

## TOPICS

**放医研・佐々木理事長がUNSCEAR議長に就任**

放射線医学総合研究所(放医研)佐々木康人理事長は去る4月26日からウィーン国際センターで開かれたUNSCEAR第52回会議で議長に選ばれました。日本国が議長を務めるのは熊取敏之氏以来でおよそ20年ぶりです。

UNSCEARとは1955年第10回国連総会決議に基づいて設置された国際連合原子放射線の影響に関する科学委員会(United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation)のことで、当時さかんに行われていた大気圏核実験による放射性物質の環境および人の健康への影響に関する学術データを収集・蓄積し、国連加盟国に対して報告書の形で提供することを目的としています。

2003年現在、日本を含む21カ国が加盟し、各国から推薦された科学者が出席して、環境における放射線源に関する学術調査データ、医療被ばく、職業人被ばく、公衆被ばくに関する調査データ、放射線の人々の健康ならびに環境への影響やチェルノブイリ事故による影響などについて、学術的な検討を行っています。その報告書は、加盟各国における放射線防護・安全に関する様々な検討の基盤となる信頼性の高いデータを多く蓄積しており、有用なデータベースとなっています。

放射線医学総合研究所(放医研)は、UNSCEARの発足当初より代表団代表や団員を送り出し、またUNSCEAR報告書案に対する国内研究者の意見とりまとめを行ってきところでは、今回、オーストリア・ウィーン国際センター内会議場で2004年4月26日から30日まで開催されたUNSCEAR第52回会合には、佐々木康人代表、佐々木正夫代表代理を含む8人の日本代表団が出席しました。この会合で、日本代表として出席していた佐々木康人放医研理事長が、UNSCEAR議長に就任しました。日本国が議長を務めるのは、(1985-86年の)熊取敏之氏(放医研所長)以来、二人目でおよそ20年ぶりの事です。佐々木理事長は、今後2年間にわたり議長職を務める予定で、日本からのますますの貢献が期待されています。

(第35回 原子力安全委員会臨時会議配付資料

[http://www.nsc.go.jp/siryo/siryo\\_f.htm](http://www.nsc.go.jp/siryo/siryo_f.htm)も合わせてご参照下さい)



第52回 UNSCEAR会場にて

## 放医研が原研・サイクル機構・日本分析センターの 3機関と原子力施設の事故時などの 緊急被ばく線量評価業務で協力協定を締結

(独)放射線医学総合研究所(佐々木 康人理事長)は、平成16年6月2日、日本原子力研究所(岡崎俊雄理事長)、核燃料サイクル開発機構(殿塚猷一理事長)、(財)日本分析センター(平尾 泰男会長)の3研究機関と原子力事故時の緊急被ばく医療を的確に行うため、新たに被ばく線量評価業務の機関間協力について協定を締結した。

放医研は、国の三次被ばく医療(※1)の中核的機関として、重篤な放射線被ばく患者の治療及び初期、二次被ばく医療機関への助言・指導にあたる役目を担っている。同時に、被ばく患者の治療に欠かせない被ばく線量評価を的確に行うより強固な体制作りが求められていた。今回の協力協定は、この被ばく線量を物理学的に評価する確かな体制を組織化するもので、3機関に対して、被ばく線量評価に係わる知識やノウハウ、測定機器の提供や物理学的線量評価ネットワーク会議への参加を求めたものである。物理学的線量評価は、これまでもこれらの機関が連携して実施してきたが、事故時に際して、明文化された形での組織的な体制が十分なされていなかった。今回の締結は組織間の協力を制度的にも確かにするものである。

### ■ 組織的なネットワーク構築の必要性

国の原子力安全委員会(委員長 松浦祥次郎氏)は、原子力施設の事故時などに速やかに被ばく患者を治療する緊急被ばく医療体制やその具体的な対策を提示するために「緊急被ばく医療のあり方について」(※2)(平成13年6月付)を決定した。この中で、放医研は、緊急時により重篤な放射線被ばく患者の治療を行う地域の三次被ばく医療機関としての役割も担うとともに、全国の中心的機関と位置付けされている。このため、放医研は、緊急被ばくのあり方を検討する緊急被ばく医療ネットワーク会議(※3)、染色体による線量評価を行う染色体ネットワーク会議(※4)、物理的な線量評価を行う物理学的線量評価ネットワーク会議(※5)を招集して、治療を効果的に展開していく体制を構築してきた。中でも特に、緊急被ばく医療では、治療方針決定のために迅速かつ正確な被ばく線量の推定が必要で、これら3機関と連携した組織的な線量評価のより強固な体制の確立が必要であった。

### ■ 協力協定について

物理学的線量評価は、事故時に対応して被ばく患者の被ばく線量を素早く、正確に測定・評価し、予後を推測し適切な治療方針を決める重要な評価法として活用されている。線量評価にはホールボディカウンタなどさまざまな測定器の利用・開発や被ばく線量を推定するノウハウの蓄積など、日頃からの研究が欠かせない。今回の緊急被ばく線量評価業務に関する協力協定は、組織が協力し合って線量評価を確実にすることを明文化したものであり、事故時に物理学的線量評価のための人材、資機材、施設の提供、測定協力を行うことや、放医研

