

## 日本の加速器歴史物語

### A BRIEF HISTORY OF ACCELERATORS IN JAPAN

井上 信<sup>#</sup>

Makoto Inoue

Kyoto University

#### Abstract

There were three cyclotron laboratories (Riken, Osaka-U, Kyoto-U) in Japan before WWII. The occupation forces destroyed all the cyclotrons and prohibited study of nuclear science just after the war. Japanese physicists reconstructed cyclotrons ten years later, and caught up to the advanced foreign countries. Thus, the world highest energy accelerator TRISTAN was completed in 1986 at KEK. Then such world large accelerators as HIMAC, SPring-8, KEKB, RIBF, J-PARC have been constructed. There are also many small accelerators for medical and other applications constructed in the same time. The present paper tries to tell a story of these accelerators.

#### 1. 陰極線の研究（電子ビームとX線）

真空技術が向上しクルックス管で陰極線が発見され（1869年～）、レントゲンがクルックス管の外にX線が出ていることを発見した（1895年）。日本では村岡範為（三高）が島津製作所の島津源蔵（2代目）と共同でX線装置を開発した（1896年）。島津製作所は医用X線装置ダイアナ号、ニューオーロラ号などを商品化する（大正時代）。なお、J.J.トムソンが陰極線は電子が加速されたビームであることを電磁的手法で確認した（1897年）。

#### 2. アルファ線から加速器による研究へ

ベクレル（1896年）、キュリー夫妻（1898年）がウラン、ラジウム・ポロニウムを発見。ラザフォードがウランのアルファ線がヘリウムのイオンであることを発見（1908年）し、ガイガーとマースデンが行ったポロニウムのアルファ線を使った散乱実験の解析で、ラザフォードが原子核の存在を提唱した（1911年）。コッククロフト・ウォルトン加速器により原子核の人工変換（1932年）が成功すると、アジアでは台北帝大の荒勝文策らがコッククロフト・ウォルトンの実験追試（1934年）に成功し、大阪帝大の菊池正士研究室がこれに続いた。荒勝文策については政池明の以下の著書に詳しい。政池明 「荒勝文策と原子核物理学の黎明」 京都大学学術出版会（2018年3月）。

#### 3. 加速器の開発競争

この頃イジングの線形加速器のアイデアに始まりヴィデレーによるベータトロンのアイデアと線形加速器の実証実験（1928年）、ヴァン・デ・グラフによる静電加速器の発明（1929年）、ローレンスによるサイクロトロン（1931年）、コッククロフト・ウォルトン加速器の発明（1932年）、カーストによるベータトロンの開発（1941年）などが続く。

特にサイクロトロンは1940年時点で米国内に20台以上、米国以外に10台以上が建設されていた。

日本の戦前・戦中のサイクロトロン建設は理研の仁科研究室、阪大の菊池研究室、京大の荒勝研究室で行われた（荒勝は台北から京都に移った後に始めたので遅れた）。

理研 26インチ 1937年（23トン、1.28テスラ）、  
60インチ 1944年

（磁石の完成は1938年、220トン、1.5テスラ）、

大阪 24インチ 1938年（25トン、1.8テスラ）、

京都 40インチは建設中に終戦

理研の60インチサイクロトロンは高周波系がうまくいかず、パークレイに研究者を派遣して教えを受け改造したという日米開戦前夜の美談がある。

#### 4. 戦争の時代・兵器開発への協力

1938年にウランの核分裂が発見されると、日本では、陸軍により理研と阪大で二号研究が、海軍により京大でF研究が行われた。ウラン濃縮装置の開発を行うが、いずれも実用には至らなかった。なお、菊池正士自身は、陸軍が学生にやらせるのは認められたものの、原爆開発は無理として、海軍の島田実験所で電波兵器の研究を行う。ここでは朝永振一郎、小谷正雄らが超短波磁電管（マグネトロン）の研究を行っていて、戦後公表され高く評価された。

アメリカでは1942年にマンハッタン計画が開始され、全米の優秀な科学者が総動員された。ローレンスはウラン濃縮のために、建設中の大型サイクロトロンの磁石を転用して試験をするなどして、電磁的質量分析型濃縮装置カルトロンを開発する。

