

## 日本加速器外史 (その3)

井上 信\*

## An Unofficial History of Japanese Accelerators (Part Three)

Makoto INOUE\*

## 6. 世界のトップを目指して

## 各大学等の加速器建設の広がり

1970年代の初めに原子核将来計画が認められると、各大学から待っていたかのように多くの計画が提案された。東北大学で青葉山移転に伴い森田右先生がバンデグラフを廃止しAVFサイクロトロンを設置したこと、東京教育大学が筑波大学になる機会に真田順平先生がベータトロンを廃止しペレットロン・タンデムを設置したことなどがやや規模の大きいものであった。これらは市販品の購入であったが、九州大学では磯矢彰先生が独自のペレット式静電加速器づくりに凝っておられた。その技術は高く評価されており、九大にペレット式タンデムの建設が認められた。大メーカーに頼らず、自作に近いものであったために、研究室の学生達は苦勞したようであるが、電界の強さでは世界最高であった。

大学以外では理研で重イオン科学を目指して、1970年代中頃から小寺正敏さんが中心になってリニアックの建設が始まった。原研では竹腰英子さんが中心になって、わが国最大のペレットロン・タンデムを米国から輸入した。放医研ではAVFサイクロトロンを購入した。次第に科学技術庁が大型加速器に投資するようになってきた。対抗するように文部省は東大の医科研に小型のAVFサイクロトロンを購入した。医科研のものは、物理学関係者もビームライン等の建設に協力して利用したが、医学関係の成果が期待したようには出なかったためもあって、医学関係者と物理関係者の間に、その後やや不信感が生ずるという不幸なことがあった。異文化交流の難しさであろう。

小型の加速器はその後も各大学で要求され実現し

た。特に原子力工学の初期に設置されたものの更新や、新たなバンデグラフやリニアックが設置された。北大の電子リニアック、東北大学のダイナミトロン、東大の電子リニアック、東工大のバンデグラフ、阪大産研のベータトロンに代わる短パルスLバンド電子リニアックなどがある。私学では法政大学がバンデグラフを設置してイオンビームの応用面で活躍を始めた。少し後になるが、阪大工学部に大強度の Cockcroft (オクタビアン) ができ、産研では津守邦彦さんがSバンドのリニアックを自作した。また、広島大学では移転に伴い工学部のCockcroftに代わりバンデグラフが設置され、さらに東大原総センター(東海)のバンデグラフなどが設置されるようになる。なお、流れは少し異なるが、プラズマあるいは核融合関連の加速器として、長岡科学技術大、神戸商船大等各地に大小のマルクス発生器による大強度パルスビーム発生装置が設置された。

## ニューマトロン計画

このような1970年代後半の全体的なレベルアップの中で、核研では高エネルギー物理の主流がKEKに移った後、次期計画として世界最先端の加速器建設をめざし、パークレイで検討されていたオムニトロン計画にヒントを得て、重イオンを高エネルギーまで加速するニューマトロン計画が立案された。ニューマトロン準備室ができて平尾先生がリーダーとなる。平尾先生の周辺にはSFサイクロトロンを建設した人材がいたが、その1人の関口さんは息の長い計画になるから若い人を中心にすべきと進言し、ニューマトロン準備室はESで山口省太郎先生の薫陶を受けた片山武司さんを中心に元気のいい若手を集めて出発した。重イオンシンクロトロンで要求される真空度の実現は困難

\* 京都大学産学官連携研究員 (原子炉実験所)  
Research Reactor Institute, Kyoto University  
(E-mail: inoue@rri.kyoto-u.ac.jp)

だとかいろいろな批判はあったが、1970年代後半から加速器グループは TARN という蓄積リングや RFQ リニアック・IH 型リニアックの試作器を作るなどして技術を積み上げていった。なお、IH 型はミュンヘンで森永晴彦先生が作られたことで有名であった。

一方、当初の関西核研構想に入っていたタンデムの設置を希望していた杉本健三先生は RCNP の AVF サイクロトロン予算が通ると直ぐ、タンデムの要求をしてほしいと訴えたが、山部先生は AVF サイクロトロンをやっと通したところで完成もしないうちに次の要求は無理だと退けた。やがてニューマトロンに関心を持った杉本先生は溝渕先生を送り込むが、最終的にはご自身が核研に移り最後は所長となって陣頭指揮を執る。当時の所長は坂井光夫先生で核研をこよなく愛したロマンチストである。坂井先生が次の所長にと望んだのが、杉本先生であった。

そのうちに他のいくつかの研究機関で次期計画が検討される時期になってきた。核物理関係では、理研で重イオンリニアックに接続するリングサイクロトロン計画が出てきた。RCNP でもリングサイクロトロン計画の準備を始めた。ただし山部先生のスタンスは、自分では AVF サイクロトロンだけがいいところで、さらなる予算獲得は無理であるが、次世代のために計画は出しておくという感じであった。一方、東北大学でも新しいリニアックの計画が鳥塚賀治先生を中心に提案される。

