

20aAJ-6 固体アルカリ塩の核スピン偏極：
スピン移行と角運動量の輸送

兵庫県立大学 大学院 物質理学研究科 石川 潔

Nuclear spin polarization of alkali salt : Spin polarization transfer
and Angular momentum transport

Graduate School of Material Science, University of Hyogo Kiyoshi Ishikawa

原子を光ポンピングすると、気体中で角運動量の流れが発生する。固体を偏極気体に接触させると、表面から注入された角運動量が核スピン系に蓄積し、固体のNMR信号が増大する。これまで、偏極Cs原子で、固体(CsH, CsD, CsCl)のCsイオンを核スピン偏極してきた。

今回は、核スピン偏極する試料としてCs塩(CsCl or CsI)粉末を、Cs金属、N₂ガスと共にガラス容器に封入した。これを約100 °Cに加熱し、Cs D₂線で光ポンピングしながら、Cs塩をNMR計測した。これまでは磁場0.56 Tの永久磁石を使っていたが、今回は、超伝導磁石の9.4 TでCs NMR信号を測定した。どちらの磁場でも、電子ゼーマン分裂は超微細分裂より大きいので、レーザー周波数でCs原子の光学遷移を選択できる。そのため、偏光が乱れても、原子のスピン偏極率の低下は無視できる。固体表面におけるスピン偏極移行は、同種の核(Cs核)間における核磁気双極子相互作用によるので、磁場依存性は緩やかである。磁場を高くしたのは、むしろ、Cs NMR信号の化学シフトや線幅の変化を正確に測定できるからである。観測してみると、予想通り、高磁場9.4 TでもCs塩のNMR信号は増大した。増大したNMR信号の線幅は、100 °Cにおける固体の共鳴線より狭く、増大率が大きいほど線幅が狭い。

前回報告したように[1]、レーザー照射により塩の温度が上昇しイオン(Cs⁺, Cl⁻ or I⁻)の易動度が増加するので、NMR線が尖鋭化する[2]。通常のスピン拡散では、核磁気相互作用によりスピン偏極が拡散するので、拡散長が短い。一方、高温の偏極Cs塩では、表面で原子からもらったスピン角運動量が、イオンの拡散運動により結晶内部に輸送される。したがって、NMR線が尖鋭化する(イオンの易動度が大きくなる)とき、信号が大きくなる(微結晶全体が核スピン偏極する)のである。

[1] 石川 潔, '相転移するアルカリ塩の光誘起核スピン偏極', 日本物理学会 2011 年秋季大会, 22aEB-4.

[2] K. Ishikawa, 'Hyperpolarization of ¹³³Cs nuclei enhanced by ion movement in a cesium salt', Phys. Rev. A 84, 061405R (2011).