

中性子回折の時間分割測定による氷の研究-氷惑星の構造を探る-

Time-resolved neutron diffraction studies about ices

深澤 裕 [1]

Hiroshi Fukazawa[1]

[1] 原子力機構

[1] JAEA

高強度の中性子線を用いると、物質を構成する原子分子の配置等に関する情報を持つ中性子回折等を短い時間で連続的に得る（時間分割測定）ことが可能である。そして、時間分割測定の実施により、圧力、温度変化等に伴って新しい構造と状態が出現する過程を原子分子レベルで逃すことなく観測することが出来る。この為、中性子線の強度が上がることによって、物質における新奇状態の発現過程を原子座標の時系列データに基づいて「その場観察」する実験の精度が向上する。

従って、東海村に建設中の大強度のパルス中性子源が完成し、分光器の設置により中性子利用の研究が開始されると、物質の新状態を発見する研究分野が国内で大きく発展するものと考えられる。本講演では、高強度パルス中性子線の利用研究の発展を見据えて、中性子を用いた水分子に関連する物質研究と惑星科学への展開について発表する。

中性子の特色の一つは、物質を構成する水素（重水素）の配置等に関する情報を非常に詳しく分析できることにある。従って、中性子利用研究では、水素、重水素を含む物質や水素結合を有する凝集系が試料として適しており、これらの系では他の手法では見出すことの出来ない新状態の発見が可能である。例えば、水素を有する一般的な物質である水と氷には、圧力と温度に依存して14種類以上の異なる状態が存在するが、この多様な状態の研究はフランス、英国等の優れた中性子源施設で大きく発展した。その結果、水と氷の研究分野において、中性子散乱法はけっして無視することの出来ない重要な実験手法であると認識されている。

本発表では、氷の状態図において不明な点が残されている圧力と温度の領域に着目し、新しい中性子源、分光器、アクセサリーを用いることで、如何なる発見が期待されるのかについて述べる。さらに、水と氷の構造の多様性が惑星科学に深く関与する点を述べる。特に、高い圧力下の氷の構造研究から、惑星、衛星、彗星、銀河系内の何処にどのような氷が存在すると考えられるのか、それらが惑星系の形成や生命起源物質の発生に如何なる役割を果たしてきたのかを考える。

一例として、発表者が取り組んできた水素秩序氷（水素原子の配置が秩序化した構造を有する氷）の研究を取り上げる。高圧低温下では水素原子配置の完全に秩序化した氷（Ice VIII）が安定相として存在する。ところが、圧力を下げると水素の秩序化は部分的になることが中性子回折の研究から分かっている。部分秩序氷として存在する氷の一つにIce XIと呼ばれる強誘電体があるが、果たしてIce XIは氷の安定相なのだろうか？カリウム等の不純物を含有させた氷における中性子回折の時間分割測定の結果に基づいてこの点を分析し、通常の氷は低温下で非常に長い時間経過することでIce XIに変化するとの仮説について考察する。さらに、太陽系の惑星等にIce XIが存在する可能性を検討する。特に、New Horizons等の惑星探査計画が対象としている冥王星とその衛星におけるIce XIの存在を考察し、Ice XIの氷塊が惑星環境に及ぼす影響を予測する。