

## 年頭のごあいさつ

## 2006年の新春を迎え 謹んでお慶びを申し上げます。

理事長 佐々木康人

年頭の犬吠えによって、幼気な子供達が護られ、また安心して住まいを選べる年となることを切に祈ります。

あと3ヶ月で先行独法研究機関として、最初の中期計画期間が終了します。この5年間の研究成果報告会を3月17日に東京で開催します。午前中は専門家向け発表会、午後是一般の方々向け報告会として企画しています。放医研はプロジェクト研究、基盤研究のすべてで中期目標、中期計画を達成するでしょう。特に進捗の顕著な「重粒子線がん治療研究」の成果を2月25、26日にオーストリアのインスブルックで発表します。ヨーロッパ各国の専門家から熱烈な声援を受けての報告会開催です。日仏2国間のワークショップを除けば、初めての海外進出といえます。大きな成功を期待しています。



新たな大型プロジェクト「分子イメージング研究」を画像医学部の一部と脳研究を原資として、2005年4月に立ち上げました。国の重要課題に取り上げられた分子イメージング研究に応募し、7月に「PET疾患診断研究拠点」に指定されました。この外部資金を合わせて2005年11月に「分子イメージング研究センター」を創設しました。分子生物学と画像医学を融合して、生体分子の挙動を画像表示する分子イメージング技術を開発し、基礎科学から臨床医学まで幅広い領域を統合する新たな学問分野の確立を目指しています。次期中期計画の中核となる研究を一足早くスタートしたことになります。

放射線防護学(保健物理学)の分野で国際的リーダーシップをとれる人材の養成も急務と感じています。国連科学委員会(UNSCEAR)、国際放射線防護委員会(ICRP)、国際原子力機関(IAEA)、世界保健機構(WHO)における放医研所員の活動により、放医研の存在感は随分高まりました。放射線生物学、放射線生態学との連携に基づく evidence based regulation の策定が益々重要になります。この分野への挑戦は放医研の重大な任務です。「規制科学」の旗印のもとで推進をはかります。

2004年に法人化した大学にも大きな変化が見られます。連携大学院にとどまらず、様々な形で大学との協力体制を作り始めました。薬剤の臨床治験など産業界との協力体制も除々に進んでいます。

文部科学省の見直し案の枠組みを踏まえて、第2期中期計画が策定されました。これを実施するための組織・運営体制がほぼ完成し、人員配置に着手しました。予算も内示されました。さらに研究場所の配分を行って2006年4月に新中期計画の円滑な出帆を期しています。未だ仮称ではありますが、「重粒子医科学」「分子イメージング」「放射線防護」「緊急被ばく医療」の4研究センターで研究活動を実施し、「基盤技術」センターを中心とする研究基盤部門が支援・推進を担います。管理・運営部門も過去5年の経験と新体制による将来展望に基づき効率性を一層高める組織とします。非公務員型独法になることにより運営管理上の様々な変革が予想されます。その利点を最大限に生かして、激変する社会の動向に沿いつつ、よい伝統は維持する方策を模索しています。

2005年4月から7月にかけて、役員を含む多くの幹部職員が交代しました。新任の方々の素早い適応と逞しいエネルギーにより、困難な作業がここまでこぎつけたことに感謝しています。最後の4半期にもなすべき用務が山積しています。所員各人の今後5年間の仕事に直接かかわる調整をする時期でもあります。運営陣との相互理解に基づく、きめ細かい、調和のとれた体制作りを努めています。手探りで独法理念の実現を目指した今期の経験を生かして、次期中期計画期間に放医研が独法として成熟し、科学技術の進歩、社会の発展、安全、安心の確保と推進に一層貢献することを願っています。

スポーツの世界で、優れたアスリート達が日本への注目を世界から集めているように、「研究者のプレイグラウンド」で世界チャンピオンが多数活躍する事が期待されます。独創的アイデアを持った研究者、その実現を支援する技術陣、効率的に業務を推進する事務管理部門のバランスのとれたスクラムが鍵であると思います。

初日の出のもと、狛犬と共に天翔る放医研の姿を夢見る元旦であります。

((独)放射線医学総合研究所 理事長 佐々木康人)

## TOPICS

## 小澤 俊彦 前理事が電子スピサイエンス学会賞を受賞

平成17年度の電子スピサイエンス学会の学会賞を放医研の前理事・小澤俊彦氏(現東北大学客員教授、東工大特任教授、放医研客員協力研究員)が受賞、去る10月25日に仙台で開催された学会で表彰および受賞講演が行われた。

受賞の対象となった主な研究は放医研で行った「電子スピン共鳴(ESR)法を用いた酸化ストレスに対する生体防御機構に関する研究」で、すなわち、放射線が酸化ストレス源として生体に照射されたときに、生体内で最初に生成される活性酸素・フリーラジカルのin vitroおよびin vivoでの検出、同定あるいはそれら活性種に対する消去機構、消去物質の探索を電子スピン共鳴を駆使して、多くの成果を得たことが高く評価され、今回の受賞となった。

