

RIKEN ニュース

理化学研究所

総合的な加速器研究施設の完成へ

AVFサイクロトロン¹の設置と世界最高エネルギー加速の成功

去る7月20日午前2時、リングサイクロトロンで窒素-14イオンを核子当たり1億3千5百万電子ボルト(135MeV)まで加速し、引き出すことに成功した(第1図)。これは全エネルギーにして18億9千万電子ボルトになり、連続重イオンビームとしては世界最高エネルギーである(第2図)。

加速器の性能の良し悪しは、エネルギーの高さだけでなく、加速イオンの種類、イオンビームの質や、その周りの実験設備によって決まることが多い。特に原子核研究用の加速器は、多様な研究が生まれ育つプレイグラウンドとしての役割が大切である。我々の加速器施設は、後述するように、これらの点でも世界第1級の施設であると自負している。

ところで加速器を山に例えると、高エネルギー加速器が鋭いピークなのに対して、重イオン加速器は、裾野の広い大きな山塊に比することができる。人々が低い山から高い山へとその足跡を延ばしてきたように、加速器研究の分野でも、エネル

ギーをだんだん高くして新しい現象を発見しながら、同時に裾野に広がる多彩な研究を育ててきた。理研の加速器施設も、今後とも、そのような役割を果たして行くべきであろう。

理研加速器施設の建設計画は昭和49年にスタートした。まず重イオン線型加速器の建設から始まり、昭和55年度からリングサイクロトロン²の建設が進められてきた。さらに入射用AVFサイクロトロンや多くの測定装置が建設されて、今年の3月で計画の主要な部分が終了した。この間、昭和61年12月に線型加速器とリングサイクロトロンを結合して、アルゴンイオンの加速・取り出しに成功した。さらに本年4月にAVFサイクロトロン³の加速試験に成功し、7月には当初から目標としていた最高エネルギーの加速に成功したので、これで建設は実質的に一段落した。実に15年の歳月をかけて完成したことになるが、幸い現在でも世界第1級の加速器施設である。当初の計画立案が良かったというべきであろう。今後は研究にお



図1 リングサイクロトロン(昭和61年完成)

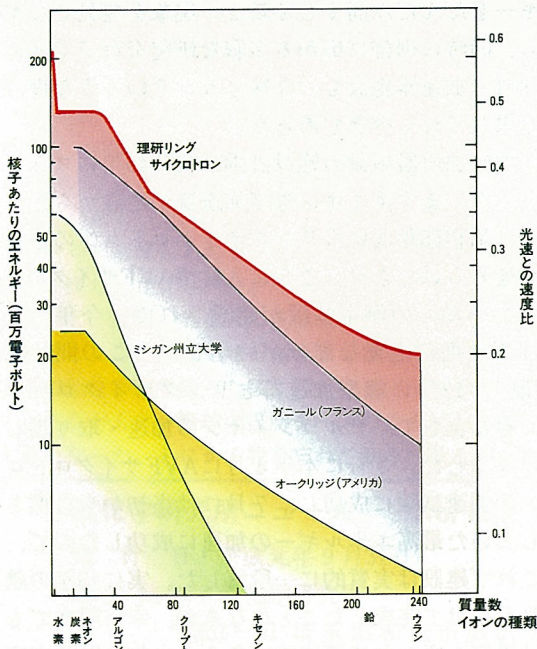


図2 エネルギー

いてその存在を世界に示す成果を挙げる事が主要な目標になる。

建設にあたっては多くの新しい試みを行った。スペースの取り合いで、あるいは予算的にどうしようもなくなり、工夫を重ねて行った試みが多い。例えば、高周波加速システムでmoving box型の共振器と高周波増幅器は、通常の moving short 型では高さが高くなり過ぎる等の問題があり、新しい方式として藤沢研究員が考案した優れたものである。また、制御系ではCAMACモジュールとしてCIM,DIMというインターフェースが技術部(当時)の清水、横山、長瀬技師らにより開発されたが、これにより大変安価に完成できただけでなく、ユニークなシステムとして高い評価を受けている。その他、入射方式やビーム診断系など独自の方式を開拓したものが多く、また全ての機器について、理研の研究者・技術者が細かいところまでメーカーに指示して製作を進めており、ある意味で手作りの装置と言ってよい。しかし優れた性