加速器との関係では、仁科は軍の資金をサイクロトロン建設費用にあて、原爆開発のための核データを得るのに役立つと説明した。実際、米国では、ハーバード大学のサイクロトロンやウィスコンシン大学のバンデグラフがマンハッタン計画の拠点であるロスアラモスに運ばれた。戦後ハーバードにはより大きなサイクロトロン建設のために軍の資金が提

inoue.makoto@post.email.ne.jp

供され、ウィスコンシンのバンデグラフは返還されたという。

## 5. サイクロトロン破壊と戦後復興

米国は 1945 年原爆開発に成功し、広島・長崎に投下する。投下後の広島に出かけた京大調査隊が枕崎台風による山津波（土石流）で宿舎が流され犠牲になる悲劇もあった。占領軍は 1945 年 11 月理研、阪大、京大のサイクロトロンを破壊撤去し、その後数年間、原子核の研究が、basic research（応用を念頭に置いた基礎研究）だけでなく fundamental science（学術的基礎研究）も禁止された。

数年後、仁科の死後、ローレンスが来日し、小サイクロトロン再建を勧め、戦後の復興が始まった。この理研（当時は株式会社の科研となっていた）の小サイクロトロン再建の後、阪大、京大のサイクロトロンも再建された。これに続いてより大型の加速器を関東に設置したいという要望を受けて、全国共同利用の原子核研究所（核研）が東大に附置されることになり、初代所長に菊池正士が就任した。加速器としては、可変エネルギーサイクロトロン（FF）とシンクロサイクロトロン（FM）を、加速電極を入れ替えて、1 台の磁石で使い分けるサイクロトロンおよび電子シンクロトロン（ES）が建設された。なおこの間、阪大の伊藤順吉と小林大二郎がマイクロトロンをヴェクスラーとは独立に発明、北垣敏男は機能分離型強収斂の原理を発明、東大の宮本梧楼研究室では強収斂の電子シンクロトロンを試作するなど様々な加速器研究が行われていた。

戦後素粒子論グループを初めとして、研究者の全国組織ができ、原子核実験の研究者は原子核談話会、宇宙線の研究者は宇宙線研究者会議（CRC）をつくった。これらの組織が共同利用研である核研を運営する委員会の委員の選挙母体となった。核研を作る頃国連でのアイゼンハワー大統領の Atoms for Peace 演説（1953 年 12 月）に端を発して日本でも原子力開発が始まり、科学技術庁が発足、原研・放医研を中心に原子力予算による原子炉や加速器の建設が始まる。この時、核研を原子力予算で運営する案が持ち上がり、大学の自治の破壊を恐れた矢内原東大総長の唱えた原則により、科学技術庁の原子力予算は大学には使われないことになった。

## 6. 世界に追いつく努力・KEK と RCNP

核研の ES は将来の加速器の準備研究用であったが、これによる高エネルギー実験も始まった。しかし、本格的に欧米に追いつくために、1960 年代初めに総額 300 億円の「原子核将来計画」が立案され、学術会議から政府に実施が勧告された。12GeV 陽子シンクロトロンを中心装置とし宇宙線分野も含む「素粒子研究所」（素研）と関西に可変エネルギーサイクロトロンと大型タンデムバンデグラフを中心装置とする核物理研究所（関西核研）を創設する計

画であった。しかし「原子核将来計画」は、核研や阪大を拠点に準備研究は進んでいたものの、新組織作り、予算規模、大学紛争など様々な理由で遅れていた。この間、理研では大サイクロトロンの復興とも位置づけられる重イオン加速用のサイクロトロンが建設されたほか、東大・京大のタンデム建設、九大のバンデ改造（ペレットチェーン利用）が行われた。また、東北大では木村一治教授が政治力を発揮して多額の予算を獲得し、鳥塚賀治らが 300MeV 電子線形加速器を建設する。さらに核研では測定器の整備のほかサイクロトロンに関して、かねて提案されていた「FM 分離」の代わりに「FF 分離」と称して小型の SF サイクロトロン（関西核研で計画されている AVF と同じ名称を避けた）が建設された。

