



東北大学電子光物理学研究センター再訪

高橋 美和子
Takahashi Miwako

1. 1969 年から 54 年を経て再訪

東北大学電子光物理学研究センターは、1966（昭和41）年に東北大学の理学部附属原子核物理学研究施設、通称、核理研として発足し、1967年に300 MeV 電子ライナックを完成させ、原子核における巨大共鳴状態の発見に成功している。その頃の訪問記は、本誌1969年11月号に掲載された¹。当時は、300 MeVの電子リニアックが主たる装置であったが、現在は1.3 GeVの電子ブースターシンクロトロン（BSTリング）と大強度直線加速器が主たる装置として稼働している。

驚くことに、その大強度直線加速器において、電源を含む多くは設立当時と同じものが使われている。1969年時の写真と同じ場所で撮影した直線加速器を写真1に示す。当時の高い技術を示すと共に、同じ道を志す研究者が使うと、その性能を長く維持できることが分かる（写真2）。

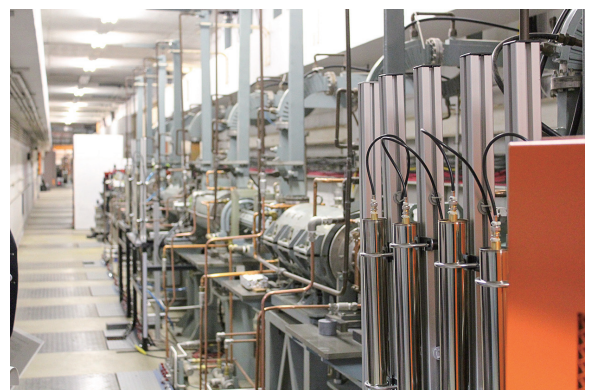
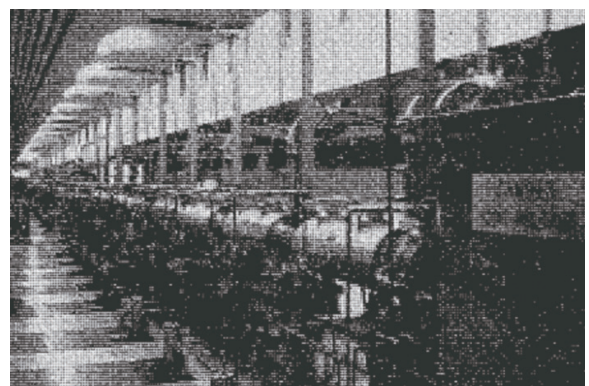


写真1 1969年11月号掲載時（上）と今回2023年訪問時（下）の直線加速器の写真

「再訪問」欄は以前本誌「訪問」欄で記事にした研究所・RI利用施設・病院等を再度訪問取材し、紹介するコーナーです。

¹ Isotope News「訪問」（1969年11月号No.184）で掲載。
協会ホームページ「会員マイページ」からログインし「広報誌」内の「Isotope News ライブラリー」にて会員限定で公開している。
会員マイページ ⇒ <https://jrm.jrias.or.jp/mypage/login/login>





写真2 大西宏明センター長から施設の詳細をご説明いただいた



写真3 大西センター長を追いかけて地下深くへ

2. 仙台の街から森の中へ

電子光理学研究センターは仙台駅から南西方向へ車で約20分のところにある。青葉山キャンパスや片平キャンパスは仙台駅から西側に向かうのに対し、仙台駅からは南下する方向にある。入口は三神峰公園と同じくしており、街の中にあるものの、急に森の中に迷い込んでしまったかのような自然豊かな場所で、実際、熊以外のたいていの動物とは遭遇するようだ。