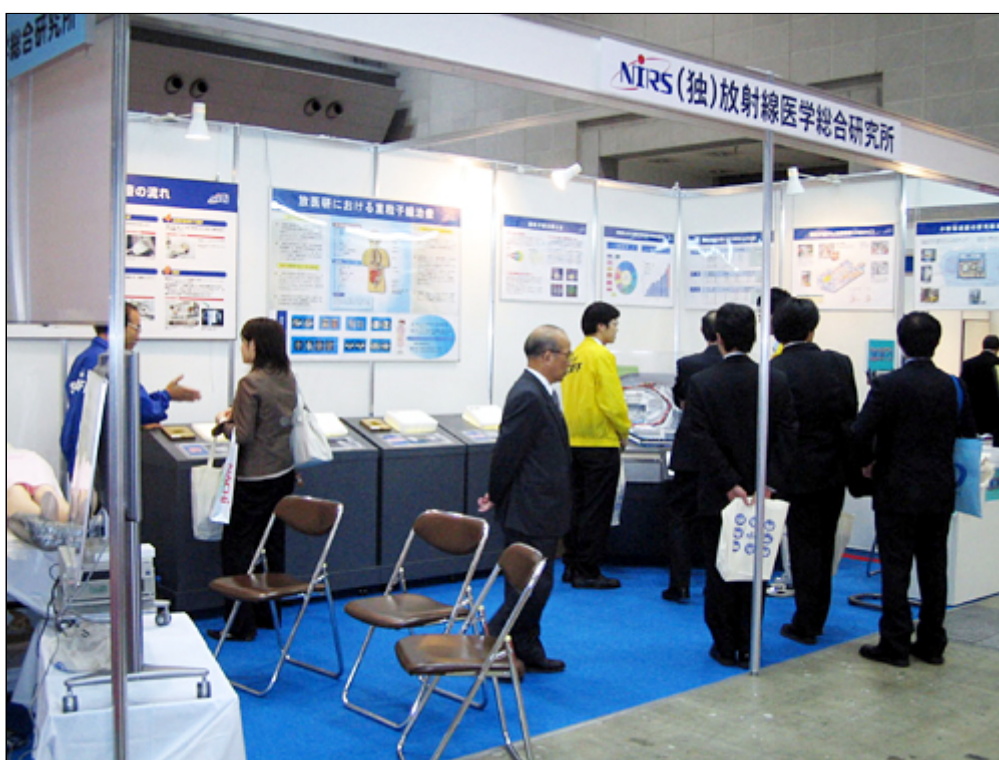


受賞時に贈呈された楯

## 産学官技術交流フェアー2005開催

産学官技術交流フェアー（日刊工業新聞社の主催）が平成17年11月30日（火）から12月2日（木）まで東京ビッグサイトで行われた。

放射線医学総合研究所は、HIMACの模型やボラス、コリメータの実物展示、パネル・ビデオなどで研究内容の紹介を行った。期間中は約1万人を超える入場者で賑わい、放医研のブースにも大勢の人たちが立ち寄り、重粒子線がん治療などの説明を真剣に受けていた。



説明を受けている来場者

## TOPICS

## がんの重粒子線治療 NIRS-Med Austron 合同シンポジウム

今回のシンポジウムでは、これまで行ってきた放医研における重粒子線治療研究成果とヨーロッパにおける重粒子線治療の新たな展開を紹介します。

- 日時 :           **メインシンポジウム**  
平成18年2月25日(土)8:30~18:00
  - サテライトシンポジウム**  
2月26日(日)9:30~13:00
  - 場所 :           オーストリア インスブルック医科大学
  - 主催 :           放射線医学総合研究所 インスブルック医科大学
  - 参加費 :         無料
  - 問い合わせ : 放射線医学総合研究所 国際室
- TEL : 043-206-3146 FAX : 043-206-4061  
E-mail : [icsonly@nirs.go.jp](mailto:icsonly@nirs.go.jp)

## &lt;プログラム&gt;

## ● 2月25日 (土) メインシンポジウム

- 8:30 開会式
- 9:00 放医研及びプロジェクトの紹介
- 9:30 HIMACによる臨床結果
- 11:50 HIMACの生物学的、物理学的特性
- 12:30 ランチ
- 14:30 ヨーロッパにおける重粒子プロジェクトの現状 オーストリア、ドイツ、イタリア、フランス
- 17:15 ラウンドテーブルディスカッション
- 18:00 閉会式

## ● 2月26日 (日) サテライトシンポジウム

- 最適な治療計画及び照射技術の発表 -



## 細菌による放射性元素テクネチウムの除去

湛水された水田の田面水中に生息する微生物と、放射性元素テクネチウム(Tc)との関係について研究を行った。その結果、微生物のうちグラム陰性細菌が田面水よりTcを除去することが分かった。また、このTc除去は細胞表面へのTc吸着ではなく、細胞の代謝と関連した除去であることが示唆された。Tcを除去した細菌は、田面水の落水等で土壌表層へ沈降、蓄積する。従って、田面水における細菌によるTcの除去は、水田土壌表層へのTc蓄積の要因の一つであると考えられる。

周期表の43番目にあたる元素テクネチウム(Tc)は、安定な同位体が存在せず、すべて放射性である。中でも質量数99のTcは、ウランやプルトニウムの核分裂により高い収率で生成され、物理的半減期が約21万年と非常に長い。このような特徴を有するTcが、過去に行われた大気圏内核実験、あるいは使用済み核燃料の再処理施設より環境中へ放出され、水圏や陸圏に蓄積しつつある。

環境中に存在するTcの酸化数は、主に+7価 [Tc(VII)]と+4価 [Tc(IV)]である。Tcの環境挙動は、この酸化数に依存するところが大きい。例えば、好気的な環境においてTcはTc(VII)O<sub>4</sub><sup>-</sup>として存在しており、この化学形態は土壌中を移動しやすく、植物体に吸収されやすいことが知られている。一方、嫌気的な環境では主にTc(IV)として存在している。Tc(IV)は固相へ吸着しやすく、その結果、土壌中での移動性が低くなり、植物体にも吸収されにくくなる。

日本の水田土壌では、表層約20cm以浅の作土層にTcが蓄積されているとの報告がある。水田土壌の水分含量は他の陸圏土壌と比較して高い。また土壌間隙水中酸素移動速度は極めて遅いため、水田土壌中は嫌気的な環境が支配的となる。水田土壌表層におけるTcの蓄積は、この嫌気的環境における還元作用より引き起こされたと考えられてきた。つまり、Tc(VII)O<sub>4</sub><sup>-</sup>として水田に供給されたTcは、嫌気的な水田環境においてTc(IV)に還元され、その結果、土壌に吸着し蓄積されるとされてきた(図-1)。

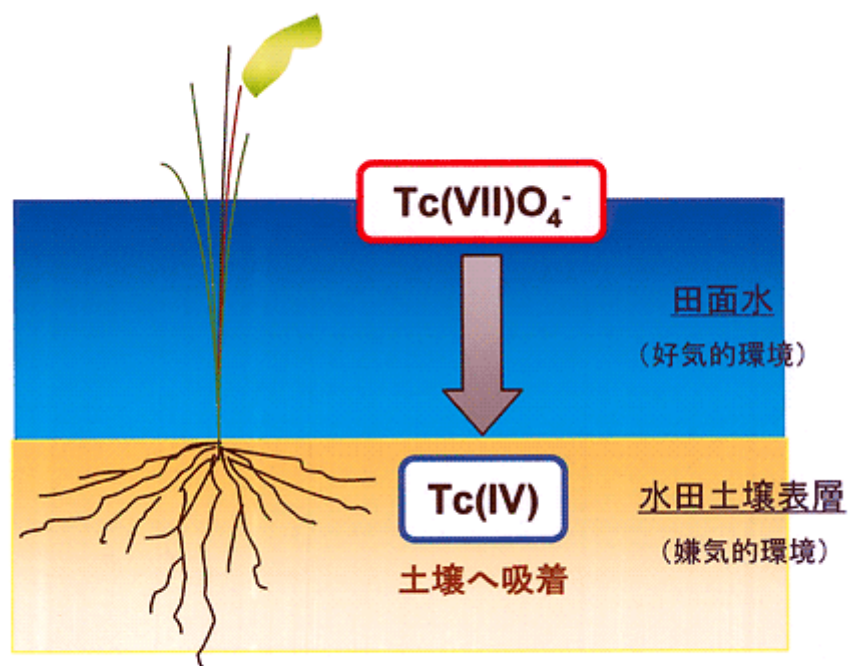


図-1 嫌気的環境におけるTcの還元

しかしながら自然環境におけるTcの還元は、嫌気的環境だけに依存しているわけではない。ある種の細菌はTc(VII)をTc(IV)へ還元することが知られている。このようなTc還元能力を有する細菌が、近年、数多く報告されている。従って、水田土壌にもTcを還元する細菌が存在するかもしれない。そして、これらの細菌は水田土壌表層へのTc蓄積にも関与しているかもしれないと考えた。そこで、我々は水田土壌表層におけるTc蓄積の原因を明らかにすることを目的に、水田土壌中の細菌とTcとの関係について研究を進めてきた。

