

東大原子核研究所での日本における 高エネルギー物理学実験の始まり*

菊谷英司

高エネルギー加速器研究機構 史料室

1 始めに

21 世紀初頭の現在、日本は世界で有数の素粒子実験の遂行国である。日本がこの地位を占めるに至る研究組織の流れを遡ると「東京大学原子核研究所」に行き着く。この研究所は 1955 年に東京近郊の田無町（現西東京市）に創設され、戦後日本における加速器を用いた原子核及び素粒子実験の拠点となった。1997 年に筑波の「高エネルギー物理学研究所」（通称 KEK）等と合併して新組織「高エネルギー加速器研究機構」を形成し、その敷地および研究設備は同機構の「田無分室」となった。その数年後当地での研究活動の歴史を閉じたが、その間の研究の流れは脈々と現在に通じている。この小論では原子核研究所における素粒子物理学実験の萌芽時代について考察する。

2 原子核研究所と素粒子実験

加速器を使った原子レベルより微細な物質構造の研究は、

- 原子核の構造などを研究する「原子核物理学」、
- さらに微細ないわゆる素粒子の研究を行う「素粒子物理学」

に大きく分類される。素粒子物理学（特にその実験分野）は「高エネルギー物理学」と呼ばれることが多い。それぞれの分類を、実験に使用する加速器の

エネルギーに対応させると、概略 1 ギガ電子ボルト以下が原子核物理学、1 ギガ電子ボルトを越えたものが高エネルギー物理学、となる。以後「ギガ電子ボルト」を GeV と略記する。

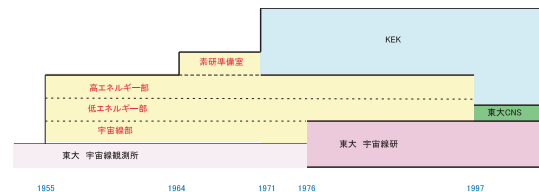


図1 原子核研究所を中心とした関連研究所の組織の変遷。1955年に開設された原子核研究所の研究部門はこの図にあるように「低エネルギー部」（原子核実験）、「高エネルギー部」（素粒子実験）、と加速器を使わず宇宙線の中の粒子を研究する「宇宙線部」からなっていた。

アメリカなどでは既に 1950 年代中盤、上に示した分類による高エネルギー物理学実験を行うことができるような高い性能（エネルギーが GeV 以上に届く）の加速器が建設されつつあった。日本は敗戦後の最初の約 6 年間占領政策でこの分野の研究が禁止されていたが、占領状態が終結が見えて来た 1951 年頃から研究が再開された。こうした動きの第一歩は理研・京大・阪大での、米軍に破壊されたサイクロトロン再建である。この小論ではその数年後の動きとしての「原子核研究所」の活動に目を向ける。

原子核研究所での最初の加速器は原子核物理学のための「160 センチサイクロトロン」であるが、外国の趨勢をみつつ、より高い「高エネルギー物理学の実験ができる加速器」は常に指向されており、そ

* この報告は日本物理学会第 69 回年会（2014 年 3 月、東海大学）の「物理教育、物理学史、環境物理」のセッションで口頭発表したものを発表者が文章化したものであり、特に査読を受けたものではない。

の段階で二つの選択肢が熱心に議論されていた。その選択肢とは、

1. この分野の先進国で次々に建設されている陽子シンクロトロンを建設する —
2. 技術的に困難度が低いと目されている電子シンクロトロンをまず建設し、その経験蓄積を踏まえて陽子シンクロトロンを建設へと進む —

というものである。結果としては第二の選択肢が採用され 1960 年代の初頭に 1.3 GeV の電子シンクロトロンが完成した^{*1}。これは「本命」である「陽子シンクロトロン」を建設するための「練習機」の性格を想定して建設されたのであるが、実際にはその完成後は多くの実験が遂行され、単なる練習機以上の位置を占めるに至った。

上述の選択肢の設定から明らかなように、研究者らはこの電子シンクロトロンに「事足りり」としたわけではなく、並行して陽子シンクロトロン建設の開発研究が行われた。この活動を原子核研究所の組織の面からみてみよう。図 3 は東京大学原子核研究所 創立 40 周年記念資料集 [1] に記載されている、1969 年 4 月における研究所の組織図である。この図で「高エネルギー部」という部門では電子シンクロトロンの安定運転や、ビーム強度増強と言った加速器の研究、ならびにこれから得られるビームをつかった高エネルギー物理実験^{*2}を行っていた。一方これとは別に、1964 年 4 月、「素粒子研究所準備室」（「素研準備室」と略称された）が組織され、近い将来に陽子シンクロトロンを建設するための研究を行っていた。