将来計画の予算がなかなか認められない中で、高エネルギー関係者は今や 12GeV ではエネルギーが低いとして 40GeV にすることを決めたが、やがて規模を 4 分の 1 に縮小する案が伏見康治によって文部省の委員会にて提案され、1971 年に文部省高エネルギー物理学研究所（KEK）と阪大核物理研究センター（RCNP）が発足した。KEK では 8GeV（実行段階で 12GeV になる）の陽子シンクロトロン（PS）、RCNP ではタンデムは省いて AVF サイクロトロンだけを建設することになった。なお、CRC では縮小案が否決され、宇宙線関係者は KEK とは別に、後に宇宙線研究所を設立する。この頃の日本の加速器技術の状況を知るには、熊谷寛夫編「加速器」（共立出版、実験物理学講座、1975 年）が参考になる。

核研の加速器建設時代から素研の準備室時代における日本の加速器界の代表的人物は熊谷寛夫であったが、方針が混乱したことなどもあり、KEK 発足にあたって、加速器の責任者は西川哲治に替わった。また KEK の初代所長には米国から帰国した諏訪繁樹が就任した。同じ頃米国では既に FNAL がスタートしており 200GeV（後に 500GeV）の陽子シンクロトロンが建設される。KEK と FNAL では共に北垣が発明した機能分離型強収斂の方式が採用された。なお、FNAL 建設には山田隆治らが参加していた。

「原子核将来計画」に一応の決着がつくと各大学等の加速器導入計画が動き出す。東北大学の AVF サイクロトロンと筑波大学のペレットタンデムの導入、さらに放医研と東大医科研の AVF サイクロトロン、原研の大型ペレットタンデムの導入があった。設計製作されたものとしては、九州大学の磯矢彰が自作したペレットタンデムのほか、1981 年に完成した理研の小寺正俊らによる重イオンリニアック（RILAC）がある。

## 7. ニューマトロンとトリスタン

核物理関係者は、RCNP 発足後の核物理研究として重イオンによる核物理を推進する。米国で実験しつつ、核研で高エネルギー重イオン加速器ニューマトロンの建設計画を立て、同時に理研で重イオン加速用のリングサイクロトロン計画を立てた。一方、高エネルギー物理分野では PS 後の計画として検討されていたトリスタンという陽子と電子の衝突型加

速器の内容を、電子と陽電子を衝突させる加速器に変更したトリスタン建設計画が立てられた。

ニューマトロン計画は平尾泰男が加速器責任者として RFQ リニアックの開発や蓄積リング (TARN) での開発研究など準備は進んでいたが、予算獲得では西川哲治所長が強力で推進した KEK のトリスタン計画に負けて挫折した。トリスタン建設の責任者には BNL にいた尾崎敏が帰国して着任した。

他方、文部省予算獲得競争の外にいた科学技術庁の理研リングサイクロトロン (RRC) には予算が付く。理研の上坪宏道はニューマトロン計画推進のため核研の教授となり、理研の主任研究員を兼ねていたが、核研を離れ理研 RRC の建設に専念する。

トリスタンと RRC は共に 1986 年に完成する。トリスタンは日本が初めて世界の第一線に立った加速器で、トップクォークを発見してノーベル賞を取るという公約はエネルギー不足で実現しなかったが、それなりの成果を挙げ、加速器に関してはトップレベルの技術開発と人材の育成に役立ち、後の KEKB などに活かされる。RRC 建設でも後の RIBF 建設の中心になる人材が育つ。また、ニューマトロン関係者は蓄積加速リング (TARNII) を建設して電子クーリングなどを含む研究を続けていたが加速の研究は中止され、その人材と成果は後の放医研の重イオン・シンクロトロン (HIMAC) の建設に活かされる。欧米に追いつく努力をした世代から欧米の競争相手となる世代への交代の時代であった。

新旧世代交代を象徴する人物はトリスタンの制御系建設などで活躍した黒川真一で、後に 2011 年 Rolf Widerøe 賞を受賞した。なお、尾崎はトリスタン完成後 BNL に戻って RHIC 建設の責任者となり後に 2009 年 Robert R. Wilson 賞を受賞する。

