

破壊されたサイクロトロンこぼれ書き

井上 信

2008.9.30

日本の戦前（ここでは 1945 年 8 月 15 日以前という意味で使う）のサイクロトロンは理研に大小 2 台、阪大に 1 台、京大に 1 台（建設中）あり、そのいずれもが戦後占領軍によって破壊撤去されたことはよく知られている。中でも理研については知る人も資料も多く、阪大のものもかなり知られているが、京大のものは完成してなかったこともあって記録があまり残っていないのでそれほど知られていない。最近になって米軍が接収したノートが出てきたり、接収されずに残っていたポールチップの存在が知られるようになったり、米軍が撮影した破壊されるサイクロトロンの写真が米国立公文書館で発見されたりして、やや注目されてきた。縁のある研究室にいたものとして、またサイクロトロンの専門家として質問を受けることも多くなった。自分の研究のためにサイクロトロンの建設はしたが、歴史を詳しく調べていたわけではないので、質問を受けることで逆に学ぶことも多かった。これらのことを中心に、戦前のサイクロトロンについてメモにまとめた。

サイクロトロンが原爆開発と関係あるとされた理由は色々あると考えられるが、サイクロトロンの発明者ローレンスがカルトロンを作ったことも影響があると思われる。今でも怪しげなウェブサイトでサイクロトロンはカルトロンと同じであると誤解して議論がなされているようなので、カルトロンについても記しておく。

目次

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1. 米国のサイクロトロン略史と理研のサイクロトロン | 2 |
| (理研の大サイクロトロン建設—パークレイの設計図は入手したか) | 4 |
| 2. ローレンスの 184 インチサイクロトロンとウラン分離用カルトロン | 6 |
| 3. 日本のサイクロトロンの占領軍による破壊 | 7 |
| (理研サイクロトロン等の海洋投棄) | 7 |
| (阪大サイクロトロン破壊) | 7 |
| (京大サイクロトロン磁石解体) | 8 |
| 4. 京大サイクロトロンのポールチップ「よみがえる京大サイクロトロン」 | 8 |
| 5. 京大サイクロトロンのもう一つの残された部品—磁石のベース | 10 |
| 参考文献 | 11 |

尊敬する偉人、恩師、先輩のお名前を敬称なしに記すのは心苦しかったが、敬称なしで統一させていただいた。

破壊されたサイクロトロンこぼれ書き

日本加速器学会誌に日本加速器外史という雑文[1]を連載したことから、時々加速器、特にサイクロトロンの歴史に詳しいのではないかと買いかぶられて、質問を受けるようになった。おかげで、様々な方との交流でこちらも勉強になった。その覚え書きを紹介する。

1. 米国のサイクロトロン略史と理研のサイクロトロン

ローレンスの最初の頃のノートには多数の線形加速器を曲げて蚊取り線香のように並べた絵が描いてある。ローレンスはヴィデレーの論文にヒントを得てスローンと共に線形加速器を作ったが当時使える高周波の周波数では線形加速器が長くなりすぎるので何とか小さくできないかと考えたのであろう。ヴィデレーの論文はドイツ語で書かれていたためかベータトロンの原理など磁場を使う加速器のことも書かれていたがローレンスもベータトロンを作ったカーストも十分には理解してなかったように見受けられる。今ではヴィデレー型という線形加速器を、米国人は戦後も長らくスローン・ローレンス型といていた。

ローレンスは一様な磁場の中の荷電粒子の回転周期が粒子の運動エネルギーによらず（非相対論的には）一定であることを見つけ、学生のリヴィングストンが小型の原理実証機を作った。直径4インチ(10cm)のもので水素分子イオンを80keVまで加速できた。原理の実証ができると、直ちに小型の1号機といえるものを作った。これは直径11インチで1931年に陽子を1.1MeVまで、磁場補正で集束力を付けて1932年に1.22MeVまで加速できた。リヴィングストンとローレンスは実用機として1934年にPoulsen arc magnet を利用した27インチのものを作り[2]、以後、多くの研究所がこれを真似て作る。

Poulsen arc magnet というものは、磁場中でアーク放電を保持し、電流が増えると電圧が減るアークの負性抵抗の性質を利用する一種の大電力高周波発信管の役割をする磁石であり、無線通信に使われた。コイルは下側ポールだけに巻いてあったが、ローレンス達は上下対称に改造してサイクロトロンの磁石とした。ローレンス達はさらに最初に作った27インチのポールを37インチに拡大改造し、1937年に重水素を8MeVまで加速し外部引出しを行った。この改造のときにはリヴィングストンは既にバークレイを出ており、クックシーがローレンスとともに改造を行った。

