

日本加速器外史（その1）

井上 信*

An Unofficial History of Japanese Accelerators (Part one)

Makoto INOUE*

1. 英雄時代

事始め—加速器による最初の原子核人工変換実験

「…昭和9年7月25日全て完成した。忘れもしないこの夜11時、加速器は好調、真空度 10^{-5} mmHg、準備完了。いざ運転、大きな期待に胸をときめかしつつ、かつ祈るような気持ちで α 線の放出を今や遅しと待った。加速管の下部には真紅の糸を引いたように陽子が流れている。ルーペで覗くとZnSの閃光膜はチカチカと星の如くまたたいているではないか。「見えたぞ!」「成功したぞ!」私は大声で絶叫した。荒勝教授と私ともう1人の助手植村吉明君の3人、互いに手を取り合って、日本で最初の陽子とリチウムの核反応実験成功を祝った。その後日本放送協会はラジオ放送により、この核反応の計数の音を日本中に流してくれた。…」¹⁾少し長い引用になったが、これはコッククロフト・ワルトンの実験の2年後、台北帝大で日本初の原子核の人工変換に成功したときのことを記した木村毅一先生の文章である。

台北帝大の荒勝研究室のこの実験はあまり多くの人に知られていない。その数ヶ月後に同様の実験に成功した大阪帝大の菊池正士研究室の実験が日本初であると、戦後長い間多くの方は思っていた。最近報告された原子力委員会研究開発専門委員会加速器検討会の「加速器の現状と将来」（平成16年4月）は力作であるが、日本の加速器の歴史について述べているところで台北帝大のことには触れていない。この報告は歴史書ではないのでやむを得ないが画竜点睛を欠く。

私が若い頃、加速器の正史を書くにふさわしい立場にいた方は、熊谷寛夫先生であるが、その熊谷先生が、過ちを正されたのは、京都大学化学研究所（京大

化研）における植村吉明先生の告別式の時である。熊谷先生は戦前、阪大の菊池研究室に居られ、当時はわかかっておられたことであろうが、戦後は長く菊池研究室の実験が日本初とっておられた。ところが植村先生への別れの言葉を述べるために、昔の自分のノートを調べていたら、荒勝研究室が先であることが書いてあった、と紹介された。もっとも私が筑波で開催された第1回のアジア加速器学会（APAC）で会った台北から来た研究者は、自分のところがアジアで最初の加速器による原子核実験を始めたのだと荒勝研究室の実験のことを自慢していたので、荒勝研究室の実験はアジア初というべきかもしれない。

このたび編集委員長から、日本の加速器について何か書くようにとの命令に近い強い指示があり、この雑文を書き始めるに至った次第であるが、あまり適任ではないように思い最初は躊躇した。私は学生時代、京都大学で、蹴上にあったサイクロトロンで核物理の研究を始めると同時に、始まったばかりのタンデム・バンデ・グラーフの建設に参加し、続いて大阪大学で、準備段階から核物理研究センターの設立に参加して、AVFサイクロトロンの設計建設を行い、その後、京大でRFQとアルバレからなる小型線形加速器を建設するなどしたが、日本の加速器建設の中核にいたわけではないので、正史が書ける立場にはないと思っている。

戦後の加速器の歴史にとって東京大学原子核研究所（核研、INS）は中核的存在であったが、高エネルギー物理学研究所（KEK）と合併して高エネルギー加速器研究機構（新KEK）となってしまったので、いまや、日本の加速器の正史を書く立場にあるのは、資料と関係者の多さを考えると、理化学研究所（理研）と

* 立命館大学客員教授（COE推進機構）

Visiting Professor Synchrotron Light Life Science Center Ritsumeikan University
(E-mail: inoue mak@se.ritsumeikan.ac.jp)

KEK ということになるであろう。しかし、正史にはしばしばその時点での本流の立場から見た歴史しか書かれないことが多い。私は正史を書ける環境にはいなかったもので、ひが目になるかもしれないが、編集委員長に記事を依頼された機会に、外史を試みることにした。外史であるから、史観の違いや多少の思い違いは許していただきたいが、史実が不正確であっては申し訳ないので、各地の加速器についてのデータを教えていただければ幸いである。

本格的な加速器建設拠点の形成—戦前のサイクロトロン

さて 1932 年（昭和 7 年）に発表されたコッククロフト・ワルトンの実験の直後に始まった荒勝先生や菊池先生のコッククロフト・ワルトン型加速器建設の一方、理化学研究所の仁科芳雄研究室ではローレンスのサイクロトロンの発明を知るとすぐにサイクロトロンの建設をはじめ最初の小型のものを 1937 年に完成した。このように、日本の加速器は欧米の加速器開発にほとんど遅れることなく発進していた。続いて阪大でも小型のサイクロトロンが建設された。さらに理研ではローレンスが作り始めた大型のサイクロトロンと同じ大きさのサイクロトロンが建設された。一方、台北から京都大学に移った荒勝研究室でも大型のサイクロトロンの建設が始まった。戦前の加速器の 3 大拠点が活躍していたこの時代を、私は、歴史的にはいわゆる英雄伝説の時代であると位置づける。しかし後に戦争と敗戦による不幸な中断が訪れる。この中断がなければ、もっと世界の物理の発展に貢献できたであろうという思いが、若い頃追いつくことに専念した、私の世代ぐらまでの者には強い。

