

日本加速器外史（その4）

井上 信*

An unofficial History of Japanese Accelerators (part four)

Makoto INOUE*

9. 高度成長の終わりと大型計画

研究所の評価

1980年代の初め文部省は全国の研究所の評価を行った。このとき、東大核研を初めとして、東工大の原子炉工学研究所、京大の原子エネルギー研究所および原子炉実験所など原子核・原子力関係の研究所は軒並み組織の改編を必要とする最悪のA1とランクされた。その後文部省はA1ランクの研究所の改廃について各大学に検討を働きかけた。京大は2つのA1ランクの研究所を抱えていて、その解決もしないで新しい中間子科学総合研究センター構想など出しても相手にしてもらえない状況であった。

京大原子炉実験所2号炉計画と加速器の検討

特に原子炉実験所はいわゆる2号炉という、柴田俊一所長が主導した高中性子束炉計画が、予算が出ることが決まっていたにもかかわらず、熊取町の反対で実施できなかったという行政的な大失態を演じていた。しかし岡本朴所長の頃まで住民の反対が収まれば実施できると考えて住民対策に腐心し、やっと反対が少なくなったときには、原子炉に金を出す時代ではなくなっていたのである。次の西原英晃所長は十数年にわたった2号炉計画の撤回を決める。

2号炉のユーザーとなるべき中性子グループはそれ以前に既に原子炉実験所を見限っていた。物性研究者は、伊達宗行先生が委員長となって全国の大型計画をレビューする委員会を作り、報告書を出した。原研の3号炉更新計画やSPring-8計画の推進時期でもあり、伊達委員会の報告書は原子炉実験所に対しては「ほとんど見るべきものがない」と全く厳しいものであった。

平成2年（1990年）文部省の学術審議会でも厳し

い報告が出され、これを受けて京大では、他大学の委員も含む特別委員会を西島総長の下に設置した。委員長は小林農作先生であった。この委員会は既設原子炉の処遇とともに加速器計画を含む将来構想を提言したが、原子炉実験所の閉鎖も視野に入れていた文部省はそのままでは受け取らず、京大からの正式報告書では将来構想の部分は削除せざるを得なかった。しかし既設の原子炉を廃止することにもならず、学術審議会では組織改革し原子炉の安全性を強化して利用を続け数年後に再評価することになった。ちょうどその頃、武蔵工大の原子炉が本体容器に穴が空いて停止し、この廃止措置には巨額の費用がかかるとされたため、結論を先延ばししたのであろう。外部の多くの人には、学術審議会の結論は自然死路線だと感じたが、所員の中にはこれで禊ぎが済んだと錯覚している者もあり、西原所長は新しい方向性を出すべく人事等で努力したがそれに反発する人達もいた。当時、阪大の住田健二先生と私が外部の運営委員として毎回のよう掛け合いで今まで通りではあやういと警鐘を鳴らしたものである。

日米科学協力事業

KEKの陽子シンクロトロンが完成して暫くして、1979年に日米科学協力事業が始まった。これはエネルギー関係の事業であったが、そこに高エネルギー物理を入れることに成功したのは多くの人が驚いた。批判する向きもあったが、この事業によって高エネルギー物理のリーダー達が育ち、加速器開発の面でも有益であったことは疑いもない。新竹積さんのビームサイズモニターなど、日本の技術力の国際的認知の面でも有意義であった。

しかし、この事業も4半世紀が経過して、転換点に来ているという印象がある。KEKでは将来のリニ

* 京都大学名誉教授
(E-mail: inoue@KL.rri.kyoto-u.ac.jp)

アコライダーを目指して KEK-ATF や肥後寿泰さん達の X バンド加速管などでの優れた技術開発がなされてきた。こういう状況をふまえ最近の評価では対等なパートナーシップのもとに進めるべきことが強調されている (日米科学協力事業 (高エネルギー物理学) 第4次評価報告書 (2004年1月) KEK)。最近国際的なリニアアコライダー計画は超伝導空洞に決まったが、超伝導空洞に関しても KEK の実績は示されているので貢献を期待している。

SSC 計画とその挫折

1980年代の米国の Superconducting Super Collider (SSC) 計画の顛末についてはよく知られているので省くが、わが国の関わり方について多くの議論があった。久保亮五先生がこの計画への日本の協力について憂慮を示されたのを初め、かなりの批判があった。もちろん高エネルギー物理関係者は SSC に期待し加速器関係でも町田慎二さんのように長年テキサスに滞在して協力した人もいる。なかには「究極の加速器」といった表現を使う人もあったが、これを見て、これで終わりになるのであれば、自分達がこれから高エネルギー物理を目指しても、もう遅いからやめようという学生がいたと聞いた。あまり「究極」などという言葉は使わない方がいい。もっとも、かつて加速器による核物理の発祥の地であるキャベンディッシュ研究所では所長のブラッグが英国は高エネルギー物理のやり方は示したから、後は金のある米国でやればよいと分子生物学を進め、DNA 二重らせんの発見に導いたというような例はあり、これも一つの見識である。

