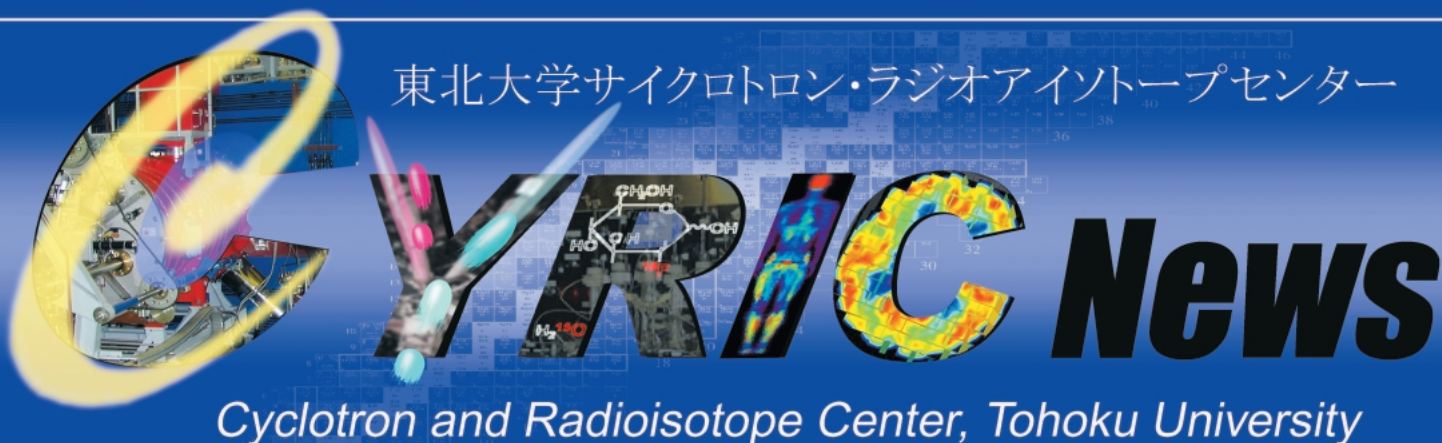


東北大学サイクロロン・ラジオアイソトープセンター



No. 36 2004. 11 東北大学サイクロロン・ラジオアイソトープセンター

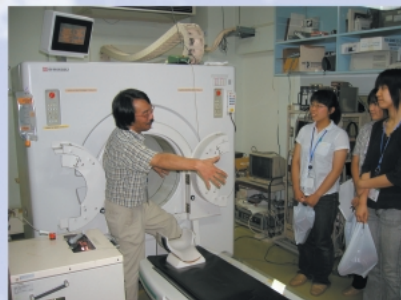
巻頭言

——世界物理年に想うこと——

東北大学理学研究科附属原子核理学研究施設長 笠木 治郎太

来年は、アインシュタインが三つの重要な論文（光電効果の理論，ブラウン運動の理論，特殊相対性理論）を発表した1905年から，ちょうど100年を迎える。「現代物理学は，この三つの理論，量子論，原子論，相対論の発展そのもので，その成果は，私たちの生活に大きな影響を与えてきた。」と，我々，物理研究者は認識している。しかしながら，一般には，物理学の役割が正しく認識されず，「非常に難しいもの」として疎んぜられ，学生の物理離れも進んでいる。IUPAP（国際純粋・応用物理学連合）では，この状況を憂慮し，現代物理学に対する世間の関心・理解を惹き起こすため，記念となる2005年を世界物理年とし，世界各地で様々な企画を行うことを提案している。

現代物理学の発展にとって，実験研究において不可欠な役割を果たしたのは，加速器である。1932年，コッククロフトとワルトンは高電圧発生装置からの280 keVの陽子ビームを用いて，初めて人工的原子核変換に成功し，また，ローレンスは28 cmサイクロロンを製作し1 MeVの陽子加速に成功した。加速エネルギーの増大は，様々な新粒子の発見を導き，その結果，6種のクォークと6種のレプトンとが，究極の粒子であることを確立した。これまで，加速器の発明及びそれを用いた実験研究に対し，10以上のノーベル物理学賞が贈られている。

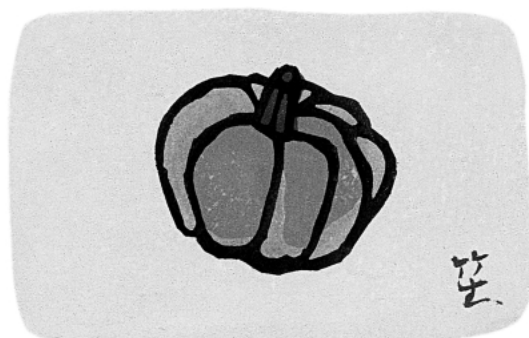


みやぎ県民大学の講義・見学の様子（本文21ページ）

現在、加速器は超大型となり、高エネルギーフロントや大強度ビームフロントの開拓を進めている。それらの建設・維持・研究に千人規模の人が必要とされ、加速器科学は巨大科学となっている。また、小型加速器（10 MeV 程度以下）の応用は目覚しく、医療・工業利用をはじめ、様々な分野で役立つ装置となって広く普及している。

東北大学は、サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターに K=110 MeV AVF サイクロトロン、および、原子核理学研究施設に 1.2 GeV 電子シンクロトロンという中型加速器（100 MeV~1 GeV 程度）をもつ全国でもユニークな大学である（他には大阪大学があげられる）。この規模の加速器は、加速器自身が〇〇フロントと名づけられる開拓的なものとはなりにくく、かといって、ボタン一つで簡便に利用できる照射・分析装置でもない。維持管理にそれなりの人とお金がかかることもあり、利用している研究分野以外の人には、大学での加速器の意義が理解されにくくなってきている。

学内加速器施設は、利用が容易、すなわち、アイデアを容易にテストできる、小さなグループでも長期間にわたる実験が可能、異なった分野の研究者との共同研究を行いやすい、等々の利点がある。クォーク核物理分野で最近注目を浴びたクォーク 5 個から構成される新粒子の発見は、このような利点を生かし、大阪大学を中心とする研究からなされたものである。基礎物理学研究の加速器が超大型化するなかで、中型加速器からの特徴あるビームを利用して様々な分野の研究フロントが飛躍的に発展する可能性は大きい。東北大学においても、中型加速器を用いた新たな視点からの研究発展が期待される。世界物理年を機会に、加速器が、様々な研究分野において果たしている役割を、より多くの人に理解してもらうことが大切である。



阿部箆子先生作

• 巻頭言	世界物理年に想うこと		
	東北大学大学院理学研究科 附属原子核理学研究施設長	笠木治郎太	1
• 研究紹介			
(1) 受動型積算計としてのイメージングプレートの応用			
—医療被ばくにおける線量マッピングへのアプローチ	東北大学大学院薬学研究科 放射性医薬品実験施設	大内浩子	4
(2) RF 型イオンガイド法の開発			
	センター 加速器研究部	藤田正広	10
• 新しい機器の紹介			
半導体照射試験コース			
	センター 放射線管理研究部	牧野高紘, 糸賀俊朗, 馬場 護	14
• 共同利用の状況			16
• センターからのお知らせ			17
• 研究交流			24
• RI 管理メモ			25
• 分野別相談窓口			25
• 人事異動			26
• CYRIC 百科			27
• 編集後記			28

研究紹介(1)

受動型積算計としてのイメージングプレートの応用 —医療被ばくにおける線量マッピングへのアプローチ

東北大学大学院薬学研究科 放射性医薬品実験施設
大内 浩子

はじめに

イメージングプレート (Imaging Plate, IP) は、写真フィルムと比べて、感度が高く、広いダイナミックレンジを有し、発光量と放射線量との間の直線性が良いなどの特長をもつ2次元型画像センサーである。また、可視光照射により残像が消去できるため繰り返し使用ができる。このため、医療診断ではCR (Computed Radiography) システムで高画質画像が得られる媒体として、従来のX線フィルムからIPへと世代交替が進み、基礎研究分野ではオトラジオグラフィ、マイクロアレイなどに、また、X線結晶構造解析システムの検出系に用いられるなど様々な分野で利用され、同時に放射線計測への応用に関する研究開発も活発に行われてきた。

しかし、これらは、主として2次元イメージャーとしての利用開発である。IPにはフェーディングと呼ばれる放射線照射後の時間経過とともに発光量が低下する退行現象が生じるために、放射線量の絶対測定には不向きとされ、積算型線量計として応用するための研究、開発はほとんど行われてこなかった。IPを積算型線量計として使う方法が確立されれば、高い感度と広いダイナミックレンジを有し、イメージングにより広い有感面積での入射放射線情報も得られるという他の検出器とは異なる特長をもつあらたな線量計を生み出すことになる。ここでは、フェーディング現象の特性を明らかにしたことにより積算線量評価法を確立した経緯に触れながら、大線量被ばく用線量計としての応用手法開発、さらに現在行っている医療被ばくにおける線量マッピングへのアプローチを紹介する。

イメージングプレートとその原理

IPは、光輝尽発光 (Photo-Stimulated Luminescence, PSL) 特性を持つBaFBr:Eu²⁺結晶の蛍光体を放射線検出素材とする。富士写真フィルム株式会社が開発し、1981年に2次元放射線検出システムが実用化された。PSLは、物質に放射線などの第1の光で刺激を与えた後で、第2の光をその物質に照射したときに、第2の光よりも波長が短い第3の光を発する現象で、かつこの光の強度が最初に照射した放射線量に比例する。IPの輝尽発光メカニズムは、次のように説明される。放射線が入射すると、結晶中のEr²⁺イオンの基底状態の電子が伝導帯に励起され、結晶中にもともと存在するある励起レベルに捕獲されて準安定状態のF中心を作る。この段階で、放射線照射の情報がF中心の密度分布として記憶される。ここに、光学的刺激を与えると、レベル差に相当するエネルギーを光として放出し基底状態に戻る。この光の強度があらかじめ照射した放射線量に比例する。実際の読取りは、He-Neレーザービーム (波長633 nm) で蛍光体膜の表面を2次元走査することにより行われ、輝尽発光量を電気信号に変換し、デジタル化した後、画像データが得られる。

積算線量評価法の確立

積算型線量計としてのIPの最大の欠点であるフェーディング現象について、まずその特性を調べたところ、フェーディングは、照射後の経過時間が長くなるにつれて大きくなるだけでなく、周