仁科先生、荒勝先生、菊池先生達が原子核の研究を始めた背景には、当時の新しい学問に対する強い関心があるが、それはいずれも母校の研究室にいてなされたものではない。仁科先生は理学部の出身ですらない。仁科先生については多くの書き物があるので省略するが、仁科先生にとっても、菊池先生にとっても当時の理研の存在と、外国での経験が大きな役割をしている。荒勝先生はケンブリッジのキャベンディッシュ研究所など欧米での研究経験のあと、創立間もない台北帝大に赴任している。菊池先生も理研から創立間もない大阪帝大に赴任している。その阪大に同じ頃赴任した湯川秀樹先生は何かせずにはいられないような雰囲気があったと述べておられた。こういうことは日本だけのことではないらしく、ローレンスとオープンハイマーも東部から新しいカリフォルニアに赴任したときそういう思いに駆られていたといわれている。ちな

みに湯川先生と同期の木村毅一先生も荒勝研究室ができて間もない台北帝大に誰も希望しない中で「一大決心」をして応募し、助手として赴任したのである。また植村先生はいわゆる帝大出ではなく、台北高等工業の出身であった。

戦時中および戦争直後のことを語るができる人は正史の立場の人でも数少なくなった。どなたかがこれ等の人達からの聞き取り記録をすることを望む。東京に比べて史料の少ない京都では清水榮先生が生き字引のような方であったが、平成 15 年暮れに亡くなられた。京大のサイクロトロンについては、私が引き継いでいた京大化研の研究室には戦前のサイクロトロンと戦後再建したサイクロトロンに関する木村先生の 2 冊の建設ノートが残されており、数少ない 1 次史料である。

コッククロフト・ワルトン型のほか、静電加速器バンデ・グラフも作られた。こういう高電圧型の装置は絶縁や放電が問題となる。阪大から東大に移られた熊谷先生の静電加速器づくりの苦労話は先生自身が話しておられた。コッククロフト・ワルトンを作るとき、台北の荒勝研究室はそれ以前に放電の研究をしていたせいかどうか比較的うまくいったようであるが、阪大のものは初めコンデンサーなどで苦労したように聞く。もう一つの課題が真空である。ガラス管と金属や碍子を使い、漏れそうなところは松ヤニのようなロウで封じるという時代である。熊谷先生の話を知っていると「加速器は真空と放電である」という感じが強かった。今でもこれは基本かもしれない。

サイクロトロンでは高電圧の問題は軽減されたが、高周波の理解が不十分であったために、理研の大型サイクロトロンで苦労した話は有名である。仁科先生が大型サイクロトロンを計画されたとき、ローレンスは親切にも日本でその磁石を作ると高くつくだろうからと、ローレンスが作るものと同じものを作るように助言した。おかげで磁石は同じものが同時に入手できたが、高周波系についてはそれぞれ別々に設計して進めた。ローレンスのものは完成したが、理研のものはうまくいかない。小型のサイクロトロンの時は高周波電源を直接加速電極に繋いでも電力が小さいから問題はなかったが、大型になると電力導入部が熱せられて真空漏れするなどして使用できなかった。共振器系に結合させるという考え方が十分できてなかった。ローレンスのところへ教えを請うために研究者を送ることとし連絡したが、時は日米開戦直前で、ローレンスからは日本の科学者には会えないという返事が来た。にもかかわらず、図面と文献は全て渡してもらえたという

美談が知られている。

こうして、終戦の直前に大型サイクロトロンがようやく完成した。しかし終戦直後この大型及び小型サイクロトロンは、大阪、京都のサイクロトロンとともに米軍によって破壊撤去される。理研のものが東京湾に捨てられる写真はよく知られている。

阪大の菊池研究室では若い伊藤順吉先生が中心になって小型のサイクロトロンを完成させた。これは民間の寄付金でできたものである。ローレンスのサイクロトロンもそうであるが、当時はビーム集束の原理がよく理解できてなく、磁石のポールチップに鉄片を差し込んだりしながら調整していた。阪大では山口省太郎先生が手塩にかけて調整していた。戦争がひどくなって研究ができなくなり、戦争が終わったら使おうと油を塗って守っていたが、戦争直後に占領軍に破壊されて大阪湾に沈められる。伊藤先生は戦後原子核の研究ができなくなったので核磁気共鳴 (NMR) の研究を始め、日本の大御所となられる。

京都大学のものは、荒勝先生が台北から京都に移ってから建設を開始したので、少し遅れて始まった。京大の化学研究所は当時の物質科学研究の中心で湯川先生も荒勝先生も理学部の教授であると同時に、化研に研究室をもっていた。サイクロトロンは化研のものとして理学部の物理教室に建設された。木村毅一先生のノートを読むと、空襲のことなども記されており、戦時中の物資不足で苦労しながら建設を進めていた状況がうかがえる。終戦までに電磁石は完成し、もうすぐできあがるまでになっていたところで、敗戦の年の秋に阪大のサイクロトロン同様に破壊撤去される。私は学生時代、運び出されたサイクロトロンを途中まで追いかけていったが最終的に大阪湾に捨てたのか琵琶湖に捨てたのかわからないという話を聞かされていた。木村先生は後に大阪湾と記しておられる。