湛水された水田土壌の田面水には、細菌に限らず土壌由来の様々な微生物が存在している。まずはじめにこの微生物群集による田面水からのTc除去能力について検討した(図-2)。湛水水田土壌より回収した田面水に $TcO_4^-$ を添加したところ、田面水中のTc濃度は時間とともに減少した。一方、田面水中の微生物を殺した場合、あるいはフィルター等で微生物を除いた場合、いずれの場合においてもTc濃度の減少は確認できなかった。これらの結果は、微生物によりTcが田面水中から除かれたことを意味している。

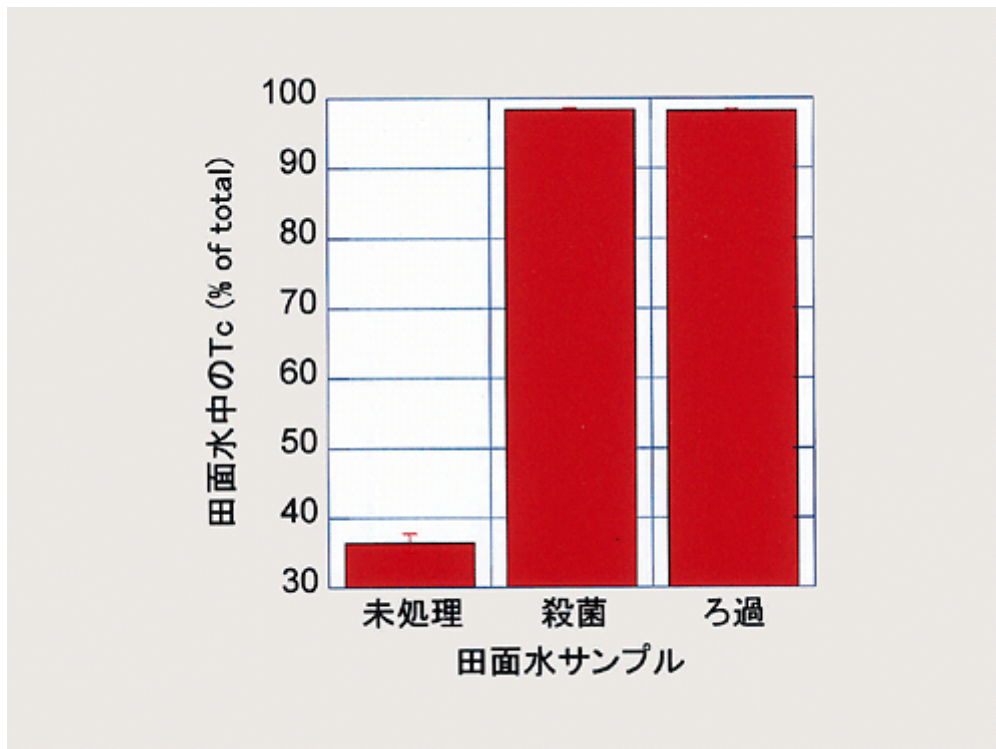


図-2 田面水に生息する微生物によるTc除去

Tcを除去した微生物を特定するために、田面水中の真核生物(原生動物や微小藻類)、グラム陰性細菌、およびグラム陽性細菌をそれぞれ殺した田面水を作成した。これらの田面水のうち、グラム陰性細菌を殺した田面水では、ほとんどTc濃度の減少が見られなくなった。つまりTc除去は、主にグラム陰性細菌により引き起こされていたことが分かった。現在、このグラム陰性細菌を単離し同定を行っているところである。

グラム陰性菌によるTcの除去は、細菌の代謝活性にも依存しているようだ。有機物欠乏状態の田面水に $TcO_4^-$ を添加しても、培養期間中、Tcの濃度はほとんど変化することは無かった。ところが、この田面水に有機物を添加し、細菌の代謝活性を上げることにより、Tc濃度の減少が確認された。このことは、Tc除去が細胞表面へのTc吸着によるものでなく、細胞の代謝と関連した除去であることを示唆している。Tcは細菌細胞内に取り込まれているのかもしれない。

以上の一連の実験結果より、Tcは田面水からグラム陰性細菌により能動的に除かれることが分かった。水溶液中からTcを除く細菌は、田面水の落水等により、いずれは沈降し土壌表層に蓄積すると考えられる(図-3)。たとえこの細菌が死滅し細胞が崩壊したとしても、そこから放出されたTcの土壌中の移動性が、 $TcO_4^-$ ほど高いとは考えにくい。従って、田面水中のTc除去能を有する細菌も、水田土壌表層へのTc蓄積の要因の一つであると考えられる。



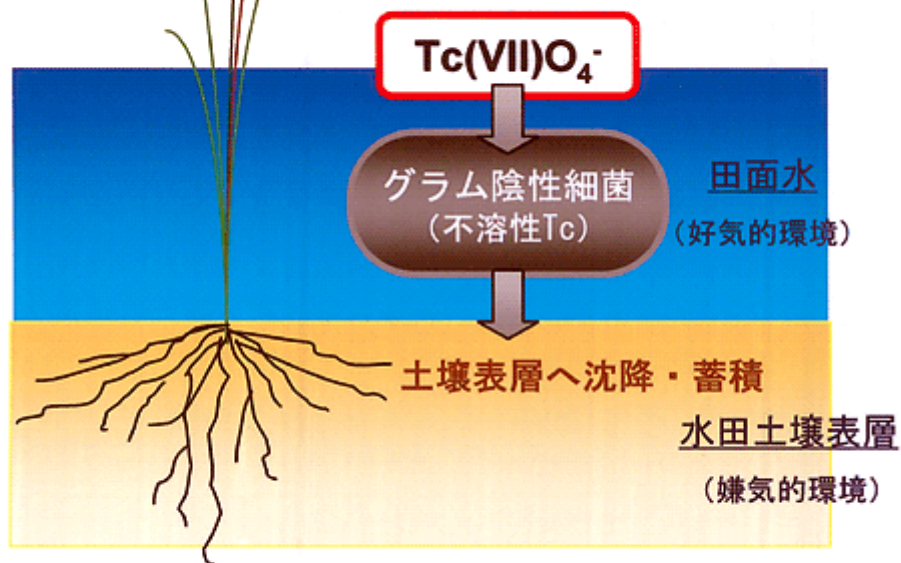


図-3 土壌表層へのTc蓄積に対する細菌の関与

水溶液中からTcを除く能力を有する細菌は、Tc汚染水からTcを除くバイオレメディエーションに応用できるかもしれない。そのためにも、今後、単離した細菌のTc除去メカニズムについて研究する予定である。

