

メゾポーラス中ヘリウムの超流動とフェルミ縮退

東大教養 和田信雄

バルクの液体 ^4He や ^3He は超流動やフェルミ縮退を起こし、量子凝縮の典型例として知られている。そして平らな基盤や多孔媒質中のRestricted geometry中にあるヘリウムについては、これらの量子凝縮がバルクとは全く異なった側面を持つことが知られるようになってきた。平らな基盤や孔径が数千Åから50Å程度のマクロポーラスではこれまで比較的多くの研究があるが、我々は新たな研究領域として、孔径サイズが約50から10Åのメゾポーラス、および約10Å以下のマイクロポーラス中ヘリウムの量子凝縮について研究している。

メゾおよびマイクロポーラス中ヘリウムの研究において、我々は比熱と共に、吸着圧力から等量吸着熱¹⁾を測定した。この実験手段により、基盤の吸着ポテンシャルの様子や、吸着ヘリウムの層形成、それに各層のガスや液体それに固体状態の様子が極めて明瞭になった。

孔径が約10ÅのYゼオライトのマイクロポーラス中¹⁾では、full poreの38%の吸着量で第1層が形成される。38から65%と吸着量を増やすと、1K程度の低温でも第2層目がガスや液体の状態にある。この吸着領域で1K以下の比熱を測定したところ、 ^3He の場合はフェルミ縮退を示唆する結果を得た。Yゼオライトはケージがつながった空孔の形状をしているので、このフェルミ縮退は数個の ^3He 原子が各ケージの中でゼロ次元の縮退をしていると考えられる。Yゼオライト中ではfull poreにすると、吸着したヘリウムはすべて固体状態になる。

層状構造を持つある種のヘクトライトは、層間に17Åの空間が作られている。そして層間は互いに約40Å離れたピラーで支えられている。この2次元メゾポーラスに ^4He を吸着していくと層形成が起こるが、1.3層を越すと超流動が初めて観測された。更に超流動はfull poreに於ても見られ、転移温度は1.73Kであった²⁾。低温比熱では超流動状態の2次元フォノン比熱が観測された。このフォノン比熱の吸着量依存をハードコアを持った2次元ボースガスモデルの比熱計算との比較からハードコア直径が約6Åと見積れる。超流動転移温度については、マクロポーラスに比べて、狭いピラー間隔のため超流動渦対の解離は更に制約されるので、KT転移機構を単純には適用できないと考えられる。

2次元メゾポーラス中の ^3He の場合は、1.3層を越えると比熱は ^4He のそれとは全く異なるようになり、低温でフェルミ縮退を示唆している。40mKまでの結果から2次元フェルミ液体として有効質量を見積ると約 $2.2m_{^3\text{He}}$ であった。超低温まで2次元フェルミ液体として振る舞えば、2次元 ^3He 超流動も期待できる。

参考文献

- 1) N.Wada, H.Kato and T.Watanabe: J. Low Temp. Phys. 95 (1994) 460.
- 2) H.Yano, Y.Kawaguchi, A.Inoue and N.Wada: Physica B194-196 (1994) 667.