

## 小型加速器と大型加速器

### 現状の整理とあるべき姿

上坪宏道

我が国の加速器の現状を見るため、できるだけ正確な現状把握が必要である。昨年、原子力委員会加速器検討会が大掛かりな調査（以下「調査」という）を行なったが、重要な加速器施設が調査から漏れており、現状分析には不十分であると判断された。そこで改めて調査から漏れた施設のデータを文献或いはホームページから補充した。なお、ここで取り上げるのは我が国における加速器科学推進の役割を担っている施設に限ることにした。具体的には、大学、共同利用機関及び公的研究機関に設置された加速器施設を対象にしており、医療専用加速器や産業界の加速器を除いている。その理由は、これらの加速器の設置目的は明瞭でその必要性の判断もそれぞれの組織で行なうからである。また、加速エネルギーが1 MeV 以下の場合は放射線発生装置として取り扱う必要がないが、加速器科学やエネルギー科学の研究に重要な役割を果たしている場合には加速器として取り上げている。この判断は多くの場合ホームページの記述を基に行なった。

#### 1．わが国における教育・研究用加速器の現状

ここで取り上げる加速器は主に加速器科学の研究に使われるもので、その実数を第1表にまとめてある。なおカスケード加速器で、入射器が本体と一体になっていて独立し足しようが不可能な場合には、入射器を含めて一施設として取り扱っている。これらの加速器施設を管理している機関数と加速器の数を第1表に纏めた。

大学では大型装置を大学付置研究所か学部付属の研究センターが管理する場合が多い。そこで大学加速器を二つに分けて、一方は一研究室が管理するものを纏め、他方は付置研が管理するものをまとめた。後者の場合、殆どの加速器施設が学内共同利用になっている。共同利用研究所では、高エネルギー加速器研究機構(KEK)、分子科学研究所が国立大学共同利用機関であるが、京大原子炉実験所、大阪大学核物理研究センター(RCNP)、九州。

第1表 組織形態別所有加速器数

組織形態		総数	イオン加速器	電子加速器	合計	大学合計
大学	学部 / 学科	13	16	2	18	70
	付置研究所	24	25	27	52	
共同利用機関		5	6	11	17	
国公立研究所		19	40	14	54	

大学応用力学研究所が大学付置の共同利用研究所である。一方、国公立研究所又はこれに準じる研究機関では、13 の組織が加速器を有していて、加速器科学の研究に従事している。しかし、ここでは事業所別に集計しているので、19 の事業所で 54 加速器施設が稼動している。

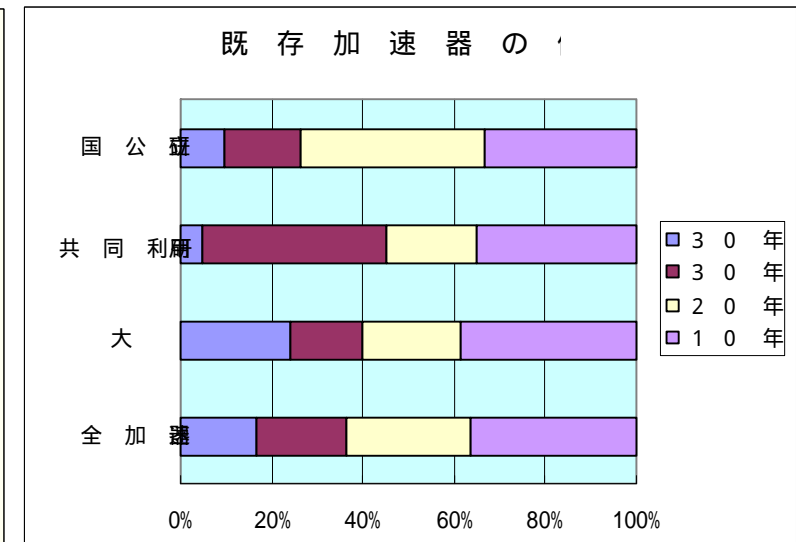
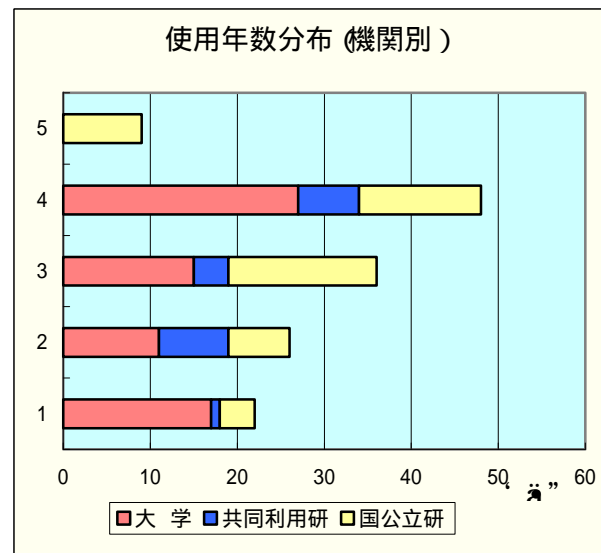
## 2. 教育・研究用加速器に設置された加速器の使用年数

