

東北大学サイクロトン・ラジオアイソトープセンター



# CYRIC News

Cyclotron and Radioisotope Center, Tohoku University

No. 58 2016.9 東北大学サイクロトン・ラジオアイソトープセンター



## CYRIC ニュース No. 58 目 次

### ・ 巻頭言

「元素はどこまであるのか？」(新元素 113 番命名権獲得の朗報に接して)

東北大学元准教授・センター 研究教授 篠塚 勉 ……………4

### ・ 研究紹介

準単色中性ビームを用いた電子装置のソフトウェア障害対策に関する取組み

株式会社日立製作所 研究開発グループ 鳥羽忠信、新保健一、上菌巧 ……………8

### ・ トピックス

学術研究支援基盤形成「短半源基 RI の供給プラットフォーム」に関する解説

センター 測定器研究部・教授 酒見 泰寛

センター 放射線管理研究部・教授 渡部 浩司 ……………12

### ・ 研究交流

留学生の紹介

センター 放射線管理研究部・D1 MD.Shahidul Islam ……………14

センター 放射線管理研究部・D1 Mahabubur Rahman ……………15

### ・ センターからのお知らせ ……………17

- 運営専門委員会報告
- 平成 28 年度第 1 回『放射線の安全取扱いに関する全学講習会』
- 受賞のお知らせ
  - 第 32 回井上研究奨励賞
  - 2015 年度物理学専攻賞(修士)受賞
- センター防災訓練
- 第 5 回核医学画像解析研究会
- ELPH 研究会
- 第 4 回加速器ビームを使った原子核・素粒子実験実習スクールの報告
- CYRIC 研究報告会のプログラム
- 「わかりやすく図解する技術」ワークショップ
- 福島県磐城高校見学会
- 青森三本木中学校見学会

### ・ 着任のご挨拶

センター 測定器研究部・講師 原田 健一 ……………33

センター 加速器研究部・助教 松田 洋平 ……………33

センター 測定器研究部・助教 田中 香津生 ……………34

センター 事務室・事務係主任 深谷 元季 ……………34

### ・ 離任のご挨拶

センター 事務室・事務係主任 照井 慎也 ……………35

センター 放射線管理研究部・技術補佐員 菊池 眞一 ……………35

・ 共同利用の状況 .....	36
・ RI 管理メモ .....	42
・ 運営専門委員会・各部会名簿、人事異動、職員名簿 .....	44
・ 組織図・共同利用相談窓口 .....	49
・ 編集後記 .....	50



阿部笙子先生 作

## 巻 頭 言

「元素はどこまであるのか？」（新元素 113 番命名権獲得の朗報に接して）

東北大学元准教授 センター 研究教授  
篠塚 勉

2016 年はうれしいニュースで始まりました。113 番元素の命名権が日本（理化学研究所・超重元素研究グループ）に与えられることが正式に国際純正・応用化学連合（IUPAC、元素命名権を決定する）で決定されたからです。近代科学の象徴である元素周期律表の中の新しい元素名が、「日本」の研究者によって命名できることは素晴らしい出来事かと思います。現在、候補名として、ニホニウム（Nh）が提案されており、この秋には新たな元素名として決定され、世界中の小学校、中学校、高校の教室の壁に貼られた元素周期律表の中に、極東の地、日出る、漆の国を連想させる元素名が現れることとなります。

原子の中に、小さくてそしてとてつもなく堅いものがある、ということがわかってから早 1 世紀が経過しています。「拳」のように堅いところから、ナックル、即ち Nucleus（原子核）と命名されたこの物体は、自身の持つ電荷によって太陽のように原子の真ん中に座り、電子の運動を司り、原子の重さのほとんどを引き受け、原子の構造や性質すべてを決めている専制君主であるということもわかりました。そしてこの君主自身も電荷を持つ陽子と、電荷は持たないが同じ重さを持つ中性子が何個か集まってできているということも判明しました。

面白い点は、この原子核は、原子においては専制君主として振る舞っているのですが、自分自身では見事に民主主義を貫いている点です。原子核を構成している核子（陽子、中性子）はいかなる君主にも支配されず、同等な立場で互いに相互作用し、カップルを作り（重陽子）、家族を作り（ヘリウム原子核）、村を作り（炭素、酸素原子核等）、結果として非常に強固な共同体を築き上げています。人類が 3000 年以上の歴史を経てやっと築き上げてきた民主主義という制度をすでに自然はその中で実現していたということは非常に興味深いものです。この意味で、原子核の研究は、核子同士の相互作用（強い相互作用）を元に作り上げられた民主的一体場である社会（多体系）の起源、構造、崩壊、限界を探る上で、貴重な実験室を提供しているといえます。

このように、自然科学を学ぶ者には、二つの方向の夢があります。一つはすべての物質を切り刻んでその究極の素なものを見つける夢、もう一つは、それらが集まって、原子核、原子、分子、高分子、生物、星をも含んだ、いろいろな多体系を作っていく過程を探る夢です。例えば、本センターの名前は表紙でも確認できますが、25 文字という実に長い正式名称を持っており、常々お世話になっていた方々にその正式名称を正確に覚えてもらうのが大変でした。しかし、道具だてであるサイクロトロンとそれによって製造されたラジオアイソトープを色々な領域で利用し、後者の夢を実現する研究所であるということをご理解いただけているようです。

さて、われわれの興味は「果たしてこのような原子核は一体どのくらい存在し、その限界はどこにあるか？」という点です。ビックバンに始まる宇宙創成からどのようなラジオアイソトープが生まれ、消えていったか？ また、現在、存在する無数の星の中にどのような不安定な原子核が存在し、その燃焼の過程でどのような役割を果たしているか？ということ。残念ながら、その答はまだ得られておりません。いくつかの理論モデルからの予測では、約 6000 種以上のラジオアイソトープが存在できるとされています。ちなみに、ビックバン以来生き残り、現在でも自然に存在するもの、そしてこ

れまで人工的に製造され存在したことが確認されたものは、3000 種を越えるものが判明しています。即ち、われわれにとって 3000 種を越えるラジオアイソトープ（原子核）が未知の領域として残っているわけです。

核図表と呼ばれる、原子核の地図を示します。地図はさながら日本の本島を中心線で反転したような形になっており、真ん中の山脈に相当する部分が安定な原子核の存在する領域です。即ち、我々を含んだ自然界のすべてを構成する原子はこの領域の原子核から成り立っています。そこから外れた原子核はベータ線やアルファ線と呼ばれる放射線を放出して別な原子核に変わっていき、最終的には安定な原子核に落ち着きます。俗に、放射性同位元素と呼ばれる不安定な原子核の群れがこれにあたります。不安定ではありますが、原子核としての一体系は保たれていますので、原子核としては存在しているといえます。さらに、東西に広がって行くに従い（中性子、または陽子の片方だけが増えていく）、放射性同位元素としての寿命はだんだん短くなり、東、西側の両端、および北端でドリップラインと呼ばれる線の外側では原子核は存在できなくなります。国、星などが無限に大きな一体系を作れないと同様に、余りにもいびつな組み合わせを好まない自然のバランス感覚の現れとでもいえるでしょうか。

このような状況の中で、原子核物理学者はその存在限界の予測を立てています。特に、陽子の数はどこまで大きく取れるのか（重い元素の限界）？という問いかけは、元素生成のメカニズムをとおして、ビッグバンや星の生成、消滅という宇宙の謎を探る上でも重要な探究課題です。

第2次世界大戦後、原子力の平和利用の過程で、原子核の性質が詳細に研究され、その構造の概略がわかってきました。その概要は、原子核も原子と同じように、玉ねぎのように殻の構造を持ち、その殻の部分で固く安定になっていることが判明したのです。原子でいうヘリウム、ネオン、アルゴン、などのハロゲン元素の殻が原子核でも存在し、ヘリウム（原子番号 2）、酸素（8）、カルシウム（20）、ニッケル（28）、錫（50）、鉛（82）等のところで殻が形成され、固く安定になっていることがわかったのです。ある数のところで、原子、原子核が固くなる、この数字を物理学者は「魔法数」と呼んでいます。物理屋は「お堅い」というイメージですが、しゃれた名前を付ける軽妙さも持っています。

さて問題は、この玉ねぎの次の殻はどこにあるのか？という問いかけです。

1972 年、重要な予言がアメリカの核物理学者 W.Meldner によってなされました。

これまでの殻模型をベースに予測されたものです。それによると、「 $Z=114$  あたりの、より重い領域が、どうも堅そうである」という予言でした。もちろん、自然界で容易に見つけられる元素はウランが限界で、それよりも 22 個も陽子が多い元素があり、かつそれらは安定の可能性があるという予言ですので、この 114 番以上の元素探しは、物理学者間の発見競争を促したばかりでなく、国の威信をかけた競争にもなっていました。特に、米ソの冷戦時代には核技術の威信をかけた競争にもなっていたのです。

宇宙のどこかの超新星爆発の際に、114 番より上の元素が作られ、かつ宇宙の年齢に匹敵するほど安定であるとするれば、地球上のどこかに、密かに隠れているのでは？という想像も掻き立て、「ヒマラヤで超重元素を探したい！」という、不純な？動機で核物理専攻を選んだ山好きの学生さんも当時いたとか？という逸話も残っています。予測される魔法数（114 より大きい）の元素は超重元素(Super Heavy Element : SHE)の島と呼ばれ、その島に住む人魚あるいはプリンセスの SHE と称され、探索の目標とされました。

Meldner の予言の前にも、ウランより重い元素を作る試みは原子炉の中性子を用いて行われていました。モデルは、元素合成をおこなっている太陽であり、より大きな星での元素合成をまねることでした。具体的には、元素に中性子を吸収させ、原子核内の中性子が陽子に変るベータ崩壊によって元

素番号を一つ上げてやるというプロセスを連鎖させることです。自然界に存在するウランから持ち上げてやるわけで、道具立てとしては原子炉内の中性子を使う作戦です。先に、述べたように戦後の核技術の競争が米ソで行われたことから、この実験で見つかった人工的な元素は、ほとんど、米国、旧ソ連の施設名、都市名、研究者名にちなんで命名されています。

ただ、この方法での元素生成は、原子番号 100 番（フェルミウム）を超えるころから、極端に難しくなります。電荷が増えて電気の反発力が勝って、一体系が構成できず、瞬時のうちに核分裂を起こしてしまうのです（この現象を自発性核分裂と呼びます）。この核分裂の壁に出会うと、折角、中性子吸収、ベータ崩壊、原子番号が一つ上がる、中性子吸収・・・という連鎖反応がここで止まります。かつ核分裂を起こしてしまうので、折角作った重元素が瞬時のうちに半分に割れてしまいます。原子核として存在したとはいえません。

この壁を打開するのが、サイクロトロンに代表される加速器であり、ウランなどの重いターゲットにたくさんの陽子を持った重イオンをぶつけて融合させて、一挙に 100 番を超える元素を作ってやろうという試みです。この方法だと、一気に 100 番を超えることが可能であり、また、反応の組み合わせで、より多くの中性子をもった結合系も作成でき、自発性核分裂の起きない系も作れることが判明しました。SHE 探索が原子炉から加速器の開発競争に変わっていきます。

殻モデルによる SHE の島の予言もこの競争を過熱化させました。100 番以降の元素の発見はほとんどがこの重イオン融合反応によるものです。同時に、この競争には、米国、旧ソ連（現ロシア）を追走してきたドイツ、日本が参加してきます。特に、108 番以降の元素生成探索実験は、それまでの酸素やネオンなどの比較的軽い重イオンをぶつけて作ることは不可能であり、より重い元素のビームを使わなければならない状況になってきました。それまで先頭を走ってきた、米国、ロシア勢に抗して、ドイツ(重イオン科学研究所 GSI)、日本(理化学研究所)の重イオン加速器の開発の成功が目の見える状況になってきたのが、1980 年代です。仙台でもサイクロトロンの稼働後、サイクロトロン、オンライン質量分析器を武器に  $^{57}\text{Cu}$  や  $^{59}\text{Zn}$  などの新しい同位元素の発見を行っていました。同時に、超重核 (SHE) 探索のきっかけがつかめればと議論していたところでした。

理化学研究所は創立以来、仁科博士の指導の下、未知重元素の探索が研究所の大きな使命のひとつでした。80 年代に開発された重イオン線形加速器、重イオンリングサイクロトロンの完成は、まさに、元素番号 110 番領域の探索に向けて、世界最強の布陣を備えたものでした。

当時の理化学研究所の研究グループリーダーの一人であった野村亨博士はこの加速器を用いて、当時最先端の超重元素競争に参加すべく国内の研究者の結集を呼び掛けました。仙台勢も満を持して参加したわけです。計画の骨子は、当時、まだ未知であった 110 番元素の発見を目指すこと。そのために、新たに生成超重元素の分離器として GARIS とよぶガス充填型質量分離器を開発すること、でした。野村グループ（森田浩介博士、吉田敦博士）、仙台グループ（故藤岡学博士、篠塚勉（筆者））が主要メンバーとなってこの分離器の開発に取り組みました。

