

3. 我が国における加速器利用研究

上坪委員

既に述べたように、最近のレーザー技術の発展は目覚しく、ビームのエネルギー密度あるいは光子エネルギーとして原子や原子核に与えるエネルギーは、既に加速器に匹敵するようになっている。とくに、パルス幅がフェムト(10^{-15})秒でピーク強度がテラワット(10^{12})ないしペタワット(10^{15})のレーザーが開発されて、新しい加速原理の開発や高エネルギー光子の利用において、加速器と重なり合う部分が増えてきた。このような観点から、ここでは加速器利用研究にあわせて、短パルス・高強度レーザーの利用を取り上げることにした。

3.1 未知への挑戦

(1) 知的フロンティアの拡大

上坪委員

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。その構造を理解するために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

上坪委員

(核子)から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、すぐにエネルギー源として実用化されたのが今日の原子力である。また、原子核研究の重要な「道具」として発明された加速器は、多くの技術開発を経て今日に至っている。加速器が実現されている。

上坪委員

永宮座長

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)、メソン(中間子)、核子などのハドロン(重粒子)が知られている。ところがまた、メソンとハド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と基本原理解法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のうち、電荷・空間・時間に対する対象性対称性は、その最も基本的な性質で、その対称性の破れの度合いの測定は現代の最も重要な研究課題である。

上坪委員

永宮座長

(2) 宇宙の誕生・進化と高エネルギー物理学)

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、そのシナリオは以下のようなものと考えられている。

上坪委員
永宮座長
=削除

永宮座長

宇宙誕生のごく初期の超高温状態のとき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、更に冷えて核子が結合し元素が生まれたとされている。

上坪委員

宇宙が膨張して温度が下がるとクォークが集まって核子になり、ヘリウムまでの原子核が創られる。更に膨張して温度が下がると、やがて核子と電子が結合して原子になり、原子が集まって星が誕生する。星が大きくなると星の内部の温度が上がり、原子核反応がおきて次第に重い元素が合成されていく。ところがウランにいたる多様な重元素は、このときではなく、軽い元素でできた星の寿命が尽きた最後の爆発によって生み出されてきたと考えられている。

永宮座長

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辿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。

上坪委員

永宮座長

前章の 2-2 で述べた現在我が国の高エネルギー加速器で行なわれている実験で研究のうち、CP と呼ばれる対称性の破れが確認された。を確かめる実験の目的は、

上坪委員

これはビッグバンでできた宇宙に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明らかになった。その大きさの精密決定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明らかになる。異なってくる。なお、最後にペンタクォークの発見などクォークに関わる研究は、これまでなぜ核子のような小さい領域に深く閉じ込められるのかという「閉じこめの機構」や、閉じこめられた瞬間に大きな質量を生み出すのかという「質量起源の機構」といった疑問で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。

永宮座長

(3) 元素の生成と原子核物理学)

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。なかでも未だそれほど多くは創製・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た。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ており、また、星の内部で行なわれる元素合成過程を加速器の実験で確かめている。このように未知の原子核を作り出してその性質を明らかにし、この宇宙における元素創成のシナリオをこの宇宙でどのような過程を経て多くの元素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既存の原子核研究用加速器であり、建設中の 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、重イオン加速器を用いて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。