

3 次元および 1 次元トポロジー(接続形態)の ^4He 薄膜超流動

和田信雄

名古屋大学大学院理学研究科

規則的な細孔構造を持つナノ多孔体中 ^4He 薄膜は、細孔(^4He 薄膜)の次元トポロジーを反映した超流動転移(オンセット)を示すことが分かってきた。

3 次元ナノ多孔体 HMM-2(孔径 2.7nm, 3 次元周期 5.5nm)の場合は、3 次元超流動相転移が示唆された。これは温度ドブロイあるいはフォノン波長が低温で 3 次元周期 5.5nm よりも長くなるためと理解できる。一方、高い温度では温度波長は 3 次元周期よりも短いので、 ^4He 薄膜の 2 次元トポロジーが主体的になると考えられる。そこで、超流動転移温度 T_{SF} が 1K に至る吸着密度 n において比熱と超流動測定を行い図 1 のような相図をえた。 T_{SF} が約 0.4K 以下では、大きな 3 次元相転移の比熱ピークを伴う。一方、 T_{SF} が高い場合は、高温の常流動からいったん 2 次元凝縮状態にクロスオーバーの後、更に低温で 3 次元超流動へ転移する。この転移は小さな比熱ピークを伴う。

1 次元ナノ多孔体 FSM 中の長さ約 300nm の ^4He ナノチューブは、1 次元状態で超流動が観測された。また転移(クロスオーバー)温度 T_{X} 付近では、図 2 のように大きな散逸が見られる。この 1 次元転移では、1 次元長さ L_{eff} スケールの“ 2π -位相ずれ”のゆらぎが本質的な役割を果たす。およそ T_{X} を越える温度では、多くのチューブで“ 2π -ずれ”が励起され、チューブ両端間の相関が無くなるので、全体として観測される超流動シフト ΔF は小さくなる。