囲の温度が高くなればなるほど大きくなり、強い温度依存性をもつことが明らかになった。この特性に着目し、Arrhenius の反応速度式を測定値に応用することを考え、照射後の経過時間(t)と絶対温度(K)の2つを変数とするフェーディング関数を開発した¹⁾。この関数は指数関数的に減少する4から5成分の和で構成され、実測値を良く再現する^{2,3)}。BAS-TR を ²⁴⁴Cm で照射したときのフェーディング関数を以下に示す。

$$\begin{aligned}
 (\text{PSL})_{t,k}/(\text{PSL})_{0,k} = & 0.461 \exp \{ -2.19 \times 10^8 \cdot t \cdot \exp (-6.14 \times 10^3 / K) \} \\
 & + 0.277 \exp \{ -1.60 \times 10^{13} \cdot t \cdot \exp (-1.02 \times 10^4 / K) \} \\
 & + 0.230 \exp \{ -7.98 \times 10^{12} \cdot t \cdot \exp (-1.05 \times 10^4 / K) \} \\
 & + 0.030 \exp \{ -1.99 \times 10^{12} \cdot t \cdot \exp (-1.05 \times 10^4 / K) \} \\
 & + 0.002 \exp \{ -4.96 \times 10^{10} \cdot t \cdot \exp (-1.05 \times 10^4 / K) \}
 \end{aligned}$$

また、関数から各成分の活性化エネルギーを求めることができる。表1に3種類のIP (BAS-TR, BAS-UR, BAS-MS) に、 α (²⁴⁴Cm), β , γ 線それぞれを照射したときの各成分の活性化エネルギーを算出した結果を示す。これにより、フェーディングが、F 中心に捕獲された電子が PSL 発光とは別の熱的に浅いレベルを経由して正孔と再結合することにより生じていることが示唆され、そのトラップレベルにいくつかの異なるエネルギー準位があることが明らかになった。また、いずれのIPでもE₁~E₅へと成分が進むにつれて明らかに活性化エネルギーが高くなっていた。この結果は、活性化エネルギーの低い成分の順にフェーディングが生じることを意味し、フェーディングが熱的に促進される現象であることを示唆する。この特性を利用し、照射後のIPにアニーリング(加熱)処理を施して、意図的に熱的活性化エネルギーの低いF中心の捕獲電子を解放し、比較的活性化エネルギーの高い長半減期成分だけを残してやることで、フェーディングの影響を最小限にした積算線量の定量評価法を確立した⁴⁾。図1にIP素子(BAS-MS)を薬学研究科放射性医薬品実験施設管理室に132日間放置し自然放射線によるPSL値の累積の度合いを調べた例を示す。アニーリングしない場合は積算線量値が日数に対して直線性を示さず、PSL値の累積の度合いとフェーディングの度合いとが逆転するため100日経過したあたりでPSL値は低下し、ばらつきも大きい。これに対し、アニーリングした場合は132日経過した時点においてもまだ直線性を示している。さらに、積算型線量計としての本法の実用性の評価を行うために、サイクロトン・RIセンターにおいて、温度変化の大きい建屋外を含めた加速器周辺、管理区域境界等の8ヵ所において1年間測定を行った。その結果、年間を通して十分に温度変化に耐えられること、PSL密度(PSL/mm²)の値から1か月積算線量の絶対測定が可能であることが示された⁵⁾。

表1 各成分の活性化エネルギー

Type of IP	BAS-TR		BAS-UR		BAS-MS	
	²⁴⁴ Cm	β or γ ray	²⁴⁴ Cm	β or γ ray	²⁴⁴ Cm	β or γ ray
E ₁ (eV)	0.53	0.53			0.76	0.76
E ₂ (eV)	0.88	0.88	0.70	0.70	0.75	0.75
E ₃ (eV)	0.90	0.90	0.75	0.75	0.80	0.80
E ₄ (eV)	0.90	0.90	0.85	0.85	0.82	0.82
E ₅ (eV)	0.90	0.90	0.86	0.86	0.82	0.82

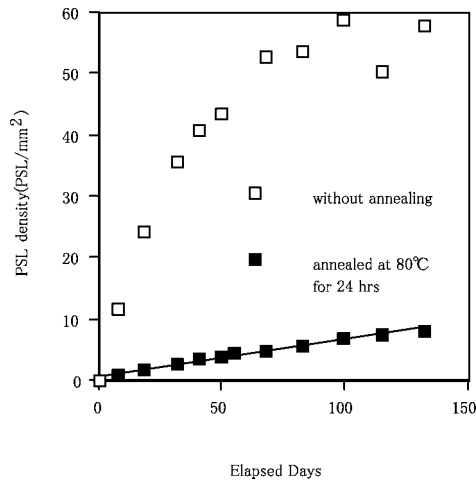


図1 IPによる累積自然放射線量の測定

大線量被ばく用線量計としてのIP

IPの感度の高さとダイナミックレンジの広さを利用すると、環境放射線レベルから事故時などにおける大線量レベルまで広範囲の測定が可能な線量計として応用することができそうである。IPの検出下限は1か月間線量計として用いたとき¹³⁷Cs換算で3.15 μGyと算出され⁵⁾、他の種類の積算型線量計と比べても非常に低い。では、上限値はどのくらいなのだろうか。⁶⁰Coまたは¹³⁷Csのγ線をBAS-URに照射したとき、数10 mGy以上の線量になるとPSL密度が飽和してしまい測定不能になることが報告されている⁶⁾。X線（実効エネルギー約33 keV）の場合は、BAS-MSでは100 μGyを、BAS-TRでは600 μGyをそれぞれ超えたあたりでPSL密度が飽和してしまい、それ以上の線量は測定ができない。一見、測定レンジはさほど広くないように見えるが、これらの飽和の原因は、読み取り装置の出力回路の制限によるもので、IPの物性としての飽和を意味するものではない。すなわち、出力回路で制限されないようにPSL発光を制御すれば、より大線量域での測定が可能になる。

そこで、市販読み取り装置による通常の測定では上限をオーバーする大線量下で使用されたIPを、装置を何ら改造する必要のない簡便な2つの方法、セロハン法とアニーリング法を用いて読み取りを行った。セロハン法は、赤、青2色のセロハンシートでIPをカバーして読み取る方法で、He-Neレーザーの強度を弱めることにより、発光ルミネセンス量を低くし、さらに、光電子増倍管へ集められる発光ルミネセンス量の強度も弱め、測定上限をのばすことができる。また、アニーリング法では熱処理を施すことにより、フェーディングの影響を小さくできると同時に、半減期の短い成分を消去するためPSL値が減少する。従って、適正な温度と時間でアニーリング処理を施せば、通常を読み取りを行えるレベルまでPSL値を減少させることが可能となる。図2に、BAS-TRにX線を照射後、セロハン法で読み取った結果得られたPSL密度と吸収線量(mGy)との相関関係を近似式と共に示す。2枚の色セロハンシート：青+青の組合せで、10⁴ mGyまで、直線関係が得られた。セロハンシートを3枚に増やすと、10⁵ mGyあたりまであらたに直線関係があるが、それまでの傾きの指数が1に近いのに比べ、傾きが0.544と小さくなっておりIPの素材としての飽和に近いことを示している⁷⁾。

図3に7.7 mGyから10⁴ mGy以上までX線を照射したBAS-TRを100°Cで70時間アニーリング後、通常の方法により読み取った結果を示す。良好な直線関係が得られ10⁴ mGy以上まで定量的に読み取りが可能であった⁷⁾。

大線量被ばく時には、最初にセロハン法で読み取ることにより、被ばく後短時間で暫定的な線量

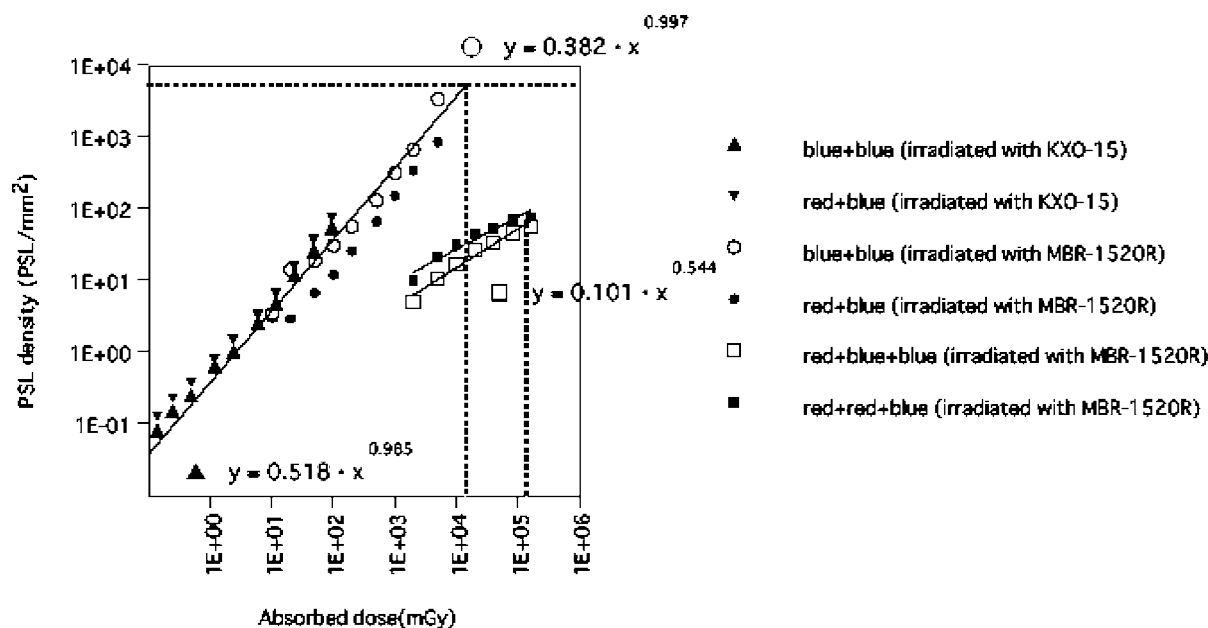


図2 BAS-TR に X 線を照射後セロハン法で読み取ったときの dose-response

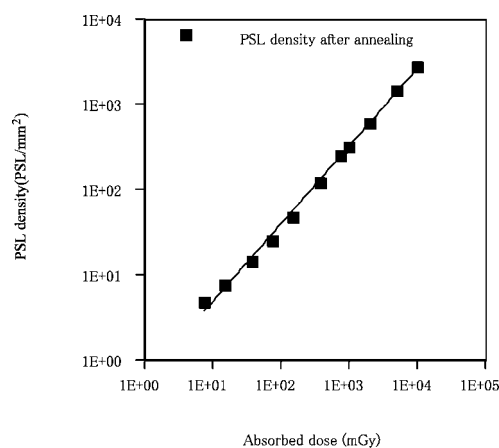


図3 BAS-TR に X 線を照射後アニーリング法で読み取ったときの dose-response

の概算値を知ることができ、その後アニーリング法で読み取ることにより、積算型線量計としてフェーディングの影響を最小限にした正確な線量評価を行うことができる。

医療被ばくにおける線量マッピング法へのアプローチ

100 Gy オーダーの大線量が測定でき、しかも、広い有感面積での二次元情報が得られる積算型線量計として IP を最も有効に使えるような分野の一つとして、医療被ばくでの測定が考えられた。現在、IP (BAS-TR) を IVR (Interventional Radiology, 血管造影術) 時の患者被ばく線量マッピング法へ応用することを試みている。

