

TOPICS

重粒子線医療促進議員連盟の一行が放医研の施設をご視察

外科療法などに比べ身体的負担が少なく、機能や形態の欠損が少ないがん治療として期待が高まっている重粒子線医療を推進するため、昨年12月10日に自民党本部に重粒子線医療促進議員連盟(会長、尾身 幸次議員)が設立されました。この2月4日に菅 義偉議員(連盟事務局長)をはじめとする議員連盟9名の議員が放医研をご視察されました。

放医研の佐々木理事長の挨拶、放医研の概要に続き、職員から重粒子線がん治療の説明を受けられた後、重粒子線棟において、重粒子線がん治療装置(HIMAC)模型、パネル及び実際の治療室などをご覧いただき、熱心なご質問をいただきました。施設ご視察後の懇談時には、今後、地域における重粒子線医療普及に向けた問題点など有意義な意見交換がなされました。



重粒子線治療の概要説明を受ける一行



概要説明を受ける一行



重粒子線治療施設で説明を受ける一行

TOPICS

新設された『情報業務室』



"みなさまに有効に使っていただける情報システムの提供を目指して"

情報業務室長 外山 比南子

■ はじめに

平成16年1月5日、情報業務室が新設されました。その構成は、研究基盤部から分かれた"情報システム開発課"と、旧・国際・研究交流部から分かれた"図書係"を含む"情報利用推進課"の2課からできています。独立行政法人に変わったとき、研究を支える装置や実験用動物、計算機ネットワークなどの調整・整備する研究基盤部がスタートしましたが、その中から情報関連が分かれ、さらに情報の利用や情報化について検討することを使命とする"情報利用推進課"が新設されました。

一方、独立行政法人になって1年目の後半に、情報化推進本部が設置され、その当時問題とされていた会計システムの運用やシステムの改良に着手しました。その後、職員の基本情報、研究業績登録システムなど、基本的な情報システムの整備、総務業務支援システムの導入などに関与してきました。しかし、情報化推進本部は、総務課を事務局とした委員会で、組織的な基盤がないということから、情報化推進本部が果たしてきた機能を引き継ぐべく、情報利用推進課が新設されたわけです。そして、情報化推進本部に変わって、情報利用推進課を事務局、研究推進部長を委員長とする情報業務推進委員会が設置されることになりました。情報化推進本部は、理事長を本部長としていましたので、新しい委員会は活動の仕方が異なってくると思われそうですが、積極的に必要と思われることを提案し、業務の効率化や情報の有効な利用に貢献していくものと期待しています。

■ 情報業務室の構成

情報利用推進課は従来の図書業務の他、ネットワーク上で稼働している様々なシステム間の調整を行うことになっていきます。職員は、情報利用推進課長(兼任)、情報業務係長、情報利用推進専門員、図書・研究情報係長(兼任)などとなっていますが、実質正職員1名、テクニカルスタッフ1名、役務派遣職員3名、業務補助員1名から構成され、一人何役もこなさなければいけない状況です。情報システム開発課は、業務係長が情報利用推進課に移動し、実質1名減になりましたが、2課併せて情報業務室全体の仕事として、取り組んでいるのが現状です。ちなみに、情報システム開発課は、課長の他情報システム開発専門員2名(以前は、研究系と診療系担当が区別されていましたが、今回の変更で、区別がなくなりました)、業務係長(兼任)のポストに対して、実質3名の職員が配置されています。情報業務室には、そのほかに、ネットワークシステムやサーバ等の維持・管理、情報化推進本部の下システム構築を行ってきたSEなどの役務職員がいて、放医研のネットワークシステム、メール、所内外向けホームページの運用が潤滑にいくよう勉めています。

■ 情報業務室の業務

これまで、情報システム開発室が、放医研のネットワークやサーバを整備し、所内ホームページの中で、いろいろな機能を提供してきたことは、ご存じだと思いますが、独法後は、さらに、会計システム、総務業務支援システムが導入され、事務手続きの電子化、情報の共有化が進みました。図1に、放医研の運営に絡んだ情報システムの構成図を示します。

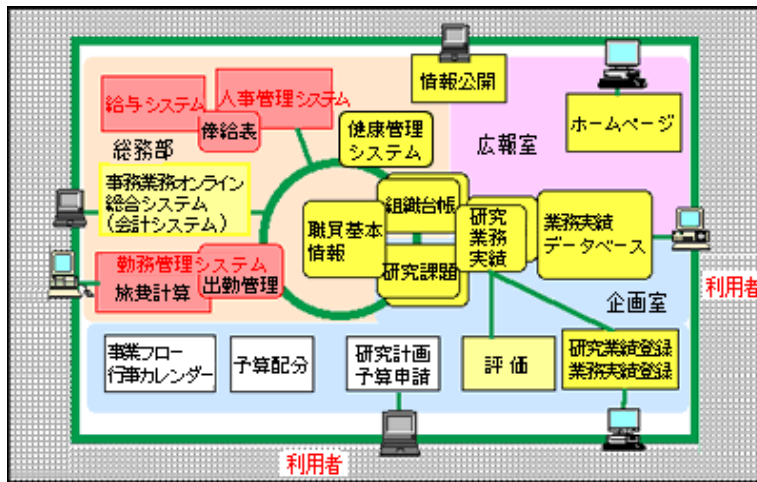


図-1 放医研情報システム、現在稼働しているシステムは、黄色またはピンクの色で表示

情報化推進本部を中心に、職員の基本的な情報の整備を行い、個人情報DBを作成して、会計システム、総務業務支援システムに職員情報や組織、役職などに関する情報を提供する仕組みを作りました。また、会計システムと総務業務支援システムとの連携の調整をしてきましたが、情報業務室は、これらの業務を引き継ぐこととなります(図2)。