米国では多くのサイクロトロンが建設された[3]。その中で技術的に後に重要になるのはコロンビア大学のサイクロトロンである。コロンビア大学の高周波系ではDunningとAndersonが高周波源の出力側の先に加速電極(D電極)をトランスで結合するこれまでの方式ではなく、初めて1/4波長の分布定数型共振器構造の先端部をD電極とし、この共振器に高周波を送り込む方式を採用した(1938)[4][5]。磁石はやはりPoulsen arc magnetの転用である。最近、ニューヨークタイムズは70年の歴史を経て、このコロンビア大学のサイクロトロンの磁石が廃棄されることを報じていた(The New York Times Dec. 20, 2007)。

一方、日本では理研の仁科芳雄が日本にもあった Poulsen arc magnet を利用して我が国で最初のサイクロトロンを製作する (1937 年)。このとき Poulsen arc magnet は日本無線電信会社から 2 基寄贈された。戦前のサイクロトロンが戦後占領軍によって破壊された後に、ローレンスは日本にきて理研にもう一つ残っていた Poulsen arc magnet を使って小サイクロトロンを再建するように助言したといわれている。なお、理研の 1 号サイクロトロン (小サイクロトロンとよばれた) はコロンビア大学のものより早く建設されており、コロンビアのような 1/4 波長共振器の原理は採用せず、ローレンスの 27 インチの物と同じ方式であった。

1940 年頃には米国だけで実に 23 台 (建設中を含む) ものサイクロトロンができた[3]。

| | | |
|---------|--------|-----------------------------|
| コーネル | 16 インチ | 1935 年 |
| イリノイ | 16 インチ | 1936 年 |
| | 42 インチ | 建設中 |
| ワシントン | 13 インチ | 1938 年 |
| ロチェスター | 20 インチ | 1936 年 |
| | 27 インチ | 1938 年 |
| スタンフォード | 27 インチ | 1941 年完成 |
| イェール | 27 インチ | 1939 年 |
| バートル | 38 インチ | 1938 年 |
| バークレイ | 38 インチ | 1934 年 27 インチとして完成 1937 年改造 |
| | 60 インチ | 1939 年 |
| シカゴ | 41 インチ | 1938 年 |
| | 60 インチ | 建設中 1944 年完成 |
| コロンビア | 35 インチ | 1938 年 |
| ハーバード | 42 インチ | 1939 年 |
| インディアナ | 45 インチ | 1941 年 |
| MIT | 42 インチ | 1940 年 |
| ミシガン | 42 インチ | 1936 年 |
| オハイオ州立 | 42 インチ | 建設中 |
| ピッツバーグ | 47 インチ | 建設中 |
| プリンストン | 35 インチ | 1936 年 |
| パーデュー | 37 インチ | 1939 年 |
| セントルイス | 42 インチ | 建設中 |

一方、当時の米国以外の世界のサイクロトロンには以下のようなものがあった[3]。ただし日本に関しては、理研の大サイクロトロンについては日本の資料[6]による。文献[3]では

大阪のデータも間違っていたので訂正した。

| | | |
|---------|--------|------------------------------------|
| レニングラード | 24 インチ | 1937 年、 |
| | 40 インチ | 建設中 |
| 理研 | 26 インチ | 1937 年 (23 トン、1.28 テスラ) |
| | 60 インチ | 建設中、(磁石の完成は 1938 年、220 トン、1.5 テスラ) |
| ケンブリッジ | 36 インチ | 1938 年 |
| コペンハーゲン | 36 インチ | 1938 年 |
| ハイデルベルグ | 40 インチ | 1943 年 |
| リバプール | 36 インチ | 1939 年 |
| 大阪 | 24 インチ | 1938 年 (25 トン、1.8 テスラ) |
| パリ | 32 インチ | 1939 年 |
| ストックホルム | 35 インチ | 1939 年 |

なお、京都のサイクロトロン (40 インチ) は 1940 年頃に計画が立てられたので、ここには示されていない[7]。理研の 60 インチは 1944 年に完成する。

パリではジョリオが建設に苦勞して、ロックフェラー財団の支援を得て **Nahmias** を米国に派遣して学ばせたりしている[3]。ケンブリッジのキャベンディッシュ研究所ではウォルトンが円形加速器の集束原理を考えていたが[8]、ラザフォードはコッククロフトに直流高電圧の加速器 (コッククロフト・ウォルトン型) の製作を命じ、1932 年これで世界初の原子核の人工変換に成功する。チャドウィックはサイクロトロンの製作を要望するがラザフォードは強く拒絶した。関係が悪化したチャドウィックはリバプールに移ってサイクロトン作りを始めるが資金難で苦勞する[9]。後にキャベンディッシュでもサイクロトンを作ることになり資金の豊かなコッククロフトがリバプールのチャドウィックより先に完成する。等々の逸話がある。

日本 (アジア) で最初にコッククロフト・ウォルトン型加速器で原子核の人工変換の実験を行ったのは台北帝大の荒勝文策であり、続いて大阪帝大の菊池正士であった[1]。逆にサイクロトンに関しては理研の仁科が最初に建設し、続いて大阪の菊池が建設する。荒勝は台北から京都に戻った後に建設に着手する。