## 8. ニューマトロン計画挫折後の核研

核物理分野では理研の RRC が建設されたとはいえ、ニューマトロン計画挫折のままでは済まされないと、核研では山口嘉夫所長の下のワーキンググループで永宮正治を中心に検討し、中強度の陽子と重イオンを加速できるシンクロトロン建設計画 (大ハドロン計画) が提案されたが、中途半端として退けられ、永宮は渡米して研究に専念する。

代わって大強度陽子リニアック加速器を KEK 南地区に建設し、将来は PS に接続するという大型ハドロン計画 (JHP) が次の所長の山崎敏光らによって立案され、学術会議、文部省学術審議会でも認められた。分野としては Kaon (K)、中間子 (M)、中性子 (N)、エキゾチック核 (E) の 4 分野 (アレナ) が考えられた。KEK の西川所長も加速器の準備研究に人材を出すなど協力的であった。ただし、この実現には時間がかかるので、その間、核物理分野としては、準備研究が進んで待ち状態になっていた RCNP の次期計画である軽イオンのリングサイクロトロン計画を先に進めることになり、JHP 予算への影響を考慮して規模を縮小した RCNP リングサイクロトロンが 1991 年に完成した。

核研側は KEK との組織統合も含めて進めようと

したが、所長が西川哲治から菅原寛孝に交代した KEK はトリスタン後の高エネルギー物理の計画である B ファクトリー (KEKB) の建設が認められるまで核研側の提案を受け入れようとせず、山崎所長の時代には進展がなかった。この間、科学技術庁側では平尾泰男が移った放医研の重粒子線治療用シンクロトロン HIMAC が 1993 年に完成し、さらに理研の上坪宏道を責任者として 1997 年には大型放射光施設 SPring-8 が完成する。

## 9. KEKB と ILC

KEKB の建設は 1994 年に始まり、翌年トリスタンの主リングの運転を終了した。1998 年にビームの蓄積に成功した KEKB は競争相手のスタンフォードと競いあって成果を収め、小林・益川の 2008 年ノーベル賞の受賞に貢献する。KEKB の高性能化に貢献した生出勝宣は 2004 年 Robert R. Wilson 賞を受賞した。

トリスタンで発見できなかったトップクォークは 1995 年に FNAL のテバトロンの実験で発見されるが、その後の高精度の実験はリニアコライダーによるべきという国際的な意識共有がなされ、国際的な将来計画として ILC が検討されることになる。当初はリニアコライダーに関して日欧米の各地でそれぞれの提案があり、日米は 1987 年頃から X バンド加速管を共同で開発などするが、2004 年に国際将来計画委員会 (ICFA) で欧州が提案した超伝導空洞が適当であるという判断になる。日本ではトリスタン以来の超伝導空洞の実績があることから超伝導加速管の試作に取り組み、立地に対する日欧米の競争にも有利になるように努力する。最近敷地に関しては、欧米は誘致に積極的ではなくなり、日本が決断すれば日本に誘致できる状態になっているが、政府は費用負担が大きいと学術会議に諮問し決断を伸ばす。他分野との文科省予算の取り合いになることを憂慮する学術会議は学問的意義を認めるものの、誘致は支持できないと答申する事態となっている。欧州は戦後復興のため CERN を創って国際共同運営の経験が豊富であるが、日米は国際共同運営の実績に乏しく、超伝導超大型衝突型加速器 (SSC) 計画でも失敗した。最近米国は CERN での実験に傾斜している。核融合分野の ITER 計画に関して日本は本体の誘致に失敗し、フランスに本体を置くことになり、日本は日欧間で幅広いアプローチ (BA) を行うことになった。この経緯の反省も含め、高エネルギー物理分野でも何らかの工夫が必要であろう。この間 KEK としては KEKB の更新計画として superKEKB の建設が 2011 年から始まり、2018 年から実験が行われている。