が実施する「物理学的線量評価ネットワーク会議」を通じて、制度的にも線量評価の具体的協力をし易くするものである。

協力協定は放医研とサイクル機構、放医研と分析センターは、4月1日に締結、今回、放医研と原研が6月2日に締結したことで完了した。

## ■ 緊急被ばく線量評価業務の範囲

### ● 協力機関

日本原子力研究所、核燃料サイクル開発機構、日本分析センター

### ● 協力の範囲

1. 物理学的線量評価ネットワーク会議への参加
2. 緊急時における人材、施設、資機材の提供
3. 緊急時における試料の分析・測定、線量計算等の技術支援

### ● 有効期限

締結日より平成17年3月31日まで。その後1年間毎の

(緊急被ばく医療研究センター長 藤元 憲三)

## (※1) 三次被ばく医療

原子力安全委員会の「原子力施設等の防災対策について」では、原子力施設の事故時などに行う医療について初期被ばく医療、二次被ばく医療とともに三次被ばく医療を定義づけている。初期被ばく医療は事故発生現場近くで応急措置を行う医療で、二次被ばく医療は入院診療を行う医療。三次被ばく医療はより専門的な医療。高線量外部被ばく患者、重篤な合併症を有する被ばく患者などに対し、高度で専門的な除染及び治療を行うことができる機関を三次被ばく医療機関とした。放医研はこの三次被ばく医療機関の中核と位置づけられ、全国の地域被ばく医療機関に対して支援や助言を行う。

## (※2) 緊急被ばく医療のあり方について

国は平成11年9月30日に発生した茨城県東海村のウラン加工工場の臨界事故を機に原子力災害の対策を強化することを目的に「原子力災害対策特別措置法」(11年12月)を策定。さらに原子力安全委員会は平成13年6月に「緊急被ばく医療のあり方について」をまとめ、原子力施設の事故時などに被ばく患者を速やかに治療する体制を構築することを提言した。

## (※3) 緊急被ばく医療ネットワーク会議

本会議は、国の防災基本計画において『外部の専門医療機関との緊急被ばく医療に関する協力のためのネットワークを構築し、このネットワークによる情報交換、研究交流、人的交流を通じて平常時から緊急被ばく医療体制の充実を図るものとする』と、されているのを受け、原子力施設等の事故などの発生に備え、緊急被ばく医療に

関する協力関係機関とのネットワークを構築・整備し、より一層の充実を図るため、放射線医学総合研究所内に設置されている。

(※4) 染色体ネットワーク会議

本会議は、原子力施設等に係わる事故などの発生に備え、染色体分析法による被ばく線量推定のために、全国の協力関係機関とのネットワークを構築・整備し、より一層の緊急被ばく医療体制の充実を図るため、放射線医学総合研究所内に設置されている。

(※5) 物理学的線量評価ネットワーク会議

本会議は、原子力施設及び放射線利用施設等で発生した放射線被ばく及び放射線核種による汚染を伴った傷病者に対応するため、防護関連協力機関と有機的な連携を図り、迅速かつ正確に線量評価を行う体制を整備するとともに、技術の継承と後進の育成を図るため、放射線医学総合研究所内に設置されている。

## 田村文部科学政務官が放医研をご視察

田村文部科学政務官が、放医研をご視察のため、5月27日の午後に放医研に来られました。

当研究所の佐々木理事長から歓迎のご挨拶の後、放医研の主要事業と重粒子線がん治療など放医研の研究についての説明を受けられました。

その後、重粒子線がん治療装置(HIMAC)の治療照射室、がん診断に重要な核医学画像診断装置(PET/CT)をご視察されました。

ご視察後、田村文部科学政務官は「重粒子線がん治療が、我が国が誇る世界最先端の医療技術であることを実感した。放射線医学総合研究所は、放射線に関して重要な研究を行っているので期待している。」とのご感想を述べられました。



HIMACの模型の前



治療照射室



PET-CT

## 新刊紹介:我が国の自然放射線線量地図 「全国屋内ラドン濃度マッピング」 「我が国における宇宙線からの線量マッピング」を作成

自然放射線は我々が通常受けている放射線のほとんどを占めている。ラドンについては、1977年のICRPの勧告においてあらたな線量概念が導入されて以来、関心が高まり、研究者の数も急激に増加した。我が国においてもラドン研究は高い関心を集め、さまざまな研究が手がけられている。放射線医学総合研究所においてもパッシブラドン測定器を用いた日本全国屋内ラドン濃度調査を1985年に開始した。更に、自然放射線からの被ばくを考えると、宇宙線からの被ばくも無視するわけにはいかない。1970年代の我が国の宇宙放射線線量の評価は主として1966年のUNSCEARの報告書に記載されたデータを用いた曖昧なものであった。その後、我が国においても幾つかの測定がなされ、海面レベルでの宇宙線線量率が実測によって確かめられ、また、高度依存性を評価した測定結果も求められるなど、モデル計算結果を検証できる素地が出来上がってきた。一方、中性子成分による線量寄与の評価は、線量寄与の割合が低く、また測定が難しいことから地上での線量評価に用いることのできる測定結果は、大変数が少ない。しかしながら、中性子の放射線荷重係数がICRP Publ.60の勧告により以前の2倍になったこともあり、中性子成分を含めた宇宙線からの線量再評価の必要性が高まっていた。

もともと自然放射線のレベルを把握することは、将来汚染が発生した場合の汚染前の値として放射線安全研究上、重要な役割を果たす。また自然放射線による地域差を見つけ出しその原因を究明するため、あるいは、放射線レベルの地域差を利用して放射線の影響を疫学的見地から検討するために必要とされる。こうした事由を重視し、UNSCEARは自然放射線レベルに関する情報を5～6年毎に見直し、報告書をまとめている。