#### KEK トリスタンと理研リングサイクロトロン

KEK では、発足時から陽子・電子衝突などをめざすトリスタン計画があったが、当初は研究者の関心は少なかった。しかしこの時期、真剣にトリスタン計画を推進しようという雰囲気になってきた。当時の DESY の成果に刺激されて、陽子・電子衝突よりも物理が出やすい電子・陽電子衝突にすべきであるという国際情勢があり、急遽、電子・陽電子コライダーに内容を変更し、本格的に予算要求活動を開始した。その前に核研の高エネルギー部を取り込み、放射光 (PF) を建設していたことは見事である。入射器のリニアックを共通に利用できた。

トリスタン実現のためにとった西川先生の予算獲得のやり方は、そこまでやるかというほど、学者離れしていた。ただし、トップフォークを発見してノーベル賞を取ると言った勇み足の宣伝をしたため後年、大阪の計画のために文部省へ説明に行くと、トリスタンのようにはならないでしょうねと念を押されたという。文部省はトリスタンは失敗だったといわれていたのであろう。

しかし、いうまでもなくトリスタンの加速器自身は木村嘉孝さんをリーダーとするチームが見事に完成させ、米国から帰国して計画全体のリーダーになっていた尾崎敏先生が嬉し泣きしたというほど、その完成 (1986 年) は、日本の高エネルギー物理関係者が長年待ち望んだ、世界のトップに躍り出ることができた瞬間であった。前宣伝は別として、それなりの成果をあげ、KEK 中興の画期をなした。この建設が高周波技術、超伝導技術等の進展にとって重要な意味があったことについては本学会誌 1 巻 2 号の高田耕治さん及び黒川眞一さんの記事 (話題) でも触れている。

科学技術庁の方では、理研のリングサイクロトロン計画が認められた。松田一久先生亡き後、サイクロトロンの主任であった上坪宏道さんが復興サイクロトロン建設チームと矢野安重さん達若手を率いて日本初、世界でもトップクラスのリングサイクロトロンを完成 (1986 年) させる。これに予算が付いたとき、茅先生がニューマトロンを通してやったよ、と核物理関係者に語ったという。少し離れた人の認識はその程度のもかもしれない。ニューマトロン計画に書いてあることが一見すると全て可能であるかのように理研のリングサイクロトロン計画書には書いてあったものである。ただし、予算獲得の面では当時の文部省と科学技術庁の関係からすると、ニューマトロンは科学技術庁のこの計画に負けたのではなく、同じ文部省のトリスタンに負けたというべきであらう。

#### ニューマトロン計画の挫折

ニューマトロンの方は、あれだけ準備ができていたのだから通常なら認められていい計画であったが、敷地問題で難航している間に、他の計画に先行された。この敷地問題で、いろいろな地名が噂に上り、最後は核融合研の敷地として予定された土岐市に行くと言いだした後、それも時間がかかるからまたやめるといふ、ドタバタがあり、核研トップのマネジメントが失墜した。決定的だったのは、田無の敷地内にできる程度のリニアックから出発してはどうか、という文部省の提案を、それではオリンピックのメインポールに日の丸が立たないとばかり、拒否してしまったことである。ロマンだけでは実現しない計画であった。

かつて、日立や日産の生みの親で旧満州の 3 スケの 1 人である鮎川義介さんからこんな話を聞いたことがある。「諸君は金を取ってこいと言うが、金というのはそこにジッとしているのを取ってくるようなものではない。金の方だって出し惜しみしているわけではなく、いい人に使ってもらいたくてウズウズしているのだ。こちらに来ないとしたら、計画の内容が悪い

か君たちの説明が悪いからだ。」というような趣旨であった。資本主義の至言であろうが「金だつて騙されることもある」と付け加えるべきか。

## 7. 加速器の素粒子原子核以外への応用

### 医学利用—放医研 HIMAC

放射線医療の初期にはアイソトープや X 線発生装置が使われた。X 線に関してはレントゲンの X 線発見 100 年記念の時に多くの人が書いているので参照して頂きたいが、1895 年の発見の翌年（明治 29 年）には東大、第一高等学校、第三高等学校などで X 線の実験がなされている。多くは輸入した外国製品での実験であったが、第三高等学校の村岡範為馳先生（京大創立時に京大に移る）と島津製作所の島津源蔵氏らは感応起電機と組み合わせた X 線発生装置を開発した（1896 年 10 月 10 日）。これが日本の加速器の始まりといえなくもない。これ以後、島津は教育研究・医療用 X 線装置メーカーとして独自の地位を築く。後に住友重機が開発する放射光にオーロラという名前が付けられるが、大正時代の島津製作所の治療・診断用 X 線発生装置がダイアナ号およびニューオーロラ号と命名されていたことを知っている加速器関係者は少ないかもしれない。島津では浅利正敏さん達が小型の AVF サイクロトロンや RFQ リニアックを作るなど現代も加速器の伝統は生きている。なお、村岡先生はそれ以前にレントゲンのもとにいたことがあり、東京音楽学校（今の芸大）の校長であった経歴もあるが、わが国の近代物理学のパイオニアである。後に沢柳事件で京大を辞職させられる。