2. 暗黒時代

サイクロトロンの破壊と原子核研究の禁止

敗戦によって学問ができなくなるのではないかと、多くの人が意気消沈していたときに、東北大学の金研では本多光太郎先生が、これでまた研究ができるようになるのと所員を激励し、いち早く実験室の整備等を指示されたことは有名であるが、京大でも学生たちが心配するのに対して湯川先生が大丈夫、学問ができるようになる、と安心させたという話を聞いた。

一般に戦後原子核の研究が禁止されたといわれるのは、初めは、ウラン 235 あるいは不安定同位元素の大量分離の研究を禁止するという、終戦直後の占領軍

の指令に基づくもので、限定的に読めばサイクロトロンは破壊されなくて良かったかもしれない。しかし拡大解釈すれば全ての研究ができなくなる。サイクロトロンの場合には、占領軍は仁科先生の要請でいったんは使用許可を出したものの、念のためか米本国に問い合わせ、本国の米軍からの指令で破壊が決まったというところのようである。

ドイツの小型サイクロトロンが破壊されなかったのに、なぜ日本のサイクロトロンが破壊されたかについては、吉岡齊氏の「仁科ヤビヘビ説」によると、仁科先生が研究再開を占領軍に訴えたことがうまくいきそうになりすぎて逆効果になったもので、その動きと関係の無かった大阪と京都のものは「寝耳に水の災難」だということである²⁾。なお、占領軍は、サイクロトロン破壊の1年あまり後に改めて原子力研究の全面禁止指令を出し、これは占領末期まで続く。ただし、医療用のラジウムなど核分裂性でないアイソトープの利用は特別に許可されるとしている。

しかし、この英雄時代は欧米でもそうであるが、戦後の日本とは違いいわゆる原子力研究と基礎的な原子核研究は同じ研究者が行っており一体化されていた。仁科先生は軍部の質問に対して、たとえ米国であっても全ての科学者を動員して開発しなければ戦争中に原子爆弾を完成できないだろうと答え、若干の原爆に関連する研究に手を付けたものの本格的なものではなく、サイクロトロン等基礎的な原子核研究装置のための研究を主に行ったといわれる。菊池先生も荒勝先生も軍との関係はあったが似たような姿勢であった。しかし米国ではまさに仁科先生が仮定のこととされた、科学者の総動員がなされて原子爆弾開発のためのマンハッタン計画が進行した。オープンハイマーがリーダーでローレンスもベーテもおよそ我々が有名な科学者としてその名を知っている人はほとんど動員されたのである。ローレンスが指導したアイソトープ分離器カルトロンはサイクロトロンの磁石と同じようなものであった。こういう状況であるから米軍がサイクロトロンを原爆研究と関連づけたこともやむを得ない面もある。

戦前の量子力学発展史の中で拠点の一つであった、マックス・ボルンの研究室には世界中から若い俊秀が集まっていた。その多くが後にマンハッタン計画に加わったことに関して、ボルンは「彼らは確かに非常にクレバーであった。しかし彼らがもう少しワイズであったなら」と言ったという。

サイクロトロン破壊後日談

京大のサイクロトロン破壊に関しては後日談があ

る。この日、占領軍についてきた通訳は後にスタンフォード大学やカリフォルニア大学バークレー校の教授（日本史研究者）になった Thomas C. Smith 氏で、それから 51 年経った後に、彼から知り合いである法政大学の二村一夫氏に届いた手紙が、二村氏の友人である筑波大学の原康夫氏を通じて京都大学の政池明氏に回されてきて、さらに私のところへもコピーが届いた。Smith 氏がこの手紙を書いたのは生涯の思い出の一つとして心に残っていることを関係者に伝えておきたいという意図であった。この手紙にはその日が 1945 年 10 月の寒い朝と書いてあるが 11 月の間違いであろう。もっとも京都の関係者は正確に記憶してなく、前述の木村先生の建設ノートも 11 月 17 日で途切れているが破壊された日は書いてない。別の記録では 11 月 24 日とあるが、木村先生の記録も混乱している。

Smith 氏の手紙によると、自分より日本語ができる日系米国人の通訳ではなく、白人の自分がこの日の通訳に命じられたのは、日系人に対する不信感があったのかといふかかっている。Smith 氏はコロラドの海軍日本語学校で教育を受けて日本語のオフィサーとして従軍し戦後も残って仕事を手伝っていた。手紙には Washington から来た二人の Navy commander に同行したと書いてある。海軍関係の筋だったのだろうか。最初は荒勝先生が来訪者に対して丁寧に説明し、サイクロトロンが破壊されるとは思ってもいなかったようである。Smith 氏と荒勝先生が、うかつにも実験ノートなども説明したために、サイクロトロンだけでなく、貴重なノートも没収されてしまったということを知っている。サイクロトロンを破壊することを告げると、荒勝先生は、それが兵器開発に使われたのではないことを説明したものの、サイクロトロンの撤去には同意した。ただし、実験ノートの没収には強く抗議した。しかしこれは聞き入れられなかった。兵器開発用の装置を破壊すると単純に信じて通訳として出かけた Smith 氏は実態を知って、最後まで破壊現場を見ていられず、許可を得て、その場を逃げ出したようである。