能の加速器を作り上げるのに、住友重機械工業は
 じめメーカーの技術者の献身的な努力が大きく貢
 献していることも強調したい。なお、これは自慢
 にならないが、世界中で最も少ない人数で建設し
 たという記録を作っている。

第2図は理研加速器施設とフランスのGANIL
 研究所等で加速できるイオンと、その最高エネル
 ギーを示したものである。理研の施設は、重イオ
 ンの最高エネルギーが高だけでなく、陽子、重
 陽子、アルファ粒子などが高いエネルギーまで加

速できる点で他に抜きこんでいる。また、時間分
 解能が300ピコ秒と世界で最も短い。

第3図に施設全体の平面図を示した。照射実験
 室は、E1からE7まで7室あり、それぞれに大型装
 置が設置されている。リングサイクロトロンを出
 たイオンはビーム分配系により、各実験室へ運ば
 れる。ビーム分配系は時間分割方式を採用して
 おり、2つの実験室で同時に実験ができるよう設
 計されている。

E1室にはオンライン同位体分離装置 GARIS

理研加速器研究施設

R：重イオン線型加速器本体室
 B：リングサイクロトロン本体室
 C：入射用サイクロトロン本体室
 D：ビーム分配室

E1：(上)汎用ビームコース
 (中)汎用ビームコース
 (下)オンライン同位体分離装置
 (GARIS・IGISOL)
 E2：(上)原子物理実験コース
 (下)大散乱槽“阿修羅”
 E3：(上)落送管式RI製造照射装置
 (下)ふっ化バリウム 2π カウンター
 荷電パイオンスペクトロメータ
 E4：高分解能磁気スペクトロメータ
 中性子飛行時間測定コース
 E5：生物・医学照射コース
 E6：核反応生成核種分離装置(RIPS)
 E7：(上)金属物性実験装置(SLOW)
 (下)ミュオン物性実験装置(Large Ω)

