



No. 34 2003. 11 東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター

## 巻 頭 言

### センターの活躍に期待 — 放射性“廃棄物”の研究分野で —

東北工業大学 織原 彦之丞

東北大学の創立 100 周年記念事業の一貫として百年史の刊行が計画され、サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターにとっては 25 年史になりますが、その編纂の手伝いをしています。昭和 52 年のセンター創立記念式典における前田学長の「式辞」、並びに森田初代センター長の「経過報告」で掲げられた「サイクロトロン多目的利用」は、大型装置建設の稀に見る成功例として 20 周年記念式典の阿部前総長並びに御来賓の方々の祝辞でも述べられました。今では「サイクロトロン、ラジオアイソトープの多目的利用」として、より広い目標をかかげていますが、「原子力の平和利用の旗手として、・・・」アイソトープ・放射線をリードする大学・学部等に挙げられたこともありました。

さて、原子力の平和利用のなかで原子炉は中性子源として不可欠のものであり、原子力発電はエネルギー供給源の重要な一翼を担っています。一方、加速器利用による核エネルギーの利用は、加速器技術の発展に支えられその利用の進捗はめざましく、放射線発生器としての加速器は日夜、産業、医療・医学に使われています。また RI 製造器としての加速器は短寿命ポジトロン放出核種を生産しています。これらの核種は、放射性薬剤に精製され、人体における代謝を画像化する陽電子断層撮影装置 (PET) によって、癌の早期・質的診断、小児てんかんの診断や脳・心筋の血流量の診断、更に

は“こころ”に迫る脳の高次機能の研究など、現代社会になくなくてはならないものとなっています。

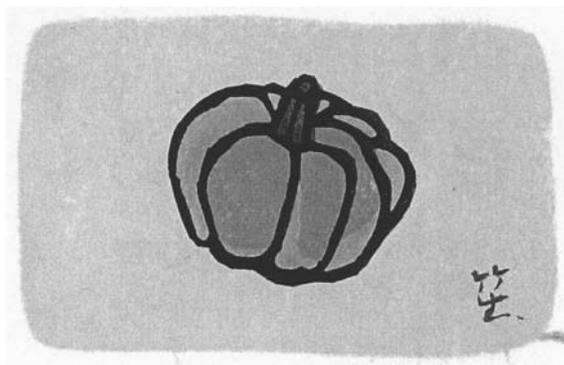
これに対し、原子力発電所を巡る一連の不祥事等によって社会の核エネルギー利用に対する不信がより強くなってきています。大学における研究に対しても、「立ち入り検査報告」にも見られる通り、厳しい目が向けられています。このような状況を深く心に刻み放射線・RIの安全管理に万全を期することが重要です。

国全体から見ると、現状の原子力科学の進展の帰趨は放射性廃棄物の処理・処分の取り組みに大きく依存しています。このことを端的に表現しているのが平成10年9月9日に名古屋高裁金沢支部で下された志賀1号炉訴訟控訴審判決です。ここでは、「・・・核燃料の再処理問題、将来の廃炉問題など未解決の問題点を残すことは控訴人ら指摘の通りであって、原子力発電所がその意味において人類の「負の遺産」の部分を持つこと自体は否定しえないところである。・・・」（アンダーライン：筆者）と述べています。古くなった原子力発電所の「廃炉措置」に象徴される放射性廃棄物の処理・処分は、使用済核燃料の処理・処分・再利用と同様に多くの未解決の課題を含み、学際的研究も含めた国民的課題となり、本センターの研究にも期待がかかっているものと考えます。

今年10月1日「専門的な業務を行って原子力安全・保安院に報告するとともに、最新の知見を反映した今後の原子力の安全確保に関する提言を行うこと」を目的に独立行政法人原子力基盤安全機構が発足いたしました。「最近の知見」というキーワードは、今年1月の名古屋高裁金沢支部の「もんじゅ判決」でも争点として挙げられていますが、そもそもは、平成4年10月伊方1号炉最高裁判決に遡ります。ここでは、「・・・現在の科学技術水準に照らし、・・・具体的審査基準に不合理な点があり、あるいは・・・原子力委員会若しくは・・・の調査審議及び判断の過程に看過しがたい過誤、欠落があり、被告行政庁の判断がこれに依拠してなされたと認められる場合には、・・・原子炉設置許可処分は違法と解すべきである。・・・」と述べられています。“明白性の要件”など、法理論的にこれをどう適用するかは法律の実務家に任せられますが、われわれ科学を専らにするものにとっても、知見なるものの客観性の保証を含め新しい知見の蓄積の社会的要請など、極めて重い課題であると考えられます。

廃棄物処理や安全研究を含む原子力開発においては、「放射線防護に係る規制の対象から外してもよい物を区別するレベル」と定義されている「クリアランスレベル（以下CL）」の法制化が急がれていますが、平成11年、原子力安全委員会放射性廃棄物安全基準専門部会は「主な原子力施設におけるCLについて」の報告書（案）を出し、この中で「計算などにより、中性子による放射化の影響が、一般に存在するコンクリートとの間に有意な差を生じさせていないと評価されたもの」は、CL以下としています。国民的合意を得るためにも極低レベルの放射線を測定して安全を担保する検認の方法の開発と、「計算」を支える現在の知見の結集が急務であります。センターにおけるこの分野の研究に期待する次第です。

- ・ 巻頭言 東北工業大学工学部電子工学科 織原 彦之丞…………… 1
- ・ 研究紹介
  - (1)低温核偏極の核磁気共鳴による超微細相互作用の研究  
新潟大学理学部 大矢 進, 大坪 隆…………… 4
  - (2)シンチグラフィの小动物への応用  
大学院歯学研究科口腔機能形態学講座  
口腔システム補綴学分野 横山 政宣, 佐々木 啓一… 7
- ・ 特集記事
  - センターの法人化への取り組み センター長 石井 慶造…………… 10
- ・ 新しい機器の紹介
  - (1)入射ビームバンチャー センター 鈴木 啓司…………… 14
  - (2)放射線モニタ, 管理区域入退システムについて  
センター 宮田 孝元…………… 18
- ・ 共同利用の状況…………… 21
- ・ センターからのお知らせ…………… 22
- ・ 研究交流…………… 32
- ・ 留学生便り 大学院医学系研究科 サビナ コンドカル…………… 33
- ・ R I 管理メモ…………… 35
- ・ 分野別相談窓口…………… 36
- ・ 人事異動…………… 36
- ・ C Y R I C 百科…………… 37
- ・ 編集後記…………… 38



## 研究紹介(1)

### 超低温核偏極の核磁気共鳴による超微細相互作用の研究

新潟大学理学部 大矢 進

〃 大坪 隆

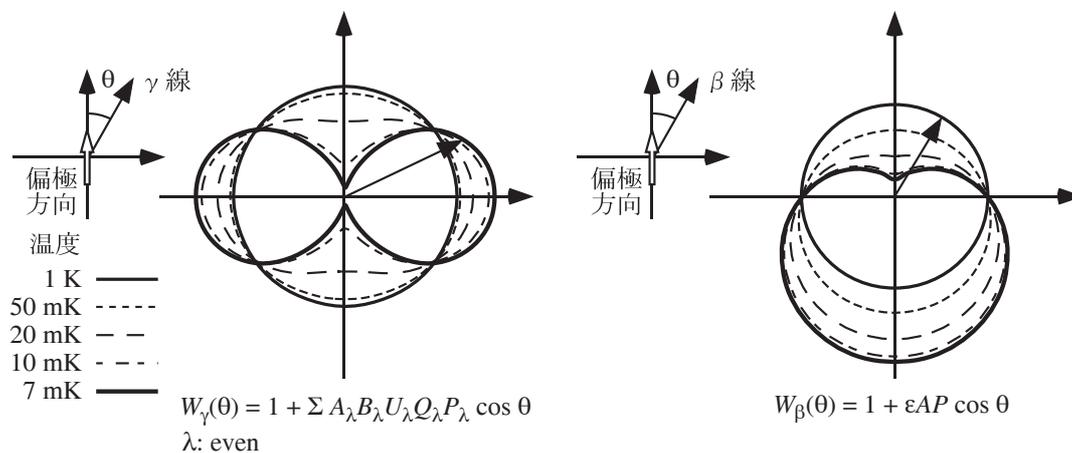
私たち新潟大学の超低温核偏極グループでは放射性原子核を約 7 mK の低温に置き、高磁場を加えることで原子核を偏極させて、この核磁気共鳴を観測することで原子核と電子系の超微細相互作用の研究を行ってきております。その紹介をさせていただきます。

スピン  $I$ 、磁気モーメント  $\mu$  を持つ原子核を磁場  $B$  中に置くと、磁気量子数についての縮退が解けて、そのエネルギー準位はゼーマン分岐 ( $E_m = m\mu B / \hbar$ ) を起こします。このときの各磁気量子数  $m$  の状態を占める割合 (population) はボルツマン分布に従い、常温ではこれらはほとんど同じですが、7 mK 程度の低温下ではエネルギーの低い準位の割合が非常に大きくなり、原子核スピンの方向に整列します。これを核偏極 (Nuclear Orientation) と呼びます。この時どちらの方向に整列するかは、原子核の磁気モーメントの符号により変わります。

原子核が崩壊する際に放出されるガンマ線及びベータ線は、原子核が偏極していると偏極方向に対し放射角度分布の異方性を持ちます。例として、鉄中に入っている  $^{60}\text{Co}$  からのガンマ線、ベータ線について述べます。鉄の中に微量  $\text{Co}$  を入れます。このとき  $\text{Co}$  原子核は 29.0 T 程度の内部磁場を感じます。このときの  $^{60}\text{Co}$  からのガンマ線の角度分布の温度依存性を図 1 に、ベータ線の角度分布の温度依存性を図 2 に示します。10 mK 程度の低温ではそれぞれ角度分布に大きな異方性を持つことがわかります。

図 1 Fe中の $^{60}\text{Co}$ からのガンマ線の角度分布

図 2 Fe中の $^{60}\text{Co}$ からのベータ線の角度分布



ガンマ線の場合はパリティ（空間反転対称性）が保存しているため、偏極軸に対し対称な分布を持つが、ベータ崩壊の場合パリティが完全に非保存のため偏極軸に対し非対称な分布となります。このそれぞれの角度分布から原子核の崩壊による角度分布係数を決定できて、スピンの決定やそれぞれの遷移での Multipole 混合比などを決定できます。通常のガンマ・ガンマ角度相関、ベータ・ガンマ角度相関の方法に比べて、同時計数の必要がないため、統計良く決定できます。また結晶場の磁気構造についても知見が得られ、 $^{144}\text{PmPr}_{0.5}\text{NiAl}_4$  の研究も富山大学工学部の西村克彦先生と進めております。