(廃棄物技術開発事業推進室 石井 伸昌)

#### 参考文献

- N. Ishii, S. Uchida. Chemosphere. 60: 15-163. (2005)  
 N. Ishii, H. Koiso, S. Uchida. J. Nuc. Radiochem. Sci. 6(1): 87-89. (2005)

## 内部被ばく医療に用いる 体外除去剤研究と臨床適用に向けて

放射線事故に伴う内部に摂取されたプルトニウムやウランの影響リスクを低減するための体外排泄除去剤の現状と臨床適用を目指した放医研のウラン除去剤の研究の成果を紹介する。

日本の原子力発電による電力供給率は増加し続け、新たな核燃料サイクルやMOX燃料使用が推進されている。その前提として、決して事故を起こさない管理責任の徹底、人体に対する安全研究、被ばく医療技術と体制の充実の努力は不可欠である。現在の原子力分野の重点課題は、安全から安心の信頼性を得ることである。原子力発電に使用されるプルトニウム(Pu)やウラン(U)は、体内に摂取されると強い毒性を発現する。Puの毒性は $\alpha$ 放射線の長期被ばくによる発癌リスクの増加、Uは化学毒性による腎臓の急性機能障害と長期的な放射線影響である。残念ながら過去の原子力事故では外部被ばくだけでなく、治療が必要な体内摂取事故が発生している。内部被ばくのリスク低減および回避の手段は、体内に摂取されたPuやUを、できるだけ早く体外へ排泄する以外にはない。この治療に用いるのが放射性物質の体外排泄促進作用がある薬剤(以下、除去剤)である。最近の放射性物質除去剤の研究領域では、原子力分野の事故だけでなく、テロ使用の可能性、環境汚染に伴う影響とその浄化、既存除去剤の見直しと応用、新化合物の開発、臨床適用の工夫などの様々な動きがある。このような動向を背景に、PuとUの体外除去剤に関するレビュー(文献-1)と、放医研におけるUの除去剤研究の成果(文献-2)を併せて述べる。

有効な除去剤を入手するには、いくつかの方法がある。第1は、PuやUと強力な結合をする合成化合物の開発(合成、除去効果と臨床前試験など)で、時間と費用がかかるが正攻法のアプローチ。第2は、金属中毒疾患の治療薬の応用、除去効果は第1の化合物よりやや劣るが人への適用に近い。第3は自然産物から除去効果のある物質を探索する方法、薬物としての安全は高いが、除去効果は小さく、長期治療には有用とそれぞれ一長一短がある。

プルトニウムの除去剤は、第1の方法によって過去に多数の化合物が研究され、その得られた成果がDTPA(図-1)である(文献-1)。これまでの内部被ばく事故で人に投与され、除去効果と薬物の安全性が確認されている除去剤の代表である。現在、DTPAはPuの体外除去剤として各国の被ばく医療施設に備蓄されている。大きな効果を得るためにはPu摂取後できるだけ早い投与が必要で、また投与日量も制限や長期投与による副作用対策の処置などもよく知られている。しかし、Puのリスク低減さらに回避効果を得るために、より高い除去効果のある除去剤の開発が望まれている。DTPAの研究以後、欧米各国の原子力政策転換に伴い除去剤研究の勢いが衰え、実験的にはDTPAよりはるかに高い効果が確かめられているLIHOPO(図-1)などは取り残された化合物といえよう。

最近の除去剤研究の関心はUに移行している。ウランの除去剤研究は、1960年以前から化学毒性が強いことは知られていたが、比放射能が低い、DTPAがUの除去にも効果があるとの誤認識の理由で最近まで進んでいない。U除去剤の開発

の動機は、1990年代の湾岸戦争以降に使用された劣化ウランの弾片が、体内に残る退役軍人や汚染された地域住民の健康影響調査結果から化学毒性が非常に強いことが再認識され、さらにUの生活環境中の存在やテロによる使用の可能性が加わったことなどがあげられる。

Uの除去剤としては、まず効果は低い臨床使用ができるNaHCO<sub>3</sub>が先行、その間に実験的に高い有効性が認められているLIHOPOと、我々が上海薬物研究所との共同研究で進めているCBMIDA(図-1)が続き、そして最近ではEHBP(図-1)も注目されている。図-2(文献-2)にあるように、CBMIDAは現在最も高いU除去効果が認められるが、実験段階にある。EHBPは骨粗鬆症の治療薬としてすでに認可を受けている大きな利点があり、第2の方法に分類される。同様に、L1(Deferiprone)はthalassaemia(地中海貧血症)の治療薬であるが、PuやUの除去だけでなくフリーラジカル消去作用による防護効果も示唆されている。今後U除去を目的とした投与量や方法など臨床応用の試験が必要であるが、緊急被ばく医療への早い適用が期待できる。

第3の方法は、自然産物に含まれる除去作用のある物質を探索することである。緊急被ばく医療の初期治療目的である高い除去効果は望めないが、副作用がない利点をいかして長期治療には期待ができるだろう。むしろ、汚染した飲料水からの摂取予防や環境浄化への利用の研究が進められている。

緊急被ばく医療では初期治療とその後の長期治療、迅速な治療開始などに、それぞれ適応した薬剤が必要である。そのためには、PuとUの両方の除去に効果が認められている3,4,3-LIHOPOやCBMIDAの研究は、MOX汚染に備えてさらなる研究が重要である。また、第1～3の方法にあげた薬物の組み合わせによるより高い除去効果と副作用のない実用的な治療方法の検討が必要である。

最近、U毒性発現の大きな要因としてpHの相違による化学変化や体外除去に有効な化合物に関する報告は増加傾向にある。現在のU除去剤の研究課題は、U毒性の正確な解明と同時に科学的証拠の蓄積によって、早急に十分な治療効果のある除去剤を得ることである。環境汚染からのU摂取による障害予防や治療に役立てることが当面の目標であろう。一方、放射線被ばく医療領域では内部被ばく事故で使用されることなく、安心の薬であることが望ましい。