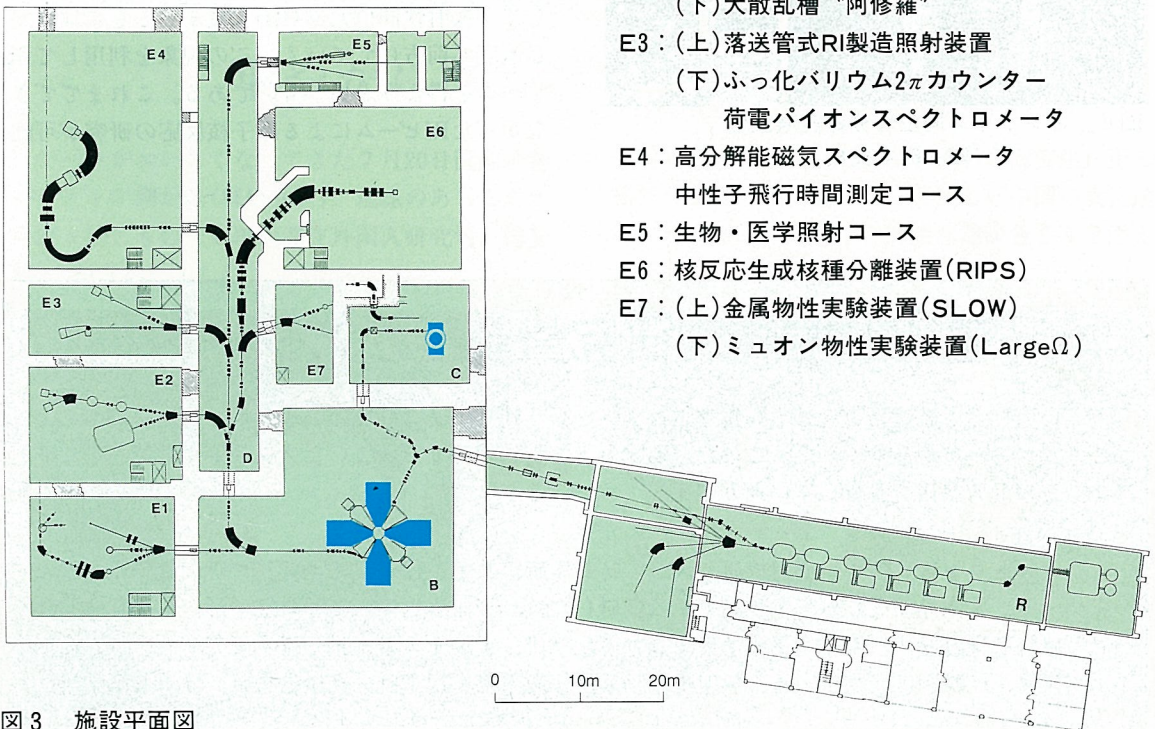


図3 施設平面図

(Gas-filled Recoil Ion Separator)-IGISOL (Ion Guided Isotope Separator-On-Line)がおかれている(第4図)。重イオン反応で標的中に生成された同位体が反跳をうけてGARIS中に入り、その中で気体に衝突して減速されながら、磁場により質量の違いで分けられる。その後さらにIGISOL中に入り、1価のイオンになって改めて加速されて質量分析される。この装置で原子番号が100を越す新しい超重元素の生成分離を計画しているが、最近既に100番までは生成されたと思われるデータを取得している。

E2室には大型散乱槽と原子衝突実験装置が置かれている。前者は直径3 m、長さが5 mの円筒形

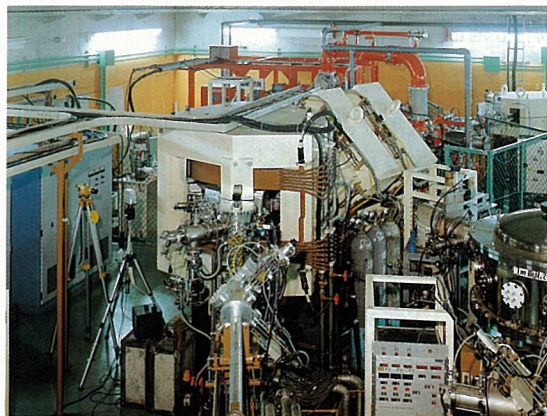


図4 オンライン同位体分離実験設備
(昭和62年完成)

真空タンクで、中は標的の周りに前方及び上下左右の全面にわたって検出器を配置できるようになっている。原子衝突実験装置は、重イオンの衝突で発生するX線、電子線やイオンの持つ電荷を測る装置である。最近、高エネルギー重イオンが物質中を進みながら電子を捕まえて出すX線を観測すれば、物質中の電子の運動状態が解ることを示唆する結果を得ている。

E3室には弗化バリウムのシンチレータを半球状に並べたクリスタルボールがある(理研ニュースNo.103参照)。これは重イオン衝突で発生する多数のガンマ線を、同時に測る装置である。このほか中間子測定装置や化学実験用の照射装置が設置されている。E4室にはイオンのエネルギーを正確に測るスペクトロメータと、中性子のエネルギーを飛行時間の測定から正確に求める装置を建設する。近く搬入据え付けの予定である。

E5室には生物照射装置が、E6室にはRIPS (RIken Projectile-fragment Separator)が設置されている。後者は理研加速器施設の「目玉商品」の一つである(第5図)。重イオンは標的核に衝突して、放射性同位元素(RI)になるとともにほぼ同じ速度で前方にでていく。この現象を利用してRIビームを得ようというものである。これまでできなかったRIビームによる原子核反応の研究が可能

基礎科学特別研究員制度がスタート

若い研究者で基礎研究を強力に推進させようという新しいこの制度の公募に対し、定員25名のところ78名の応募がありました。このたび選定および契約が終り、いよいよスタートする運びとなりました。受入れ研究室は以下の通りです。

サイクロトロン研(2名)、放射線研(2名)、結晶学研、原子過程研、リニアック研、量子化素子研究チーム、表面界面工学研、生体高分子物理研(2名)、表面解析室、素形材工学研、生物有機化学研、理論有機化学研、有機金属化学研、高分子化学研、太陽光エネルギー科学研究グループ、遺伝子解析研、植物制御研究チーム、放射線生物学研、微生物生態学研、真核生物研、分子遺伝学研

になり、中性子や陽子の極端に多い原子核の形や、宇宙における元素生成過程が調べられる。宇宙では、超新星の爆発時に急激に陽子や中性子の反応が進み、そこで生じた不安定核にまた陽子などが衝突して重い元素が生成されたと考えられている。



図5 放射性重イオンビーム生成実験設備
(昭和63年度完成)

