

## 研究レポート

## 7T(テスラ)超高磁場MRIを用いて投与薬物および その代謝物を一挙に視覚化することに成功 - マウス生体での抗がん剤体内動態追跡に適用 -

(独)放射線医学総合研究所の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・計測システム開発チーム(チームリーダー 池平博夫)は、2005年度に放医研で開発が完了した7T(テスラ)超高磁場実験動物用MRI装置を用いて、マウス生体内における抗がん剤5-FUの動態を追跡し、薬剤開発過程で不可欠な指標である投与薬物およびその代謝物を一挙に視覚化することに成功した。

### ■ 背景と目的

MRIは、代謝物の追跡を含めた薬物の体内動態についての直接視覚化法として、スペクトロスコピーによる代謝物確認とその量的把握や時間経過など多くの情報が得られるという利点を備えている。しかし、分子イメージング技術の中では、放射性薬剤を用いるポジトロン断層撮影法(PET)等に比べ、感度が圧倒的に低いという弱点を持っている。現状では1mmol/kg以下の濃度での化合物分布の視覚化は大変困難であり、MRIの高磁場化が求められている。

こうした中、放医研では、2005年度に世界初の7T・内径400mm・自己シールド型・冷媒補充不要の7T超高磁場実験動物用MRIシステムを開発し、スペクトロスコピー、fMRI等、超高磁場を利用した計測研究に取り組んでいる。

さらに、人体用高磁場MRI装置の開発に向け、動物の生体内における薬剤の動態を追跡し、短時間のうちに視覚化するなど、薬剤開発等で実質的な有用性があることを確認する実証的な研究開発を目的としている。

研究では、体内にほとんど存在しないフッ素( $^{19}\text{F}$ )に着眼し、 $^{19}\text{F}$ を含む抗がん剤(5-FU)を対象として体内での代謝過程画像描出を試みたものである。

## ■ 研究手法と成果

研究手法としては、実験腫瘍を皮下移植したマウスに抗がん剤5-FUを経口投与し、ケタミン-キシラジンによる麻酔下で $^{19}\text{F}$ 検出コイル中に固定し、7T超高磁場実験動物用MRI装置による撮像を行った。 $^1\text{H}$ (水素)画像撮像後、全身からの $^{19}\text{F}$ スペクトル(図-1)を得て、投与物質(5-FU)および代謝生成物(FnucおよびFUPAとFBAL)の $^{19}\text{F}$ 共鳴周波数を決定した。さらに、得られた化合物毎の画像を高速撮像法の一つであるFast Spin Echo(FSE)を発展させた周波数選択同時画像法で撮像した。

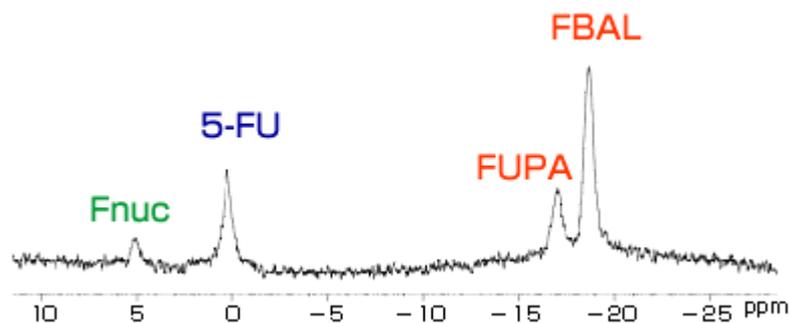


図-1 5-FUを経口投与したマウスの $^{19}\text{F}$ 全身スペクトルここでは5-FUを化学シフト基準に設定してあるFnucは5-Fuからの有効代謝物。FUPAとFBALは5-FUの分解生成物で主に肝臓でできる。

この結果、5-FUとその代謝生成物の時間経過を示す画像など、これまでのPETを始めとするイメージング技術では得ることが難しい画像情報を取得することに成功した。また、高磁場MRIを用いた動物実験において、薬剤開発過程で不可欠な指標である薬物の体内動態を一挙に視覚化できることを明らかにした。

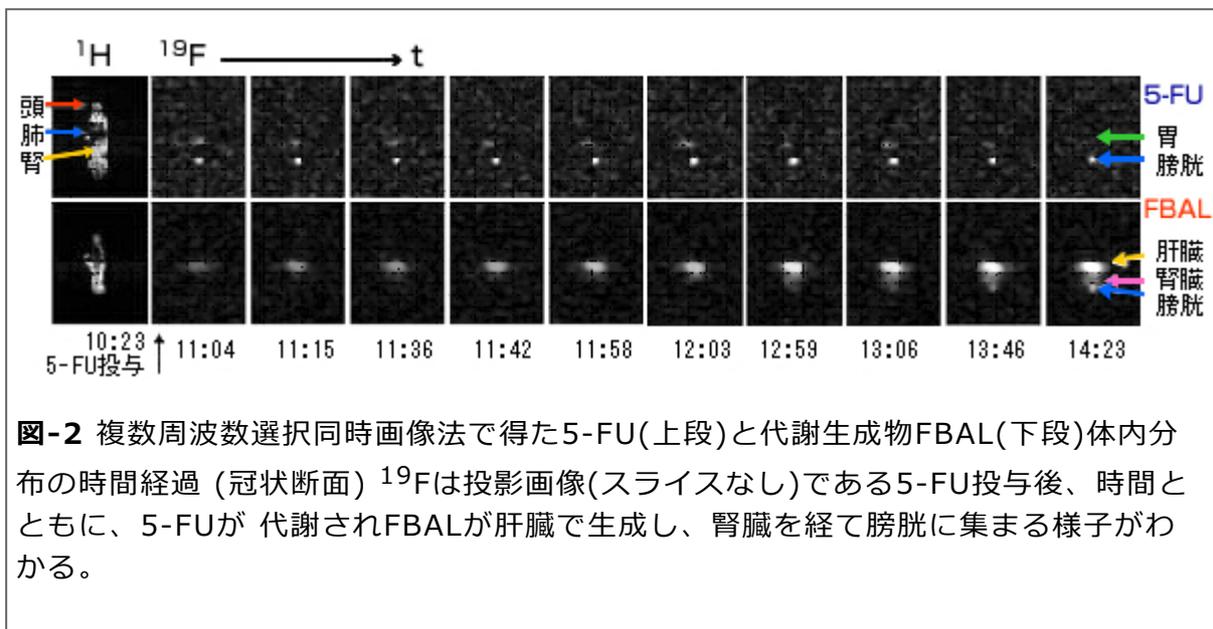
この実験ではマウスを対象としながら大動物用の勾配と中動物用の検出コイルを用いているため、最適条件とはいえ、今後、ハードウェアの整備を行うことで、測定時間の短縮が可能である。

