャリア(株))を用いました。これは、シスプラチンを高分子ミセルで内包した直径約30nmの薬剤です。

X線DDSによる治療効果を定量的に評価するためには、シスプラチンが時間とともに細胞内部に取り込まれる量を計測する必要があります。そこで、本研究では、少量の試料でも測定感度が高く一度に多元素の測定が可能な放医研のコンベンショナルPIXEシステムにより、Chinese Hamster Ovary (CHO)細胞内の白金含有量の時間変化を計測しました。その結果、24時間の処理では、従来のシスプラチンに比べて、シスプラチンミセルで処理した細胞の白金含有量が約十分の一と低いことがわかりました。また、取り込み量の時間変化と、高分子ミセルの崩壊時間とを照らし合わせると、高分子ミセルそのものは取り込まれず、放出されたシスプラチンが取り込まれていることが示唆されました。

今年度からは、放医研マイクロビームスキニングPIXEを用いて、細胞内の白金の分布測定し、サイズや分子量の異なる高分子ミセルを用いた場合に、取り込みに差があるのかどうかを明らかにしていく予定です。

### 【受賞のことば】

私は修士1年の時から放医研でお世話になってきました。細胞実験を行いたいが、どうしたらよいか全く分からない…というとき、大学で客員教授をされていた酒井一夫先生に重粒子医科学センターの岡安隆一先生をご紹介いただきました。同センターの加藤宝光氏には、細胞培養法を一から丁寧に教えていただき、PIXEを用いた実験では、研究基盤技術部の小西輝昭氏をはじめ、静電加速器棟PIXE分析(PASTA)スタッフの皆様本当にありがとうございました。今回の受賞の発表内容は、このように多くの方々を支えられながら行った研究です。基礎的な研究内容ですが、医学物理の学会で評価していただき、とても励みになりました。共同研究者の皆様、支えてくださった皆様に、心よりお礼申し上げます。また、ベトナムへの旅費を支援していただいた日本医学物理学会と、支援を企画された物理部の兼松先生にも大変感謝しております。今後さらに研究を発展させ、よりよい治療法の開発につなげたいと思います。

## お知らせ

### 第3回分子イメージング研究センターシンポジウム 脳科学における分子イメージングの将来像 基礎と臨床を繋ぐ橋渡し(トランスレーショナル)研究での 分子イメージングの役割

- 主催: (独)放射線医学総合研究所
- 日時: 平成21年1月22日(木)9:00～17:30
- 会場: (独)放射線医学総合研究所  
重粒子治療推進棟2階大会議室  
参加費無料、事前登録不要
- 問い合わせ先: 企画部人材育成・交流課 研究推進係  
e-mail:kokukou@nirs.go.jp



## Kurt Hafer氏が、Radiation Research Societyより「Radiation Research Editor's Award」を受賞



放医研に約1年間滞在し研究を行っていたKurt Hafer氏が、2008年春にRadiation Research Societyより“Editor's Award”を受賞しました。受賞内容は、論文名Adaptive response to gamma radiation in mammalian cells proficient and deficient in components of nucleotide excision repair に対して表彰されたものです。

### 【紹介】

Kurt Hafer氏は、2007年の7月から約一年間放医研に滞在し、課題代表者としてHIMAC共同利用研究(19B-348) The role of high LET radiation induced persistent oxidative stress and nucleotide excision repair on genomic instability in mammalian cellsの研究を行いました。また、同期間中において研究基盤技術部で進めているマイクロビーム照射装置SPICEの開発にも積極的に参加しました。様々な種類の重粒子イオンを生物試料に照射できるHIMACや哺乳類培養細胞に陽子線を狙い撃ちできるSPICEなどの放射線発生装置は、世界的に見ても放射線生物影響研究において強力なツールです。当時、彼はUCLA (Dr. R. Schiestl lab)の博士課程の大学院生でしたが2008年8月に学位を取得し、現在は U.S. Food and Drug Administration Office of Regulatory Affairs in Portland, ORに勤務しています。放医研以外でも、NASA Space Radiation Biology Laboratory (BNL)のGuest Jr. Research Associateとして宇宙放射線影響研究を行いました。現在までの研究成果として論文を2006年に1本、2008年に3本発表し、HIMACを用いた研究でも現在論文投稿中です。(写真:千葉ロッテマリーンズ球場にて)

### 【本人より:日本での生活について】

I was a guest researcher at Technical Advancement of Radiation Systems section and NIRS from July 2007 to

July 2008. During this time, I worked with Dr. Teruaki Konishi to measure the radioprotective effect of N-Acetyl-L-Cysteine (NAC) against neon ion induced ROS, cyto-toxicity, and geno-toxicity. The results of the experiments tentatively suggested that antioxidants such as NAC protect well against low-LET radiation damages but not against high-LET. We also worked on several other experiments using X-rays and micro-beam. When I was not working in the laboratory, I became a big fan of Japanese baseball, Japanese food. My favorite team was the Chiba Lotte Marines. I attended 16 games at Marine Stadium. My favorite foods are okonomiyaki and Asahi Super Dry and favorite Japanese prefecture is Kagoshima. I also had a great time working and also drinking with Dr. Nakahiro Yasuda. Thanks to Maeda-san of Radiation systems section for technical supports on FACs Aria and also thanks to Kodama-san and Kayo-san for the winter sweet, oshiruko.