(理研の大サイクロトン建設ーバークレイの設計図は入手したか)

理研の場合はバークレイのローレンスのもとにいた嵯峨根遼吉の存在が大きく、ローレンスと仁科の連携は緊密であった。その後、仁科は小サイクロトンの 10 倍の規模のもの建設を計画する。このときローレンスは米国で作る方が磁石を安く製作できるから一緒に作ることを提案し、ローレンスが作ろうとしたものと同じ大きさの磁石材を米国に発注した。これが 60 インチの大サイクロトンである。磁石はローレンスとほぼ同時にできたが、真空と高周波で苦勞した。加速箱は鋳物でスがあり真空技術も未熟だった。より根本

的な問題が高周波系にあった。1/4 波長共振器型ではなく、小サイクロトロンと同じく高周波出力をトランス結合した 2 次側の先端に D 電極を付ける方式であったために D 電極に十分な電圧が出なかった。仁科はローレンスの 60 インチサイクロトロンの完成の知らせを聞いて、1940 年初め米国に矢崎為一、渡辺扶生、飯盛武夫の 3 人を派遣した[6]。日米開戦直前で難しい立場だったにもかかわらず、ローレンスの好意で図面と論文を託されたという美談は有名である。矢崎達はキニーポンプを購入するなどして帰国した。この時サイクロトロンの青写真が帰国までに得られず、日本に送ってくれるよう頼んで帰ったが、日米関係の事情の悪化のため送って貰えなかった。このことから設計図は得られずコロンビアのサイクロトロンなどを見た矢崎達の記憶を頼りに独自に設計したという説があるが[10]、これは言い過ぎであろう。当時建設に関わった田島英三は矢崎達が概念設計図と論文を持ち帰ったと記している[6]。おそらく依頼して得られなかったのは各部品の全製作図で、いわゆる組立図のような設計図は入手したのであろう。プロならばこれで十分製作図は書ける。1930 年代の世界のサイクロトロンの歴史を調べている日野川静枝はバークレイとロックフェラー財団の関係などを詳しく調べている[11]。日野川はローレンスがロックフェラー財団に報告した 60 インチサイクロトロンの図面を入手している。これは上記の理研の改造後の総組立図とほとんど同じである。実際、写真で見ても、改造された共振系などはバークレイの 60 インチのものと形もフランジの位置などもそっくりである。コロンビアのものはサイズも見かけの形状も異なる[5]。日野川は理研の大サイクロトロンの建設の遅れに関しては、大型の高周波の真空管の開発の遅れが主要原因としているが[11]、当事者は共振系と真空が原因と考えている[6]。加速箱、高周波系を新しく作りなおし、1944 年 2 月 15 日大サイクロトロンから最初のビームがアルミ箔の窓を通して空気中に引出された[6]。

なお、田島英三によればこの大サイクロトロンは 1944 年 2 月 2 日の戦時研究動員会議において陸軍による理研の原爆研究「ニ号研究」の一翼を担うものとして報告されていて、中性子によるウラン 235 の存在比測定やウラン 235 の分裂および中性子捕捉の研究などがなされるとしていたが[6]、実際は軍の資金でサイクロトロンを建設しようとしたのであろう。技術的にみて理研のサイクロトロンが原爆研究のための装置であったとはいえないが、予算獲得のためとはいえ当事者がそう言っていたのだから大サイクロトロンが原爆製造用であったと見なされても仕方がないかもしれない。このためか理研は多くの資料を敗戦直後に処分したといわれる。

一方、海軍の支援を受けていた京大の荒勝文策は敗戦後も研究資料を残し、調査に来た米国側関係者に対しても隠さずに学術的に価値あるものとして説明していることを政池明は米国側に残っていた調査資料から見つけており、政池は両者の対応が異なることに注目している。政池は日本学術振興会のワシントン研究連絡センター長として米国滞在中に米国立公文書館等で貴重な資料を多数発見してコピーしてきている[12]。それらが整理公開されることが期待される。

2. ローレンスの 184 インチサイクロトロンとウラン分離用カルトロン

戦争の時代になってローレンスは 60 インチサイクロトロンの次に作ろうとした 184 インチ大型サイクロトロン（当時は 172 インチと呼ばれていた[8]）のために用意した磁石を、ウラン 235 と 238 を分離するための質量分析装置の磁石として転用して、ウラン分離ができることを示した。戦時中はまだ同期加速器（シンクロトロンやシンクロサイクロトロン）の原理は発明されておらず（ただし、一般にシンクロトロンの原理はマクミランとヴェクスラーが戦後すぐに独立に発明したことになっているが、実は 1943 年にオーストラリア人の **Oliphant** がシンクロトロンの概念を思いついていた[8]）、ローレンスはそれまでのサイクロトロンと同じ原理で大きくしようとしていた。しかし古典的サイクロトロンは相対論的効果による加速限界がある。実は既に 1938 年に現在は AVF サイクロトロンとして知られているこの相対論的限界を克服する原理をトーマスが発明していたが、数式表現が風変わりなため理解されなかった[8]。一方、マクミランは戦後すぐにこの 172 インチの磁石を使ってシンクロサイクロトロンの原理がうまく働くことを示した。後に改造されて 184 インチシンクロサイクロトロンとして親しまれるものである。