これまでわが国では多くの加速器が老朽化しており、早急に新陳代謝が必要であると思われてきた。その実態を把握するためにまとめたのが第1図である。図では使用年数を便宜上4グループに分けて

- 1 : 30 年以上、
- 2 : 20 年～30 年
- 3 : 10 年～20 年
- 4 : 10 年以内

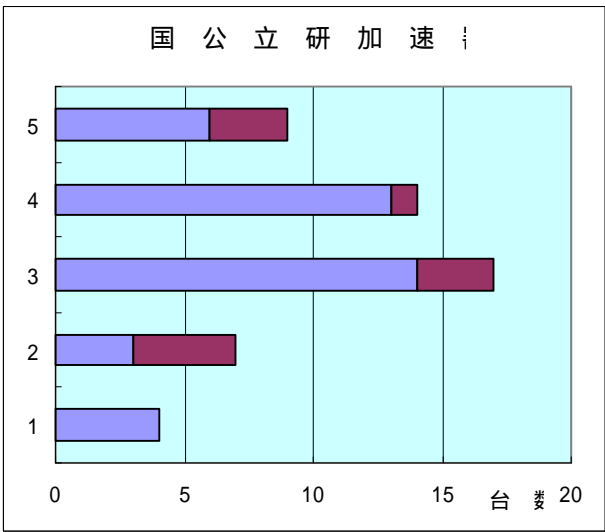
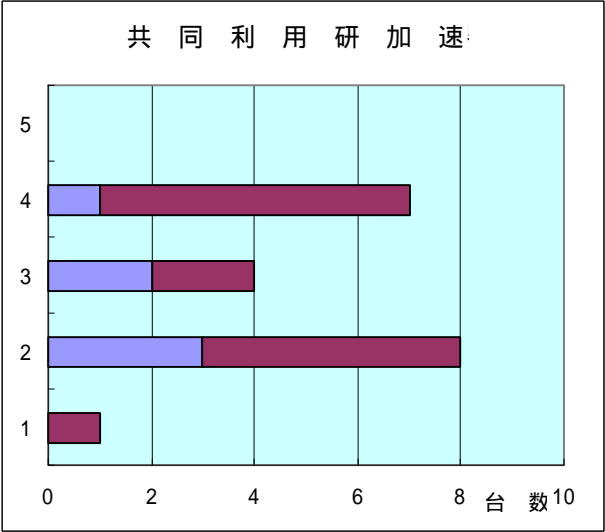
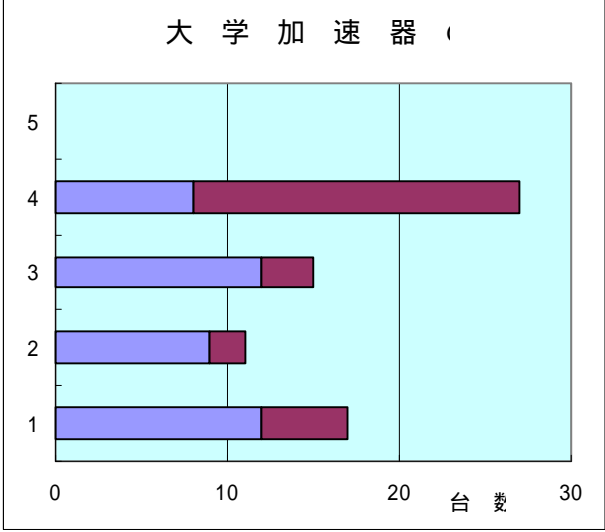
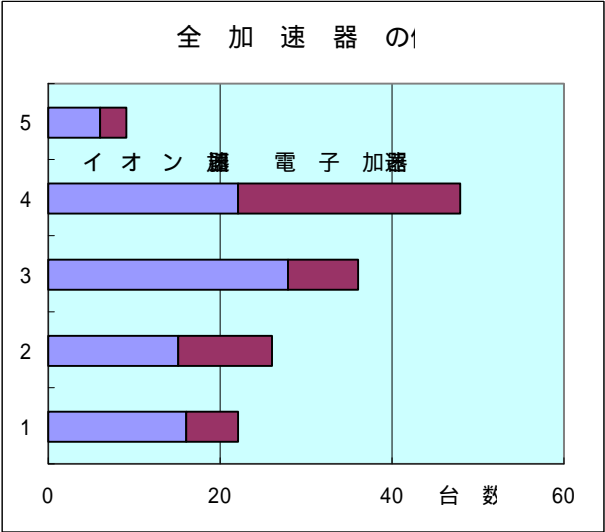
とし、建設中を5で示した。なお、左図は実際の加速器数を、右図