IVR は、X 線透視下で対象とする病巣や治療部位を特定し、目的とする血管へ選択的にカテーテルを挿入しモニタしつつ治療や診断を行う手技であり、手術に比較して侵襲度の少ない治療法であるため近年広く用いられている。しかし、カテーテルの先端を目的部位に誘導するためには、高線量率の透視が長時間に及ぶこともあり、目的部位が限られているために同一部位が照射され、撮影も頻回に及ぶ。しかも経過観察、再発時と繰り返し IVR 術技を受けるケースも多いため、X 線入射部位に確定的影響である皮膚障害を起こすほどの線量が照射されることがあり、日本でも最高

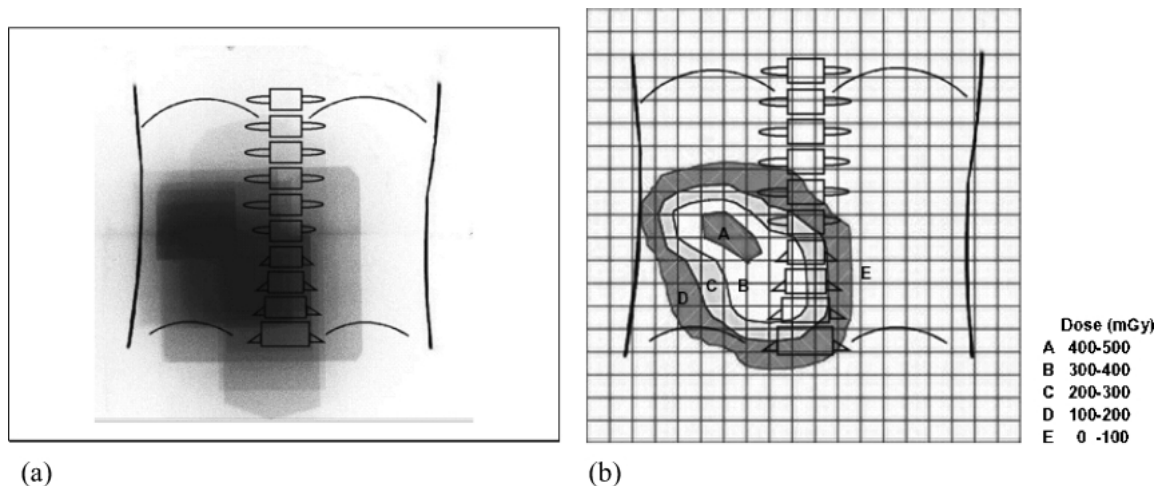


図4 肝動脈造影施術患者での測定例。(a) IPによる画像 (b) IP画像におけるPSL密度から算出した線量分布図。

60 Gy (推定) の積算線量による患者の皮膚障害例が散見するようになった。

患者の皮膚線量の測定には、熱ルミネセンス線量計のような小さな線量計を複数個使用する方法があるが、IVR では治療部位を多方向から観察するために X 線管-イメージンテンシファイアーが回転し照射野が変化するので、配置によっては hot spots を逃してしまう恐れがある。この点、二次元型検出器を用いたマッピング法は、照射野の重なり位置や、放射線障害の生じるおそれのある場所の決定を可能にし、患者背中に検出器を置くだけでよい簡便な測定法である。この目的には Kodak EDR2 や ISP GAFCHROMIC-XR などのフィルムが従来使用されているが、両者とも測定レンジが狭く、患者の個人モニタリングとしては十分ではない。また、両者とも再使用はできない。

そこで、IP を IVR での測定に利用することを考えたのだが、IP は BaFBr (及び I) という原子番号の大きな物質から構成されているため、エネルギー依存性について評価しておく必要がある。

山形大学・医病院放射線部の協力の元に IVR 施術に用いられている X 線発生装置を使用し、管電圧60~120 kV での BAS-TR の線量応答性を調べたところ、感度差は13%で収まることがわかった。術時の平均管電圧を求めることにより正確な線量を求めることが可能である。

BAS-TR (20 cm×40 cm) を2枚つないで、患者背中に敷いて測定した臨床例を図4に示す。線量の高い領域が明確に示されている。IPによるマッピング法は、容易に線量を測定できる方法であり、患者の記録はコンピューター内に保存して個人記録として保管できるため、実用性に優れた測定方法となり得る。

おわりに

IPのような汎用検出器をその性能に着目して応用手法を開発することで、従来にないユニークな線量計としてあらたな領域で利用することができる。特に医療分野では、様々な観点からの線量測定が必要とされており、放射線防護を目的とした有用な情報を提供するための様々なアプローチを今後も目指したいと思う。

本研究は、山寺亮教授(弘前大学医学部)がサイクロトロン・RIセンター放射線管理研究部におられたときに共同で始め、その後も、昨今の厳しい研究環境の中で馬場護教授のご協力を得ながら行っているものである。両先生並びに今回の執筆の機会を与えて下さった石井慶造センター長をはじめとするスタッフの方々に心から感謝申し上げます。

参考文献

- 1) H. Ohuchi, A. Yamadera, and T. Nakamura; *Nucl. Instrum. Methods*, **A450**, 343–352 (2000).
- 2) H. Ohuchi, A. Yamadera; *Radiat. Meas.*, **35**, 135–142 (2002).
- 3) H. Ohuchi, A. Yamadera; *Nucl. Instrum. Methods*, **A490**, 573–582 (2002).
- 4) H. Ohuchi, A. Yamadera and M. Baba; *Radiat. Prot. Dosim.*, **107**, 239–246 (2003).
- 5) H. Ohuchi, A. Yamadera and M. Baba; *Raioisotopes*, **53**, 115–122 (2004).
- 6) A. Yamadera, E. Kim, T. Miyata and T. Nakamura; *Raioisotopes*, **42**, 676–682 (1993).
- 7) 大内浩子, 山寺 亮; 保健物理, **39**(3), 198–205 (2004).

RF 型イオンガイドの開発

センター 加速器研究部 藤田 正 広

我々のグループでは、 β 安定線から遠く離れた不安定核を対象にして、 γ 線核分光や β - γ 核分光などの手法を用いて、その崩壊図式や娘核の励起準位の性質を詳細に調べる研究を進めている。目的となる不安定核はサイクロトロンからのビームをターゲットに照射することによって生成されるが、その際に目的の核以外の不安定核も同時に大量に生成される。また、ビーム照射時にターゲットから発生する X-線や即発 γ -線等も大きなバックグラウンドとなる。そこで我々のグループでは、センターの第二ターゲット室に設置されているオンライン式同位体分離装置 (Isotope Separator On-Line; ISOL) を利用して目的となる不安定核の質量分離を行い、ターゲットから遠く離れた低バックグラウンドの測定地点まで輸送して、精密な核分光実験を行っている。

ISOL で質量分離を行うためには、目的となる核をイオン (できれば 1 価) の状態にしなくてはならないため、ISOL の最上流部には照射用ターゲットと同時にイオン源が必須である。ターゲット・イオン源部には、高いイオン化効率はもとより、短寿命核を対象とする場合には、ターゲット内で生成されてからイオン源から引き出されるまでの時間も充分短いことが要求される。ISOL 用のイオン源としてよく用いられるのは、表面電離型や FEBIAD (Forced Electron Beam Induced Arc Discharge) 型等であるが、いずれも元素に応じてイオン化効率が大きく異なるため、目的に応じてイオン源を選択する必要がある。また、引き出し時間も元素の化学的性質に大きく依存するため、これも目的の元素に応じて最適化する必要がある。

1970年代後半にフィンランドのユバスキラ大学で開発されたイオンガイド法¹⁾は、様々な優れた特性を持つ、新しいタイプの ISOL 用イオン源として広く用いられている。イオンガイドの構造は非常に簡単で、数 cm^3 から数十 cm^3 程度のガスセル内に緩衝用のヘリウムガスを充満させて、その中にターゲットを設置している (図 1)。核反応等により生成された反跳核がターゲットから放出される時は多価イオンの状態にある。これらのイオンは緩衝用のヘリウムガス中で熱化され、荷電状態を下げていく。しかし、ヘリウムのイオン化エネルギーが大きいために、反跳核の大部分は中性化せずに長時間 +1 価の状態でも留まっている。この事実を利用して、これらのイオンが中性化する前にヘリウム気体流によってガスセルから引き出し、ISOL へと導く方法がイオンガイド法である。イオンガイド法と従来のイオン源を用いた方法との最大の違いは、前者は反跳核をイオン化という過程無しに ISOL に導くのに対して、後者は一度中性化した反跳核を再イオン化しているところにある。このため、イオンガイドから得られるイオンの引き出し効率は、被イオン化物質の化学的性質にほとんど依存せずほぼ一定であり、また装置の運転が室温で可能なために長時間の実験を継続して行うことができる。このことは、他のイオン源には無い、イオンガイド法の大きな利点であるといえる。我々のグループでは、1980年代前半にユバスキラ大学との国際共同研究を通じてイオンガイドの導入を行い²⁾、以降これを用いて、様々な研究が進められてきた。

イオンガイド法には前述したような利点があるが、欠点としてはその収量の低さが挙げられる。ターゲットからガスセル内に飛び出した反跳核の数に対する、ガスセルから引き出されたイオンの数の比をイオンガイドの効率として定義した場合、通常の場合で 1% 程度、核分裂反応の場合は 0.05% 程度となる³⁾。イオンガイドの効率を下げる原因としては、ガスセル内で熱化されずに内壁と衝突してしまう場合や、ヘリウムガス流によって輸送される際に内壁と衝突したり不純物分子と衝突したりすることによってイオンが失われてしまう場合などが考えられる。特に核分裂反