80 年代の初頭の世界の状況は、カルシウム ( $Z=20$ ) より重い重イオンを加速できる加速器では、ドイツの重イオン科学研究所の線形加速器が一步リードしていました。生成された超重元素をより分ける分離器も SHIP と呼ばれる、電場、磁場を組み合わせた分離器で 100 億個の粒子束から 1 個の融合超重元素をより分け、測定器に持ち込めるという最高性能のものでした。ドイツ勢はこの装置を用いて 108 番、109 番の元素をたちどころに発見し、当時の最先端に立っていました。次の目標は 110 番を目指すところでした。

日本が本格的に超重元素探しにチームを組んだのはこの段階でした。野村、篠塚はドイツが採用していた分析器 SHIP は、 $10^{-10}$  (100 億個の中から 1 個が分離できる) とすばらしい分離能力を持つが、

Z=110 番元素を目指すには、これでは難しいと見込んでいました。陽子数が 110 個にもなると原子核全体は強いプラス電荷の帯電状態になり、容易に核分裂して、一体形を保つ生成確率は極端に小さくなってしまいますからです。この困難を乗り越えるには、入射の粒子数を 1 兆個( $10^{12}$ )以上にしなさいといけません。加速器サイドの大電流化が要求されますが、ドイツ、日本ともに加速器サイドでは、この要求を満たせる段階まで開発が進んでいました。

課題は、この 1 兆個にも達する入射粒子の中から、1 個か 2 個の稀有融合核をいかに効率よく分離して検出器に持ち込むかにかかっていた。世界の超重核探索競争に新規に参加した野村隊は分離器として上記の GARIS を採用しました。分離能が 1 兆分の 1 を超える可能性を持つということがその理由です。競争する他研究所でも議論されてはいましたが、実際に採用したのは日本が初めてでした (2016 年段階では米、ロ、ドイツ、全ての研究所が基本的にはこの分離器方式を採用している)。

日本で始めて採用した GARIS の開発は、優秀な若手の努力の甲斐があって、実戦で使用可能なレベルに達しました。このときの若手のリーダーが今回 113 番元素の探索に成功した森田博士でした。理化学研究所における初めての重元素探索実験は当時の加速器運転では特例といえる、昼夜 1 ヶ月に及ぶ連続長期実験を行いました。しかし、1 兆個の入射粒子から 1 個の生成核をより分ける作業は簡単ではありませんでした。検出器には超重核ではないか？とおぼしき事象がたくさん現れていたのです。結果として、この段階での GARIS では、まだ、調整不足でドイツ SHIP の分離能には及ばない、と判断せざるを得ませんでした。超稀有事象の発見のキーは、偽事象のより分けにつきます。「らしき事象」の誘惑に駆られることは何度か遭遇しましたが、事象の正確度、精度を、あらゆる角度から、とことん突き詰める野村隊長の指揮が、印象強く残っています。研究者にも美学が必要なことを学びました。今回の 113 番命名権獲得のキーが「信頼性を持つ質の高い実験」であったということを伺いました。美学の DNA が受け継がれているなど、感慨深いものがあります。

ドイツは 109 番までの成功を基に、SHIP 方式で実験を開始しました。分離器の分離能力の低さは経験をつんだ測定器のほうでカバーしようという作戦でした。結果として、110 番競争では、新規参入の日本勢は勝利を収めることが出来ませんでした。ドイツの研究グループが 110 番事象を突き止めることに成功しました。この時、筆者がドイツ滞在中に一緒に働いていた若手研究者から、「事象確認」の喜びのメールを受け、それが眩しく思えた記憶が鮮明に残っています。108 番、109 番を確実に発見してきた、加速器、分離器、測定器の総合的な経験が、難しいと思われた SHIP での実験を可能にしたものと推測しています。

ドイツに先を越されましたが、加速器、分離器、測定器を全て備えて、且つ最先端の GARIS を手にした理研チームは、森田隊に姿を変えて、新しい出発を目指しました。加速器、分離器は世界最先端です。残るは各部分の最適化です。森田隊は、GARIS をより強度の高い線形加速器につなげ、かつ、GARIS 自身の分離能を 100 倍に高める改良を施しました。111 番以降の実験では、より高い分離能の分析器が求められるからです。結果として、偽事象が紛れ込む余地はなくなり、野村隊で悩んだ「らしき偽事象」の誘惑からは開放されたと、森田博士から伺いました。現状では、世界でトップクラスの超重元素製造実験施設になったと言っても過言ではありません。当然、この改良施設で、野村隊で敗北を喫した 110 番元素の確認も出来ております。理研のデータは後追いではありますが、ドイツの 110 番発見の裏づけとなったと、ドイツ勢から感謝されているとのこと。

今回、観測された 113 番元素の事象は、約 20 年におよぶ、加速器、分離器、測定器の開発チーム各人の努力の賜物であったとおもいます。特に加速器チームの矢野安重博士の全体にわたるサポートは成功への道筋を作っていただいたと感謝しております。日本が超重原子核探索チームのひとつとして世界で認められたことに、改めて敬意を表したいと思えます。

さて、「本当に安定な超重元素：SHE」は存在するのか？まだ見ぬ「マーメイド」は本当に居るのか？ という問いかけです。

原子炉、重イオン加速器と生成手段の変遷を経てきましたが、114 番あたりから先は新たな手段を求めているようです。即ち、安定な原子核同士をぶつけていては、そこに行き着けないことがはっきりしてきました。

人工的に作った原子核を、ターゲットにし、かつ、入射粒子としても不安定な原子核を使わなければ、「SHE の住むだろウ島」にはたどり着けないことがはっきりしてきました。

自然界には存在しないものを生成して、且つそれらを種にしてより重いものに近づかなければという課題です。通常感覚では、絶望的なまでの難易度を目の前にし、ここで断念か？と思うところですが、科学者は実に欲張りのようです。すでに、一国の研究体制では無理、という判断から、米国、ロシア、ドイツ、日本勢が協力して、不安定核標的、不安定核入射粒子の国際共同実験が開始されています。この策が、我々に、「マーメイド」に出会える夢を与えてくれるのか？期待したいところです。もし、「存在」していれば、若き日に抱いた夢、「ヒマラヤ超重元素探索隊」でも結成しようかと！



核図表略図 センター 測定器研究部 川村 広和

## 研究紹介

準単色中性子ビームを用いた電子装置のソフトウェア障害対策に関する取組み

株式会社 日立製作所 研究開発グループ  
鳥羽 忠信、新保健一、上菌巧

### 1. はじめに

半導体デバイスの信頼性に関わる問題の一つに放射線起因のソフトウェア問題があります。古くは

パッケージの不純物起因で発生する $\alpha$ 線が DRAM のソフトエラーとして問題となりました。そのため  $^{232}\text{Th}$  をはじめ、 $\alpha$  線を放出する不純物をパッケージ材料から低減するなど、様々な対策を施して 1990 年代初めには鎮静化しました。ところが、その後半導体デバイスの微細化が進みプロセスノードが 100nm 以下になると、主に SRAM でデータが反転する現象が起きるようになりました。これは銀河系中心核から飛来する高エネルギー宇宙線（陽子など）が、大気中の窒素、酸素の原子核と核反応を起こして発生する中性子線が原因であることがわかり、エラー訂正符号の活用などの対策が取られています。しかし、論理 LSI や FPGA(Field Programmable Gate Array)へも影響が広がり、半導体デバイスを多用する電子装置への影響は複雑化の一途を辿っています。

## 2. 中性子線による電子装置の障害メカニズム

電子装置の障害は、図 1 のように分類できます。電子装置に中性子が入射すると、半導体デバイス内でノイズや欠陥などのフォールトが発生することがあります。フォールトの一部が半導体デバイスの DRAM、SRAM やフリップフロップなどのメモリ要素に捕捉され、データが反転するとそのメモリ要素のエラーとなります。エラーの多くは電子装置の最終出力まで伝搬する過程で消失しますが、最終処理データに異常が発生すると障害となります。エラーの段階では、様々な手法により予防・修復できますが、障害の段階まで至ると物理的、経済的な損失なしには修復は困難となります。特に、安全が優先されるプラント制御や自動車などのリアルタイム処理が必要な機器では、フォールトやエラーの段階で兆候を確実にとらえ、障害を未然に防ぐか、損失を最小限に留める施策が必要です。

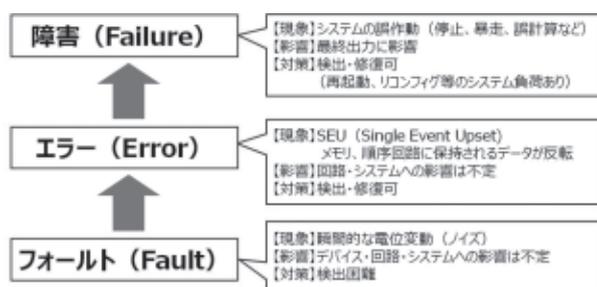


図 1 電子装置の障害分類

中性子線ソフトエラーは、図 2 に示すように二次宇宙線（中性子や陽子）がデバイス材料と核反応を起こして発生する様々な荷電粒子や、もともと地上に飛来する電荷をもった荷電粒子（電子、陽子、He 原子核など）が半導体デバイスの鋭敏な部分を通り、電子・正孔対を発生させる現象（直接電離）に起因します。発生した電荷はノイズ（フォールト）の要因となりますが、基本的にトランジスタ構造を納めるウェル<sup>1</sup>か、または基板内でのみ発生します。特に CMOS<sup>2</sup>のウェルで発生する場合は、ほとんどが単一ウェル内での発生と考えられています。電荷収集モードの場合は発生した電荷が、記憶ノードを形成する拡散層を通ります。そして拡散層のまわりに形成される空乏層およびその近傍に発生した電荷をファネリング<sup>3</sup>と呼ばれるメカニズムにより一定量以上収集すると、保持している“1”または“0”のデータが反転してエラーとなります。

<sup>1</sup> ソース、ドレイン、ゲートなどを作りこむ領域をウェルと称し、p-MOSFET 構造と n-MOSFET 構造と呼ばれるものがある。図 2 の例はトリプルウェル構造の n-MOSFET で、p-ウェルの周囲を n 極性の半導体で取り囲む構造になる。p 極性と n 極性の半導体が接する部分を pn 接合と呼ぶ。

<sup>2</sup> Complementary Metal-Oxide Semiconductor

<sup>3</sup> 空乏層（pn 接合）内で発生した電子・正孔対がトランジスタのオフ状態時に空乏層内の強い電界で、電子が拡散層へ流れ、正孔は空乏層外へ押し出される結果、もともとの空乏層の電界が外へ広がり当初空乏層外にあった電子も拡散層へ収集する現象。

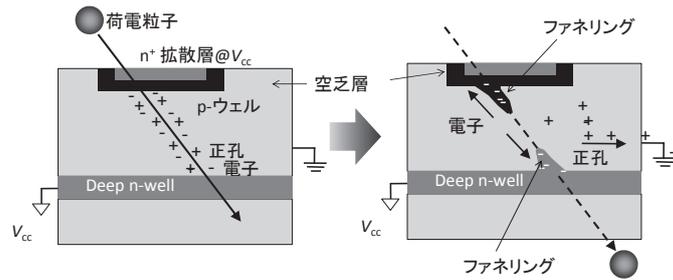


図2 中性子ソフトエラー発生メカニズム

### 3. 準単色中性子線照射による電子装置の評価

電子装置にはプロセッサ、SRAM、FPGA など様々な半導体デバイスがボード上に実装されていますが、最終的に装置の障害対策に最も効果がある部位を数値シミュレーションなどで求める手法は現存しません。そこで、CYRIC の高エネルギー加速器を用いた中性子源を利用して中性子線を装置に照射し、システムダウンに至る装置障害要因となる半導体デバイスの特定、その対策効果の確認などを行っています。

近年、電子装置に対する顧客の要求は低消費電力化、高速化、高信頼化を軸に極めて多様化しており、こうした様々な要求に柔軟に対応できる FPGA が多くの産業分野で使用されるようになってきています。しかし、FPGA の論理情報を格納するコンフィグレーションメモリ (CRAM: Configuration RAM) には中性子線に比較的脆弱な SRAM が用いられています。ここで発生したソフトエラーは装置の動作を変えてしまうため対策が不可欠であることがわかってきました。そこで、私たちは CRAM を定期的に巡回してエラーが発生しているかを監視、訂正する手法や回路ブロックを冗長化し多数決論理を用いてエラー検出、訂正を行うなど、様々な手法を開発し、それを電子装置に組み込み対策しています。この対策が電子装置全体の動作の中で問題なく動作し障害を検出できるかを通常動作環境の中で再現することは困難です。そこで実動作に近い状態で電子装置を稼働させながら高エネルギー中性子線を照射することで評価します。

図3にFPGAの照射実験の様子を、図4にネットワークに使用されるルータに中性子線を照射して試験を実施した様子を示します。どちらも、CYRICの32コースで中性子照射評価を実施しました。図3は、開発したCRAMのソフトエラー監視、訂正回路をXilinx®社Kintex®7-325Tに搭載して中性子線を照射し、実際にソフトエラーを発生させ評価しました。FPGAのユーザー論理回路のエラー情報およびCRAMのソフトエラー検出情報は、別の中性子耐性を持つエラーモニタ基板を介して照射室外の制御用PCで収集します。