治療用にはエネルギーが高いアイソトープが使われたが、やがて電子加速器が作られるようになると、コバルトのガンマ線に代わり、ベータトロンが、そして今では 2004 年 3 月末現在で、日本の加速器（放射線発生装置）総数 1,214 台のうち 777 台が病院にある電子リニアック（日本アイソトープ協会：放射線利用統計 2004 より）となった。

放医研のサイクロトロンでは、陽子と中性子による研究がなされた。この時の中性子は速中性子であった。結果的には速中性子の治療結果は必ずしも良くなかったが、いわゆる粒子線治療の我が国での発展に寄与した。

なお、中性子に関してはボロン中性子捕捉療法（BNCT）という方法があり、これは熱中性子を使う。細胞選択性があり、がん細胞だけを強く破壊する。最近京大原子炉 KUR では脳腫瘍や皮膚がんだけでなく耳下腺がん等への著しい効果が注目され適用例が急増

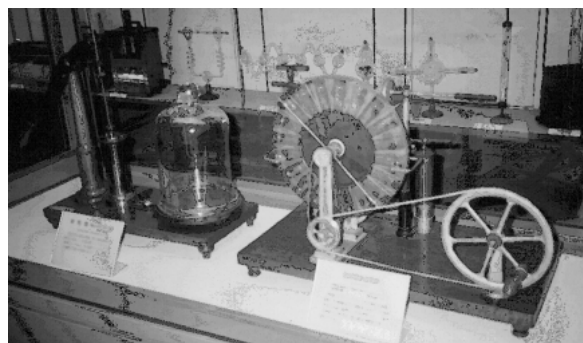


写真1 右が島津感応起電機（初期 X 線用高電圧源）、左は手動ポンプ式排気機（島津創業記念資料館にて）



写真2 ダイアナ号（大正7年より製造）、左端の箱が機械整流式高電圧装置（島津創業記念資料館にて）

している。KUR は 2006 年に高濃縮燃料での運転を休止することになっており、低濃縮燃料での運転が再開できるとしても 10 数年後には最終的に運転停止になると考えられるので、BNCT 用の小型の加速器が開発されることを期待している。

ある時期、脚光を浴びたのはパイ中間子治療であった。ロスアラモスの中間子工場ができてパイ中間子治療研究が始まったというニュースを入院中の湯川先生が聞き、物理学者は悪いことばかりしたが、中間子がこのように役に立つのであれば嬉しい。自分のがんがそれで治ればなお嬉しいと言われたという。湯川先生の治療には間に合わなかったが、これを聞いて、湯川先生のお弟子さんである中村誠太郎先生は中間子治療を日本で実現するための行動を起こされた。もっとも、先生の奥様は純粋な物理学者の中村先生を尊敬しておられるので、この活動は奥様には内緒であるとのことであった。

読売新聞などが支援して、医者や物理屋をロスアラモスに派遣する事業が始まった。後にはスイス、カナ

ダの中間子工場にも、物理屋や医者を派遣した。現在粒子線治療で活躍しているお医者さん達がこの事業で育った。私も1979年に、その関係で素粒子奨励会のお世話になってスイスのSIN(今のPSI)に滞在して、加速器グループの客員としてビーム増強のための新しい入射サイクロトロン建設にも関心を持ちつつ、中間子治療装置PIOTRONの建設状況を見聞した。

我が国では次の治療用装置として、重イオンがいいかパイ中間子がいいかで議論が分かれたが、結局、重イオンを優先することになり、放医研のHIMACとなって結実する。その成功の背景にはニューマトロン計画で培った核研の重イオンシンクロトロンについての技術開発があった。核研には正規の職員のほか正規ポストについてない人や企業からの出向者など多くの加速器関係の若手がいた。山田聡さん佐藤健次さん野田耕司さんなどが放医研に移った。さらにHIMAC建設リーダーとして平尾先生が移り、放医研は世界最大の加速器粒子線医学のセンターとなった(重イオンによる治療開始は1994年)。なお、放医研は重イオンといわずに重粒子線という言葉を開明して使っている。

日本で最初に重イオンを蹴上のサイクロトロンを使って加速したり、重イオンのリニアック(メタラック)を作ったりしたのは京大の向坂正勝先生であったので、ニューマトロン計画でリニアックを担当した上田望さんは向坂先生のリニアックも勉強したというが、上田さん達は初段の加速器としては100 MHzの4ベーン型高周波四重極(RFQ)リニアックを開発した。

RFQはソ連で発明されたが西側で最初に4ベーンのRFQを作ったのはロスアラモスのスエンソン達であった。1979年スイス滞在からの帰りに米国とカナダの中間子工場も見ると立ち寄った私は、ロスアラモスでスエンソンから日本製NCマシンで加工中のRFQのベーンを見せてもらった。そのときまでロスアラモスでは位相交番集束型(APF)のドリフトチューブ型リニアックを作っていた。これはパイ中間子治療専用機PIGMIのための開発研究であり、ちょうど九大から派遣されていた杉光強さんがこのAPFで苦労していた。何しろ小型化のために400 MHz帯のシステムにしたので、初段の100 keV程度のエネルギーではドリフトチューブが非常に短く、これを支持するのは自転車のスポーク程度の太さのステムであったから、直ぐに熱で変形するので調整が大変であった。そこでRFQの採用ということになるのである。