第1図 教育・研究機関に設置された加速器の使用年数



は全体に占める割合を表示してある。さらに各組織形態の加速器使用年数を第1～2図に示しておく。

参考 第1-2図 教育・研究機関に設置された加速器の使用年数



これらのデータから以下のことが指摘できる・

- i) わが国では建設後 10 年から 20 年を経た加速器が全体の 3 分の 1 を占め、研究や教育の現場で重要な役割を果たしている。
- ii) 大学の加速器は 30 年以上の古い装置が多いが、一方、最新の装置も他機関に比べて最も多い。これは 1990 年代に全国の主要大学で原子力工学科が衣替えし、それに伴って量子ビームの研究開発が積極的に進められた結果であろう。大学では、この期間に新設された加速器のほぼ 3 分の 2 が電子加速器である。
- iii) 加速器自体は比較的古くても、新しい研究計画を立てて設備の増強を行ない、活発な研究活動を進めている例もある。
- iv) 共同利用研究所では KEK の B-Factory と ATF 関係の加速器を除いて新設されたものがなく、建設後 20 年以上になる加速器の割合が最も高い。
- v) 現在進行中の新プロジェクトは KEK と JAERI の共同プロジェクト J-PARC と理研の RIBF である。J-PARC は設置場所が原研東海研であるため、便宜上原研の施設として分類したが、研究面では KEK の計画と考える方が妥当であろう。
- vi) 国公立研究所が建設後 20 年以内の加速器の割合が最も高い。このグループに属する究科学技術庁傘下の研究機関（物質材料研究機構、放医研、原研、理研）が、科学技術基本計画による第一次、第二次 5 力年計画で多額の研究投資を受けたからである。