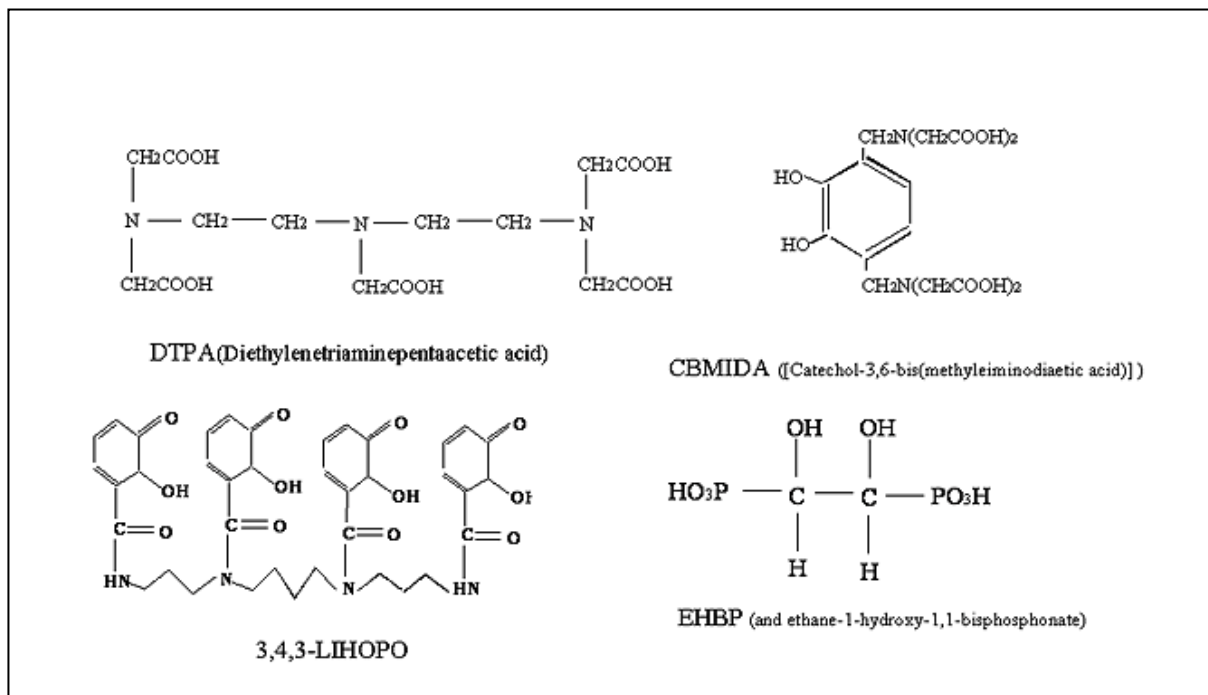


図-1 放医研で研究しているプルトニウムとウランの体外除去剤(一部、文献  
1)CBMIDA,3,4,3-LIHOPOはPuとUの両方に、DTPAはPu, EHBPはU除去に有効。

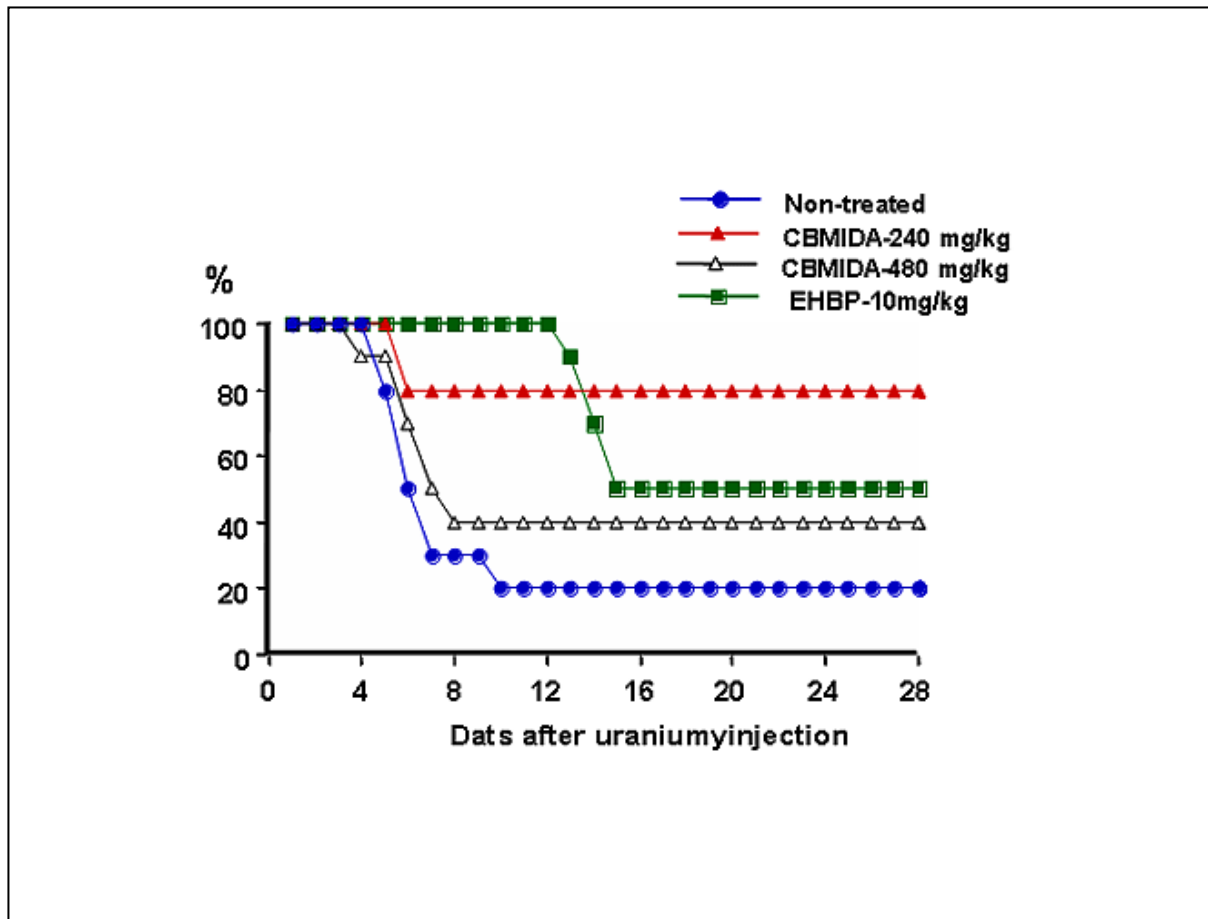


図-2 劣化ウラン2mg/kgを筋肉内投与したラットに、CBMIDA、EHBPの処置した後の生存率。CBMIDA240mg/kg, EHBP10mg/kg, CBMIDA480mg/kgの順で効果が認められる。

(宇宙放射線防護プロジェクト 緊急被ばく医療研究センター 福田 俊)