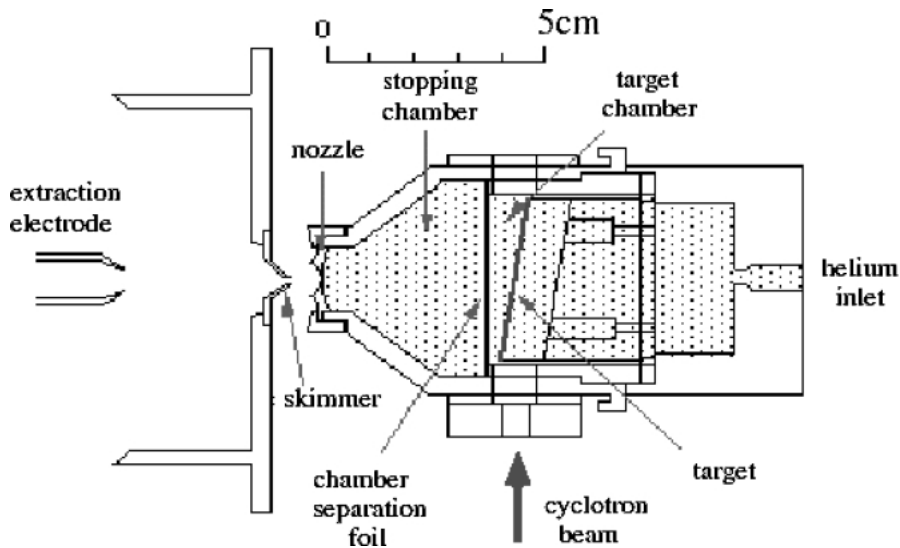


図1 従来型のイオンガイドチェンバー（軽イオン入射核分裂反応タイプ）

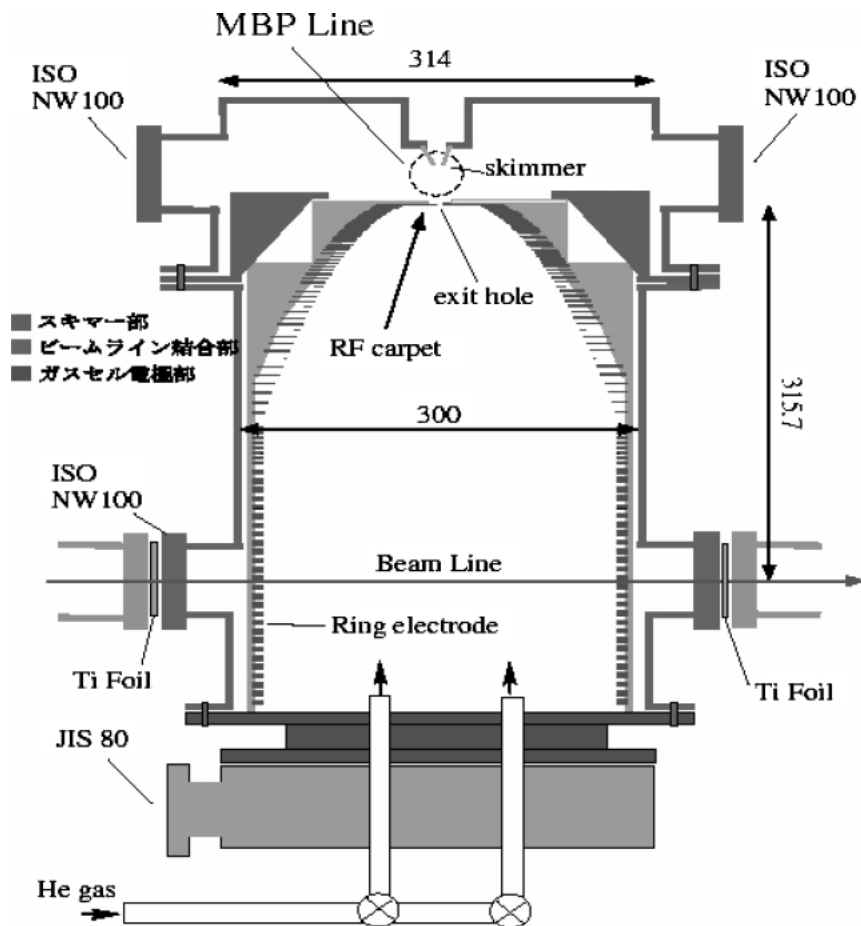


図2 RF-イオンガイド用ガスセルの模式図（オンライン用）

応の場合はガスセル内に飛び出す際の運動エネルギーが非常に大きいため、数 cm^3 程度の小さなガスセルではほとんどの核分裂片が熱化されずに、内壁と衝突することによってイオンが失われていると考えられている。

そこで我々のグループでは、大型のガスセルを使用してヘリウムガスによる阻止能を充分大きく

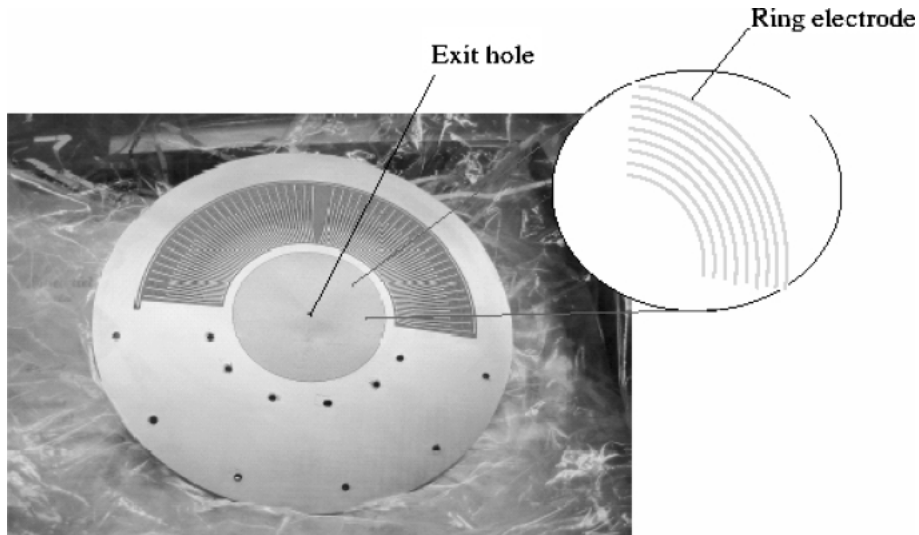


図3 RF-カーペット電極（最外周の直径は 60 mm で、0.3 mm 間隔で100本のリング電極を配置している。）

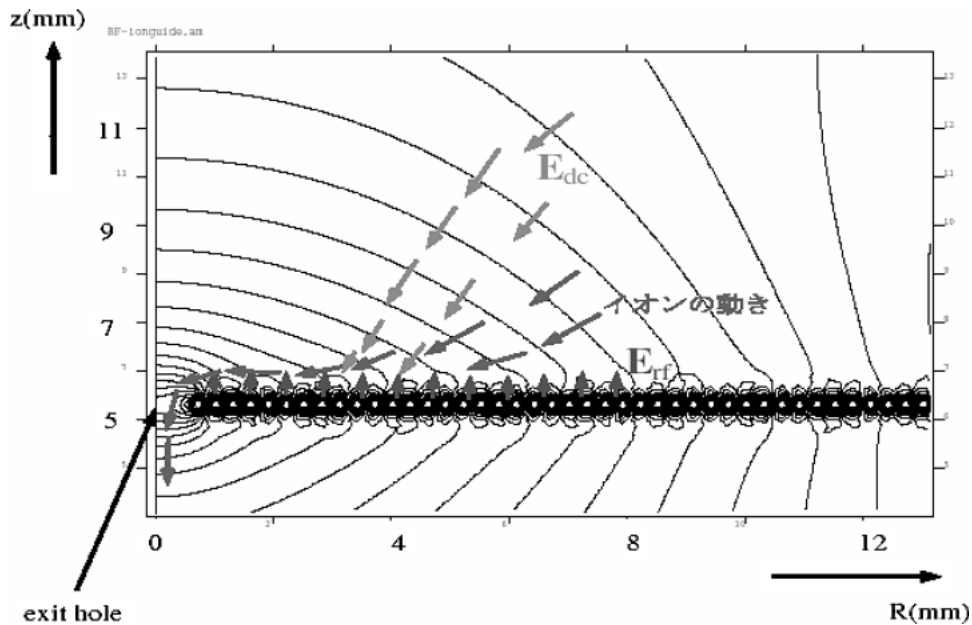


図4 RF-カーペット電極近傍におけるイオンの軌跡のシミュレーション結果

する改良を行うことにした⁴⁾。最初に開発したオフライン用のテストベンチ器では約 300 cm³ のガスセルを使用し、現在はオンライン用として約 14000 cm³ のガスセルを使用している。これは従来型のイオンガイド用ガスセルと比べて千倍以上の容量である。このような大きなガスセルを用いた場合、ガスセル内で熱化される反跳核の数は劇的に多くなるが、その反面、ガスセル内にあるイオンをヘリウムガスの流れのみで出口穴へと導くのは困難となる。そこで我々はガスセル内に電極を設置することによって、電場によってイオンを出口穴へと導くことにした。図2のように、円筒状のガスセルの側面にはリング状の電極を配置し、出口穴近傍にはRF-カーペット電極と呼んでいる特殊な電極を配置した(図3)。このRF-カーペット電極は理化学研究所の和田道治博士らによって開発されたもので、RF-カーペット電極近傍まで輸送されたイオンは、電極に印加されたRF電場によるバリア効果によってRF-カーペット電極と衝突することなく出口穴へと輸送される(図4参照)。このような大型のガスセルとリング電極・RF-カーペット電極を組み合わせるとイオン

を引き出す方法は RF-イオンガイド法と名付けられ、新しいタイプのイオンガイド法として開発が進められている⁵⁾。

オフライン試験を重ねて、RF-カーペット電極の有効性を確認した後、²³⁸U ターゲットを用いたオンライン実験を開始した。その結果、RF-イオンガイド法を用いて、核分裂片を大型ガスセル内から引き出し、ISOL へと導くことに成功した。これまでのところ、RF-イオンガイド法の効率は従来のイオンガイド法と比べて数倍程度であるが、この理由としては、ガスセル内の不純物ガスとの衝突によってイオンが失われたり、RF-カーペット電極に印加される RF 電圧の不足によって RF-カーペット電極に衝突してイオンが失われたりすることが考えられる。今後は、ガスセル内のガスの純化や、RF-カーペット電極に印加する電圧の最適化等を進めることによって、RF-イオンガイド法の効率増加を目指した改良を進めていく予定である。

- 1) J Arje, et al., Nucl. Instr. Meth. 186 (1981) 149.
- 2) 吉井正人, 「イオンガイド式オンライン質量分離装置の製作とそれによる⁵⁷Cu の半減期測定」, 博士論文 (東北大学) 1986.
- 3) J Huikari, et al., Nucl. Instr. and Meth. B222 (2004) 632.
- 4) 園田 哲, 「RF イオンガイドの製作と研究」, 修士論文 (東北大学) 2000.
- 5) 園田 哲, 「RF イオンガイド式オンライン質量分離装置による中重核領域中性子過剰核の研究」, 博士論文 (東北大学) 2004.