この過程を地上で確かめる実験装置などをRIPSに設置する計画である。

E7室は材料研究へ重イオンを利用する部屋である。最近注目されているミュオンを重イオンでつくり、物性研究やミュオン触媒核融合の基礎研究を行おうとしている。ミュオンはパイ中間子が崩壊して生じる不安定粒子であるが、性質が電子と同じで質量が270倍ありスピンを持っているので、物性を調べる新しいプローブになっている。E7室にはこの他、RIを金属中で作り、加熱して表面から出てくるRIを測定して表面状態を研究する装置がある。

理研加速器施設は所内の研究者だけでなく、国内外の研究者も利用している。そのための外来研究者宿舎も近く建設される。私たちはこの加速施設が基礎研究だけでなく、照射試験などの応用研究にも利用され、科学技術の発展に寄与することを期待してやまない。

サイクロトロン研究室
主任研究員 上坪宏道

華やかに国際親善パーティ開催

ビールがおいしくなってきた7月20日国際親善パーティが開かれ(理研食堂)、地球のあちこちから25ヶ国にもものぼる理研滞在外国人研究者、総勢153人が参加しました。

日本側からは小田理事長をはじめ研究生に至るまでの多様な顔ぶれ、若くて美しい中国の女性達やパーティ上手な欧米の御婦人達が色どりを添え、賑やかに歓談が続きました。



新主任研究員紹介



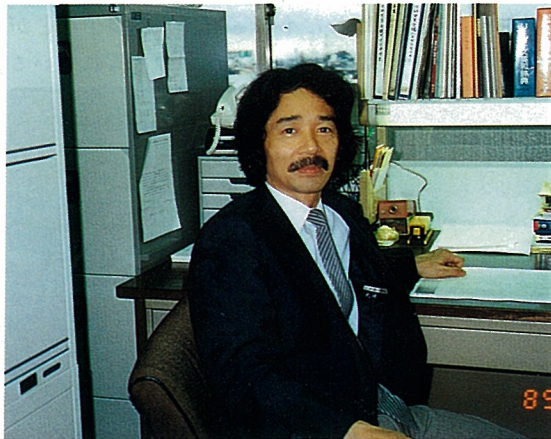
生物物理研究室

植木 龍夫

当時工学部の応用化学科では石油化学・高分子化学が全盛でしたが、大学3年の頃から分子やその集団の原子レベルでの構造といったことに興味を抱きました。O₃O₄は柔らかい結晶で、その融点が40℃位と普通の金属酸化物の常識からまったく外れているといった性質が本当に不思議でした。その結晶構造から、O₃O₄は網目構造をとらずに孤立した分子として存在するといったことが判明しました。構造から考えるとその性質が何ら不思議でないといったことが証明され、構造研究の威力と大切さを痛感した最初の仕事でした。

その後、興味を中心に生物と関連した方向へ向き、アミノ酸、ペプチド、蛋白質結晶の構造解析に従事しましたが、よりin vivoにということ、生体膜や酵素など超分子系の水溶液中での構造の散乱法による研究へと展開してきました。小角散乱法による物質構造の研究は、ある人のいったことですが、「昔提案された面白いテーマで、当時の技術水準ではとても実現できなかったようなテーマ」に該当すると思います。シンクロトロン放射光の出現と検出器の発達、散乱法による生物の機能と密着した構造研究—時々刻々と変化する構造を追跡すること—を可能としました。

新しい分野の確立を願っています。



放射線生物学研究室

花岡 文雄

我々ヒトの遺伝子は46本の染色体に含まれるDNAですが、これをひとつづきのヒモと考えると約2mにも達します。塩基対にするとおおよそ30億個のものが2組という膨大な情報テープが、直径約10μmの細胞核の中に収納されているわけです。このように長いヒモが、一体どのような仕組みで、顕微鏡下でしか見ることの出来ない大きさの核の中で、こんがらがりもせず2倍になったり（複製）、読み取られてRNAになったり（転写）するのか、というのが学生の頃からの興味でした。その興味がずっと続いて、東京大学薬学部では、大学院生、助手、助教授と歳をとっても一貫して「哺乳類細胞のDNA複製機構」というテーマで研究してきました。