そのとき、中村先生の関係でロスアラモスに派遣さ

れていた慶應大学の近藤誠さんと議論をしたことがある。かれは巨費を投じて中間子治療をすることに疑問をもったようで帰国後、X線での治療を改良普及する方が国民医療の観点からは重要だと公言して中間子関係者を困らせた。今もユニークな発言を続けている。

我が国の陽子線治療については筑波大学がKEKの500 MeV ブースターシンクロトロンを利用する施設を作る。初めはブースターから出たビームを250 MeVまで減速して使うという提案をして、反対があったが、後に物質中を通過させる減速方法を採用することで、認められた(1984年から2000年まで治療)。

筑波大学としては、この実績の上に大学内に専用の加速器を設置することを望んだが、この実現には20年近い年月がかかった。福本貞義先生を中心にKEK関係者が加速器の検討に協力した。この間機種もシンクロトロンやサイクロトロンやいろいろと曲折があった。毎年関係者が開催する多くの研究会が開かれ、近藤道也先生とともに私もサイクロトロンの提案をするなど、これらの会合にもよく出席した。

#### 広島大学のサイクロトロン計画

パイ中間子に関しては、広島大学が大学移転に際してサイクロトロン計画を立て、中村先生の活動とも関係しつつ、やはり湯川先生のお弟子さんである鳴海元先生や阪大から移った $\beta\gamma$ グループの代表的な研究者である吉沢康和先生などが中心に計画された。加速器屋がいなかったため、私も協力を求められ、スイスから帰国した後、1980年から3年間、併任で広島に行っていた。広島の私の研究室に助手として杉立徹さんを採用していただきリングサイクロトロンのモデルマグネットを作るなどして準備研究をしたが、この計画は実現しなかった。文部省がそろそろ認めようかという年に、大学での優先順位を入れ替えて、アイソトープセンター計画を出したために、文部省が驚いたというような拙さもあったようであるが、せっかく土地がありながら残念であった。

しかし、その後、物性の人達を中心になってサイクロトロンの予定地に放射光施設を作る。この計画も実現までに長くかかり、曲折はあったが最終的に1990年代の後半に実現する。このときは驚見義雄さんや遠藤一太さんが学内世論の形成に活躍されたようである。

#### 放射光 - PF, TERAS, SPring-8

放射光は核研の電子シンクロトロン及びそれに付設した専用リングSORが先鞭を付けたものである。物性関係者からより本格的なものを建設したいという希望があり、核研の冨家雄先生達を吸収し1978年に

KEK に放射光実験施設 (PF) を設置する (完成は 1982 年). この頃のことは高良和武先生の物理学会誌の記事 (日本物理学会誌第 51 巻第 12 号) に詳しく書かれている. 一方, 通産省では電総研が筑波に移転するに際して, 電子リニアックと放射光リング TERAS を建設した. TERAS の完成は 1981 年で PF に 1 年先んじていた. 中部地方では岡崎の分子研に UV-SOR という放射光施設が建設された.

関西にも, PF ができた後, 生物系の研究者を中心に, 世界最大級の放射光を作りたいという声が大きくなる. これを関西 SOR といった. どういうわけか一般に関西の人は, 関東の装置は使いにくいという. 遠いというだけではなく, いわば敷居の高さを感じるようである. しかしこの計画も難航した. 初め関係者は京阪奈学園都市構想に入れてもらおうと, 奥田東先生の所にお願ひに行ったりしたようであるが, 京阪奈学園都市の目玉として最初に放射線が出るようなものを出しにくいということであろうか, 理解が得られなかった. そこで関係者は科学技術庁へ話をもっていった.

これから話がややこしくなる. 科学技術庁は理研や放医研のサイクロトロンなど大型加速器建設に実績を持ちだしていた. 一方, 文部省というか西川先生としてはこの世界最大の放射光を作るのであれば KEK で考えた. しかし当時 KEK はトリスタンの時代であり, この大型放射光に直ぐには取り組めない. そこでトリスタンの実験終了後これを改造して世界最大の放射光を作るのが最も良いという策を立て, 科学技術庁に対抗する文部省学術審議会の結論とした.

そもそも学術審議会の加速器科学部会は西川先生が KEK の計画をオーソライズするために作ったようなもので, KEK 以外の計画が議論されることは少なかった. この時も他の中・小型の放射光計画の議論もされたが, そのアフターケアはほとんどないという不満を聞いた.

しかし関西の研究者達はそういう文部省での議論にはお構いなしに計画を推進しようとした. 計画推進の中心に阪大の人達が多くいたので, 阪大は文部省から相当圧力を受けたと聞く. 科学技術庁から金をもらおうとする学者がいる大学に文部省は金を出す必要はないというわけであろう. あわてて RCNP のトップが自分の所とは関係ないと釈明に走ったほどである. やむなく阪大の放射光推進グループは解散状態となる.