屋内ラドン濃度/宇宙線からの線量 報告書

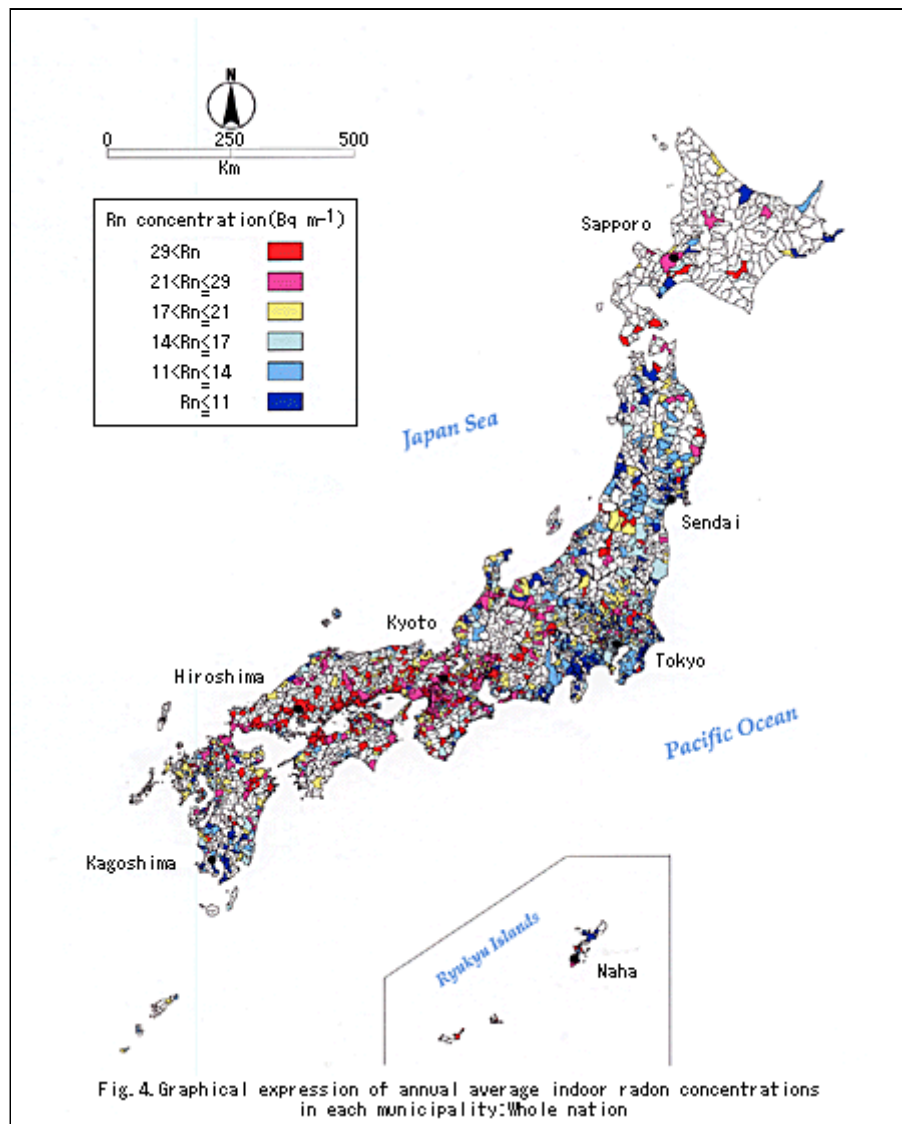
このたび、放医研では日本全国の7,000軒以上にのぼる屋内ラドン濃度調査結果を「全国屋内ラドン濃度マッピング」としてまとめた。この報告書では屋内ラドン濃度の度数分布、屋内構造別ラドン濃度、都道府県別ラドン濃度と共に、平均屋内ラドン濃度測定結果を市町村別の値として数表と地図に示している。これらの結果より国連科学委員会(UNSCEAR)の線量評価モデルに基づい

て算術平均から推定された年間線量は、0.59mSvとなり、諸外国に比べても低く、ラドン濃度の高い家屋の割合も大変少ないことが示されている。一方同時に作成した「我が国における宇宙線からの線量マッピング」は、日本全国3,378市町村についてそれぞれの役場の緯度、経度、高度をもとに宇宙線の各成分の寄与を計算したものである。その結果を数表及び地図として示している。我が国の宇宙線線量の平均は $35\text{nSv h}^{-1}$ である。宇宙線線量には緯度と高度による変化があり、沖縄から北海道にかけての一般的な緯度効果による線量増加傾向のうえに、高度による線量増加がより強調される形で付け加えられている。従って、県としては長野県が一番宇宙線線量の高い地域に( $44\text{nSv h}^{-1}$ )、市町村としては群馬県草津町が一番高い地域( $59\text{nSv h}^{-1}$ )になっている。

