

## サイクロトロンシティの主任者



この人：独立行政法人理化学研究所

仁科加速器研究センター 安全業務室長 上叢義朋氏

この人、こんな所

インタビュー担当：放射線安全取扱部会広報専門委員会  
宮本昌明（神戸大学）

「理研」で知られる独立行政法人理化学研究所は、「2位ではダメなのですか？」と言われながらも1位になれたスパコン“京”や、まだ名前のない原子番号113番の元素合成などで近年広く知られるようになってきています。今回は理研仁科加速器研究センターで主任者をしている上叢義朋氏にインタビューします。

宮本：広報専門委員会委員長として本コーナーの聞き手を担当されてきていますが、今日は話を伺います。まずは理研の沿革からお願いします。

上叢：理研は、1917（大正6）年に「産業の発展を図るため、純正科学たる物理学および化学の研究を為し、また同時にその応用研究をも為す」（当時の「理研案内」より）ために、財団法人理化学研究所として文京区駒込（今の日本アイソトープ協会の場所）に設立されました。運営は皇室からの御下賜金、政府補助金、民間実業家からの寄付を財源に賄われていました。

1921年、所長に就任した大河内正敏が進めた改革は、研究成果を生産に移すために会社を設立し、その利益を理研に還元して更に研究を進めるという制度でした。改革は成功し、一時は理研コンツェルンとして63社を有するほど

でした。資金の多くを自前で稼いでいたためか使い方の制限は緩かったようで、研究者が外国に出張した際に必要となればその場で高価な研究機材を発注し、後から事務方が支払処理をするなどということができたようです。正に“研究者の楽園”でした。しかし第2次世界大戦とともに様相は一変します。空襲で設備の大半を失い、財閥とみなされた理研産業団は解体させられます。何とか本体は（株）科学研究所として存続しますが、社長に就任した仁科芳雄は経営に大変な苦勞をされました。

暗黒の時代とも言える10年間の後、1958年に科学技術庁（当時）傘下の特殊法人として理化学研究所がよみがえります。1963年には現在の和光市に土地を得て、まずはサイクロトロン建設が始まり、1967年には本部が移転します。その後、筑波、播磨、横浜、神戸に事業所が拡大し、脳、ゲノム、ナノサイエンスと研究分野も広がります。そして、2003年に現在の独立行政法人理化学研究所になりました。

宮本：仁科加速器研究センターについて紹介してください。

上叢：ルーツは仁科研究室に始まります。あの、コンプトン散乱微分断面積を与えるクライン-仁科の式の仁科芳雄です。仁科は、理論、実験、施設建設の3つのすべてに超一流でした。

仁科が主任研究員として主宰する仁科研究室は、我が国最初（世界でもほぼ2番目）のサイ

クロトロンを1937年に完成させました。1943年には第2号サイクロトロンとして、磁極の直径が150 cmという世界最高レベルの装置を作っています。研究室には湯川秀樹、朝永振一郎も名を連ねていました。注目するのは武見太郎(後の日本医師会会長)も在籍したことです。当時から基礎研究だけでなく、生物・医学などの応用研究にも力を入れていたようです。この伝統は今でも受け継がれています。

残念ながら1号、2号のサイクロトロンは戦後GHQによって東京湾に捨てられてしまいましたが、1号とほぼ同じ大きさの3号サイクロトロンが1953年に作られました。

和光キャンパス最初の実験装置として1966年に完成した4番目の160 cmサイクロトロンは、重イオン加速に特徴があります。その後1980年に可変周波数重イオン線形加速器(RILAC)、1986年に磁石が4分割された理研リングサイクロトロン(RRC)、1989年にAVFサイクロトロン(AVF)が完成しています。これらは図1の左側に配置されています。しかしここまでは、まだ世界の最先端を追い掛けていた状態だったと思います。

2006年に稼働し始めたRIビームファクトリー(RIBF)は、今度は世界に冠絶する性能を有する施設です。RRCの後段加速器として、fRC(固定周波数リングサイクロトロン)、IRC(中間段リングサイクロトロン)、SRC(超電導リングサイクロトロン、図2)が作られました。特にSRCは、質量、磁場強度とも世界最大のサイクロトロンです。リングサイクロトロンではセクター磁石の間は開けているのが普通ですが、SRCでは漏れ磁場の吸収と放射線遮蔽のために、厚さ80 cmの鉄ですべて覆われています。そのため8,300 tの巨大な鉄の殻が鎮座しているという印象になっており、加速器の専門家でも、初めて見ると存在感に感嘆されます。これでウランまでの重イオンを、核子当たり350 MeVまで加速できるようになりました。