ローレンスが大サイクロトロン用の磁石を転用して有効性を示したウラン分離装置はカルトロンと呼ばれた。カリフォルニア大学の名を取って **Calutron** といわれたとのことである[13]。やがてローレンスの指導により、マンハッタン計画において、オークリッジの Y-12 プラントでカルトロン磁石をレーストラック状に並べたアルファ・カルトロンおよびベータ・カルトロンと呼ばれる装置が作られウランの分離を行った。アルファ・カルトロンのレーストラックは 96 個の楕円形のカルトロンタンクから成り 9 レーストラック作られた。ベータ・カルトロンのレーストラックはこれより小型の長方形の 36 個のカルトロンタンクから成り 8 レーストラック作られた。合計 1152 個のカルトロンが Y-12 プラントに設置されたのである。ガス拡散法で少し濃縮したウランをアルファ・カルトロンへ、さらにベータ・カルトロンへという順に濃縮して広島原爆の燃料が生産された[14]。1年間で 50kg のウラン 235 が得られたという。またこの建設時に銅が枯渇していたので財務省から 14,000 トンの銀を借りて銀で作ったという。カルトロンの運転には多くの女性がオペレータとして雇われたことが知られている。日本で電波探知機（レーダー）のコイル巻きなどのために女学校の生徒が軍事工場に動員されたことを思い出させる話である。

戦後にアルファ・カルトロンは全て解体され、ベータ・カルトロンも多くは解体されたが 3 レーストラックがオークリッジの質量分離・アイソトープ生産用として残った。またオークリッジでは戦後カルトロン磁石を使って約 44 インチと 63 インチのサイクロトロンを建設した。これはカルトロンのレーストラックの中に作られ遮蔽もなかった。ポールの形も 44 インチのものは完全な円形ではなかった[15]。オークリッジでは、別途作られたサイクロトロンも、他で作られた通常のサイクロトロンとは異なり、磁極面が水平ではなく、カルトロンの伝統からか磁石が垂直に置かれている。

3. 日本のサイクロトロンの占領軍による破壊

完成していた理研の小サイクロトンと大サイクロトン、阪大のサイクロトンおよび建設中の京大のサイクロトロンはすべて 1945 年の 11 月に占領軍によって解体撤去され廃棄された。理研と阪大については田島英三、福井崇時など当時その場にいた関係者の記したものがあがるが、京大に関しては詳しいものはなく、木村毅一の建設日記は 11 月 17 日で途切れている。ただし京大に関してはずっと後になってその時通訳として京大に来た Smith の書簡がある[1]。いずれのサイクロトンも 11 月 20 日に占領軍が検分に来て 24 日に解体（理研のものは 5 日間かかったといわれる）された。理研のものは 11 月 30 日に東京湾に廃棄された。このときの写真が雑誌ライフに掲載されて米国で科学者達の非難が激しく起こり、米軍は誤りを認めた。戦後直ぐ米国の科学者達の調査は入っていたのだが、彼らの意見は聞かずに米本国の軍が秘密指令を出したようである。このあたりのことについて政池明は改めて米国立公文書館に残る米国側調査資料で調べている[12]。

ごく最近、米軍によって破壊されるサイクロトロンの多くの写真が米国立公文書館で発見され新聞報道された[16]。なお、写真は著作権等のこともあり本稿には掲載できないので、写真については 8 月 25 日発行の京都新聞などに掲載された写真を参照されたい。

（理研サイクロトロンの海洋投棄）

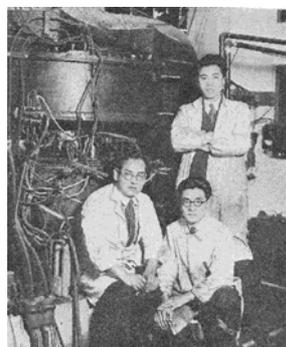
今回新聞報道された写真は理研の 1/4 波長共振空洞を 1945 年 11 月 30 日にクレーン船を使って投棄しようとしている写真である[16]。ライフに載った写真はこの場面と同じ作業をしているクローズアップ写真であった。全体を見ると大作業であったことが分かる。全体で 350 トン以上のものを横浜の沖に投棄したとのことなので、この重量から投棄されたものには理研の大小 2 台のサイクロトロンの磁石以外の部品や装置が 100 トン程度含まれていたと考えられる。