この偏極した原子核に高周波を加えて核磁気共鳴(NMR)を起こさせると、ガンマ線やベータ線の異方性が崩れて、等方的に放出されるので、これをプローブとして用いると核磁気共鳴が測定できます。このときの共鳴周波数の大きさから物質中の原子核と電子との間の超微細相互作用の大きさがわかります。図3にその検出原理図を示します。共鳴周波数に等しい周波数の高周波磁場が加えられると、分岐した準位間で遷移を引き起こします。この結果、これまで低いエネルギーに大きかった占有率が平均化されて、偏極が崩れます。ガンマ線の角度分布は偏極に依存しますので、共鳴が起きると異方性がなくなります。ちょうど偏極軸方向でガンマ線を観測していると、図のように共鳴が起きると計数率が大きくなります。このようにしてガンマ線の計数率から核磁気共鳴スペクトルが得られます。図4に実際の得られた $^{48}\text{Sc}$ の鉄中の共鳴スペクトルを示します。 $^{48}\text{Sc}$ から放出されるガンマ線がそれぞれ $^{48}\text{Sc}$ について共鳴が起きることによりガンマ線の計数率が変化しているのがわかります。

図3 低温核偏極磁気共鳴法の原理

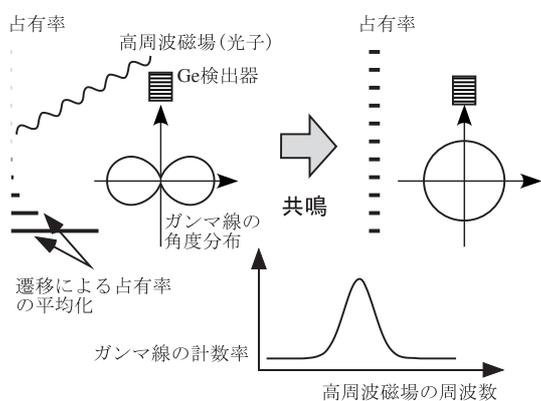
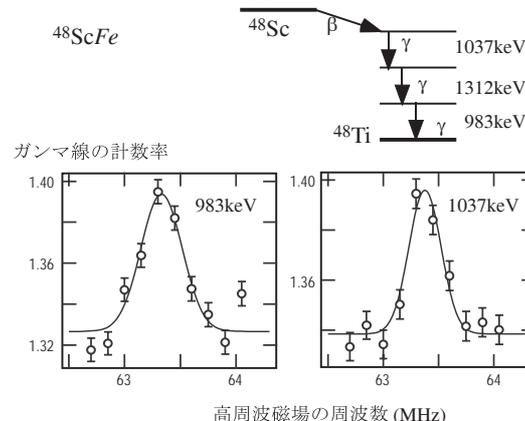


図4 NMRスペクトルの例



この結果、Fe中の $^{48}\text{Sc}$ の外部磁場0.2Tにおける共鳴周波数63.37(6)MHzを得ました。すでに知られたScの鉄中の内部磁場13.3Tを用いて $^{48}\text{Sc}$ の磁気モーメントを3.79(1) $\mu_N$ と決定しました。

この手法はNMR-ON (Nuclear Magnetic Resonance on Oriented Nuclei) と言われ、この方法を用いて我々のグループでは放射性原子核の磁気モーメントの測定を多く行

ってきました。物質中の電場勾配を用いると電氣的四重極モーメントの測定も可能で、いくつかの核で測定を行ってきております。この方法は安定核を用いた伝統的な核磁気共鳴と手法は同じですが、放射性原子核をプローブとして用いているために大変感度と精度がよく、ppm ほどの希薄な状態での超微細相互作用研究ができます。最近では鉄、ニッケル中の内部磁場を用いず、直接 12T の外部強磁場を超伝導磁石で加え NMR-ON の実験を行い、磁気モーメント、ナイトシフト、Hyperfine Anomaly などの核物理、核物性の研究をも行っております。

新潟大学には加速器がないため、さまざまな大学研究所の加速器を利用させてもらっております。東北大学の CYRIC も 3 年ほど前から利用させてもらっております。試料はほとんど反跳埋め込みの方法で作ります。これは薄いターゲットと薄いホスト金属をスタックにしてビームを串刺しに照射し、核反応の後の反跳エネルギーを利用してホスト金属に埋め込むものです。この方法は簡明の上、一度に色々な試料が作れる利点を持っております。実際に CYRIC を使った Sc ( $A=44, 44m, 46, 47, 48$ ) の測定を行い現在論文作成中です。

試料の作成では篠塚、大槻先生に大変お世話に成っております。照射装置はこれまで色々な研究所で使用してきましたが、CYRIC の装置は大変素晴らしく感心しております。また RI の搬出には放射線管理室の宮田様、渡邊様には大変お世話になっております。サイクロトロンの使用に関してセンターのオペレーター、職員の皆様にお世話になっております。この場をお借りしまして皆様にお礼申し上げます。

## 研究紹介(2)

### 骨シンチグラフィーの小動物への応用 「義歯装着ラットの歯槽骨の骨代謝回転を観る」

大学院歯学研究科口腔機能形態学講座口腔システム補綴学分野 横山 政宣  
佐々木 啓一

当分野では、歯の欠損を有する患者を対象に、失われた形態と機能の回復を目的とした研究を行ってきております。また、歯の欠損にとどまらず、癌の手術や外傷等によって生ずる顎顔面領域全般の欠損に対しても同様にアプローチしております。具体的には、義歯、インプラント治療、移植再生医療による対応等についての基礎研究およびその臨床応用を目指しています。

歯を喪失することによって生じる部分的な歯牙欠損状態は1歯欠損から1歯残存まで多種多様な欠損様式が存在します。そのような欠損状態を放置した場合、歯の挺出や傾斜などの残存歯列の変化、咬合関係の変化、またそれらの変化に伴う咬合力の変化、歯周組織の変化などの形態的・機能的変化が生じることが予想されます。さらには口腔周囲筋や顎関節障害を来す可能性も考えられます。こうした障害を改善もしくは予防するための欠損補綴として現在、可撤性部分床義歯が広く用いられており、最も頻度の高い治療法となっています。しかしながらその一方で、部分床義歯装着による支台歯の動揺や義歯床下顎堤の吸収など残存組織への為害作用も報告されています。

一般に、部分床義歯に作用する機能圧は、歯根膜をはじめとする歯周組織を有する支台歯と、軟組織である義歯床下粘膜という生体力学的性質や組織反応性などが異なる組織を介して顎骨に伝達されます。上記の為害作用は、支台歯、義歯床下粘膜それぞれにおける機能圧の負担様式や、これらへの機能圧の配分が不適切な場合に生じるとされ、従来より支台歯に過度の負荷がかからないような義歯の設計や維持装置の形態に関する研究や、また支台歯に対する応力の分布を光弾性模型や有限要素を用いて解析した報告が多数なされています。しかしながら、生体における支台歯歯周組織および顎骨を含めた義歯床下組織の組織反応に関する研究はきわめて少ない状況です。また活発な改造機転を有する生体においては、部分床義歯装着による影響は、支台歯歯周組織ならびに顎堤の変化に伴って経時的に変化することが予測されますが、これらに関する知見ほとんど見あたりません。

$^{99m}\text{Tc}$ -methylene diphosphonate (以下  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP) による骨シンチグラフィーは、医学領域における腫瘍性疾患や骨疾患の診断、人工関節術の評価に広く用いられ、歯学領域においてもインプラント埋入後の osseointegration の状態の把握などに有用な検査法の1つとされています。骨シンチグラフィーの長所は、骨の代謝の状況を通常のX線画像よりも詳しく観察できる点です。つまり、X線が骨中のカルシウム量という静態を反映するのに対し骨シンチグラフィーは骨中のミネラルの代謝回転という動

態を反映するものであり、この違いが両者の感度の相違となっています。また、X線では骨に30~50%の脱石灰化がなければ異常所見として捉えられないのに対し、骨シンチグラフィーは骨中のミネラルの代謝回転という動態を反映し、骨の代謝が亢進すれば直ちに陽性像を示し、時間反応性が高いという利点があります。この特徴を応用することで、部分床義歯装着後における義歯床下骨組織の生体反応の変化を経時的にとらえていくことが可能であると考えられます。

そこで当研究室では、義歯床下顎堤における経時的な骨代謝回転、すなわちリモデリングの様相を、骨シンチグラフィーを用いた動物実験により明らかにすることを目的として実験を行っていますので、以下にその内容をご紹介します。

### 1. ピンホールコリメーターの改良

骨代謝の動態を知る上での基礎となる動物実験、特にラットやマウスなどの小動物を用いる研究に骨シンチグラフィーが用いられたという報告はごくわずかしかなかった。その理由の一つとして考えられるものにガンマカメラの解像度不足があげられます。小型動物では大まかな全身シンチグラムが得られる程度であり、細部にわたる形態の観察には不向きでした。ピンホール型コリメーターの場合、ピンホールの直径を小さくすることである程度まで解像度を上げることが可能となるので、まず私たちは、ピンホール径を調整し小動物実験に使用可能な解像度を有する実験用コリメーターを自作しました。製作したコリメーターでは既存のものに比べて約3倍空間分解能が向上しました。これによりラットのような小動物でも明瞭な骨シンチグラフィーを得られるようになりました。

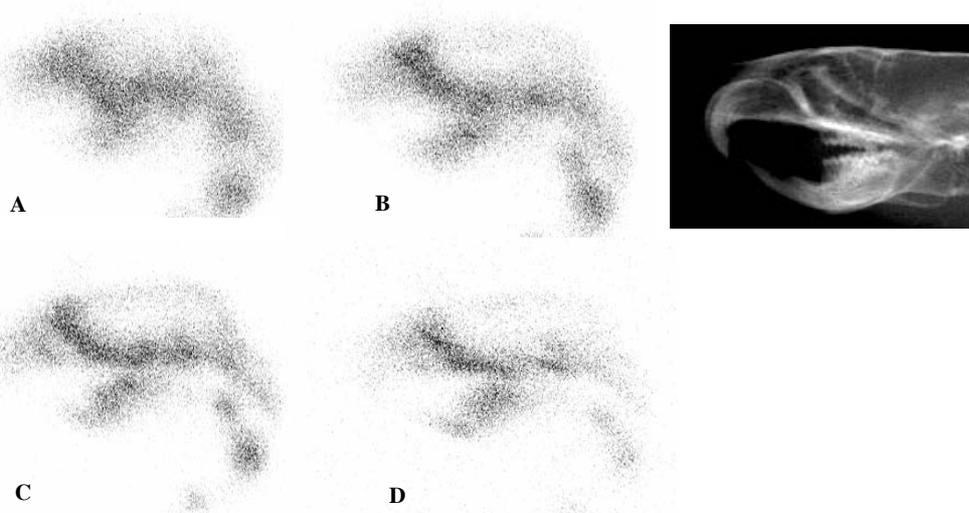


図1 単純X線撮影によるラット頭部の画像（右上）と各ピンホールコリメーターでの骨シンチグラフィーの比較。A：φ6mm、B：φ4mm、C：φ2mm、D：φ1mmのピンホール径のコリメーターを装着して撮像した画像。