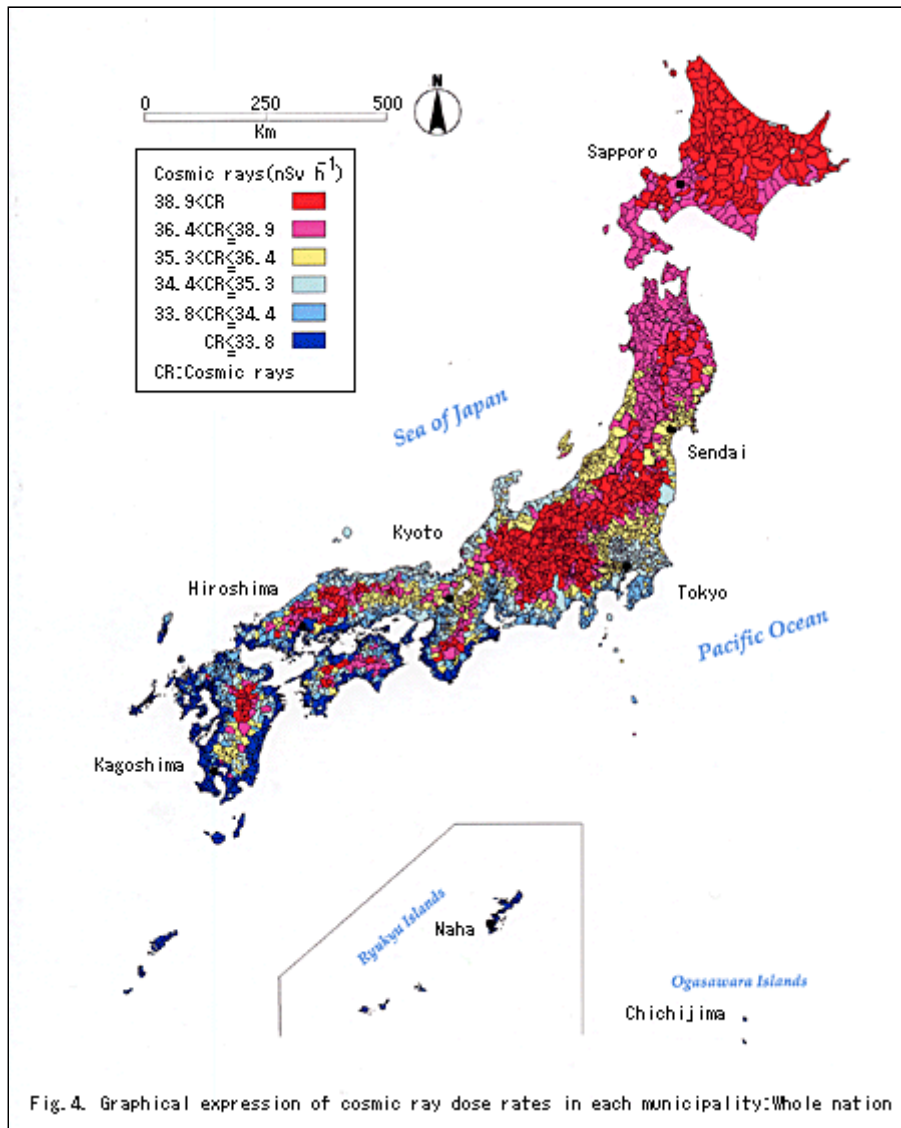
今回の2つの報告書は、我が国の自然放射線を網羅的に把握する貴重なデータで幅広い利用が期待される。

連絡先：[naokoiso@nirs.go.jp](mailto:naokoiso@nirs.go.jp)

(緊急被ばく医療研究センター長 藤元 憲三)



測定対象各市町村の屋内ラドン濃度  
色分け段階表示全国版



各市町村の宇宙線線量率  
色分け段階表示全国版



## 第5回 日仏ワークショップ開催

平成16年6月1日(火)から6月4日(金)にかけて、放射線医学総合研究所(放医研)重粒子治療推進棟大会議室及びセミナー室において、放医研及びフランス原子力庁(CEA)生命科学局主催の第5回日仏ワークショップ(5th Japan-France Workshop on Radiobiology and Medical Imaging)が開催されました。本ワークショップは、放医研とCEA生命科学局の間の覚書に基づき、放射線医学生物学領域における日本とフランスの研究者の交流を促進し、それぞれの研究を活性化させることを目的に、1996年以来、原則として隔年で日仏交互に開催されてきました。今回のワークショップは、「生物影響」、「画像医学」の2分野で開催され、フランス側からは研究者11名とフランス大使館の3名、日本側からは所内(95名)・所外(43名)合わせて138名、合計152名の参加がありました。

開会式に引き続く基調講演では、まず京都大学の佐々木正夫氏が、「Biological effects of low level radiation」の演題で、低線量及び低線量率放射線の生物影響について、分子レベルから動物実験レベルまでの最近の知見を体系的に集約し、分かりやすく、また洞察と今後の研究への示唆に富んだ講演をされました。続いて、CEAのAndre SYROTA氏が「Perspectives on molecular imaging」の演題で、生体機能を評価する重要な手段として分子イメージング研究を今後どのように進めるかについて、示唆に富んだ包括的な講演をされ、さらに、CEAフレデリック・ジョリオ病院に建設予定の遺伝子発現イメージング研究施設「ImaGene」と、脳機能研究施設「NeuroSpin」を紹介されました。

今回のワークショップでは放射線生物分科会と画像医学分科会が平行して進められ、効率的議論がされました。放射線生物分科会では「Low dose radiation effects on animals and cells - I/II」「Detecting the low dose effects on DNA and chromosomes」「DNA damage/repair - I/II」「Radio-toxicology - I/II」の7つのSessionで21演題が、画像医学分科会では「Drug design and delivery system for molecular imaging」「Drug design and clinical evaluation」「Molecular imaging in cardiovascular system and instrumentation」「Role of MRI in molecular imaging」「New technology and application of CT and MRI」の5つのSessionで16演題が発表されました。

