

特集 / 物質とは何か

物質とは何か

ドルトンの原子論からクォーク・グルオン・プラズマへ

初田 哲男

1. はじめに

昨年(2000年)6月、アメリカのブルックヘブン国立研究所(BNL)で、金の原子核同士をほぼ光速に加速して正面衝突させる相対論的重イオン衝突実験(RHIC)が始まった。この実験の目的は、宇宙の開闢後約 10^{-5} 秒間実現されていた高温状態を実験室で再現し、物質の原初形態“クォーク・グルオン・プラズマ”を生成しようというものである。その名のとおり、クォーク・グルオン・プラズマは物質の基本構成要素であるクォークと、それらを結びつけているグルオンが解離した高温スープであると想像されている。すでに、この実験はこれまでにない新しいデータを出しつつあり、今後数年間に、宇宙の原初物質の理解が飛躍的に進むであろうと期待されている。

この特集では、宇宙初期の高温状態、中性子星内部の高密度状態、そして地上の原子核などで、クォークやその複合体である陽子・中性子が、どのような秩序で物質を形成しているかが、様々な角度から論じられる。以下では、クォークの発見、クォークを支配する量子色力学の誕生、そしてクォーク多体問題の発展を概観し、この特集の導入としたい。

2. 近代原子論

万物を構成する根源物質は、古くから哲学的考察の対象であった。古代のインド・中国・ギリシャでは、水・火・土などの元素が様々な物質の性質を支配する、という元素概念が唱えられた。一方、デモクリトスに代表される古代原子論では、不可分の究極物質としての原子が離合集散することで万物がつくられると考えられた。しかし、これらの考察は実験事実に基づいた科学という側面に乏しく、形而上学の域を出なかった。

19世紀にはいって、自然科学としての原子論がドルトンにより初めて体系的に扱われた。彼は、1808年に著した「化学の新体系」¹⁾のなかで、気体、液体、固体に関する実験事実に基づいて、不可分でそれ自身変化しない複数の基本原子を仮定し、それらの結合として物質を統一的に理解しようと試みた。彼自身の言葉を引用すると¹⁾、

「本書のひとつの大きな目的は、単体および化合物の究極粒子の相対重量、一個の化合物粒子をつくりあげる単一元素の数、そして、より複雑な化合物粒子をつくるのにはいって来る簡単な化合物粒子の数、を確かめることの重要性と利点を示すことなのである。」

これに代表されるドルトンの考え方は、原子が