## 2. 実験用義歯を用いた動物実験

次にこれを用いて実験動物における義歯床下顎堤の経時的な骨代謝回転を骨シンチグラフィーを用いて明らかにする実験をしました。エーテルおよびネンブタールによる全身麻酔を行った後、ラットの右側臼歯3本の抜歯を行い歯牙欠損モデルを作りました。抜歯後3週間目に、上顎の印象採得を行い石膏模型を製作し、即時重合レジンを用いて実験用有床義歯を製作し、抜歯後4週間目にラットの口腔内に装着しました。義歯装着後、義歯床下の骨代謝を経時的に観察するために $^{99m}\text{Tc}$ -MDPをトレーサーとし、骨シンチグラフィーを撮像しました。この結果、義歯装着後ある一定期間義歯床下骨組織において $^{99m}\text{Tc}$ -MDPの集積値が上昇し、骨のリモデリングが亢進されることが分かりました。

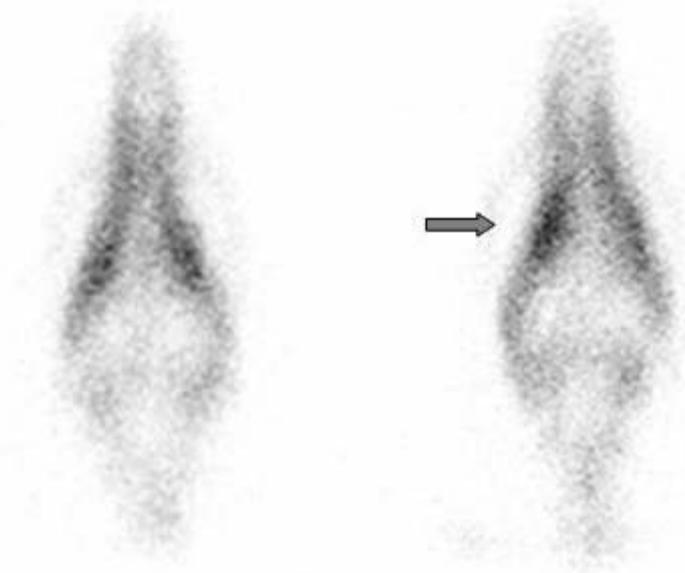


図2 義歯装着1週間後の骨シンチグラフィー

義歯を装着していないコントロール（左）に対し義歯を装着したラット（右）では、義歯床下骨組織において $^{99m}\text{Tc}$ -MDPの集積値の上昇が見られた（矢印部分）。

本研究は、義歯床下顎堤における骨のリモデリングの様相を骨シンチグラフィーによる骨代謝回転から捉えることを目的とするもので、歯科補綴学の根元的なテーマではあるものの本格的な取り組みが未だなされていない領域を対象としたものです。その実験手法も口腔領域への応用という面において新たなものであり、これらの研究手法の確立と本研究による床下顎堤の骨代謝に関する知見は、今後の新たな生物学的エビデンスに基づくこれからの歯科補綴学分野を構築するうえでのシードとなり、今後の展開が期待されます。

最後に日頃から大変お世話になっておりますサイクロترونラジオアイソトープセンター核医学研究部の諸先生方に、この場をお借りして深謝申し上げます。

## 1. はじめに

大学の使命とは何か？ まず言えることは、真理の探究と新たな知見を見出す場を提供し、さらに人類の福祉に貢献する広い学識と高度な専門性を兼ね備えた人材を輩出することであろう。東北大学では、研究第一主義および門戸開放を創立以来の理念として、研究、教育に励んできた。このように、大学で長い間培われてきた理想と信念は今後も受け継がれていくべきものである。

国策として、県、市なども含めた大から小の様々な組織に対して構造改革が現在実施されている。国立大学もその範疇に漏れず、法人化が実施されようとしている。国立大学の法人化の前に実施されている構造改革特区において、これに関与している大学の実施当事者の中には、国立大学を社会に開かれたものとするためには、現在の国立大学の構造を改革する必要を感じられた方も少なくないであろう。

現在、各大学、各部局では平成16年度から5年間の中期計画・中期目標を懸命に考え、そして立案し終わっているかと思う。センターも同様に、昨年度より法人化後のセンターの更なる発展をめざしたセンター自身の中期計画・中期目標を立てている。このような中期計画・中期目標は、単なる約束ごととして守ることではなく、構造改革等の社会的要求を意識し、国立大学の新たな社会への貢献を考えたものである必要があると考える。

ここでは、センターの法人化後の教育、研究、安全管理についての取り組みを紹介する。

## 2. 法人化に当たってのセンターの基本的目標と運営体制

最近行われた放射線利用の実態調査によると、我国における放射線を利用した産業の経済規模は、平成9年度において8兆6千億円である。米国は14兆円であり、医療、農業利用が日本の6倍も多く生活に密着したものに応用されている。日本の場合、原子力エネルギーの分を加えると経済規模は16兆円に及ぶ。この規模は今後益々発展していく傾向にあり、先進国が切り拓いていかなければならない産業分野である。特に、最近では、加速器を用いた医療診断および治療の技術発展にはめざましいものが見られる。

このような経済的および技術的進歩の背景を受けて、本センターは、「重荷電粒子加速器サイクロロンと短寿命・高レベルRIの多目的利用の分野についての本学における研究、教育を支援するとともに、独自の研究を進展させ教育にも直接参加し、かつ放射線とRIの安全な取扱いの全学的管理と研修を行うことにより、萌芽的研究、学際的研究、人材育成を遂行、発展させ、もって社会の要請に応える」ことを基本的目標としている。

上記の基本目標を達成するために、当センターに基本組織として、加速器研究部、測定器研究部、核薬学研究部、サイクロトロン核医学研究部、放射線管理研究部の5つの研究部および事務室を置く。

放射線、RI、加速器の利用は、現在、我が国の基盤技術としてその発展が国策となっているが、その応用技術の多様化に合わせて、センターは設備の刷新および組織の在り方に柔軟に対応する必要がある。これに対しては、センターは、上記基本組織を堅持しつつ、新たに創成された先端技術に対しては、センター内の組織の再編、学内の他の研究施設との連携研究も視野に入れて、その進展を図る。

センターの運営に関しては、従来通り、センター長、運営委員会、各種専門委員会からなる構造を維持し、センター長のリーダーシップの下での運営体制を法人化後もとる。加えて、加速器・附属設備、理工学の研究活動推進のための第一専門委員会、放射線管理 RI 利用の研究のための第二専門委員会、生命科学分野の研究のための第三専門委員会において、センターの研究の方向性、発展性を討議し、研究の方向をより明確にして独自の研究を強化する。

### 3. 教育に対する取り組み

センターの使命としては、上で述べたように、加速器・放射線の共同利用研究施設として機能を果たすことと、加速器・放射線の安全な取り扱いについての教育訓練が挙げられる。特に、センターは学内共同利用施設なので理工学系から医学生物学系にわたる研究分野の学生、院生に対して、放射線・加速器の安全な取り扱いに習熟した研究者と高度専門職業人となるための養成を行う。具体的には、放射線安全教育、訓練等（現在、受講者は約 1000 名/年）の実施、さらに再教育を行い、センターでの共同利用を通じた研究による教育を行う。加えて、各分野の横断的学際研究分野の研究に対する理解力と実践力を養うことを、センターの特徴ある教育と考えている（実際、各研究部間の相互乗り入れによる学際的研究、教育が現在推進されている。）。

上の目標を果たすために、センターの各研究部の教職員は各研究科の講座に属して、専門教育を行い、その基礎にたって共同の境界領域型研究を展開する。

学生が当センターで研究に従事する際、放射線に対する不安、放射線の利用に対する疑問等を抱く場合がある。このため、研修及び直接の相談に加えて、学生がインターネット等で放射線に関する相談ができるシステムの構築を図る。さらに、学生の放射線に対する医学的相談に対しては、サイクロトロン核医学研究部が対応する。

### 4. 研究に対する取り組み

センターは、これまで、本学における重荷電粒子加速器サイクロトロンと短寿命・高レベル RI の多目的利用の分野における研究、教育を支援し、かつ放射線と RI の安全取り扱いの全学的管理を行うとともに、自らも本分野の研究を展開し、センターにおける共同研究をリードすることを本分としてきた。法人化後もこの方針を堅持し、以下の研究領域を重点的に行い、「世界最高水準の研究」を展開する。

#### 基礎的研究領域

\_\_原子核物理学，加速器科学，放射線測定技術，サイクロトロン核医学，核薬学，放射線管理，保健物理学分野，環境・物質科学

\_\_応用研究領域→理医工学研究領域

\_\_超高分解能 PET，粒子線治療，中性子捕獲療法，新放射性薬剤，画像型 PIXE 法等の開発

特に、理学，生命科学，工学の各々の分野における、この 25 年間にわたる基礎研究の成果が連携し合って生まれた理医工学研究領域の研究課題についてはセンター独自の主テーマとして展開する。中でも、PET については、超高空間分解能化，新しい標識化合物の開発を行い、小動物実験を主体にした遺伝子治療等の先端医療技術を展開し、一方では、大学病院に導入された PET と相補的な役割を持たせる。また、大学内，学外機関，民間を含む外部機関との共同研究を通じて、動物用粒子線治療、加速器中性子捕獲治療など新しい研究テーマの開拓にチャレンジする。

特に、高齢化社会を迎えた今、PET によるがん，痴呆症，心臓病の診断，がん治療及び粒子線治療の技術開発の成果をもって、三大老人病に怯えることの無い老後を実現するなど、直接に貢献できるものである。

センターで行なわれた研究成果は年報としてまとめ（現在も行われている「CYRIC Annual Report」の刊行）、世界および国内の加速器，RI に関連した主要研究機関に配布し、センターの研究教育活動を国内外に公表する。また、センターの利用者から構成されるユーザーコミュニティー「利用者の会」との合同研究報告会を開催し、センターの運用，研究活動についての意見を受ける。さらに、定期的な外部評価によって客観的評価を受け、総合的な検証を行う。

上記のセンターの研究教育の目標を達成するために以下の実験設備に対する方策を取る。

- ・大型サイクロトロンの高性能化（多種，多価，大強度重イオンビーム加速）
- ・大強度，高偏極度陽子・重陽子ビーム偏極イオン源開発
- ・標識薬剤合成装置用クリーンルームの設置
- ・超高分解能陽電子断層撮影装置の開発
- ・大強度，高速中性子熱化装置の開発
- ・小動物粒子線治療用イオンビーム制御，照射装置の設置
- ・RI 利用中型動物実験設備の整備
- ・PET による核医学診断のためのポジトロン放出短寿命核種生成用小型サイクロトロンの開発
- ・インテリジェント多重パラメータ放射線計測電子機器の開発
- ・建屋，空調，電気設備の更新。特にセンターの建屋は、放射線施設であるため、各設備は特殊な構造（放射線遮蔽のため各部屋毎の壁は 3 メートルのコンクリート，大型サイクロトロンゆえに、1,500kW を超える大規模の受電，配電設備）をしているが、設置後 25 年を経過し老朽化が進んでいる。さらに、研究の進捗によってビームライン