なお、この 3 カ所のサイクロトロンを破壊する様子が米国側のフィルムに収められていて、最近日本の出版社が編集したものが販売されており、入手できた。この編集は混乱していて、関係者がいないと理研、阪大、京大のものとの区別が付かない内容になっている。余談であるが、阪大ではアナログ型のスペクトロメータをサイクロトロンだと説明したため、これも破壊したということで、占領軍としては、これを含

めて合計 5 台のサイクロトロンを破壊したことになる。大阪であった加速器科学研究発表会で平尾泰男先生の解説で紹介していただいたのでご記憶の方もあろう。なお、このフィルムには 1945 年 11 月 20 日の日付があるが、京大サイクロトロンの破壊の日かどうかは分からない。

原爆調査班の遭難

京都では敗戦とサイクロトロンの破壊の間にもう一つの不幸があった。広島原爆の直後、理研の仁科研究室をはじめ多くの研究者が調査と治療などのため広島に向かった。荒勝研究室でも馬の骨とか、碇子とか放射化しそうなものをリュックにいれてもって帰り、「新型爆弾」が原子爆弾であることを確認した。ただし、どこで拾ったかの記録については理研の調査の方が正確だったと清水榮先生は述懐しておられた。当時の検出器は持ち運べるようなものではなく研究室に試料をもって帰ってから測定しなければならなかった。このときの反省かどうか、後に清水先生は最初の水爆の被害にあった第 5 福竜丸の時には学術的に価値の高い調査を中心になって行い、水爆であることの断定とともに、調査結果を化研のレポートとして出版して国際的に高く評価された。

広島では、軍の要請もあって理研と京大は戦後も原爆の調査と被爆患者の治療にあたった。秋になって 9 月初めの調査の時、京大医学部の人達は予定していた市内の宿营地には東京の人達が先に入っていたので、宮島の対岸に近い大野浦の大野陸軍病院を宿营地とした。木村毅一先生が中心になった物理学関係者は 9 月 16 日に大野浦に宿営したが 17 日の夜、枕崎台風が襲い山津波で京大班に多くの犠牲者が出た。この台風については、当時、戦争で通信網がずたずたになっていて被害が大きくなったことが、柳田邦男氏の「空白の天気図」（新潮社）という本に、京大班の遭難についても 1 章をさいて、書いてある。

木村先生も真っ暗闇の中に放り出されたが、岩にしがみついて九死に一生を得た。医学部では真下俊一教授、杉山繁輝教授ら 8 名が犠牲となった。理学部・化研の荒勝研究室では堀重太郎、村尾誠、花谷暉一の 3 名が犠牲となった。余談であるが、真下教授等が調べた被爆患者の学術的に貴重なデータを米軍に見せてほしいと言われるままに渡したがついに返してもらえなかったという話もある。犠牲者の冥福を祈る行事が毎年現地で行われている。

研究再開への努力

米国の科学者達はサイクロトロン破壊のニュースを知り、批判の声をあげた。昭和 26 年にローレンスが

日本に来て基礎的な原子核の研究を日本が再開すべきであると占領軍に進言してくれた。この間、理研は財閥であるとされて解体され、株式会社科学研究所になり、仁科先生が社長として経営に苦勞された。一方研究の再開にも努力され昭和25年に初めて米国が仁科先生のためにアイソトープを送ってくれた。日本の原子核研究再開については米国滞在中の嵯峨根遼吉先生も米国に働きかけをされたという。残念なことに、こうした苦勞がたたって60歳という若さで仁科先生が亡くなった。ローレンスが来日したのはその約半年後である。しかし、こうして理研(当時は科学研究所)の小型サイクロトロン再建が始まった。

原子核研究が禁止されていた時代何もできず、経済的にも生活が困難で学生も田舎に帰ったり大学のキャンパス内で野菜畑を作るなどしていたようである。しかし、コッククロフト・ワルトンやバンデ・グラフなどは破壊されてなく検出器などの研究はできた。また、阪大では菊池先生を中心にしてスタッフが戦中戦後の外国の研究成果を調べ上げ、これを紹介解説する本を出版した。情報に飢えていた時代に研究再開に備えてこのような活動をしていたことに敬服する。菊池先生は日本でできないときは、自分たちに研究能力があることを示すべきだという考えで、単身米国に渡り、当時の高エネルギー物理研究に取りくまれました。

3. ルネサンス

サイクロトロン再建計画

原子核の研究再開が認められてから、理研だけでなく、阪大でも京大でもサイクロトロン再建計画が始まった。化研に残されている木村毅一先生の2冊目のノートは昭和26年(1951年)8月から始まっている。