欧州は、敗戦国のため発言権が弱いドイツだけは GSI の重イオンや DESY の電子シンクロトロンなどやや独自にやる傾向があったが、早くから一国主義を取らず全体として CERN を中心に国際協力が高エネルギーを進め、ついに米国を追い越すようになる。これに対抗してもう一度米国の覇権を目指したのが SSC であったともいえるが、その挫折 (1993年) は米国の一国主義が困難になったことも示した。今後のリニアアコライダー計画において、SSC の失敗が日米両国にとって教訓になることを期待する。

核物理将来計画の再構築

1980年代半ばのニューマトロンの挫折の後で核物理委員会は山崎さんと中井さんが退き、いやがる八木浩輔さんが委員長となった。幹事は永宮正治さんと私になった。ニューマトロン計画挫折後の将来計画の再構築が課題であった。私は共に核物理の全国共同利用の機関である核研と RCNP が合同で日本全体の次期計画を出すべきだと考えていたので、敷地難の核研よ

り阪大キャンパスを利用することとし、内容としては、RCNP のチームが小型の入射器リングサイクロトロンを作り、核研のニューマトロンチームがこれに接続するシンクロトロンを建設するという案を提出した。ユーリッヒの COSY を高度化したようなものだが、核物理の伝統のうえに GeV 領域の重イオン物理の発展も可能にする加速器構成をなんとか可能にしたいと考えた。八木委員長はこれを核研、RCNP 双方に検討するよう提案した。RCNP 側はシンクロトロンには抵抗があったが慎重に検討していた。しかし阪大の敷地では発展性に疑問があったためでもあろうが、核研側が同意できないと回答してきた。八木さんは残念に思ったのか、委員会の努力を記録にとどめたいとして、核談の機関誌 (核談通信) に特別に経過報告記事を書いた。私はこうなった以上、RCNP に単独でシンクロトロンを建設させるには技術の蓄積がなく無理があるので、RCNP はリングサイクロトロン計画を進めるしかないと考えた。

ニューマトロンを進めていた時期には RCNP の計画より東北大学の電子加速器計画に理解者が多かったが、ニューマトロンが挫折した段階では東京の人達も RCNP を先にすることに傾いた。仙台での核物理委員会では、当時の理学部長の武田暁先生も出席されて東北大学の計画のために弁じられた。それが少し身びいき的だったので、私は後で手紙を書いて、核研の所長をされたような大御所の先生はもっと大所高所からの説得をしていただきたいとお願いしたものである。武田先生から丁寧な返事をいただいて恐縮した。

永宮さんは私と一緒に仙台に行って鳥塚先生に会い、東北大学の計画は RCNP に引き続いて要求するという年次計画案を持って説明し理解を得た。東北大学では永宮さんの笑顔にやられたという話になったとか聞いた。このころ核物理委員会の委員長である八木さんは体調をくずされ、永宮さんが代行し、さらに委員長として委員会をリードした。

大型ハドロン計画の提案と RCNP リングサイクロトロン

やがて山崎敏光さんが、かつて永宮さんが提案した大ハドロン計画に代わり、KEK の南の土地を敷地とし 1 GeV 陽子リニアックを主加速器とする4つの利用アテナからなる大型ハドロン計画をひっさげて核研所長となる。山崎さんは、将来は関西で中間子科学総合研究センター構想のようなものを進めるとよいが、そのように壮大なものは大型ハドロン計画の後でゆっくり進めてほしい、その前にとりあえず閣議で KEK が使うことが認められている KEK の南の敷地で大型

ハドロン計画を進めることを日本の原子核の中心計画として認めてほしいと説明した。西川先生は当時 KEK を研究所より大きい研究機構にする構想を持っていた。この西川・山崎のコンビであれば早期実現ができるという期待が大きかった。しかし、私は基本的に一極集中に反対であり、しかも早期実現できるという考えは甘いと感じた。また、RCNP や東北大学の準備状況を考えると、大型ハドロン計画より先にこれらを実現するのが適切であると判断し、反対したが、核物理委員会では大阪も東北も大人の判断をし、反対は私一人だった。

結局、大型ハドロン計画が核物理の主要計画となり、その前に RCNP の計画を大型ハドロン計画に支障のない AVF サイクロトロンのアフターバーナー（小林農作先生の表現）計画に変更して進めることになった。RCNP では近藤先生に代わり、池上先生がセンター長になったが、クーラーリングを検討していた池上先生も、これ以後この合理化されたリングサイクロトロンの実現に邁進する。こうして経費を減らすため入射器としては既存の AVF サイクロトロンを使い陽子のエネルギーを予算内でできるだけ上げたリングサイクロトロンを接続する「カスケード」計画が実現することになる（1991 年完成）。ニューマトロン計画が挫折し、次の大型ハドロン計画の準備が整うまでの一瞬の隙間がなければ RCNP のリングサイクロトロンにチャンスはなかったであろう。

RCNP の計画が約 50 億円（建物別）になったので、隙間を利用して同時期に実現するには東北大学の計画はその半分以下の規模にした案にすべきだと思ったが、東北大は、もとのまま百億円を超える案を要求したので、これでは認められるはずもなかった。この後東北大の計画は学内事情で紆余曲折を経て、かなり後になって予算を抑えたストレッチャー・ブースターリングが認められた。それでも小山田正幸さん達が現役のうちに認められたのは幸いであった。