### (和訳)

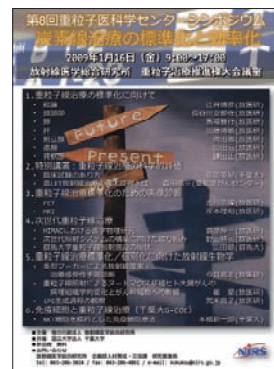
私は2007年7月から2008年の7月までの1年間、放医研の放射線発生装置利用技術開発課に共同利用研究員として滞在し、ROS(活性酸素種)、細胞毒性や遺伝毒性を引き起こすネオンイオンに対するN-Acetyl-L-Cysteine (NAC)の放射線防護効果の測定を小西輝昭博士と共に行いました。この実験結果では、NACのような抗酸化物質は低LET放射線損傷を良く防護しますが、高LET放射線損傷に対してはそうではないということが示唆されました。我々は、またX線やマイクロビームを使った幾つかの別の実験も行いました。

研究生活以外では、私は日本の野球と食べ物の大ファンになりました。私のお気に入りのチームは千葉ロッテマリーンズで、マリンスタージアムへは16試合も見に行きました。また、好きな日本の食べ物はお好み焼きとアサヒスーパードライ、お気に入りの県は鹿児島です。安田仲宏主任研究員とは、仕事でもお酒の席でもとても楽しく過ごせましたし、FACs(細胞分取装置)の技術サポートをしてくださった放射線発生装置利用技術開発課の前田さんと、冬に甘いお汁粉を作ってくれた児玉さんと嘉陽さんにも感謝しています。

## お知らせ

### 第8回重粒子医科学センターシンポジウム 炭素線治療の標準化と効率化

- 主催: (独)放射線医学総合研究所
- 共催: 国立大学法人 千葉大学
- 日時: 平成21年1月16日(金)9:00~17:00
- 会場: (独)放射線医学総合研究所  
重粒子治療推進棟2階大会議室  
参加費無料、事前登録不要
- 問い合わせ先: 企画部人材育成・交流課 研究推進係  
e-mail:kokukou@nirs.go.jp





## 加速器に貯蔵した生体分子と電子の衝突

### 静電型イオン貯蔵リング

これまでのほとんどの加速器では、イオン軌道の制御に磁場を用いる方式が一般的でした。この方式では、加速するイオンが重くなると磁場を強くする必要があります。ところが、イオン軌道を曲げるのに電場を用いた場合は、軽いイオンから重いイオンまで同じ条件で制御することができます。したがって従来型の加速器では貯蔵することができないタンパク質やDNAなどの巨大生体分子も容易に貯蔵することができます。図1は高エネルギー加速器研究機構にある静電型リングの模式図で、磁石を使わないので、小型、軽量で大きなテーブルの上に設置されています。生体分子はエレクトロスプレーイオン源で作られます。この時、いろいろな重さのイオンができるので、その質量を分析し、一定の質量をもったイオンだけを選択して貯蔵リングに入射します。

電子と生体分子の衝突に関する研究は、生体分子を理解する上で大切なだけでなく、生体の放射線損傷や放射線治療などの応用にも関連があります。このような研究を行うために図のようにリングの外でつくられた電子ビームを周回しているイオンビームと合流します。合流部ではイオンと電子が衝突します。その結果、電荷をもった粒子や電荷をもたない中性粒子が放出されます。これらの中で、中性粒子は電場で曲げられないので図のようにリングの外に取り出すことができ、中性粒子の飛んでくる点に検出器を置けば粒子の数を測定することができます。

### 電子のエネルギーに共鳴してこわれる生体分子

高速の重粒子が生体内に入射すると多数の低速電子がつけられます。これらの電子は生体分子と衝突し分子を壊しますが、その反応メカニズムはまだ十分理解されていません。この静電型イオン貯蔵リングによって、タンパク質とDNAに関する新たな現象が発見されました。