## ■ 今後の展望

今回のマウス生体における抗がん剤5-FUおよび抗腫瘍効果を持つその代謝生成物の動態の視覚化は、薬剤開発においてきわめて有用な情報をもたらす技術として期待されるとともに、今後の人体用高磁場MRI装置の技術開発にも大きく寄与するものである。

しかし、今回のような高速撮像法を用いても、実際の体内ではさらに低濃度である薬物の動態追跡するには、まだ十分とはいえず、今後、さらに装置の高感度化に取り組み、改善していく必要がある。また、他の分子種やフッ素系以外の多核種、分子を用いた広範な生体内での薬剤動態の追跡、画像化を行い、人体用高磁場MRIシステムの実現に向けた試験データの蓄積を図っていく。

なお、本成果は、米国シアトルにおいて開催された「International Society for Magnetic Resonance in Medicine(ISMRM)」において発表された。



**図-2** 複数周波数選択同時画像法で得た5-FU(上段)と代謝生成物FBAL(下段)体内分布の時間経過(冠状断面)  $^{19}\text{F}$ は投影画像(スライスなし)である5-FU投与後、時間とともに、5-FUが代謝されFBALが肝臓で生成し、腎臓を経て膀胱に集まる様子がわかる。

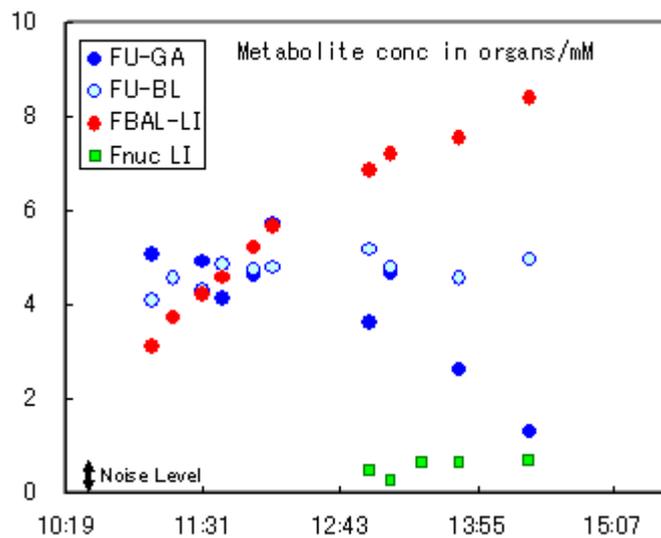


図-3 臓器ごとの物質の濃度の変化の傾向

図-2の画像強度から得た5-FUとその代謝生成物の濃度の概算値(mmol/kg)

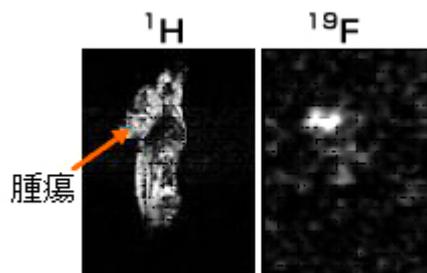


図-4 Fnuc信号選択画像法で得た腫瘍の位置での有効代謝生成物のFnucの生成この腫瘍位置でのFnucの濃度はほぼ0.1mmol/kg程度であった。なお、肝臓位置でのFnuc生成も認められるが非常に弱い(矢状断面)、 $^{19}\text{F}$ は投影画像(スライスなし)である。

## 研究レポート

**ICRP新勧告ドラフトで勉強会  
放医研・規制科学総合研究グループが開催**

国際放射線防護委員会(ICRP)の新勧告案のドラフトが今年6月7日にインターネット上で公開され、コメントを募集しています。これに対応するため、放医研、放射線防護研究センター規制科学総合研究グループでは、7月21日(金)、放医研重粒子治療推進棟2階 大会議室において、ICRP新勧告ドラフト勉強会を開催しました。所内から37名、所外からは防護の専門家や規制関係の方など18名の参加者があり、活発な意見交換が行われました。