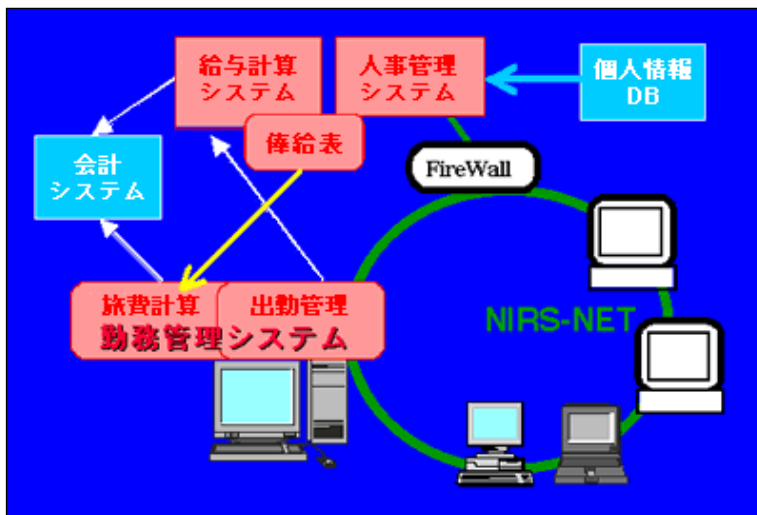


図-2 システム間連携

また、研究成果登録システムを業務実績登録システムに拡張して、論文の登録から研修業務、特許の登録などを行えるようになりましたが、このシステムの維持管理があります。個人情報DBは、常に正しいデータが登録されていることが最も大切なこととなりますが、事務担当者が全てを入力していくのは不可能に近いので、当事者が入力し、担当係が確認・承認ができるような申請システムを構築しています(図3)。

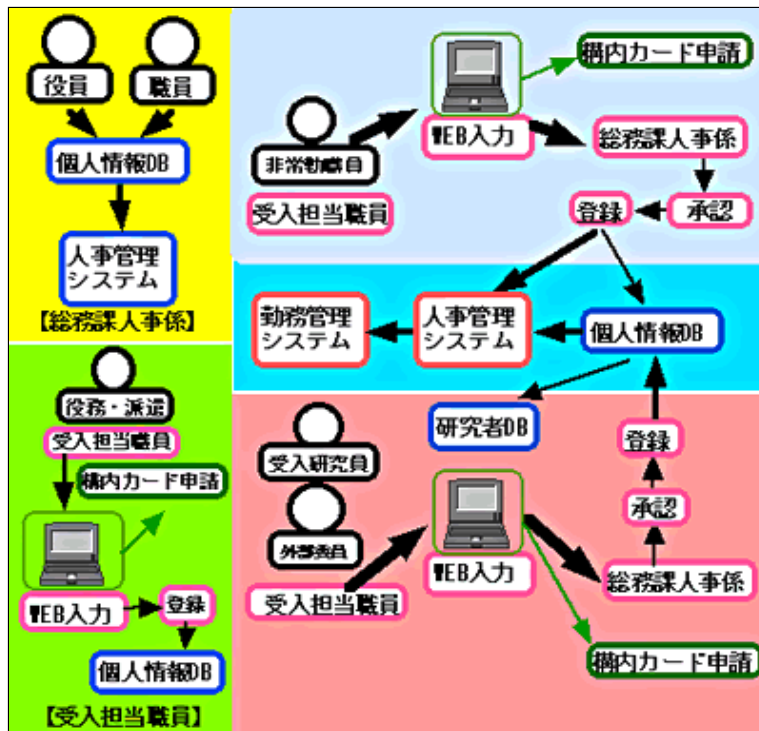


図-3 個人情報DBへのデータ登録の流れと申請システムの流れ

このような新しいシステムばかりではなく、今まで情報システム開発室で提供してきた所内ホームページにある様々な機能を、もっと広く所員の方々に利用していただくようにする仕組みを作っていくと考えています。

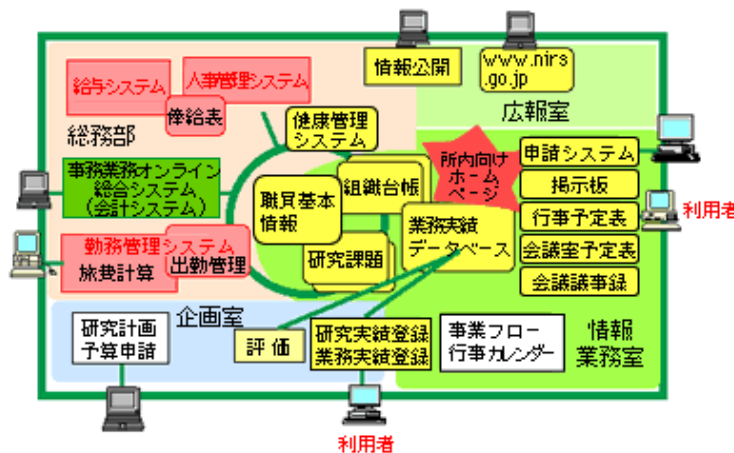


図-4 情報業務室の業務と他のシステムとの関係

たとえば、図4に示したように、会議室の予約などは、かなり定着し、多くの方に使われています。掲示板や行事予定表は、使っている方とそうでない方に大きく分かれているようです。会議の議事録は、正式な記録として掲載されていますが、掲載するまでの時間がかかりすぎています。運営連絡会議などは、傍聴も可能なわけですから、会議の前に議題を載せたり、議事録や資料もできるだけ早く掲載すれば、センター連絡会議や部会議などのために膨大なコピーを作る必要もなくなります。今、その仕組みを検討しています。そのほかにも、所員の共有財産として保有しているクラスター計算機や様々なソフトウェアを、もっと有効に活用していただけるよう、分かり易く情報を発信していきたいと考えています。

図書業務は、専任の職員がいないので、派遣職員の方々のご苦労の上に成り立っています。組織的にも、国際・研究交流部から情報業務室に移動するなど、たびたび変更されてきていますが、対外的な活動から購入雑誌の選択、文献複写など大変な業務量であります。その上に、雑誌購入の契約費も支払えない予算状況などがあり、全所的に、図書室をどのようにするのか、検討する時期にきているように思われます。来年度予算を提出する時期でもあり、考えていきたいと思っています。

■ おわりに

情報業務室は、約4億円の年間予算を預かっています。少ない人員ですので、行き届かない点もあることとは思いますが、みなさまに有効に使っていただける情報システムを提供していきたいと思っています。各人が個別に持つことが必要なコンピュータシステムと共有する方がよいシステムがあると思いますが、限りある資源をできるだけ有効に使えるよう、みなさまのご協力をお願いします。

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)