日本学術会議原子核研究連絡委員会(委員長は朝永振一郎先生)の昭和26年9月18日の議事録を見ると、前回の議論で、昭和27年度には化研(旧理研のこと)あるいは大阪にサイクロトロンを作るとしていた。その後通産省が化研に6百万円出すことになったので、文部省には大阪のものを要求することになるのが道理である。ところがその後、京大から60インチサイクロトロン(1千5百万円)、東北大から335 MeV電子シンクロトロン計画(1千6百万円)が提出された。この新事態を受けて委員会を開くとある。結論として昭和27年度は阪大のサイクロトロン再建を行う。電子シンクロトロンについては準備等を考えると昭和27年度着手は多少心配なので小委員会を設

けて昭和28年度要求に向けて検討する。京大のサイクロトロンはラジオアイソトープ製造用ということで、物理以外の分野への寄与も大きいので、昭和27年度の阪大の計画、昭和28年度の電子シンクロトロン等の建設を停滞・遅延をさせないように進める。という結論になっている。

なお、その後、12月の委員会で東北大は予算2百万円の40 MeVの計画を説明する。さらに翌年の昭和27年4月に委員会は大型シンクロトロンを当分見合わせ、乗鞍の宇宙線観測所の建設を進めることを決める。

仁科先生は亡くなられたが、昭和27年に理研の小型サイクロトロン(今そのマグネットはアイソトープ協会の本館下に展示されている)が再建された。阪大では菊池先生が健在で、中之島キャンパス内に再建が決まった。阪大のサイクロトロン建設は優れた記録映画として残っている。運搬手段に馬車が使われていた時代の建設の様子がよく分かる。これも平尾先生の解説付きで加速器科学研究発表会の時に紹介されたので見られた方も多いと思う。

京大のものは直ぐには文部省に認めてもらえず、大学関係者が総力を挙げて文部省及び大蔵省と交渉している様子が木村先生のノートからもうかがえる。このときには既に荒勝先生は停年退官されており、木村先生が計画の中心になっていた。最終的に昭和27年5月21日になって京大のサイクロトロン建設が認められ、化研へ予算が出されることになった。文部省への要求分だけでは十分でないので、京大ではそれ以前から民間の寄付を募って建設するという動きがあり、正式に原子核科学研究協会というものを発足させて寄付金を募った。建物に関しては、京都市が管理していた蹴上発電所の建物を無償で借り受けることになった。

蹴上発電所

蹴上は日本における水力発電事業発祥の地である。首都を東京に遷した明治政府は京都市民をなだめる意味もあってか、京都市の事業に資金を投じた。このときの3大事業の一つが琵琶湖から水を引くという疎水事業であった。後に京大が創立されたときにその教授となる、東大を卒業したばかりの23歳の田辺朔郎という技師がこの事業の中心人物となる。舟がエスカレーターに乗ったように上下する蹴上のインクラインは有名であるが、上水、農業用水、水運だけでなく何か新しいものを考えていた彼が取り上げたのが水力発電であった。この地は今も関西電力の発電所となっているが、明治時代にできた2代目の建物が戦後空き家

となって残っていた。イギリス製の煉瓦でできたしっかりした建物である。敷地は戦後関西電力のものとなっていたが、空き家となっていた建物は京都市のものままであった。中の発電機は戦時中満州へもっていったということである。京大はサイクロトロン再建にあたり、建物を京都市から、敷地を関電から借りることになった。

建物の入り口には久邇の宮が書かれた「亮天功」という石の扁額が掲げられていた。このために壊されずに残っていたという説もあるが、サイクロトロン再建ではこの扁額も一役買うことになる。この言葉の出典は書経にあり、伝説の理想的皇帝である舜帝が大臣を任命したときに訓辞し、為政者の心構えとして、民を恣意的に制御支配しようとしてはならない、天の功を助けるつもりで働けと言ったというものである。天の意思は民衆の中に表れるというのが古来中国の革命思想であるが、後に私が蹴上の教授だった頃、中国から加速器関係者が国際会議のついでに見学に来たとき、人民共和国教育を受けた世代は天を天子、皇帝ととらえたのか皇帝の功績のために働くなるとんでもないという反応を示した。しかし、年配の教授は天の effort という解釈をしていた。木村先生のノートには、民をよく治めるという意味のほかに、自然のはたらきをたすける、利（活）用するという意味がメモしてある。久邇の宮の考えも水力を利用するということから出ているのであろう。ともかくこの言葉が明治生まれの戦後財界人にも感激をもって受けとめられ募金活動に役立ったということである。今度は水力ではなく原子の力である。寄付は財界だけからではない。第1号の寄付は京都府宮津町（当時）の青年文化団体「土曜クラブ」であったことが当時の新聞で報道されている。