東大と京大のタンデム更新

核物理委員会としては教育的見地からタンデムの価値を認めており、まず小林農作先生から提案があった京大のペレトロンタンデムへの更新計画の実現を文部省に訴えた。RCNP のカスケード計画要求と同時期である。これに対して文部省は東大のはいいのですかと質問した。文部省としては、東大と京大のタンデムはセットであった。

当時東大の原子核には、山崎さんが出られた後、実験の教授がいなくて、理論の有馬朗人先生が代表者ともいえる立場だった。私は念のため有馬先生に手紙を

書いて、東大が核物理の拠点を持つことは大切なので、東大の考え方を文部省にも機会があったら説明していただけないかとお願いした。早速文部省に行かれた有馬先生は、今は原子核実験の教授がいないが近いうちに人事したいのでそのときは改めて要求をしたい、という意味のことを説明されたようである。文部省はそれでは今年京大のことだけでいいのですかと念を押し、京大のタンデム更新が認められた。暫く後に石原正泰さんが教授として着任し、後に核物理委員長として学会をリードすることになる。東大のタンデムも更新される。

やがて国の財政は苦しくなり、計画は認めても人員増は認めないという時代になってきた。RCNP のリングサイクロトロン建設では新人の採用がなく、建設のチャンスに次世代を担う人材の育成をすることができなかった。かつて文部省と科学技術庁とは競い合って事業を拡大し、特に科学技術庁は省への昇格を目指していたが、逆に行財政改革のために省庁統合が進められるような時代になっていく。

B ファクトリーと RI ビームファクトリー

核物理の主計画が山崎さんのリードする大強度陽子の大型ハドロン計画という形が整ったところで、永宮さんはブルックヘブンの重イオン計画に参画すべくコロビア大学に移り活躍を始めた。しかし、大型ハドロン計画は早期実現を果たせなかった。大型ハドロンが予定通り進まなかったのは、一部には RCNP のリングサイクロトロン計画を先行した財政上の理由もあるが、山崎・西川構想に沿って早期実現を図ろうとしたものの、実現に至らないうちに西川先生が定年となり、代わって KEK の所長となった菅原寛孝さんは西川先生のように加速器建設戦略を重視するのではなく高エネルギー物理戦略を重視したことが大きな理由であろう。

もともと高エネルギー物理関係者は大型ハドロン計画の物理に関心を示していなかった。高エネルギー委員会に出向いて大型ハドロン計画を説明しても、K 中間子のエネルギー領域のことなど自分たちは大昔に通らなくなった領域で今更何が新しい物理なのだという感じで受けとめられた。そのうち、トリスタン後の計画として B ファクトリー計画を進める時期が近づいてきたので、KEK としては大型ハドロン計画を抱える余裕がなくなった。菅原さんがようやく山崎さんの要求にまともに対応するようになったのは、B ファクトリー計画の予算が通ってからである。核研はかつてニューマトロンのときはトリスタンに負け、また今回は大型ハドロンで B ファクトリーに負けたのである。

もっとも今回は自前の加速器屋集団を切り足腰が弱かったのであるから KEK に屈服するのは当然ともいえる。黒川眞一さんを中心にしたチームが完成した KEKB は人員増・予算増なしの計画であったが生出勝宣さん達の工夫によるその優れた性能が国際的に高く評価されている。

その一方でエキゾチックな原子核の発見などで成果をあげた理研では有馬先生が理事長となって RI ビームファクトリー計画が実現に向けて動き出す。省庁統合の直前のチャンスを活かし、矢野さんを中心に世界初の超伝導のリングサイクロトロンを建設することになる。国内的には予算規模が大きく他分野からの批判も聞こえるが、世界的に核物理の加速器が停滞している中で、世界をリードする計画として期待されている。

核研の閉鎖と J-PARC

山崎さんは大型ハドロン計画の加速器建設を KEK 関係者に期待し、木原元央さん達が準備研究に協力していたが、最終的には核研の KEK への統合を菅原さんに頼み込む。核研は KEK と統合して新しい機構になり、筑波の敷地に 30 GeV シンクロトロンを建設する JHF 計画が提案された。核研は消滅し関口さんや片山武司さんなど一部の人は石原さんがリーダーシップをとってできた原子核科学研究センター (CNS) のスタッフとして東大に残った。CNS は理研の敷地で理研との密接な連携で新しい方向を見いだしている。

その頃、永宮正治さんが帰国し、JHF 計画の推進を図ることになる。やがて省庁統合を象徴するプロジェクトとすべく、原研の中性子科学計画との統合が図られ共同事業として推進されることになる。E アレナを外し、カミオカンデに向かうニュートリノビームラインを加え、合理化した計画となったが、敷地が原研サイトになったため JHF より予算は膨らんだ。現在の J-PARC 計画である。

建設に当たって、省庁統合に間にあわせて短期間に JHF から J-PARC へと内容を変えたことなどのため多額の予算不足となり、リニアックのエネルギーを下げてスタートする事態が生じ、総合科学技術会議で問題とされた。中性子グループは中性子の強度が減らないようエネルギー回復の優先を求めた。一方ニュートリノグループはニュートリノビームラインの概算要求を優先するよう求めた。ノーベル賞の小柴昌俊先生の抗議もあって文部科学省では小平桂一先生を主査とする特別の委員会を作ってニュートリノを優先することとしたが、委員会では加速器グループの設計ミスで赤