の増設や、粒子線によるガン治療の研究に対応するため、新実験室建設の計画も推進する。

センターは学内共同利用施設であり、センターの目標目的を果たすために、その研究設備の維持費、人件費、教育研究費、施設維持管理費等の運営費は、特定運営費交付金で賄う。本センターが擁する加速器(K=110MeV 大型 AVF サイクロトロンと K=12MeV 小型 AVF サイクロトロン)、RI 研究設備、核医学研究機器 (3 次元 PET) はいずれも最先端機器であるとともに、センターは加速器で生成した RI を用いた研究が出来る数少ない施設であり、多くの研究に活用が可能である。民間からの共同利用申込を受け入れ、それからの資金も動員してビームラインや照射装置を整備し、加速器の多目的応用の国内最大規模の研究拠点として位置づけて行く。

#### 5. 安全管理に関する取り組み

センターは、放射線を発生し、RI を生成使用して研究教育を行う施設として、法令と社会通念に従って、施設内の作業者の安全を確保し環境を守るための施設設備の整備を全うする必要がある。

研究推進審議会放射線安全管理委員会事務局の役割を果たし、東北大学における放射線、核燃料・原料物質を対象とした放射線安全管理の中心的役割を果たす。

PET による臨床研究のための臨床委員会並びに臨床審査会に協力する。また、動物実験委員会の機能を高め、役割の徹底をはかる。

#### 6. まとめ

センターは、上に述べたように、放射線・加速器に基づいた基礎研究と応用研究を両輪とし、さらに、様々な研究分野がお互いに協調、共鳴しあって、萌芽的、先端的な学際的研究を展開する。加えて、社会に開かれた研究教育、すなわち、産官学連携等に基づいた研究教育活動を行い、社会に見える貢献を行う。法人化後のセンターの活躍を、是非、期待していただきたい。

## 新しい機器の紹介(1)

### 入射ビームバンチャー

センター測定器研究部 鈴木 啓司

930 型 AVF サイクロトロンの共同利用開始から約 2 年半経過しました。その間の本格的な実験は興味深い研究成果を多く生み出し、数々の博士、修士論文の作成などに貢献しました。しかしながら、新サイクロトロンは今までとは異なり外部入射方式を採用していることもあり、そのために各ユーザーから入射ビームバンチャー装置の必要性和早急な導入というご意見、要望が多く寄せられました。それに応えて、センターでは入射ビームバンチャー導入計画を開始し、関連する多くの情報[参考文献 1, 2]を参考にしながら作業を進めてまいりました。そして、平成 15 年 6 月に入射ビームバンチャーの設置、稼動に至りました。以下、この新しい機器について紹介いたします。

外部入射方式では、加速器本体外部のイオン源から長いビームラインを通じて DC(直流) ビームを輸送し、加速器本体に入射します。ここで入射直前のビームライン上にこの装置を取り付け、サイクロトロン加速周波数に同期した高周波を与えます。すると入射ビームバンチャーを通過した荷電粒子は高周波の影響を受け、周期的に加速および減速し、DC ビームがパルスビームに変化します。こうして、図 1 に示すように入射部分に到達したところでサイクロトロン有効位相角 ( $\sim \pm 20$  度) が受け入れる荷電粒子の量は DC ビームのときよりも数倍増加します。すなわちイオン源からのビームを効率よく利用することができます。

図 2 に示す入射ビームバンチャー電極部を加速器本体中央部にあるインフレクターから 1.8 m ビーム上流の位置に設置しました。入射ビームバンチャーは二つの電極から構成されるシングルギャップ型です。電極間電場の一様性のために二つの電極には無酸素銅製のメッシュがついております。電極間のギャップは 4mm、アパーチャーの内径 60mm と設計しました。ビーム下流側(図 2 では上側)の電極にサイクロトロン加速周波数をもつ高周波電圧を印加し、上流側の電極は接地しておきます。電極部には高周波抵抗とインピーダンス変換トランスがあるので、ジュール熱対策として銅製の水冷管と空冷用ファンがついております。

図 3 に入射ビームバンチャーに与える高周波を制御する回路系のブロックダイアグラムを表します。サイクロトロン加速周波数に合わせた基本波を入力し、合成・分配器を通じて 2 倍波、3 倍波を作り、各成分の位相と振幅を制御しながら合成し、図 1 の左のような擬似的鋸歯状波を作ります。その鋸歯状波を 500 W の広帯域電力増幅器で増幅し、長さ 30 m の同軸ケーブルを通して本体中央部真下にある電極部に伝送します。電極部においてインピーダンス変換トランスを用いてインピーダンスを 50  $\Omega$  から 450  $\Omega$  に変換することにより、同一電力から約 3 倍の電圧を作ります。昇圧した信号を 450  $\Omega$  の高周波抵抗で終端させ、抵抗に発生した電圧を電極に印加します。また

負荷（電極部）からのフィードバック信号によって高周波をモニターしつつ、その電圧と位相の安定化を図ります。

入射ビームバンチャーの制御は、サイクロトロンおよびその周辺機器[参考文献 3]と同様に PLC[参考文献 4]を介して制御室の PC で遠隔的におこないます。入射ビームバンチャーに不測の事態が起きた場合、緊急時の制御ができるようなプログラミングがなされております。制御室の PC 上では GUI プログラミング言語である LabVIEW[参考文献 5]というソフトを用いて制御・モニターをするシステムになっております。

今回の導入におけるさまざまな条件のもとでの基本的仕様は表 1 のようになりました。これに基づいた簡単な計算においてビーム強度の利得は約 7 倍、加速効率率は約 75 % と予想しました（図 1 参照）。実際の性能テストの結果例を表 2 に示します。ご覧のように、ビーム強度の利得が 2.3～5.3 倍を記録し、良好に稼動することを確認しました。空間電荷効果や粒子束の光学的要素などの条件を考慮していないので、予想値を再現していませんが、全体的な装置の信頼性は保証できると判断しました。今後は調整パラメーターのさらなる最適化によるビームの利得の増加を介して各ユーザーの実験条件を緩和することが我々の課題であると思えます。

最後に篠塚勉助教授を中心とするマシングループの方々、(株)トーキンマシナリーの横井哲夫氏、(株)サムウェイの大橋淳一氏の惜しみないご協力に対して心から感謝いたします。

#### 参考文献

- [1] Ikegami, K. and Goto, A., RIKEN Accel. Prog. Rep **22**, 213(1988)
- [2] 主として Lynch, F. J. *et al.*, Nucl. Instr. and Meth. **159**, 245(1976)
- [3] Terakawa, A. *et al.* CYRIC Annual Report 2001, p.29
- [4] 横河電機株式会社 (<http://www.yokogawa.co.jp/>)
- [5] National Instruments Corporation, USA (<http://www.ni.com/>).

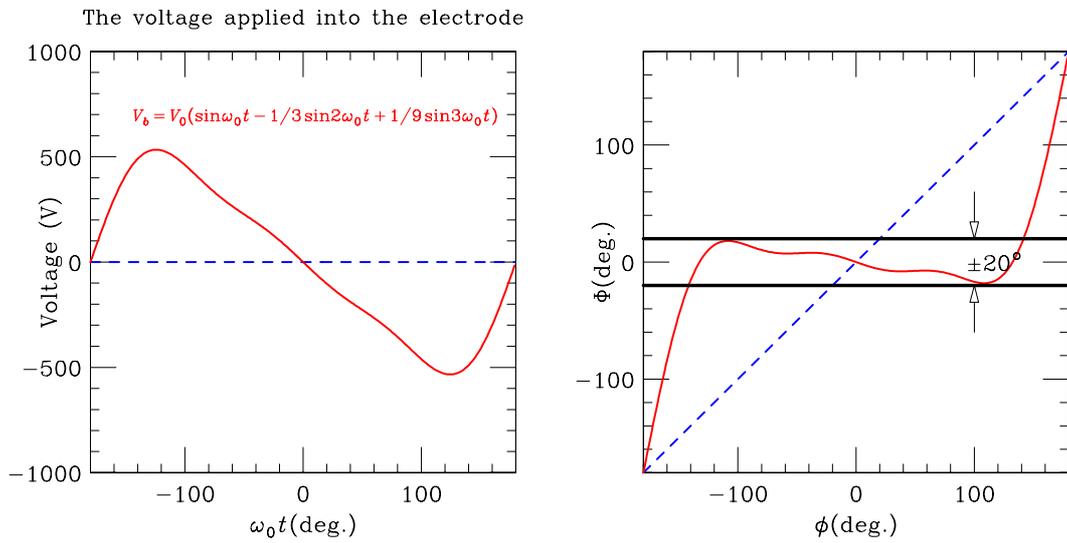


図1 左図は3つの高調波を合成した鋸歯状波の例。右図はパルスビームの入射部における位相の様子。破線は入射ビームバンチャーOFF(DCビーム)の状態。有効立体角 $\pm 20$ 度(矢印)に入った粒子を加速するのでビーム利得は約7倍と評価。

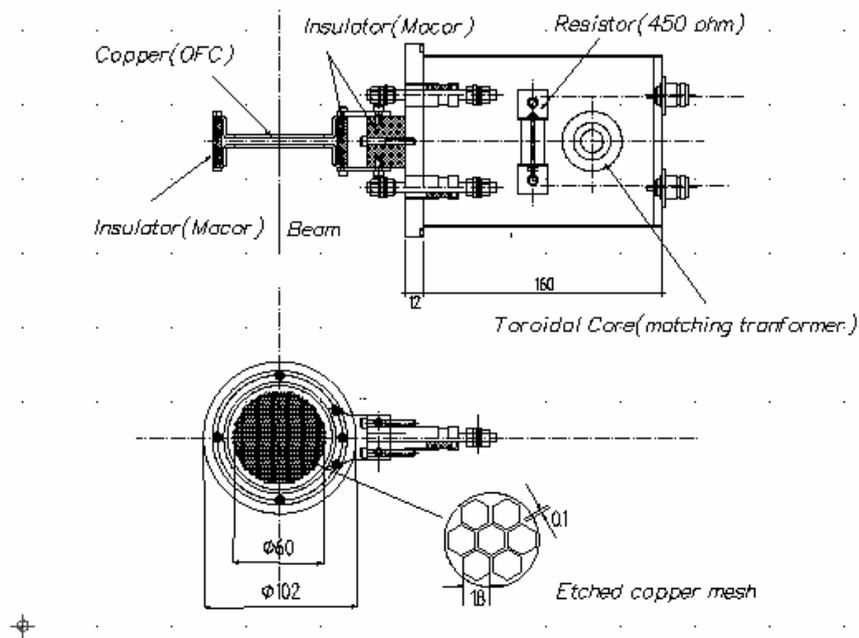


図2 入射ビームバンチャー電極部。ビーム下流側(図の上側)に高周波電圧を印加する。電極部にはインピーダンス変換用トランス(トロイダルコア)と高周波抵抗(450Ω)が付随している。