勉強会では、まず、緊急被ばく医療研究センターの藤元憲三センター長が、ICRPのホルム委員長の資料を翻訳したものをを用いて、新勧告のドラフトの概要について説明がありました。その後、生物学的側面、線量、防護体系、患者の医療被ばく、既存被ばく状況、環境防護のそれぞれのテーマについて、放医研の専門家が90年勧告との違いやこれまで放医研から送ったコメントが反映されているかを中心に説明があり、それに関する出席者との議論がありました。最後に、放射線防護研究センターの酒井一夫センター長から、放医研でのICRP新勧告案のコメント作成についての意義と今後の展開について説明がありました。

放医研には、放射線影響や放射線防護に関する広い分野の専門家がいます。これらの専門家が議論し合って、ICRP新勧告案に意見を出すことは、よりよい放射線防護体系の構築とその理解に大きく貢献すると考えられます。今回の勉強会に引き続き、ICRP新勧告案をテーマに、放射線防護のいろんな立場の人と対話するためのダイアログセミナーを企画しています。



50名を超えた勉強会

### 「ICRP新勧告ドラフト勉強会」での内容

- |                                       |                        |
|---------------------------------------|------------------------|
| 1. 趣旨説明                               | 米原 英典 (規制科学総合研究グループ)   |
| 2. 新勧告の内容について(概要説明)                   | 藤元 憲三 (緊急被ばく医療研究センター)  |
| 3. 各論における問題点の検討<br>- 90年勧告とどこが変わったか - |                        |
| ● 主要なポイントについて                         | 藤元 憲三 (緊急被ばく医療研究センター)  |
| ● 生物学的側面について(生物学関連)                   | 島田 義也 (発達期被ばく影響研究グループ) |
| ● 生物学的側面について(疫学関連)                    | 吉永 信治 (規制科学総合研究グループ)   |
| ● 線量について                              | 保田 浩志 (環境放射線影響研究グループ)  |
| ● 防護体系について                            | 米原 英典 (規制科学総合研究グループ)   |
| ● 患者の医療被ばくについて                        | 赤羽 恵一 (医療放射線防護研究室)     |
| ● 自然放射線被ばく及び既存被ばく                     | 床次 眞司 (環境放射線影響研究グループ)  |
| ● 環境防護について                            | 吉田 聡 (環境放射線影響研究グループ)   |
| 4. まとめと今後                             | 酒井 一夫 (放射線防護研究センター)    |

## 多くの収穫があった - 第6回日仏ワークショップ

去る6月19日から22日の4日間、当研究所とフランス原子力庁(CEA)との覚書に基づくワークショップが、パリ郊外CEAフォントネ・オー・ローズ研究所等において開催された。第1回を1996年に開催して以来、最近は2年ごとに相互に訪問しあって開催してきたワークショップは、今回が第6回となり、テーマを「放射線生物学と同位体を活用したイメージング」として、日本側から17名、フランス側からの40名を越える研究者が参加した。

CEAは1945年に発足したフランスの公的な原子力研究機関であり、1948年にはフランス初の原子炉をCEA発祥の地、フォントネ・オー・ローズで臨界させている。今日、その対象は基礎的研究、エネルギー研究から国防に関わる研究にまで及んでいる。フランス国内に6研究センターと数箇所の拠点を持ち、国防研究を除いても一万人を越えるスタッフを擁している。そのうちライフサイエンス部門は約2000人のスタッフと1億5千万ユーロ(2006年)の予算で、フォントネ・オー・ローズを中心にいくつかのセンターと拠点に分かれて研究活動を進めている。

原子力研究機関でありながら、放射線生物学の研究はもとより、同位体利用を中心としつつも幅広い分子イメージング研究、さらにはプリオンが引き起こす脳神経疾患やエイズなどの感染症研究まで、その対象は幅広い。また、CEAはその規模とブランドを生かして多方面の優れた人材や設備を有している。これらの人材と施設を本来の専門や分野を越えて活用することで、幅広い活動を可能としている。たとえば、PET診断の高度化を、素粒子研究を専門としていた研究者が核実験をシミュレーション用のスーパーコンピュータを転用して実施していたりする。

4日に亘ったワークショップは初日を全体会合にあて、2日目以降は、放射線生物学研究グループと分子イメージング研究グループ毎に会合を分けて、場所をサクレー、オルセーなどのCEAの研究拠点に移して専門的な議論が展開された。また、独立行政法人第2期に移行した当研究所の運営の参考とするため、当研究所運営部門とCEAフォントネ・オー・ローズ研究所運営部門との間での意見交換も行われた。

初日の全体会合では、放射線と幹細胞、低線量放射線の影響、PET、MRIなどのテーマについて、日仏それぞれの研究者から最近の研究成果を中心に発表が行われた。放医研の放射線感受遺伝子研究に基づく幹細胞研究の可能性、先端遺伝子発現研究を通じて確立されたHiCEP法の成果に関して、その有効性などについて活発な議論がなされた。

2日目以降では、個別の課題についてかなり突っ込んだ議論が行われた。詳細は「放射線科学」などの報告に譲るが、分子イメージング研究グループでは、先にも触れたPET診断の高度化を、数値シミュレーションを活用して精度の検証を行う研究、次世代のPET開発、新しい放射薬剤の可能性などについて、放医研及びCEAから報告があり、双方から高い関心が示された。放射線生物学研究グループでは、主として放射線による発がん機構の研究について、遺伝子上の

突然変異の解析、DNA損傷とその修復、あるいは発がんのモデルなどについて双方から報告があり、熱心な議論が行われた。

そして、この機会にフォントネ・オー・ローズのプリオン研究のための新施設、サクレーの完成直前の超高磁場核磁気共鳴(NMR)研究センター、放射光施設ソレイユ、オルセーのPETセンターなどの訪問、視察も行われた。