## 参考文献

1. Fukuda, S.: Chelating agents used for plutonium and uranium removal in radiation emergency medicine. Current Medical Chemistry. 12,23,2765-2770, 2005
2. Fukuda, S., Iida, H., Yan, X., and Xie, Y. Toxicity of uranium and the removal effects of CBMIDA and EHBP in simulated wounds of rats. Health Phys., 89,81-88, 2005



## お知らせ

## 「ここまで来た重粒子線治療-その実力と可能性」 第5回 重粒子医科学センターシンポジウムを終えて

放医研の重粒子線がん治療装置(HIMAC)を用いて平成6年に開始した研究開発が、昨年6月をもって満10周年を迎えました。重粒子線がん治療は、平成15年11月に高度先進医療として厚生労働省より承認され、国民医療として普及に向けた重要な一歩を踏み出し、今後さらに発展することを目指しています。

平成17年12月17日に「ぱ・る・るプラザ千葉」において開催された今回のシンポジウムは、重粒子線治療のこれまでの成果と、これからの可能性について紹介することを目的としました。「ここまで来た重粒子線治療-その実力と可能性-」というテーマのもとに、重粒子線治療研究の成果発表、千葉大学と放医研との21世紀 COE 成果発表、特別講演として海外における重粒子線治療の新たな展開を発表しました。各講演の質疑応答では、参加者より活発な意見が述べられ、重粒子線がん治療の普及に対する関心の高さが伺われました。

なお、今回は一般講演の部を設け、放射線治療と診断の最前線を広く一般の方々に紹介しました。関係各位のご協力に深く感謝いたします。

(重粒子医科学センター病院 治療課長 鎌田 正)



Prof.Jacques Balosso.MDが講演する会場風景



## 幹細胞 - 放射線影響研究への展開の可能性を模索する - - 第5回 放射線安全研究シンポジウムを終えて -

放射線のとりわけ個体に関する影響において「幹細胞」がその中心的役割を果たしていることが多くの研究で示唆されてきました。また、被ばく治療などの観点からも、放射線科学領域における「幹細胞」の理解と応用はますます重要になっています。このようななか、近年、胚性幹細胞のみならず種々の組織において幹細胞の存在が相次いで確認され、その純化が進むことによって幹細胞状態の維持および分化機構の理解が分子レベルで劇的に進んでいます。

また一方で、羊のドリーの誕生によって示された核の初期化、即ち分化した細胞の核を幹細胞核へ逆戻りさせられるという事実は、拒絶反応のない夢の幹細胞放射線障害治療を予感させるものであり、大きな期待が寄せられています。

平成17年12月1～2日に放医研推進棟大会議室にて開催された、今回のシンポジウムには約180名の参加があり、所内外で活躍されている幹細胞研究の専門家に幹細胞の最新の研究・機構解明及び治療への展開という視点から紹介していただきました。その上で、幹細胞科学の放射線個体影響研究さらには放射線障害治療への展開の可能性を模索しながら、それらにおける放医研の将来の役割について総合討論や活発な議論が行われました。

関係各位のご協力に感謝いたします。

(遺伝子発現ネットワーク 研究グループリーダー 安倍 真澄)



会場風景

## 頭の体操

### 地球は丸い

地球が丸いということは今では小学生でも知っていると思います。そして東西南北の定義の仕方も多くの人が知っていると思います。

そこで地球上で南へ1km歩き、東へ1km歩き最後に北へ1km歩くと、元の場所に戻る地点があります。さて、どこでしょうか？

まず1地点はすぐに判ると思いますが、注意深く考えると、他に無限に多くの地点があることに気がつきます。



(加速器物理工学部 藤澤 高志) (答えは[最終ページ](#))

## 紹介コーナー

## 緊急被ばく医療研究センターの研究・業務

- ▼ 11月11日 (金) 警察大学校専科「NBCテロ対策」に講師として参加。
- ▼ 11月11日 (金) 平成17年度福島県「緊急被ばく医療活動講習会」に講師として参加。
- ▼ 11月11日 (金) 五都市消防局長連絡会議メンバーらが放医研緊急被ばく医療施設等を視察。
- ▼ 11月10日 (木) ～ 11月12日 (土) 鹿児島県済生会川内病院のホールボディーカウンタ(WBC)の線量評価精度管理調査を実施。
- ▼ 11月15日 (火) 平成17年度福島県原子力防災訓練に参加。
- ▼ 11月16日 (水) 広島市で開催された第1回ACRR(Asian Congress of Radiation Research)に出席。
- ▼ 11月17日 (木) 平成17年度島根県原子力防災訓練の評価。
- ▼ 11月18日 (金) 放医研を訪問した韓国のKIRAMS研究者と懇談。
- ▼ 11月19日 (土) 平成17年度鹿児島県原子力防災訓練に参加。
- ▼ 11月20日 (日) ～ 11月22日 (火) 茨城県立中央病院・茨城県地域がんセンターのホールボディーカウンタ(WBC)の線量評価精度管理調査を実施。
- ▼ 11月21日 (月) ～ 11月25日 (金) ブラジルのリオデジャネイロで開催された放射線緊急事故対応に関する国際会議に出席。
- ▼ 11月22日 (火) 杏林大学へ緊急被ばく医療用サーベイメータを配備して使用方法等の講義の実施。
- ▼ 11月25日 (金) 原子力安全技術センターで開催された平成17年度原子力防災研修事業第2回共通基礎講座教材検討サブグループに委員として参加。
- ▼ 11月27日 (日) 福井県平成17年度国民保護実動訓練に参加。
- ▼ 11月28日 (月) ～ 29日 (火) アルゼンチン原子力規制当局を訪問して意見交換。

- ▼ 11月29日 (火) 東京大学病院長に緊急被ばく医療ネットワークへの協力依頼。
- ▼ 11月29日 (火) 日本原子力研究開発機構で、第277回放射線防護基礎コースに講師として参加。
- ▼ 11月30日 (水) 静岡県消防学校で消防職員を対象に放射線の基礎知識について講演。
- ▼ 11月30日 (水) ~ 12月2日 (金) 第20回緊急被ばく医療セミナーを広島大学との共催により開催。
- ▼ 12月2日 (金) 原子力安全委員会原子力施設等防災専門部会被ばく医療分科会第14回会合に出席。
- ▼ 12月2日 (金) 平成17年度第1回神奈川地区緊急被ばく医療ネットワーク調査検討会にオブザーバーとして出席。
- ▼ 12月4日 (日) ~ 7日 (木) フィリピンのマニラで開催されたThird National Convention on Health Emergency Managementに講師として参加。
- ▼ 12月5日 (月) 平成17年度物理学的線量評価ネットワーク会議を開催。
- ▼ 12月5日 (月) 長崎大学学長と関係者が放医研の被ばく医療施設等を視察。
- ▼ 12月6日 (火) 東京大学医科学研究所病院長に緊急被ばく医療ネットワークへの協力依頼。
- ▼ 12月9日 (金) 平成17年度第2回原子力防災訓練検討会に委員として出席。