最近、ようやく我々のグループで、試験管の中で染色体様の構造を複製させることができるようになり、これから「DNA複製の調節」という、細胞の癌化や老化、再生などの、医学的にも重要な生命現象のメカニズムを本格的に調べられる段階に入ってきました。理研では、これまでの研究を発展させるとともに、より広く「核の機能と構造」の問題に取り組み、またその機能を修飾する物質を見出して、「くすり」への応用を図りたいと思っています。

第12回科学講演会の御案内

研究成果を広く普及するための科学講演会を毎年行っていますが、今年は日本海側の代表的工業立県をめざす富山県で開催します。最先端の研究をわかりやすく紹介しますので、多くの皆様の御来聴を歓迎します。

プログラム

- | | |
|-----------------|--|
| 講演 ①13:10～14:30 | 植物の光エネルギー変換素子—光合成系
主任研究員 農学博士 井上 頼直 |
| ②14:30～15:50 | 最近のエレクトロニクス材料の発展
主任研究員 工学博士 青柳 克信 |
| ③16:00～17:00 | もの造りの技術の発展と21世紀の機械工場
理事 工学博士 佐田 登志夫 |

日時：平成元年10月24日(火) 12:40開場、17:10閉会

会場：富山県民会館 3階 特別会議室
富山駅より徒歩10分 TEL 0764-32-3111

主催：理化学研究所

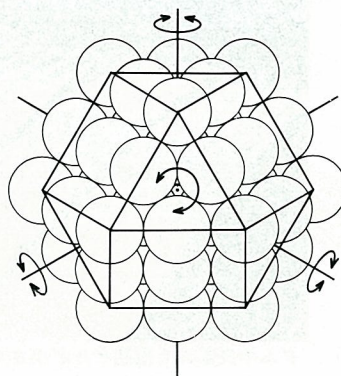
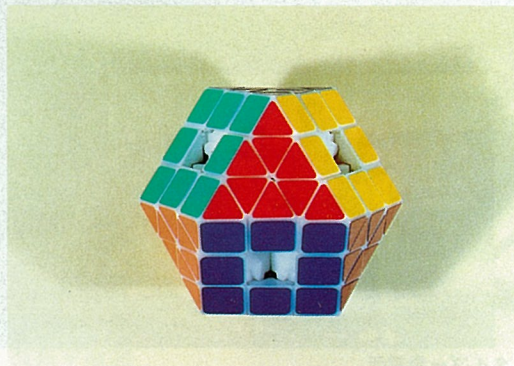
後援：科学技術庁、富山県、富山市、富山経済同友会、富山県経営者協会

スポットニュース

立方八面体型ルービックキューブを開発

かつてルービックキューブが大流行したことがあるが、このほど結晶学研究室は研究基盤技術部の協力により、写真のような精巧な立方八面体のルービックキューブを開発した。

面心立方格子の格子点に原子を置いて最密充填すると図に示すような立方八面体ができ、これを原子の境界面で切断すると写真のような立方八面体5段キューブができあがる。4本ある3回軸でキューブを回転することは原子面をスライドさせることに相当し、このキューブは金属や合金の持つ展性、延性等の物理的性質を説明するモデルになっている。一方このモデルはパズル遊戯具としても斬新なものであり、3回軸に垂直に正方形の面をスライスしてできたキューブは正方形の中央に穴があき内部の構造の動きを観察しながら色合せを楽しむことができる。



「日本を勉強しています」

Antonio Fluminhan Junior

理研で実施している国際協力事業団(JICA)のプロジェクト「バイオテクノロジー研修」の一員として、微生物制御研究室で1年間の研修予定。ブラジル・サンパウロ大学修士課程在学中、24才。

日本の人達はブラジルから来た私に対し、いろいろな事で驚きや戸惑いを感じているであろうと気遣ってくれているようです。しかし私の住んでいるサンパウロ州のプレジデnte・ブルデnte市は、人口20万人の20%以上が日系人であり、ホンダやヤマハ、いくつかの銀行等いろいろな日本の会社があり、多くの日本の工業製品が出まわっています。気候も東京とほとんど同じです。そして当然のことながら日本の経済や技術の素晴らしい発展については皆が知っています。これからのブラジルでは科学技術の応用面が重要であると考えていた私は、理研で行うJICAのバイオテクノロジー研修を知り、日本の優れた技術を学ぶ絶好の機会と考え直ちに参加しました。

理研での植物細胞培養に関する私のテーマも順調に進展しています。ここで学んでいる研究は帰国後も継続できる見通しであり、ブラジルの農業に少しでも貢献できればと思います。