（阪大サイクロトン破壊）

阪大ではベータ線スペクトロメータ用の磁石をサイクロトンと誤解して破壊した話はよく知られている。この誤解についてはアルス文庫にある福井崇時の論文に詳しく記述してある[17]。福井論文の阪大に関する部分は当事者の記録として貴重である。今回新聞報道された写真には GHQ のマッカーサー元帥の命令によるとの説明がある[16]。GHQ は理研の仁科に対してサイクロトロンの使用を一旦認めていたが、これを取り消して米本国からの秘密指令に従ったとされる。

なお、阪大のサイクロトロンは解体して運び出された後で、松林らしいところで再び組み立てられたうえで、ご丁寧にもダイナマイトで破壊される映像が知られている。火薬で破壊するような指令があったようである。GHQ は「合衆国軍が 11 月 24 日午前 10 時から 3 都市 5 台のサイクロトン等を破壊する、大阪と京都の装置は解体して持ち出し爆砕し海に沈める、理研のはいくつかに切断し海に沈める」ということを前夜に翌日正午の公表

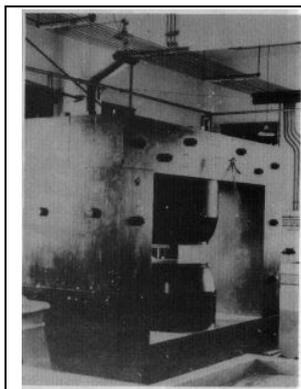
まで他には知らせないという条件で、通信社等に通知したとのことである[17]。ここで5台というのは阪大のベータ線スペクトロメータをサイクロトロンと誤解したためである。参考までに戦前の阪大のサイクロトロンの写真を示しておく。



(参考写真) 阪大菊池正士研究室のサイクロトロンは上ヨークの丸みのある形、下ヨークの取付などに特徴がある。戦前実験に使用されていた当時の写真。建設の中心人物であった伊藤順吉の回顧録：「菊池正士 業績と追想」(菊池記念事業会編集委員会 1978 年) の 145 頁、伊藤順吉「阪大の昔のサイクロトロン」より。

(京大サイクロトロン磁石解体)

京大のサイクロトロンは磁石だけしか完成してなかった。この磁石を米軍は解体撤去した。そのとき通訳としてきた Smith が晩年書簡を残した[1]。荒勝文策は始め破壊接收のために来たとは思ってなかったようで、にこやかに応対している写真が知られている。事情が理解できてからの荒勝の強い抗議にもかかわらず研究ノートも接收された。行方が分からなかったノートの内、清水栄と植村吉明のもの 2 冊が最近米国で見つかっている。今回新聞報道された写真は 11 月 20 日の検分と、11 月 24 日の解体作業の写真である。コイルタンクを溶断している様子も分かる。サイクロトロンは原爆の製造に不可欠であるとの説明が付いており、破壊当時の米軍の認識がうかがえる[16]。参考までに京大サイクロトロンの 1945 年 1 月の写真を示す。



(参考写真) 1945 年正月にしめ飾りを付けた京大サイクロトロンの磁石。
京大で撮っていた写真(京大化学研究所蔵)

4. 京大サイクロトロンのポールチップ「よみがえる京大サイクロトロン」

米軍による京大のサイクロトロン破壊の時に撤去されずに残されたものもある。1960 年代にはまだ物理教室の実験室の奥にモーターなどの残骸があったことは当時研究室にいたものにはよく知られていた。コッククロフト・ウォルトン型加速器は破壊されずに残って

おり、関連する計器類も古いものや海軍の備品であったものなどもあった。一部の計器類は蹴上に化学研究所の戦後復興サイクロトロンができたときに移されていた。

最近戦前のサイクロトロンの磁石のポールチップが見つかったとして話題になった。京大のサイクロトロンは完成してなかったのがポールチップは本体に組み込まれてなかったのであろう。現在のサイクロトロンはポールチップもポールに取り付けるが、古典的なサイクロトロンではポールとポールチップは離れていた。磁石の磁極間のギャップには真空になった加速箱を置くが、磁石から見ればポールチップとなる純鉄の板がこの真空箱の上蓋と底蓋の役割もするという構造であった。つまりポールチップは加速箱側に上下の蓋として取り付けられるものであったので、磁石本体とは別に保管されていたのであろう。