(緊急被ばく医療研究センター 調整管理室)

## シンクロトロンからの速い取り出しに成功 高線量率ビームを用いた生物実験に明るい展望

### ■ はじめに

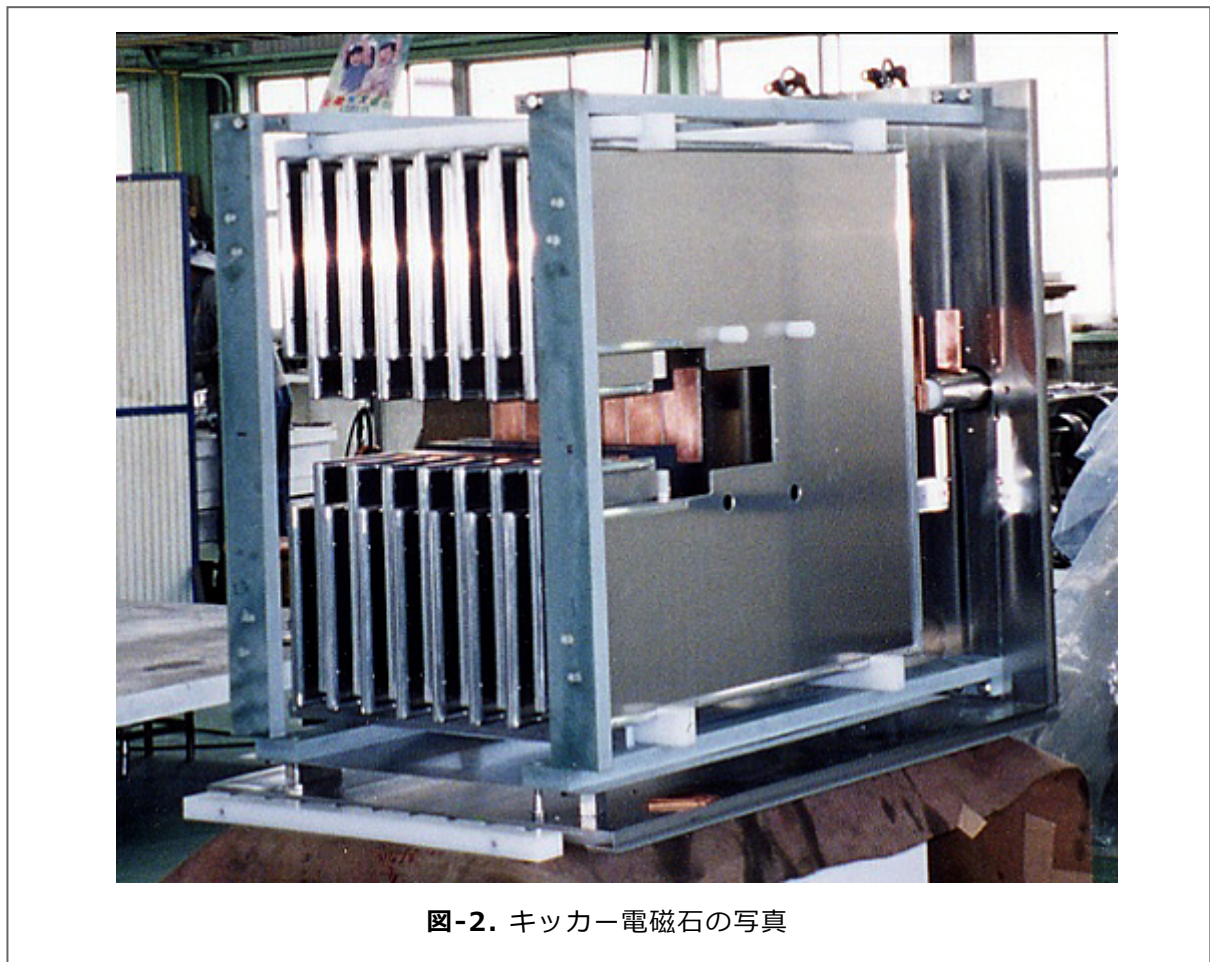
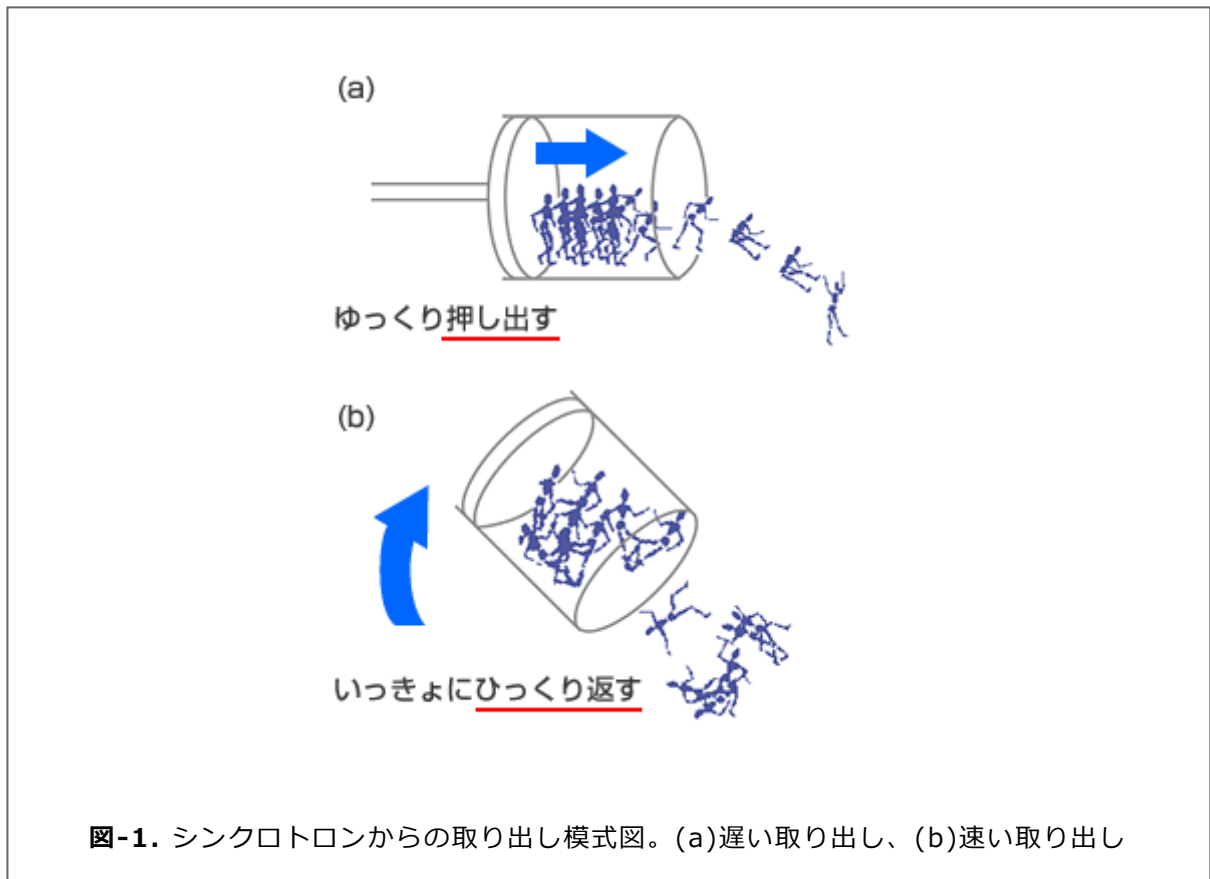
現在の重粒子線がん治療装置(HIMAC)シンクロトロンで用いられている"遅い取り出し"では、周回するビームを約2秒間かけて取り出していますが、今回開発された"速い取り出し"では、周回するビームすべてを一度に取り出すため約100万倍もの高い線量率を得ることが可能になります。放射線の生物学的効果は、同一の吸収線量であっても放射線の種類や線量率によって異なることが知られています。線量率効果は対象となる生物効果の指標によっても、線量率の範囲によっても、また放射線の種類によっても異なると考えられています。これらを実験的に調べるために、この"速い取り出し"が非常に有効と考えられています。今回は、HIMACシンクロトロンで初めて成功した速い取り出し実験結果について紹介します。