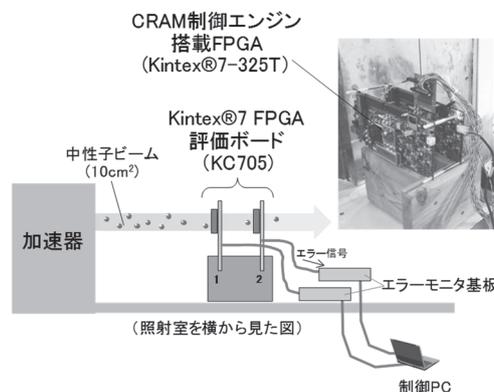


図3 照射実験用評価基板による測定の様子

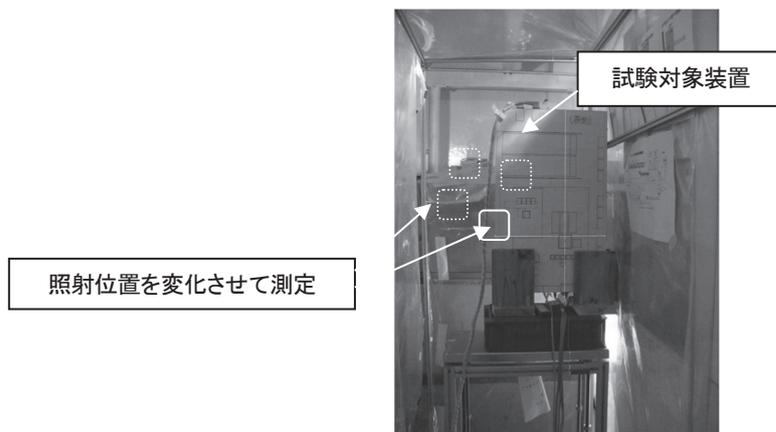


図 4 電子装置に直接中性子を照射した試験の様子

図 5 に中性子照射実験結果の例を示します。CRAM 内のソフトウェアを Kintex®7-325T におけるエラーフレームの位置と頻度を整理した結果です。アクセス可能なフレームに関しては全てのフレームでエラーが検出できていることが確認できました。また、計 2700 回のエラーイベントが検出されましたが、訂正不可となる事象は一度も観測されず FPGA のソフトウェア訂正機能によって、複数ビットエラーを含めたソフトウェアを全て訂正できることが確認できました。また、本機能を搭載したルータに中性子線を照射した結果、ソフトウェアによる装置障害が発生せず、所定時間、動作を継続できることを確認しました。

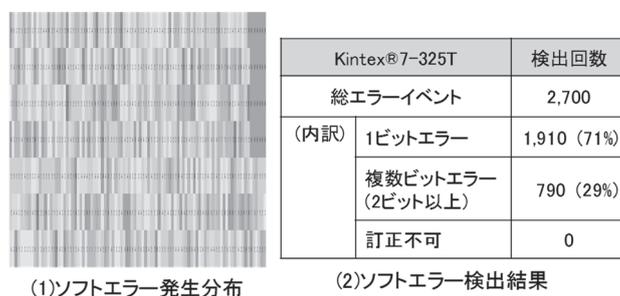


図 5 ソフトエラーリカバリ結果

これは、対策の一例に過ぎませんが、電子装置においてソフトウェア起因の障害対策には脆弱部位の特定と障害メカニズムの見極めが重要であり、中性子線を照射する評価は、最も有効な解決策のひとつとなっています。

#### 4. おわりに

半導体デバイスの微細化は今後もさらに進み、中性子線障害への対応はますます重要となると考えられています。また、IoT (Internet of Things) が浸透し、社会インフラを支える機器の電子化も進むことから、機器障害が安全を脅かすリスクが増えると考えられています。そのため、電子装置の障害に関連して、IEC61508 や車載機器に向けた ISO26262 などの機能安全に関する国際規格が発行され、信頼性・安全性が性能、消費電力と並んで電子装置が満たすべき基本仕様としてますます重要になっています。

なお、本研究は CYRIC の酒見泰寛氏、伊藤正俊氏にご指導・ご支援を頂き進めており、照射実験では CYRIC マシングループの皆様のご尽力により良質なビームを供給して頂き、高い精度の実験を実施できております。また、2015 年、本稿で紹介した内容を含む研究成果に対し、材料科学技術振興財団より山崎貞一賞を頂きました。CYRIC の皆様には心より感謝申し上げます。

## トピックス

### 学術研究支援基盤形成「短半源基 RI の供給プラットフォーム」に関する解説

センター 測定器研究部・教授 酒見 泰寛  
センター 放射線管理研究部・教授 渡部 浩司

文部科学省科学研究費助成事業「新学術領域研究（研究領域提案型）」に応募した学術研究支援基盤形成事業「短寿命 RI 供給プラットフォーム」（領域代表:中野貴志(大阪大学核物理研究センター))が平成 28 年度 3 年間の事業として採択されました。このプラットフォームでは、大阪大学・核物理研究センター(RCNP)、理研・仁科加速器研究センター、東北大学・電子光物理学研究センターそして当センターが連携して(図 1)、基礎開発・研究用放射性同位体（研究用 RI）の年間を通じた安定な供給とその安全な取り扱いのための技術的な支援を行うことを目的としています。原子核はすべての物質の構成要素であり、RI を利用する研究分野は、物理、化学、生物学の基礎から、工学、農学、薬学、医学分野の応用まで極めて広く、今後、ますますその需要が増していくと予想されます。しかし、これまで、半減期が短い RI、短寿命 RI は、アイソトープ協会からの購入や海外から輸入ができませんでした。本プラットフォームでは、国内の加速器施設の連合体による速やかで安定な RI 供給を目指します。図 2 に組織図を示します。利用者は、窓口である阪大 RCNP に利用申請します。窓口を一元化することにより、利用の利便性を高めています。一方、各加速器施設での運転計画を調整することにより、研究に必要な RI が年間を通じて供給できる環境を整えています。

本プラットフォームは全ての研究分野の研究者に使っていただけます。年 2 回課題募集を行い、集まった課題は全国の関連する分野の研究者の方々で構成される課題採択委員会にて審査されます。また、本事業において人材育成のための講習会も予定しています。

詳細は本プラットフォームのホームページ <https://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/~ripf/index.html> をご覧ください。



図 1. 本プラットフォームに参画している国内の4つの加速器施設



図 2. 短寿命 RI 供給プラットフォーム組織図

## 留学生の紹介

センター 放射線管理研究部・D1  
MD.Shahidil Islam

My name is Md. Shahidul Islam. I am Bangladeshi citizen. I have completed my Bachelor of Science Degree from National University of Bangladesh in 2005. After that in 2008 I have completed my Master of Science from Jagannath University of Bangladesh on Nuclear Physics. After completing my master degree, I have been appointed in Nuclear safety and Radiation Control Division of Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC) on February, 2009 as Scientific Officer. This division was the central regulatory body for implementing the national policy and strategy in radiation related fields in my country. In 2013 the Nuclear Safety and Radiation Control Division has become an independent Regulatory Authority named as "Bangladesh Atomic Energy Regulatory Authority" by a parliamentary Act. Now I am working in Radiation Control Division of this authority as attachment of the employee of BAEC. Bangladesh Atomic Energy Commission and Bangladesh Atomic Energy Regulatory Authority are both of the research organization in Bangladesh. I have been responsible to strengthen radiation protection infrastructure in the country. There are five thousand medical radiation facilities including nuclear medicine facilities in the country where ionizing radiation are being used for diagnosis and treatment purposes. The main responsibility of this authority is to protect occupational workers, general public and the environment from the harmful effect of radiation through radiation monitoring. There are only two PET facilities and one Cyclotron facility in my country. PET technology is almost new and growing field in the country. PET techniques is expanding in my country day by day. Hence, I made a decision to get any exposure on PET technique during my PhD study. In 2015 I received Japanese government MEXT scholarship to pursue my PhD study on my expected topic and at the same time I got official permission from the government of Bangladesh to continue my study. Now I am doing my research in Radiation Protection and Safety Control Division of Cyclotron and Radioisotope Center (CYRIC) of Tohoku University, Sendai, Japan. I have become a member of CYRIC family. I am grateful to all CYRIC family members for accepting me as a new family member and providing me such kind of support. I have been able to make some Japanese and other foreign friends. I have gained enormous experience on Japanese culture and social life, Japanese food, Japanese language, Japanese education system, research and development, etc. Now I am very confident that I will be able to learn more during my PhD study. I am grateful to my supervisor Professor Hiroshi Watabe for giving me the opportunity to pursue my research in his lab and kind support regarding MEXT scholarship.



私はバングラデシュから来た Md. Shahidul Islam です。2005年に国立 Bangladesh 大学の理学部を卒業し、2008年に Jagannath 大学で核物理学の修士号を取得しました。2009年2月から、バングラデシュ原子力放射線規制局で科学官として働いています。2013年に私の所属が独立しバングラデ

シユ原子力規制当局という名称になりました。私はバングラデシユの放射線規制の確立のために仕事をしています。バングラデシユには医療用放射線施設が 5000 箇所あり、私はこれらの職場で働く放射線作業従事者や公共の安全の確立のために働いています。また、国内には、PET 施設は 2 施設、サイクロトロンは 1 施設しかなく、これから普及が予想されます。私は PET 技術の修得のために留学を考え、2015 年、文科省の奨学金に応募し、ここに来れることになりました。私は CYRIC の一員になれたことをたいへん喜んでいますが、ここで、多くの日本人や外国の友人ができました。さらにさまざまな経験を日本でできるでしょう。私はこのような機会を与えていただいた渡部教授に感謝いたします。

【訳：渡部 浩司】

センター 放射線管理研究部・D1  
Mahabubur Rahaman

This is Mahabubur Rahman. I have come from Bangladesh to pursue a PhD in the field of molecular imaging in CYRIC of Tohoku University. I have received a scholarship for the PhD program under Bangabandhu Fellowship on Science & ICT from Ministry of Science and Technology, Government of People's Republic of Bangladesh. I have arrived in Japan in October 2015 to start my PhD program. First of all, I was admitted as research student in the division of Radiation Protection and Safety Control (RPSC) of CYRIC under supervision of Professor Dr. Hiroshi Watabe. I spent six months as research student of RPSC and after successful completion of the entrance exam I have become a regular PhD student of Tohoku University from April 2016.



I have graduated (Bachelor of Science) in Physics and subsequently completed the Post-graduation (Master of Science) in the same subject from one of the reputed public universities of Bangladesh named Shah Jala University of Science & Technology (SUST), Sylhet in the year of 2000 and 2002 respectively. Soon after completing my M.Sc I started my carrier as a teacher in a private university named BRAC university in Bangladesh. After working as teacher of Physics for six months I have Joined as a researcher called Scientific Officer in Bangladesh Atomic Energy Commission (BAEC) dated on 09 August 2003. This organization, BAEC, is the largest research organization of Bangladesh and is a government owned organization. On the very first day as an employee of BAEC I was posted in one of the Nuclear Medicine Facilities under BAEC named Nuclear Medicine & Ultrasound Centre, Faridpur where I was working as Medical Physicist and Radiation Control Officer for six years. Meanwhile, in November 2006 I was sent to University Sciences Malaysia (USM) in Penang, Malaysia to pursue

a Post Graduate Diploma course named Post Graduate Educational Course in radiation protection and the safety of radiation sources. This program was funded by International Atomic Energy Agency (IAEA). In July 2007 I have achieved the Post-graduate diploma in radiation protection and the safety of radiation sources with distinction. In 2009 I have completed a professional training course titled as “Foundation on PET-CT” from the University of Sydney, Australia under Endeavour Executive Award. I have developed a Hospital Information System for nuclear medicine facilities of Bangladesh which is under operation in fourteen nuclear medicine facilities of BAEC throughout the country. I have been posted to work in Van de Graaff accelerator and the TRIGA Mark-II research reactor facility of BAEC in 2009 and 2010 respectively. Finally, I have been posted to work as a regulator in Bangladesh Atomic Energy Regulatory Authority in 2012. Currently I am doing research to build an integrated web-based flexible molecular imaging database. I am doing this research in the division of Radiation Protection and Safety Control (RPSC) of CYRIC under direct supervision of Professor Dr. Hiroshi Watabe as a part of my PhD programme.