字になったと言われた。永宮さんは外部委員からなる加速器特別委員会を作って事実の解明と今後について報告書を作り小平先生に提出した。だれかの首をさしだす設計ミスというようなものでないことは明らかにされたが進行中のプロジェクトでまだ歴史になってないので詳細は差し控える。これまでの計画では赤字になっても表には出さないように処理したことが多いが、社会的に不透明な処理が批判される事件が目につく中で、この対応は画期的ともいえる。

このような統合・集中と、原子力予算はいくらでもあるかのような錯覚にとらわれた KEK トップの姿勢に私は疑問を感じたが、ニューマトロンの頃からの様々な経験豊かな永宮さんがリーダーであれば何とか良い方向に導くであろうと信じている。加速器に関しては山崎良成さんが KEK から原研に出向して指揮を執るなど共同建設体制がとられている。旧文部省系と科学技術庁系の機関の共同作業という新しい試みが今後の大型計画にとっても良き前例となることを期待している。

なお、E アレナに関しては核研で新井重昭さん達が開発した分割同軸型 RFQ・IH 型リニアックを、原研タンデムに付設し短寿命核ビーム実験施設を設置することになった。それより先 1994 年に原研タンデムには竹内末広さん達がブースターとして超伝導のリニアックを付設しており、それとの接続も考えられている。

10. 中小型加速器の普及

大学の加速器研究の変貌

京大化研では 1990 年代の初めに民間と共同でイオン注入用に CW で MeV 級の 4 ロッド RFQ リニアックを開発した。この時、日新電機から派遣されてきた藤澤博さんは優秀で、実機をほとんど独力で完成した。残念なことにまだ市場のニーズが読めないということで会社が商品化しなかった間に住友イートンノバの製品が世界的に市場を席巻してしまう。

その後、原研で水本元治さんが中心になって進める陽子リニアック開発にあたって、電子リニアックの建物を使うので、廃棄される電子リニアックを譲り受けるように竹腰先生から話があった。竹腰先生が原研時代に作られ、益子勝夫さんという、まさに熊谷先生が言うところの、こういう人の存在によってその国のレベルが決まるともいふべき人が守ってきたものである。SPring-8 準備研究用の小型の放射光リングもあわせていただいた。リングは野田さんが形を三角形からレーストラック型に設計し直した。その後も野田さ

人は小型先進加速器の開発に励んでいる。加速器が早くからあった老舗大学の中で野田さんと同様な努力をしているのは、同じくニューマトロン計画で育った東工大の服部俊幸さんである。また東北大学は電子リニアックのストレッチャー・ブースターやサイクロトロンの更新などを進めた。RCNPではリングサイクロトロン完成後、センター長になった江尻さんは、より高いエネルギーでクォークの関与する物理を指向し、SPring-8にRCNPが設置したコンプトン後方散乱を利用する高エネルギー光子源で新しい物理を展開することに導いたものの、この方向は既設リングサイクロトロンとは結びつかず、加速器関係の人数も減少し次期計画を構築できる陣容ではなくなった。しかしビームの高品質化、高安定化で特徴を出している。東大物性研では田無のSOR後の柏地区での次世代放射光計画がなかなか進まず中心になっていた神谷幸秀さんはKEKに戻るが、模索はまだ続いている。

その一方で、姫路工大（現兵庫県立大）では安東愛之輔さん達がSPring-8に接続してニュースバルという放射光リングを建設するなどの新しい動きも出てきた。立命館大学、日大、東京理科大などが放射光やFELを設置した。国立大学では広島大学で放射光施設HiSORとこれに付属する遠藤一太さんのビーム施設REFERの建設のほか、小方厚さんが担当するビーム物理の講座を新設したことが特筆されるべきことであった。

原子力関係では、学生が希望しなくなり、東大を初めとして有力大学にあった原子力工学科が名称を変更していった。それに関連して原子力系の研究室にあった加速器が更新できないまま老朽化していつている。その中で東大の上坂充さん、京大エネルギー理工学研究所の吉川潔、山崎鉄夫さんなどが小型加速器開発の面で新たな試みをしており、原子炉実験所では高橋俊晴さん達がコヒーレント放射光専用装置の共同利用化を果たしている。

医療応用の普及および自治体の加速器

粒子線医療についてはまだ普及段階まで行っていないが、陽子線医療用の加速器は市販品が販売される時代になった。1990年代の後半になって筑波大学の計画書とそっくりのサイクロトロン施設が国立がんセンターの東病院（柏）に先に作られ（1998年治療開始）、長年準備してきた筑波大学では機種を急遽シンクロトロンに変更しその直後に設置されることになった（2001年治療開始）。一方、PET用小型サイクロトロンが急増し国・自治体・民間あわせて全国で100台近い医療診断用サイクロトロン施設がある。最近は