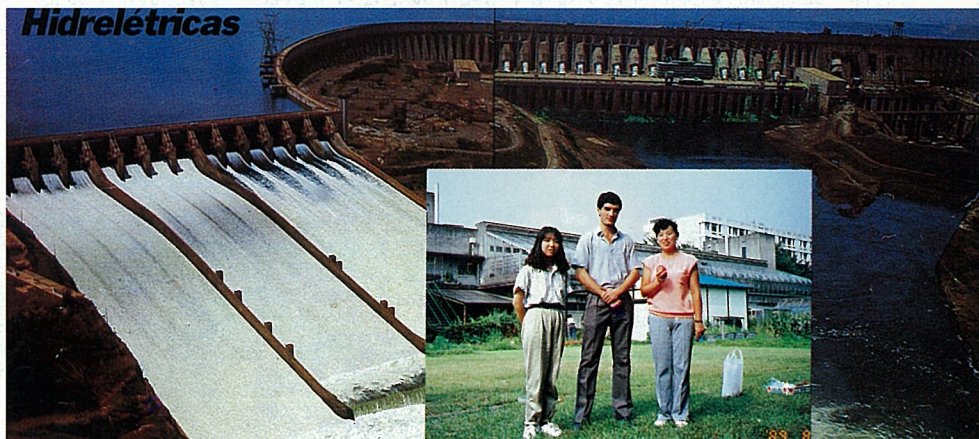
農業といえばブラジル最大の産業と思っている日本の方が多いようですが、輸出の60%は工業製品です。日本、西独について世界3位の貿易黒字国とは知る人も少ないでしょう。アルゼンチンとパラグアイの国境近くパラナ川には、この工業を支える基盤としての世界一のイタイプー水力発電所があります(写真)。最大発電量は1,260万kW、アスワンダム(960万kW)を上回り原子力発電所13個

分にも相当します。(参考:黒部第四発電所33万kW)。この近くにあるイグアスの滝は幅3.7km、落差82mもあり、これもナイアガラの滝(幅1km、落差56m)をはるかにしのぐ世界一の規模です。

ブラジルはいま大変なインフレに悩まされていますが(昨年1,000%)、中流程度の私達の生活は結構楽しいものと言って良いでしょうか。むしろ東京近郊の家が7千万円というのは驚きです。サンパウロではその1/10で3LDK程度の家が買えます。大学卒初任給は6万円程ですが、牛肉は1kg・150円、ビールは70円です。

日本での強い印象の一つは、日本女性の美しさです。八頭身美人ではないようですが、西歐的なファッションを身につけ、はにかみやさんの風情はなかなか魅力的です。また日本でときどき奇異に思うのは、悪いニュースを多く報道することです。例えばカーニバルの場合など、その楽しさよりも死者の数に重点をおきすぎると思います。

1年間という短い滞在ですが、日本をよく学んで帰りたいと思います。JICAの配慮で日本語も勉強しています。日本語は漢字のほか、ひらがなやカタカナの3種類もありむずかしく思いますが、簡単な会話はできるようになりつつあります。理研の方々も時々ブラジルへ行かれるようですし、将来にわたってブラジルと日本の友好のために努力したいと思います。



ダム中央部の6階建ビルが小さく見えるイタイプー発電所

理研シンポジウム (10、11月分)

テ ー マ	担当研究室	共催・協賛	開催日
軽・軽重イオン核反応の話題	サイクロトロン		10/6
第10回「非接触計測と画像処理」	情報科学	計測自動制御学会ほか	10/27
ミュオン核融合現象の基礎と応用	金属物理	日本物理学会ほか	11/2~4
真空紫外線領域のレーザー分光	マイクロ波物理	日本分光学会	11/10
「細胞表層糖鎖の化学」第7回	細胞制御化学		11/20
植物病害制御の新展開	微生物制御	日本農薬学会	11/22
新しい光応用技術	光工学	応用物理学会ほか	11/24

理研の主な公開特許(9月5日まで)