総括討論・閉会式では、今後の共同研究に関して日仏双方よりいくつかの研究課題が提案され、今後さらに協力を進めることが確認されました。



推進棟会議室にて

## お知らせ

## ジャーナルに紹介された放医研・研究者の発表論文(共著も含む)

発表原著論文のうち5月1日-5月31日ジャーナルに掲載された論文は以下のとおりです。

タイトル	発表者	ジャーナル	巻	頁	年
The Establishment and Characterization of Cell Lines Stably Expressing Human Ku80 Tagged with Enhanced Green Fluorescent Protein	Manabu Koike, Aki Koike	Journal of Radiation Research	45	119-125	2004
Application of Micro-Pixe in Atmospheric Environmental Science Research: Elemental Maps in Root of Siebold's Beech Seedling	Katsumi Saitoh, Yoshito Watanabe, Hitoshi Imaseki, Masae Yukawa	International Journal of PIXE	13	115-119	2003
Hydroxyl radical generation caused by the reaction of singlet oxygen with a spin trap, DMPO, increases significantly in the presence of biological reductants	Chiho Nishizawa, Keizo Takeshita, Junichi Ueda, Michiko Mizuno, Kazuo T. Suzuki, Toshihiko Ozawa	Free Radical Research	38	385-392	2004
Comparative Study on Tp53 Gene Mutations in Lung Tumors from Rats Exposed to $^{239}\text{Pu}$ , $^{237}\text{Np}$ and $^{222}\text{Rn}$	Yutaka Yamada, Yoichi Oghiso, Jean Paul, Morlier, Kristel Guillet, Paul Fritsch, Nicolas Dudoignon, Georges Monchaux	Journal of Radiation Research	45	69-76	2004
Retrotransposition of limited deletion type of intracisternal A-particle elements in the myeloid leukemia cells of C3H/He mice	Hiroshi Ishihara, Izumi Tanaka, Hong Wan, Kumie Nojima, Kazuko Yoshida	Journal of Radiation Research	45	25-32	2004
Involvement of Protein Kinase C-Related Anti-apoptosis Signaling in Radiation-Induced Apoptosis in Murine	Tetsuo Nakajima, Osami Yukawa, Chihiro Azuma, Harumi Ohyama, Shuji Kojima, Wang Bing,	Radiation Research	161	528-534	2004

Thymic Lymphoma (3SBH5) Cells	Isamu Hayata, Hiroko Inaba				
N- <sup>18</sup> F[fluoroethylpiperidin-4-ylmethyl butyrate: a novel radiotracer for quantifying brain butyrylcholinesterase activity by positron emission tomography	Tatsuya Kikuchi, Zhang Ming-rong, Nobuo Ikota, Kiyoshi Fukushi,Toshimitsu Okamura, Kazutoshi Suzuki, Yasushi Arano, Toshiaki Irie	Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters	14	1927-1930	2004
Comparative Studies on the Stability of a Chelate-Ring Unit in Dynamic Aspects,Chelate-Rings of the Cu(II) Complexes Constructed by (N-(Glycyl)), (N-(beta-Alanyl)),and(N-(2-aminoethyl)) Moiety	Akira Hanaki, Toshihiko Ozawa,Yasuhiro Funahashi, Akira Odani	Bulletin of the Chemical Society of Japan	77	699-707	2004
Identification of the XPG region that causes the onset of Cockayne syndrome by using Xpg mutant mice generated by the cDNA-mediated knock-in method	Naoko Shiomi, Seiji Kito, Masaki Oyama, Tsukasa Matsunaga, Yoshinobu Harada,Masahito Ikawa, Masaru Okabe, Tadahiro Shiomi	Molecular and Cellular Biology	24	3712-3719	2004
Performance of a Prototype of Liquid Xenon Scintillation Detector System for Positron Emission Tomography	Tadayoshi Doke, Mikio Yamamoto	Japanese Journal of Applied Physics	43	779-784	2004
Microbial interactions affecting the natural transformation of Bacillus subtilis in a model aquatic ecosystem	Kazuaki Matsui, Nobuyoshi Ishii, Zen, ichiro Kawabata	FEMS Microbiology Ecology	45	211-218	2003
[ <sup>11</sup> C]Methionine Positron Emission Tomography and Survival in Patients with Bone and Soft Tissue Sarcomas Treated by Carbon Ion Radiotherapy	Hong Zhang, Kyosan Yoshikawa, Katsumi Tamura, Takashi Tomemori,Kenji Sagou,Mei Tian , Susumu Kandatsu,	Clinical Cancer Research	10	1764-1772	2004

Hiroshi Tsuji,  
Tetsuya Suhara,  
Kazutoshi Suzuki,  
Shuji Tanada,  
Hirohiko Tsujii,  
Tadashi Kamada

Performance of a PET  
Detector with a 256ch  
Flat Panel PS-PMT

Naoko Inadama,  
Hideo Murayama,  
Mitsuo Watanabe,  
Tomohide

IEEE  
Transactions  
on Nuclear  
Science

51 58-62 2004

Omua, Takaji  
Yamashita, Hideyuki  
Kawai, Takaya  
Umehara, Takehiro  
Kasahara, Narimichi  
Orita, Tomoaki  
Tsuda

On-clock non-paralyzable  
count-loss model

Tomoyuki  
Hasegawa, Eiji  
Yoshida, Taiga  
Yamaya, Kouichi  
Murayama, Hideo  
Murayama