また、CEAフォントネ・オー・ローズ研究所の運営部門との議論では、独立行政法人となり非公務員化した放医研の運営状況と課題を説明しつつ、一方、公的機関でありながら、同じく企業形態の厳格な運営の下にあるCEAの状況について説明を受けた。CEAの開祖の地にありながら、生物学と基礎研究を中心にすえたフォントネ・オー・ローズ研究所については、CEA全体にキャップがかかる中での予算獲得の難しさや、その一方で地域結集形のクラスターとしてバイオテクノロジーを推進するパリ周辺地域クラスターの中核機関として、地域や政府から別途の資金を獲得する努力をするなど、学ぶべきことが多かった。

このワークショップが、放医研とCEAの間でどのように具体的な協力につながっていくかは、今回の参加者の今後の活動如何である。今回のワークショップでは、放医研からギョーム・ヴァレス研究員が、CEAから臺野和広研究員が出席し、発表を行ったが、両者とも現職に就く直前は相手機関で研究活動に参加しており、このような人的交流は今後の推進が最も望まれる協力形態といえる。望むらくは、研究分野に加えて、企画・運営部門の人材も、今後交流が図れると良いが、まずは放医研からCEAフォントネ・オー・ローズ研究所の運営部門への人材の派遣を検討するのが順当であろう。

ところで、この4月から第2期中期計画期間に入り、放医研はその実現に向けて二部、二室、五センターの下に、常勤職員数約800名の体制に組織改定を行った。それ自身がより良い機能を発揮することを期待するものの、比較的広いキャンパスに多様な人材が部局毎に熱心に活動していると、相互交流はやさしくはない。今回のようにキャンパスを離れての多様な専門性を集めた会議は、相互の研究に関する理解と「同じ釜の飯」を食べたような共感の増進に寄与すると思う。願わくは、今回のワークショップの参加者の間から研究や研究所の運営に関わる新たな協力関係が一つでも二つでも生まれんことを期待する。

( 総務部 大竹 暁 (現：文科省 研究振興局基盤研究課) )



日仏関係者による報告会

## 第11回 公開講座「環境放射線の影響と重粒子線がん治療」

### テーマ

- 日時：9月22日 (金) 14:00～17:00
  - 場所：放医研 重粒子治療推進棟2階大会議室
  - 定員：140名
  - 申し込み：放医研 広報室
- TEL：043-206-3026  
FAX：043-206-4062

「環境放射線と健康」

酒井 一夫  
放射線防護研究センター長

「航空機宇宙線被ばくの実態と考  
え方」

保田 浩志  
放射線防護研究センター 環境放射線環境研究  
グループ

「普及型重粒子線がん治療装置の開  
発」

岩田 佳之  
重粒子医科学センター 物理工学部

「重粒子線がん治療:骨・軟部腫瘍への  
取組み」

今井 礼子  
重粒子医科学センター病院 治療課 第1治療室  
医長

## TOPICS

## IAEA / RCA放射線腫瘍学のための 放射線生物トレーニングコースを開催

平成18年5月15日(月)から19日(金)にかけて、IAEA/RCA放射線腫瘍学のための放射線生物トレーニングコース(IAEA/RCA Regional Training Course on Radiation Biology for Radiation Oncology)が放医研において開催されました(写真-1)。このコースは、アジア地域協力協定(RCA)の元での1活動として、IAEAと放医研の共催で行われ、コースディレクターは、安藤興一が務めました。



写真-1 参加者全員での集合写真

本コースには、アジア地域13カ国から選抜された、放射線腫瘍学に携わる医師たち18名が参加し、最新の放射線生物研究や遺伝子治療などに関する講義および、実験実習も受けてもらいました。アジアにおける放射線生物学の専門家が不足していることから、参加者からは、次回開催希望が出るなど大変好評を博しました。

IAEAのDr. Joyon Hendryをはじめ所内外から10名の講師の方々(下記参照)から講義を頂きました。紙面をお借りしてお礼を申し上げます。また、本コースの枠を作るに当たりご協力をいただいた群馬大学の中野隆史教授、財団法人癌研究会癌研有明病院の施設見学の際に、多大なご協力頂きました放射線医療科部長山下孝先生およびスタッフの皆様、そして懇親会において美しいハーモニーで会を盛り上げて下さったNIRS合唱団の皆様に、心より感謝とお礼を申し上げます(写真-2)。



写真-2 NIRS合唱団による美しいハーモニー

(安藤 興一 (特別上席研究員) ; 国際・交流課)

### 【講師の先生がた】

#### ■ 所外講師

Joyon Hendry (IAEA)

島田 英昭 (千葉大学、大学院医学研究院、先端応用外科)

細井 義夫 (東京大学、大学院医学系研究科、疾患生命工学センター)

#### ■ 所内講師(50音順)

安藤 興一 (放医研、特別上席研究員)

安西 和紀 ( " 重粒子医科学センター、粒子線生物研究グループ)

岡安 隆一 ( " 重粒子医科学センター、粒子線生物研究グループ)

島田 義也 ( " 放射線防護研究センター、発達期被ばく影響グループ)

白川 芳幸 ( " 企画部、人材育成課)

早田 勇 ( " 放射線防護研究センター、生体影響機構研究グループ)

古澤 佳也 ( " 重粒子医科学センター、粒子線生物研究グループ)

道川 祐市 ( " 重粒子医科学センター、ゲノム診断研究グループ)