01-102342 蛍光顕微分光法および装置

マイクロ波物理研 塚越 幹郎 粕谷 敬宏

〔目的〕収束されたレーザー光を試料に2次元的走査することにより、単位体積内の蛍光物質の量を測定することを可能とする。

01-160988 ドコサヘキサエノイルジアシルグリセロールの製造法

植物生活環制御研 桜井 成 旭 健一他3名

〔目的〕水産動物の卵から分離したホスファチジルコリンを精製後、ホスホリパーゼCで水解して、制癌性を有する標記化合物を、天然の立体特異性を維持したまま、簡単にかつ高収率で経済的に得る。

01-151501 農薬コーティング剤

微生物制御研 本間 保男 有本 裕

〔目的〕農薬有効成分粉末を特定量の脂肪族多価アルコールの脂肪酸エステルまたは磷脂質でコーティングすることにより、低濃度でも優れた防除効果を示し、薬害もなく安定した薬効をもたらす農薬コーティング剤。



天の美祿に 酔いしれた日

「7月20日午前2時。135MeV/u Nビーム取り出し成功。これでやっとリングサイクロトロンは文字通り『K540』になりました」。リングサイクロトロン建設総責任者上坪主任研究員の机上にメモを残し、私暁のささやかな祝宴の席へ。じつに美味しい酒であった。今夏、リングサイクロトロンが最高設計性能に到達し、世界最高エネルギーの連続重イオン(窒素)ビーム加速に初めて成功したときのことである。

このKという値は、サイクロトロンの加速性能を示す指標で、これにイオンの電荷と質量の比の自乗を掛ければ加速できる最高エネルギー(単位は核子当たり百万電子ボルト、MeV/u)になる。K540を目指して設計された理研のリングサイクロトロンでは、電荷7質量14の窒素イオンに対して135MeV/uが加速限界であるわけだ。得られたイオンのスピードは光速の半分に達する。

ところで、われわれ設計陣にとって「世界記録」自体はさほど感動をよぶものではなかった。リングサイクロトロンの建設に着手してすでに十年の歳月を経たが、この間われわれが常に追い求めてきたものは「K540」であって「世界記録」は副産物にすぎないからである。

思えば、この十年間で別けても感動的であったのは、やはり、1986年12月16日午後3時30分、リニアックから入射したアルゴンビームを21MeV/uまで加速し、取り出しに成功したあのリングサイクロトロンファーストビームの瞬間であろう。七年の長期にわたるマシン建設に携わったメンバーがつぎつぎとコントロール室に集結し、祝杯。酒は天の美祿なり、というが、これほどまでにこの感慨を味わったことはなかったと思う。右下の記念写真を撮った後、頭からビールをかけ合っ、さながらプロ野球の優勝チームのようにバカ騒ぎとあいあった。とにかく我を忘れて飲み込んだ。踏

跟蹠躑屈転、まさに三日酔いの屈転にまで至ったわけである。

このときリングサイクロトロンはまだ「K230」でしかなかった。リニアックとの連携運転で実験チームにビームサービスを行いながら、高性能重イオン源を搭載した入射用サイクロトロンの建設、ビーム分配システムの拡張に大型実験装置の製作を進め、今回の「K540」の達成。十カ年建設計画はまもなく終結する。

考えてみると、少ない人数でよくここまで次から次へ「もの」作りをしてきたものだと思う。しばしば、この加速器は何人でこしらえて、何人で動かしているのか、という質問を国内外の加速器屋から受けるが、「三十人足らず」と即座に答えると、冗談をいっていると思うらしく最後まで信じてもらえない。理研の重イオン加速システムの規模と同等かやや下回る装置をもつ仏国のガニール研究所、米国の国立超伝導サイクロトロン研究所、中国の近代物理研究所などは一国の重イオン科学を担う国立研究所になっていて、総職員数、数百人、中国の近物研にいたっては、約千人の陣容をとっているわけであるから、質問者が到底信じ難いのは至極当然であろう。

ともあれ、今はただ世界的なレベルの「道具」ができただけのことに過ぎない。しかもまだ完べきからは程遠い代物である。腕のいい職人が、これを縦横に駆使していい仕事をしてくれることを囑望する。再び、天の美祿に酔いしれる日を期待して。

サイクロトロン研究室

副主任研究員 矢野安重



理化学研究所ニュース No. 106, SEPTEMBER 1989

発行日・平成元年9月31日

編集発行・理化学研究所

〒351-01 埼玉県和光市広沢2番1号

電話 (0484) 62-1111(代表)

編集責任者・佐田登志夫

問合せ先・開発調査室(内線 2744)