タイトル	発表者	ジャーナル	巻	頁	年
Effects of Endogenous Agonists, Glycine and D-Serine, on In Vivo Specific Binding of [11C]L-703,717, a PET Radioligand for the Glycine-Binding Site of NMDA Receptors	Terushi Haradahira, Takashi Okauchi, Jun Maeda, Ming-rong Zhang, Toru Nishikawa, Kazutoshi Suzuki, Tetsuya Suhara	Synapse	50	130-136	2003
光トポグラフィによる発気課題時の脳血液量変化の研究	陳 偉中	人体化学	12	17-30	2003
Elevated Interleukin-9 Receptor Expression and Response to Interleukins-9 and -7 in Thymocytes During Radiation-Induced T-Cell Lymphomagenesis in B6C3F1 Mice	Mayumi Nishimura, Shizuko Kakinuma, Daisuke Yamamoto, Yoshiro Kobayashi, Gen Suzuki, Toshihiko Sado, Yoshiya Shimada	Journal of Cellular Physiology	198	82-90	2004
Up-regulation of Thymosin β 4 Gene Expression in Experimentally-induced Uterine Adenomyosis in Mice	Ryoka Kawahara, Manabu Matsuda, Tatsuhiko Imaoka, Takao Mori	in vivo	17	561-566	2003
Genetic susceptibility to thymic lymphomas and K-ras gene mutation in mice after exposure to X-rays and N-ethyl-N-nitrosourea	Yoshiya Shimada, Mayumi Nishimura, Shizuko Kakinuma, Toshiaki Ogiu, Hirokazu Fujimoto, Ayumi Kubo, Junya Nagai, Keizou Tano, Shinji Yoshinaga	International Journal of Radiation Biology	79	423-430	2003
Adaptive Response in Embryogenesis: IV. Protective and	Bing Wang, Harumi Ohyama, Yi Shang, Kazuko	Radiation Research	161	9-16	2004

Detrimental Bystander Effects Induced by X Radiation in Cultured Limb Bud Cells of Fetal Mice	Fujita, Kaoru Tanaka, Tetsuo Nakajima, Shiro Aizawa, Osami Yukawa, Isamu Hayata				
DIAGNOSIS OF SPATIAL RESOLUTION FOR MICROBEAM SCANNING PIXE USING STIM METHOD AND CR-39 TRACK DETECTOR IN PASTA	Tsuyoshi Hamano, Hitoshi Imaseki, Masae Yukawa, Takahiro Ishikawa, Hiroyuki Iso, Kenichi Matsumoto	International Journal of PIXE	13	37-43	2003
Assessment of ESR-CT imaging by comparison with autoradiography for the distribution of a blood-brain-barrier permeable spin probe, MC-PROXYL, to rodent brain	Kazunori Anzai, Keita Saito, Keizo Takeshita, Sentaro Takahashi, Hiroyuki Miyazaki, Hirofumi Shoji, Masaichi- chang-il Lee, Tosiki Masumizu, Toshihiko Ozawa	Magnetic Resonance Imaging	21	765-772	2003
Age-Related Changes in Blood Pressure, Hematological Values, Concentrations of Serum Biochemical Constituents and Weights of Organs in the SHR/lzm, SHRSP/lzm and WKY/lzm	Satoshi Fukuda, Satoru Tsuchikura, Haruzo Iida	Exp. Anim.	53	67-72	2004
A Planar Catechin Analogue Having a More Negative Oxidation Potential than (+)-Catechin as an Electron Transfer Antioxidant against a Peroxyl Radical	Ikuo Nakanishi, Kei Ohkubo, Kentaro Miyaza-ki, Wataru Hakamata, Shiro Urano, Toshihiko Ozawa, Haruhiro Okuda, Shunichi Fukuzumi, Nobuo Ikota, Kiyoshi Fukuhara	Chemical Research in Toxicology	17	26-31	2004

研究レポート

ロシア・プログレス宇宙船により、 宇宙放射線線量計の打ち上げに成功

■ はじめに

放医研の宇宙放射線防護プロジェクト(藤高和信プロジェクトリーダー)は、ロシア生物医学問題研究所(IMBP)と共同で、宇宙放射線被ばく線量計をロシア・プログレス宇宙船により打ち上げに成功した。プログレス宇宙船は、国際宇宙ステーションにドッキングし、線量計はロシア・サービスモジュール内で約3から12ヶ月設置され測定を行う。放医研では国内外の研究機関とともに宇宙放射線被ばく量を測定する線量計の開発および国際的標準化に取り組んできたが、今回、株式会社千代田テクノル(細田敏和社長)と長瀬ランダウア株式会社(浦田房雄社長)との共同研究開発による線量計パッケージを、サービスモジュール内5カ所における被ばく量測定に使用する。さらに、同時にIMBP、アメリカ、オーストリアの線量計も、同じくサービスモジュールに設置し線量計測結果の相互比較を行う。これは世界初の試みである。また、同時に実施される欧州宇宙機関によるマトローシユカ実験にも参加する。

■ 背景

国際宇宙ステーションにおける被ばく量は、地上の約1,000倍(1日あたり約1ミリ・シーベルト)にも達し、高エネルギー中性子や重イオンの存在など、地球上とは異なる放射線被ばくが起る。放医研では、宇宙飛行士の宇宙滞在時および帰還以後の健康を守るため、宇宙環境で被ばくした量を正確に推定し、コントロールする事を目的として研究を行っている。宇宙放射線環境は、宇宙船の高度、太陽活動、宇宙飛行士が滞在する場所(壁や機材の厚さ)によって大きく異なり、実際に宇宙飛行士が滞在する期間、場所において線量測定を実施することが要求される。また、非常に広いエネルギー範囲にわたって、各種の放射線が混在する宇宙放射線場を正確に把握するためには、各種の線量計を組み合わせて、それぞれの特徴を生かして各放射線の測定を行う必要がある。