文部省, 科学技術庁双方の関係者の合同委員会を作るなどの調整もあったが, 最終的に 1990 年代になって, 科学技術庁が, 理研と原研を通じて金を出して作ることになり, SPring-8 が実現する. 理研のリング

サイクロトロン, 放医研の HIMAC に続き世界トップクラスの加速器建設に科学技術庁が大きな役割をするようになった. 原研と理研というやや文化の異なる組織の共同作業を建設のリーダーとなった理研の上坪宏道さんがまとめ, 熊谷教孝さんなどの若手を中心に世界最大の放射光リングを完成 (1997 年) させた.

電総研の TERAS 建設の中心になった富增多喜夫さんはその後, 電総研だけでなく多くのリニアックと放射光リングの建設を手がけ, ごく最近も佐賀県の放射光を建設した. 付き合いされたメーカーは大変であったかもしれないが, 大きな加速器屋の集団を擁する組織をもっていたわけでもないのに, 陣頭に立ってこんなに作りまくった人はいない. 特筆すべき凄腕の人である.

電総研では民間企業と連携して FEL に関しても山崎鉄夫さん達が開発を進めるなど, 電総研 (現在の産総研) はその後の放射光・FEL の民間企業への普及の拠点となった. 放射光・FEL 関係のその後の発展としては, 原研の峰原英介さん達の超伝導リニアックによる自由電子レーザーの開発や分子研の浜広幸さん達によるリングでの短波長領域での FEL の成功, 東北大学のリニアックでのコヒーレント放射の実験成功など, 世界的に高く評価された成果がある.

1990 年代の初め, 京阪奈の津田地区に自由電子レーザー研究所 FELI を作る時, 富増さんは関西にはいい人もいるが怪しげな学者も多くて困る. これが関東だとういうクラスの人がほしいと思えば, 粒ぞろいの人が必要な数だけ直ぐ集まる, と嘆いていた. マーケットが小さいから人材が少ないのは事実だけど玉石混淆のところがおもしろいともいえる. そのことがあったので, 原研が木津地区に関西研を作るとき, 吉川允二理事長に関西に来るのであれば, 粒ぞろいを集めて決めた目的に一齐に走らせるようなやり方をしない方がいいですよと言ったら, 聞いていた副理事長の松浦洋次郎さんが, そういえば京都の西陣では, 西陣織のデザインをする絵描きは下手なもの上手なものいて, その中ですばらしい絵が生まれてくるという話をされたことが印象に残っている. なお, FELI は開発の役を終えた後, 大阪大学に移管された.

#### 中性子とミュオン

##### —GEMINI 計画およびオメガ計画

KEK のブースターでは 12 GeV リングに入射しないビームを粒子線医療だけでなく, 中性子とミュオンの科学にも利用することになった. 中性子に関してはブースター利用施設ができて, 東北大学の電子リニアックで実績のあるグループが中心になって成果を挙げ

ることになる。一方、ミューオンに関しては東大の山崎敏光さんと永嶺謙忠さんのグループが東大の施設として付設する。

これには前史がある。KEK ができた初期に京大の柳父琢治先生を中心とした、陽子シンクロトロンを核物理に使おうというグループがあった。山崎さんと釜江常好さんなども一緒であった。実験装置としてスペクトロメータの建設を要求したが、高エネルギー物理グループによって拒否されてしまう。素粒子研究は新しい粒子の発見など単純な目標を立てるが、核物理屋は複雑な核現象の中から精度を上げた実験で何かを見つけようとするので、素粒子研究者にはその意義が理解しにくかったのであろうか。

憤慨した柳父先生はやむなくその活動から手を引き京大の計画に戻ることになるが、山崎さんは数年後 KEK との関係を改善し、1978 年に東大の中間子科学実験施設をブースターに付設し再登場することになるというわけである。

後に、この中性子と中間子のグループは専用の加速器計画である GEMINI 計画を提案する。加速器に関しては、ブースターを作った佐々木寛先生が中心になって検討をした。速い繰り返しのシンクロトロン計画であったが、FFAG も検討された。GEMINI 計画は独自の予算獲得が困難であったのか後に大型ハドロン計画に合流する。

原研では使用済燃料の処理を目指すオメガ計画の一環として消滅処理用の中性子源となる線形加速器計画の検討を始めた。全国の中性子利用グループは原研の原子炉中性子を利用していたので、この原研の中性子源用加速器計画に参加する道もあり得たが、大部分が大学関係者であることもあって、大型ハドロン計画に加わったのであろう。

## 8. 核物理将来計画の立て直しの模索

### 大ハドロン計画

話が進みすぎた。核物理のニューマトロン後のことに戻す。杉本先生が所長を辞められた後、山口嘉夫先生が所長となり、核研の将来計画の立て直し作業グループを発足させた。40 歳代前半ぐらいまでの若い人で案を作るべきという所長の考えで、永宮正治さんが中心になり、私も参加した。永宮さんは重イオンと、ある程度大強度の陽子を共に加速するシンクロトロンを提案し、大ハドロン計画と称した。大ハドロンという言葉は新しく、重イオンだから大きいハドロンかとひやかす人もいた。核談の執行委員会である核物理委員会は、より年輩の方が中心で、ニューマトロン