3. 地下での遭遇

施設内の地下深くに進み（写真3）、筆者が遭遇したのは、陽子のサイズを測っている研究者だ（写真4）。「この装置を使って、陽子のサイズを計測しています」。そもそも「陽子のサイズ」を測るってどういうことか？隣にいたセンター長から「陽子にはクォークがあって、動き回っていて、ある範囲以上は動かないので、まとまってあるため容積があるんですよ」と。カチッと固まったものではなく、液体のようでもあると、追加の説明をいただく。計測できる大きさがあるとは、内部構造があるということだ。筆者の知識で恐縮だが、ラザフォードは原子と原子核の大きさを、大聖堂とハエに例えたと言われる。質量のほとんどを担う原子核だが、それほど小さい。有核原子モデルが発表されたのは1911年頃、それから100年以上もの時を経て、原子核を構成する陽子の正確な計測がここで行われている。自然・宇宙の構成要素を確実に解き明かし、着々と理

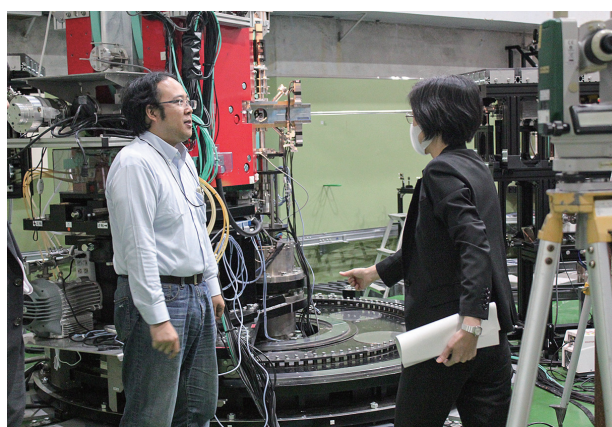


写真4 偶然お会いできた本田佑記先生
電子散乱を用いて、陽子半径についての研究を牽引している

論立て実証され、その一翼を担う研究者と、その研究現場に居合わせることができたことが何よりも光栄だった。

4. 原子核内を明らかにするには

筆者の理解で言えば、超高速に電子を加速して、対象物に衝突させ、その跳ね返ってきたものを正確に計測する。しかもここでは電子のエネルギーは陽子計測にちょうどよく設計されている。あるいは、加速された電子の走行を炭素やタングステンを用いて減速させることにより発生させた制動放射線を利用する。これを原子核と相互作用させて、原子核で「何か」を起こさせる。原子核で起きたことは直接には分からないので、二次的に起こる現象を丹念に計測、解析することで、「起きた」に違いないことを算出する。制動放射線は、エネルギーが均一ではないという筆者のイメージがあったが、実は、加速

された電子に対してかけられた磁気の大きさによって電子の飛行が曲げられる角度が異なること、そして、その電子のエネルギーを計測することによって、正確に制動放射線のエネルギーを確定できる。また、高エネルギーの制動放射線は、優に 1022 keV を超えるため、対生成を起こしてしまいノイズの原因となるため、それらを除去する装置も備えられている。核医学で最も利用される陽電子は、ここでは積極的に除去されている。

5. 巨大実験装置の設計から建設、そして実験

1.3 GeV のシンクロトロン（写真 5）を含む多くの装置は、設計から作製、組上げ、そして検証や点検といった一連の作業を、学生を含む研究者ら自らの手作業で行われている。つまり装置設計から既に研究が始まっており、装置はその成果の 1 つでもあると思う。自分達の手で、目的を見据えて作り上げてしまうのは、さすが、物理学者たち。

中性 K 中間子スペクトロメータ（NKS2, Neutral Kaon Spectrometer 2）（写真 6）に近づいてみると養生テープの短冊が複数枚、垂れ下がっている。「2016 磁場測定がうまくいきますように」「2016 1/5 卒研発表がうまくいきますように」（写真 7）。まさに、装置開発・建設に関わった当時の物理の学生さん達の努力と願いが、物理学の発展の大きな推進力となっていることは間違いない。