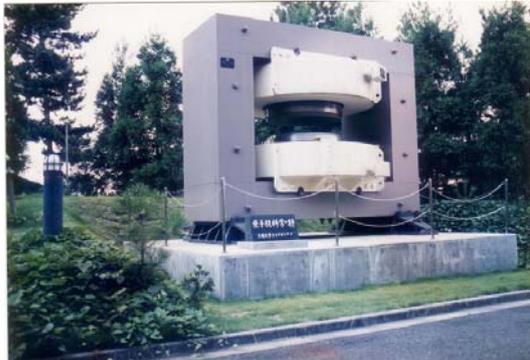
あるとき筆者と同期の荻野晃也は彼が採取したサンプルの微量な放射能を測定するために低バックグラウンドの測定箱を必要とした。荻野が師の柳父琢治に相談すると、柳父は実は戦前のサイクロトロンのポールチップが上下一対残っているの、一枚は鉄ブロックに加工して遮蔽に使うと良いが、もう一枚は必ず保存するようにと言い渡されて、2枚のポールチップを譲られた。戦後の鉄は溶鉱炉からの微量のコバルト 60 が含まれていて低バックグラウンド用シールド材には使えないが、戦前の鉄は放射能が含まれていない。沈没した戦艦陸奥の鉄がシールド材として販売されたことはよく知られている。戦前のサイクロトロンの純鉄のポールチップは荻野にとって最適の遮蔽材となった。荻野は定年まで1枚の完全なポールチップと加工したもう1枚のポールチップの残りを研究室に保管していた。しかし、定年を迎えてポールチップの保管に困り、保管場所を探した結果、最終的に京大総合博物館の大野照文に考古学資料ということで預けた。このことを知った科学史にも関心がある東大の研究生中尾麻伊香が興味を持ち、関係者に取材するなどして「よみがえる京大サイクロトロン」という映画を制作した[18]。各地で上映されて戦時中の科学者の動きなども含めて話題になっているようである。

制作者の中尾麻伊香が誰からか聞いたのか自分の解釈かわからないがこの映画では京大のサイクロトロンは琵琶湖に投棄されたことになっている。美しい琵琶湖の映像が出るのでロマンチックではあるが、琵琶湖説は信じがたい。今回新聞報道された理研のサイクロトロン海洋投棄の写真を見ると沖合でクレーンのある船を使って投棄している[16]。京大の磁石は理研のものより小さいとはいえ80トン程度あり、米軍がこのような作業を行う船を終戦直後の琵琶湖で短期間に用意できたとは考えにくい。琵琶湖説の出所として筆者も聞いたことがあるのは、当時サイクロトロンを運んだ車を追いかけた荒勝研究室の者が東山通りを下って東に折れるのを見たので琵琶湖ではないかという伝聞であろう。しかし、その先を誰も確認しているわけではない。阪大のものと同様にどこかで爆砕するために適当な場所に運んだのかもしれない。木村毅一は後に大阪湾に投棄されたと記しているが、存命中の当時の研究室の関係者はどこか分からないと言う。前述したように理研のサイクロトロンの海洋投棄の際に2台のサイクロトロン以外の装置も横浜沖に投棄した可能性があるの、あり得ないこととは思いますが、他のサイクロトロンも横浜まで持って行って投棄し

たという解釈も捨てきれない。もし理研のサイクロトロン投棄の場所が見つかって引き上げられたら多くのことが判明するであろう。

5. 京大サイクロトロンのもう一つの残された部品—磁石のベース

実は戦前のサイクロトロンの一部で残されたものがもう一つある。磁石の台座、ベースである。これは戦後サイクロトロンを再建するときに流用された。このことを筆者が身をもって知らされたのは蹴上から宇治へ戦後のサイクロトロンの磁石を運んだ時であった。宇治では線形加速器を作るようになっており、サイクロトロンは運転停止することにしたが、電磁石は廃棄したくなかったので、サイクロトロンとしてではなくビーム分析などの磁石として使うということにして運ぶことにした。磁石は 80 トンほどであったので基礎が必要で実験室の一部にそのための基礎を作りベースを固定するボルト穴を建物建設時に用意してもらった。その穴の位置などは蹴上にあったベースの設計図（青写真）を見て（実測しないで）決めた。ところがいざ据え付けるときになってボルト穴の間隔が少し異なることが判明した。据え付け自体はそれなりの措置を講じて行ったのであるが、不思議であったのもう一度青写真を調べていたらベースの青写真が 2 枚あることを発見した。1 枚は戦後のサイクロトロン用に新たに設計した図面で移転の際に筆者が参考にしたものであるが、もう 1 枚は戦前のサイクロトロンのベースと思われるものに再加工を指示してある図面であった。戦前のベースは新規の設計図のものよりやや短いが、磁石を支えるには十分なサイズであったので、接收を免れた戦前のベースを流用したのであろう（戦前のサイクロトロンのポール径は 100 センチ（40 インチ）、戦後のものは 105 センチである。戦後のものがやや大きいほぼ同程度のサイズである）。



京大の戦後の復興サイクロトロンの磁石。ベースは残された戦前のサイクロトロンのベースを使った。左の写真は蹴上から宇治の実験室内へ移転直後の磁石本体でベース取付穴の位置を間違えて補助金具で押さえている。右は後に実験室に別の装置を入れる時に屋外展示物として実験棟の前庭に設置したところ。

先輩の福永清二が今のベースは戦前のサイクロトロンのものということを教えてくれた。復興サイクロトロンも今は使命を終え、京大宇治キャンパスに磁石のみ展示されている。

京大のサイクロトロンに関しては敗戦当時荒勝研究室の学生で戦後サイクロトロンの復興に関わった竹腰秀邦の論文が参考になる[19][20]。蹴上のサイクロトロンについても書き残しておくべきことは多いと思うが、本稿の目的は戦前のサイクロトロンについて述べるものなので、蹴上に戦後復興されたサイクロトロンについては上掲のベースが分かる写真を示すだけにした。