Physics in  
Medicine and  
Biology

49 547- 2004  
555

## お知らせ

## 海外からの来所者

## 平成16年5月

来所期間/用務	氏名	所属	国籍
---------	----	----	----

## 施設見学

5月10日	Juan,Chung-Chou	台湾 阮綜合病院	台湾
	Ker,Chen-Ko	〃	〃
	Chen,Horng-Yaw	〃	〃
	Liang,Yun	〃	〃
	Chang Huan-Chen	台湾 壠新病院	〃
	Hsu Shin-Tien	〃	〃
	Chang Jing-Wen	〃	〃
	Liu Hui-Ing	〃	〃
	Chang Jao Jui-Yin	〃	〃
	Chen,Hsin-Hung	〃	〃
	Marko Giacomelli	〃	〃

## 研究打合せ

5月17日	Shu-Ying Lai	台湾 原子力委員会	台湾
-------	--------------	-----------	----

## 小型リングでの電子ビーム冷却によるビーム蓄積法を確率するためHIMACにて実験研究

5月2日～18日	Syresin Evgeny	ロシア原子核研究機構	ロシア
----------	----------------	------------	-----

## 重イオンの反応断面積測定に関する実験と今後の打合せ

5月15日～21日	Marko Giacomelli	スロベニア ジョセフ・ステファン研究所	スロベニア
-----------	------------------	------------------------	-------

## インドネシアにおける加速器計画に関するIAEA-JICA研修

5月24日～27日	Sudjatmoko	インドネシア 産業技術研究開発センター	インドネシア
	Darsono	〃	〃

## 陽電子放出核イオンの治療ビームへの応用

### ■ はじめに

炭素の同位体 $^{11}\text{C}$ (半減期:約20 min)などの陽電子放出核(RI)はPET診断のための標識薬剤として広く利用されている。この $^{11}\text{C}$ をHIMACで加速し治療用ビームとして適用し、PETイメージングを併用すれば照射された部位が照射中及び照射直後に可視的に検知でき、この有効性は重粒子線治療においてより精度の高い治療法として期待できる。一般にRIビームを発生させるためには「入射核破砕法」及び「標的破砕法」の2つの方法がある。現在放医研では前者の方法、即ちHIMACで加速された高エネルギーの $^{12}\text{C}^{6+}$ ビームを標的板に照射することによって2次的に生成される $^{11}\text{C}^{6+}$ (RI)を治療ビームとしてに用いる研究が進められている。しかしこの方法では入射ビームに対する2次ビームとしての $^{11}\text{C}^{6+}$ の生成効率が低いこと、及び $^{11}\text{C}^{6+}$ ビームの空間的な広がりやエネルギーの広がりが大きくなり結果的には治療ビームとして利用できる線量が少ないと言う難点がある。

ここで新たに紹介する方法は上記の后者に相当するもので、生成されたRIをイオン化して加速することで1次ビームとして治療に用いることが出来る。この研究は、現状でのPET薬剤製造・回収技術を応用し $^{11}\text{C}$ (RI)ガスをパルス化してイオン化することにより、 $^{11}\text{C}$ -beamを $1 \times 10^8 \sim 1 \times 10^9$  [ppp]のオーダーでHIMACから取り出すことを可能にするものである。またビーム強度の面でも現在行われている治療ビーム( $^{12}\text{C}$ )に匹敵する照射線量が期待できる。

### ■ システムの概要

図-1には、本研究における $^{11}\text{C}$ の生成からイオン化までの構成とその行程を示す。

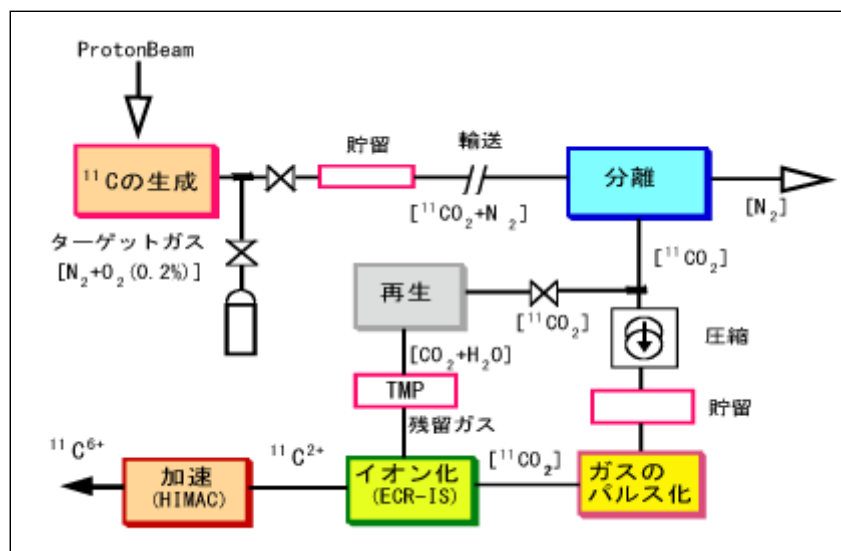


図-1  $^{11}\text{C}$ の生成からイオン化および加速までの行程

例えばRI製造Target内で生成される $^{11}\text{C}$ を1 Ci( $A = 3.7 \times 10^{10}$  Bq)とする。これは、現状のRI製造でも日常的に生成される量で、 $^{11}\text{C}$ の個数 $N_0$ は、 $N_0 = 6.5$ 個(生成時間:20分)である。またターゲットの $\text{N}_2$ ガスに0.2%程度の $\text{O}_2$ ガス混入させることによって $^{11}\text{C}$ は $^{11}\text{CO}_2$ の形で引き出される。これは後述するイオン化の過程で $^{11}\text{C}^{2+}$ を生成する効率が比較的高いと予想されるためである。