古典的サイクロトロン

当時のサイクロトロンの高周波系はいわゆる自励振 (SO: self oscillation) であった。これは今のように基準周波数を出す発振器があり、その信号を増幅して加速電極を含む共振器に導入する、いわゆる他励振 (MOPA: master oscillator power amplifier) ではなく、加速電極を含む共振器が発信系の負荷回路そのものというものである。従って SO では共振器の温度等が変われば発振周波数が変化する。学生時代、私は蹴上のサイクロトロンの運転卓で両手にそれぞれ2個の D 電極（加速電極が D 型になっているための名称）に結合しているトリマーコンデンサを動かすノブを握り、2個の D 電極の電圧のバランスをとりながら発振周波数を粒子のサイクロトロン周波数に合わせるよ

う夜通し調整したものである。朝方になると市電が動き出す。その電力は蹴上発電所から供給されていたから、このときはサイクロトロンの受電電圧の変動も大きい。人間フィードバックシステムは大変であった。

自励振のもう一つの問題はマルチパクトリング放電であった。これを乗り越えるために、阪大では発振の初期だけブースターで励振する方式をとったが、京大は D 電極とステムを直流的にアースと絶縁し高周波的にはコンデンサーでショートして D 電極に負のバイアス電圧をかけるという方法を採用した。この真空中にあるショータングコンデンサーの所は最も電流値が大きいところなので、初期には発熱でコンデンサーが変形して直流的にショートしてしまうトラブルが多発し、そのたびにコンデンサーのあたりを槌で叩きにいっていたという。その後改良されたので私はサイクロトロンを叩きに行ったことはない。

初期には加速中にビームを覗きに行ったり、空気中にビームを引き出して、空気をイオン化して発光する様子を写真に撮ったりしたようである。放射線障害防止法が制定される以前の話である。なお、蹴上のサイクロトロンは完成までは建物の窓などが発電所当時のままで、遮蔽上不十分であったので、本体が完成した後で建物の内側からコンクリート遮蔽を施した。

その後も、ほぼ同規模の阪大と京大のサイクロトロンは、いわば兄弟として、文部省も維持費等の手当を同じように面倒見てくれた。

復興初期の加速器建設

当時の加速器建設状況については、物理学会誌で昭和30年度に於ける各専門分野活動の展望の欄（原子核実験）で東大の野上耀三先生がまとめておられる。要約すると以下の表1のようになる。

これを見ると、ベータトロンおよび電子シンクロトロンが数多く建設されたことがわかる。電子加速器は手軽に核反応を起こすことができるエネルギーまで加速できるという利点はあったが、実験上は単色ガンマ線を出せないため精度のよいデータが得られないなどの欠点があり、核物理用としてはサイクロトロンとバンデ・グラーフが主流になっていく。

なお、この頃の日本人の発明として、FFAG の大河千弘先生についてはかなり知られているが、マイクロトロンを発明した小林大二郎氏（阪大）については知らない若い人が多いようである。また、東大の宮本梧楼研究室では実用には至らないものが多かったが、実にさまざまなユニークな加速器関連研究がなされていた。これらは後の北垣敏男先生の機能分離型シンクロトロンの提案とともに日本の加速器史上忘れてなら

表1 1955年の日本の加速器

(1955年12月現在:野上耀三, 日本物理学会誌第11巻第2号44-46頁の表より. カッコ内は著者注)			
東北大	シンクロトロン	40 MeV	完成
	バンデグラーフ	2 MeV	完成
東大	シンクロトロン	60 MeV-170 MeV	調整中
	バンデグラーフ	1.4 MeV	完成
理工研	サイクロトロン	p-4 MeV, d-2 MeV	完成 (東大)
工大	シンクロトロン	30 MeV	建設中 (東工大)
教育大	ベータトロン	6 MeV	完成 (東京教育大)
科研	サイクロトロン	d-3 MeV	完成 (理研)
	コッククロフト	0.3 MeV	建設中
	立教	コッククロフト	0.2 MeV
核研	シンクロサイクロトロン	FF: p-8~15 MeV, d-17~21 MeV	建設中
		FM: p~62 MeV	
(注: FFはサイクロトロン, FMはシンクロサイクロトロンで磁石は兼用)			
京大	コッククロフト	0.6 MeV	完成
	ベータトロン	2.7 MeV	完成
京大化研	サイクロトロン	d-17 MeV	建設中 (本体は完成)
阪大	サイクロトロン	d-12 MeV	調整中
	バンデグラーフ	2 MeV	完成
	ベータトロン	24 MeV	完成
浪速大	シンクロトロン	20 MeV	建設中 (大阪府立大)
甲南大	コッククロフト	0.4 MeV	完成
九大	バンデグラーフ	3 MeV	完成
三菱電機	ベータトロン	30 MeV	完成
日立中研	ベータトロン	15 MeV	完成
(この他に東芝コッククロフト 0.25 MeV, 日立中研コッククロフト 0.15 MeV 等があったようである.)			