新しい機器の紹介

半導体照射試験装置¹

センター 放射線管理研究部 牧野高紘, 糸賀俊朗, 馬場 護

当センター930型 AVF サイクロトロンによって加速された数 MeV/u から数 10 MeV/u の種々のイオンビームは多方面の分野に利用されているが、それらのビームは宇宙放射線影響のシミュレーション実験にも有効である。その目的で第3ターゲット室33コースに設置した「半導体照射試験コース」について紹介する。宇宙放射線の影響によってコンピュータや電子機器内にある半導体がソフトエラーを起こし、場合によってはハード的な劣化、破損に至ってしまうことが知られており、宇宙用機器の場合にはさまざまな対策がとられてきた。近年、半導体集積回路の細微化や高集積化に伴って、エラーの起こり始める閾値が低下し発生確率も上昇する傾向にある。また、中性子の場合、宇宙環境のみならず地球上においても問題が顕在化してきている。陽子や中性子入射の場合は、これらの核反応によって生じる二次荷電粒子がデバイス中に落とすエネルギー、重イオン入射の場合は、それによるデバイスへのエネルギー付与が原因と考えられる。

現代社会において、人工衛星は生活に不可欠なものとなり、その開発は各国で進められ価格競争も激化している。そのため、用いる半導体部品にはコストが高く、開発に時間のかかる宇宙専用部品ではなく、安価で開発期間が短い民生部品を利用することが進められている。専用部品と違って民生部品の場合はその耐放射線性が予め明らかな訳ではないので、それを効率的に調べる設備が必要である。米国、欧州などにおいては加速器を用いてその試験を行う設備がいくつか設置されているが、国内では日本原子力研究所高崎研究所などに限られているのが現状である。

本ビームコースは、軽重イオンによって半導体の照射を行うことを目的に33コースに設置したものである。重イオンについてはまだ改良すべき点が残されている。陽子についてはほぼ完成しルーチン的な照射試験に利用している。

設置したビームコースの模式図を図1に示す。

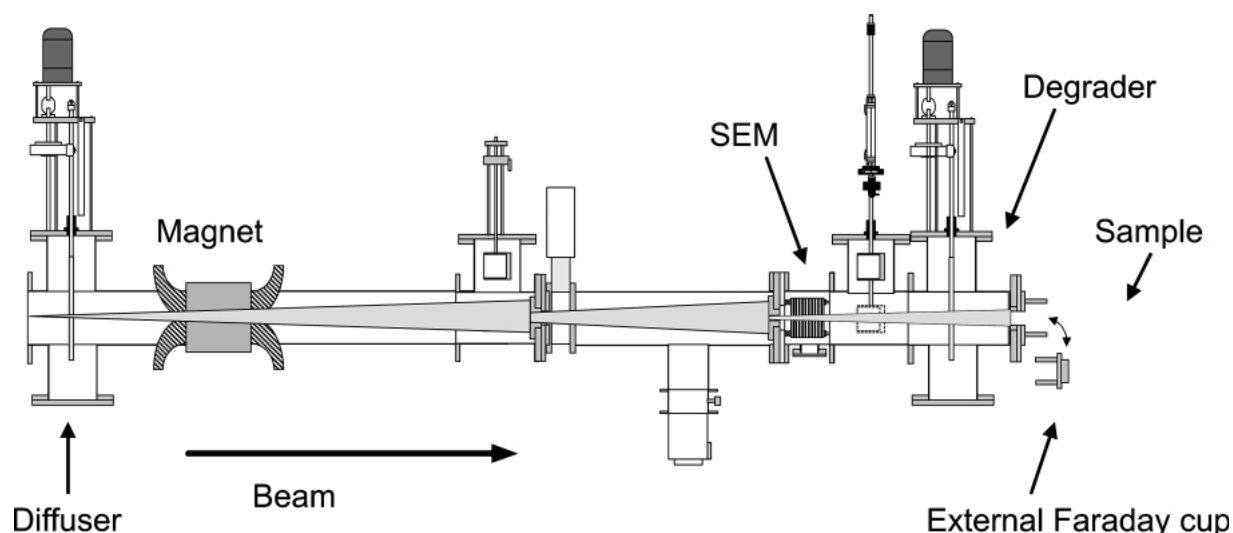


図1 半導体照射装置模式図

¹ 財団法人宇宙実験システム開発機構 (USEF) との共同研究による。

サイクロトロンからのビームを左方から入射させ、ビームモニタを通して終端窓から空気中に取り出しサンプルの照射に用いる。

本装置は、半導体照射試験において宇宙の放射線環境を模擬し、限られた時間内に多くのサンプルの試験を可能とするよう下記の条件を満たすように設計した。

- 1) ビーム強度が適度である（陽子の場合 $10^7/\text{cm}^2\cdot\text{s}$ 、重イオンで $10^4/\text{cm}^2\cdot\text{s}$ 程度）。
- 2) ビーム強度がデバイス面上で均一である。
- 3) ビームエネルギーが容易に可変である。
- 4) 照射しながらビーム量が測定可能である。
- 5) 空気中照射が可能である。

この条件は能率の良い試験には不可欠であるが、国内に存在する試験設備では真空中照射となっている。

1), 2) に対しては、ビームを走査させる方法と散乱体を通す方法が用いられるが、本装置では簡単な散乱体法を用いている。陽子ビームの場合、ビームを Diffuser と呼ぶ薄い金箔 ($200\ \mu\text{m}$) に通し、Diffuser を照射位置から 3 m 程離すことによって、照射位置で $\sim 2\ \text{cm}$ 以上にわたって、10%以内の平坦度を得ている。重イオンの場合には、散乱体法では平坦度が十分でなく、改良策を検討中である。ビーム強度の調整はイオン源・サイクロトロン及びビーム輸送系の調整によって行ってきたが、最近ビームアテネータが設置されたので、より簡単で再現性のよいビーム調整が可能になると期待される。

3) ビームエネルギーの変更に関しては、加速エネルギーそのものの変更には数時間を要し、かつこの場合ビームのエネルギー幅がそれほど問題とならないので、陽子の場合は Degradер (減速体; Cu, Al) を用いてエネルギーを変える。Degradер はビーム出口の直前に置くことによって、ビームの広がりへの影響を抑えている。厚さを遠隔操作によって 5 段階に変更できるので、70 MeV から 20 MeV 程度の範囲で照射エネルギーの変更を行っている。重イオンの場合には、この方法には限界があり、エネルギーを変える代わりにカクテルビームを利用してイオン種を変えること及び試料をビームに対して傾けることによってエネルギー付与を変えた測定を行う。

3) については、下に説明する SEM (Secondary Emission Monitor : 二次電子モニター)*1 を配置し、照射中のビーム量をリアルタイムに測定できるようにしている。SEM の感度を校正するために直後に遠隔操作可能なファラデイカップを設置している。現在の SEM は出力をピコアンメータに入力することによって、陽子に対しては適当な感度を与えるが、重イオンの場合にはエネルギー損失が大きすぎるので、薄膜シンチレータまたは炭素箔とマイクロチャンネルプレートの組み合わせを用いることを考えている。

SEM の感度は、粒子のエネルギー損失に比例するので、デグレーダーの下流に配置し、ビームモニターを容易にしている。

5) のために、ビーム出口にカプトン箔 ($100\sim 12\ \mu\text{m}$) を用いてビームを大気中に取り出している。大気中に取り出されたビームの量は外部ファラデイカップとピコアンメータによってモニターすることができる。

ファラデイカップ、デグレーダーは遠隔操作可能であり、サンプルをビーム出口付近に置いた XYR ステージに載せることによって、サンプル交換や異なるエネルギーでの照射など、一連の測定をビームを止めることなく行うことができる。図 2 に装置の写真を示す。

以上の装置を用いて、現在まで数回の照射試験を行い、安定的に動作することを確認している。

なお、当センターでは Li (p, n) 中性子による照射も可能であり、現在開発中の強力中性子コースによって、大幅な能率向上が成される予定である。これによって、イオンと中性子による照射試験を広いエネルギー範囲に亘って総合的に行える世界でも数少ない施設となる。

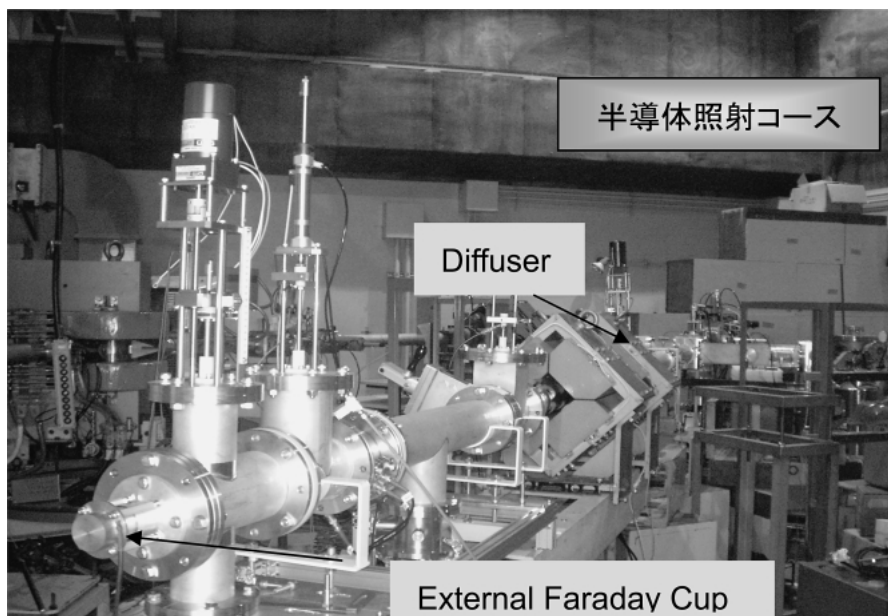


図2 半導体照射装置

*SEM (Secondary Emission Monitor : 二次電子モニター)

中に挿入したアルミ箔 (厚さ $10\ \mu\text{m}$) をビームが通過する際に発生する二次電子を計測することによってビーム量を相対的に知る装置。二次電子生成と出力はビームのエネルギー損失に比例する。このSEMではエネルギー損失とのバランスを考慮し、 $10\ \mu\text{m}$ のアルミ箔9枚で構成している。アルミ箔は一枚ずつ追加, 取り外しが可能で粒子やそのエネルギーによって変更が可能である。

共同利用の状況

RI棟部局別共同利用申込件数

(平成16年4月1日～平成16年9月30日)

CYRIC	理学部	医学部 (病院)	薬学部	農学部	加齢研	合計
5	1	2	4	1	4	17

サイクロトロン部局別共同利用実験課題申込件数

(平成16年4月1日～平成16年9月30日)

CYRIC	理学部	医学部 (病院)	工学部	加齢研	合計
28	4	30	14	7	83

センターからのお知らせ

[第28回国立大学アイソトープ総合センター長会議]

表記会合が6月10日(木)11時から16時30分まで、東京大学山上会館大会議室で開催されました。石井センター長は海外出張のため欠席し、放射線管理研究部馬場教授と小関専門職員が出席しました。前日9日17時から20時には、定例の幹事校会議が、東京大学、京都大学、東北大学、大阪大学、名古屋大学の幹事校によって同じく山上会館にて開催され、当センターからは馬場教授が出席しました。センター長会議の運営等について討議しました。

