

ヘリウムは、特異な性質をもつ物質として知られています。通常物質は絶対零度では固体になります。しかし、ヘリウムは質量が小さく零点振動が大きいことや原子間力が小さいことから飽和蒸気圧では絶対零度でも液体のまま存在します。さらに、ヘリウムはある温度以下で相転移を起こし、通常の流体では通り抜けられないような細い管も通り抜けられる超流動という状態になります。超流動ヘリウムは常流動成分と超流動成分の二つの成分から構成されています。通常の流体にはないこのような 2 つの自由度により、様々な音波モードが存在します。

- 第 1 音波：通常の流体にも存在する圧力波
- 第 2 音波：超流動ヘリウム特有のエントロピーの波
- 第 4 音波：スーパーリーク（通常の流体は通れない非常に小さな穴）中に存在し、常流動成分が粘性のために固定され超流動成分のみが振動する

ヘリウムは、最も沸点が低く他の物質はその温度で固体になってしまうため液体ヘリウムは純粋な系です。しかし、多孔質体の孔内のように制限された空間に閉じ込めると、不純物が混じった系となり超流動密度の抑制など液体ヘリウムの物性が変化するため興味を持たれています。

エアロゲルは、 SiO_2 の鎖状高分子で構成された非常に柔らかく、低密度、高空孔率の多孔質体です。超流動ヘリウムをエアロゲル中に閉じ込めると、粘性のある常流動成分がエアロゲルと結合し振動するため、先ほどの音波モードとは異なる新たな音波モードが存在します。一つは、超流動成分とエアロゲルに固定された常流動成分が同位相で振動する第 1 音波と第 4 音波の中間モードである Fast mode。もう一つは、超流動成分とエアロゲルに固定された常流動成分が逆位相で振動する第 2 音波に似たモードである Slow mode です。当論文では、Slow mode の測定結果と両音波モードに当てはまる理論式を紹介します。