

2. 科学技術と加速器

2.1 加速器はなぜ必要か

本章では加速器にはどのような種類のものがあり、夫々にどんな特長があつてどのように使われているかを概観することになっているが、まず初めに何故加速器が必要かについて、幾つかの例を示しながら説明する。

現在世界で最も大きい加速器はヨーロッパ合同原子核研究所（CERN）に建設中の、周長が 27 キロメートルもある陽子・反陽子衝突型加速器で、ヨーロッパを中心に世界各国が参加している巨大プロジェクトである。数千億の費用をかけて山手線に匹敵する加速器をつくることにどんな意義があるのだろうかというのは、誰もが抱く素朴な疑問であろう。

古事記は我が国の最も古い歴史書であるが、その最初に国作りの神話があつて、我が国がどのようにして創られたかが書かれている。このような神話は世界各地にあり、人類が共通して自分達がどのようにして「この世」に存在するようになったかを常に考えていたことを物語っている。今日でも「この自然界」がどのようにして生まれ、どのように進化して来たかは、人類に共通した最も興味あるテーマであろう。

現在では、「この自然界」即ち「この宇宙」はビッグバンを起こして膨張を始め、膨張に伴って温度が下がっていくと、クォークが創製され、やがて 3 つのクォークが集まって核子になり、核子が集まって星ができると星のエネルギーを創るために酸素など軽い元素が作られたことが明らかになった。また、宇宙に無数にある星には誕生から死に至るまでの進化があり、その段階でもっと重い元素が誕生したことも明らかになった。

自然界の誕生から行く末までを明らかにする学問は、天文学を中心にする宇宙物理学と高エネルギー物理学である。前者は現在の人類が見ている宇宙の姿から、宇宙の誕生から今日までの進化を解明し、今後の行き先を予測している。新聞や雑誌によく掲載される星の誕生や死の有様を映す天体望遠鏡（ハワイにあるスバル望遠鏡など）の写真には、多くの人々が惹きつけられ、また、感動しロマンを感じる人も多い。

それに対して高エネルギー物理学は、加速器のエネルギーを上げることでビッグバンに迫る方法で、自然界の根源を探る学問である。こうして高エネルギー物理学はクォークの発見まで到達している。加速器がなければ人類は元素がどのよ

うにして創られ、原子核はどのように生成されたかを知る由もない。ましてクォークの存在や、それがビッグバンのすぐ後に生じたことは不可能であろう。加速器は第一義的には知的フロンティアを開拓する装置である。

この世界の始まりや進化を知りたいと言う欲求が自然科学を生み出し、今日の科学技術を作り出した原動力である。さらに、自然科学的な理解をした上でも、なお、そこから哲学として思いを馳せる人もあれば、ロマンとして心を弾ませる人もいる。強い好奇心と深い思考、夢或いはロマンが結びつくという人類のこのような在り方が、自然科学的な新発見に驚きと感動を与えるのであろう。一方、今日ではビッグバンやブラックホールなどは社会の中で広く用いられるようになっている。これまでに、相対性理論の発見や量子力学の誕生が新しい思想をもたらした社会変革に大きな影響を与えたと指摘されてきた。経済的な意味ではまったく役に立たない「純粋基礎科学」の研究がもつ重要な意義はこの点にある。なお、このような研究は総て国際的な協力で進められている。

生体内ではイオンがきわめて重要な働きをしている。ナトリウム、カリウム、カルシウム、鉄、銅、亜鉛など多くの元素のイオンが存在し、夫々が信号伝達、刺激や触媒など固有の役目を果たしている。細胞膜にはイオンの通り道である多数のチャネル蛋白質があり、イオンはそこを通過して細胞の内外を行き来する。チャネルが開くとイオンは濃度の高いところから低いところへ移動する。逆の場合はチャネル蛋白質がポンプになって、イオンを濃度の高い方へ送り込む。例えば神経細胞では、刺激があるとナトリウムとカリウムイオンが細胞膜の内外に濃度差を作り、それが電位差を生じて電気信号になり伝わっていく。このようなメカニズムは総て、放射光を利用してチャネル蛋白質の構造（原子配列）が解析されて明らかになったものである。