X線CTとの一体化が注目されているが、これは外国勢に後れをとっている。

自治体の加速器の初期の例としては、小型の加速器等も備えた大阪府立放射線中央研究所があった。原子力の始まりの頃木村毅一先生が設立（1959年）に協力し初代所長を務めたものであるが、1990年に大阪府立大学先端科学研究所に統合された。似たようなものとして、自治体ではないが1950年代に設立された（財）放射線高分子研究協会の東西の研究所があり、バンデグラーフ等も設置された。関西のものは寝屋川にあったが、後に原研の大阪支所となり、さらに木津の原研関西研の創設に伴い廃止された。

逆に兵庫県はSPring-8のビームラインや、姫路工大（兵庫県立大）への投資のほか、炭素イオン加速可能なシンクロトロンPATROを有する粒子線医療センターを独自に建設した（2001年治療開始）。若狭湾エネルギー研究センター（2002年治療開始）や、静岡県（2003年治療開始）の場合も医療を目玉とする自治体の計画である。岐阜県なども医療用加速器を検討しているようである。九州では佐賀県が放射光を産業振興の起爆剤として建設した。ただし、自治体の計画はその首長の政治的動機に左右される面がある。また、建設期が終わるとトップが自治体の職員の天下り先になるという例もあるようである。なお、自治体・民間の粒子線治療に関しては治療専門医および特に粒子線の医学物理士が極端に少ない状況があり、高性能な装置が誤用されないよう、人材育成が急務である。

産業用放射光-SORTEC, AURORA, みらくる

民間の放射光に関しては1980年代にX線リソグラフィが期待され、IHIやNTTおよび三菱電機などで建設されたが、レーザーでの半導体製造が続き、放射光が本格的に使われるようにはならなかった。1985年から通産省主導で十数社のメーカーが共同で開発したSORTECは解散した。加速器技術史的には、SORTECの装置はトップアップ運転を最初に行った装置といわれる。なお、1990年代後半に装置はタイに移設された（タイ放射光については本誌2巻1号石井武比古氏の記事参照）。

1980年代半ばに住友重機械が開発したAURORAという超伝導の放射光リングはレーストラック型マイクロトロン入射器と高山猛さんが考えた共鳴入射法を採用したユニークなものであった。高山さんは東工大で池上栄胤先生のもとに、阪大大学院で三浦岩さんのもとにいた好青年で、その夭折は残念であった。住重は豊田さんを中心に、高橋令幸さんや仲伏廣光さんなど大学からも研究者を集めて加速器チームを作ってい

たが、これをセンターとして独立させ住重を加速器メーカーにした最大の功労者は八頭司英博さんである。オーロラの開発はやはり半導体産業のためには少し早すぎた。幸い 1990 年代になってから立命館大学が新しい琵琶湖草津キャンパスでこれを購入して SR センターを設置し産学連携の目玉となった。これが以後何台かのオーロラを製作する弾みになった。

この時、オーロラとともに住重から立命館大学に移った山田廣成さんはオーロラの移設後、かねて構想していた電子ビーム蓄積装置「みらくる」を開発した。赤外線領域の「光蓄積リング」(20 MeV)のほか、極微小ターゲットをリング中に入れてシャープな硬 X 線を出す小型機 (6 MeV, 2003 年完成) などがあり、産業応用にも展開しつつある。榎光子発生技術研究所という大学発のベンチャー企業を立ち上げてここで設計製作をする体制も整えている。山田さんは米国人も驚く個性的な人なので、誰にでもマネできないかもしれないが、今後の大学における加速器開発と産業界のあり方の注目すべき例である。

大学・産業界を含め主として小型加速器の利用に関する最近の動向に関しては田川精一さんの本学会誌 1 巻 1 号および 2 巻 1 号のレビューを参照されたい。

11. 原子力研究と加速器駆動炉

原子力の特異性と使用済燃料問題

原子力は平和利用といっても、素粒子や核物理のような意味での国際的なものではなく、その国によってとらえ方が異なり、国益が強く関係する。例えばドイツの中性子源用加速器 SNQ は宇宙開発計画に負けて挫折したが、ミュンヘンでは中性子関係者が保守政治家に働きかけ、高濃縮ウランによる研究用原子炉を持つことは国防上重要であるとささやいて、原子炉建設予算を獲得することに成功する。わが国ではとても真似できないことである。

熊取の研究用原子炉 (KUR) の燃料は高濃縮燃料である。生まれが米国なので死ぬまで米国の支配下におかれる。当初この燃料を使用した後は米国に返送していたが、30 年ほど前から返送できなくなった。はじめは積出港の横浜市が反対し、続いて米国でも環境問題でよそのゴミを引き取ることに反対が起ったのがその理由であった。燃料の低濃縮化は核兵器への転用を防ぐため、かねてからの要請であったので、KUR では一部の燃料を、原研等では全面的に、シリサイドの低濃縮燃料に切り替えていた。原子炉実験所では 2 号炉計画の予算が出たときに、高濃縮燃料をある程度購入していた。米国はそれを KUR で燃

やすように指示していたので、その高濃縮燃料を使って運転してきており全面的な低濃縮化が遅れていたのである。シリサイドは営業ベースでは再処理しにくい性質のものであったが、米国が引き取ることが前提で国が使用を認めていたものである。