当時は山崎敏光さんが委員長で、中井浩二さんが幹事であった。核物理委員会ではこの提案は、どっちつかずで、リアリティーがないと評判が悪く、練り直しを迫られた。永宮さんは重イオンをやりたい気持ちがあったのであろう。妥協の名手であるが、このときは、なかなか迫力がある計画とは認めてもらえなかった。

### 東北大学と RCNP の計画

東北大学の 300 MeV リニアック建設の時には核談で批判を浴びたが、建設後は電子散乱等の優れた成果をあげ、木村一治先生の後を継いだ鳥塚賀治先生の明るい性格も幸いして、その次期計画に理解を示す人が多くなった。将来計画の片方が重イオンのニューマトロンであれば、もう一方は電子ビームの方がいいという物理としての相補性もあった。

RCNP の方は私のスイス滞在中に山部先生が病死された後を近藤道也先生がセンター長としてリングサイクロトロン計画の推進を図ったが、軽イオンによる精密実験というのは、電子より物理がすっきりしないし、重イオンほど質の新しさが無いというわけか支持が少なかった。

### TARN II

核研ではニューマトロングループがなんとか田無の敷地内でも重イオン加速器が建設できないかとあきらめきれずにいた。1980 年代前半の TARN でのストックキャストック・クーリングの成功に力を得て、TARN II というシンクロトロン加速もできる蓄積リングを建設しようとしていた。どうやって予算を捻出したのかと思うほど平尾先生が苦勞して、建設が進んでいた。核研にニューマトロン準備室はなくなったが、平尾先生は加速器部を新たに設置した。その加速器部の運営に関する議論をする加速器専門委員会の長には私になってほしいといわれた。その時期にそのような役を引き受けることを多くの人が心配したが、お世話になった核研のために引き受けることにした。その委員会で TARN II の建設を進めることをオーソライズした。後に山崎敏光さんからはなぜ委員長はそれを認めたのかと問われたが、私は、ニューマトロン計画が潰れて意気消沈している加速器グループの若手達を元気づけ、その力をいづれ必要になる新たな核物理の計画に活かすために維持しなければならないからであると答えた。1980 年代後半、TARN II は加速実験や電子クーリング実験などを成功させ、多くの加速器屋を育てた。

しかし、後に所長となって山崎敏光さんが推進した大型ハドロン計画とは必ずしも結びつかなかった。山崎さんは KEK の力を借りる路線をとったのである。

ニューマトロングループの方にも大型ハドロン計画に協力したくない雰囲気があったのかもしれない。実質的に長期間核研を支えて来た中心人物の平尾先生が核研を去って放医研に移った後の加速器グループの代表者になったのは、片山武司さんであった。片山さんはクレバーな人であったが、その TARN II の進め方を巡って核研の共同利用運営委員会は紛糾し、大型ハドロン計画に集中するためにも、TARN II は廃止すべきであるという議論になった。最終的には TARN II で電子クーリングによる原子・分子物理学の研究を始めようとする田辺徹美さんの物理だけは認められて、その目的のために組織を再編して暫く運転されたが、重イオンシンクロトロンにするための研究は中止された。田辺さんは、どんな環境でも我が道を行き物理の成果を出そうとコツコツ工夫する人で、この研究も世界的に注目を浴びる成果をあげ、仁科賞を授与され田無での TARN II の最後を飾った。さらにその後、田辺さんは KEK 筑波で小型の静電型イオン蓄積リングを作り研究を発展させている。

#### 京大中間子科学総合研究センター構想

##### —KAON factory 案

湯川先生の間中子によるがん治療への期待を受けて、1980 年頃から京大でも PIGMI 計画に似た陽子リニアック計画が検討された。これよりさき、植村先生が亡くなられた。このときの告別式での熊谷先生の話は一部冒頭で紹介したが、もう一つ忘れられない言葉がある。植村先生は既に述べたように帝大出身でないためか、亡くなる暫く前にやっと教授に昇進された。顕職に就かれたわけではないが、我々から見れば植村先生は蹴上のサイクロトロンを隅から隅まで知っている神様のような人であった。その机にはいつも大きな製図板があった。昔の荒勝研究室では、大学で本など読むべきではない。それは大学から帰って読むべきで、大学では実験室で朝から晩まで働くべきという雰囲気があったという。植村先生もまさにそれを体現して *Physical Review* をズボンのポケットに突っ込んだまま実験室で働き続けていたと当時を知る人から聞いた。熊谷先生はそんなことも聞いておられ、また真空協会でも親しかったことであろうが、告別式で「植村先生のような人が日本の技術を真に支えている。その国のレベルの高さは、植村先生のような人がどれだけいるかでわかる」と評価しておられた。今風にいえば「地上の星」か。