参考文献

[1]井上 信 「日本加速器外史」(その1からその4) 加速器 (日本加速器学会誌)、その1:Vol.1, No.2, 149-157(2004), その2:Vol.1, No.3, 255-263(2004), その3:Vol.2, No.1, 84-92(2005), その4:Vol.2, No.2, 224-232(2005)。

[2]サイクロトロンの発明に関してはローレンスの指示で最初のサイクロトロンを作ったリヴィングストンの記した、リヴィングストン著「加速器の歴史」山口嘉夫・山田作衛訳 (みすず書房、1972年)、に生き生きと書かれているが、リヴィングストンの成功以前にローレンスの指示で1930年に製作を試みてうまくいかなかった学生の Nels Edlefsen の試作機についてはローレンスのノーベル賞講演のなかに写真入りで紹介されている (E. O. Lawrence The evolution of the cyclotron, Nobel Lecture, December 11, 1951 これは受賞の年に書かれたものではなく、戦後も含めたその後のローレンスの仕事を振り返ったものである)。

[3] 戦前の米国および世界のサイクロトロンの歴史については以下のものが詳しい。Heilborn, J.L. and Robert W. Seidel Lawrence and His Laboratory: A History of the Lawrence Berkeley Laboratory, Vol.1. Berkeley: University of California Press, c1989. (<http://www.escholarship.org/editions/view?docId=ft5s200764&brand=ucpress>)から読める。日本についてはデータが不正確。

[4] 文献学的には Phys. Rev. 53,(1938)の321頁からの Proc. American Physical Society(Dec.28-30, 1937)の記録の内の334頁にある High Frequency Systems for the Cyclotrons, J.R.Dunning and H.L.Anderson に 1/4 波長共振器のことが記されている。

[5] L.M.Nemenov による Historical development of the cyclotron というサーベイ論文は1930年のLawrence と Edlefsen の研究から1957年頃までのサイクロトロン史について文献によりサーベイしている。より詳しくは L.M.Nemenov, The history of the development of the cyclotron over fifty years (1930-1980) SOV PHYS USPEKHI, 1981, 24 (3), 231-240.

[6] 理研のサイクロトロンの技術報告は、新聞啓三、山崎文男、杉本朝雄、田島英三、「60吋(大型)サイクロトロン」建設報告、科学研究所報告 第27輯 第3号 156-172(1951)。当事者の回想録としては、田島英三 理研のサイクロトロン物語 日本物理学会誌 45 巻、734-737(1990)がある。サイクロトロン建設史は、上坪宏道 理研の加速器-1910年代から現在まで-(その3) 加速器 (日本加速器学会誌) Vol.3, No.1, 60-68(2006)が最近のもの

である。戦後の占領軍による破壊に関して論究したものとしては、小沼通二、高田容士夫 理研サイクロトロン破壊(1945)について 日本物理学会誌 46 巻、496-497(1991)がある。

[7]京大の戦前のサイクロトロン建設記録としては化学研究所に残る木村毅一の建設ノートがある。

[8] F.T.Cole O Camelot! A Memoir of the MURA Years (1994)は米国の MURA 計画を中心にした歴史であるがサイクロトロンやベータトロンなどの発明の裏話にも触れた面白い読み物である。サイクロトロンコンファレンス 2001 のサイトから読める(筆者による日本語訳あり)。

[9]リバプールでのチャドウィックについては J.R. Holt, F.R.S, REMINISCENCES AND DISCOVERIES James Chadwick at Liverpool, Notes Rec. R. Soc. Lond. 48(2), 299-308(1994)。

[10]中根良平 歴史秘話 サイクロトロンと原爆研究(後編) 理研ニュース No.298, 8-9, (April,2006)。

[11]日野川静枝は主として 1930 年代の世界のサイクロトロン建設について現地調査を行っている。

1) 「1930 年代サイクロトロン開発ロックフェラー財団の援助目的に関する実証的研究」 科学研究費補助金(基盤(C)) 研究成果報告書(2008年3月) 日野川静枝。

これ以前の関連する日野川静枝の論文には以下のものがある。

2) 1930 年代理化学研究所におけるサイクロトロンの開発史(東京工業大学人文論叢 No.6, 1980)。

3) 1930 年代コレージュ・ド・フランスにおけるサイクロトロンの開発過程(科学史研究 41 巻、No.222, 75-87, 2002)。

4) A comparative study of cyclotron development at Cambridge and Liverpool in 1930s (Historical Studies in the Physical and Biological Sciences Vol.34, Part 1, 23-39, (2003)。