我々は、千代田テクノルおよび長瀬ランダウアと共同で宇宙放射線用線量計を開発し、校正実験を行っている。両社の線量測定サービスシステムのノウハウを生かすことで、宇宙環境放射線被ばく線量管理の信頼性を上げることができる。また、放医研では、2年前から重粒子線がん治療装置(HIMAC)による重イオンビームを用いて、宇宙放射線被ばく測定用に開発されている世界各国の線量計を評価、校正、標準化を行う研究(ICCHIBAN project)を推進してきた。この研究は、放医研が中心となり世界各国の研究者に呼びかけ、米国航空宇宙局(NASA)ジョンソン宇宙センター、米国エリル研究社、米国ローレンス・バークレー国立研究所、米国プレーリービューA&M大学、ロシア生物医学問題研究所、ドイツ航空宇宙センター、ドイツ・キール大学、英国放射線防護庁、日本宇宙航空研究開発機構(JAXA)、日本高エネルギー加速器機構、早稲田大学、オーストリア原子力研究所、ブルガリア太陽地球影響研究所、チェコ共和国核物理研究所、ポーランド核物理研究所、ハンガリー原子力エネルギー研究所など10カ国18機関の研究者が参加した。現在まで、年2回、計4回の実験が実施され、平成16年2月14日より第5回目の実験が行われる。世界各国の宇宙機関はそれぞれに線量計を開発しており、統一された基準あるいは校正方法が無く、宇宙環境における測定結果に食い違いが生じており、その原因を明らかにすることがこの研究の狙いである。特に、宇宙環境に存在する高エネルギー重イオンは人体への影響が非常に大きく、宇宙飛行士への被ばくが非常に危惧されており、重イオンビームによる校正実験は非常に重要である。この研究の成果は"国際宇宙ステーションにおける放射線測定に関する国際ワークショップ"(WRMISS)において発表され、非常に高い評価を受けており、現在ではこのワークショップで発表された講演の三分の一程度はICCHIBAN実験

に関する課題となっている。このHIMACにおけるICCHIBAN実験の成功をもとに、放医研が指揮を執り、世界各国の加速器施設を利用してHIMACでは得られないビームによる国際比較実験を実施することに同意をえた。そこで、平成15年9月に、米国研究者が現地責任者となり米国ロマリダ大学医学センターの陽子加速器を利用して、陽子ビームによる国際比較実験(Proton-ICCHIBAN)を世界各国の研究者の参加のもと実施した。これは、太陽フレア時に発生する太陽陽子現象による陽子線に対する線量計の評価を行うためにも重要な研究である。また、HIMACで加速可能な重イオンに対して、より重い、あるいはエネルギーの高い重イオンビームによる実験を、米国ブルックヘブン国立研究所NASA宇宙放射線研究室における重イオン照射施設(NSRL)で平成16年秋に実施する準備を、やはり放医研が中心になって、現在行っている。(NSRL-ICCHIBAN)

今回、この地上で実施してきた国際比較実験を宇宙に展開すべく、ICCHIBAN実験に参加している2カ国の研究機関を招き、放医研およびIMBPの線量計と並べて線量計を設置し、同一宇宙放射線環境における宇宙比較実験(Space-ICCHIBAN)を実施する。さらに、近い将来、より多数の国の研究機関が参加し、真の国際比較実験の場を構築することを放医研を中心に計画している。

■ 実験方法

今回、放医研が参加する実験は、3種類の実験からなる。

1. 放医研とIMBPのそれぞれの線量計を一つのボックスに収納したものを5個準備して、国際宇宙ステーション・ロシアサービスモジュール内部の宇宙船の壁厚が異なる5カ所にそのボックスを設置し、それぞれの場所における放射線線量の測定を実施する。これにより、個々の線量計の性能、宇宙環境への適用性を評価すると共に、宇宙放射線と壁との衝突により発生する2次宇宙放射線による線量の増減を詳細に調査する。約8ヶ月の測定を実施する。(BRADOS/NIRS線量測定実験)
2. 放医研、IMBP、米国エリル研究社とオクラホマ州立大学、オーストリア原子力研究所の4グループの線量計パッケージを一つのボックスに収納し、ロシア・サービスモジュールの内部船壁に設置する。同一の宇宙放射線環境で長期間曝露された線量計による測定結果を比較し、地上における比較実験の結果も考慮し、それぞれの検出器の応答について研究を行う。約3ヶ月の測定を実施する。(Space-ICCHIBAN-0実験)
3. ESAとIMBPによる共同実験であるマトローシュカ(MATROSHKA)実験に参加し、人体ファントム(人体組織を模擬した人体の上半身型の人形)に線量計を取り付け、測定を行う。この人体ファントムは、国際宇宙ステーションの船外に固定され、船外活動を行う宇宙飛行士が浴びる放射線線量を推定するために測定が行われる。線量計の一部は人体ファントムの内部に埋め込まれ、人体内部の線量分布が測定される。約10カ国の研究機関が参加し、約1年間継続して曝露される。放医研の線量計は、JAXAの線量計と共に頭部に設置されるボックスに収納され測定を行う。(MATROSHKA実験)

すべての線量計および実験機器は、プログレスM1-11機に搭載され、2004年1月29日、ロシア・バイコニール宇宙基地より打ち上げに成功した。すでに、プログレスM1-11は国際宇宙ステーションとドッキングしており、近日中に線量計はサービスモジュールに設置される。測定期間終了後、線量計パッケージは回収され、地上に帰還する宇宙船によりロシア宇宙局に戻され、その後、線量計は放医研に返還されて放医研と共同研究グループにより解析される。

■ 放医研の線量計パッケージの特徴

地上における放射線の個人モニタは、光刺激ルミネッセンス線量計やガラス線量計などを用いて測定サービスが行われていて長年の実績がある。それぞれ、長瀬ランダウア株式会社と千代田テクノル株式会社を使用している。これまでの研究により、これらの線量計の各種放射線(重イオンを含む)に対する応答に関する特徴を調べており、宇宙放射線のうち線エネルギー付与が約10 keV/μm以下の測定が可能であることが分かっている(それ以上の線エネルギー付与では、応答が劣化する欠点がある)。これにプラスチック(CR-39)飛跡検出器(測定範囲5 - 1000 keV/μm)を組み合わせることにより、人体への影響が考えられる0.1 - 1000 keV/μmの広い範囲の宇宙放射線測定に対応できる線量計パッケージとした。測定は、個々の線量計を民間企業が行い、放医研は、新たに開発した広領域画像高速取得顕微鏡を用いることによりこれまでよりも高精度にプラスチック飛跡検出器を解析する。最終的に、これらの結果を総合して線量を算出する。今後、民間との共同研究を重ね、民間企業が宇宙飛行士の被ばく管理を行う体制作りを計画している。