RIBF稼働後、マイクロトロン(RTM)とシンクロトロン蓄積リング(SR2)からなる電子線加速器(SCRIT)が2010年に動き始めました。また2011年には重イオンビームの強度増強を目指し、2番目の線形加速器(RILAC II)が組み込まれ、稼働しています。

4番目の160 cmサイクロトロンはRIBF建設

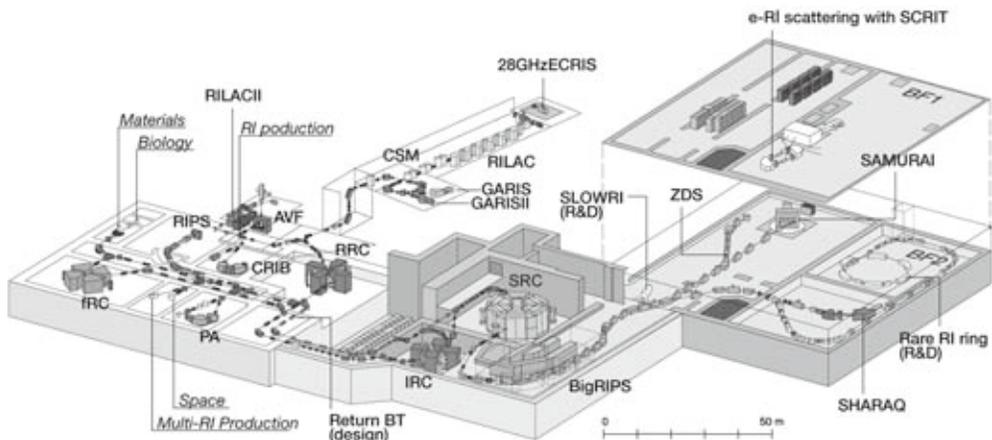


図1 RIBF鳥瞰図



図2 完成間近の最終段超電導サイクロトロン (SRC) 上での記念写真



図3 標的に生成された不安定核のうち、必要とする核種を選別して取り出す BigRIPS

のために撤去され、事務棟前に展示されていますが、現在理研では、合計5台のサイクロトロンが動いています。これほど多くのサイクロトロンが1か所で動いているところは聞いたことがなく、正に和光市はサイクロトロンシティと呼べるように思います。

宮本：これほどたくさんの加速器を使う目的は何でしょうか。

上叢：第1の目的は、宇宙にはなぜ鉄よりも重い元素が存在するかという謎を解くためです。太陽のようなゆっくりした核融合では、原子核の結合エネルギーが最大である鉄までの生成は説明できるのですが、それより重い元素については解明できていません。超新星爆発によって一気にウランまでが合成されたと考えられていますが、それが正しいかどうかは、合成の途中で生成される不安定核の性質を調べなければなりません。そのための不安定核を生成する方法の1つが、高エネルギーに加速した重イオンビームを標的にぶつけるものです。標的との核破砕反応（ウランの場合は核分裂も寄与します）によって様々な壊れた原子核のうち、必要なものだけを取り出す装置が図3に示す BigRIPS と呼ばれる装置です。BigRIPS の先には様々な測定器（ZDS, SHARAQ, SAMURAI, Rare RI ring）が並んでいます。

宮本：放射線管理は大変でしょうね。

上叢：加速器の種類が多いと、気を付けないといけない事柄も様々です。RIBF の設計の前には、放射線医学総合研究所の HIMAC を利用して、外部の方と共同で重イオンによる2次中性子生成の測定をしました。このデータを基に遮蔽設計ができたことは大変有り難かったです。

加速粒子は、BigRIPS の標的と、その直後のビームダンプでほぼ100%失われます。したがって BigRIPS の遮蔽が最も重要で、標的とビームダンプは5 m の厚さのコンクリート製局所遮蔽で覆われ、さらに部屋の天井の厚さは2 m あります。建物全体は地下にあり、天井の表面が地表ですから、地表面までは合計7 m のコンクリートで遮蔽されています。これによって事業所境界の線量は検出限界以下に抑えられており、放射線管理者としては楽をさせてもらっています。