今回は法人化後初めての会議と言うことでありましたが、文部科学省学術機関課研究支援係〔旧学術資料係〕の戸部係長、長岡係員が来賓として出席し、大学側からも加盟全大学からの出席がありました。会議では法人化後の各大学の現状と課題、方針についての情報・意見交換が主な議題となりました。戸部係長からは新しい予算枠に関する説明とともに、法人化後の大学内の事柄は基本的に大学の意志決定によるため、文科省はRIセンターについても特別の関わり方はできない、大学内での存在意義を高めるよう努力して欲しい、旨の挨拶がありました。大学の現状では、法人化後間もない現在あまりドラスティックな変化はまだ見られないものの、受益者負担を原則としてRIセンターの当初予算がゼロになった大学、法人化に向けた統廃合によってRIセンターの名前が消えた大学など、変化が進行しつつあることを感じさせられました。

従来、この会議は、文部科学省学術機関課、各大学のセンター長、専任教官及び事務職員の参加のもとで、行政側からの方針の説明、大学側からの現状報告や要望の場として、国立大学アイソトープセンターの拡充や設備の増強に大きな役割を果たして来ました。しかし、本年4月の国立大学法人化を契機に、このあり方は大きく変化しています。文部科学省の基本的スタンスは上のようにRIセンターの取扱は基本的に大学の意志によるものであるから従来のような関わり方はできないというものであり、センター群が行政に要望することの意味合いも薄れつつあるのが現実です。そのこともあって、従来会議中に開催されてきた「事務懇談会」は今回開催されませんでした。

法人化後のセンター長会のあり方については昨年議論され、大学間の情報交換の場としてという意義づけで継続することとし、今年では会長校の東京大学が開催を担当することになったものです。来年も同様な形態での開催が決まっています。

RI分野は極めて行政的色彩が強く、規制など時として全国的な対応を必要とします。このようなRI分野を大学の意志だけに任せておいて良いのか、すなわち法人化後の大学でどのような取扱いにするかは今後重大な問題であり、さらに検討を続ける必要があると思われます。

[放射線とRIの安全取扱いに関する全学講習会]

- 第57回基礎コース：平成16年11月8日(月)～10日(水)、12日(金)、15日(月)～17日(水)

講義：工学部青葉記念会館 11月8日(月)、9日(火) 2日間の内1日受講

〃 〃 (英語クラス) 10日(水)

実習：CYRIC RI棟 11月12日(金)、15日(月)、16日(火)、17日(水)、4日間の内1日受講

- 第20回SORコース(基礎コースの講義のみを受講する)

日	時	講義内容	講師
11月8日(月)、9日(火)			
	9:00～10:30	放射線の安全取扱い(1)「物理計測」	CYRIC 馬場 護
	10:40～11:40	放射線の安全取扱い(2)「RIの化学」	CYRIC 井戸 達雄
			8日(月)

		理学研究科	関根 勉	9日(火)
12:40~13:40	人体に対する放射線の影響	医学系研究科	山本 政彦	
13:50~15:20	放射線取扱いに関する法令	CYRIC	馬場 護	
15:30~17:00	放射線の安全取扱い(3)	農学研究科	佐藤 實	
17:00~17:20	小テスト			

10日(水)

9:00~10:30	放射線の安全取扱い(1)「物理計測」	CYRIC	馬場 護
10:40~11:40	放射線の安全取扱い(2)「RIの化学」	理学研究科	関根 勉
12:40~14:10	放射線取扱いに関する法令	CYRIC	馬場 護
14:20~15:20	人体に対する放射線の影響	CYRIC	伊藤 正敏
15:30~17:00	放射線の安全取扱い(3)	理学研究科	大槻 勤
17:00~17:20	小テスト		

• 第43回 X線コース

講義：工学部共通第Ⅱ講義室 11月1日(月)

〃 青葉記念会館 7F (英語クラス) 2日(火)

日	時	講	義	内	容	講	師
---	---	---	---	---	---	---	---

11月1日(月)

9:00~10:30	X線装置の安全取扱い	医療短大	小原 春雄				
10:40~11:10	X線関係法令	CYRIC	馬場 護				
11:20~12:00	安全取扱いに関するビデオ	CYRIC	宮田 孝元				
日	時	講	義	内	容	講	師

11月2日(火)

13:30~15:00	X線装置の安全取扱い	工学研究科	山崎 浩道
15:10~15:40	X線関係法令	CYRIC	馬場 護
15:50~16:10	安全取扱いに関するビデオ	CYRIC	宮田 孝元

[第25回サイクロトロン共同利用実験研究報告会プログラム]

平成16年11月18日

はじめに (9:20~9:30)

《あいさつ》

センター長 石井 慶造
利用者の会会長 谷内 一彦

第1セッション 加速器・ビームライン (9:30~10:15)

		座	長	橋本 治 (理学研究科)
1-1	930型サイクロトロン及びHM12の現状	センター		藤田 正広
1-2	大強度高速中性子コースの開発	センター		岡村 弘之
1-3	930型サイクロトロンにおける負イオン加速	センター		遠藤 卓哉

第2セッション 核構造 (10:15~11:00)

		座	長	前田 和茂 (理学研究科)
2-1	CYRICにおけるインビーム核分光	東大原子核科学		福地 知則
		研究センター		
2-2	RFイオンガイド法を用いた、中性子過剰核の核g-因子の測定	センター		宮下 裕次
2-3	ハイパーボールⅡ	理学研究科		田村 裕和

～～～休 憩 (11:00～11:30)～～～

第3セッション イオンビーム照射・影響 (11:30～12:15)

- | | 座 長 | 阿部 勝憲 (工学研究科) |
|--|---------------|---------------|
| 3-1 高エネルギー He イオン注入を用いた核融合炉用構造材料における He の機械的性質への影響評価に関する研究 | 工学研究科 | 長谷川 晃 |
| 3-2 LHC Atlas 実験ミュオントリガー検出器用回路の耐放射線性試験 | 高エネルギー加速器研究機構 | 佐々木 修 |
| 3-3 半導体照射試験装置の改良 | センター | 牧野 高紘 |

～～～昼 食 (12:15～13:00)～～～

第4セッション 医工学 (13:00～14:00)

- | | 座 長 | 山崎 浩道 (工学研究科) |
|---|-------|---------------|
| 4-1 イメージングプレートによる IVR 時の患者被ばく線量マッピング法の開発 | 薬学研究科 | 大内 浩子 |
| 4-2 イメージングプレートによる IVR 室内散乱エックス線のエネルギー及び空間線量測定 | 薬学研究科 | 大内 浩子 |
| 4-3 ホウ素中性子捕捉療法用加速器中性子場の設計とベンチマーク実験 | センター | 米内 俊祐 |
| 4-4 粒子線治療実験のための装置開発 | センター | 寺川 貴樹 |

第5セッション PET 技術 (14:00～14:45)

- | | 座 長 | 伊藤 正敏 (センター) |
|---|-------|--------------|
| 5-1 ^{11}C -doxepin と PET を用いたヒスタミン受容体の動態解析の研究 | 工学研究科 | 鈴木 敦郎 |
| 5-2 超高分解能 PET の開発 | 工学研究科 | 菊池 洋平 |
| 5-3 対向型 PET の画像再構成法の開発 | 工学研究科 | 山口 喬 |

～～～休 憩 (14:45～15:00)～～～

第6セッション 癌と脳 (15:00～16:45)

- | | 座 長 | 吉岡 孝志 (加齢医学研究所) |
|--|--------------|-----------------|
| 6-1 心電図同期 FDG PET を用いた肺高血圧症の重症度とエポプロステノールの効果の非侵襲的評価 | 医学系研究科 | 及川美奈子 |
| 6-2 運動時における末梢基質と脳活動との関係—PET 研究— | 高等教育開発推進センター | 藤本 敏彦 |
| 6-3 頸髄病変に対する methionine PET | 医学系研究科 | 井上 智夫 |
| 6-4 PET を用いた健常者における [^{11}C]donepezil の分布評価 | センター | 船木 善仁 |
| 6-5 薬剤トランスポーターの遺伝的多型と fexofenadine の血液脳関門透過性の関係 | 医学系研究科 | 田代 学 |
| 6-6 食道がん患者における放射線化学療法前後の QOL および脳活動の変化に関する研究 | 医学系研究科 | 田代 学 |
| 6-7 鉄酸化細菌由来の水銀輸送担体の解析 | 生命科学研究所 | 草野 友延 |

利用者の会総会 (16:45～17:15)

第7セッション 脳機能 (9:30~10:30)

- | | |
|---|------------------|
| | 座長 金澤 素 (医学系研究科) |
| 7-1 健常高齢者の FDG による脳ブドウ糖代謝画像および MRI segmentation 画像・拡散テンソル画像との統合データベース作成 | 加齢医学研究所 井上健太郎 |
| 7-2 ヒトにおける下行結腸に対する先行刺激による脳活動の差異 | 医学系研究科 濱口 豊太 |
| 7-3 鎮静性抗ヒスタミン薬が自動車運転中の脳活動に与える影響 | 医学系研究科 櫻田幽美子 |
| 7-4 2重干渉課題遂行中における脳活動に関する PET 研究 | 医学系研究科 田代 学 |
- ~~~~休憩 (10:30~11:00)~~~~

第8セッション 生物・薬学 (11:00~12:15)

- | | |
|---|---------------------|
| | 座長 谷内 一彦 (医学系研究科) |
| 8-1 O-[¹⁴ C]メチルタイロシンの簡便合成法と小型自動合成装置の開発 | センター 石川 洋一 |
| 8-2 炭素11標識コンプレタスタチン誘導体 AVE8062 の標識合成 | 先進医工学研究 古本 祥三
機構 |
| 8-3 脳アミロイドを画像化する新規 PET プローブの開発 | 医学系研究科 岡村 信行 |
| 8-4 ¹⁸ FMT, ¹⁴ C-DG, ³ H-Thd を用いた抗癌剤の治療効果判定に関する基礎的検討 | 加齢医学研究所 山浦 玄悟 |
| 8-5 新規放射性低酸素マーカー ; [¹⁸ F]FRP170 による脳虚血の画像化に関する基礎研究 | 医学系研究科 袴塚 崇 |
- ~~~~昼食 (12:15~13:00)~~~~

第9セッション 核反応・核データ (13:00~14:45)

- | | |
|---|-----------------------------|
| | 座長 田村 裕和 (理学研究科) |
| 9-1 ¹⁴ N(p, n)反応による A=14系の β 崩壊抑制の研究 | センター 岡村 弘之 |
| 9-2 核子入射反応におけるフラグメント生成微分断面測定方法の開発 | センター 萩原 雅之 |
| 9-3 陽子, 重陽子反応による放射性核種生成断面の測定 | センター モハマド・シ
ュージャウディ
ン |
| 9-4 (p, n), (d, n)反応による中性子収量と生成微分断面の測定 | センター 糸賀 俊朗 |
| 9-5 デジタル波形処理手法の応用 | センター 大石 卓司 |