## <橙> 菊「南風の燦」はえのきらめき

9月9日は重陽。菊の節句とも呼ばれています(旧暦ならともかく、今の暦では、菊は少し早いですが)。

菊は、バラやカーネーションと並んで世界での売り上げがトップ3とも言われていますが、日本では葬儀や仏壇に供える花のイメージもまだまだあります。とはいうものの、最近は色も形も増えてさまざまな場面に利用されています。菊の品種改良は江戸時代から盛んに行われていました。現在でも、菊の品種改良が行われ、登録品種の数は1,000を超えています。今回取り上げた橙色の菊である「南風の燦」は、1987年に放射線育種場で「大平」というピンク色の菊の品種を100日間(1日25-150Gy)照射し、できた花弁を組織培養することによりカルスから苗を得、それを再度植えて選抜することで得られました。1989年から沖縄県農業試験場でこの品種の試験を実施して安定性を確かめた後、1991年に種苗登録、1995年に品種として登録されました。これと同じ方法で育種されたものとして花が黄白色の「南風の初雪」、花弁ではなく蕾を組織培養して育種したものとして、紫ピンク色の「南風の紅」、淡黄ピンク色の「南風の美童」、照射した「大平」の枝変わりを育種した穏ピンク色の「南風の夕暮」、照射したものを沖縄の試験場で挿し穂にし、そこから得られた花弁を組織培養して得られた明黄色の「南風の輝」があり、これら6つの品種は同時に品種登録されています。沖縄では1月から3月にかけて出荷用として栽培されていました。このあと、同じ「大平」をγ線育種した4品種及びイオンビームを用いた6品種が平成14年に現在出願公表されています。



(環境放射線影響研究グループ 坂内 忠明)

## マッチの算数

## ◆ 問題 ◆

マッチ棒で現した次式において1本だけ動かして等号を成立させよ。

数字はデジタル表示になっている。なお、3本動かしても成立させえる。

(答えは[最後のページ](#))

## 理事 白尾 隆行



理事 白尾 隆行

このたび放医研の理事に就任しましたが、私は10年前にここの管理部長として仕事をしていましたので、古巣に帰ってきたという感じがあります。ただ、当時はまだ独立行政法人になっておりませんでした。今度は独法の理事としてきたことから、管理部長と違って責任も大きいと考えております。

放医研の管理部長の後に、本庁の開発局企画課長を1年半やりましたが、ここで独法化に向けた制度作りに参加しました。放医研の管理部長をやっていた頃、すでに行政改革に関連する動きの一環として、独法についての研究が水面下で進行していたので、当時国研としての放医研に2年間いたことがこの制度作りに非常に役立ったと思っています。

その後サイクル機構の広報部長を務め、さらに新生・文部科学省の科学技術学術政策局の審議官ポストで、旧・科学技術庁の安全局関係を担当した後、この7月までフランスにある国際ヒューマン・フロンティア・サイエンスプログラム推進機構に事務局次長として5年間参加していました。

まだ就任したばかりで全体像は、つかめていませんが、かつての放医研の管理部長時代から比較すると、行政サービスとしての研究・治療といった位置づけが、独法として明確になってきたと思います。ただ、行政サービスとしての研究・治療を進めるためには、きちんとした基礎研究があってこそ生きるわけで、サービス向上だけを強調するとこうした基礎体力が落ちる危険性があるわけですね。

これは、研究者の意識にも係わるわけですが、経営に参加する者としてはこうした別の観点をもって見ていかないといけないと考えています。

また、運営交付金と施設補助金というきわめて簡素な会計の仕組みになって、自由度も高くなったわけですが、それに加えていろいろな評価や監査、さらに運営交付金は必ず削減されていくわけで、この仕組みが独法として本当に理想の方向に向いているのかどうか長期的によく見極めなければなりません。たとえば、論文数や特許数、そして外部研究者数にしても永遠に片上がりしていくわけじゃないのです。また、重層的評価方式の中で、研究者の負担を大きくすることは本末転倒で、その辺の研究所としてのバランスが問題だと思っています。

研究所としての独法を自分なりに検証し、理事になったからには少なくとも経営者の一端として、長期的にみて国民の負託に応えられる役割が果たせればと思っています。

## 就任のごあいさつ

## 総務部長 鈴木 貴



総務部長 鈴木 貴

7月11日付けで総務部長に就任しました。昭和55年に科学技術庁の原子力安全局に入省して以来、同庁の各部署をはじめ資源調査所、JICST、理化学研究所の脳科学総合研究センター、物質・材料研究機構などに出向していろいろな経験をさせていただきました。放医研に来る前は、JICSTと新技術事業団を統合した科学技術振興機構におりました。科学技術振興機構では、企画評価室で独立行政法人の予算や評価などについてとりまとめの業務に携わってきました。

この間、科学技術庁の原子力訟務室で「もんじゅ」の裁判や、青森県六ヶ所村の核燃料サイクル関連施設の裁判を担当したり、その一環で「もんじゅ」のナトリウム漏れ事故の対応をしました。また、ニューヨークにあったKEDOに出向して北朝鮮の原子力発電所建設に関係する業務を行うなど、原子力関連の部署にも携わってきました。

これまで私は、事務系のために局の総括係という仕事が多かったので、つねづね現場に近い所で仕事をしたいと思っていました。今回も総務部長という立場で、やはり事務系統括の仕事ですが、研究所という現場に近いということで喜んでいきます。

現在の総務部における仕事としては、総勢約700人くらいの所員に関する総務、人事、経理、契約などの業務が主流となるわけですが、なかでも人事に関しては、予算削減が打ち出されている中で苦勞する面があると思っています。研究所全体としては、運営交付金の枠が決められており、毎年の予算が1～2%削減されていきますので、科研費や競争的資金など外部から研究資金を調達してくることに意を注がなければならないだろうと思っています。