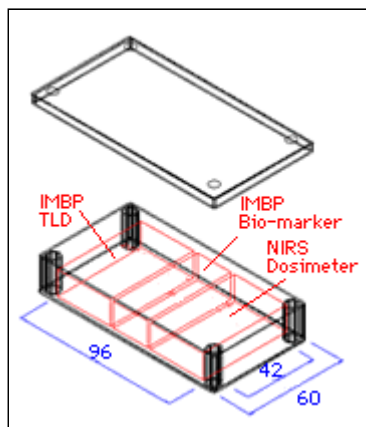
■ 将来への展開

一連の実験により、宇宙環境における放射線線量計測方法の評価が行われ、さらに解析方法の最適化が行われる。これにより、今後の線量測定での精度の向上が期待でき、宇宙飛行士の放射線被ばく管理の信頼度の向上につながる。現在、JAXAでは、日本人宇宙飛行士の放射線被ばく管理は米国NASAによる線量測定値を利用して実施しているが、日本の技術による、より信頼度の高い放射線管理システムの構築への足がかりになると考える。

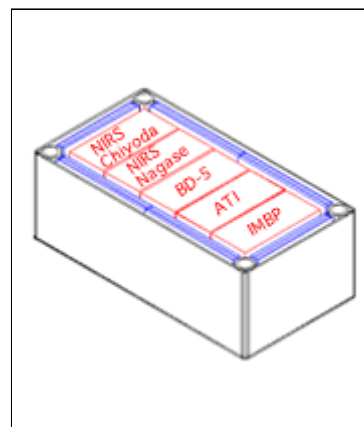
また、放医研を中心とした国際比較実験により、宇宙環境放射線線量測定技術の世界的なスケールアップが図られ、この分野における日本のリーダーシップがより確固としたものになることが期待できる。

数十年後に実施される可能性のある有人月探査、あるいは有人火星探査による宇宙飛行士の放射線被ばく線量は、もはや小線量ではなく、放射線被ばく管理は必須である。日本独自の有人探査を実施するにあたり、日本の技術による放射線被ばく管理が必要となるのは明らかであろう。その基礎データの取得という意味においても、今回の実験は今後の日本独自の宇宙開発に対する重要な礎となるであろう。

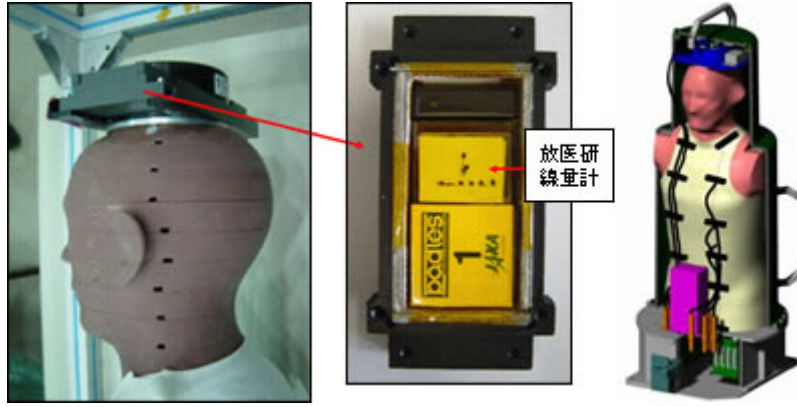
(放射線安全研究センター 放射線防護プロジェクト 研究員 内堀 幸夫、安田 仲宏)



BRADOS/NIRS線量測定実験



Space-ICCHIBAN-0実験:
宇宙国際比較実験用線量計ボックス



MATROSHKA実験:ESAによる国際実験

お知らせ

海外からの来所者

海外からの来所者 / 平成16年1月～3月

来所期間/用務	氏名	所属	国籍
施設見学及び意見交換			
1月27日	Darmawan Darwis	インドネシア原子力庁	インドネシア
"	Tjipto Sujitno	"	"
"	Ruzalina Baharin	マレーシア原子力庁	マレーシア
"	Mahathir Mohamed	"	"
"	Danesan Sinnakaruppan	"	"
"	Sasiphan Khweerat	タイ原子力庁	タイ
"	Tossanu Sawangsri	"	"
"	Somyot Srisatit	タイ チュラロンコン大学	"
"	Van Tuan Bui	ベトナム原子力委員会	ベトナム
"	Van Giap Trinh	"	"
緊急被ばく医療データベースの構築と具体化のための討議			
1月13日～17日	Zhao Dasheng	中国北京放射医学研究所	中国
"	Xu Tianhao	"	"
"	Chen Xiaohua	"	"
治療用寿命粒子線の体内における核反応の研究			
1月18日～3月17日	Lembit Sihver	スウェーデン チェルマー 技術大学	スウェーデン
高エネルギー重粒子線の核破砕反応/荷電粒子及び中性子に対する生体組織などに関する研究			
1月29日～2月15日	Miller Jack	ローレンスバークレイ国 立研究所	米国
1月29日～2月10日	Borak Thomas B	米国コロラド州立大学	"
1月29日～2月20日	Guetersloh Stephan Brant	米国ローレンスバークレ イ国立研究所	"
1月29日～2月15日	Heilbronn Lawrence Harvey	"	"
1月29日～2月11日	Evgeny Kuznetsov	米国アラバマ大学	"

固体中を走る重イオンの電子捕獲:原子物理研究

-世界で初めての試みである電子捕獲断面積の評価-

■ はじめに

がん治療で使われているような高速の重イオンが物質の中を進むと何が起きるかを考えて見ます。最も頻繁に起こる現象は、物質を構成している原子との衝突です。もっと詳しく見ると、原子を構成している電子及び原子核との衝突があります。電子との衝突の結果、弾き飛ばされた原子の電子が二次電子となって放出されたり、原子が励起されたり電離されたりします。一方、重イオン自身の方も、自分が持っていた電子を失なったり(電離)、逆に電子をくっつけたり(捕獲)します。以前に話した「荷電変換データ」は、このような重イオンの電離や捕獲に関する精密な情報を含んでいます(本誌[2003年1月号](#)、[同2月号](#)参照)。例えばフォイルの厚さは衝突回数を意味します。そこで、荷電変換データを詳しく解析すると、一回の衝突における重イオンの電離や電子捕獲の確率(これを断面積と呼びます)を知る事が出来ます。電子の空席が多い多価イオンに対して電子がどのように埋って(捕獲されて)行くか?と言う問題は、最近の原子物理学の興味あるテーマの一つです。本研究も、この線に沿って実施されました。主目的は、HIMAC線形加速器から提供された信頼性の高い荷電変換データを用いて「電子捕獲断面積を精度良く評価する」ことです。主担当は、ロシア科学アカデミーからの招待研究者、V.P.Shevelko氏です(H15、9-12月の3ヶ月間)。なお、本研究の詳細はHIMAC-report 076(英文)に掲載されています。