### 3．教育・研究機関に設置された加速器の機種（台数と割合）

わが国では大型加速器施設は共同利用機関或いはそれに準じる規模の研究機関が設置し、全国の研究者に開放する仕組みが定着している。特に KEK が加速器科学分野で唯一の大学共同利用機関になるとともに、大学には建設予算だけでなく、加速器の建設、運転、維持・管理に要するマンパワーの確保も困難になってきている。その結果、大学は小型・高性能で特徴ある研究を目的とした加速器計画を進めるようになり、物質材料科学や生命科学、エネルギー科学等の分野で使われる加速器が増加している。その場合でも単一の研究グループが占有することは少なく、多くの場合学内共同利用施設になっている。また、共同利用の大型加速器建設にも旧科技庁参加の研究機関（放医研、原研、理研）が重要な役割を果たすようになり、加速器の機種分布に変化が出始めている。

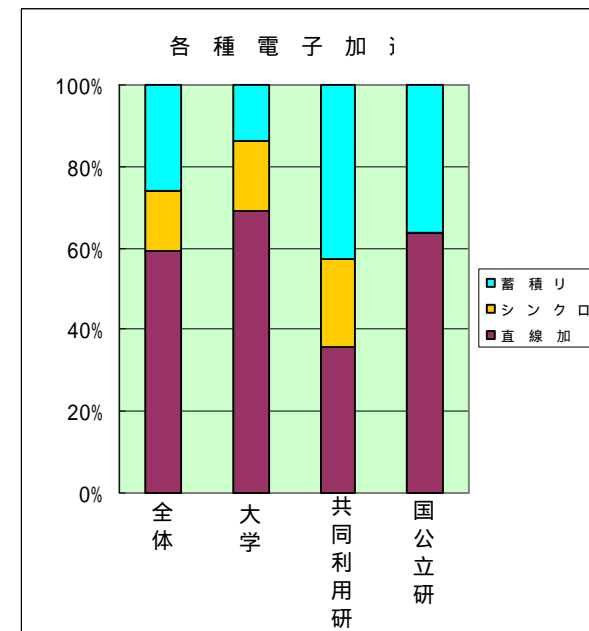
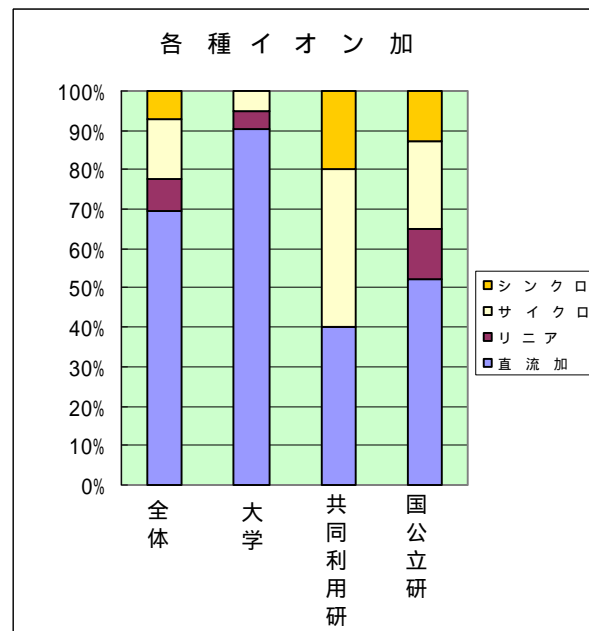
研究機関に設置された加速器の機種分布を調べた結果を第 2 図と第 3 図に示した。特徴的な傾向は

- i) 大学におけるイオン加速器の 90% は直流加速器で、核物理研究用に建設された筑波大、京大、九大のタンデムバンデグラフを除いて全て 5MV 以下の小型加速器であり、比較的最近建設されたものが多い。一方、電子加速器は大学付置研の放射光施設（立命館大、姫路工大、京大化研）およ