私はバングラデシュから来ました Mahabubur Rahman といいます。分子イメージングの領域で博士号を取得したいと考えています。私はバングラデシュ政府派遣の留学生です。2015年10月よりCYRICの放射線管理研究部に半年間研究生として所属し、この4月から博士後期課程の学生としてここにいます。

私は Shah Jala 大学の理学部で2000年に学士、2002年に修士を取得しました。その後、BRAC大学で教員を務めましたが、2003年8月9日より、バングラデシュ原子力規制当局 (BAEC) に所属することになりました。BAECはバングラデシュ最大の政府研究機関です。私はBAECに所属しながら、核医学と超音波センターの核医学部門に6年間、医学物理士として仕事をしました。2006年にはマレーシアで放射線管理に関するコースを受講しました。このプログラムはIAEAがサポートしているプログラムです。また、2009年には、Endeavour Executive Award を獲得し、シドニー大学でPET-CTのトレーニングコースを受講しました。私はバングラデシュの核医学施設における情報システムを開発しています。また、2009年から2010年までヴァン・デ・グラフ加速器施設で仕事をしました。そして2012年よりバングラデシュ原子力規制当局で検査官として働いています。

ここでは渡部浩司教授のもと、分子イメージング研究のためのデータベースの開発を進めています。

【訳：渡部 浩司】

## センターからのお知らせ

### [運営専門委員会報告]

#### 平成 27 年度第 1 回（平成 27 年 8 月 6 日開催）

- 学内の事務組織が改変され、センター事務室は理学部・理学研究科の傘下になる
- 加速器研究部助教選考委員会、測定器研究部助教選考委員会、測定器研究部講師選考委員会（外国人教員等雇用促進経費）の設置を承認
- 平成 26 年度決算及び平成 27 年度予算配分（案）を承認
- センター教員の業績評価及び業績審査に関する要項及び内規（案）の提案

#### 平成 27 年度第 2 回（平成 27 年 12 月 22 日開催）

- 関口仁子委員（理）及び須田利美委員（電子光）が新委員となることを報告
- 課題採択部会酒見部会長より来年度から課題採択は年 2 回となることを報告
- 測定器研究部の講師として DAMMALAPATI UMAKANTH 氏を採用  
(平成 27 年度 11 月 10 日付)
- 次期センター長の選挙管理委員会設立及び選挙管理委員の選出を行った
- センター教員の業績評価及び業績審査等に関する要項及び内規が承認された
- センターオープンラボスペース利用内規が提案され承認された

#### 平成 27 年度第 3 回（平成 28 年 1 月 29 日開催）

- 次期センター長候補者の選挙会が行われ、谷内一彦教授が有効投票の 3 分の 2 以上を得票した
- 谷内教授に次期センター長就任の意思を確認後、同教授を学術基盤施設群運営委員会に推薦することとした
- 加速器研究部の助教として松田洋平氏を候補者とすることを承認
- 測定器研究部の助教として田中香津生氏を候補者とすることを承認
- 測定器研究部講師選考委員会の設置を承認

[平成 28 年度第 1 回『放射線の安全取扱いに関する全学講習会』]

平成 28 年 5 月 6 日(金)～11 日(水)、18 日(水)～6 月 1 日(水)

・講義コース：

理学研究科大講義棟 5 月 9 日(月)、10 日(火)、11 日(水) 3 日間の内 1 日受講

・講義コース英語クラス：

CYRIC 分子イメージング研究センター講義室 5 月 6 日(金)

・実習コース：

CYRIC RI 棟 平成 28 年 5 月 18 日(水)、20 日(金)、23 日(月)、24 日(火)、  
26 日(木)、27 日(金)、30 日(月)、31 日(火)、6 月 1 日(水)  
9 日間の内 1 日受講

講義コース内容：

時 間	講 義 内 容	講 師	
5 月 9 日(月)			
8:00～ 8:50	(受講受付)		
8:50～ 9:00	ガイダンス		
9:00～ 9:30	放射線の安全取扱い(1) 「放射線概論」	CYRIC	渡部 浩司
9:40～10:40	人体に対する放射線の影響	医学系研究科	鈴木 未来子
10:50～11:50	放射線の安全取扱い(2) 「物理計測」	CYRIC	酒見 泰寛
12:40～13:40	放射線の安全取扱い(3) 「RI の化学」	高度教養教育・学生支援機構	関根 勉
13:50～15:20	放射線取扱いに関する法令	CYRIC	渡部 浩司
15:30～17:00	放射線の安全取扱い(4)	CYRIC	船木 善仁
17:00～17:20	小テスト		
5 月 10 日(火)			
8:00～ 8:50	(受講受付)		
8:50～ 9:00	ガイダンス		
9:00～ 9:30	放射線の安全取扱い(1) 「放射線概論」	CYRIC	渡部 浩司
9:40～10:40	人体に対する放射線の影響	医学系研究科	鈴木 未来子
10:50～11:50	放射線の安全取扱い(2) 「物理計測」	CYRIC	酒見 泰寛
12:40～13:40	放射線の安全取扱い(3) 「RI の化学」	多元物質科学研究所	佐藤 修彰
13:50～15:20	放射線取扱いに関する法令	CYRIC	渡部 浩司
15:30～17:00	放射線の安全取扱い(4)	CYRIC	船木 善仁
17:00～17:20	小テスト		
5 月 11 日(水)			
8:00～ 8:50	(受講受付)		
8:50～ 9:00	ガイダンス		
9:00～ 9:30	放射線の安全取扱い(1) 「放射線概論」	CYRIC	渡部 浩司
9:40～10:40	人体に対する放射線の影響	CYRIC	平岡 宏太良

10:50～11:50	放射線の安全取扱(2) 「物理計測」	CYRIC	酒見 泰寛
12:40～13:40	放射線の安全取扱(3) 「RI の化学」	CYRIC	古本 祥三
13:50～15:20	放射線取扱に関する法令	CYRIC	渡部 浩司
15:30～17:00	放射線の安全取扱(4)	農学研究科	白川 仁
17:00～17:20	小テスト		

講義コース英語クラス内容：

時 間	講 義 内 容		講 師
5月6日(金)			
8:00～ 8:50	(受講受付)		
8:50～ 9:00	Guidance		
9:00～ 9:30	Introduction to safe handling of radiation	CYRIC	渡部 浩司
9:40～10:40	Effects of radiation to human	CYRIC	田代 学
10:50～11:50	Physics for safe handling of radiation	CYRIC	Umakanth Dammalapati
12:40～13:40	Chemistry for safe handling of radiation	金属材料研究所	山村 朝雄
13:50～15:20	Regulation law for radiation handling	CYRIC	渡部 浩司
15:30～17:00	Safe handling of radiation/isotopes	CYRIC	渡部 浩司
17:00～17:20	Examination		

[平成28年度第1回『エックス線の安全取扱いに関する全学講習会』]

・エックス線講習会：

理学研究科大講義棟 5月13日(金)、16日(月) 2日間の内1日受講

・エックス線講習会英語クラス：

CYRIC 分子イメージング研究センター講義室 5月13日(金)

エックス線講習会内容：

時 間	講 義 内 容		講 師
5月13日(金)			
8:00～ 8:50	(受講受付)		
8:50～ 9:00	ガイダンス		
9:00～10:30	エックス線装置の安全取扱い	工学研究科	寺川 貴樹
10:40～11:10	エックス線関係法令	工学研究科	松山 成男
11:20～12:00	安全取扱いに関するビデオ		

5月16日(月)

12:50～13:20	(受講受付)		
13:20～13:30	ガイダンス		
13:30～15:00	エックス線装置の安全取扱い	工学研究科	寺川 貴樹
15:10～15:40	エックス線関係法令	工学研究科	松山 成男
15:50～16:30	安全取扱いに関するビデオ		

エックス線講習会英語クラス内容：

時 間	講 義 内 容	講 師
5 月 13 日(金)		
12:50～13:20	(受講受付)	
13:20～13:30	Guidance	
13:30～15:00	Safe handling of X-ray machines	CYRIC 渡部 浩司
15:10～15:40	Regulation for X-ray machine handling	CYRIC 渡部 浩司
15:50～16:10	VTR for safe handling of radiation	

[受賞のお知らせ]

### 第 32 回井上研究奨励賞

センター 加速器研究部・教育研究支援者  
早水 友洋

このたび公益財団法人井上科学振興財団より第 32 回井上研究奨励賞を受賞しました。井上科学振興財団は、自然科学の基礎的研究の助成と優れた研究業績の顕彰を行い学術の進展に寄与することを目的として設立された財団で、井上研究奨励賞は自然科学の基礎的研究の進展に質するため優れた博士論文を提出した若手研究者に対し贈呈されるものです。このような名誉ある賞をいただきましたので、この機会に受賞理由となりました博士論文の研究内容につきまして簡単にご紹介させていただきます。

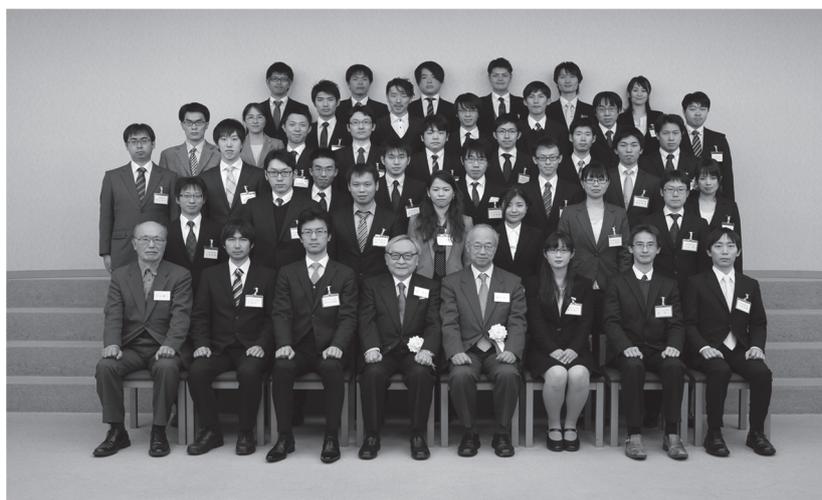
博士論文の表題は「冷却フランシウム原子による電子電気双極子能率探索へ向けた精密分光の研究」です。現在の宇宙は、物質・反物質の量に著しい非対称性が観測されていますが、本研究ではこの機構解明に重要な情報を与えるとされる電子の永久電機双極子能率 (EDM) に焦点を当て、その大きさの精密探索を可能にすることを目指しました。EDM は半世紀以上にわたり様々な粒子を対象として測定されてきましたが、未だ有限値は発見されておらず、その実験上限値は既存の素粒子理論に制限を与えてきました。精密測定の鍵となるのが、レーザー冷却した放射性元素フランシウム (Fr) 原子を用いた実験技術の確立です。Fr 原子は、電子の EDM が原子の EDM へ大きく増幅されて観測されるという性質を持ち、レーザー冷却を施すことで測定領域中に長時間保持できるという長所を持ちます。一方で、全同位体が放射性元素で、探索に使用する  $^{210}\text{Fr}$  の半減期は約 3 分という側面があります。EDM 測定精度を更新するためには、Fr 原子を光学トラップ中に局所的に捕獲し、静電場の印加によって生じるスピン歳差運動の周波数のずれを  $1\ \mu\text{Hz}$  の精度で測定することが必要となります。本研究ではまず、100 MeV に加速した  $^{18}\text{O}$  ビームを金ターゲットに衝突させ、核融合反応により  $^{210}\text{Fr}$  および  $^{211}\text{Fr}$  の生成を行い、両同位体を合わせて毎秒  $10^6$  個以上の生成強度を達成しました。さらに、原子を捕獲する技術として光双極子カトラップ、EDM の周波数を精密測定する技術としてラムゼー共鳴の導入を図り、Fr と同じアルカリ元素の安定原子ルビジウム (Rb) を用いた原理実証実験によっ

てこれが可能であることを示しました。最後に、開発を通じて得られたパラメータを用いて、実際に $^{210}\text{Fr}$ 原子を光双極子力トラップで捕獲しながら EDM 測定を行った場合に生じると予測される系統誤差について定量的な計算を行い、測定に向けた課題を明らかにするとともに、現有技術で到達可能な実験精度を論じました。

本研究は930型AVFサイクロトロンをはじめとするCYRIC内の実験装置を主に使用して行われました。CYRICの皆さまのご協力に深く感謝申し上げます。特に、この博士論文は指導教官である酒見泰寛教授以下、測定器・加速器研究部の皆さまのご指導・ご支援がなければ完成しえなかったものです。ありがとうございました。

本論文により学位を取得した後は、伊藤正俊准教授のもとでCYRIC加速器研究部の教育研究支援者を務めさせていただき、現在は海外特別研究員としてカナダのバンクーバーにあるブリティッシュ・コロンビア大学に派遣され、中性子のEDMの探索実験に関連した研究に従事しています。今後も、CYRICで学んだ多様な経験を活かし、自然の理解の深化にささやかながら貢献できればと思っております。

最後に、本賞の選考委員並びに関係者の皆さまに御礼申し上げます。



### 2015年度物理学専攻賞（修士）受賞

センター 測定器研究部・D1  
内山 愛子

物理学専攻賞は、博士論文、修士論文が特に優秀であった学生を表彰するために2007年度より設けられました。今回、CYRICで行った、フランシウム原子を用いた電子の永久電気双極子能率(EDM)探索のためのルビジウム磁力計の研究についてまとめた修士論文に対して、このような賞を頂き非常に光栄です。