第10セッション 化学・物性 (14:45~16:00)

- | | |
|--|----------------------|
| | 座長 工藤 博司 (理学研究科) |
| 10-1 高純度鉄における W の拡散 | 工学研究科 山崎 仁丈 |
| 10-2 サンゴ質土壌中テクネチウム-99の分析法の検討 | 放射線医学総合 田上 恵子
研究所 |
| 10-3 超臨界水中におけるテクネチウムの挙動 | 金属材料研究所 佐藤伊佐務 |
| 10-4 サイクロトロンを用いた RI の製造と核化学的研究 | 理学研究科 大槻 勤 |
| 10-5 ⁴⁰ Ar(α, 2p) ⁴² Ar 反応の反応断面の測定 | センター 結城 秀行 |

～～～休 憩 (16:00～16:15)～～～

第11セッション PIXE (16:15～17:15)

	座 長	佐藤伊佐務 (金属材料研究所)
11-1 重イオン PIXE による環境試料中の Cr と Pb の化合物の 化学状態分析への適用性の研究	工学研究科	ツェンデヴァ・ア マルタイヴァン
11-2 PIXE による環境汚染監視システムの開発：環境水中の微 量ヒ素の定量	工学研究科	山崎 浩道
11-3 サブミリ PIXE カメラの現状と利用状況	工学研究科	松山 成男
11-4 植物に吸収された重金属類のサブミリ PIXE カメラによ るマッピング	工学研究科	井上 千弘

ま と め (17:15～17:20)

課題採択部会長 馬 場 護 (センター)

[平成16年度みやぎ県民大学における開放講座の開催について]

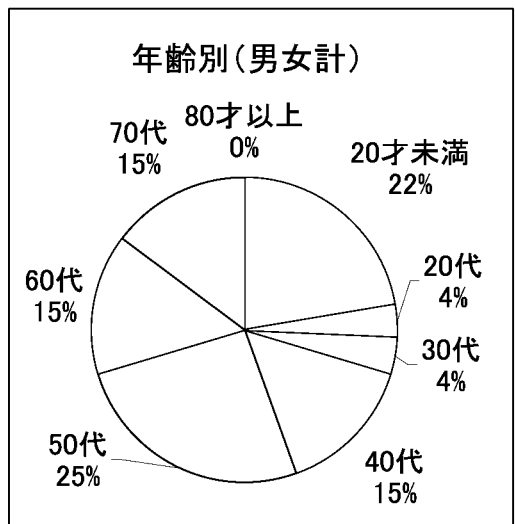
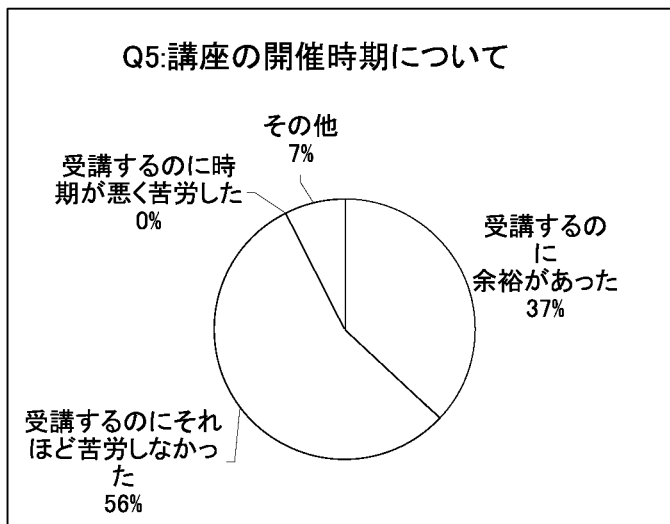
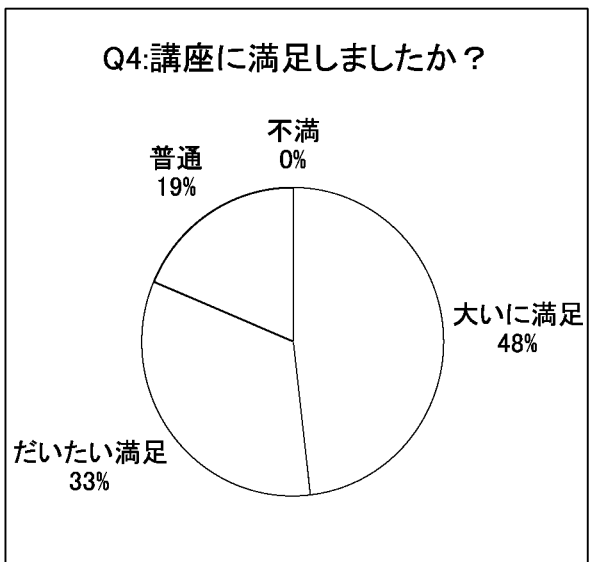
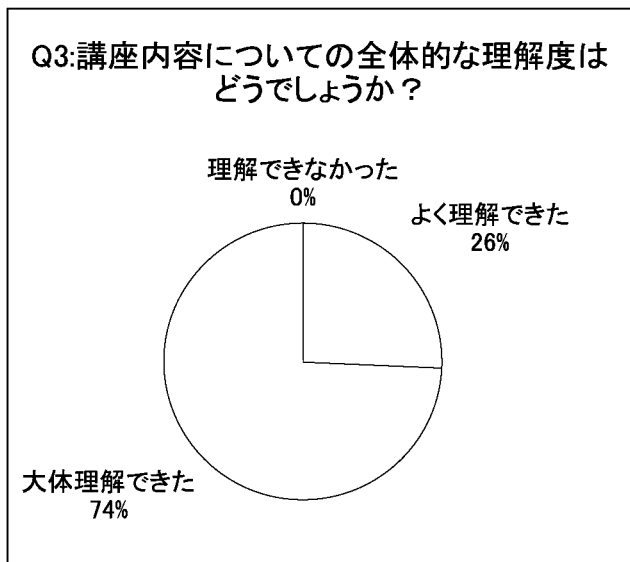
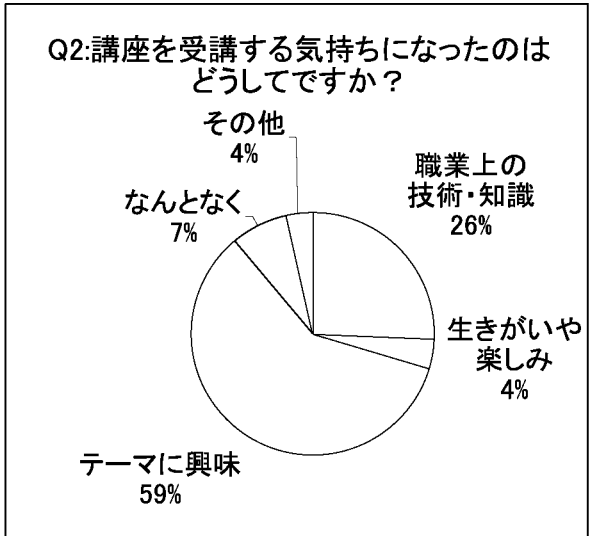
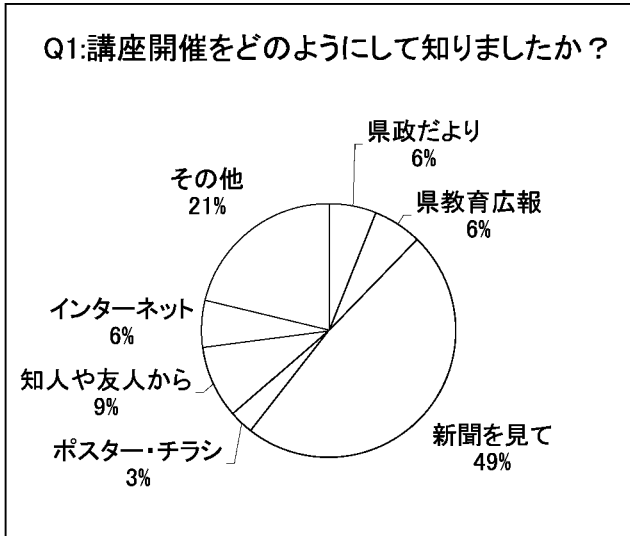
みやぎ県民大学とは宮城県教育委員会の生涯学習課が企画している催しであり、そのコンセプトは「多様な学習要求に応えるため、県内の高等学校・専門施設・大学の持つ人的・物的教育機能を広く地域社会に開放して、広域的及び専門的な講座を開催する。」となっています。当センターも昨年に引き続き平成16年度みやぎ県民大学に参加し、7月31日(土)と8月1日(日)の二日間にわたりサイクロトロン・RIセンターの開放講座を開催しましたので概略を報告します。

7月31日(土)と8月1日(日)の二日間にわたり「サイクロトロンって何？」—原子の世界から脳の世界まで—というタイトルで平成16年度みやぎ県民大学を開講しました。昨年度は二日間とも講義、実習・見学とし、参加者はいずれか都合のいい日に出席するという形でしたが、本年度は二日間にわたり、講義、実習・見学が行われました。二日間にわたる講義ということで受講者の減少を危惧しましたが、地元の新聞が記事として取り上げてくれたため、約30名の受講生が参加し、人数は少ないながらも受講生たちの学ぶという雰囲気がありありと感じられました。

初日は午前9時45分から始まり、「放射線とは?」、「放射線診断とは?」の二つの講義を午前中に行いました。午後は二班に分かれて放射線測定実習や自然の放射線の測定を行いました。二日目は午前10時より「放射線治療とは?放射性薬剤とは?」、「サイクロトロンとは?」の二講義の後、午後は三班に別れてセンターの見学を行いました。(表紙口絵写真)その後修了式を行い、各人に修了書を手渡しました。

見学ではなく講座ということで多少専門的な話も多く、受講者には難しいのでは?という心配もありましたが、ふたを開けてみると活発な質疑がなされるなど大いに盛況であったと評価できると思います。また、参加者も10代の高校生から70代までと非常に幅広い受講者となりました。参加人数を少なくしたことによって受講者にかなり詳細な説明をすることができ、センターとしても日頃の活動をPRするいい機会になったものと考えられます。今回は2回目の開放講座となりました。今後も継続していきたいと考えています。最後にアンケート結果を示します。

みやぎ県民大学アンケート集計結果



主な感想

サイクロトロンが医療など、様々な分野で利用されていることが大変興味深かった。また、普段は入れないような管理区域で、核薬学の研究や実物のサイクロトロンを見学できて面白かった。

(20才未満女性)

様々な話を聞くことができ、楽しかった。放射線治療や薬の話は、ニュースなどで聞いていながらなんのことか知らなかったなので、この機会に少し知識を得られて良かった。(20才未満女性)