## 10. J-PARC と RIBF

核研は JHP 計画のため KEK の加速器研究者に協力を要請した。森義治ら彼等の一部はなかなか発足しない計画に我慢できず、準備研究で開発した合金磁性体 (MA) コアを使うインピーダンスが高く Q が低い非同調型加速空洞を使って、2000 年に 1MeV

陽子 FFAG 加速器を試作して原理実証に成功し、さらに科研費で 150MeV 陽子 FFAG シンクロトロンを建設するなどして活動していた。なお、FFAG は日本では大河千弘が 1953 年に提案したもので、米国では中西部大学連合 (MURA) を拠点に開発研究がなされた。大河も MURA に招聘された。最終的に MURA の計画は通常のシンクロトロンの強度が向上したため採用されず、中西部の希望は後の FNAL として実現する。MURA の開発の歴史は F. Cole の歴史記述論文 (サイクロトロン・コンファレンス 2001 年のプロシーディングス参照、拙訳が KEK のサイトにあったが今は見えない) に詳しい。この KEK の 150MeV FFAG は九大に移設された。

やがて KEKB がスタートすると KEK の菅原所長は核研との統合に前向きになり 1995 年頃に、PS の更新にもなる 50GeV 陽子シンクロトロンを含む、新たな大型ハドロン計画 (JHF) を提案する。こうして 1997 年に核研と KEK は統合し、高エネルギー加速器研究機構 (略称は KEK) となる。さらに機構長となった菅原は科学技術庁の持っている原子力予算を利用することを考える。当時原研側は使用済燃料の処分などための中性子源用加速器計画であるオメガ計画の推進を計画していた。そこでオメガ計画と JHF の統合案が 1998 年に計画され、敷地は原研の東海研究所の敷地とすることになった。ちょうど省庁統合の時期に当たり、文部省と科学技術庁との統合の象徴と位置づけられて 2001 年に予算が認められた。なお、統合計画立案の過程で、KEK で行われていた PS で発生したニュートリノを神岡のスーパーカミオカンデに向けて発射する K2K 実験を発展させる形の、T2K 実験のためのニュートリノ発生ラインを柱の一つに加える一方で、E アレナは省くことになった。E アレナに関する物理は原研のペレットタンデムで行うことになり、さらに後に活動拠点を理研和光キャンパスに移す。運営組織としては 2005 年度末に J-PARC センターが発足し、米国から戻っていた永宮正治がセンター長になった。

予算的には、当初核物理関係者は気がついていない人も多かったが、実は政府は緊縮財政に傾き始めており、原子力予算もそれほど潤沢ではない時代になってきていたので、節約が必要であった。当初 400MeV とされたリニアックは 180MeV でスタートすることになり、原研側の核変換に関する施設は後回しとなった。また K アレナに関しても当初十分な予算が回せなかった。他方、小柴ノーベル賞効果によりニュートリノ関係だけが優先される状況に対して、中性子グループはリニアックのエネルギーを上げることが優先するように主張していた。一方、総合科学技術会議の査定でニュートリノビームラインのための工事予算に難色が示されたために文科省は急遽有識者会議を開催し、ニュートリノのためのトンネル工事予算を正当化して事態を乗り切った。しかし、この会議で加速器建設予算に関して、3GeV ブースターへの入射における空間電荷効果関連の既知の知見の見落としによる設計ミスがあったという議長の発言があり、加速器グループの責任問

題になりかねない事態になった。このため永宮センター長は第三者委員会を設けて調査を行った。実態は設計ミスというより途中で知り得た新しい知見を取り入れて設計変更したものであり、費用については設計変更のため増えたというより当初の研究者側の見込み自体が甘かったと判断された。それ自体は反省すべき点であるが設計ミスの責任を問うべきではないことを、有識者会議の議長に説明に行き、了解を得たといったエピソードもあった。責任体制の見直しなどもあったが、J-PARC は 2008 年に完成し、その後は積み残した部分の整備も進んでいる。完成後、加速器の責任者であった山崎良成は池上雅紀ら連れてミシガン大の FRIB 建設に参加する。