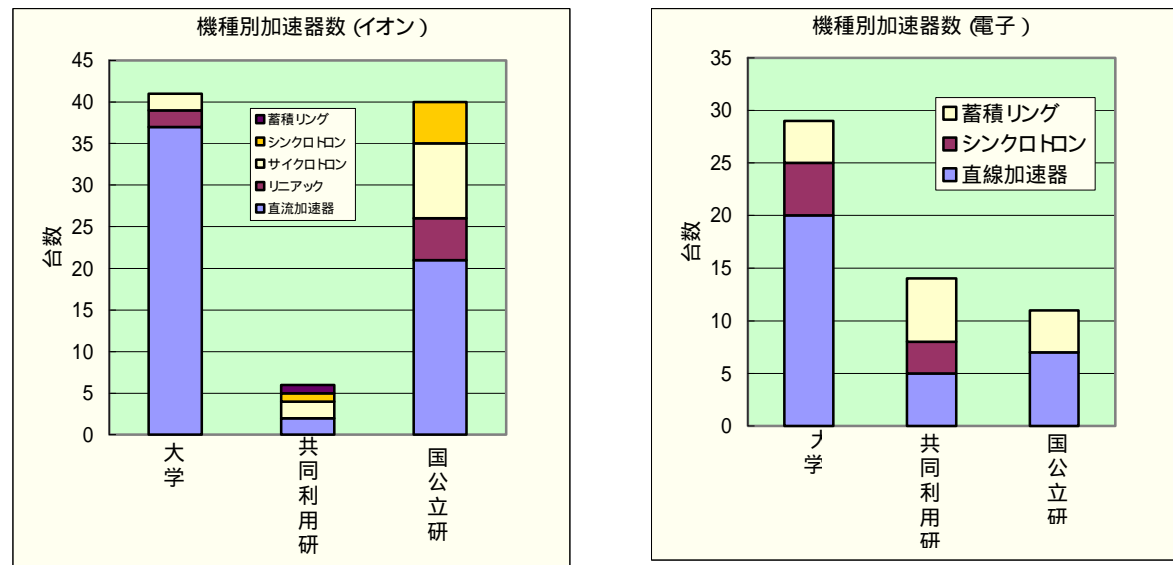
び核物理研究施設（東北大核理研）を除いて直線加速器であり、加速エネルギーも 150MeV 以下の比較的小型の電子リニアックである。

- ii) 共同利用研では京大原子炉、九大応用力学研を除いて、大型サイクロトロン、シンクロトロンや蓄積リングなど大型加速器が中心になっている。蓄積リングの割合が高いのは、放射光やコライダーが中心的加速器施設になっているからである。中型か小型加速器施設を有するのみである。なお、放医研、原研、理研とも、大型加速器施設を外部研究者に開放する共同利用を実施しているものが多い。
- iv) 共同利用研の大型加速器は一般に年間運転時間が 5000 時間を越えるのが普通であるが、運転要員の確保が難しい大学では、年間運転時間は 2000 時間程度であろう。しかし実験グループあたりの利用可能時間は十分取れるので、萌芽的な研究や技術開発に適している。フェムト秒パルスビームや FEL 実験などはこの種の研究と思われる。