宇宙において物質に比べて反物質が極めて少ないという物質優勢宇宙の成り立ちを解明する手がかりとなる物理量として、EDM は非常に注目を集めています。EDM の実験的探索において重要となる磁場測定のために、ルビジウム磁力計の開発を行いました。ルビジウム磁力計は、レーザー光と磁場中に置かれたルビジウム原子と相互作用を用いて磁場を測定する装置です。本研究では、周波数変調光を用いた非線形磁気光学回転(FM-NMOR)に着目し、FM-NMOR において高い感度を実現するレーザー光の条件を調べた上で、磁力計としての感度と安定性の評価などを行いました。

この研究を行うにあたり、ご指導とご協力をいただきました測定器研究部の酒見泰寛教授をはじめとする CYRIC の皆様、物理学専攻の皆様に、この場を借りて深く感謝致します。



物理学専攻賞（修士）記念メダルと表彰状

### [センター防災訓練]



平成 27 年 11 月 11 日(水)に東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター防火管理要項及び東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター消防計画に基づき、平成 27 年度の防災訓練が行われました。

紅葉の盛りで、肌寒さも感じられましたが、多くの方にお集まりいただきました。

RI 棟 1 階管理室から出火したことを想定し、サイクロトロン棟西側を避難場所として通報訓練と避難訓練を行いました。その後、消火器の実射訓練と、新しい分子イメージング研究センターで、屋内消火栓と屋上からの避難器具の使用説明を行いました。

## [第5回核医学画像解析研究会]

センター 放射線管理研究部・教授  
渡部 浩司

2015年12月12日(土)に東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター分子イメージング研究センター2階講義室にて、「第5回核医学画像解析研究会」が開催されました。本研究会は、核医学分野においてPETやSPECTなどの核医学画像を用いた画像解析を行う研究者を中心に、トレーサーの動態解析、画像定量解析、病態生理の計測研究、マルチモダリティの画像診断などをテーマにこれまで4回開催してきました(去年は放射線医学総合研究所で行われました)。今回は私が当番世話人となり、本センターで開催する運びとなりました。本研究会の世話人は私以外、伊藤浩先生(福島県立医科大学、代表世話人)、生駒洋子先生(放射線医学総合研究所)、茨木正信先生(秋田県立脳血管研究センター)です。

今回の研究会参加者は37名でした。またセンターからYing Hwey Naiさん、合瀬 恭幸さんが発表しました。本研究会では、本センターの研究教授である菅野巖先生による菅野賞が、最も優れた研究発表に対して贈られます。今回は秋田県立脳血管研究センターの松原佳亮先生に贈られました。

本研究会の開催日の直前12月6日に地下鉄東西線が開業したばかりであり、参加者の皆様は地下鉄を利用して本研究会に参加いただきました。その便利さは皆さん驚いていました。本研究会当日は、仙台の観光名物である「光のページェント」が開催中であったため、仙台市内のホテルが取りにくく、研究会はこれまでの研究会よりも早めに終わるようにし、当日に帰宅できるようにしました。時間のある方は、参加者が集って、一緒に地下鉄に乗って光のページェント見学に行きました。

第6回の研究会は福島県立医科大学で開催予定です。

## プログラム

開会の挨拶 (13:30~13:35) 代表世話人 伊藤 浩 (福島県立医科大学)

13:35~14:25 SPECT 定量 司会: 渡部 浩司 (東北大学)

13:35 心筋 SPECT における補正法とその限界

森 一晃 (虎の門病院)

14:00 SPECT を使った定量化と標準化への道筋

飯田 秀博 (国立循環器病研究センター)

(14:25~14:35 休憩)

14:35~15:50 トレーサー解析 司会: 茨木 正信 (秋田県立脳血管研究センター)

14:35 異なる病理を持つアルツハイマー病モデルマウスを用いた[11C]PIB 参照領域法の検討

関 千江 (放射線医学総合研究所)

15:00 Renkin-Crone の式の修正

亀山 征史 (国際医療研究センター)

15:25 Using In-silico methods to predict clinical usefulness of Amyloid Probes

Ying Hwey Nai (東北大学)

(15:50~16:00 休憩)

16:00~16:50 画像処理 司会：生駒 洋子（放射線医学総合研究所）

16:00 マルチモーダルマーカーによる診断画像の位置合わせに関する研究  
合瀬 恭幸（理化学研究所）

16:25 脳 PET 検査における部分容積効果補正  
松原 佳亮（秋田県立脳血管研究センター）

閉会の挨拶（16:50~17:00） 代表世話人 伊藤 浩（福島県立医科大学）

情報交換会（17:00~） レストラン・エスパース ウーバー



核医学画像解析研究会の風景

### [ELPH 研究会]

平成 27 年度東北大学電子光物理学研究センター研究会「放射性同位元素（RI）製造計画と多分野における RI 利用の現状」

センター 放射線管理研究部・教授  
渡部 浩司

2016 年 2 月 8 日(月)~9 日(火)の 2 日間、東北大学電子光物理学研究センター三神峯ホールにて標記研究会が開催されました。この研究会は、私が世話人代表となり、電子光物理学センター(ELPH)に研究会の申請をしたもので、本研究会の開催には ELPH から多大なサポートをいただきました。私の他に羽場宏光(理研)、鷲山幸信(金沢大)、柏木茂(東北大 ELPH)、菊永英寿(東北大 ELPH)の 4 名が世話人となり、放射性同位元素 (RI) 製造、加速器、分子イメージング、核医薬研究、動植物研究、基礎科学研究などの分野から RI や加速器の利用についての話題を集め、情報を共有しながら今後の展開について探ることを目的として開催しました。参加者は 2 日間のべ約 80 名でした。

日本国内には大型サイクロトロン、大強度電子線形加速器、核燃料使用施設など様々な RI を身近に利用できる環境があり、RI を利用する研究のポテンシャルは決して低くありません。しかし、なかなか利用範囲が広がっていないことも事実です。このポテンシャルを活かすためにも、現在どのような RI が研究に用いられているのか、今後どのような RI が必要とされてくるのか、他の加速器施設ではどのような RI 製造・供給を行っているのか等の情報共有は重要です。どのような RI が今必要とさ

れているのかを知ること、各施設における RI 製造や研究に対するサポート体制を充実させることができ、研究を活性化させることに繋がります。そこで本研究会において、国内の研究機関で進められている RI 製造計画や RI 応用研究などを中心に様々な分野の方々にお集まりいただき、RI 製造の現状や各施設の特徴、RI 利用の動向や課題・問題点などについて議論しました。

研究会 1 日目では、国内外の RI 流通の動向から始まり、RI の医学利用、国内の研究機関・大学での RI 製造がどのように行われているかを講演いただきました。1 日目の最後に開催されたオープンディスカッションでは各施設で RI 製造に携わっている方の意見を合わせて現状の確認をすることができました。2 日目は東京大学の中西友子先生に「RI を用いた植物生理の研究」のタイトルで特別講演をして頂きました。その後、植物研究者や工学研究者の先生方に各分野での RI 応用利用についてのご紹介を頂きました。

本研究会は国内の RI 製造の現状を全体的に知ることができ、イメージングを中心とした RI 利用について幅広く知ることができる良い機会になりました。今回の研究会の参加者は、大学関係者から企業まで、また RI 製造の専門家から植物研究者、医学研究者まで多岐に渡っており、本テーマの関心の高さがうかがえました。

#### 研究会プログラム

2 月 8 日

13:00 (10) 「本研究会の目的について」 渡部浩司 (東北大 CYRIC)

<RI 流通と動向>

13:10 (40) 「放射性医薬品の現状と将来」 柴田徳思 (RI 協会)

13:50 (20) 「RI 製造に関する欧米の動向～医用 RI を中心に～」  
鷺山幸信 (金沢大)

14:10 ————— 休憩 (10 分) —————

<RI の医学利用>

14:20 (40) 「放射性アイソトープの医学応用：皆さんに考えて頂きたいこと」  
絹谷清剛 (金沢大)

15:00 (25) 「RI 内用療法におけるイメージング技術と応用について」  
花岡宏平 (近畿大)

15:25 ————— 休憩 (10 分) —————

<国内の RI 製造 (国立研究施設が果たす RI 製造の役目：捉え方や製造能力について) >

15:35 (25) 「原子力機構における加速器中性子を用いた RI 製造」  
永井泰樹 (原子力機構)

16:00 (25) 「理研における RI 製造」  
羽場宏光 (理研仁科セ)

16:25 (25) 「放医研における RI 製造と関連共同研究の紹介」  
永津弘太郎 (放医研)

16:50 ————— 休憩 (15 分) —————

<国内の RI 製造 (大学施設が果たす RI 製造の役目：捉え方や製造能力について) >

17:05 (25) 「医理核連携プロジェクトが目指す阪大および日本の RI 供給体制」  
篠原厚 (大阪大院理)

17:30 (20) 「東北大 ELPH での電子加速器を用いた RI 製造」  
菊永英寿 (東北大 ELPH)

17:50 (20) 「CYRIC が作ってきた RI とこれらかの方向性」  
渡部浩司 (東北大 CYRIC)

18:10 \_\_\_\_\_ 全体討論準備 (5分) \_\_\_\_\_

<加速器保有施設は RI 製造をどのようにすすめるべきか?>

18:15 (30) オープンディスカッション

18:45 (5) 事務連絡 (懇親会案内等)

18:50 懇親会@東北大学電子光理学研究センター 多目的室

2月9日

8:55 (5) 「挨拶 (2日目のトピックでは何を論ずるか?)」

渡部浩司 (東北大 CYRIC)

<特別講演>

9:00 (40) 「RI を用いた植物生理の研究」

中西友子 (東京大院農)

9:40 \_\_\_\_\_ 休憩 (10分) \_\_\_\_\_

<RI を用いたライフサイエンス研究と放射化学>

9:50 (25) 「植物の RI イメージング研究から『核農学』の確立へ」

藤巻秀 (原子力機構)

10:15 (25) 「放射性元素を用いた植物 Na・K 輸送体の生理的役割の解明」

魚住信之 (東北大院工)

10:40 (25) 「がん治療を目指したアルファ線放出核種、アスタチン-211 の

薬剤化に向けた取り組み」

石岡典子 (原子力機構)

11:05 (25) 「サイクロトロンによる I-124 合成と生物応用」

船木善仁 (東北大 CYRIC)

11:30 \_\_\_\_\_ 休憩 (10分) \_\_\_\_\_

報告書 2015\_watabe

<RI の工学・工業応用 >

11:40 (25) 「アルファ放射体の IoT への利用とがん治療への可能性」

露崎典平 ((株)ケンタリオン)

12:05 (25) 「原子力機構タンデム加速器施設での Rn-211/At-211 ジェネレータ開発」

西中一朗 (原子力機構)

12:30 (25) 「材料科学応用における RI・アクチノイドの利用」

山村朝雄 (東北大金研)

<Closing>

12:55 総括

13:15 解散



講義会場の風景

## [第4回加速器ビームを使った原子核・素粒子実験実習スクールの報告]

この度、東北大学と高エネルギー加速器研究機構（KEK）が連携して進めている「KEK 大学等連携支援事業（代表：理学研究科・田村裕和教授）」の一環として、“第4回加速器ビームを使った原子核・素粒子実験実習スクール”（以下、加速器スクール）をCYRICにて、2016年2月22日（月）～26日（金）の5日間にわたり開催しましたので紹介させていただきます。

加速器スクールは原子核・素粒子物理やビーム物理などの加速器科学に興味を持つ全国の学部生に、加速器ビームを用いた実験を体験してもらい日本の加速器科学の将来を支える人材の育成につなげることを目標に、昨年度に引き続き開催しました。参加学生は全国5大学から6名が集まりました（横浜国立大学2名、電気通信大学1名、大阪大学1名、山形大学1名、慶應義塾大学1名）。

加速器スクールでは、CYRICの930型AVFサイクロトロンで加速された $^{18}\text{O}^{5+}$ ビーム輸送パラメータ調整、 $^{18}\text{O}^{5+}$ ビームと金標的の核融合反応により生成される放射性元素の固体検出器(SSD)を用いた同定、放射性元素イオンビームの高純度化、及びイオン中性化など、加速器を用いた原子核実験の一連の過程を体験してもらいました。また、CYRICの篠塚研究教授に加速器科学の特別講義を行っていただき、加速器及び加速器から供給されるビームを用いた研究の理解を深めてもらいました。更に参加学生にはCYRICと電子光理学研究センターを見学してもらいました。加速器スクールの最後には参加学生が実習内容をまとめた発表を行い、議論を通じて更に理解を深めてもらいました。

加速器スクールは今回で4回目の開催ですが、本年度の参加学生も例年の学生に勝るとも劣らず非常に活発で、日本の加速器科学の将来は明るいものになると予感しております。最後に加速器スクールの開催にあたり、ご協力いただいた関係者の方々に深い感謝の意を表しまして、加速器スクールの紹介を終わります。

センター 測定器研究部 井上 壮志



写真 (1) 集合写真 (2) 実習風景

[CYRIC 研究報告会のプログラム]