ないことである。

アメリカには MURA 計画という, ついに本流にならなかったが, 加速器の発展に貢献した研究グループがあったことがよく知られている。大河先生もそのグループに参加していた。MURA の歴史も正史にあまり出てこないが, その状況を記した, OH CAMELOT! -a memoir of the MURA years-: F. T. Cole (Feb. 17, 1994) という興味深い書き物がある。

全国共同利用研究所

阪大のサイクロトロンも京大のサイクロトロンも陽子のエネルギーが数 MeV, アルファ粒子が 20 数 MeV 程度で, 固定エネルギーであった。より高エネルギーのものがほしいということ, 関東には小型のものしかないということ, 関東に大型のサイクロトロンがほしいということになった。しかし一大学での設置は困難であるということもあって, 全国共同利用研究所の形態をとることが提案された。全国共同利用研究所の第 1 号は京大の基礎物理学研究所であったが, これは理論の研究所で人の交流に特徴があった。

大型実験装置の共同利用運営というものとしては, このサイクロトロン計画実現のための東大原子核研究所が最初である。学会会議の勧告後すぐに予算が認められ, 地元の理解を得るために朝永先生など関係者が苦勞されることはあったものの, 建設は順調にスタートした。

このとき初代所長として尽力したのは大阪から移った菊池先生であった。建設メンバーは旧理研, 阪大, 京大など全国から集まった。東大本郷からはどこの馬の骨か分からない連中と思われていた向きもあるようであるが, 実質的に全国の研究者が選んだ委員が運営する研究所であった。ただし, この新しい運営形態を理解してもらうためには, 大学の自治との関係で, 東大との間で菊池先生がずいぶん苦勞されたようである。

菊池先生はパイ中間子を発生できるエネルギーを望んでいたが予算の関係で, 最高エネルギーとしては 55 MeV 程度の陽子を加速できるシンクロサイクロトロンとなった。また同じ磁石で陽子, 重陽子, アルフ

α粒子を加速するエネルギー可変のサイクロトロンとしても運転した。このため電磁石は一つだが、シンクロサイクロトロン用の高周波系と可変エネルギーサイクロトロン用の高周波系と2個の高周波系を製作し、切り替えて使用するというユニークなものであった。また、磁石のエッジは熊谷先生のいわゆる B-constant 形で、ロゴウスキー型とはやや異なるが、似たような考えで、鉄の飽和によってエッジの磁場分布が変わらない工夫がなされていた。

この可変エネルギー性はその特徴を發揮し、核反応において入射エネルギーが変わると核反応の断面積が不規則に増えたり減ったりする現象（日本の研究者は当時この現象をガタガタと呼んでいた）の発見によって世界的に注目された。後に、新しい理研ができて、理研としての大型サイクロトロンの復旧が（内容的にはこの核研のサイクロトロンに似ていた）なされるが、実質的には核研のサイクロトロンの完成をもって、日本のサイクロトロンが戦前のレベルへの復興を成し遂げたものとして位置づけられるであろう。

東大核研は同時に、日本の高エネルギー物理用加速器発祥の地ともなった。菊池先生の間接子を発生でき

るシンクロサイクロトロンの夢はかなわなかったが、将来の高エネルギー陽子シンクロトロンの開発用として、日本で最初の間接子が発生できる電子シンクロトロンが建設された。これ以後の高エネルギー加速器の発展については現在日本の加速器の正史を書く立場にあると思われる西川哲治先生が日本物理学会誌 50 周年記念号³⁾に詳しく述べている。

同じく原子核研究の歴史については手段である加速器のことも含めて杉本健三先生が述べている⁴⁾。こちらは各大学に問い合わせるなどして日本全体の加速器建設史がわかるような図を作って、詳しく書いてある。図 1 にこの杉本先生の作られた図を示す。

この西川先生と杉本先生の二つの記事を読めば戦後の加速器史の概略を知るには十分であろう。

初期核研活躍期の時代模様

核研はわが国原子核研究の最大の拠点となった。全国的にこの復興期の世代の特徴は、それぞれ比較的狭い分野の専門家になって、世界の先端に追いつくというスタイルであった。例えば核力の実験家は非弾性散乱や核構造は知らないという感じであった。また、βγ グループという研究グループがあって、アイソ