生成された $^{11}\text{C}$ を $^{11}\text{CO}_2 + \text{N}_2$ ガスの状態でTargetから引き出し輸送し $^{11}\text{CO}_2$ ガスを液化装置にてドライアイス状態でトラップし $\text{N}_2$ ガスと分離する。輸送終了後 $^{11}\text{CO}_2$ は加熱され、適当な補助ガス(ここではHeガスを仮定する)によってトラップから押し出され圧縮された状態で貯留される。輸送からここまでの時間経過は4min程度、また回収効率は85(90%が期待でき、従ってこの時点での $^{11}\text{C}$ の個数は崩壊減衰を含めて、約77% ( $\sim 5 \times 10^{13}$ 個)と見積もられる。

圧縮された $^{11}\text{CO}_2 + \text{He}$ ガスは定量タンクと2個の高速電磁バルブでパルス化され1-ガスパルス当たりの $^{11}\text{C}$ の個数は $\sim 3 \times 10^{11}$ 個程度に制御される。またパルスはHIMACでの加速周期(パルス幅:1 msec, 繰り返し: 3.3 sec)に整合性をとる。イオン源(ECR)では $^{11}\text{C}^{2+}$ -Ionを生成する。イオン化効率を仮に1%と仮定しても $2 \times 10^9$ [ppp]の $^{11}\text{C}^{2+}$ -beamが出力される。またHIMACでの加速・取り出し効率の約10%、及びこの間の崩壊減衰を考慮すれば $1 \times 10^8$  [ppp]の $^{11}\text{C}^{6+}$ -beamが治療ビームとして利用できる。即ち、1-Ciの $^{11}\text{C}$ (RI)製造において実質320-パルス分約18min間供給できることになる。

本研究の具体化において更に安定性を持たすためには、 $^{11}\text{C}$ の生成量そのものを増やすこと、イオン源でのイオン化効率を上げることに加えイオン化の過程において大部分が未使用となる $^{11}\text{C}$ を含んだガスを「再生」して再利用することも重要なテーマとしている。この「再生」過程では最新技術を応用した気体透過膜の適用も考えられる。

(加速器物理工学部 サイクロトロン運転室 本間 壽廣)



# がん治療最前線

## シリーズ35 中枢神経系腫瘍に対する重粒子線治療

中枢神経系腫瘍に対する従来の光子線による放射線治療では、抗がん剤と併用しても、放射線感受性の低い腫瘍が多く、その局所制御率は低い。また、腫瘍周囲の正常脳や近接する組織(視神経、脳幹等)の障害を最小限にする必要があるため、これらが制限因子となり、十分な治療線量を照射することが不可能なことが多い。このような難治性の腫瘍に対して多くの試みがなされたが、有効な治療法はまだ存在していない。これに対して高RBEという生物効果と荷電粒子線としての良好な線量分布を併せ持つ重粒子線の効果が期待されている。

中枢神経系(脳、頭蓋底・傍頸髄)腫瘍に対する重粒子線治療の経過を [図-1](#) に示す。

### ■ 脳腫瘍

1993年10月から2002年2月まで、66例の星細胞腫や悪性グリオーマに対して第I/II相線量増加試験(プロトコール:9302)が行われ、腫瘍の局所制御および早期・遅発正常組織反応の解明等、基礎的データの収集が行われた。星細胞腫は炭素イオン線単独照射で、線量増加に伴いProgression free survival(PFS)および累積生存率が上昇する傾向が確認された。悪性グリオーマに対するX線と炭素イオン線の併用療法の結果は、退形成性星細胞腫の低線量群(16.8～20.0GyE)では、局所制御期間の中央値が18ヶ月、高線量群(22.4、24.8GyE)では31ヶ月、また多形性膠芽腫では、16.8GyEが4ヶ月、18.4GyEと20.0GyEが7ヶ月、22.4GyEが5ヶ月、24.8GyEが14ヶ月と、明らかに従来のX線治療を上回っている。また炭素イオン線の線量増加に伴いPFSおよび累積生存率が上昇する傾向が確認されており、炭素イオン線治療の有用性が示唆された。これらの結果を受け、2002年4月からは悪性グリオーマに対する炭素イオン線単独(20回/5週間)の第I/II相線量増加試験(プロトコール:0101)が開始し、現在第2段階目まで線量増加が行われ、10例が登録されている。

### ■ 頭蓋底・傍頸髄腫瘍

1997年5月から2004年2月まで、28例の頭蓋底・傍頸髄腫瘍に対して第I/II相線量増加試験(プロトコール:9601)が行われた。線量増加は48.0GyE(3.0GyE/1回)から開始し、52.8GyE(3.3GyE/1回)、57.6GyE(3.6GyE/1回)、60.8GyE(3.8GyE/1回)と現在第4段階目である。腫瘍反応は低線量群(48.0および52.7GyE)で脊索腫の1例に局所再燃を認めしたが、それ以外では照射線量にかかわらず再燃例は見られなかった。第4段階目の線量群(60.8 GyE/16回/4週間)の観察期間は、解析時点で最短6ヶ月、最長16ヶ月であり、長期予後の結果から判断される疾患であるため、最終的な結論にはもう少し時間が必要だが、良好な局所制御が得られていると思われる。本プロトコールは2004年2月で臨床試験を終了し、2004年4月からは同症例に対して、60.8 GyE/16回/4週間の線量分割法で、高度先進医療として治療が行われている。