■ ターゲット密度効果(density effect)とは

重イオンが炭素薄膜を通過する時の電離/捕獲を考える際には、いわゆるターゲット密度効果(target-density effect、以後DE効果と言う)を考慮する必要があります。このDE効果は、見かけ上の電子捕獲断面積の低減化(電離断面積の増加)につながります。例えば荷電変換データは、電子を捕獲する確率を小さくし、離れる確率は大きくした結果として得られます。そのため、一般に固体の薄膜を通過した重イオンの平均電荷は、ガス状ターゲットを通過した場合のそれに比べて大きくなる事象も知られています。今回は、HIMACで得られた荷電変換データの詳細な解析により、C原子で構成された固体(炭素薄膜)中を走行する6.0 MeV/n重イオン(光速の11%)の電子捕獲断面積を評価しました。このエネルギー領域では世界で初めての試みです。次に、その結果を計算と比較して見ると、DE効果の確認だけでなく電子捕獲過程に関して原子物理的に興味ある事が見えて来ます。

DE効果を説明する前に"主量子数、 n "について簡単に復習します(図1)。この数は、整数であり、電子の束縛エネルギーの大きさを表します。この n が大きいほど、原子核から離れた(束縛エネルギーは小さく、電子の雲は大きく広がった)状態です。主量子数(n)の大きい状態に電子捕獲したイオンは、電離断面積が大きいので、引き続く固体原子との衝突電離により(直ぐに)元の電荷状態に戻ってしまう事がDE効果の本質です。励起状態の(電子が n の大きい状態に居る)イオンは不安定であり、一般には光を発しながらある一定時間(decay time)経つと安定な状態に戻ります。DE効果とは、ある主量子数(n_{cut})より高い状態に励起された高速イオンが、(原子のビッシリ詰った固体中では)本来のdecay timeの時間(長くは)生き延びられないという事です。なぜかと言うと、 n 状態に励起されたイオンの電離断面積は n^2 に比例する事が解っており、大きい n に対しては電離断面積が非常に大きくなります。かつ、ターゲット原子がビッシリ詰った状態であるため直ぐに次の衝突が起ります。結果的に直ぐに電離されてしまい、見かけの捕獲断面積が小さくなってしまいます。高い状態に励起されたイオンは固体原子との頻繁な衝突で直ぐに電離され、励起状態として実質的に存在することが出来ません。この頻度は原子(ターゲット)密度(density)に依存するため、電子捕獲断面積もターゲット密度に依存する事になるのです。そのため、density effect(DE効果)と呼ばれます。

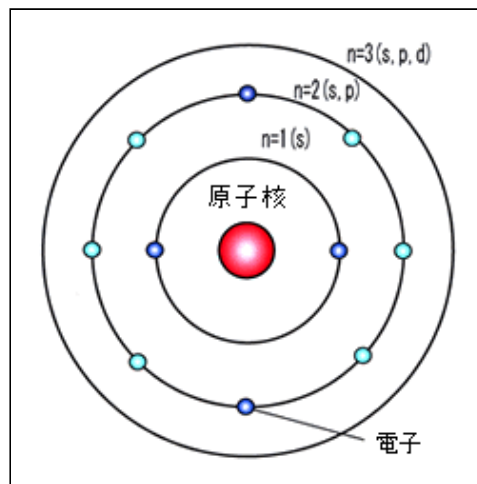
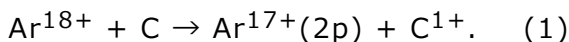


図-1. 原子核の廻りを運動する電子は、主量子数(n)によって決まる色々な大きさの軌道上を運動し、その軌道上には電子の一定数が配置されて、それが幾層にも作り上げられています。各n(1, 2, 3, ----)に対応する殻(K, L, M, ----)が存在し、更にその中にs, p, d, ---- の軌道(細部構造)が存在します。

■ ターゲット密度効果の推定

HIMAC線形加速器のエネルギー、6.0 MeV/n、におけるdecay レート(速度)と電離レートを、次のようなH-like(電子が一つ着いた)Arイオン、 Ar^{17+} 、のケースで具体的に考えてみます。Arの場合、イオン化されない中性原子は18個の電子を持っています。ここで2pとは、電子1個が図1におけるn=2(s, p)中のp状態に居るという意味です。



遷移確率のdecay time、 $A(2p-1s)$ 、及び2p状態のlife time、 $\tau(2p)$ 、は各々、 $6.6(10^{13}/\text{s})$ 及び $1.5 \times 10^{-14} \text{ s}$ です。励起された $\text{Ar}^{17+*}(2p)$ は、炭素薄膜中では、 $N_C v \sigma_{\text{ion}}(2p)$ の電離レートで電離されます。 N_C は炭素薄膜の密度、 v はArイオンの速度、 $\sigma_{\text{ion}}(2p)$ は2p状態でのC原子による電離断面積です。6.0 MeV/nは $v=3.4 \times 10^9 \text{ cm/s}$ で、 $\text{Ar}^{17+*}(2p)$ の電離断面積は凡そ $7.0 \times 10^{-19} \text{ cm}^2$ と評価出来ます。これらの数値を代入すると、電離レートは $2.4 \times 10^{14}/\text{s}$ となり、 $A(2p)$ のdecay レートより4倍も大きい値となります。結果として、固体中で $\text{Ar}^{17+*}(2p)$ を生成する捕獲確率は非常に小さい事が予想出来ます。 Ar^{17+*} に関して言えば、n=2より高く励起されても、炭素薄膜中のC原子衝突によって即座に電離されてしまうと云えます。

■ 計算と密度効果が含まれた実験値との比較

図2は、6.0 MeV/nにおけるC原子(炭素薄膜)と全電離(電子が全て剥がれた原子核だけの)イオンとの衝突において、電子1個を捕獲する確率に関して、実験的に評価した値(evaluated)とCAPTURE code(Shevelkoの開発)及びETACHA code(Rozetの開発)による計算との比較です。まず注目すべきは、n=1, 2, 3(図中ではn(4)への捕獲断面積が実験値より(特にz=18では一桁程度も)大きい点です。これが、実験に現れたDE効果そのものです。実際の捕獲確率は、DE効果を考慮せずに計算した値の1/10程度しかないという意味です。入射イオンはC, Ne, Mg, Si, Arですが、全てのイオン種でDE効果が観察でき、特にArで顕著です。逆に、1s状態(基底状態)への捕獲に関する計算結果は非常に小さくなっています。電子空席の中で最も安定な1s状態から(常に)電子が埋って行くように思われがちですが、これは全く違うと言う事です。非常に良い一致が、「1sと2sへの捕獲確率の和を考慮した計算」に対して見られました。「H-like Arイオン(電子が一つ着いた Ar^{17+})の生成に関して言えば、固体のような高いターゲット密度の中では高く励起された状態は存在せ(生成され)ず、しかし1s状態だけでも無く、1sと2s状態で生成される」という事が解りました。