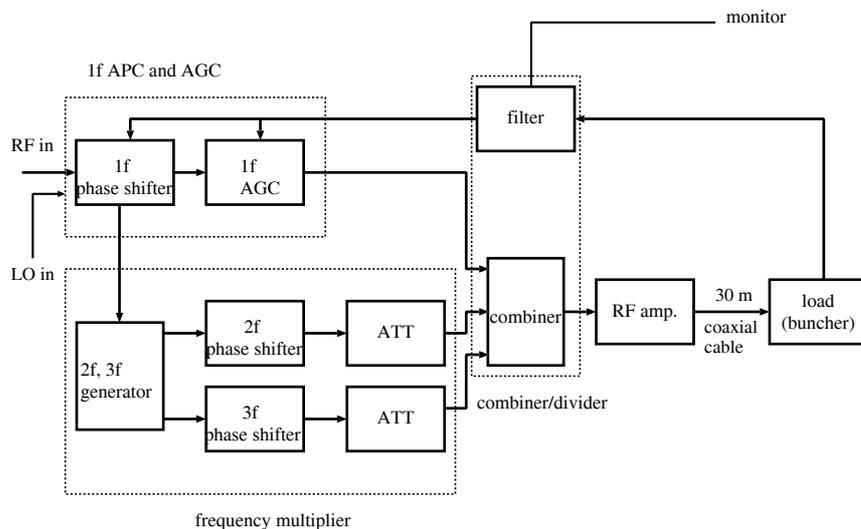


図 3 入射ビームバンチャーの高周波回路のブロックダイアグラム。基本波，2 倍波と 3 倍波を足し合わせて鋸状波を作り、増幅し電極に伝送する。フィードバックループを用いて基本波の電圧と位相の安定化を図る。

表 1 入射ビームバンチャー装置の基本的仕様

基本入力周波数	10.5-22MHz
最大出力電圧	1200V <sub>p-p</sub>
負荷インピーダンス	450 Ω
電圧安定性	< 1 %
位相シフト	0-400 度
位相安定性	< 1 度

表 2 入射ビームバンチャー性能テストの結果例

ビーム種類	エネルギー [MeV]	周波数 [MHz]	高調度	利得	進行電力 [W]	反射電力 [W]
<sup>1</sup> H <sup>+</sup>	65	18.92	1	5.2	66	15
<sup>2</sup> H <sup>+</sup>	40	21.02	2	4.7	186	20
<sup>4</sup> He <sup>2+</sup>	50	16.77	2	3.9	52	5
<sup>14</sup> N <sup>3+</sup>	44	12.80	3	2.3	37	5

## 新しい機器の紹介(2)

### 放射線モニタ，管理区域入退システムについて

センター放射線管理研究部 宮田 孝元

#### 1. はじめに

本センターの放射線モニタ，管理区域入退システムは設置以来8年ほどが経過し、応答の遅さに加えて最近老朽化に伴うと思われる不具合がしばしば発生し、運用上障害となっていました。昨年度、新しく設けられた「研究基盤支援設備費」で放射線モニタ，管理区域入退システムの更新が認められました。年度末から新年度当初にかけてシステムの更新が行われ、現在新システムが稼動中です。本年度の再教育でも簡単に紹介しましたが、本ニュースでもその概要を紹介させていただきます。

#### 2. システムの概要

放射線モニタシステムブロック図，入退管理システムブロック図に示すような機器、構成と配置になっています。放射線モニタの検出器や信号処理部分は旧システムのものそのまま継承し、コンピュータとソフトウェア部分を更新しました。

今回の更新にあたっての主眼点は不具合の除去と懸案であった応答速度の改善ですが、データ収集と表示部分にも改良を加え、下記に述べるように機能と使い勝手の面での改善が図られました。また、入退システムでは従来用いていた ID カードをやめ、顔写真入りのバーコードカードに変更しました。線源貯蔵庫の入退管理には指紋による照合方式を用いています。

##### (1) 放射線モニタ

- 1) 各端末でもガスモニタのアラームと警報表示がされるようになり早急な対応が可能になった。
- 2) 全モニタ 23 種 ( $\mu\text{Sv/h}$  単位表示 16,  $\text{Bq/cm}^3$  単位表示 7) が単位毎にまとめられ一括表示出来るようになった (リアルタイムトレンドグラフ (瞬時値, プロット) 図を参照)。
- 3) タイムラグが短縮された。
- 4) 集計データが当日の 1 時間前までの結果を表示出来る。

##### (2) 退管理システム

- 1) 入退管理システムの ID カードが顔写真付きバーコード ID カードになったことによって不正な使用が出来なくなった。
- 2) 退域に要する時間が短くなった。
- 3) 入退域の状況が各ゲート端末でもリアルタイムに表示されるようになった。
- 4) 貯蔵室の出入が指紋照合になった。

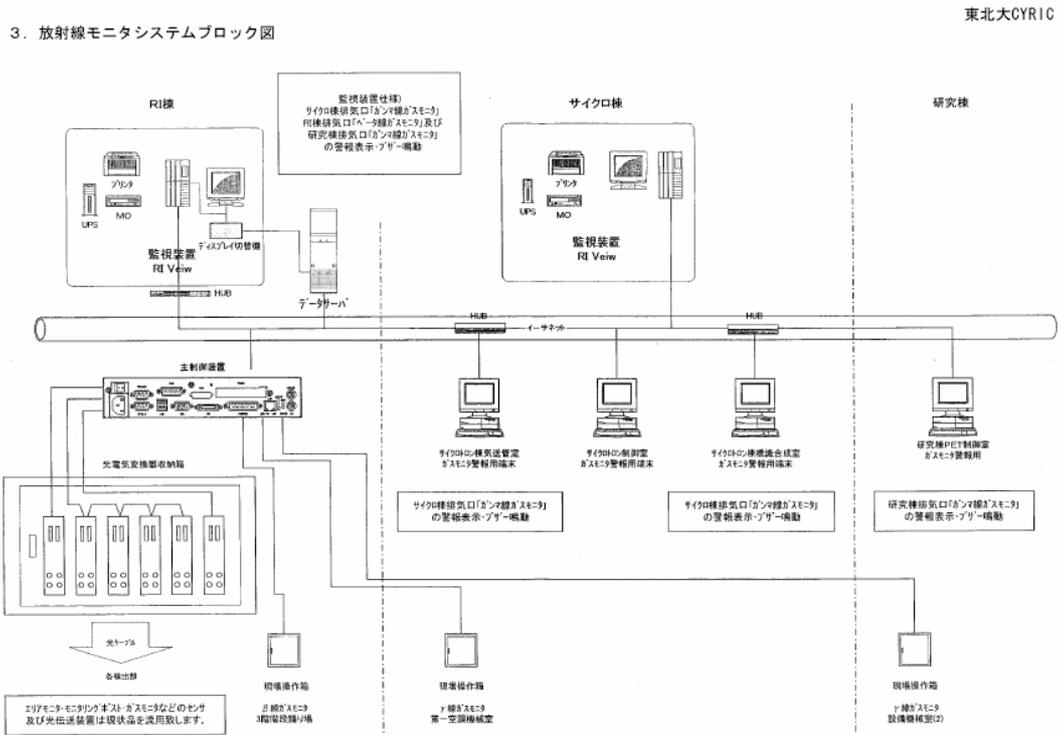
などいくつかの改善が図られました。

### 3. 現状と課題

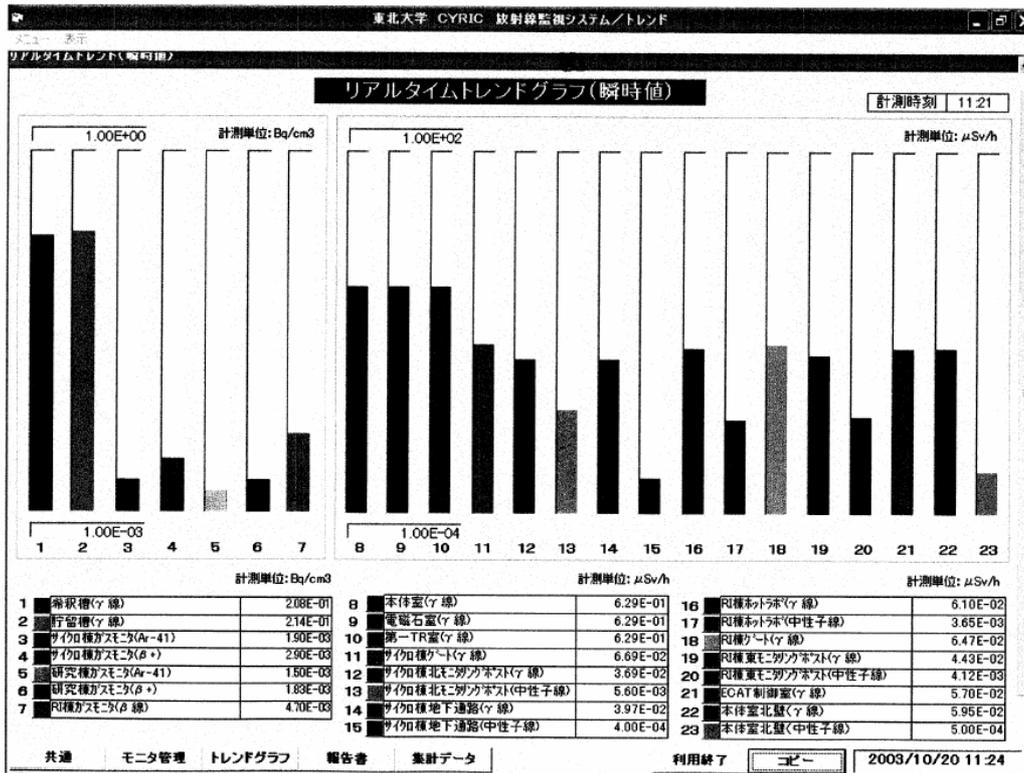
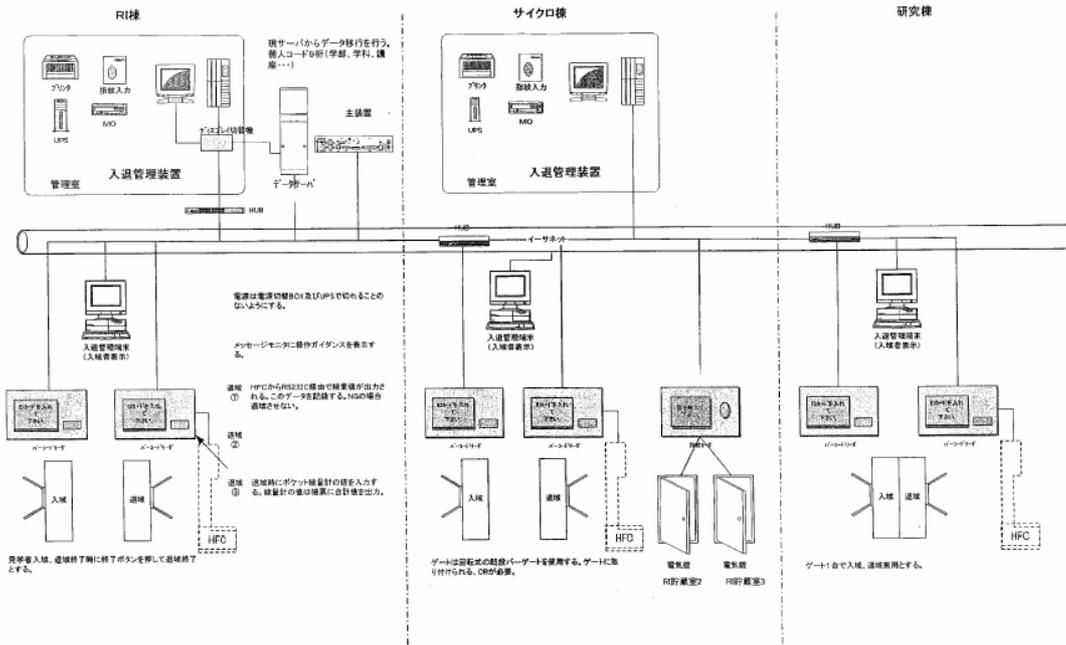
更新以来ほぼ半年を経過しました。応答速度の大幅な改善によって入退もスムーズに進行し、大きなトラブルもなく経過しています。この間、データ収集、表示などについてもさらに改良を加えてきました。