2015年度 CYRIC 研究報告会プログラム				
	講演時間	講演者	所属	講演題目
2016/1/21 (木)				
座長： 渡部浩司  CYRIC	10:30	谷内一彦 センター 長	CYRIC・医学系研究科	はじめに
	10:40	伊藤正俊	CYRIC	930型サイクロトロンおよびHM12型サイクロトロンの現状
	10:55	池上陽一	KEK	ATLAS実験用シリコン半導体位置検出器の放射線損傷試験
	11:10	菊永英寿	電子光理学研究センター	natTi ( $\alpha, xn$ ) 48,49Cr反応の励起関数測定
	11:25	野上修平	工学研究科	原子力・核融合炉材料における高濃度ヘリウム照射の影響 評価
座長： 田代学  CYRIC	11:40	稲見暁恵	核医学	高齢者および若年者における抗ヒスタミン薬服用後の運転 シミュレーション成績の比較
	11:55	菊池昭夫	病院	大脳皮質基底核症候群での [18F]THK5351 PETによるタウ 蛋白凝集体の画像化
	12:10	昼食		
座長： 工藤幸司  加齢医学 研究所	14:00	園田直矢	CYRIC	PET用タウイメージング剤 [18F]THK-5117エナンチオマー体 の 詳細評価
	14:15	多胡哲郎	CYRIC	18F-標識2-アリアルキノリンPET用タウプローブの構造活性 相関研究
	14:30	原田龍一	加齢医学研究所	ニューロ・イメージング研究
	14:45	石木愛子	加齢医学研究所	[18F]THK-5117 PETを用いたアルツハイマー病患者脳内タウ病理の経時的変化の観察
座長： 平澤典保  薬学研究科	15:00	石川洋一	CYRIC	11C-標識プローブの実用的なマイクロリアクター合成法の 開発
	15:15	阿部優樹	CYRIC	無細胞タンパク質合成系を用いた抗体型腫瘍イメージング 剤の開発
	15:30	三角和巳	CYRIC	褐色脂肪細胞におけるPET用プローブの集積特性の解明
	15:45	大崎雄介	医学系研究科	PETによる腎機能評価法の開発
	16:00	有賀雅奈	CYRIC	CYRICにおけるサイエンス・ビジュアル リゼーション教育・研究 活動

	16:15	1日目終了		
2016/1/22 (金)				
座長： 古本祥三  東北大学・ CYRIC	10:00	寺川貴樹	工学研究科	マイクロパターン検出器の多チャンネル電荷読み出しシステムの開発
	10:15	金 政浩	九州大学・総合理工学研究院	加速器中性子源を用いた医療用RI製造研究
	10:30	田中由佳里	医学系研究科	過敏性腸症候群におけるcorticotropin-releasing hormone増加時の扁桃体機能異常
	10:45	渡部浩司	CYRIC	PETによるセシウム動態解析のためのポジトロン放出セシウムトレーサの開発
	11:00	笠木治郎太	電子光物理学研究センター	Arビームを用いたRBS法によるPd薄膜表面上のA>130元素の質量分析
座長： 関口仁子  理学研究科	11:15	川村広和	学際科学フロンティア研究所	フランシウム原子を用いた永久電気双極子能率探索に向けたイオンの中性化効率の測定
	11:30	和田泰敬	理学研究科	陽子-ヘリウム3散乱におけるヘリウム3偏極分解能の測定
	11:45	末包文彦	ニュートリノ科学研究センター	ステライルニュートリノ検出のための液体シンチレータの中性子バックグラウンド除去能力評価
	12:00	那須 裕	CYRIC	崩壊 $\alpha$ 粒子測定による $^{13}\text{C}$ の $\alpha$ クラスターガス状態の探索
	12:15	昼食		
座長： 長谷川晃  工学研究科	14:00	三輪浩司	理学研究科	シグマ陽子散乱実験のためのBGO検出器の高計数率耐性の研究
	14:15	越川亜美	京都大学理学部	GAGGシンチレータにおけるクエンチング効果の測定
	14:30	松山成男	工学研究科	大強度マイクロビームラインの開発
	14:45	黒澤俊介	未来科学技術共同研究センター	各種シンチレータの放射線耐性II
	15:00	猪狩和子	病院	乳歯エナメル質における新産線前後の亜鉛濃度分析
	15:15	休憩		
各部門 将来構想 座長： 寺川貴樹 工学研究科	16:00	伊藤正俊	CYRIC	加速器研究部の将来計画
	16:15	酒見泰寛	CYRIC	測定器研究部の現状と将来計画
	16:30	古本祥三	CYRIC	核薬学研究部の現状と将来構想
	16:45	田代 学	CYRIC	サイクロトロン核医学研究部の取り組み

	17:00	渡部浩司	CYRIC	放射線管理研究部の取り組み
	17:15	利用者の会		
	17:45	2日目終了		
	18:00	懇親会		

### 「わかりやすく図解する技術」ワークショップ

2016年2月27日にサイクロトロンラジオアイソトープセンターの講義室にて、インフォグラフィックス・ワークショップ「わかりやすく図解する技術」を開催いたしました。

インフォグラフィックスとはインフォメーションとグラフィックスをかけあわせた造語で、<見えにくい情報>を<わかりやすい形>にするグラフィックデザインのことです。言葉ではわかりにくい情報を図で表現する技術を学ぶことを目指し、本ワークショップではインフォグラフィックス界の第一人者である木村博之氏（TUBE GRAPHICS 株式会社）を招待し、座学の講演と3～5名に分かれたグループワークを行いました。当日は東北大学の教職員のみならず、イラストレーターやデザイナーなどのクリエイティブ関係者などもご参加いただき、活発にディスカッションしながら模造紙に図解を作成しました。

センター サイクロトロン核医学研究部 有賀 雅奈



ワークショップの会場の風景

## [福島県磐城高校見学会]

4月21日に福島県立磐城高等学校の1年生40名が昨年に引き続き(No.55 参照)東北大学に見学に来ました。午前中は理学部にて物理の体験講義を聞き、午後からサイクロトロン・ラジオアイソトープセンターと地震・噴火予知研究観測センターに半数ずつに別れ見学を行いました。サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターでは、最初に酒見泰寛教授から加速器とは何か、加速器を使ってどのような研究がおこなわれているのかについて説明があり、その後4つのグループに分かれて2時間ほど施設内の見学をおこないました。測定器研究部および加速器研究部の学生が引率し、サイクロトロン本体、ターゲット室、薬剤合成、PET装置等を見学しながらスタッフの話に熱心に耳を傾けていました。高校に入ったばかりの1年生にとって、施設の中のあらゆるものが珍しいようで、「これは何ですか?」とあらゆる装置やはたまた普通のケーブルまで熱心に質問をしながら話を聞いていました。

引率の大学院生も案内しながら進路や様々な質問に対応しており、高校生も刺激を受けたのではないかと思います。磐城高校では高校1年の後半に文理の進路選択があり、それまでに自らの興味関心や将来のビジョンを考えて決めることになるそうです。そのため、まだ物理、化学、生物といった科目にもそもそも興味があるのかどうかも分からないという高校生が多かったです。そういった背景の中、実際に大学に赴き先端の研究を行っている施設を見て、研究者や大学院生とコミュニケーションをとることは貴重な経験になったのではないかと思います。

センター 測定器研究部 田中 香津生



磐城高校の皆さん

## [青森三本木中学校見学会]

5月26日に青森県立三本木高等学校附属中学校の2年生78名が東北大学に見学に来ました。

昼から理学部の概要について青葉サイエンスホールにて紹介があり、その後天体ドーム、薬用植物園、生物学科機能生態学分野、サイクロトロン RI センターのうち希望する二か所の見学会が行われました。サイクロトロン RI センターには合計38名の見学があり、それぞれ3つのグループに分かれて30分ほど施設内の見学を行いました。短い時間でしたが測定器研究部および加速器研究部の学が引率し、サイクロトロン本体、ターゲット室、PET装置等を見学することができました。



まだ学校における理科の授業ではようやく原子という概念が登場した時期なので、サイクロトロンやそれを使った応用については難しい部分も多かったはずですが、そんなことは感じさせず装置の大きさに素直に声をあげて驚き、スタッフの説明に目をきらきらさせながら耳を傾ける姿が印象的でした。そのような姿から、学年を問わず科学やその応用のロマンは伝わるものなのだなと感じられました。また、「通常は分子の形で存在しているものをどうやって原子核の状態にできるのですか?」、「ドルトンの原子説を授業で習い、それと矛盾していると思うのですがどういうことですか?」といった非常に鋭い質問が数多く飛び交い、学校で習う理科からなんとか最先端の科学を考えてコミュニケーションを取ろうとする気持ちを感じられ、胸を打たれました。実際に科学の現場にいる研究者や大型装置に触れることで、科学のロマンに触れることのできる有意義な機会になったと思います。

センター 測定器研究部 田中 香津生



青森三本木中学校の皆さん

## 着任のご挨拶

— ごあいさつ —

センター 測定器研究部・講師

原田 健一

2010年に測定器研究部に着任して以来、サイクロトロン加速器によって作られた不安定原子をレーザー冷却技術により冷却・捕獲し、精密測定を行う研究を推進してきました。主に第5ターゲット室51コースと中性子飛行路室を利用させていただき実験を行っています。この研究は物理学分野の中でも原子核物理と量子エレクトロニクス分野との融合研究になっており、日本に同様の研究はなく、世界的にも数ヶ所の施設でのみ行われている非常に特徴のある研究となっています。様々な技術的困難がありますが、測定器研究部のスタッフや学生を始めとして、加速器研究部やその他の研究部の協力によって着々と研究が進んでいます。



センターに着任する以前は、量子暗号や量子通信の研究を企業で行っており、また学生時代には安定原子・分子と光との相互作用の研究など、物理学の中でもある特定の分野に特化して研究を行ってきました。しかしセンターでは理学・工学・薬学・医学の分野が密接に連携して運営や研究を行っており、広い視野で研究が可能となる非常に貴重な施設だと実感しております。また企業との共同研究も盛んに行われており、実用化に向けた連携や挑戦も活発に行われています。現在この土壌を活かした研究の発展として、磁場変動に対し高感度検出が可能で、かつ高い空間分解能を実現できる磁力計の開発を行っており、将来的には基礎物理への応用のみならず、生体磁気イメージングなど医学関係への展開を図っていきたいと考えています。この施設の特徴とこれまでに培った技術を大いに活用することで、他分野との連携を意識した異分野融合の研究を積極的に推進していければと思います。

今回、講師という立場を拝命し、これまで以上に研究を進展させていくと共に、学内共同教育研究施設としてセンター全体を盛り上げていく責任を強く感じております。お役に立てるように微力ながら尽力したいと思っておりますので、今後ともよろしくお願い致します。

— ごあいさつ —

センター 加速器研究部・助教

松田 洋平

4月1日から加速器研究部の助教に着任し、日々楽しくCYRICでの研究生活を過ごしております。実は私が学生時代過ごしたのも東北大学であり、原子核物理グループの小林俊雄教授のもとで博士(理学)を2009年に取得しました。博士課程では不安定原子核の陽子弾性散乱測定から不安定原子核の密度分布、核半径を求める研究を行いました。近年は、この研究を発展させ「弾性散乱の光学ポテンシャル」を無限系に拡張した「核物質」、「一様な密度分布」でなく空間的に局在化した「 $\alpha$ クラスタ状態」に関する研究に力を入れています。核物質の状態方程式の決定は、核子多体系や天体现象の研究に於いて重要な課題となっています。またクラスタ構造は、物質階層を超えて普遍的に現れる現象と考えられており、その発生機構の解明は重要な課題となって



います。このような研究をCYRICで押し進めて行こうと考えております。

加速器研究部は加速器の運転から物理実験まで全て自分で出来る実験屋さんにとって大変魅力的な部門です。このような事は、分業制の進んだ高エネルギー物理の分野では難しく、私が学生の頃、研究分野として原子核物理を選択した理由の一つであつたりもします。また CYRIC の学際的環境下に於ける共同利用研究活動を根幹である加速器を通して支援出来るという点で非常にやりがいのある部門でもあります。そのような部門の一員である事の喜びを感じつつ、伊藤正俊准教授のもと意欲的に加速器の安定稼働、高度化、維持管理に取り組んで参りたいと思います。そして各学問分野の発展と新たな成果、分野の形成に少しでも貢献出来ればと思っております。

よろしく申し上げます。

— ごあいさつ —

センター 測定器研究部・助教  
田中 香津生

4月からCYRICの測定器研究部に着任しました、田中香津生と申します。私は学部～博士課程の間、東京大学の教養学部及び総合文化研究科広域科学専攻に所属していました。本学科及び専攻はサイエンスの中に境界を設けず自由に研究をする風土が特徴でしたが、本センターも理学・工学・薬学・医学の関係者が共同して研究を行うという共通した魅力があると感じております。共同利用センターのスタッフとして貢献できるよう精一杯努力してまいりたいと思っておりますのでどうぞ宜しくお願い致します。



私はこれまで“エキゾチックな原子を用いた精密分光”に主に携わってきました。具体的には学部～修士前半はジュネーブのCERNにおいて反水素の分光実験を、修士後半～博士においては東海村のJ-PARCでミュオニウムの分光実験に取り組みました。測定器研究部では現在フランシウムを用いた電子EDM測定の準備を進めており、これも同様に“エキゾチック”な原子を用いた“エキゾチック”な実験だと感じており、本実験を開始すべく研究を進めております。