また、こうした研究予算だけでなく、研究設備や研究スペースの問題など多くの問題があるわけですが、総務の仕事としては研究者にしっかりと研究成果を出してもらうための下支えを進めていきたいと考えています。

とくに第3期科学技術基本計画で研究成果の社会への還元が重要視されている中で、重粒子については、各地で普及施設の設置が構想されていますが、これをはじめとしてほかの分野でも社会に役立つ成果が数多く出ることを期待し、またその一助になればと思っています。

## お知らせ

## 追悼の記 土居さんからのバトンタッチ



在りし日の土居雅広さん

土居さん。いっしょに代々木で研修受けてからもう18年。その間、若手の勉強会、留学生とのクリスマスパーティ、花火大会、稲毛海岸でのバーベキュー、総理府バレーボール大会などよく学びよく遊んだと思います。中期計画を作るときは、原田さんたちと今後の放医研についてよく議論しました。土居さんが汗をかいた規制科学は、新中期計画にそって動き始めました。9月には第2回目の規制ダイアログセミナーが、また学会ではチェルノブイリのシンポジウムと土居さんの意気込みが徐々に花開いている感じ(神田さんたちは大変そうだけど、大丈夫)。

重粒子や緊急被ばく、分子イメージング研究は、「Only OneやNumber One」を目指せるけど、安全研究は何を目指すかがいつも問題でしたね。土居さんの口癖は「ここところここで、頼りになる」「放射線影響・防護に関する専門性を構築し、行政にも国民にも見える」「放射線研究全体のために汗をかく」「他ではそう簡単にはできそうにないインパクトのある研究、ピリっとさびの効いた研究をする」そういう研究所にならなきゃでした。放射線影響研究のため、学会のため、研究所のため、被ばくしたヒトのため、規制当局のためになるようにとバタバタ動き回っている姿には頭が下がりました。そのとき培われた土居式コミュニケーション法は3Rと3E(土居さんの得意とするカタカナや横文字)。Reality(現実)をみて、仲間をRespect(尊敬)し、Reliance(信頼)すること。そして、Enjoy(職場を明るく)し、Excite(仕事に生き甲斐を感じ)し、がんばっている若い人をEncourage(勇気づけ)すること。なかなかできないけど努力はしなければと反省しております。

内村鑑三の「後世への最大遺物」(岩波文庫)のテーマは、限られた人生をいかに生き、後世に何を遺すかです。「金や事業、思想や著述を遺すことは尊い。でも、本当の最大遺物は、勇ましい高尚なる生涯である。不都合、反対に打ち勝って、己の信じる事を成すこと。」と書いてあります。土居ちゃんのヒトを大切に生きる生き方、我慢強く自分は自分という意志を貫く勇気や国際貢献する広い心は、まさしく「勇ましい高尚なる生涯」だなあと感じます。土居さんにエンカレッジされてきたダメ友人(たくさんいる?)の一人として、土居さんの志が一部でも継承できればと思います。

これからも、我々がちゃんとやっているかチェックをお願いします(んっ?これこそ、究極の規制科学!)。まじめに(私はこれが一番苦手)仕事しなきゃという気持ちです。土居ちゃんから渡されたバトンを次ぎにバトンタッチするまで。

放射線防護研究センター 発達期被ばく影響研究グループ グループリーダー 島田 義也

---

## IUR総書記 (General Secretary) F. Bre'chignac氏からのメッセー ジ 2006年7月23日付け

大変に辛く悲しいお知らせをしなければなりません。7月23日(日)未明に、ノルウエーのオスロ病院で土居雅広氏が御逝去されました。6月末にオスロ近郊の Stavern で開催された「ERICAコンセンサス会議」でERICA<sup>(1)</sup>プロジェクトの実務者グループ間でブレインストーミングを行っていました。その会場で、土居氏が「環境保護に関するアジア的視点」についての発表をしめくくった直後に突然倒れ、そのまま意識が回復すること無く他界されてしまったのです。彼の最期の発表が、環境保護問題を文化的認識、地域伝統および相互理解における多様な観点から考えることを訴えていたことに深い感銘を受けます。

近年、私は、特に放射線防護及び環境保護問題について、土居雅広氏と共に活動していました。彼は、多くの共通した考えを分かち合う喜びを与えてくれた非常に優秀な科学者というだけでなく、同じ目標を共有する友人でもありました。その彼を失って、個人的にも非常に寂しく感じています。

土居氏はICRP第5委員会や、NEA/OECDの専門家グループであるEGISとEGCOの委員として特に大きな貢献をし、さらにUNSCEARおよびIAEAのEMRASプログラムの中でも日本の代表者として活動するなど、国際的に名前が知られていました。それだけでなく、千葉の放射線医学総合研究所では指導的立場にある研究者でもあったのです。

IUR<sup>(2)</sup>を代表し、そして特にこの数週間オスロで土居氏と彼のご親族を懸命に支えたPer Strand博士とDeborah Oughton博士に代わって、NIRSにおける彼の同僚、そして土居夫人と二人の子供さん、そして彼の家族全員に深い哀悼の意を捧げます。

It is a painful task for me to announce the death of Masahiro on Sunday morning at the Oslo Hospital. With the End User Group members of the ERICA<sup>(1)</sup> Project who recently met near Oslo at the end of June for the "Stavern consensus conference", we all were brain storming with Masahiro when he suddenly collapsed a few seconds after pronouncing the last word of his presentation on the "Asian perspective on the environmental protection". It is maybe an important point to notice that his very last presentation was a great call for opening and broadening to the wide spectrum of cultural perceptions, heritage and understanding .