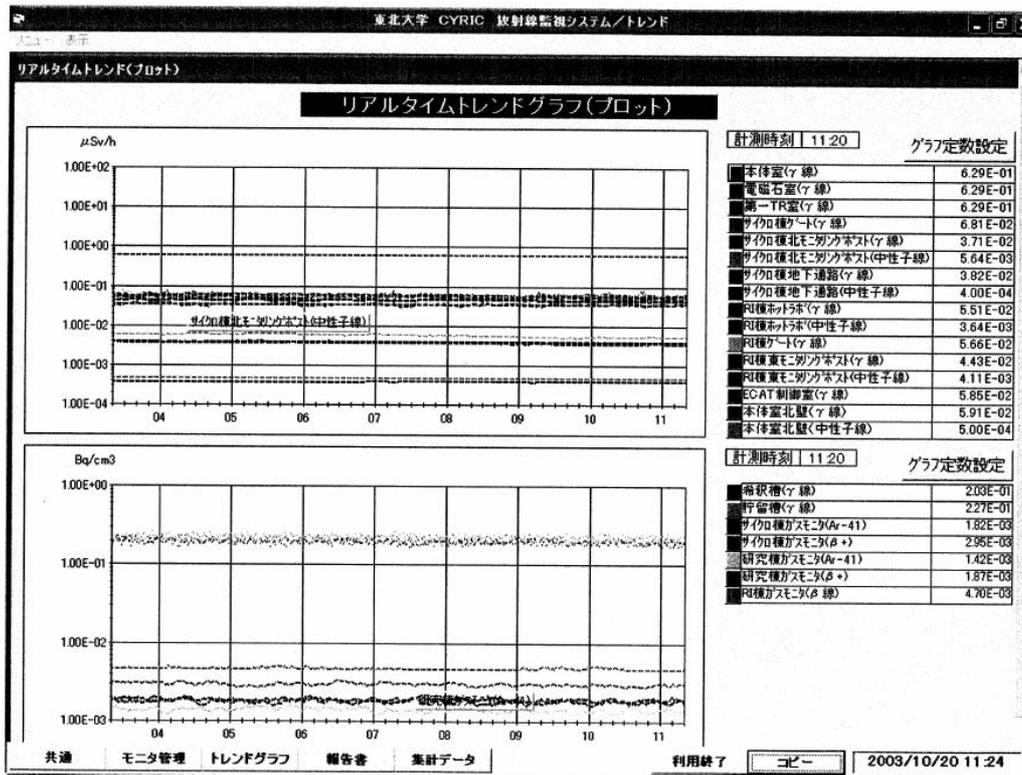
以上ですが、これによって本センターの放射線安全管理がより一層充実し、教育、研究、共同利用に寄与できるものと思います。

この更新に際して、(株)大和電設と(株)富士電機製造の方々にご協力をいただきましたことに感謝します。



3. 入退管理システム ブロック図





共同利用の状況

RI 棟部局別共同利用申込件数

(平成 15 年 4 月 1 日～9 月 30 日)

CYRIC	医学部 (病院)	歯学部	農学部	薬学部	生命科学	加齢研	その他	合計
4	3	1	1	3	4	4	1	21

サイクロトロン部局別共同利用実験課題申込件数

(平成 15 年 4 月 1 日～9 月 30 日)

CYRIC	医学部 (病院)	理学部	工学部	農学部	加齢研	その他	合計
26	39	6	12	1	9	2	95

## センターからのお知らせ

### [第 26 回国立大学アイソトープ総合センター長会議]

上記センター長会議が去る 6 月 4 日, 5 日の両日神戸大学において開かれ、東北大学は CYRIC から石井センター長, 馬場, 松谷の 3 名が出席しました。文部科学省からは研究振興局学術機関課の小山課長補佐と庶務・学術資料系の吉井係員が出席し、様々な情報が提供されました。

従来通り各センターの状況と将来展望について報告と討論が行われましたが、国立大学の法人化を来春に控えた今年は、法人化に向けての各大学の対応の検討と文部科学省の考え方や方針についての質疑がかなりの部分を占めました。文部科学省としては RI センターのような基盤的な施設に対してはサポートを続けるべきと考えており、予算的面でも目に見える形で大学に対する配分を行いたいとの意向が表明されましたが、未確定の部分も多く、今後に待つ部分が多いとの印象でした。

国立大学としてのセンター長会議は今年が最後になるため、今後どうするかについての検討にも大分時間が割かれました。今後はセンター長会議に対して文部科学省への要望伝達の機会としての役割は期待できなくなるが情報交換の上では重要であり、規模を縮小しつつ継続することとし、来年度は東京大学を会場に開催することを決めました。

### [放射線と RI の安全取扱いに関する全学講習会]

・第 55 回基礎コース：平成 15 年 11 月 10 日(月)～12 日(水), 17 日(月)～19 日(水)

講義：CYRIC 講義室

11 月 10 日(月)、11 日(火)の内いずれか 1 日。12 日(水)は英語コース

実習：CYRIC RI 棟 11 月 17(月), 18 日(火), 19 日(水)の内いずれか 1 日

場所：サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター 講義室

日	時	講 義 内 容	講	師
11 月 10 日(月), 11 日(火)				
	9:00～10:30	放射線の安全取扱(1) 「物理計測」	CYRIC	馬場 護
	10:40～11:40	放射線の安全取扱(2) 「RI の化学」	理学部	関根 勉
	12:40～13:40	人体に対する放射線の影響	医学部	山本 政彦
	13:50～15:20	放射線取扱に関する法令	CYRIC	馬場 護
	15:30～17:00	放射線の安全取扱(3)	CYRIC	中村 尚司
	17:00～17:20	小テスト		
11 月 12 日(水) 英語コース				
	9:00～10:30	放射線の安全取扱(1)	CYRIC	馬場 護

	「物理計測」			
10:40～11:40	人体に対する放射線の影響	CYRIC	伊藤	正敏
12:40～13:40	放射線の安全取扱(2)	理学部	関根	勉
	「RIの化学」			
13:50～15:20	放射線取扱に関する法令	CYRIC	中村	尚司
15:30～17:00	放射線の安全取扱(3)	CYRIC	中村	尚司
17:00～17:20	小テスト			

第18回SOR(放射光)コース：基礎コースの講義のみ

- ・第41回X線コース：平成15年11月13日(木)，14日(金)（英語コース）

場所：サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター 講義室

日	時	講義内容	講	師
11月13日(木)				
9:00～10:30		X線装置の安全取扱い	医学部	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
11月14日(金) 英語コース				
13:30～15:00		X線装置の安全取扱い	工学部	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

**【運営委員会報告】**

第171回（平成15年6月9日開催）

- ・神戸大学で6月4,5日センター長会議が開催された。法人化後のRIセンターとしての対応を検討
- ・第一専門委員会，第三専門委員会の委員および委員長の改選を承認
- ・第三専門委員会に「粒子線治療に関するワーキンググループ」の発足を了承
- ・センター中期目標・中期計画の一部修正を了承
- ・核薬学研究部に文部科学技官（教務職員）として石川洋一氏の採用（7月1日付）を承認

第172回（平成15年9月9日開催）

- ・第96回サイクロトロン共同利用課題を採択
- ・平成14年度決算案を承認
- ・平成15年度予算案を採択
- ・センター中期目標・中期計画の一部補正を了承
- ・受託研究員（サイクロトロン核医学研究部）一名の受け入れを承認
- ・学術振興会外国人研究者（核薬学研究部）一名の受け入れを承認

## [講演会報告]

日 時 : 平成 15 年 6 月 3 日 (火) 14 時～  
場 所 : サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター会議室  
講 師 : 森永晴彦氏 (ミュンヘン工科大学名誉教授)  
演 題 :  $^{42}\text{Ar}$ - $^{42}\text{K}$  ジェネレーター の製造について

日 時 : 平成 15 年 11 月 13 日 (木) 14 時 30 分～  
場 所 : サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター講義室(研究棟 2 階)  
講 師 : 丸橋 晃氏 (京都大学原子炉実験所教授)  
演 題 : 新世紀のがん治療 陽子線治療の現状と課題  
1) 陽子線治療の原理と特長  
2) 治療の実際: 必要な装置と人的資源  
3) 今後の展望: 治療の方向と物理学的・生物学的課題

## [平成 15 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。当センターも平成 15 年度みやぎ県民大学の開放講座の一端として、8 月 2 日(土)と 8 月 4 日(月)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。

8 月 2 日土曜日と 8 月 4 日月曜日の二日間にわたり「サイクロトロン、RI 製造装置、PET の見学、放射線測定機器の実習、を通して放射線が身近にあって極めて有効なものであることを体験する。」という目的のもと、平成 15 年度みやぎ県民大学を開講しました。今回は、以前に行われた見学ツアーのように自由に来訪できる見学形式とは異なり、予め受講希望者を募集する形で行われました。両日とも約 20 名、併せて約 40 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。

当日は午前 9 時 30 分から始まり、約 1 時間の講義の後、二班に分かれて 930 サイクロトロンの見学、HM12 サイクロトロンや PET 用薬剤合成装置、PET の見学、放射線測定実習等を昼食をはさみ午後 4 時まで行いました。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。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。センターとしても初めての試みでありましたが、非常に有意義な機

会であったと思います。今後、継続していきたいと考えています。

## 【第24回サイクロトロン共同利用実験研究発表会プログラム】

平成15年11月25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 阿部 勝憲

第1セッション 加速器・ビームライン (9:30~10:30)

座長 小林 俊雄 (理学研究科)

1-1 930サイクロトロンの現状

センター 藤田 正広

1-2 930サイクロトロンにおける負イオン加速の現状

センター 遠藤 卓哉

1-3 930サイクロトロン入射ビームバンチャーの設置

センター 鈴木 啓司

1-4 東北大学CYRIC全永久磁石型14GHz ECRイオン源の改良

センター 宮下 裕次

第2セッション 化学 (10:30~11:15)

座長 工藤 博司 (理学研究科)