ところがソ連の崩壊などのため核不拡散政策上米国生まれの燃料を一定期限内に全て米国に引き取ることとなった。特に高濃縮のものは、期限以後の使用を禁止すると通告してきた。米国の方針変更による引き取り再開は有り難かったが、指定された期限までにこの高濃縮燃料はもちろんシリサイドの低濃縮燃料も使い切って、2009 年までに使用済燃料を返送しなければならないことになった。

しかし、文部省としては以前の学術審議会でのいきさつもあり、京大として今後 KUR をどうするかの方針を出さねば、返還用容器キャスクの製作予算も認めないといってきた。そこで急遽、学内の原子力研究整備委員会に私を委員長とする特別小委員会を作って検討した。森山裕丈さん達がまとめた原子炉実験所側の提案をもとに、京大として当面、KUR の燃料を再処理可能な低濃縮燃料にして運転継続することを目指す。KUR の将来については数年ごとに見直し、その一方で、より安全なシステムである加速器駆動未臨界炉型中性子源の導入を段階的に図ることで、熊取地区を原子力のエネルギー研究と粒子線の利用研究の拠点とするという結論を得た。

燃料返送経費は出るようになったが将来計画については、前田所長がこの京大の考えを、学術審議会の原子力部会で説明したものの、この時は全国的な原子力関係の研究機関の連携を図るという報告しか出なかった。この時点で前田所長は退官し、私が所長を引き受けることとなる。このときの文部大臣は有馬先生である。その頃お会いしたとき「あなたが所長になったのか、原子炉実験所も潰したくはないのだけどね」と言われた。つぶれる運命にあるというのが文部省の認識であったのだろう。

ごく最近、米国 DOE は、再処理可能な研究炉用モリブデン合金低濃縮燃料のフランスでの開発が遅れていることなどから、京大などの働きかけで使用済みのシリサイド低濃縮燃料の引き取り期限を 10 年間延長する決定をした。この間に加速器駆動未臨界炉型の中性子源が実現することを期待している。

加速器駆動未臨界炉基礎研究

加速器駆動システムについては、京大工学部の木村逸郎先生を中心とした、日本学術振興会の支援を得た全国的な研究グループの存在があった。そのときは加

速器駆動システムと、トリウム燃料サイクルという二本立ての研究であった。加速器については KEK の柴田徳思さんや森義治さんが FFAG を検討した。私もサイクロトロンを検討などしていた。学術振興会におられた山崎敏光さんにもずいぶん支援していただいた。木村先生の定年後は、原子炉実験所の代谷誠治さんが代表となって研究を続けた。しかし振興会としては原子力に対してはなかなか積極的になれなかったようである。予備的な研究費は暫く出たが、結局本格的な採用にはならなかった。最終的に、特に原子力ということではなく、FFAG の開発という部分だけを進めることになった。その代表者は森義治さんになり、KEK に 150 MeV の FFAG を作ることになった。

所長になってからは学術審議会の原子力部会で再度原子炉実験所についての議論をするようお願いした。その結果、加速器計画については、将来の中性子源の基礎研究として、適切な規模の加速器を既設の臨界集合体 (KUCA) に接続して加速器駆動システムの可能性を調べる研究を早急に行うことが適当であると認められた。この学術審議会報告を根拠に地域の理解も得て、概算要求をすることとした。

実は、井村総長時代には、井村先生が文部省に行くたびに、原子炉を廃止すると言われていたようである。私が原子力研究整備委員会の委員長としてお会いして、原子炉実験所のこれまでの蓄積と人材が活用できるような案を検討していると申し上げると、臨床医学の先生らしく、それは本末転倒である。悪いものは切り捨てるしかないのだといわれた。よほど原子炉問題には頭を悩ましておられたのであろう。しかし次の長尾総長は、JCO 事故の後、雑誌「世界」(平成 11 年 12 月号) に掲載された山崎敏光さんの加速器駆動システムの話をおより先に見ておられ、我々の目指すものが何であるかの理解をしておられた。

原子炉実験所の概算要求としては加速器屋もいないので、数十 MeV のサイクロトロンを購入して KUCA と接続する案としたが、それでも全体の予算が数十億円になって認めてもらえなかった。私の所長最後の年には法人化を控えて研究所の組織論が全国的な騒ぎになり、新規概算要求はますます難しくなっていた。その頃文部科学省では数年前の経緯を知っていた担当者が再び学術機関課に戻ってきて、KUR 問題はとっくに終わっていると思っていたのにといつつ、打開策を検討してくれた。

結局、金はないが競争的経費などに応募して新しい方向に進むことは認めてもらった。経費に関してはその年に始まった革新的原子力技術開発プロジェクト

に、原子炉実験所の三島嘉一郎さんが代表となって KEK、民間企業、大学が連合して、加速器駆動未臨界炉の基礎研究を提案し、建物が用意できることを条件に採択された。建物については長尾総長や経理部長をはじめとする大学本部の理解があり、とりあえず学内措置ででも小規模なものを作ると回答することに決めていただいたうえで、その年の補正予算で要求し、幸いにも認めてもらうことができた。2 号炉計画の挫折以来 20 年間 (ということは原子炉実験所創設以来半分の期間) 新しい方向のための予算は全く認められなかったのも、イノベーションリサーチラボと称する加速器棟の新設が認められたことは意識改革の面でも意義がある。加速器に関する正規の概算要求の方でも最終的に学術機関課から、わずかではあるが、こういう新しい方向を認知するしるしとしてイオン源を作る経費を付けてもらえた。