6. 医学が期待する原子核の製造も

一緒に案内をしてくださったのは放射化学者の菊永英寿先生（写真 8）。このような高いエネルギーの制動放射線を原子核に照射して、例えば、ラジウム原子核で「巨大双極子共鳴」を起こして ^{225}Ac を製造されている。この点で、筆者が専門とする核医学との接点がある。 ^{225}Ac は α 線を放出する。これを上手くがん細胞に集めることができれば、抗がん作用を発揮する。 ^{225}Ac はがん治療において世界が注目している核種で、2016 年、ドイツからの症例報告が有名だ¹⁾。前立腺癌の多発骨転移や、肝浸潤に対し ^{225}Ac を用いた治療を行い、転移巣・浸潤病変が消えた PET 画像は衝撃的であった。既にほか

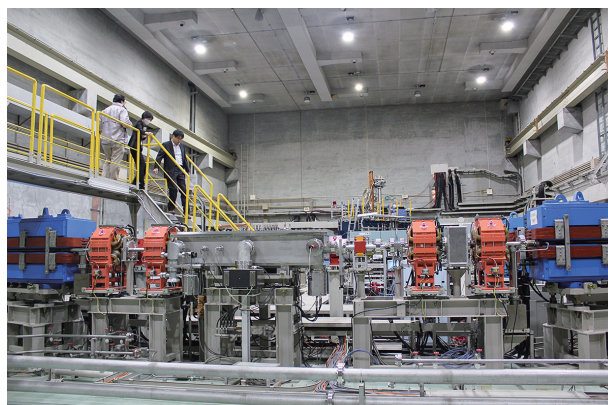


写真 5 第2実験室

黄色い階段を下りて、1.3 GeV 電子ブースターシンクロトロンに近づいていく

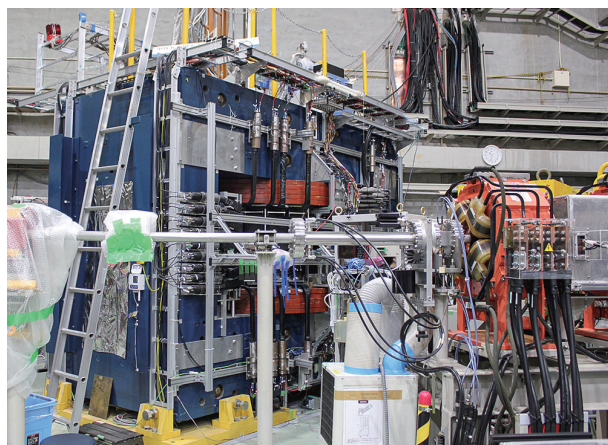


写真 6 中性 K 中間子スペクトロメータ（NKS2, : Neutral Kaon Spectrometer 2）

装置中央付近に青色の養生テープの短冊がある



写真 7 写真 6 の養生テープの正体は当時の物理学生さん達の願い

のがん腫においても臨床効果が示されているが、 ^{225}Ac の確保が課題であり、これを解決する有力候補として菊永先生のご研究が期待されている。

7. 感想と今後の展望

α 線放出核種の1つである ^{223}Ra は、がん治療薬として国内でも使えるようになり、筆者自身が初めて患者さんに投与したのは2016年だった。その時、マリー・キュリーの伝記を読み返し、気づいた点が2つあった。1つはキュリー夫妻がラジウム（当時は ^{226}Ra ）を発見して約100年が経過していたということ。そして、マリー・キュリーのご主人も物理学者で、精緻な計測技術を持っており、これが ^{226}Ra の発見に大きく寄与していたこと。電子光物理学研究センターは、まさに最先端の研究者と、精緻な計測技術・設備が結集している。100年後の世界を筆者らは知る由もないが、100年後の人達が、現在の研究成果を受け継ぎ、難しい問題を解決しているだろう。