タンパク質は、20種類のアミノ酸がペプチド結合によって多数つながった鎖のような構造をしています。アミノ酸の数が少ない軽いタンパク質はペプチドと呼ばれます。+1の電荷をもつアミノ酸の一種であるアルギニンとやはり+1の電荷をもつペプチドの一種であるアンジオテンシンにそれぞれ電子を衝突させ両者を比較します。図2は電子エネルギーを変えた場合に発生する中性粒子の割合です。アルギニンの場合は電子エネルギーを変えても大きな変化はありません。一方、アンジオテンシンはアミノ酸と大きく異なり、6.5電子ボルト付近に大きな山があり、9電子ボルト付近と合わせて2つの山からなるように見えます。これは、プラスに帯電したアンジオテンシンイオンがマイナスの電荷をもつ電子と結合して中性になり、その際貯えられるエネルギーによってペプチド結合が切断されることによると考えられます。2つの山がある理由は、図2のように切断される部位によってエネルギーが異なるからです。

DNAは糖、リン酸からなる骨格に4種類の塩基が付いた構造をしています。塩基の数が少ない化合物はヌクレオチドと呼ばれます。+1の電荷をもち、2つの塩基(グアニン)からなるヌクレオチド d(GG) とやはり+1の電荷をもち2つの塩基(チミン)からなるヌクレオチド d(TT) にそれぞれ電子を衝突させ両者を比較します。図3は電子エネルギーを変えた場合に発生する中性粒子の割合です。d(TT)の場合に山

はありませんが、d(GG)の場合は4.5電子ボルト付近に大きな山があります。この山はペプチドの場合と同様の理由で、プラスのイオンとマイナスの電子が結合して中性となり、その際蓄えられるエネルギーで塩基やリン酸部分の結合が切断されることによると考えられます。これら2つのヌクレオチド分子の構成は似ていますが、d(GG)の場合は2つの塩基が重なっているのに対してd(TT)の場合は2つの塩基が離れています。このように塩基同士の結合が山の発生に大きく関わっているものと考えられます。

静電型イオン貯蔵リングは、生体に関連する分子の研究に適しています。このユニークな方法を用いて巨大分子イオンと電子、光子との衝突を研究することによって巨大分子の原子レベルでの理解が深まることでしょう。