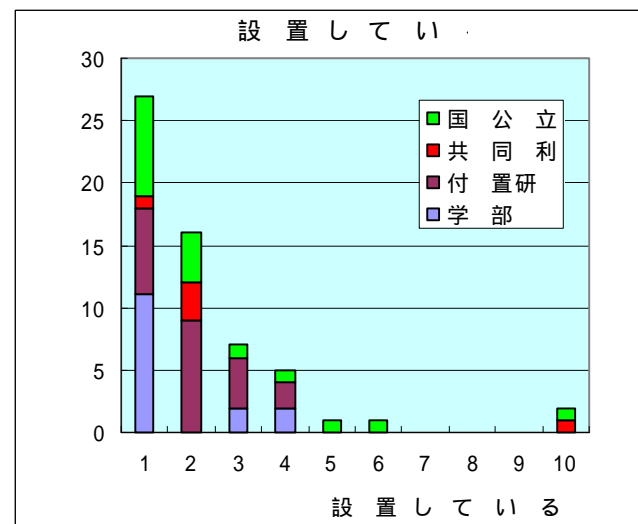
第 2 - 1 図 教育・研究機関に設置された加速器の機種の割合



第2-2図 教育・研究機関に設置された加速器の機種と台数



第3図 複数の加速器を有している研究機関



## 4. 今後留意すべき問題点と進めるべき方向

- i) 小型加速器は「いつでも使える実験装置」として、共同利用施設にはない長所がある。運転・維持・管理経費の不足や運転管理要員の不足など、解決すべき問題点があるが、主に使う研究室が管理する方式を取るべきである。多くの大学で行なっている学内共同利用は、運転管理する要員の確保がないと装置の質を落とし、やがて一流の仕事ができない施設に変質する。
- ii) 総ての大学の施設が大学院生の利用を積極的に進めているが、学部学生の実験に開放している例はあまり多くない。できるだけ広い範囲の学部学生に(学生)実験の機会を与えるべきであろう。東大理学部が理研に設置した「核科学研究センター」が理研と協力して年に一回学生実験のためにビームタイムを確保しているのは新しい試みである。
- iii) 大学関係者から加速器の運転要員の確保や運転維持経費の充実を求める声が多い。
- iii) 多くの大学では加速器施設を利用して、ビームの改善や検出器の開発・テストなどの技術開発が行なわれている。特に他の大型施設を利用した実験を行なっている場合には、検出器や測定装置の開発試験をホームグラウンドで行なうことは、人材確保/教育の意義が高い。
- iv) 大学で加速器開発研究を行なうことは多くの困難を伴うが、東工大原子炉研、東大原子力工学施設、京大化研などでは経常的に行なわれてきた。現在放医研が進めている国の委託事業「小型加速器実証製作・普及事業」は、大学における加速器開発研究に重要な役割を果たしている。
- v) 現在幾つかの大学では、比較的規模の大きい「加速器将来計画」が検討されている。東北大学放射光施設計画、名古屋大学放射光施設計画、九州大学加速器・ビーム応用研究センター構想などが公表されている。
- vi) 共同利用研では、KEK が「リニアコライダー (GLC)」の準備研究を進めているほか、放射光の次期計画「エネルギー回収型リニアック (ERL)」を提案している。

# 小型加速器と大型加速器

## 計画をどう進めるべきか

### I. 加速器計画推進の基本原則

1. 優れた成果を挙げてこそ計画は成功、それ以外は失敗！  
成功と失敗を明確に認識することが重要
2. 加速器のライフタイム内では常に最高の性能で研究できるようにする  
ライフタイムは20年以上！
3. 優れた装置を作ること、優れた研究者を引き込むこと  
「計画を考え、装置を作り、実験で花を咲かせる」研究者が重要  
計画推進者      加速器建設者      利用研究者

### II. 教育・研究機関における加速器計画の進め方

1. 大型加速器計画と小型加速器計画は進め方の基本が異なる  
大型加速器計画：全体としてオンリーワンの装置を実現する  
加速器、ビームライン、測定器の開発研究が必要  
小型加速器計画：特徴をもたす部分は自分で考える、その他は優れた既製品  
個性的な実験装置にするのが成功の基  
小型加速器の重要な役割：  
必要なときにすぐ実験し、思いっきり手を加えてもいい装置  
教育効果の高い装置  
計画の進め方：  
必ずしも加速器を強調する必要はない。最終目標の研究を強調する



中型加速器計画：小さいコミュニティ（学内、地域）の共同利用装置

期待できる重要な役割

学際的研究、分野融合的研究を育てることが可能

大学法人化の下で少数の大学が協力して建設する可能性が高い

先端研究分野の垂涎の的になる「飛びぬけた性能」が必要

例：フェムト秒自由電子レーザー

ラボラトリー装置と同じようなスタイルの実験が可能

比較的低コストで実現できる装置

## 2．加速器計画推進に必要なこと

技術開発の重要性

大学における技術開発の重要性と新しい予算制度

技術開発の考え方を変える

利用に軸足を置く技術開発

的確、適正な技術開発、過多にならない配慮が重要、

常設的な検討評価委員会と真摯なコミュニティ

独創的で成果を生む計画に磨き上げる、

大計画が重ならない、大計画間の空白を作らない