筋肉の場合、カルシウム濃度が高くなると収縮し低くなると弛緩することは、日本人研究者によって明らかにされていた。最近播磨の放射光施設 SPring-8 を使用して、筋小胞体（カルシウム貯蔵庫）の膜にあるカルシウムチャネル蛋白質の構造が解析され、その結果からチャネル蛋白質は極微スケールの手押しポンプのような動きをしてカルシウムを運ぶことが明らかになった。

SPring-8 はこの他にも科学研究費補助金や振興調整費など競争的研究資金を得て行なった研究に多く使われており、国費を使った研究の質を高めるのに大きく貢献している。

最近国内の自動車メーカーがインテリジェント触媒を開発して高い評価を得ている。これは希少金属であるパラジウムをペロブスカイト型結晶に取り込み、触媒作用による劣化を回復する作用をもたせたものであるが、SPring-8による構造解析によってインテリジェント触媒のメカニズムが明らかになり、更なる改良へのヒントを得ることができた。このように物質の構造や電子状態或いは化学状態などを、微小試料や高温高圧など特殊条件下の試料でも解析できるのが加速器をベースにした放射光や中性子の優れた点である。

最近、このようにして構造や機能が明らかにされた蛋白質や新しい物質が、創薬や機能性材料開発の立場から極めてとして重要な物質であることが多く、学術的価値の高い研究成果が同時に実用的価値の高い成果になる。このような研究は激しい国際競争のなかで進められることが多く、試料ができれば一刻も早く解析を望む研究者が多い。

昭和40年代に、陽電子崩壊をする炭素、酸素やフッ素の短寿命放射性核種(RI)を含む薬剤を体内に注射して腫瘍部分に集め、反対方向に出る2つのガンマ線を計測してその位置を決める陽電子放出トモグラフィ(PET)が開発された。わが国でもRI製造、化学処理、検出器開発とがん研究の専門家がグループを作り、理研サイクロトロンを利用してPETの技術開発と臨床試験を行なった。その成果を基に加速器メーカーがRI処理装置を含めたPET専用サイクロトロンを開発し、主に大学付属病院でPETの実用化研究が進められた。今日では全国に数十台のPET装置が設置され、脳などの腫瘍診断や脳機能検査に用いられている。このように汎用中型(場合によっては大型)加速器で開発が行なわれ、その有用性が認識された後に専用加速器が開発され普及した例が多い。

全国の主要な病院では電子線型加速器(リニアック)が放射線照射治療装置として使われている。最近普及した使い捨て注射器は電子リニアックによる放射線滅菌で安全性が確保されている。電子リニアックは排煙処理にも使われるようになってきたが、最近、大型コンテナを丸ごと透視する税関検査装置にも使用されている。

これまで大型加速器の果たした役割で、革新的技術の実用化パイロットファームになっていることも指摘しておく。大容量真空、超高真空では常に最先端の要求を実現してきた。大型超伝導磁石を大量に設置し、長時間にわたる安定運転を実現したのも高エネルギー加速器であり、計算機制御、大容量高速計算機を初め

て使いこなしたのも大型加速器施設である。アメリカで軍を中心に開発されたネットワークが、高エネルギー物理学研究者の手によって www(world-wide web) と e-mail としてグローバルな展開が行なわれた。その成功が今日の IT 革命につながっている。

加速器を用いた研究の多くは学術的な基礎研究であり、基本的に国際協力で進められている。東西冷戦の激しかった時代にも CERN やアメリカの研究所がロシアの研究者を迎え入れ、また多くのヨーロッパ、アメリカの研究者がロシアの研究所を訪問している。このような国際協調の精神は大型加速器利用研究を支える柱である。