このように原子核研究所ではその当時稼働していた「現役」加速器での実際の物理実験と並行して新しい加速器の準備という作業が組織的に行われていたのである。

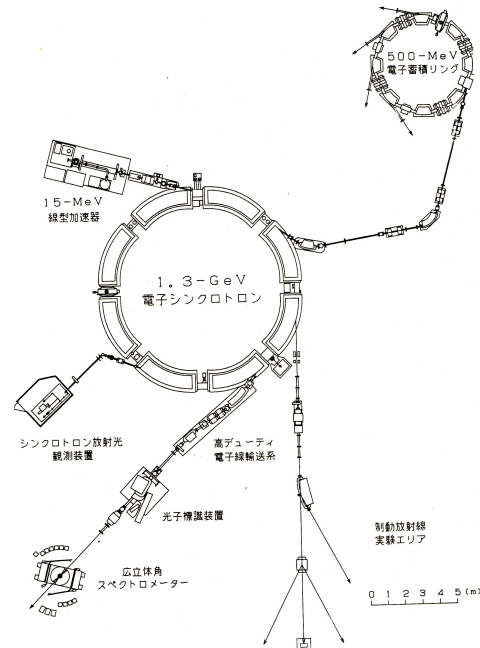


図2 原子核研究所電子シンクロトロンの概略図。中央の円形部分が半径約 11 メートルの電子シンクロトン本体。下方直線的に伸びている線は高エネルギーガンマ線のビームラインで、多くの実験が行われた。（文献 [1] の 15 ページから直接転載）

3 原子核研究所の定員から見た組織の動き

図 4 に原子核研究所の定員の推移を示す（図中、研究者（教授、助教授、助手）は左側の目盛りを、また技術職員・事務職員は右側の目盛りを使用）。国立大学の実験系では教授、助教授はほぼ同人数、助手はその 2 倍の定員をわりふることが行われていた。実際 1950 年代終わりから 1960 年代のごく初頭はその原則通りの定員であることがわかる。

しかし、電子シンクロトロンが完成してその実験が実際に始まる頃、教授/助教授の人数も増えていくが、さらに助手の数が（教授 + 助教授）の人数をはるかに越えて増している。これは電子シンクロトロンの建設/完成後の活動に当てられた人材と共に、上で触れた「素研準備室」のためのポストである。

^{*1} 完成当時はこのエネルギーより低い 0.75 GeV であったが、数年後に増強され、1.3 GeV となった。

^{*2} 実験を行っていたのは原子核研究所の職員だけでなく、全国の大学の研究者たちであった。

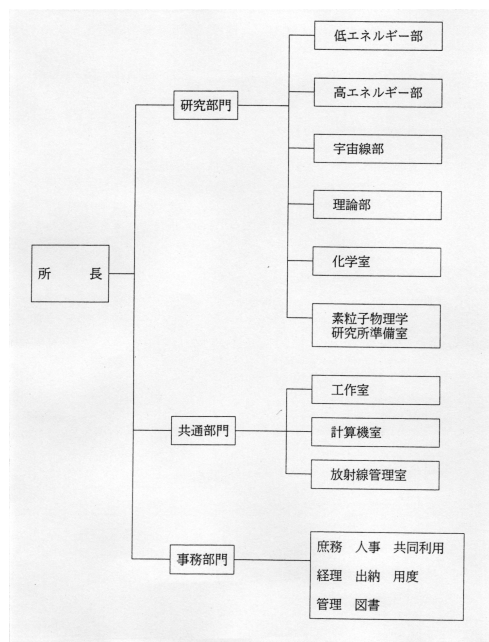


図3 昭和44年(1969年)4月現在の原子核研究所組織図(文献[1]の430ページから直接転載)。

1971年、その準備研究の結実として筑波に「高エネルギー物理学研究所」(以下、KEKと略記)が設立されると、「素研準備室」の役目が終わりこの助手のポストも新研究所に移ってゆく。実際、原子核研究所の職員の転出先をみると図5のようになっており、KEKに移った人材の割合が多いことがわかる。

4 電子シンクロトロン

前の節で「原子核研究所」の「電子シンクロトロン」が単なる「練習機」ではなかったことを指摘した。その論点を裏付ける資料をいくつか掲げよう。実験は1963年度初頭から始まり、1999年まで約36年に亘って行われ、およそ150件の実験課題が採択された。実験責任者の所属は(学部、研究所単位で)20を越え、外国所属のグループの実験も数件見られる。

この加速器を用いた実験によって博士の学位を得た研究者数を年度別にグラフにしたのが図6である。合計100名近くに及んでいる。

続いて電子シンクロトロンで行われて実験につい

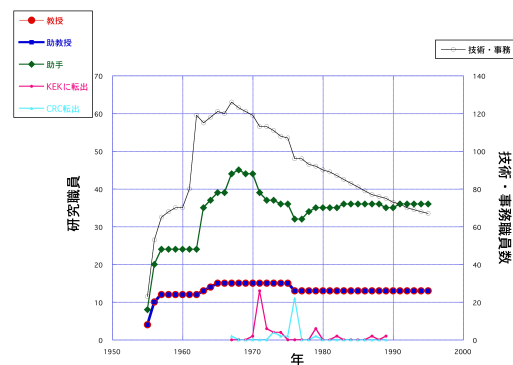


図4 原子核研究所の定員の推移。教授と助教授の人数が完全に同じなのでこのプロットでは重なってしまい、区別ができない。このグラフには、「素粒子研究所」が実現した後の「高エネルギー物理学研究所」と「東大宇宙線研究所」への転出者もプロットされている。