微力ながらセンターの発展に貢献したいと考えておりますので、どうぞご指導よろしくお願い致します。

— ごあいさつ —

センター 事務室・事務係主任  
深谷 元季

4月1日付でサイクロトロン・ラジオアイソトープセンター事務係へ配属となりました深谷元季と申します。

東北大採用後は、片平、星陵キャンパスで勤務してきましたが、青葉山キャンパスでの勤務は初めてとなります。プライベートも含めて青葉山キャンパスへ来る機会があまりなかったのですが、豊かな緑は残しつつ、地下鉄開通、新キャンパスの造成と環境が大きく変化した様子に驚かされました。これまでは主に外部資金に関する業務を担当してきました。

サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターでは、もっと広範に様々な業務を担当することとなりますが、滞りなく業務を進められるよう努力いたしますのでよろしくお願いいたします。

## 離任のご挨拶

センター 事務室・事務係主任  
照井 慎也

薬学部へ異動しまして、早1ヶ月半が過ぎました。皆様いかがお過ごしでしょうか。

サイクロ事務室には2年9ヶ月在職し、皆様には大変お世話になりました。在職中は、サイクロならではの様々な業務を行わせて頂き、また、小さい部局という事もあり、通常業務におきましても会計業務全般を行わせて頂きました。

サイクロへ異動するまでも他部局を異動してきましたが知識が足りず、最初の1年目は事務室の方々も含め、皆様へ迷惑を掛けないようマニュアル等色々確認し、大変だった記憶があります。2年目以降は多少慣れてきましたので、それなりに業務を円滑に行え、課題部分も多少進めることが出来たので、ほっとしております。また、異動するまでに教職員・日環研の方・住重の方、全ての方々と何らかの業務でご一緒出来ましたので、心残りはありません。その時々で皆様には大変お世話になり、ありがとうございました。

最後になりますが、サイクロでの一番の思い出は、やはり仕事ではなく、全教職員等での歓送迎会、忘年会、その他飲み会、学生さん達が主導のBBQです。中でもBBQは学生さん達とも楽しく飲み交わせたので、多少のトラブルや失敗、焦ったことや困ったことなどもありましたが、今となってはいい思い出です。サイクロに在職出来て本当に幸せだったと感じております。

今後もお会いする機会があると思いますので、お会いした際には是非飲みに行きましょう。よろしくお願ひします!!!!!!!



センター 放射線管理研究部・技術補佐員  
菊池 眞一

レッドソックスの試合を見ながら、仕事ができるうちは何かやらなければと思いつつ、リタイアは何度やってもいいものだと感じています。海上保安庁で海洋調査や海図作成の仕事を35年間続け、次に公益法人での国際的業務に8年間従事しました。セカンドリタイアの後、仙台に引っ越してきて偶然にCYRICに就職しました。放射線を利用した分析技術はIT技術進展によってますます豊富な分析情報をもたらすものに進化していくように思います。短い期間でしたが、CYRICの皆さまの真摯な仕事に取り組む姿勢やてきぱきとした若い研究者の働きぶりを身近に見ることができました。今後のCYRICのますますの発展をこころから祈念しています。



法令理解は得意な方なので、在任中にテキストに掲載する安全管理体制の図をまとめてみましたので紹介させていただきます。図では関係者を白抜き文字で示し、障害予防のための機能・施策は破線囲んであります。このような安全体制で予防規程実行と全学講習会実施のお手伝いを体験することがで

きました。放射線管理研究部は安全管理に関して裏方と舞台回しの役割を持ち、仕事の内容が多様多様であるとの印象を持ちました。また、それをこなすスタッフは働き者だと感心しました。

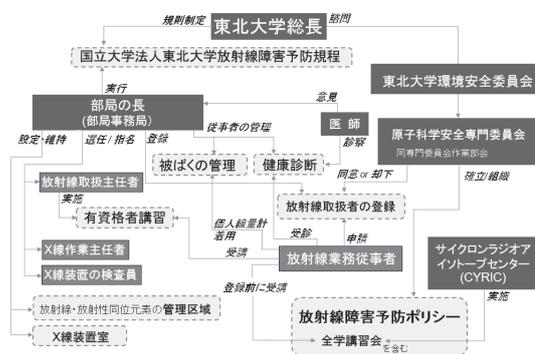


図 放射線障害防止のための安全管理体制

## 共同利用の状況

### RI 棟部局別共同利用申込件数

(平成 27 年 10 月 1 日～平成 28 年 3 月 31 日)

サイクロ	医学部	工学部	農学部	歯学部	薬学部	理学部	合計
9	9	3	4	1	1	2	29

### サイクロトロン共同利用実験採択課題件数

(平成 27 年 10 月 1 日～平成 28 年 3 月 31 日)

分野	125 回 (11 月～2 月)	126 回 (5 月～7 月)
	物理・工学	7
化学	0	0
医学・生物 (基礎)	18	17
医学・生物 (臨床)	16	16
計	41	45

サイクロトロン共同利用実験参加者数

(平成 27 年 10 月 1 日～平成 28 年 3 月 31 日)

分 野	125 回 (11 月～2 月)	126 回 (5 月～7 月)
C Y R I C	169	168
理 学 部	14	23
医学部(病院)	59	62
歯 学 部	0	0
工 学 部	129	24
薬 学 部	6	2
金 研	8	2
加 齢 研	10	10
環 境 科 学	0	0
医工学研究科	1	4
高等教育開発センター	2	7
電子光理学研究センター	0	6
そ の 他	17	14
計	415	322

平成 27 年度サイクロトロン共同利用研究課題名 (臨床)

(平成 27 年 10 月 1 日～平成 28 年 3 月 31 日)

研 究 課 題 名 (臨 床)	課題申込責任者	実験責任者
PET による腎血流評価法の確立	森 建文 (病)	森 建文 (病)
大脳皮質基底核変性症候群における脳内タウ蛋白蓄積の非侵襲的 PET 計測	菊池 昭夫 (病)	菊池 昭夫 (病)
パーキンソン病における脳内 $\alpha$ -シヌクレイン蓄積の非侵襲的 PET 計測	菊池 昭夫 (病)	岡村 信行 (医)
多系統萎縮症などのパーキンソン症候群における脳内 $\alpha$ -シヌクレイン蓄積の非侵襲的 PET 計測	菊池 昭夫 (病)	菊池 昭夫 (病)
ヒト脳腸相関に関与する脳機能モジュールとその治療的修飾	福土 審 (医)	福土 審 (医)
心身症におけるヒスタミン H1 受容体機能	福土 審 (医)	福土 審 (医)

消化管刺激による線条体ドパミン分泌の定量的研究	福土 審 (医)	福土 審 (医)
[18F]THK-5351 PETによるタウ蛋白の画像化に関する研究	田代 学 (CYRIC)	田代 学 (CYRIC)
[11C]PiB PETによるアミロイドβ蛋白の画像化に関する研究	田代 学 (CYRIC)	田代 学 (CYRIC)
アミロイドーシス患者におけるアミロイド蓄積の非侵襲的PET計測	荒井 啓行 (加齢研)	古川 勝敏 (加齢研)
抗ヒスタミン薬服用後の脳血流・脳糖代謝の研究	田代 学 (CYRIC)	田代 学 (CYRIC)
運動負荷による脳内ドパミン分泌の定量的研究	田代 学 (CYRIC)	田代 学 (CYRIC)
運動負荷による脳内ヒスタミン分泌の定量的研究	田代 学 (CYRIC)	田代 学 (CYRIC)
高分解能スキャナを用いた骨格筋および脳の糖代謝の研究	田代 学 (CYRIC)	田代 学 (CYRIC)
神経疾患における脳内タウ蓄積の [18F] THK-5351PET 計測	菊池 昭夫 (病)	菊池 昭夫 (病)

平成 27 年度サイクロトロン共同利用研究課題名 (HM12 基礎)

(平成 27 年 10 月 1 日～平成 28 年 3 月 31 日)

研究課題名 (HM12 基礎)	課題申込責任者	実験責任者
マイクロリアクター標識合成のための新規 18F-フッ素イオン濃縮法とその利用	岩田 錬 (CYRIC)	岩田 錬 (CYRIC)
11C-標識プローブの実用的なマイクロリアクター合成法の開発	石川 洋一 (CYRIC)	石川 洋一 (CYRIC)
PET 診断用 11C-標識レセプターリガンドの製造	古本 祥三 (CYRIC)	古本 祥三 (CYRIC)
PET 診断用[15O] 水の製造	古本 祥三 (CYRIC)	古本 祥三 (CYRIC)
PET 診断用[11C]BF227 の製造	古本 祥三 (CYRIC)	古本 祥三 (CYRIC)
PET 診断用[11C]PIB の製造	古本 祥三 (CYRIC)	古本 祥三 (CYRIC)
PET 診断用[18F]タウイメージングプローブの製造	古本 祥三 (CYRIC)	古本 祥三 (CYRIC)
ミトコンドリアを標的とした PET プローブの開発	古本 祥三 (CYRIC)	古本 祥三 (CYRIC)

各種標識トレーサーによる癌診断法の開発	古本 祥三 (CYRIC)	古本 祥三 (CYRIC)
神経病理画像化プローブの開発研究	古本 祥三 (CYRIC)	古本 祥三 (CYRIC)
[11C]ベラパミルの合成および臨床応用を目的とした基礎的検討	原田 龍一 (医)	谷内 一彦 (医)
PET によるヒスタミン受容体の画像化に関する基礎研究	原田 龍一 (医)	谷内 一彦 (医)
ヒスタミン受容体多重欠損マウスを用いた受容体イメージング	原田 龍一 (医)	谷内 一彦 (医)
アミロイドイメージング用プローブの開発	原田 龍一 (医)	原田 龍一 (医)
金 198 の崩壊過程の測定 (理学部物理学科 物理学実験Ⅱ 2016 年度前期)	三輪 浩司 (理)	三輪 浩司 (理)

平成 27 年度サイクロトロン共同利用研究課題名 (FNL)

(平成 27 年 10 月 1 日～平成 28 年 3 月 31 日)

研究課題名 (FNL)	課題申込責任者	実験責任者
サブミリ PIXE カメラの開発とその応用	石井 慶造 (工)	松山 成男 (工)
サブミリ PIXE カメラを用いた考古学試料の分析	石井 慶造 (工)	松山 成男 (工)
植物に吸収された重金属のサブミリ PIXE カメラによるマッピング	石井 慶造 (工)	松山 成男 (工)
PIXE による環境汚染監視網の開発	石井 慶造 (工)	松山 成男 (工)
原子核制動輻射の研究	石井 慶造 (工)	松山 成男 (工)
PIXE による廃液分析システムの開発	石井 慶造 (工)	松山 成男 (工)
乳歯硬組織中の微量元素分析と子どもの健康背景との関連	石井 慶造 (工)	松山 成男 (工)

## 平成 27 年度サイクロトロン共同利用研究課題名 (930)

(平成 27 年 10 月 1 日～平成 28 年 3 月 31 日)

研究課題名 (930)	課題申込責任者	実験責任者
物理学実験 3 向け RI 製造	前田 和茂 (理)	神田 浩樹 (理)
GAGG シンチレータにおけるクエンチング効果の測定 I	黒澤 俊介 (金研)	黒澤 俊介 (金研)
加速器実験実習	井上 壮志 (FRIS)	井上 壮志 (FRIS)
ATLAS 実験用シリコン半導体位置検出器の放射線損傷試験	伊藤 正俊 (CYRIC)	伊藤 正俊 (CYRIC)
$\Sigma p$ 散乱実験のための散乱陽子検出システムの性能評価(4) (BGO 検出器の高係数率耐性の研究)	三輪 浩司 (理)	三輪 浩司 (理)
低線量・低副作用型の粒子線治療法の開発	寺川 貴樹 (工)	寺川 貴樹 (工)
ジルコニウムおよび鉄基合金の環境劣化評価に関する手法 開発研究	叶野 翔 (金研)	叶野 翔 (金研)
次世代型軽水炉燃料被覆管材料の照射における機械強度特 性評価	酒見 泰寛 (CYRIC)	酒見 泰寛 (CYRIC)
Ar ビームを用いた RBS 法による Pd 薄膜表面上の A>130 元素の質量分析	笠木 治郎太 (電子光)	笠木 治郎太 (電子光)
医療用 RI 製造における重陽子加速器中性子源からの中性子 収量分布測定	伊藤 正俊 (CYRIC)	伊藤 正俊 (CYRIC)
陽子一偏極ヘリウム 3 散乱実験による三体核力研究に向け た偏極ヘリウム 3 標的の開発	関口 仁子 (理)	関口 仁子 (理)
$^{13}\text{C}$ による $\alpha$ ガス状態における中性子効果の研究	伊藤 正俊 (CYRIC)	伊藤 正俊 (CYRIC)
化学状態による $^{48}\text{Cr}$ の半減期変化と $\text{natTi}(\alpha, \text{xn})\text{Cr}$ 反 応の励起関数測定	菊永 英寿 (電子光)	菊永 英寿 (電子光)
放射線管理者向けの研修における加速器利用	結城 秀行 (CYRIC)	結城 秀行 (CYRIC)
核子移行反応を用いた核内陽子・中性子相関の研究 # 1	三木 謙二郎 (理)	三木 謙二郎 (理)
宇宙探査システムの研究開発	吉田 和哉 (工)	吉田 和哉 (工)
$^{28}\text{Si}$ の $\alpha$ クラスターストラス状態の探索	伊藤 正俊 (CYRIC)	伊藤 正俊 (CYRIC)