施設見学を終了し、センター長のお部屋で記念撮影等をしながらお話を伺った。菊永先生のような化学者の参加によって研究の深みと幅が広がったとのこと。また、共同研究を今後も受け入れていくことで、より一層の広がりを期待しているとのことだった。とはいえ、これだけの巨大・高精度施設を支える専任の教員は、なんと12名だそう（2023年度時点）。驚く筆者に、「1日は24時間ありますよ」と大西先生と菊永先生の笑顔。

今回の訪問を快く受け入れてくださった大西宏明センター長は核物理学の研究者。筆者は核医学の医師であり、同じ「核」を冠する者として、筆者も100年後の核医学のためにも頑張るぞと、決意を新たに、センターを後にした。

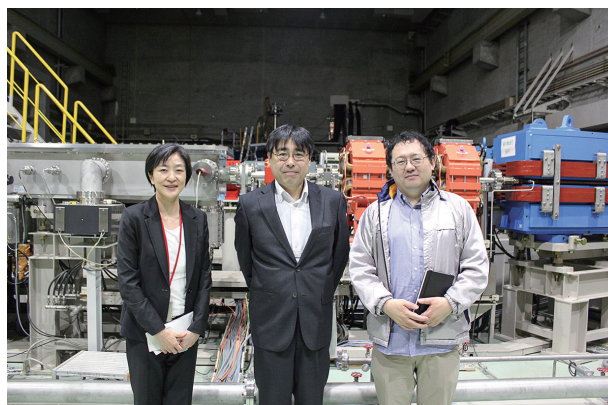


写真8 案内してくださった大西宏明センター長（中央）、菊永英寿先生（右）と共に。左が筆者

参考文献

- 1) Tochwil, C., et al., *J Nucl Med.*, **57** (12), 1941-1944 (2016)

参考になる記事や Web サイト

■「陽子の半径の正確な値を突き止めよ」

未踏の領野に挑む、知の開拓者たち vol.93

http://shochou-kaigi.org/interview/interview_93/

■東北大学電子光物理学研究センターのホームページ
施設や設備について写真や動画付きの説明がある。

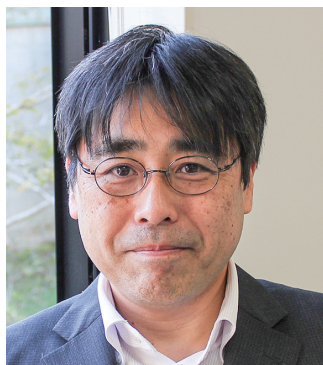
https://www.lns.tohoku.ac.jp/about/?id=kikai_00

更にホームページを探索すると、中性 K 中間子スペクトロメータ (NKS2: Neutral Kaon Spectrometer 2) の建設・実験写真集等も拝見できる。

<https://lambda.phys.tohoku.ac.jp/%7Ek0/Photos/index.html>

(量子科学技術研究開発機構 量子医科学研究所)

センター長からのコメント



大西 宏明 氏

東北大学電子光物理学研究センターは、1996年に東北大学理学研究科附属原子核物理学研究施設として発足しました。それ以来学内共同利用施設として、また2009年からは全国共同利用・共同研究拠点として原子核物理学のみならず、物性物理学、放射化学、工学、生物学等幅広い分野にわたる国内外からの研究者の皆様にご利用いただいてまいりました。これまでに数多くの共同利用・共同研究から素晴らしい研究成果が輩出されてまいりました。これまでの皆様のご協力に心より感謝いたします。

2024年4月より東北大学電子光物理学研究センターは、短寿命ラジオアイソトープの生成能力強化・利活用拡大・人材育成を目的の1つとして、東北大学サイクロترون・ラジオアイソトープセンターと合併し、「東北大学先端量子ビーム科学研究センター」へと改組いたします。新センターにおいてもこれまでと変わらず共同利用・共同研究拠点としての活動は継続してまいります。今後もこれまで同様に皆様のご支援のほど、よろしくお願いいたします。

訪問施設大募集！！

本誌「訪問」欄に取り上げて欲しい施設・研究機関・病院等がございましたら、
こちらまでお問合せください！