図3は、電子が1個付いた(H-like)イオンがC原子との衝突で(更に)もう1個の電子を捕獲する確率に関して、計算(CAPTURE code)と実験値を比較したものです。注目すべ

き点は、低Z領域における実験誤差を考慮しても、「実験値が計算値よりファクタ2程度小さい」事です。計算値は、1sと2s状態への捕獲断面積の和です。一方、1sだけへの捕獲断面積に関する計算値は逆に非常に小さくなりました(図3には表示していません)。これは不思議です。1sと1s+2sの間には電子が取り得る状態は存在しません。この差も新しいevidenceですが、現段階の知見では説明出来ません。何か「新しい考え方の導入が必要」と考えられます。

(重粒子医科学センター 加速器物理工学部 佐藤 幸夫)

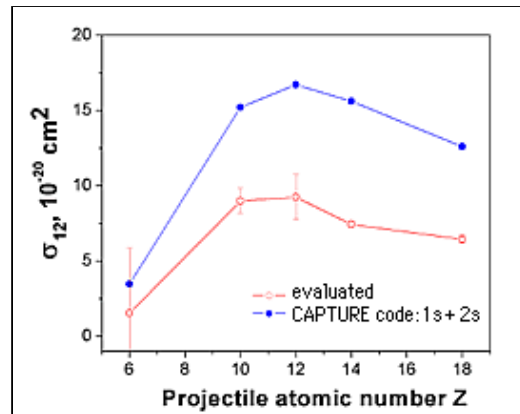
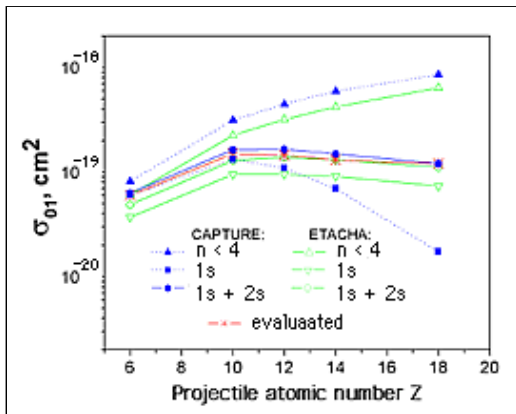


図-2. 炭素薄膜中6.0 MeV/nにおける全電離イオンの電子捕獲断面積の比較。*は実験値から評価した値。△▽◇はETACHA codeによる計算で、△はH-likeイオンのn=1,2,3状態への捕獲断面積、◇は1sだけへの捕獲断面積、◇は1sと2s状態への捕獲断面積の和。▲■●はCAPTURE codeによる計算で、▲はH-likeイオン生成の際のn=1,2,3状態への捕獲断面積、■は1sだけへの捕獲断面積、●は1sと2s状態への捕獲断面積の和。Z=18における(Arに対する)ETACHA codeによる1sへの電子捕獲断面積は小さくなっていませんが、これはコードに若干の問題がある事が本研究の中で既に解っています。

図-3. 炭素薄膜中6.0 MeV/nにおけるH-kile(電子は1個着いた)イオンの電子捕獲断面積の比較。つまり電子が2個着いた(He-like)イオン生成の確率です。●は実験値から評価した値、○はCAPTURE codeによる計算値で1sと2s状態への捕獲断面積の和です。

がん治療最前線

シリーズ32 子宮がんに対する重粒子線治療

子宮がんに対する重粒子線治療では、子宮病巣中心部に向かって照射標的を絞り込んでいく照射法の開発を重ねてきました。その結果、健常臓器の有害反応は軽減され、腫瘍制御は線量の増加とともに向上しています。大きな頸部扁平上皮がんも制御されており、腺がんにも高い効果が得られています。

■ より有効な放射線治療法への期待

子宮がんとは、子宮にできるがんの総称です。実際には病気の性質や治療法が異なるため、発生部位や病理組織型によってさらに細かい病名をつけています。まず、子宮がんは、体部から発生する子宮体がん、頸部から発生する子宮頸がん到大別されます。次に、病理組織型としては、体部に発生することの多い腺がん、頸部に発生することの多い扁平上皮がん、その他に分類することができます。本邦では、頸部の腺がんや体がんは増加傾向にあります。

放医研では、これまで3,500人以上の子宮がんに対する放射線治療の実績を有し、国内の標準的治療の確立に大きく貢献してきました。その成果としてI、II期の小さな子宮頸部扁平上皮がんでは手術と同等の成績が得られています。さらに手術困難なIII期でも、放射線治療を受けた場合は約半数の方が治療5年後に生存していますが、一般には腫瘍が大きくなるほど治りにくくなります。また、腺がんの治療は手術が第一選択となっていますが、腺がんは扁平上皮がんより放射線の治療効果が劣ることが多く、手術できない頸部腺がんや体部腺がんに対する放射線治療は、まだ満足できる成績とは言えません。重粒子線治療では、従来のX線やガンマ線治療に比べて病巣への線量集中性や殺細胞効果が優れているため、そのような腫瘍に対しても根治性の高い治療となることが期待されています。

■ 重粒子線治療の対象と方法

子宮がんの重粒子線治療は1995年6月に開始されました。現在、この治療の対象となるのは、子宮頸部扁平上皮がんではIIB-III期の4cmをこえる大きな腫瘍か、IVA期(膀胱浸潤)です。頸部や体部の腺がんでは、II-IVA期(膀胱浸潤)となっています。