In the recent years, I have been working together with Masahiro especially on radioprotection and environmental protection issues, and I will personally miss not only a very bright scientist with whom I have been granted the pleasure to share a lot of common thinking,

but also a friend sharing the same goals. Masahiro was internationally renowned, with especial commitments as a member of the ICRP Committee 5 and of the NEA/OECD Expert groups EGIS and EGCO, but he also efficiently represented his country at UNSCEAR and within the EMRAS Program led by IAEA, in addition to his leading research position at the National Institute of Radiological Sciences in Tokyo.

On behalf of [IUR](#)<sup>(2)</sup>, and especially of Per Strand and Deborah Oughton who have been both assisting to their best Masahiro and his relatives in Oslo during the recent weeks, I am forwarding condolences to his colleagues at NIRS, and especially to Kiyoko his wife and their children, and to his family.

(1) ERICA : Environmental Risk from Ionizing Contaminants Assessment and Management.

(2) IUR : International Union of Radioecology.

## 高効率小型線加速器のビーム加速試験に成功 - 設計通りのビーム品質を得る -

### ■ はじめに

平成16年度から2カ年計画で、重粒子線がん治療装置普及に向けた装置の小型化に関する研究を行ってきました。特に既存の入射器は大型であることから、小型入射器の開発が普及装置全体設計の鍵を握ります。そのため、我々は小型入射器の開発を重点課題とし、実証機的设计、製作およびビーム加速試験を行ってきました。加速試験成功の一報は6月号に掲載されましたが、ここでは小型入射器の概要、及びビーム試験内容について紹介したいと思います。

### ■ 高効率小型入射器

小型入射器はECR(Electron-Cyclotron-Resonance)イオン源と2台の線形加速器により構成されます(図参照)。ECRイオン源は必要な磁場すべてを永久磁石で得ている点に大きな特徴があります。これにより従来必要であった電磁石電源や冷却構造が不要となるため、大幅なコスト削減が可能となりました。次に線形加速器はRFQ(Radio-Frequency-Quadrupole)とAPF(Alternating-Phase-Focusing)方式IH型DTL(Interdigital H-mode Drift-Tube-Linac)からなります。前段のRFQは炭素加速に最適設計することで、小型化に成功しています(全長2.5m、外直径0.42m)。また、後段のAPF方式IH型DTLは、HIMACのアルバレ型DTLに代わる全く新しい加速器で、小型(全長3.4m、外直径0.44m)かつ高効率(省電力)という特徴を有します。これにより、線形加速器の全長は6m以下となるため、HIMACに比べ全長で約1/6と大幅な小型化が実現されました。

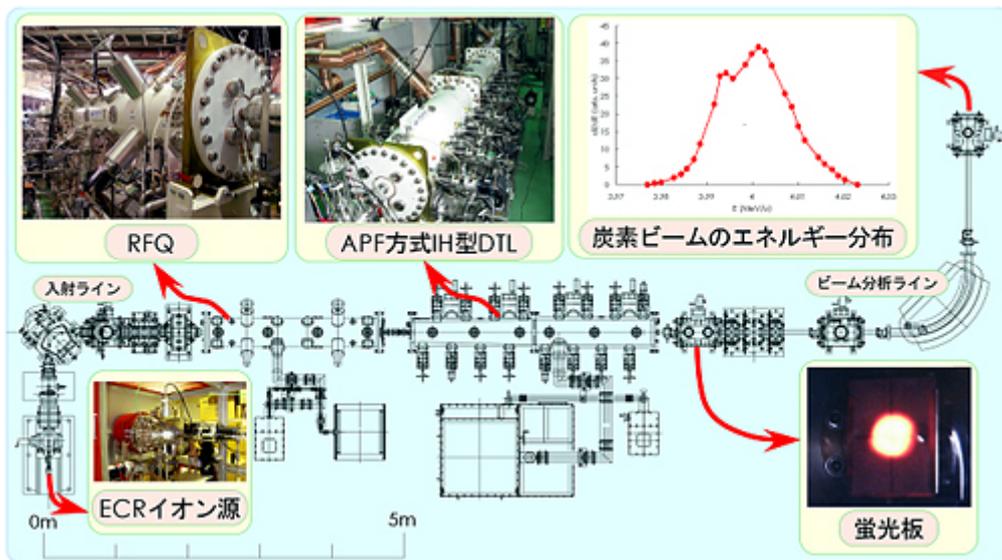
### ■ 炭素ビーム試験

平成17年度末に完成した小型入射器はサイクロトロン棟地下に設置され、ビーム試験が行われました。ECRイオン源により生成される4価の炭素イオンは入射ラインを通過後、2台の線形加速器により4 MeV/uまで加速されます。加速された炭素ビームを蛍光板に照射することで、ビーム形状が観測できます(図参照)。計測された6価の炭素ビームの強度は490e $\mu$ Aであり、これは治療に必要な強度の倍以上です。その他、詳細なビームの特性はビーム分析ラインで調べることができます。その一例として測定された炭素ビームのエネルギー分布を図に示します。得られた分布から、中心エネルギー、エネルギーの広がり設計通りであることがわかります。また調整要素が非常に少ないため、安定なビーム供給が可能です。

### ■ まとめ

最適化設計とAPF方式IH型DTLという新しい加速器を採用することで、小型かつ省電力な入射器の開発に成功しました。この成功を受け、普及型がん治療装置の全体設計に目処が付き、第一号機建設のプロジェクトが開始されました。