5) 1930 年代イギリスにおけるサイクロトロンの開発過程(科学史研究 42 巻、No.226, 65-75, (2003)。

6) サイクロトロン開発の各国比較ー巨大科学の起源を探るー(科学史研究 45 巻、No.237, 34-37, (2006)。

[12]政池 明 私信。政池の調査によると、米国側は当初日本での調査に関しては理研の仁科と大阪の菊池に注目して準備しており、日本に来るまで京都の荒勝は重要視してなかったという。京都では湯川秀樹に対しては F 研究の関係で調査したがほとんど原爆開発にとって意味のある研究はなされてなく、中間子の研究に没頭していたと結論している。一方、京都で知った荒勝文策が原子核物理学の実験的研究者として重要な人物であることを調査に来て認識したようであるという。11 月のサイクロトロン破壊は調査した科学者達の意見は聞かずに本国の米軍が独断で占領軍に極秘指令したといわれ、米国内で大批判が起こる。基礎科学技術のうち、実用技術のための basic な研究と学術的な fundamental な研究は別

で、fundamental な研究は日本でも認めるべきという意見は退けられ、原子核研究が全面禁止されるようになったという。なお、最近、日本経済新聞（夕刊）関西版湯川秀樹の遺伝子 1~10(2008.1.21 より 10 回連載)、同じく日本経済新聞（夕刊）秘史・日本の原爆研究 1~4(2008.8.4 より 4 回連載)、および朝日新聞 湯川教授は原爆「無関係」(2008.7.18)などに政池の調査で判明したことの一部が紹介されている。

[13]加速器全体をよくまとめた記述としては最近 A.Sessler と E.Wilson による *Engines of Discovery A Century of Particle Accelerators* (2007, World Scientific) という写真も数多く掲載されている本が出版された。戦前の日本のことについては触れてない。

[14]カルトロンについてはオークリッジのウェブサイトにも多くの写真と共に紹介されている。

[15]Handbuch der Physik XLIV Nuclear Instrumentation I の 162 頁に 1950 年代の世界のサイクロトロンを表があり、カルトロン磁石を使ったオークリッジのものもリストされていて、旧カルトロンのレーストラック内に建設されたことが注記されている。

[16]時事通信社の不動尚史記者は米国立公文書館で米軍による戦前のサイクロトロン破壊に関する多くの写真を発見した。その一部は配信されて日本経済新聞、京都新聞などの 2008 年 8 月 25 日の記事となって写真が掲載された。筆者は不動記者から写真発見時にその判定について相談を受けた。

[17]福井崇時「サイクロトロンを米軍が接收投棄した経緯と阪大には 2 台と記録された根拠」アルス文庫(2008) (<http://www.viva-ars.com/bunko/>)。自身の阪大での立ち会いの他、米軍の秘密指令のやりとり、新聞報道など詳しい。ただし、付録で理研がバークレイから図面を貰えず独自に設計図を書いたという中根説[10]をそのまま採用している点は疑問。本文の破壊の経緯の部分については「原子核研究」Vol.53, No.1,91-103 (2008)にも掲載されている。福井はこのサイクロトロン破壊の論文の他、当事者として関わった阪大の原爆研究についても論文を書いている。福井崇時「理研二号研究阪大分室について」アルス文庫(2004)。敗戦直後その装置を川へ捨てたなど書いてあり興味深い。

[18]中尾麻伊香の活動については、例えば、塩瀬隆之・林衛・中尾麻伊香、科学技術史の棚卸し：京大サイクロトロンをいまに伝える（加速器（日本加速器学会誌）Vol.5, No.1, 70-74,(2008)。なお、前掲[12]政池の項で紹介した日経の「湯川の遺伝子」はこの中尾の活動から書き出されている。<http://www.csij.org/03/shiminkouza.html>にも現在保管されているポールチップの写真と共に活動の紹介がある。

[19]竹腰秀邦 台北帝国大学と京都大学における初期の加速器開発と原子核物理学研究（前編および後編）、加速器（日本加速器学会誌）Vol.3, No.4, 384-390,(2006)、および加速器（日本加速器学会誌）Vol.4, No.1, 18-23, (2007)。

[20]最近、京大化学研究所でも「よみがえる京大サイクロトロン」の上映がなされ、京大サイクロトロンに関する特集記事が化学研究所の広報誌「黄檗」に掲載された。戦後のサイクロトロンに関する竹腰の簡単な総括記事もある。黄檗 No.29, 13-14, (2008 年 7 月)。

なお、米国のサイクロトロンやカルトロンの歴史的な写真に関しては、米国物理学会のウェブサイト(<http://www.aip.org/history/lawrence/>)やRutgers大学のサイクロトロンのウェブサイト(http://www.physics.rutgers.edu/cyclotron/cyc_hist_album.shtml)などにある。またオークリッジのウラン濃縮計画についてはオークリッジのウェブサイトで見ることができる(http://www.mphpa.org/classic/OR/Photo-Pages/ORPG_01.htm)。