2-1 サイクロトロン1コースを用いた核化学的研究

理学研究科 大槻 勤

2-2 環境試料中のTc-99のICP-MSによる分析法について

放射線医学総合研究所 田上 恵子

2-3 蒸発濃縮法による過レニウム酸イオンの硝酸及び

硝酸ナトリウム溶液から冷却系への付着と移行率などの評価

多元物質科学研究所 伊藤 勝雄

~~~~ 休憩 (11:15~11:25) ~~~~

第3セッション イオンビーム照射 (11:25~12:25)

座長 山崎 浩道 (工学研究科)

3-1 低放射化フェライト鋼の衝撃特性に及ぼすHeの影響

工学研究科 長谷川 晃

- 3-2 サイクロトロンでHe予注入後に原子炉照射したSiC/SiC複合材料の機械的特性  
工学研究科 三輪 周平
- 3-3 ATLAS実験用エレクトロニクスの耐放射線性試験  
高エネルギー加速器研究機構 新井 康夫
- 3-4 半導体メモリ照射試験装置の整備  
センター 平林 直哉

～～～ 昼 食 (12:25～13:15) ～～～

- 第4セッション 臨床医学：PET（脳Ⅰ）（13:15～14:30）  
座長 福土 審(医学系研究科)
- 4-1 アルツハイマー病患者における「痴呆の行動心理学的症候」の  
神経基盤に関する研究  
医学系研究科 田中 康裕
- 4-2 統合失調症患者における<sup>11</sup>C]ドキセピンPETによる  
脳内ヒスタミンH1受容体の測定  
医学系研究科 岩淵健太郎
- 4-3 自動車運転シミュレーション中の脳活動に抗ヒスタミン薬が与える影響  
医学系研究科 櫻田幽美子
- 4-4 難治性てんかん外科治療におけるFDG-PETの有用性と限界  
広南病院 社本 博
- 4-5 Parkinson病薬剤性不随意運動における小脳シグマ受容体の役割：PETによる検討  
国立療養所宮城病院 仁村 太郎

- 第5セッション 臨床医学：PET（代謝）（14:30～15:30）  
座長 永富 良一(医学系研究科)
- 5-1 骨シンチグラフィによる義歯床下骨組織の骨代謝回転に関する研究  
歯学研究科 横山 政宣
- 5-2 FDG-PETによる食道癌放射線化学療法早期効果判定の可能性について  
(集積症例における傾向)  
加齢医学研究所 吉岡 孝志
- 5-3 PETによる身体運動時の骨格筋及び脳活動の観察  
医学系研究科 石井 賢治
- 5-4 心電図同期FDG-PETを用いた慢性右室圧負荷患者の右室機能解析の有用性  
医学系研究科 及川美奈子

～～～ 休 憩 (15:30～15:45) ～～～

第6セッション PET・画像工学(15:45~17:00)

座長 石井 慶造(工学研究科)

6-1 Improvement of PET imaging by using single event information

工学研究科 マリオ・ロドリゲス

6-2 逐次近似法に基づいたPET画像における定量精度

工学研究科 大石 幸裕

6-3 高分解能PETの画像再構成法の開発

工学研究科 山口 喬

6-4 SET-2400W PET装置のトランスミッション撮影時間の検討

センター 四月朔日聖一

6-5 PETトランスミッションスキャン及びPET-CTにおけるCTスキャンの被曝線量測定

センター 山口慶一郎

利用者の会総会(17:00~17:30)

平成15年11月26日

第7セッション  $\gamma$ 線スペクトロスコープ(9:30~10:45)

座長 橋本 治(理学研究科)

7-1 CYRICにおけるインビーム $\gamma$ 線スペクトロスコープ

東京大学 福地 知則

7-2  $^{152}\text{Dy}$ の高スピンアイソマー準位の核 $g$ -因子の測定

センター 藤田 正広

7-3 高速ターゲット移動システムを用いた短寿命核の研究

センター 三宅 徹

7-4 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

センター 園田 哲

7-5 VMEを用いたクローバー型Ge検出器系による短寿命核測定システムの開発

センター 後藤 敦志

~~~~ 休憩 (10:45~10:55) ~~~~

第8セッション 測定器・中性子(10:55~12:10)

座長 前田 和茂(理学研究科)

8-1 データ収集系の最近の開発について

センター 岡村 弘之

8-2 アイソバリック・アナログ遷移の微視的Laneポテンシャル解析による

核内核子密度分布

- 8-3  $^{16}\text{O}(\text{p}, \text{n})^{16}\text{F}$ 反応の研究 センター 寺川 貴樹
- 8-4  $(\text{p}, \text{n})(\text{d}, \text{n})\text{TTY}$ の測定 センター 杉本 直也
- 8-5 フラグメント生成断面積の測定 センター 糸賀 俊朗
- 8-6 BNCT用熱外中性子場の設計とベンチマーク実験 センター 萩原 雅之
- センター 米内 俊祐

～～～ 昼 食 (12:10～13:00) ～～～

第9セッション P I X E (13:00～14:00)

座 長 佐藤 伊佐務(金属材料研究所)

- 9-1 重イオンPIXEによる化学状態の測定  
工学研究科 ツェンデヴァ・アマルタイヴァン
- 9-2 PIXE法を用いた大気汚染監視システムの開発  
工学研究科 松山 成男
- 9-3 硫化水素が溶存する産業廃棄物処分場のPIXE分析  
工学研究科 山崎 浩道
- 9-4 透明導電膜の放射線損傷  
東北工業大学 菅野信一郎

第10セッション 臨床医学：P E T (脳II) (14:00～15:00)

座 長 福田 寛(加齢医学研究所)

- 10-1 言葉の聞き取り－視覚と聴覚－PETを用いた脳内活動の観察  
医学系研究科 川瀬 哲明
- 10-2 Gambling Task (意志決定) に関するPET研究  
医学系研究科 鹿野 理子
- 10-3 Brain activity during retrieval of own action  
医学系研究科 鈴木 麻希
- 10-4 自動車運転に際しての脳活動の解析  
センター 鄭 明基

～～～ 休 憩 (15:00～15:10) ～～～

第11セッション 生物・薬学（15：10～16：40）

座長 岡村 信行(医学系研究科)

11-1  $\beta$ -アミロイドの凝集とメタルイオン

センター 井戸 達雄

11-2 神経ペプチドの $\beta$ -アミロイド凝集除去効果

センター ヴァルデス・G・タニア

11-3 血流脳関門における神経伝達物質代謝物の排出機構

薬学研究科 大槻 純男

11-4 Dynamic positron autoradiography法による $[^{11}\text{C}]$ donepezilの結合特性の評価

センター 船木 善仁

11-5 低酸素細胞イメージング剤  $[^{18}\text{F}]$ FRP- $^{17}\text{O}$ 合成装置の開発

センター 石川 洋一

11-6 新規放射性低酸素マーカー $[^{18}\text{F}]$ FRP- $^{17}\text{O}$ による脳虚血の  
画像化に関する基礎的検討

医学系研究科 袴塚 崇

ま と め （16：40～16：45）

課題採択専門委員長 馬 場 護 （センター）

[藤岡学名誉教授の逝去を悼んで]

センター加速器研究部 篠塚 勉

東北大学サイクロトロンラジオアイソトープセンター 名誉教授 藤岡學先生（加速器研究部）は、退官後病氣療養中でしたが、10月12日未明に脳溢血のため永眠なされました。ご家族のご意思により、10月13日仮通夜、10月14日密葬、がとりおこなわれた後、10月18日 仙台太白斎場 清月記にて、東北大学関係者、原子核物理学研究者仲間、教え子の見守る中、最後のお別れの本葬が行われました。

たくさんの方々からの弔電、弔辞をいただきました。特に長年、先生と共同研究をなされ、親交をともしたドイツ・ギーセン大学 Hermann Wollnik 教授のお悔やみの言葉を紹介し、先生のお人柄を忍ばせていただくと同時に、謹んでご冥福をお祈りいたしたいと思います。

Dear Prof. Shinozuka

I feel very sad about this, since I have had great respect for him. I have always seen him as an honest, hard working scientist with whom I liked to discuss scientific, cultural or other matters. We did not always agree initially but at the end we always came to a solution we both could agree on. Probably this was because we both were not content with a partial agreement so we carried those discussions to the end both determined to find a solution which we did in any case I can remember.

My memory of Fujioka is closely linked to my personal experience in Sendai and I remember vividly how well he sang classical German folk songs like "Am Brunnen vor dem Tore, da steht ein Lindenbaum...". There was also the time when he visited us in Giessen and when we together went to the place in Wetzlar where Goethe wrote "Werter's Leiden". Also I remember that on this day he had a very long telephone call to Sendai since he learned at that noon that his wife had an accident with her motor scooter.

Prof. Fujioka will be in my memory as someone who walked part of the way of my life side by side with me both looking into the future as far as we could.

I would appreciate if you could give my condolences to Fujioka's daughters.

With best regards      Hermann Wollnik

[邦訳]

篠塚さん

藤岡先生の訃報を聞き、先生を尊敬する友として悲しみに耐えません。先生との科学、文化、その他諸々の議論を通して、精力的かつ誠実な先生の姿勢に啓発を受けていました。最初は常に「不一致」から出発した議論が、最後には互いの努力で解を見つける事ができた時の喜び、いかなる場合でも、部分的な一致だけでは満足せず、全体での合意に達し、互いの信頼感が高揚した時の感慨が思い出されます。

先生との仙台での交流、先生が実に巧みにドイツの古き唄を歌ってくれました。「アンブローネン、フォル デン トーレ ダ シュテート アイン リンデンバウム…」とシューベルトの“Der Lindenbaum”（菩提樹）を歌う姿は今でも鮮やかに思い出されます。我が町、ギーセンにも訪問してくれました。若き日のゲーテが過ごし、あの『若きヴェルテルの悩み』を執筆させるきっかけを作ったウェッツラルの街を散策しました。あの日、先生が長い長い国際電話の後、奥様がモータバイクの事故に遭われたことを知り、心配そうだった先生の顔も！

私の人生の中で、共に歩き、そして、共に将来の夢を見た親友を失った悲しみは、耐え難いものがあります。

残されたお嬢様方に哀悼の意を伝えていただきたくお願いいたします。

ヘルマン ウオルニック ( Hermann Wollnik )

=====

## 研究交流

新しくセンターにこられた共同研究者を紹介します。

氏名 秋山 雅胤  
会社名 (財)無人宇宙実験システム研究開発機構  
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(その2)  
受入教官 馬場 護 教授  
研究期間 平成15年7月12日～平成16年3月19日

氏名 横堀 仁  
会社名 新型炉技術開発(株)  
役職 技術統括部部長  
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15年8月12日～平成16年3月31日

氏名 Targino Rodrigues Dos Santos  
出身地 ブラジル  
所属機関 (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15年10月1日～平成16年9月30日

氏名 MAHUNKA, Imre  
出身地 ハンガリー  
所属機関 ハンガリー科学アカデミー原子核研究所  
研究題目 医用核種製造核反応の励起函数の測定  
受入教官 井戸 達雄 教授  
研究期間 平成15年10月13日～平成15年11月1日

氏名 TARKANYI, Ferenc  
出身地 ハンガリー  
所属機関 ハンガリー科学アカデミー原子核研究所 サイクロトロン部門  
研究題目 核廃棄物の加速器を用いた核変換のための核データの測定と応用  
受入教官 馬場 護 教授

研究期間 平成15年10月13日～平成15年10月27日

氏名 DITROI, Ferenc

出身地 ハンガリー

所属機関 ハンガリー科学アカデミー原子核研究所 サイクロトロン部門

研究題目 核廃棄物の加速器を用いた核変換のための核データの測定と応用

受入教官 馬場 護 教授

研究期間 平成15年10月13日～平成15年10月27日

### **[留学生便り]**

#### Living in Japan

Tohoku University Graduate School of Medicine Sabina Khondkar

Living in Japan is undoubtedly very pleasant in terms of academic, social or natural life. As a foreign student at CYRIC, Tohoku University, it is a great opportunity for me to work with the latest Medical Imaging Devices like Positron Emission Tomography (PET). On the day of my arrival at my laboratory I was very gratified to see so much instrumentation and equipment, and to meet so many helpful new colleagues.