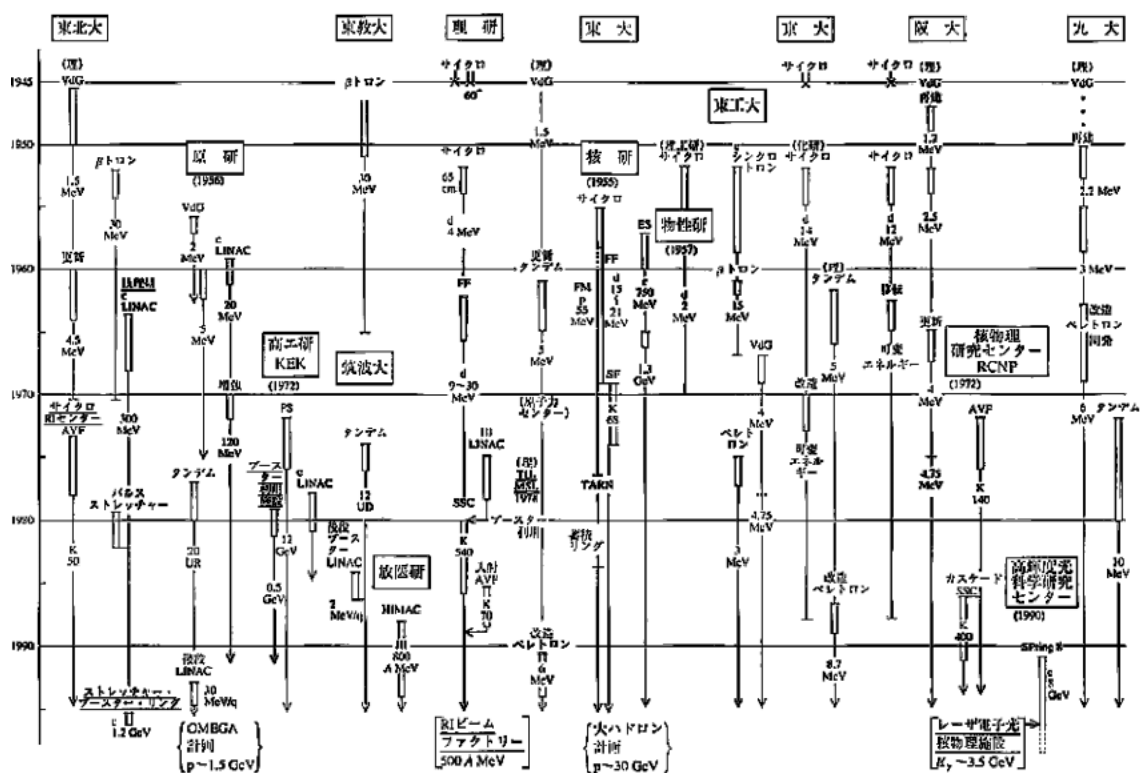


図 1 原子核実験の加速器

サイクロトロン加速エネルギーの K 表示: $E = K(Q^2/A) \text{ MeV}$, ただし Q はイオン電荷, A はイオン質量数. SSC: 分離セクター・サイクロトロン. VdG: バンデグラフ (杉本健三: 物理学会誌第 51 巻 4 号 (1996) より引用: 物理学会ホームページで閲覧できる. 図中, KEK と RCNP の設置年が (1972) とあるのは (1971) の誤り).

トープで β 線や γ 線の測定によって、いわゆる核分光の研究をするグループである。このグループの発明したスペクトロメータが外国で加速器実験のスペクトロメータとして使われた後で逆輸入されるということもあった。理論家は日本のデータを信用せず外国のデータを解析した。隣の研究室とより外国の研究室との交流に熱心であった。ともかく、こうしてそれぞれの分野では世界に伍す研究者が育ってきた。

加速器の建設・維持の主流にいたのはサイクロトロンを運転して核反応の実験をするグループであった。かれらは必然的に加速器が動いてなければ実験にならなかった。そして集団で仕事をする必要があった。しかし $\beta\gamma$ グループはアイソトープを作るときは加速器が動いていなければならないが、その後は別室にもって行ってスペクトルを測ればいいので、そのとき加速器が故障していても実験できた。また少人数のチームでやれた。 $\beta\gamma$ グループのリーダーには論文業績のある人は多かったが、加速器建設のリーダーにふさわしい人が少なかったのはそのためかとも思う。もっとも、後には短寿命の原子核構造を研究するようになり、インビームスペクトロスコーピーといわれる時代がくるが。

核研の電子シンクロトロン (ES) は、陽子シンクロトロン開発のために作られたが、実際には高エネルギー実験に使われだした。真空管に代わり基板上にトランジスタで回路を自作しだした頃である。京大では高エネルギーを指向する若手が安見真次郎先生をヘッドに担いで、当時数少ない米国での高エネルギー実験の経験者である三宅弘三先生を中心に、高エネルギー実験グループを形成する。

その頃、次の核物理のリーダーとして、最も期待されたのは松田一久先生であったであろう。当時、核研はわざと教授の数を少なくしていた。そして任期制を採用し、内部昇格はしないという考えがあった。もちろん法的な拘束力のある任期制ではなく、研究者間の道義的なものであるが、なるべく恵まれた環境のポストを特定の人が長く専有しないためという。そこで、他大学や外国へ転出された人が多かった。松田先生は核研を出て理研に移られ新しいサイクロトロンの責任者となられた。しかし不幸なことに後にスキーの事故で若くして亡くなられた。もしこの事故がなかったら後のニューマトロン計画の時代にどのような采配を振られたことであろうか。しかし歴史にイフは禁物である。

後述する理工系ブームもあって、初期には核研の任期制はうまく機能するが、やがて転出が困難になって、内部昇格もあるようになる。他人の時は内部昇格はよくないといっていた人が自分の時は内部昇格したという不満の声を聞いたこともある。任期制は社会に流動性がないときにはなかなか難しい。ただし、当時は今いる所を出ていくということは言いにくいものであったから、出たい人にとっては気兼ねなく出られるメリットがあった。

(次号に続く)

参考文献

- 1) 日本原子力学会誌 第32巻 第1号 44頁 (1990)
- 2) 吉岡 斉「原子力の社会史」朝日選書
- 3) 物理学会誌 第51巻 1号
- 4) 物理学会誌 第51巻 4号