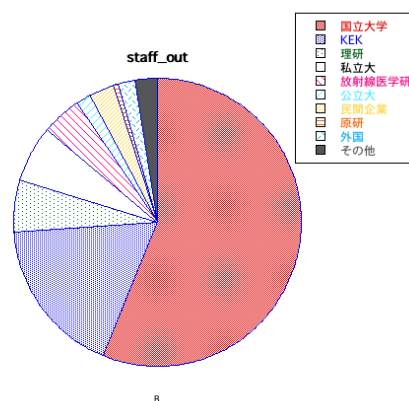


図5 原子核研究所から転出した研究者の転出先の分布。国立大学が半数以上を占めるが、次いで多いのがKEKである。

ての物理的成果についての論文数について考察してみよう。図7は年ごとの論文数をグラフにしたものである。論文数は1970年代を中心に出版されている。高エネルギー物理学の長い実験期間がかかることが多く関係で論文の絶対数については多いとするか少ないとするかは評価が分かれるところである。別な観点から興味深い点がある。グラフ上で論文の投稿先を示しているが、赤で示したものが“Japanes

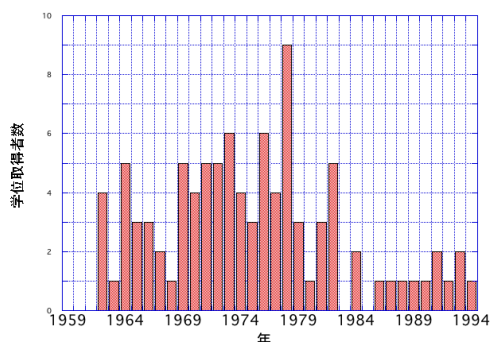


図6 原子核研究所電子シンクロトロンの実験で博士の学位を得た人数の年による分布。

Journal of Applied Physics”と呼ばれる日本の論文誌（論文の内容は英語で記述される）である。青はヨーロッパの、そして白黒で示されているのがアメリカの論文誌である。望ましいことかどうかの評価を別にし、第二次大戦後はアメリカの論文誌が権威を高め、「良い論文はアメリカの論文誌に出る」という流れがあるのは否めないと思われる。「電子シンクロトロン」からの成果を投稿する論文誌も確実に「アメリカ寄り」になっていったことがこのデータから読み取ることができる。

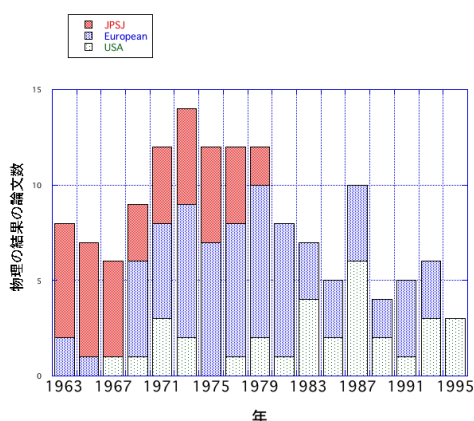


図7 電子シンクロトロンの実験による発表論文数。投稿した学術雑誌が、日本のもの、ヨーロッパのもの、アメリカのもの、に分けてグラフ化している。

5 原子核研究所のその後

「原子核研究所」の高エネルギー研究部分のアクティビティーは、1971年「高エネルギー物理学研究所」という「子供」を生んだが、1997年その子供と合流する^{*3}ことにより、「高エネルギー加速器研究機構」となった。そして、「原子核研究所」の数十倍の敷地の広さをもつ筑波の研究所がより大型の加速器を擁して研究を続行することとなった。

なお、「原子核研究所」創立当時にあった「宇宙線」の研究部門はそれより早く1976年に東大宇宙線観測所とともに「東大宇宙線研究所」を設立した。サイクロトロンを使って研究をしていた原子核研究部門は1997年、東大理学系研究科大学院附属原子核研究センターとして新しいスタートをきることになった。

6 まとめ

日本にはいくつかの比較的大規模な加速器を擁する学術研究機関がある。ただ、素粒子物理学の実験を行うことが可能な加速器を有するものは「高エネルギー加速器研究機構」（つくば市）のみである。「原子核研究所」はその名の通り、原子核の研究に有用な加速器の建設から始まったが、その後高エネルギーの加速器も発展させ、その後の素粒子物理学の日本での研究に基礎固めの役を十分に果たした。

謝辞

この報告を纏めるために高エネルギー加速器研究機構史料室の中村優子さん、高畑ミエ子さんのご協力をいただきました。

参考文献

- [1] 赤石義紀他編集「東京大学原子核研究所 創立40周年記念資料集」、1996年。

^{*3} すぐ後の述べるように、原子核研究分野（低エネルギー分野）では東大理学部に移す研究者もいた。