放射線治療研究が、人命を救う為に非常に役立つものとよく理解出来ました。(40～49才女性)

普段、かかわる事の無い施設、講義を体験でき、良い勉強になった。(40～49才男性)

サイクロトロン関係施設の見学は、大変に参考になった。20代であれば、サイクロトロンと医療の道に進みたかったと思うこと切。(60～69才男性)

貴重な施設見学の機会を得られ大満足。(40～49才女性)

放射線について、大まかではありますが理解出来たと思います。(50～59才男性)

このたびのみやぎ県民大学に参加させて頂き、大変有意義な内容の講義で感謝している。(60～69才男性)

一番知りたかったことは、PET についてでした。今までサイクロトロン施設があることは知っていましたが、様々な研究が行われているのがこの受講を通して初めて分かりました。有り難うございました。(50～59才女性)

研 究 交 流

氏 名 秋 山 雅 胤
所 属 (株)無人宇宙実験システム開発機構
役 職 技術本部研究開発第二部次長
研究題目 半導体部品の重粒子 SEU と陽子 SEU の相関関係に関する研究
受入教官 馬 場 護 教授
研究期間 平成16年7月21日～平成17年3月18日

会 社 名 住友重機械工業(株) 量子先端機器事業センター
研究題目 メチオニン・コリン連続合成システム開発研究
受入教官 岩 田 鍊 教授
研究期間 平成16年9月1日～平成17年3月31日

会 社 名 住友重機械工業(株) 技術開発センター
研究題目 マイクロチャンネルを利用した RI 合成装置の研究
受入教官 岩 田 鍊 教授
研究期間 平成16年9月1日～平成16年9月30日

氏 名 Targino Rodrigues Dos Santos
出 身 地 ブラジル
会 社 名 (株) CMI
研究題目 PET 画像の画像処理に関する研究
受入教官 伊 藤 正 敏 教授
研究期間 平成16年10月1日～平成17年9月30日

氏 名 横 堀 仁
会 社 名 新型炉技術開発(株)
役 職 技術統括部長
研究題目 加速器中性子源の高性能化に関する研究
受入教官 馬 場 護 教授
研究期間 平成16年11月15日～平成17年3月31日

RI 管 理 メ モ

1. 自主点検

平成16年度第1回目の自主点検を9月22日～9月28日にかけて実施しましたが特に異常は認められませんでした。

*11月8日現在第1, 第2 ターゲット室系統の排風機に不具合が発生し不具合解消の為の予算請求を施設部に対して行っています。

2. 定期健康診断

平成16年度第2回目の放射線業務従事者特別定期健康診断を行い、問診は10月1日全員に、検診は10月12日に18名、18日に1名が受診しましたが全員異常なしでした。

3. 変更承認申請のその後の状況

PET核種を投与した動物廃棄物を一定期間保管した後放射性廃棄物として扱われなくともよいことの変更承認申請が平成16年9月6日付(16学文科科第1028号)で承認されました。これに伴い、放射線障害予防規程の変更(廃棄の方法等)も行いました。

4. 放射線障害防止法の改正に伴う研修会

11月28日(日)に放射線障害防止中央協議会、原子力安全技術センター主催の放射線安全管理講習会がKKRホテル仙台で、11月29日(月)には大学等放射線施設協議会東北支部による研修会が当センターで行われました。

分野別相談窓口

理 工 系	篠 塚 勉	217-7793	FAX 217-7997
ライフサイエンス系	井 戸 達 雄	217-7797	FAX 217-3485
RI 系	馬 場 護	217-7805	FAX 217-7809
事 務 室	専 門 職 員	217-7800(内3479)	FAX 217-7997
RI 棟 管 理 室	宮 田 孝 元	217-7808(内4399)	FAX 217-7809

人 事 異 動

発令年月日	職 名	氏 名	異動内容
H.16. 7.31	事 務 補 佐 員	堀 籠 仁 美	辞 職
H.16. 8. 1	事 務 補 佐 員	荒 田 宏 美	採 用
H.16. 8.31	助 手	山 口 慶一郎	辞 職
H.16. 9. 1	研 究 教 授	山 口 慶一郎	称号授与
H.16. 9.30	講師(研究機関研究員)	園 田 哲	辞 職
H.16. 9.30	技 能 補 佐 員	高 橋 英 雄	辞 職
H.16.10. 1	講師(研究機関研究員)	大 関 和 貴	採 用

<p>スピリットとオポチュニティ [化 学]</p> <p>2004年始めに火星に着陸し、水が存在したことを明らかにした探査車「ローバー」の1号機と2号機の名前です。この探査車には MIMOS II (Miniaturized Mossbauer Spectrometer II) というメスバウアー分光器が搭載されています。普通のメスバウアー分光器は机程度の大きさと数 kg の重さがありますが、MIMOS II は手のひらサイズかつ約 400 g と、小型軽量化されています。MIMOS II には約 3.7 GBq (100 mCi) の ^{57}Co 線源が装着されていて、鉄の化合物のメスバウアースペクトルを測定することが出来ます。今回の探査で2号機オポチュニティが火星のメリディアニ平原にあった岩石を調べたところ、鉄ミョウバン石 (Jarosite) に由来するメスバウアースペクトルが観測されました。鉄ミョウバン石は $(\text{K, Na, X}^{+1}) \text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ の化学組成をもっており、水が存在する場所で作られる硫酸塩鉱物です。そのためかつて火星に大量の水が存在したことの重要な証拠とされました。</p>	<p>超重元素 [物 理]</p> <p>2004年7月23日に理化学研究所の森田浩介先任研究員らのグループが、これまでに確認されている元素よりもさらに重い原子番号113 (質量数278) の元素を発見しました。理化学研究所のリニャック加速器によって加速された亜鉛ビームをビスマス標的に80日間照射し続け、その結果113番元素を1個合成することに成功しました。この元素は344マイクロ秒後に111番元素の同位体へとα崩壊した後、3回のα崩壊及び自発核分裂を起こして崩壊連鎖を終了しました。この一連の崩壊の寿命や放出されたα粒子のエネルギーの測定から、合成された元素が113番元素であることが確認されました。ロシアのグループが115番元素を合成した際に、その崩壊連鎖の中で113番元素も発見したとしていますが、既知の原子核に到達する前に自発核分裂を起こして崩壊連鎖が終了しているため、この発見はまだ国際的には認められていません。理化学研究所における測定では、世界最高の低バックグラウンド環境を実現していて、1イベントしかないとはいえ、そのデータの信頼性は非常に高いと言えます。もし、この113番元素の合成が国際的に認められれば、日本初の新元素発見となります。</p>
<p>IVR [医 学]</p> <p>IVR とは Interventional Radiology の略ですが、まだ決まった日本語はありません。画像診断のために体内に挿入された血管内カテーテルなどを、なんらかの医学的処置 (intervention: おもに治療的処置) にも活用しようとするもので、放射線医学の新しい分野と位置づけられています。そのメリットは、手術などによる患者さんの負担を軽減することにあります。画像診断技術を介することで、大きな手術をしなくても治療の目的を果たすことができるケースが増えていくこととなります (低侵襲治療)。</p> <p>重要な点としては、治療を行う前に治療しようとする臓器や病巣の位置、大きさを肉眼で観察したのと同程度の精度で正確に把握しておく必要があります。さらに、たとえば病巣に血管内カテーテルを用いて薬剤を注入する場合、カテーテルが病巣に確実に到達しているかどうかその場で正確に判定しなくてはなりません。IVR はあらゆる臨床科に応用できますが、正確な画像診断機器と診断技術がもっとも重要であるため、放射線科が主導的な立場を担っています。そして治療中の画像診断にはおもに X 線が用いられることが多いため、患者さんや医療従事者の放射線被曝を評価することも重要になりますが、当センターではそのような評価法の研究もおこなわれています。低侵襲治療の考え方が定着しつつあるので、IVR 治療は今後も発展し続けていくものと考えられます。</p>	<p>マイナーアクチニド (Minor Actinide; MA) [R I]</p> <p>周期律表において原子番号 Z が89のアクチニウム (Ac) から103のローレンシウム (Lr) までの15の元素をアクチニドと呼び、そのうち原子番号92のウラニウムと94のプルトニウムを除いたものをマイナーアクチニド (MA) と呼びます。原子炉においては、ウラン燃料が中性子を吸収することによって、ネプツニウム (Np, Z=93)、プルトニウム (Pu, Z=94)、アメリシウム (Am, Z=95)、キュリウム (Cm, Z=96) などが生成し、使用済み燃料の中に蓄積します。これらは量的には少ないものの、長寿命の放射性核種で強いアルファ放射体である上、自発核分裂を起こすという強い放射性毒性を持ちます。また化学的毒性も強いので取り扱いが困難です。そのため、加速器や原子炉を用いて安定な、あるいは毒性の低い核種に変換する核変換技術の研究開発が各国で進められています。</p>

編 集 後 記

大学法人化から早くも半年が過ぎ晩秋です。当時、CYRIC ニュースの一新プロジェクトの中で題字デザインを担当させていただくことになりましたが、なかなか仕上がらずに編集委員の先生方にご迷惑をおかけしました。難産の甲斐? あってか、幸い前向きにとらえてくださった読者先生方も多く、ひと安心です。

今年の夏は前年の冷夏とはうって変わりに酷暑、そして台風、地震と、自然災害の連続でした。法人化という環境変化にともなう不安と緊張が徐々にトーンダウンしてくる中で、今度は本物の環境激変にみまわれ自然の強大さと人類の非力さをあらためて見せつけられる思いでした。大学どころか人類の将来が心配されるような世界規模の予測結果が次々に発表される昨今ではありますが、来年こそは穏やかでありますように、そして少しでも多くの新知見がセンターから発信されることを心よりご祈念いたします。 (M. T. 記)

広 報 委 員
委員長 岡 村 弘 之 (CYRIC)
田 村 裕 和 (理学研究科)
高 山 努 (理学研究科)
田 代 学 (医学系研究科)
井 戸 達 雄 (CYRIC)
馬 場 護 (CYRIC)
船 木 善 仁 (CYRIC)
寺 川 貴 樹 (CYRIC)
藤 田 正 広 (CYRIC)
三 宅 正 泰 (CYRIC)
石 川 洋 一 (CYRIC)
松 谷 昭 広 (CYRIC)
遠 藤 みつ子 (CYRIC)

題字デザイン：田代 学

CYRIC ニュース No. 36 2004年11月30日発行

〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉6番3号

東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター

TEL 022 (217) 7800 (代 表)

FAX 022 (217) 7997 (サイクロ棟)

〃 022 (217) 7809 (RI棟)

〃 022 (217) 3485 (研究棟図書室)

E-mail : koho@cyric.tohoku.ac.jp

Web page : <http://www.cyric.tohoku.ac.jp/>

