

中性子で見る地球内部の物質科学

鍵 裕之

東京大学大学院理学系研究科

水素は太陽系で最も高い存在度を持つ元素であり、地球表層においては水という形で豊富に存在し、その結果、地球は生命にあふれる緑の惑星となっている。地球表層だけでなく、水は地球内部にも鉱物中の水酸基や格子欠陥に水素という形で大量に取り込まれていると考えられており、地球内部には海洋の何倍もの量に相当する水が存在すると考える研究者もいる。水が地球深部を構成する物質に取り込まれることで、その性質を大きく変える現象も知られている。水は地球内部の岩石を構成する主要物質であるケイ酸塩鉱物に数 wt.%入るだけで、融点を数百度も低下させたり、粘性を数桁も減少させる。また、地震の発生や火山の噴火などにも地球内部での水の振る舞いが深く関連していると考えられている。これまで地球内部科学は、放射光 X 線を用いた高温高压その場観察によって大きく発展してきたが、水素は最も電子数の少ない元素ゆえに X 線ではほとんど観測できないため、前述のような地球深部における水にまつわる諸現象のメカニズムは、実際のところ物質科学的にはほとんど理解されてこなかった。中性子回折を用いれば水素原子の原子位置まで含めた構造解析や、鉱物特有の等電子イオン(たとえば Mg^{2+} , Al^{3+} , Si^{4+})を区別することによって、地球内部の物質科学の新展開が期待される。しかしながら試料の体積に制限がある高压実験では、中性子散乱実験に必要な試料体積を十分に確保することができないため、高压条件における中性子散乱実験は放射光 X 線回折その場観察に比べて大きく立ち後れていた。

我々は足かけ 7 年がかりで準備を進め、J-PARC のパルス中性子源に高压地球科学をメインターゲットとするビームラインの建設を開始した。このビームラインでは 30 GPa を超える人類未到の圧力領域での中性子回折パターンの測定や、マグマの分子レベルの構造や地球深部での水素の存在状態を解明するための高温高压下での中性子回折実験が進められようとしている。本講演では、中性子を利用することによって飛躍的に進展することが期待される地球ならびに惑星内部物質の研究について、世界の動向を踏まえながら現状と近未来の展望を紹介する。