### ■ HIMACシンクロトロンと速い取り出しシステム

シンクロトロンからの取り出し法には、遅い取り出しと速い取り出しの二種類があります。図-1にふたつの取り出し法の模式図を示します。図-1(a)に示すように、粒子は順序良く、押し出されるようにして"ゆっくり"取り出されます。実際には、周回ビームに摂動(HIMACの場合は六極電磁石と高周波電場)を加えることによって徐々にビームを取り出します。

一方の速い取り出しでは、図-1(b)に示すように容器をひっくりかえすようにして、非常に短い時間に"いきよに"粒子を取り出しますので、ビームパルスの時間幅は非常に短くなります。この速い取り出しを実現するためには、短時間で立ち上がり、粒子をシンクロトロンから蹴り出すことのできるキッカー電磁石が必要になります。図-2は、新しく製作されたキッカー電磁石の工場での製作中の写真です。このキッカー電磁石は、100ナノ秒以下の短時間で最大電流である1200Aに達し、約100MeV/uのビームを取り出せる設計になっています。





また、HIMACで、速い取り出しを行い、ビームを輸送するためには、既存の遅い取り出し用出射ラインを使用する必要がありました。遅い取り出し用出射ラインでは、静電デフレクターが用いられていますが、高い電場を実現するために電極

間隙は13mmと非常に狭くなっています。図-3は、静電デフレクターの写真です。写真左側が周回ビームの通り道で、矢印で示してある領域がビームの通り道となる電極間隙です。



図-3. 静電デフレクターの写真

ビームは紙面手前から奥に向かって進みます。遅い取り出しでは、周回ビームを削るようにして取り出すのでぶつかる問題にはならないのですが、速い取り出しでは周回ビームそのものが静電デフレクターに飛び込むため、周回ビームが十分に小さくなっている必要があります。このために、我々は電子冷却装置を用いてビームサイズを小さくした後に、バンプ軌道を作成しキッカー電磁石の励磁によって取り出すというスキームを採用しました。約3秒間の電子冷却の後、半値幅で約5mm程度に小さくなったビームを、取り出すことに成功しました。この時得られたアルゴンビームのパルス幅は、約2マイクロ秒以下と予測しています。

今後は、測定系やタイミング系の整備を進めパルス幅や取り出し効率の測定を実施し、また、他のイオン種・エネルギーでの速い取り出しをテストしていく予定です。

(加速器物理工学部 古川 卓司)

## エッセイ・ぱるす NO.49 「確率的な発想？」

天気予報で雨の確率が20%というとき、傘を持っていくかどうか迷ってしまう。しかし、宝くじの当たる確率が20%なら躊躇なく買ってしまいそうだ。日頃、十中八、九大丈夫でも万が一のことを考えると踏み出せない、ということもままある。不確実な時代に確実なものを見通そうと思っても所詮無理だし、確実でないことがむしろおもしろいのだと、とりあえず最適と思われる選択肢を選ぶことになる。

先日、囲碁大会で、定石はずれの手を打たれて困ってしまった。定石というのは、先人が何度も何度も試して、対戦者双方が同じように満足のいくほぼ互角の別れ(碁の言葉で言えば、「いい加減な別れ」)になると認め合った一連の手である。そのため、定石を覚えていれば、相手が定石どおり打ってくればこちらも悩むことはない。ところが、途中で定石はずれてくると、途端に、不確実な世界に入り、次の打ち方に悩まされる。相手の手は最善の手でないはずだから、次の一手はチャンスにもなるし、逆に相手にハメられてひどい手を打つことになるかもしれない。どの手が一番いいかと呻吟しているうちに持ち時間だけが過ぎていく。一般的に、リスクの高い一発勝負の手に頼る人の勝率は、より確実な手を積み重ねる人の勝率にかなわないそうである。また、プロの棋士が互いに最善の手を尽くしていくと、半目勝負で決着することも多い。

互角の別れという、野球というゲームは、プレイヤーが打者と投手と野手の3者で構成されているとみれば、3者がそれぞれ同等の力を持てるようにバランスさせるのがふさわしくないだろうか。そうであれば、打者は誰でも期待値として3割3分のヒットを享受できるようにしてあげるのがよく、そのためには、野手をひとり間引いた方が3者互角の別れになるのではないかとかねがね勝手に思っている。

ところで、科学の世界では、ノーベル賞は狙ってとれるものではないと言われていたが、研究者は仮説を立てるとき、どの程度の実現確率を想定して研究計画を立てているのだろう。独創性や新規性やチャレンジ性が問われる一方で、中期目標を100%達成できたかどうか評価される状況は、確率的にも相反するようでほんとに悩ましい。



半目勝負で決着…

(理事 袴着 実)



◆ 答え ◆

**回答-1** : 北極、

**回答-2** : 南極を中心にした円周1kmの円から北へ1kmはなれた同心円上のすべての地点。

**回答-3** : 南極を中心にした円周500m、333.3・・・m、250m、200m、すなわち1km/Nの円から北へ1km離れた南極を中心にした同心円上の地点。Nは整数。

**出典** : 20代のころ職場の同僚。なおその時の相手の答えは北極のみでした