ただし、放射化対策となると別です。BigRIPS での残留放射能は、将来人が近づいて行うメンテナンスができなくなると予想されているので、遠隔操作で機器の交換作業ができるように対策がとられています。

サイクロトロンの引き出し電極などは、ビーム損失によって、しばらく冷却した後でも mSv/h レベルの残留放射線があります。電極

は時々磨く必要があるのですが、直接手で行う以外、今のところ方法がありません。この場合、まず機器を大きなポリエチレン袋で覆い、手を挿入するところに切裂きを入れます。作業者はタイベックスーツ、2重の手袋、高性能フィルタ付きマスク、ゴーグルを着用します。また、室内の空調機を止めて空気の流れを止めます。これらの対策は長年の経験で学びました。ビーム強度が大きく、エネルギーが十数 MeV の AVF サイクロトロンでの作業が最も汚染の可能性が高く、気を使います。

RIBF ではウランを加速していますので、加速器の最上流にあるイオン源では、年間数十 g ではありますがウランを使います。加速されるウランはごく一部ですので、残りのウランは超電導電磁石の中心部の真空容器の内側に付着します。そのため、非常に複雑な機械にも関わらず、作業はタイベックスーツ、手袋、高性能フィルタ付きマスクという出で立ちで行います。これもほかではなかなか経験できない放射線管理だと思えます。

施設は常にどこかで改造があり、また新しい装置などが次々とできるので、放射線障害防止法の変更許可申請が毎年 2~3 回、原子炉等規制法の申請も毎年 1, 2 回必要です。研究者からの要望を聞き、理研の施設の状況と法律に照らして考えて、できるだけ支障なく実験が行えるよう努めているつもりです。しかし例えばウラン加速の場合、最初に希望を聞いた時にはイオン源グループの態勢はまだ心もとなく、私も知識不足でしたので、拒否しました。しかし、その後経験のある外国の研究所へ見学に行くことによって放射線管理の感触をつかめたこと、人の態勢も整ってきたので、放射線障害防止法

と原子炉等規制法の申請を合わせて行い、許可を得ました。初めに聞いてからは 5 年以上かかりました。

宮本：放射線管理が幅広くて大変なことが分かりました。話題を変えて、ストレス解消のための趣味のことなど聞かせてください。

上叢：正直言って無趣味です。ただ、この歳になっても車の運転は嫌いではなく、京都市辺りまでは割合気楽に行きます。下手ですがスキーも好きです。強いて言えば、おいしくお酒を飲むための料理は気に入っています。時間がある土曜日は近くの鮮魚店に行き、おいしそうなのを見つろいて下ろしてもらいます（小さいものは自分でもやります）。夕方料理して（たいてい刺身ですから“料理”と言うと怒られますね）、ほかに酢の物くらいを作り（煮物など実質的な総菜は女房作です）、季節に合わせて日本酒、ワイン、ビールを楽しみます。初夏に家で焼く鰹のたたき、初秋の秋刀魚の酢締め、冬の鱈の昆布締めなどは最高ですね。

川越市に住んでいますが、良い所です。子供が小さい時は近くの川に自転車で行き、野草を摘んできて食べたりしました。雉を見掛けたこともあります。また、川越市は歴史的な楽しみもあります。蔵造りの街並みを歩いたり、七福神めぐりをするなど、多くの観光客が訪れます。自慢できるのは川越祭りです（とはいえ、豪華さを京都の祇園祭と比べてはいけません）。毎年 10 月の第 3 土曜と日曜の 2 日間、たくさんの山車が町を巡ります。特に今年には市制施行 90 周年を記念して 29 台すべてが出ました。主要な街路が屋台で埋まりますので、焼き鳥とビールを調達しながら山車を見て歩くのは格別です。みなさまも是非お越しください。

---

主任者コーナーの編集は、放射線安全取扱部会広報専門委員会が担当しています。

【広報専門委員】 上叢義朋（委員長）、池本祐志、小野孝二、川辺 陸、鈴木朗史、桧垣正吾、宮本昌明、吉田浩子