その植村先生の後任に原研で電子リニアックを建設した竹腰秀邦先生が戻ってこられた。竹腰先生は、蹴上の復興サイクロトロンの建設に参加し、また日本で

最初にメスバウワー測定装置を作るなど、新しい技術に挑戦するのが好きな方である。蹴上に戻った当初は日本で初めて超伝導サイクロトロンの研究を実際にマグネットを作った。しかし技術的に困難であると判断して陽子リニアックのために 4 分の 1 波長 4 ロッド型 RFQ の開発などを始めた。竹腰先生もまた机の前での勉強よりは、朝から晩まで旋盤をかけている方が性に合っている方である。超伝導サイクロトロンの際は松木征史さんをミシガン大学 (MSU) に派遣するなどしたが、今度は岩下芳久さんをロスアラモスに派遣するなどして、PIGMI 型のリニアックの準備研究を本格化した。

スエンソンの PIGMI は確かに安く、10 億円程度で 600 MeV の陽子線形加速器ができるという試算であった。これにならって、竹腰案も 800 MeV ではあったが、433 MHz の RFQ とアルバレおよび 1.3 GHz の DAW にすることで小型化でき非常に安くできるというものであった。しかし日本の加速器の本流にいた人からは、そんなに安くできるものなら、やっていただきたいものだと言われていた。もっともその後、主流の人達も 400 MHz 帯のものを開発する。私も非常勤で時々京都に出かけて議論に参加した。学内では理学部の政池さんや今井憲一さん達も興味を持ち、リニアックだけではなくこれに 25 GeV のシンクロトロンを接続する KAON ファクトリーとして提案した。これは今の J-PARC 計画に似たものである。さらに最初の動機からして当然であるが、医学利用も含むものだった。

##### RCNP のクーラーリング案

そのころ、私はドイツのユーリッヒに行くことになった。私のユーリッヒ滞在は池上栄胤先生が薦めたものである。クーラーリング中に薄いターゲットを置いて精密実験をするというインディアナのポロックが建設したリングと同様な計画がウプサラなど各地のサイクロトロン施設で計画されていた。ユーリッヒでもサイクロトロンの後ろにクーラー・シンクロトロンリングを付ける COSY という計画が検討されていた。そこへ行ってみてこいというわけである。RCNP のリングサイクロトロン計画は進みそうになく、そのことに専念するはずの三浦さんも打開策が出せなかった。当時、池上先生は一つの打開策としてクーラーリングを検討していたわけであるが、三浦さんは強く反対し、帰ってきてもお前の居場所はないと不機嫌であった。とはいえ、座して待っていても解決にならず、私が出かけたのは 1984 年の初夏であった。

世話してくれたのは核物理のシュルト教授であった

が、加速器に関してはオランダのアイントホーヘンからサイクロトロンサイクロトロンの大家であるハーゲドーン教授に兼任で毎週のように来てもらっていた。私もドイツ滞在中にアイントホーヘンの研究室を訪ねた。学生を指導して、超小型のサイクロトロンを製作していた。小さくてもそこで何か新しい加速器物理を考える態度が印象的であった。なお、ユーリッヒは当時SNQという大強度陽子加速器による中性子源計画の一つの拠点でもあったので、そのグループからリニアックやFFAGFFAGに関する情報を得ることができた。

そうしていたところへ、柳父先生が停年退官された後の蹴上の公募が行われ、RCNPの若手などから私に応募してほしいという手紙がドイツに送られて来たり、先輩からは行かない方がいいと心配していただいたりしたが、最終的に蹴上に行くことにした。RCNPのクーラーリングは私が出た後でRCNPに来た安東愛之輔さんや細野和彦さん達が検討した。最終的にはリングサイクロトロンは実現できたが、クーラーリングまでは予算不足で実現できなかった。

#### 蹴上サイクロトロンサイクロトロンの閉鎖と宇治の陽子リニアック

中間子科学総合研究センター計画を推進するというところで、1985年に、私が化研に移ることが決まった直後、急に蹴上の研究室を化研の本拠がある宇治へ移す話が、文部省からあった。発端は蹴上の研究室から放射能が漏れているというデマが地方議会の議員に伝えられ、あやうく政治問題化しそうになったことから、これにあわてた文部省が心配の種をなくそうとしたものである。当時の化研の所長であった稲垣博先生が、かなり無理して移転の実現に導いてくださった。稲垣先生は後に柳父先生のポストが空いたままであったら、この話は進めなかったと私にいわれた。このときも、幸運な人の組み合わせを感じた。

認められた予算は2億6千万円程度で、中間子科学計画にはとても及ばなかった。ただし、化研の他の教授にとっては大金で、所長からも化学では1千万円もあればすごい研究ができるのだからといわれた。既製品の小型タンデトロンでも購入して化学物質の研究をするという道もあり得たし、文部省はそのあたりで蹴上のケリを付けたかったのかもしれない。加速器の研究は大学でやらなくてもよい、KEKKEKだけで十分だというのが文部省の考えであった。

しかし既製品でなくても準備研究をしてきた加速器でそういう応用研究をやることはできるということを理解してもらい、中間子科学計画のリニアックの初段部分に相当する、RFQRFQとアルバレで構成される7 MeVの陽子リニアック陽子リニアック（イオン線形加速器と称した）