研究課題名 (930)	課題申込責任者	実験責任者
粒子線治療法のための新規ビームモニターの開発	寺川 貴樹 (工)	寺川 貴樹 (工)

平成 27 年度 RI 棟共同利用研究課題名

(平成 27 年 10 月 1 日～平成 28 年 3 月 31 日)

研 究 課 題 名	課題申込責任者	実験責任者
金属元素の細胞吸収	魚住 信之 (工)	魚住 信之 (工)
PET ミトコンドリアプローブの評価	古本 祥三 (CYRIC)	古本 祥三 (CYRIC)
PET 腫瘍画像化プローブの評価	古本 祥三 (CYRIC)	古本 祥三 (CYRIC)
PET リガンドの in vitro 評価研究	古本 祥三 (CYRIC)	古本 祥三 (CYRIC)
アミロイドイメージング用プローブの開発	原田 龍一 (医)	原田 龍一 (医)
PET によるヒスタミン受容体の画像化に関する基礎研究	原田 龍一 (医)	谷内 一彦 (医)
ヒスタミン受容体多重欠損マウスを用いた受容体イメージング	原田 龍一 (医)	谷内 一彦 (医)
[11C]ベラパミルの合成および臨床応用を目的とした基礎的検討	原田 龍一 (医)	谷内 一彦 (医)
分子イメージング・放射線医学のための新規放射線検出器の開発とその評価	菊池 洋平 (工)	菊池 洋平 (工)
アミノ酸・有機酸輸送体の輸送解析	阿部 敬悦 (農)	阿部 敬悦 (農)
人工膜小胞を用いたアミノ酸・有機酸輸送体の輸送機能の解析	阿部 敬悦 (農)	阿部 敬悦 (農)
大腸菌の L-アラニン排出輸送体の構造と機能に関する研究	米山 裕 (農)	米山 裕 (農)
PET によるラットのインプラント周囲骨の骨代謝動態に関する研究	佐々木 啓一 (歯)	小川 徹 (歯)
農学部生物化学コース 3 年生学生実験 (放射性同位元素実験)	内田 隆史 (農)	阿部 直樹 (農)
マイクロリアクター標識合成のための新規 18F-フッ素イオン濃縮法とその利用	岩田 錬 (CYRIC)	岩田 錬 (CYRIC)
物理実験 3 における $\gamma$ 線計測	前田 和茂 (理)	神田 浩樹 (理)

PET 薬剤の動態特性の特定	渡部 浩司 (CYRIC)	渡部 浩司 (CYRIC)
ダウン症モデルマウスを用いた PET 解析	塩田 倫史 (薬)	古本 祥三 (CYRIC)
冠血管機能異常における心・脳・腎を介した臓器連関の解明し 新規治療法の開発	松本 泰治 (医)	松本 泰治 (医)
理学部科学科 2 年生放射化学実験	木野 康志 (理)	木野 康志 (理)

## R I 管 理 メ モ

### I 管理メモ

#### 1. 施設の状況

最近特に変わったことはありません。

建屋について、RI 棟は開所からこれまでの間に大きな改修工事が行われていないため老朽化が進んでおり、改修工事の概算要求を続けております。近年、原子力規制庁からは、放射線安全管理のためのマンパワーや予算等を集中させてより施設を管理しやすくする為に、大学内での放射線施設の統合を勧められております。そのため、数年後の薬学研究科での放射線施設の廃止や、理学研究科との今後の放射線管理区域統合の可能性などを考慮した設計を考えております。

#### 2. 管理区域内での装着器具について

平成 27 年 3 月 24 日に原子力規制庁による核燃料物質使用状況に対しての立入調査が CYRIC に対して行われましたが、その際に、管理区域内でこれまで使用していたスリッパでは脱げやすい為、より安全を考慮した履物にするべきとの意見が出ました。それを受けて、平成 28 年 9 月半ばから、これまでの黄色のスリッパの使用を取りやめ、代わりに白色のクロックス型の履物(写真 1.)を使用することになりましたので、ご注意ください。

また、CYRIC の利用にあたっては、所属する機関で配られている個人線量計(ガラスバッジなど)を装着することになっていますが、中性子線源や加速器(サイクロトロン棟地下通路では、ビームの状況次第で、法令の基準以下ではあるが有意な中性子線量が放射線モニターによって確認されている。)利用者において個人線量計が中性子線に対し不感である場合が見受けられますの

で、このたび中性子線用の電子式ポケット線量計（写真 2.）を複数台 CYRIC に導入いたしました。ご利用の必要のある方は、放射線管理室までご利用の際にお申し出ください。



写真 1. 新しい管理区域内での履物



写真 2. 中性子線用の電子式ポケット線量計  
（外観的には、 $\gamma$ 線用のものとほぼ変わらない。）

### 3. 電離放射線健康診断

平成 27 年度後期から、これまで CYRIC のサイクロトロン核医学研究部で独自に行っていた電離放射線健康診断を止めて、代わりに東北大学全学で行われている電離放射線健康診断を利用することになりました。

平成 27 年度第 2 回目の電離放射線健康診断では、CYRIC から 47 名が受診し、全員が問診および検診を受診しました。また、平成 28 年度第 1 回目の電離放射線健康診断では、CYRIC から 43 名が問診を受診し、そのうち 25 名が検診を受診しました。

### 4. 定期再教育訓練

CYRIC 利用者に対する平成 28 年度の放射線業務従事者のための再教育訓練が、8 月 10 日に開催されました。例年通り理学研究科と合同で開催されましたが、今回は更に、三神峯キャンパスにある東北大学電子光物理学研究センター (ELPH) とも部分的に合同で行うことになりました。一部の講演について ELPH からのインターネット中継を試みましたが、当日のネットワークの不調により代理の講演となってしまいました。今回の経験に基づいて改善を行い、理学研究科（あるいは ELPH）所属で ELPH（あるいは CYRIC）利用者である方々の利便性のために、次回からもこの試みを続けていく方針です。

今回、CYRIC 利用者の方々だけでも 91 名が受講しました。

## 運営専門委員会・各部会名簿

平成28年4月1日現在

### 運営専門委員会

委員長 谷内一彦 (センター長)	
伊藤貞嘉 (理事(研究担当))	神宮啓一 (病院)
今井正幸 (理学研究科)	須田利美 (電子光理学研究センター)
関口仁子 (理学研究科)	酒見泰寛 (CYRIC)
細井義夫 (医学系研究科)	田代学 (CYRIC)
佐々木啓一 (歯学研究科)	渡部浩司 (CYRIC)
平澤典保 (薬学研究科)	古本祥三 (CYRIC)
長谷川晃 (工学研究科)	伊藤正俊 (CYRIC)
此木敬一 (農学研究科)	田村裕和 (理学研究科・兼)
十川和博 (生命科学研究科)	木内喜孝 (高度教養教育・学生支援機構 /環境・安全委員会原子科学安全専門委員会)
寺川貴樹 (医工学研究科)	井樋慶一 (情報科学研究科/環境・安全 委員会原子科学安全専門委員会)
山村朝雄 (金属材料研究所)	
荒井啓行 (加齢医学研究所)	
佐藤修彰 (多元物質科学研究所)	

### 理工学利用部会

部会長 酒見泰寛 (CYRIC)	
小林俊雄 (理学研究科)	佐藤裕樹 (金属材料研究所)
田村裕和 (理学研究科)	佐藤修彰 (多元物質科学研究所)
中村哲 (理学研究科)	須田利美 (電子光理学研究センター)
今井正幸 (理学研究科)	田代学 (CYRIC)
関口仁子 (理学研究科)	渡部浩司 (CYRIC)
木野康志 (理学研究科)	古本祥三 (CYRIC)
長谷川晃 (工学研究科)	伊藤正俊 (CYRIC)
寺川貴樹 (工学研究科)	

### 安全管理 RI 利用部会

部会長 谷内一彦 (センター長)	
岩佐直仁 (理学研究科)	永井康介 (金属材料研究所)
上原芳彦 (医学系研究科)	杉浦元亮 (加齢医学研究所)
平澤典保 (薬学研究科)	高浪健太郎 (病院)
寺川貴樹 (工学研究科)	田代学 (CYRIC)
五味勝也 (農学研究科)	渡部浩司 (CYRIC)
水野健作 (生命科学研究科)	古本祥三 (CYRIC)

ライフサイエンス利用部会

部会長 田代 学 (CYRIC)  
谷内 一彦 (医学系研究科)  
齋藤 春夫 (医学系研究科)  
細井 義夫 (医学系研究科)  
高瀬 圭 (医学系研究科)  
鈴木 未来子 (医学系研究科)  
佐々木 啓一 (歯学研究科)  
平塚 真弘 (薬学研究科)  
寺川 貴樹 (工学研究科)  
水野 健作 (生命科学系研究科)

小椋 利彦 (加齢医学研究所)  
工藤 幸司 (加齢医学研究所)  
眞野 成康 (病院)  
酒見 泰寛 (CYRIC)  
渡部 浩司 (CYRIC)  
古本 祥三 (CYRIC)  
船木 善仁 (CYRIC)  
平岡 宏太良 (CYRIC)

課題採択部会

部会長 酒見 泰寛 (CYRIC)  
田村 裕和 (理学研究科)  
前田 和茂 (理学研究科)  
関口 仁子 (理学研究科)  
谷内 一彦 (医学系研究科)  
福土 審 (医学系研究科)  
森 悦朗 (医学系研究科)  
上月 正博 (医学系研究科)  
長谷川 晃 (工学研究科)  
寺川 貴樹 (工学研究科)  
佐藤 裕樹 (金属材料研究所)

荒井 啓行 (加齢医学研究所)  
瀧 靖之 (加齢医学研究所)  
神宮 啓一 (病院)  
須田 利美 (電子光物理学研究センター)  
菊永 英寿 (電子光物理学研究センター)  
関根 勉 (高度教養教育・学生支援機構)  
田代 学 (CYRIC)  
渡部 浩司 (CYRIC)  
古本 祥三 (CYRIC)

将来構想検討部会

部会長 佐々木 啓一 (歯学研究科)  
田村 裕和 (理学研究科)  
平澤 典保 (薬学研究科)  
滝澤 博胤 (工学研究科)  
金井 浩 (工学研究科)  
瀧 靖之 (加齢医学研究所)  
酒見 泰寛 (CYRIC)  
田代 学 (CYRIC)  
渡部 浩司 (CYRIC)  
古本 祥三 (CYRIC)  
伊藤 正俊 (CYRIC)

放射線障害予防委員会

委員長 渡部 浩司 (CYRIC)  
岩佐 直仁 (理学研究科)  
木野 康志 (理学研究科)  
酒見 泰寛 (CYRIC)  
田代 学 (CYRIC)  
古本 祥三 (CYRIC)  
伊藤 正俊 (CYRIC)  
結城 秀行 (CYRIC)  
相澤 克夫 (CYRIC)

## 編集後記

平成 27 年 12 月に地下鉄東西線が開通し、仙台駅から青葉山駅まで 9 分で到着するようになりました。(構内 B4F から地上に出るまでが長く感じます)

本号表紙が構内からの出入口 (左下) と青葉山北キャンパス (右上) の写真です。青葉山キャンパス (右上) に 2 本の通路が写っていますが、白い通路を進むと理学部、サイクロ方面に行けます。

講習会・会議などでサイクロにいらっしゃる方が迷わず会場に辿り着けたら宜しいのですが・・・。

(I.T.記)

### 広報委員

委員長 渡部 浩司 (CYRIC)  
木野 康志 (理学研究科)  
三輪 浩司 (理学研究科)  
原田 龍一 (医学系研究科)  
人見 啓太郎 (工学研究科)  
吉田 浩子 (薬学研究科)  
伊藤 正俊 (CYRIC)  
平岡 宏太良 (CYRIC)  
船木 善仁 (CYRIC)  
石川 洋一 (CYRIC)  
田中 香津生 (CYRIC)  
三宅 正泰 (CYRIC)  
有賀 雅奈 (CYRIC)  
東條 育子 (CYRIC)

#### 表紙写真

新しい駅前広場が完成。これからの青葉山キャンパスの玄関口 (右上)

仙台市地下鉄東西線青葉山駅から徒歩 3 分 (左下)

題字デザイン：田代 学

表紙写真：三宅 正泰

### CYRIC ニュース No. 58 2016 年 9 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ン・ラジオアイソトープセンター

TEL 022 (795) 7800 (代表)

FAX 022 (795) 7997 (センター事務室)

〃 022 (795) 7809 (放射線管理事務室)

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

