

主 論 文 要 旨

報告番号	㊦ 乙 第	号	氏 名	山本恵一
主 論 文 題 目 :				
ナノ多孔体に閉じ込めた ^4He の量子効果				
(内容の要旨)				
<p>周期的、又はランダムネスを持ったポテンシャル中でのボース粒子系は、数多くの様々な状態が現れることが期待され多くの興味を引いてきた。実際にこの系では、現在までに新奇な量子状態が観測されてきた。周期的なポテンシャル中のアルカリ原子気体では、超流動と絶縁体間の量子相転移が観測され、また、ランダムポテンシャル中の原子ではボースグラスと思われる状態が最近実現している。これらの系は、非常に密度が薄い原子状態であるが、その一方液体、固体 ^4He はそのハードコアの性質により強い相関を持ったボース粒子系である。この ^4He を原子サイズ程度の狭い空間に閉じ込めることで、原子相関の効果が顕著になり新しい物理現象が現れることが期待される。以上の興味の下、本研究では 2.5 nm の細孔がランダムな 3 次元ネットワークを形成したナノ多孔質ガラスの中の ^4He における量子効果を、超流動密度、固体液体転移、および熱容量の測定によって明らかにした。</p> <p>ねじれ振子による超流動密度の測定から、超流動転移温度 T_c は 0 MPa で 1.4 K と、バルクから抑制された。加圧に伴い T_c は更に大きく抑制され、臨界圧力 $P_c = 3.4$ MPa で 0 K に到達することを見出した。この振る舞いは絶対零度において圧力をパラメータとした超流動-非超流動相間の量子相転移が起きていることを示している。</p> <p>超流動が消失する臨界圧力 P_c 近傍の状態を明らかにするため、定積圧力の測定により固体液体相境界を決定した。固化圧力はバルクから 1 MPa 上昇し、0.9 K 以下で温度に依存しないことを見出した。これより温度圧力相図において、超流動相と固体相の間に超流動を示さない液体相 (非超流動相) が 0 K まで存在することが明らかとなった。固液相境界が温度に依存しないため、熱力学におけるクラペイロン-クラウジウスの関係式より、固体相に隣接する非超流動相はエントロピーの小さい新奇な状態であることがわかった。</p> <p>非超流動相の熱力学的物性の解明のために熱容量測定を行った。その結果、超流動転移温度 T_c よりも高温の T_B において熱容量のピークを観測した。このことは、長距離秩序である超流動が起こるよりも高温で短距離的な秩序状態が発達していることを示している。私は、この短距離秩序状態は局在したボース凝縮状態であると考えている。これは、細孔中 ^4He の一部がボース凝縮を起こすが、全体としては凝縮体の位相がコヒーレンスでないために超流動を示さない状態である。この局在状態は ^4He 原子間の強い相関と多孔体の形成する孔径程度のスケールのランダムポテンシャルによって引き起こされる。T_B 以下の温度で熱容量がボース凝縮体に特有の励起であるフォノンとロトンによる寄与によって説明できたことより、超流動転移温度 T_c 以上の温度でも確かに多孔体の中でボース凝縮体が局在して存在していることがわかった。</p> <p>本研究により 2.5 nm 空間の中に閉じ込められた ^4He において、ランダムネスと原子間の強い相関の効果により超流動転移温度よりも高温でボース凝縮体の局在状態が出現することを明らかにした。</p>				