

氷物質の高圧下中性子散乱からわかること

Scientific expectations for neutron scattering of ice-related materials at high pressure

奥地 拓生 [1]

Takuo Okuchi[1]

[1] 名大・高等研究院

[1] Inst. Adv. Res., Nagoya Univ.

太陽系全体を考えた場合、超高压下にある氷物質 (主成分 H₂O) が、水素 (H₂) とともに惑星をつくる最も基本的な物質となる。また既に数百個もの数が発見されてきている、太陽系外に存在する惑星たちの大部分も、その質量から考えて、これらの物質を主成分とする可能性が高い。よって氷物質の高圧下での性質を調べることは、地球惑星物質科学の今後の発展のために非常に重要な仕事となるだろう。

高圧下で出現する氷の完全秩序構造 (ice II) が中性子回折によって 1971 年に確認されて以後 [1]、中性子は氷物質を調べるためのユニークかつ強力な手法として、30 年以上にわたって重要な役割を演じ続けてきた。この間の中性子散乱実験技術・装置の急速な発展にも支えられて、結晶・アモルファス氷のほかにも、クラスレート水和物や水 (液体 H₂O) など、多数の氷関連物質の高圧下での構造が決定され、その物質科学の発展に寄与してきた。最近では高圧下でのみ合成が可能な、純粋な水素クラスレート水和物の構造が中性子回折によって決定されたことが、その工学的な応用の可能性も含めて、大きな話題となった [2]。

本発表では、この従来成果を下敷きにして、今後、氷物質の高圧中性子散乱によって新たにわかることと、その地球惑星科学への寄与について考えてみたい。2H による干渉性の弾性散乱から結晶構造を得ることはもちろん、1H による非干渉性の準弾性・非弾性散乱から、物質中の水素の拡散を調べることもできる [3]。大容積かつ高温の発生を得意とする Kawai-type の高圧発生装置を用いて、干渉性・非干渉性の中性子散乱をより高い圧力で応用すべく技術を磨いてゆくことで、早ければ圧力 30GPa 程度で起こることが理論的に予想されている、氷中の陽子の自由拡散現象を、初めて確認することができるかもしれない。このような「自由陽子」の流れは、巨大氷惑星中の惑星磁場の起源と深く結びついていると考えられている [5]。

さらに高圧中性子散乱から得た結果を、たとえば超高压 DAC-NMR[6] の実験結果と直接比較して、中性子や NMR といった新しい高圧実験技術の信頼性を相互に高め、汎用化していくことが可能になるだろう。中性子科学と地球惑星科学の今後の発展は、氷物質をなかだちとして深く結びついている。

[1] Kamb, B. et al., J. Chem. Phys. 55, 1934 (1971)

[2] Lokshin, K. A. et al., Phys. Rev. Lett. 93, 125503 (2004)

[3] Strauss, H. L. et al., J. Chem. Phys. 101, 7177 (1994); Chen, Z. et al., J. Chem. Phys. 110, 7354 (1999)

[4] Goldman, N. et al., Phys. Rev. Lett. 94, 217801 (2005)

[5] Stevenson, D. J. Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 10, 257 (1982)

[6] Okuchi, T. et al., J. Chem. Phys. 122, 244509 (2005)