原子力予算に関しては、理研の RI ビームファクトリー (RIBF) が計画されていたが、緊縮財政のため実現が危ぶまれていた。しかし、たまたま理事長が有馬朗人になり、その発言力の大きさにより、緊縮方針以前に原子力の計画として認められていたものでありと強力に主張して、実現することとなった。主要な加速器は超伝導リングサイクロトロン (SRC) である。建設責任者の矢野安重の着想で、予算内に収まる工夫をしながら、当初の予定よりイオンの電荷数を増やすために建設途中で設計変更してリングサイクロトロンを 1 基追加するなど様々な工夫を加えて、2006 年末にビーム加速に成功し、世界一のサイクロトロン施設を完成させた。矢野は 2011 年 Gersh Budker 賞を受賞する。

## 11. 素粒子・核物理以外への応用

日本の加速器で最も多いのは医療用の電子リニアックである。ただし、法律上放射線発生装置にならないものとして、装置の外部に放射線が出ないイオン注入器や滅菌照射用などの (1 MeV 以下の) 電子加速器がある。医療用には RI 製造用の小型サイクロトロンが多く設置されているが、治療用の大型加速器としては HIMAC が代表的である。現在では、多くの粒子線治療用加速器が建設されている。また、ボロン中性子捕捉療法 (BNCT) のための中性子発生用加速器も建設されている。

医療以外の大型、中型の加速器の主要なものは、放射光源と中性子源としての加速器である。放射光に関しては核研の ES から出る放射光の利用が 1965 年に始まり、1974 年には物性研が ES のビームを蓄積する日本初の専用リング SOR-RING を建設した。通産省の電総研のつくば移転にあたり、富増多喜夫は電子リニアックを建設し山崎鉄夫らとともに 1981 年これに接続する蓄積リング TERAS を完成させた。一方、大学関係者は KEK に 2.5GeV の電子リニアックと蓄積リングからなる放射光施設 (PF) を建設し、ES および SOR-RING 関係者は KEK に移る。リニアックは PS の入射器も担当した田中治郎ら、リングは ES の富家男らが担当し、1982 年に完成した。リニアックは後のトリスタンの入射器にもなる。さらに 1983 年には分子研の UVSOR も完成する。一方半導体リソグラフィ用 X 線源として民間でも小型の放射光リングが目された。結果的にはレー

ザー技術が進んだため実用にはならなかったが、住友重機の AURORA はレーストラック型マイクロトロンと超伝導単一ポール型加速蓄積リングからなるユニークなもので、高山猛が発案した共鳴入射方式が採用されている。この装置は 1989 年に完成して、暫く社内では使われたが、1994 年に立命館大学に納入された。一方、民間合同で建設された SORTEC は 1990 年に完成し、世界初のトップアップ運転を行った。この装置は後にタイ国に移設される。東北大学の菅原真澄、小山田正幸が技術協力し、2003 年に移設が完了する。

PF 完成後、関西の研究者はより大型の 6GeV 放射光を関西地区に建設する計画を立てる。敷地問題、文部省と科学技術庁の確執などがあったが、最終的に播磨学研都市に理研・原研合同チームが上坪宏道をリーダーとして原子力予算で SPring-8 が建設されることになり、1997 年に完成する。FEL に関しては日本初のレーザー発振は電総研の TERAS で 1991 年になされたが、最新の大型 X 線 FEL としては SPring-8 の敷地で熊谷教孝を責任者としてとして建設され 2011 年に完成した SACLA がある。新竹積が開発した C バンド加速管が使われている。

加速器中性子源は、東北大学の電子リニアックで本格的に始まり、KEK の PS ブースターに東北大関係者が協力して、中性子施設が付設された。これが J-PARC の中性子利用施設へと発展している。