左傍咽頭間隙脊索腫の炭素イオン線治療の症例を提示する(図-2)。炭素イオン線52.8GyE/16回/4週間の治療後66ヶ月経過している。腫瘍はほぼ消失しており、明らかな腫瘍再発、再燃等もなく経過は良好である。

(重粒子医科学センター病院 長谷川 安都佐、溝江 純悦、辻井 博彦)

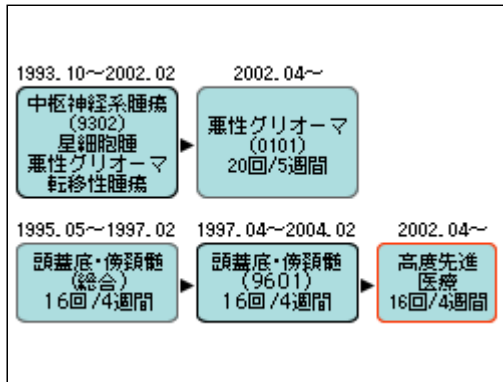


図-1 プロトコールの流れ

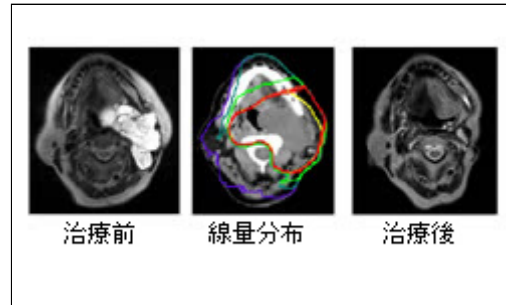


図-2 脊索腫術後再発(左傍咽頭間隙)

## エッセイ・ばるす NO.32 むし

「むし」は地球上の動物のおよそ70%を占め、約300万もの種類がいるという。その多様性たるや感動してしまう。蝶やバッタなどにみられる絶妙な擬態には、種存続の強い意思を感じてしまう。淘汰による適者生存や稀有な適応進化という説明で片付けてしまえるものなのか、いつも不思議である。

小さい頃いわゆる虫取り少年だった。カブトムシよりもクワガタが好きだ。英語でstag beetle、学名Dorcus (ドルクス)である。彼らの「アゴ」は、なぜにあのような形状が必要なのか。これまた考えると不思議である。

幼小の頃、周辺の雑木林で採集できたのは、コクワガタ、ノコギリクワガタという「普通」のもの。他は図鑑でしか見たことがなかった。アマゾンが昆虫の宝庫だと知り、「アマゾン探検隊になるぞ」、と大志をいただいたものの、ものすごく蚊に刺されるぞと言われ、あえなく断念。虫は好きでも蚊は大の苦手である。

息子も虫に興味を持ち始めた。よし、クワガタ採集をおしえよう。かくして、群馬にある家内の実家近くでクワガタを採取したのだが、ただ飼育するだけでは面白くない。産卵できるような環境を作り、その冬には30匹ほどクワガタの幼虫がとれた。結局、部屋の中には幼虫飼育ビンが並ぶこととなった。クワガタの幼虫から蛹への変態の現場を見たのはこれが初めてであった。変態は実に不思議である。じっくりとその様子を見ながら、生物の、そして遠く宇宙の起源や進化について、ますます思いを巡らすようになった。

昨今の外国産昆虫の輸入解禁にともない、舌をかみそうな横文字の名前のクワガタが手に入るようになった。それらの飼育・繁殖に真剣なのは、子どもよりも大人のようなだ。ブリーディングのハウツーを紹介したクワガタ専門誌は多数刊行されている。中にはめずらしい症例を英文要旨付きで掲載しているものさえある。クワガタの図鑑も、あの当時は洋物のスケッチものだったが、最近のは世界各地の亜種までをきれいな写真で紹介したアトラスである。本邦に関していえば、なんと33種類ものクワガタムシがいるのだという。最近知ってびっくりした。日本南西がやはり多いという。おそるべし、トカラ、奄美である。

「研究」として感心するものがある。どこぞの生物多様性プロジェクトである。日本に輸入される外国産クワガタ(侵入生物という位置付け)による国産系統のかく乱に関する研究で、ミトコンドリアDNA調査による国産クワガタのルーツや、外来種との雑種形成について調べられている。クワガタでゲノムとは・・・おそるべしである。

時に、今年は17年ゼミ(きっかり17年地中で幼生時代を送る、北米に生息するゼミ)が一斉に発生する年である。ゼミの幼虫は木の根から樹液を吸って大きくなるが、樹液中の栄養分の量の季節変動から季節周期を計数しているらしい。気の長いリズムを正確に刻むのは、彼らの生き残り戦略であるというが、なぜにそのような進化となったのか、虫たちに聞いてみたいものである。

夏から秋にかけ、もと虫取り少年にはうれしい季節である。と同時に奴らとの攻防の季節でもある。英語名mosquito、学名Culicidaeである。あっ、入ってきた!バシッ!!

(低線量生体影響プロジェクト 大町 康)