高エネルギー加速器研究機構 田邊徹美  
放医研、物理工学部 野田耕司

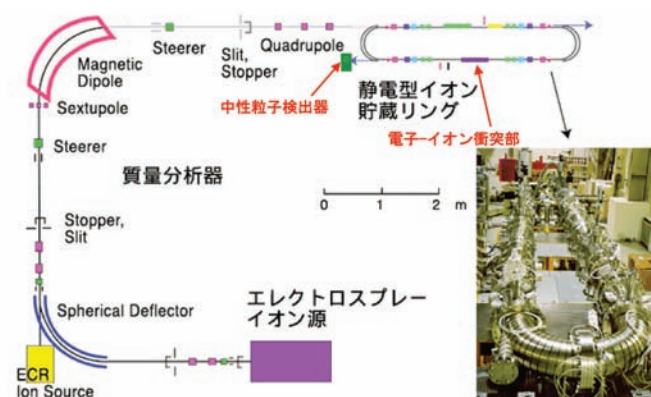


図1 静電型イオン貯蔵リング実験装置の全体図

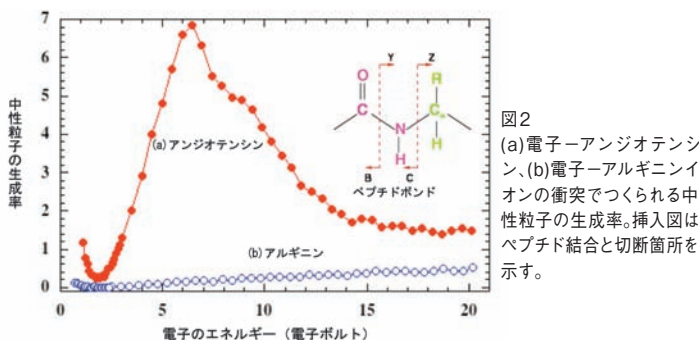


図2 (a)電子-アンジオテンシン、(b)電子-アルギニンイオンの衝突でつくられる中性粒子の生成率。挿入図はペプチド結合と切断箇所を示す。

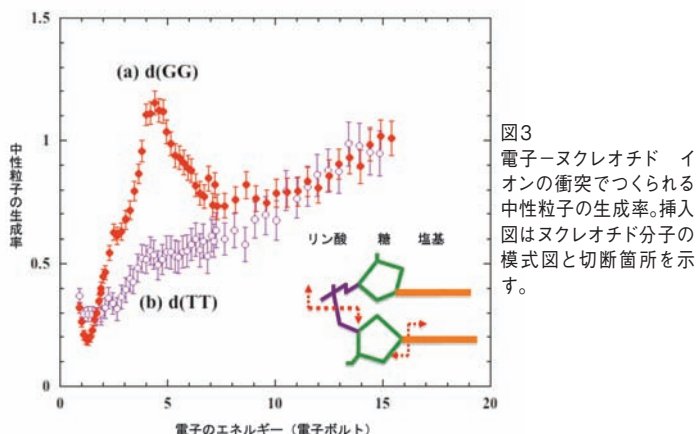


図3 電子-ヌクレオチドイオンの衝突でつくられる中性粒子の生成率。挿入図はヌクレオチド分子の模式図と切断箇所を示す。

## ニルス理科実験クラブが千葉キワニスクラブ第16回教育文化賞を受賞

ニルス理科実験クラブは放射線医学総合研究所のOB有志により設立・運営されている団体で、自然の素晴らしさや理科実験の楽しさを子供たちに伝える活動を行っています。

本クラブは、都賀教室、千葉科学館・土日講座、放医研一般公開参加など、多岐にわたる活動を行っています。これら地道な活動に対して、千葉キワニスクラブから第16回教育文化賞を授与されました。

ここでは、会長である江藤久美先生にニルス理科実験クラブの活動について、おまとめ頂きましたのでご紹介致します。

### ニルス理科実験クラブの活動

#### 都賀教室

佐倉において2005年12月に第1回のワンツー理科実験クラブをスタートしましたが、実験室として使うためには不便なところもありました。そこで、2006年4月に千葉市都賀にある瀧澤学園の教室で「ニルス理科実験クラブ」として再発足いたしました。以後、月3回第1～3土曜日(14:00～16:00)に実験教室を開いています。生徒は主として小学生で、講師は放医研OB7人が交代で担当してきました。

これまで、1)顕微鏡観察、2)酸性とアルカリ性、3)でん粉を調べる、4)身の回りの放射線を測る、5)磁石で遊ぶ、6)樹木の年齢を調べる等のほか、1)ハガキの飛行機、2)電磁石やモーターの作成、3)陶器などの工作も実施しました。



#### 千葉市科学館、土日講座

2007年10月、千葉市科学館(キボール)がオープンし、当クラブは土日講座を担当してきました。月1回、日曜日の午前と午後、各1時間の講座は親子10組の参加で行っていますが、常に予定組をオーバーするほどの盛況です。2008年9月4日に行った館山の安房博物館でのウミホタル観察会は大型バス満

席の出席者があり、夜の海でのウミホタルの淡い青白色の発光を堪能しました。

#### 未来の科学者養成講座

2008年度から千葉大学教育学部の標題講座に協力することになりました。この講座の目的は、初等中学教育の児童、生徒を対象として、物づくりと体感的実験体験をするため、生命科学、物理、化学からなる科学者養成プログラムを実施することで、3年計画で実施されます。

#### 放医研一般公開への参加

2006年以来、放医研一般公開行事に参加しています。都賀で行ってきた実験を中心に新しい実験と展示を加えて行いました。放医研で開発された宇宙メダカの展示も評判が良かったと思います。

放医研の目標の一つに地域協力があります。我々のクラブもこの目的に合致するものと考えます。

放医研OBが始めた理科実験クラブも次第に活力が付き、「放医研一般公開」、「千葉科学館、土日講座」、「千葉大、未来の科学者養成講座」など活動の場が広がってきました。子供たち相手に実験を考えることは容易ではありませんが楽しみもあり、我々にとっても老化防止に役立つと思います。OBの皆様、ニルス理科実験クラブのスタッフとして、子供たちと遊び、同時に老化防止に励んで頂けないでしょうか？現在のスタッフの老化も徐々に進みつつありますので、新しく若いOBが参加してくださることを期待しています。

これまでOB、現役の方々から有形無形のご支援、激励を賜りましたことを厚く御礼申し上げます。

ニルス理科実験クラブ 会長 江藤久美

#### ニルス理科実験クラブ

顧問：松平寛通(元放医研所長)  
 会長：江藤久美(放医研名誉研究員)  
 副会長：渡利一夫(放医研名誉研究員)  
 副会長：浅見行一(OB、札幌医大名誉教授)

#### 《お詫びと訂正》

放医研NEWS11月号の1頁において、2ヶ所の記載誤りがありました。

誤 「福島県福島第一原子力発電所」、  
 誤 「福島県第一原子力発電所」、

正 「東京電力株式会社福島第一原子力発電所」  
 正 「福島第一原子力発電所」

謹んでお詫びと訂正をいたします。

発行所 独立行政法人 放射線医学総合研究所

〒263-8555 千葉市稲毛区穴川 4-9-1

発行日：平成20年12月1日 発行責任者：放医研 広報課 (TEL 043-206-3026 FAX 043-206-4062)

ホームページ URL：http://www.nirs.go.jp