2003 年に 40 周年を迎えた原子炉実験所は、いま代谷誠治所長のリーダーシップのもとでようやくトンネルを抜けつつある。加速器は森義治さんを中心に KEK のものよりさらに新しい試みも取り入れつつ建設・研究が進められている。

核燃料サイクルと ADS

原子力関係者が加速器と関わる計画の代表例が加速器駆動システム (ADS) である。現在 ADS といえば主として加速器で発生させた中性子を使用済み燃料に残る微量のアクチナイドに照射して核変換し短寿命のものにする処理システムのことをいう。しかし実は、ずっと以前にブルックヘブンの高橋博さん達がウラン・プルトニウムサイクルの軽水炉よりはるかに安全な未臨界のトリウム燃料集合体と加速器を組み合わせた発電用のシステムを提案していた。後に多くの人の関心を引いたのはノーベル賞のルビアが同様の提案をし、情熱的に行動してからである。なお、トリウムサイクルについては、日本では早くから古川和男先生が熱心に主張されているが、現在の国策を否定する調子が強いのか、原子力村では好感を持たれていない。村の論理ではなく学術レベルの真摯な検討が望まれる。

私は化研にいた頃、リニアックと未臨界の燃料集合体を組み合わせて、パルス中性源とすれば、加速器としては大型ハドロン計画や、当時原研で計画されていた中性子科学計画ほど大規模のリニアックを作らなくてもすむのでいいのではないかと考えて提案した。しかし、後になって原子炉実験所のミッションを考えたら、原子力のエネルギーに関わらねばならないと考えたことと、現実に J-PARC が進むようになってきて

パルス中性子源としてだけの提案では新しい計画として意義が認められにくく、さらに中性子源としても KUR が廃止されるとしたら原子炉のような連続ビームの中性子源も必要であると考えようになった。現在の熊取の計画 KART (Kumatori Accelerator-driven Reactor Test-facility) が中性子源の基礎研究であると同時にエネルギー問題にも貢献できることを期待する。

12. 研究者の集まり

ビーム物理同好会

小型加速器の開発などの基盤を整備しつつ、化研時代の私は同時に大型装置の導入ではなく、大学らしい加速器研究の仕方はないものかと考えていた。米国では物理学会の中にビーム物理の分科ができたことも知った。KEK の平田光司さんと私の研究室の岡本宏巳さんや姫路工大の安東愛之輔さんなどが中心になって関心のある人に働きかけて、1996年に宇治の研究室で第1回のビーム物理の研究会を開催した。特定の大型加速器の報告というようなものではなく、物理としておもしろい話題をゆっくり話し合うということを目的とした。この時は手弁当で来ていただいた。その後、熊谷孝孝さんのお世話で SPring-8 の研究会として毎年続けることができた。平田さんや宇都宮大学の西田靖さん広島大学の小方厚さんが熱心に活動を推進し、今は「ビーム物理研究会」と改称して、物理学会の中での認知を得る努力をしている。位置づけに悩んでいるようであるが、理論も技術も含む大学の物理系学科に存在する加速器関連の学問分野として育ててほしいと思っている。

加速器の学会

KEK と RCNP ができて暫くして、最初の加速器科学研究発表会が始まり、まず KEK が、その後、核研、理研などの規模の大きい加速器施設が順番に世話を開催するようになった。西川先生の意図は加速器建設現場の技術者の情報交換ということであったようで、最初は予稿集も日本語であった。しかし、2回目からは英語となり、次第に米国で始まった PAC の日本版ようになった。KEK では加速器の専門家集団ができて他に発表の場があまりないので、このプロシーディングスを論文業績として使う一面もあった。暫くして RCNP の近藤先生が世話したときに、加速器同好会という組織を作り、この同好会が発表会を主催するという形になった。事務局は KEK に置くことになった。

一方、最初(第ゼロ回?)は東北大学が世話したり

ニアック技術研究会という会も発足し毎年開催されてきた。この会は、田中治郎さんの苦労話を聞く会という人もあったように、まさに現場の話を聞く伝統を続け、予稿集もずっと日本語である。聞くところによるとニアックの国際会議も最初はイオンの加速器だけで数の少ない家族的な米国内の集まりから発展したという。

その他にも静電加速器の会などいろいろと研究会がある。これらがまとまって学会を作ることについては、以前から議論があったが、まとまるべきかどうかだけでなく、学会というものにすることがいいかどうかについても意見が分かれて、なかなか実現しなかった。原子力系は原子力学会に的場優さんや今西信嗣さん達の努力で加速器・ビーム科学部会を作った。旧世代は物理学会の高エネルギー物理や原子核物理の分科などでの発表もあり得たが、やがて加速器同好会でも神谷さんの世代を中心に学会にしたいという声が大きくなり、加速器同好会は解散して日本加速器学会ができた。学会は本来会員個人の学問の発展に資するものであり、巨大な加速器を持つ研究機関のためのものではない。また加速器学会の発足によって企業の研究者が対等に運営に参画する工学系の学会に似た状況になることが期待される。企業が疲弊するような加速器では業界は成り立たない。