(重粒子医科学センター 物理工学部 加速器開発室 岩田 佳之)



## 2006年 サイエンスキャンプを終えて

台風の前づく8月8日、沖縄や高知県から来る生徒さん達の飛行機はちゃんと着くのだろうかと心配しながら、参加者の到着を待っていました。ところが、心配とは裏腹に時間前には全員到着。日本科学技術振興財団の事務局の今瀬さん、引率の小林先生ともどもほっとして開講式に臨むことができました。また、開講式の前の待合室では、初対面のため緊張の面持ちでなかなかうち解けないのではと心配していると、一緒にテレビを見ながらもう仲良くなっていました。みんな初めて顔を合わせる人ばかりで、果たしてうち解けることが出来るだろうかというこちらの思惑は杞憂に終わりました。更に、その後の講義や実習、懇親会や宿舎でのミーティングなどでは、お互いに助け合うなど、直ぐに、みなさんすっかりうち解けたようでした。

講義や実習を引き受けていただいた先生方も、春頃に広報室の担当者が協力をお願いに行ったときには、準備も大変だし…と躊躇されていましたが、高校生達が元気な顔で挨拶しながら現れ、一生懸命慣れない手つきで、サーベイメータやピペットを操作する姿を目の当たりにして、結果的にはニコニコしながら指導しておられました。実際にこのサマーサイエンスキャンプを楽しんだのは、私たちスタッフの方でもあったかも知れません。



実習の指導を受ける生徒

今回の参加者の中には、将来医療関係の職に就きたいという志望をもつ生徒や、まだどんなことをやりたいか決めていない生徒もいるようでしたが、友達同士で夜遅くまで話合ったり、指導の先生方に聞いたりして、考えがより強固なものとなった生徒や、気持ちが決まった生徒もいました。

このサイエンスキャンプは、放医研の活動の一端を知ってもらったり、先端分野に触れてもらうだけでなく、若い人達に科学への興味を持ってもらうきっかけになったようです。

最後にこのキャンプを運営していただいている日本科学技術振興財団、引率にあたっていただいた小林先生に改めてお礼を申し上げたいと思います。



全員揃っての記念撮影

## ばるす No.57 "スポーツ嫌いのシェイプアップ"

運動不足と不摂生と加齢で、身体の衰えを感じていたところに、実験研究を少し離れて霞ヶ関で勤務した1年間でウエストサイズが一気に拡大、胴回りの皮下脂肪が分厚くなったのみならず、腹腔はぱんぱんで下方に張り出し、歪な形は宛も妊娠9カ月、身体をひねる度にうめき声が出てくる始末。研究生活に戻っても、動きが鈍って狭い実験室や廊下で物や人にぶつかり、身体が重くて疲れ易くすぐ具合が悪くなり、急激に悪化してゆく身体をどうにかする必要に迫られたのは四年前。カロリーコントロールは空腹に耐えられないので、嫌いなスポーツに手を出すしかなく、しかし、打撃やダッシュを伴うスポーツには腱や関節が耐えられず、筋トレは筋肉痛が仕事に悪影響、温水プールでも身体が冷え痺れてしまうので水泳もできません。無理なく脂肪を落として心肺機能を高める、とかいう有酸素運動くらいしか思いつかず、とはいえ若者や女性に混ざる勇気もないので、男性会員が多く、かつ平均年齢の高そうなウェルネスクラブに入会し、スタジオプログラムに出てみました。

エアロビクスのプログラムでは、音楽に合わせてインストラクターの指示どおり全身を動かします。踊りではなく米軍の体操だ、と気恥ずかしさを誤魔化して参加すると、すぐに動悸が激しく胸が苦しくなり、顔は真っ赤で目は視界が暗く狭まり、耳もよく聞こえず、つまり過呼吸で卒倒寸前、恥ずかしいどころではなくなりました。一人で黙々と1時間動き続けるのは精神的に苦痛ですが、スタジオで大音響の中、集団で、単純かつ激しい動きを反復すること-ディスコやお祭り御神輿、踊り念仏と同等-で、意識は恍惚感に至るので長時間の全身運動ができるのでしょう。週1ペースで2カ月ほどで、苦しさが楽しさに転じて皮下脂肪が落ち始めました。

コアトレーニングでは、姿勢保持に関わる体幹深部の小さな筋肉を鍛えますが、結構辛く、スタジオで元気の出る音楽の中、インストラクターの叱咤でも受けなければ継続は難しいものです。1年ほど続けてやっと、歪んだ下腹が締まってせり上がり、胃が若い頃の位置に戻ってきました。

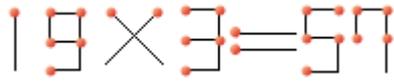
週1回2、3時間を調達して、これらのトレーニングを続けるうちに、身体が軽快になっただけではなく、普段の生活のちょっとした動作の度に、身体から気持ちよさが湧き上がってくるようになり、粗食ですら美味しく感じ、睡眠も深く以前より短い時間で疲れがとれ、低下気味だった覇気やモチベーションも回復するので、止められなくなって3年半ほど経過しました。運動不足による精神的肉体的ストレスの程度は、把握しにくいものですが、自分のスケジュールと身体に合った解消方法を探し出すことも仕事や家族のために必要なのかもしれません。

(緊急被ばく医療研究センター 高線量被ばく障害研究グループ 障害治療研究チーム 石原 弘)



◆ 答え ◆

(1) 1本だけ動かす場合



(2) 3本動かす場合

