

### 3. 我が国における加速器を用いた研究

#### (1) 未知への挑戦

19 世紀から 20 世紀初頭にかけての多くの実験結果を基に、原子は原子核の周りを電子が取り巻いている構造であることが明らかになった。その後、量子力学が誕生して、より基本的な自然界の構造を探る研究が急速に進められた。人類の知的好奇心は原子核の構造に向かい、原子核が陽子/中性子（核子）で構成されることが明らかになると、原子核の性質や原子核同士の反応を究める数々の実験が行なわれるようになった。1938 年に発見されたウランの核分裂が、1942 年にはその連鎖反応を利用した世界最初の原子炉に発展し、エネルギー源として実用化されたのが今日の原子力発電である。また、原子核研究の重要な「道具」として発明され、多くの技術開発を経て今日の加速器が実現されている。

原子核研究はやがて核子の構造とその間に働く力の性質の研究へと発展した。今日では基本的な粒子として光子などのゲージボソン、電子とニュートリノを総称したレプトン（軽粒子）、中間子、核子などのハイペロン（重粒子）が知られている。ところがメソンとハイペロンはクォークと呼ばれる素粒子の複合体であることが明らかになってきて、より根源的な粒子とその間に働く力の性質あるいは基本原理の探求が続けられている。これらの粒子間に働く力の性質で、電荷・空間・時間に対する対象性はその最も基本的な性質で、その対称性の破れの度合いは現代のもっとも重要な研究課題である。

一方、私達の宇宙は 150 億年前に起ったビッグバンで誕生し、膨張してきたことが明らかになっている。膨張の過程で宇宙は冷えていき、それに伴って物質が作り出されてきた。これまでの研究から宇宙誕生のごく初期の超高温状態からクォークが生じ、やがてクォークが集まって核子になり、更に冷えてきて核子が結合し元素が生まれたとされている。ところがウランにいたる多様な重元素は、このときでなく、軽い元素でできた星の爆発によって生み出されてきたと考えられている。このような立場で見ると、先に述べた自然界のより根源的な構成要素と基本原理の探求は、宇宙進化の過程を逆にたどることに相当している。言い換えると、高エネルギー加速器でより高いエネルギーが集中した状態を作りだすことが宇宙進化の逆過程を進むことであり、人類が存在する現在の宇宙のルーツを探ることである。そのためにはエネルギーフロンティアを開拓する加速器が必要になる。

前章の2-2で述べた我が国の高エネルギー加速器で行なわれている研究のうち、対称性の破れを確かめる実験の目的は、ビッグバンでできた宇宙は陽子や中性子が多く、なぜ反陽子や反中性子が存在しないかを明らかにする鍵の発見である。またニュートリノ振動実験からはニュートリノが質量をもつかどうかが明らかになり、その大きさによっては宇宙全体の質量が変わってきてこの宇宙がどのように進化していくかが異なってくる。なお、最後にクォークにかかわる研究は、これまで核子に深く閉じ込められて見えなかったクォークの実態を明らかにする新しい研究の始まりと位置付けることができる。

原子核は高々300個の陽子と中性子から構成されているのに、その構造や性質はきわめて多様である。なかでも未だ数多くは創製/発見されていない極端に中性子が多い原子核あるいは少ない原子核には、殆どその創製/発見の度に未知の性質が見つかっている。これまで我が国の研究者は、この領域の研究で既存の常識を覆す多くの発見をしてきた。このような未知の原子核を作り出してその性質を明らかにし、この宇宙でどのような過程を経て物質がつくられてきたかを地上で確かめようとする実験場が RIBF であり、原子核研究用加速器である。これまで我が国では重イオン加速器が安定領域から遠く離れた原子核のエキゾチックな性質を明らかにしてきた。一方、陽子/軽イオン加速器は原子核が高いエネルギー状態へ励起された時の形や性質を明らかにしている。

このような未知への探求は、自分の存在する自然界をより深く理解したいという人類の飽くなき知的好奇心の現れであり、その成果は人々の好奇心を更に刺激し、自然界に対する夢と畏敬の念を与えるものである。