一方、原子力への利用も注目される。BNL の高橋博が加速器駆動システム (ADS) による未臨界発電炉の提案を行っていたが、後にノーベル賞のルビアがこの構想を発展させたことで脚光を浴びるようになる。J-PARC では使用済燃料処分のための ADS 技術開発が行われているが、京大の原子炉実験所 (現複合原子力科学研究所) では 2 号炉計画の失敗から、より安全な研究炉として加速器駆動未臨界炉 (ADSR) を検討した。その実証研究をする予算を要求したが、文部省は余裕がなく省庁統合が迫っていた時期であったので、かつては犬猿の仲であった科学技術庁の競争的経費への応募を勧めた。2002 年にこれが採択されて、J-PARC 建設から離れた森義治らを中心に、150MeV の FFAG を建設し、2009 年から既存の臨界集合体実験装置 (KUCA) に陽子ビームを入射する ADS 実験が始まった。

また、核融合材料試験用加速器 (IFMIF) 開発用の 9MeV の IFMIF/EVEDA が六カ所村に建設中であるが、こちらは加速器本体の製作は欧州側が行っている。この他、小型中性子源として理研の RANS や各大学の加速器設置も注目される。

この他、田島俊樹と J.M. Dawson が 1979 年に提案したレーザー・プラズマ加速も小型加速器開発を目指して、産総研の小山和義や量研機構のチームなどにより試みられてきているがまだ実用段階ではない。なお田島は 2019 年 Robert R. Wilson 賞を受賞した。

## 12. 大学のビーム物理

大型ハドロン計画が提案される以前に、ロスアラモスの LAMPF で始まった  $\pi$  中間子治療のニュース

を聞いた入院中の湯川秀樹が「物理屋は悪いことばかりしてきたが、中間子がこういうことに役立てば嬉しい、自分のがんがこれで治ればなお嬉しい」と言ったとかで、弟子の中村誠太郎は研究者をロスアラモスに派遣するなどしてその実現に努力する。京大化研では 1980 年代前半に竹腰秀邦がロスアラモスで提案された小型化リニアック (PIGMI) 案をもとに試作研究を始める。このリニアックに理学部の政池明らがシンクロトロンを接続する、現在の J-PARC に似た、中間子科学総合研究センター構想を立案するが、日本全体としては核研の計画を優先せざるを得ず、実現を断念する。しかし、竹腰らは 433MHz の RFQ と DTL からなる 7MeV の陽子リニアックを建設した。また化研の研究室では日新電機の藤沢博が cw の 4 ロッド RFQ の開発も行った。この RFQ は理研の RILAC に移設された。さらに竹腰秀邦の後任の野田章が理研と連携して小型電子リングで SCRIT の開発やイオン蓄積リングでレーザービーム冷却などビーム物理的な研究を行った。野田と同じくニューマトロンに関わっていた服部俊幸は東工大で IH 型リニアックを作る。IH 型は森永晴彦が提案し、ミュンヘン工大でタンデムのブースタとして実機を製作した方式である。また KEK にいた佐藤勇は日大で FEL など各種の光源研究を行った。大学では大きな予算が獲得できなくなった現在、大研究所と連携しつつ、このように小型の装置での独創的な研究と人材の育成が期待される。

## 13. おわりに・社会とのつながり

かつて米国でレーガン大統領が SDI いわゆるスターウォーズを構想したとき便乗して予算を獲得しようとした加速器屋がいた。医学関係では安易な加速器づくりをすると、患者を抱える医者に迷惑をかける。高エネルギー大強度加速器になると放射線障害事故の発生が加速器利用者だけでなく、一般社会へ影響を与える。2013 年の J-PARC の故障による放射性物質の漏洩事件では有識者会議や作業班を作って対応した。社会的責任を自覚しつつ研究開発を進めることがますます重要になっている。

## 参考文献について

加速器学会、物理学会、放射光学会、原子力学会など多くの学会に掲載された当事者の書かれた記事や各研究所等の記念誌や紀要、ウェブサイトも参考にさせていただいた。感謝しつつ紙幅の都合で掲載を省略する。引用の仕方については独断と偏見に基づいているので、全ての責任は著者にある。

F. Cole が MURA の歴史を書くとき「科学史家が書く論文は十分な理解をせずに書いてあるものが多いので、歴史家でない自分が書く」というくだりがある。一方、当事者が思い思いに書いたものは史書とはいえないものが多い。既になくなった研究施設もあり、古い記述を削除したサイトも多く、史料を保存・整理することが重要であると感じた。