の開発・建設を認めてもらった。将来性に関しては困難であるとは分かっていたが、少しでも大学における加速器研究のアクティビティを高めておきたいと考えての決断であった。そのため建物だけは何とか無理を言って7 MeVのリニアックにとっては過分なものを建ててもらった。この時は建築課の西尾和幸さんが担当してくれて、予算額からエントランスをはじめとするデザインの隅々までお世話になり、宇治キャンパスで一番いい建物になった。私は加速器の金額の4倍もする建物を建てたと悪口を言われた。しかしこれが後になって役立つ。建物の前庭に、竹腰先生が「亮天功」を縮小した陶板のレプリカを置いた。

一方、蹴上の建物と敷地は京都市と関西電力に返した。京都市はかねて建物の返還後は博物館とするといっていたが、返還が遅れたために別の場所に疎水博物館を作っていたので管理を関電に委ねた。市議会が歴史的建造物として外形保存を決めているので煉瓦造りの建物は今も残っている。サイクロトロンはその性質上どこか分からないところに捨てるわけにも行かないので、磁石はビーム分析用に使うことにするなどして宇治へ運んだ。

後に原研のリニアックを宇治に移設するとき、この磁石を部屋から出して建物の前庭に移し、サイクロトロン完成時に所長であった堀尾正雄先生に「原子核科学の魁」と書いていただいた石碑をそのそばに置いた（写真3）。先生の銘を入れたかったが、固辞されたので無銘である。堀尾先生は加速器の医学利用などの私の説明を聞いて、化研のためなどという小さな次元で考えないで京大全体あるいは日本のためにそうい

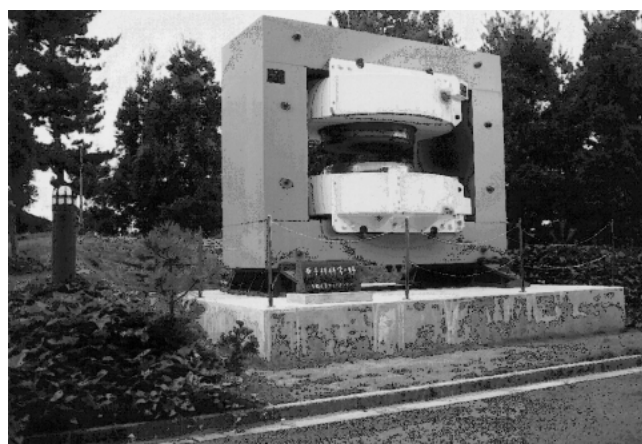


写真3 宇治キャンパスに展示されている蹴上にあったサイクロトロンサイクロトロンの磁石（この磁石のベース金具は戦前のサイクロトロンサイクロトロンの遺品である）



う新しい展開を図ってほしいと、激励された。いま法人化で、誰もが自分のセクションの生き残りだけを考えた行動に走っているのを見られたらなんと言われるであろうか。

準備研究は岩下さんを中心に沢村勝さんや岡本宏巳さん達が進めていたが、建設予算が意外な事情で急に認められたので、RFQのベーンの端末形状などは製作を進めつつ、後での改良が必要であった。経費を節約するためベーンを3次元加工する代わりに2次元加工にする部分は福永清二さんが計算した。アルバレの集束用Q磁石は永久磁石としたが、この組み立ては若手の手作業であった。コミッションングの最初はサーキュレータもなく、放電時の反射でクライストロンが壊れないかと心配でエージングが進まなかった時期もあった。白井敏之さん自作のダミーロード付きサーキュレータをつけてから、パワーテストが進んだ。毎年のようにロスアラモスのR. ジェイムソン氏が蹴上にそして宇治に来て助言し励ましてくれた。竹腰先生の停年後、後任として核研のTARN IIで頑張っていた元気のいい野田章さんが着任したこともビーム加速テストを早めた。ともかくこうして400 MHz帯のRFQおよびアルバレとしては日本で最初の実用機が完成した。

### 学際応用小型加速器への流れ

蹴上のサイクロトロン閉鎖は、各大学レベルでの原子核研究用の加速器設置が困難になる転機の象徴であったかもしれない。一方で学際応用的な小型加速器の購入が見られるようになる。その全体的な流れについては最初に紹介した原子力委員会研究開発専門部会加速器検討会の報告「加速器の現状と将来」(平成16年4月)に詳しく述べられているが、個別なことでそれまで加速器がなかった大学を2例あげる。石割隆太郎先生のもとでイオンビームに対する物質の阻止能の研究をしていた津田(塩見)直子さんが1990年代初めに奈良女子大に小型のペレトロンを導入し関係者に歓迎された。同じ頃私学ではかつて化研の清水榮先生のもとにいた中山康之さんが立命館大学の衣笠キャンパスにディスクトロンという小型のイオン加速器を建設した。中山さんは後に理工学部が草津に移転するときには放射光の導入に尽力する。

科学技術庁の方でこのような流れに対応する典型的な例は1990年代初めの原研の高崎研究所におけるAVFサイクロトロンをはじめとする中小型加速器の複合施設であるTIARAの建設(1993年完成)であった。

(次号に続く)