Although life is very anxious here in modern digitalized society however I feel secured while going home late after experiments. Sometimes it is difficult in case of official documentation, as we can't read Japanese characters. But it is no longer obscure because all are very supportive and helpful.

Japan holds a very precious place in my heart. I am staying here with my family, my son and husband. We like natural sight, particularly the valley of Bandai, Zao, Kesenuma. Bangladesh is a semi-tropical country. So we have no chance to see the natural beauty of fall and winter like here in Japan.

My first day experience in Japan is riding on shinkansen from Tokyo to Sendai. It was a wonderful short journey. Previously, I had been appointed as an Assistant Language Teacher (ALT) in Hirosaki city office. It was another good experience. Many students and teachers became friends during my job period. Still now we share our feelings often.

Overall life in Japan as a foreign student is very good. Although, language is a main problem but foreign students always can get some extra facilities in case of using English. Here are also many supporting organization working for foreign students. I will try to learn what I can while I am here. I expect it will not be too difficult, as there should be some commonalities between the traditions of Japan and those of my own traditional Bengal culture.

The Japanese society pays a much more loving role in their children's growth. I also like the uniformity of the children's education and the teamwork that is promoted during their schooling.

My life has always been wrapped around the wonderful people and the amazing culture of The Land of the Rising Sun.

[邦訳]

## 日 本 の 生 活

大学院医学系研究科 サビナ コンドカル

日本での学生生活、また日常生活は実際とても楽しいものです。東北大学 CYRIC に籍を置く留学生にとって、陽電子断層撮影装置(PET)のような最新の医用画像装置を利用した研究をするのに最高の機会です。私が研究室に着いた日には、とても多くの装置や設備を見て、また、多くの協力的な研究者の方々に会えてとても嬉しく感じました。

近代的なコンピュータ社会での暮らしには心配なこともたくさんありますが、それでも、実験が終わってから夜遅く家に帰るときは安心していられます。事務手続きの書類などでは、日本の漢字が読めないのときどき困ることもあります。でも、みんながとても協力的で頼りになるので今ではもう困ることもありません。

日本は私の心の中でとても大事な位置を占めています。私は自分の家族、息子と夫とともに日本に滞在しています。私達は自然の風景が好きです。特に、磐梯山の谷、蔵王、気仙沼など。というのは、バングラディッシュは亜熱帯の国です。そのため、ここ日本でのように秋や冬の自然美をみる機会はないのです。

私の日本での最初の日の経験は、東京から仙台への新幹線の旅でした。以前に私は、弘前市役所で Assistant Language Teacher (ALT) に任命されていました。これもまたよい経験となりました。仕事を続ける間に多くの学生や教師と友達になったのです。私達は今でも仲良くやりとりしています。

留学生としての日本での生活全般はとても快適です。言語が大きな障害となりますが、その反面、英語が必要なときには、留学生の方が有利です。また、留学生のための支援組織もたくさんあります。私はここにいる間に自分にできることを学んでいこうと思っています。これはそれほどには難しくはないはずです。というのは、日本の伝統とわたし自身のベンガル文化の間にはきっと共通点があると思うからです。日本の社会は子供達の成長により注意を払って熱心に取り組んでいます。学校教育によって推進される子供達の教育や社会制度を私は好ましく思っています。

私の生活はいつもすてきな人達、ここ、日の出ずる国での驚くような文化につつまれています。

## RI 管理メモ

### 1. 自主点検

平成15年度第1回目の自主点検を9月24日～29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。

### 2. 定期健康診断

平成15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日に全員、検診は10月6日に22名が受診しました。

### 3. 変更承認申請のその後の状況

センターニュースNo. 33 2003.5 P. 34 で述べた、法令改正などに伴うセンターのサイクロトロン運転及びRI使用数量、理学研究科新棟建設に伴う事業所境界、研究棟の遮蔽強化等の変更申請は、10月下旬にやっと文部科学省放射線規制室で決済にまわりました。まもなく承認されるものと思われます。核燃料物質の使用変更承認申請も10月に行い、第1TR室でも核燃料物質が使用出来るように手続き中です。

### 4. 法人化に伴う放射線管理

放射線管理研究部技官が第1種作業環境測定士の資格を得ました。実際の空気中放射能濃度の測定をどのように行うかは、まだ学内放射線取扱主任者専門委員会で検討中で結論が出ていません。また、法人化後の放射線安全管理について検討するために、「大学等放射線施設協議会東北支部研修会」が10月28日センター講義室で開催され、東北地区の他に中国、中部、関東からの参加者も含め約40名の参加があり、特に作業環境測定への対応を中心に、情報交換と討議を行いました。

分野別相談窓口（ダイヤルイン）

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

|  |   |
|--|---|
| <p><b>シュラウド (Shroud)</b></p> <p>Shroud は死者を包む白い布や覆うものなどを意味しますが、原子力では沸騰水型軽水炉 (BWR) の炉心シュラウド (炉心槽) を指します。これは、炉心の燃料棒を取り囲むステンレス鋼製の円筒で、炉心内の上向きの冷却材流とその外側の環状部を下向きに流れる再循環流とを分離するとともに、炉心などの原子炉容器内の構造物や機器を支える役割を果たしています。そのサイズは直径 4~5 m、高さ 7~8m、厚さ 3~5 cm 程度になります。1990 年にスイスの発電所でひび割れが見つかった以来、欧米諸国や日本でも同様のひび割れが見つかっています。亀裂には長さがメートル単位のものもありますが、厚さ方向では 25-50%程度であり、貫通するには至っていません。シュラウドが破損すると炉心内の冷却材流量のバランスが崩れたり、燃料集合体の支持や制御棒の挿入が困難になる、などの障害があり得ます。ひび割れの多くは溶接線に沿って周方向に発生しており、原因はステンレス鋼の応力腐食割れ (SCC; Stress Corrosion Cracking) であることが判明し、その対策と補修や交換の方法が検討されています。</p>                 | <p><b>放射性エアロゾル</b></p> <p>エアロゾルとは固体または液体の微粒子である分散相が気体の分散媒体中に存在するコロイド系のことで、一般的には空気中に粒径が 10 ミクロン以下の粒子が漂っている状態です。特にエアロゾル粒子が放射性核種を含む場合、放射性エアロゾルと呼ばれます。天然に存在する放射性エアロゾルの代表例はラドンの娘核種が微粒子に吸着したもので、炭鉱などの空気中に比較的高濃度で存在します。また、地震などの地殻変動時には地中の放射性核種が地表の大気中に放出されて放射性エアロゾルとなり、大量に観測されるという報告もあります。一方、加速器施設では人工放射性核種を含むエアロゾルが観測されます。このような施設では運転に伴う物質の帯電などによりエアロゾルが発生しやすい環境になっており、そこに核反応で生成した放射性核種が吸着して放射性エアロゾルとなります。放射性エアロゾルは拡散しやすく、施設の汚染や作業員の内部被曝につながることから、その発生機構と拡散挙動が研究されています。</p> |
| <p><b>カムランド (KamLAND)</b></p> <p>東北大学大学院理学研究科附属ニュートリノ科学研究センターが進めている非加速器大型素粒子実験で、敦賀、柏崎などの原子力発電所から発生する反電子ニュートリノを、神岡の地下に設置した検出器でとらえるものです。反電子ニュートリノは、ウランの核分裂でできる放射線同位体がベータ崩壊する際に発生します。KamLAND 検出器は、小柴さんが作ったカミオカンデの空洞内に新たに千トンの巨大液体シンチレータを設置し、超低放射線環境にしたものです。この 1~2 年の測定の結果、検出された数は、正確にわかっている発生量から予測される検出数の 6 割しかなく、ニュートリノが「ニュートリノ振動」によって他の種類のニュートリノに変わったことがわかり、その減少量からニュートリノの質量が求められました。この結果は、最近のスーパーカミオカンデと SNO (カナダ) による太陽ニュートリノ欠損の観測結果とも一致しており、スーパーカミオカンデによるミューニュートリノの振動の発見とともに、素粒子物理学を塗り替える大発見です。さらにカムランドでは、地球内部の天然放射性物質全体からの反電子ニュートリノを検出して、地球内部の熱の起源を解明することも目指しています。</p> | <p><b>PET-CT</b></p> <p>ポジトロン CT の画像を作製する場合には身体の内部での放射線の吸収を補正して、身体の深いところに存在する病巣からの放射能分布を正確に測定する目的でトランスミッションというスキャンを行います。トランスミッションスキャンはポジトロン放出核種を用いて行うのが通例ですが、この補正に X-CT を用いるという考え方が出てきました。これを称して PET-CT と言います。X-CT で補正を行うと、X-CT による細かな解剖学的情報が得られ、PET 画像との重ね合わせも可能なため、臨床的な診断が行いやすくなります。反面、ポジトロンと吸収の異なる X 線を用いて吸収を推定しますので、その推定にはある仮定をもうけた特殊な方法が必要です。さらにトランスミッションに比較して、X-CT では 100 倍近く被曝量が増加しますので、適応には十分な注意が必要です。</p>  |

## 編 集 後 記

世紀末を過ぎてなお世間を驚かせる出来事が続いています。物理学の世界の最近一年の驚きの一つに、クォーク 5 つから成る粒子の発見があります。クォーク模型誕生後 40 年を経て、クォークの個数が 2 でも 3 でもない粒子が初めて見つかりました。今号は大学の法人化前最後の CYRIC ニュースとなりますが、国立大学にとっての新世紀は、産みの苦しみばかりでなく、実り多いものである事を願っています。

(H. O. 記)

## 広 報 委 員

|         |          |
|---------|----------|
| 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)  |
| 山 口 慶一郎 | (CYRIC)  |
| 船 木 善 仁 | (CYRIC)  |
| 寺 川 貴 樹 | (CYRIC)  |
| 藤 田 正 広 | (CYRIC)  |
| 三 宅 正 泰 | (CYRIC)  |
| 松 谷 昭 広 | (CYRIC)  |
| 遠 藤 みつ子 | (CYRIC)  |



CYRIC ニュース No. 34 2003 年 11 月 28 日発行

〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉  
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 (R I 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/>