一般に、子宮頸がんの放射線治療は、子宮腔内の小線源治療(放射線を出す小さな密封線源を子宮内に挿入する治療)と骨盤の外部照射(体外からの治療)を組合せて行ないます。一方の重粒子線治療では、小線源治療は用いておらず、外部照射のみです。外部照射は1日1回、週4日間の治療を合計20回行ないます。治療期間は、通常の放射線治療に比べて2~3週短い5週間で終了します。照射方法は、はじめは骨盤のリンパ節領域を含めて広く治療しますが、次第に子宮の病巣に対して標的を絞り込んでいき、最後に病巣中心部に高線量を投与するように計画されています。

現在までに行なわれてきた第I/II相試験では、安全性を確認するため少ない線量から治療が開始され、その後、腫瘍に対する有効性をみながら数段階で線量増加を行なうという形式をとってきました。

■ これまでの治療結果

これまでの経過観察では、皮膚や膀胱に重篤な有害反応は出現していません。一般の放射線治療では、照射期間中下痢になることが多いのですが、重粒子線治療では、下痢はほとんど起こりません。初期の臨床試験において、段階的線量増加に伴い高線量で照射された患者さんの中から、腸管に穿孔を生じて手術を要した方が8名いました。これらの患者さんは腫瘍が進行しており、消化管と腫瘍が近接していたため、結果的に腸管の高線量投与が避けられなかったことが主な原因と考えられました。幸いなことに、1名を除いて局所制御が得られ、その後長期間にわたりご健在です。腸管の安全

線量を決定するとともに、照射方法を改善するなどした結果、今では同様の有害反応は認められなくなりました。

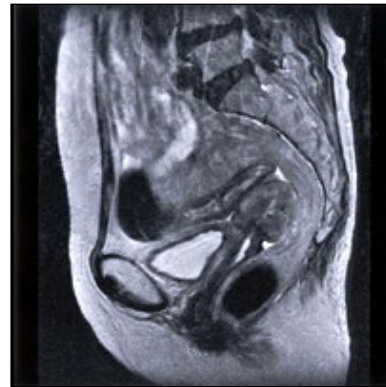
これまで重粒子線治療を受けた患者さんは、中央値で6~7cm大と大きな腫瘍が多く、様々な線量で治療されてきました。子宮頸部扁平上皮がんにおける、治療線量毎の腫瘍の制御を検討してみると、線量増加とともに成績は向上し、72.8GyE群では86%が制御されています。また、従来の放射線治療では局所制御が難しいとされるIVA期(膀胱浸潤)でも、重粒子線治療を受けた方では63%で制御が得られています。

子宮頸部腺がんや体部腺がんでも、扁平上皮がんの場合と同様、線量の増加とともに成績が向上しています。68.0GyE群では頸部腺がんの70%、体部腺がんの100%が制御されています。子宮病巣が重粒子線治療で制御しきれない場合には、手術を行なうこともあります。このように、腺がん症例でも良好な成績が得られているのは、線量集中性の良さだけでなく、生物学的に殺細胞効果が高いという利点が生かされたためと考えています。

(重粒子医科学センター病院 大野 達也,加藤 真吾)



治療前 (矢印の範囲が腫瘍)



治療後 (腫瘍は消失)

ぱるす

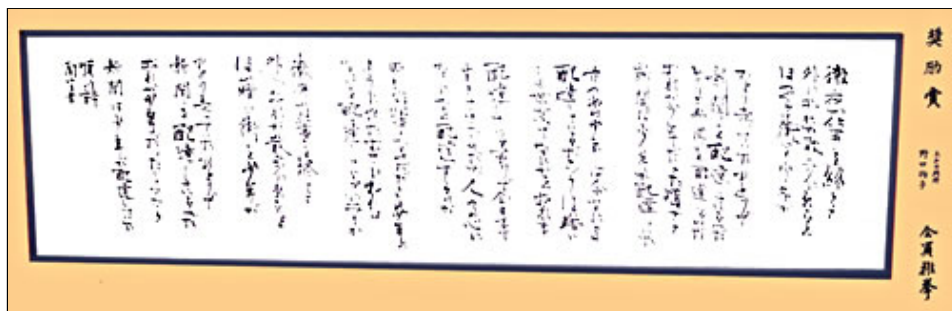
エッセイ・ぱるす NO.28 「私と書道」

書道を始めて早くも10年。亀の歩みの10年ですが・・・。始めたきっかけは、娘達が大学、結婚と巣立って行った事でした。思いもよらなかった虚脱感。私の心にぽっかりと空いた穴はどうしようもありませんでした。何かしなければと思ひ色々悩んだ末(?)思いきって書道をされているNさんに相談をしました。書道なら脚の悪い私でも出来ると思ったし、高校まで「お習字」をしてきた私にとって何とかなるかも知れないと思ったのでした。今にして思えば何と浅はかな事だったか、穴があつたら入りたい心境です。そして始めた書道は今や、孫を含めてやめられない状態に、はまっています(はめられている?)。書道を始める大分前、定年を考える事もない頃でした。仕事帰りのカ-ラジオから聞こえてきた「定年後あなたは、どうしますか?何をしますか?」というテ-マの番組を思い出します。「定年になってから考えたのでは遅いのです。考えている内に1~2年はすぐ経ちます。出来たら定年10年前位から絞り込んでおくといいですし、始めておくとなおいいですね。」と言う事でした。

思えば、私が書道を始めたのが、定年10年前、手前味噌ですが、何といいタイミングだったのでしょ!娘達に感謝しなければなりません。書道を始めていきなり千葉県美術展に180 cm×50cmの作品を恥かしげもなく先生に言われるままに出品。見事に落選...当たり前。それから市原市美術展・芸術院展・千葉市美術展・童謡の書展・毎日書道展と毎年出品しています。その間に毛筆検定、毎月の教材の出品。と私の生活がすっかり変わりました。書道の分野は色々ありますが、私は「現代詩文」に係わっています。小説は読むけれど、詩集と殆ど縁のなかった私なので、まずは教科書で馴染みの、藤村、賢治、光太郎の詩から書き始めました。

私には度重なる入退院がありましたが、先生はじめ稽古の仲間の皆さんに励まされ、支えられてここまで来る事ができました。書道のお蔭で術後の回復が早かったような気がしています。「墨」の香には生気を甦らせる力があるのかもしれない。ここに一昨年の千葉市美術展で入賞した作品を紹介します。当病院にゆかりの作家の詩を書かせていただきました。これからもゆっくりとあせらず、自分の心に響く「詩」を書いていこうと思っています。

(重粒子医科学センター-病院 野口 侑子)



千葉市美術展で奨励賞に入賞した作品