一方、大学の物理系専攻・学科おける他分野の人達への加速器分野の認知と人材育成面では大学関係者が主体となっている物理学会において研究発表の場を位置づけることが重要であり、「ビーム物理学」がその役割を担うべきであろう。KEK の OHO などの(夏の)学校なども有意義であるが、大学での拠点作りも必要である。大学に加速器関係者がいなくなれば将来があやうい。

日中加速器会議と APAC など

日中間の加速器関係者の交流は文革後に盛んになり、先方からの来日だけでなく中国でのサイクロトロンの更新や新設のために日本の研究者が招かれるなどのこともあって、定期的な日中加速器会議が始まった。この日中加速器会議が始まるとき高エネルギーとしてはあまり魅力を感じなかったのか KEK はこれに参画しようとしなかった。理研の上坪さん、核研の平尾先生、RCNP の近藤先生などが中心になって、中国と日本で交互に2、3年ごとに数回開催した。

その後、国際的なバランスを考えてアジアでのリニアコライダー運動に対する思惑もあってか、日中をやめてアジア加速器学会にしようという提案が KEK の人達からなされた。過去の経緯を知る旧世代は KEK

の身勝手さに不快感を示したが、日中加速器会議でも分裂国家の問題等がある中で既に他の国もオブザーバー等で参加を認めていたので、中国側とも協議して、APACの第1回目が1998年にKEKで開催されることになった。

APACはうまくいけば、米国のPAC、欧州のEPAC、と並んで3極が毎年順番に開催するというもくろみであるが、現状ではまだ差があるようである。また最近ではレーザー・プラズマ加速等の先進加速器に関して作られたAACに触発されてそのアジア版のAAACというものもできた。プラズマ・核融合は国益が影響するためか国際的にフェアでない雰囲気もあるようであるが、アジアだけでセクト的にならないような国際連携が重要であろう。アジアに関してはアジア全体の實力を上げるための連携が必要であり、日本が盟主気取りにならないように気を付けるべきである。

13. おわりにーポストモダン？

トリスタンの頃までは追いつくために頑張ったが、今や単なる外国との競争ではなく、本当に大切なものを見据えた方向性が求められている。かつてひたすら頑張っている我々を見て、A. Bohrがあんまり急がずにやれといった気持ちが理解できる状態になったということかもしれない。昔、核研のサイクロトロンができたとき、松田一久先生が核物理の死に水をとるといって先輩にしかられたことがある。また早川幸夫先生はある分野のライフは30年ぐらいだと言われたことがある。加速器が学問としてあるいは技術として、今後どう発展するのか転換点のようにも思う。レーザー加速器については田島俊樹さんの先駆的な研究が早くからあったが、最近レーザー・プラズマ加速において単色ビームが得られるという注目すべきデータが、産総研の小山和義さん達プラズマ物理を専門としたグループから出てきている。従来の加速器屋から見て異業種である分野との交流が今後の発展にとって重要であろう。

より根本的な問題として、KEKを創るときブルドーザーかダンプカーかという議論があったが、近代日本の成長モデルは21世紀には通用しないかもしれない。今世紀中に日本の人口が半減しそれに応じた変化が起こることは明らかである。国家的計画経済体制も破綻したが市場経済万能の競争社会も病んでいる。



写真4 旧蹴上発電所正面「亮天功」
1巻2号(その1)参照

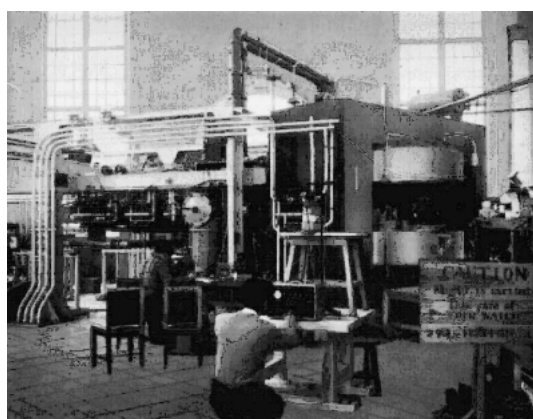


写真5 蹴上サイクロトロン(1955年完成)
この後、遮蔽のため、窓をコンクリートで埋め、天井をピアノ線入りコンクリートで覆った。

ITER やリニアコライダーをどう位置づけるのか。近代以前も含めた歴史を見据え、新しい国際化と国民への説明が重要になる。最後に日本の近代化を象徴する蹴上発電所と半世紀前のサイクロトロンの写真を掲げ、老兵は消えるとしよう。若手の活躍を期待して筆を擱く。

外史と断りはしたが、私の力量不足で、企業が製品化した小型加速器や、実用にならなかった電子リング加速などにはあまり触れられず、正史の側からは無視されるかもしれないところを書くという点でも不十分なものになったことをお詫びする。歴史は書く人の数だけ存在する。すでに本会誌にもいくつかの歴史物が掲載されているが、他の人達の語る多くの歴史によって私の雑文を補い批判していただければ幸いである。