

$^3\text{He}-^4\text{He}$ 混合液における核形成と相分離界面のダイナミックス

東北大学大学院理学研究科 佐藤 武郎

1.

$^3\text{He}-^4\text{He}$ 混合液は、Fermi 粒子 (^3He) と Bose 粒子 (^4He) の混合液であり、約 0.9 K 以下で、 ^3He 濃厚相 (以下 c 相と呼ぶ) と ^3He 希薄相 (以下 d 相と呼ぶ) に相分離する。d 相中の ^3He 濃度は絶対零度まで有限 (約 6.6 モル%) という特徴を持つ。従って、d 相での ^3He 過飽和状態を実現できれば、非常に広範囲の温度域に亘って、臨界過飽和濃度の温度依存性を調べる事が可能である。このことは、一次相転移の引き金となる核形成が、量子揺らぎ (量子トンネル効果) によって生じているのか、熱揺らぎによって生じているのかを検証する上で非常に重要な点である。何故なら、量子揺らぎの領域に入れば、臨界過飽和濃度は温度依存性を示さなくなると予期されるからである。

2.

核形成実験の障害となるものは

(a) 不純物

(b) 境界 (容器壁面)

である。 $^3\text{He}-^4\text{He}$ 混合液は不純物を含み理想的混合液であるから (a) は排除される。 ^4He の方が ^3He より質量が大きいため零点振動が小さく、容器壁面には ^4He が選択的に吸着されるという事実がある。従って (b) も排除される。このような特徴を持つ混合系としては多分 $^3\text{He}-^4\text{He}$ 混合液以外には存在しないであろう。

3.

以上の観点に基づいて、東北大学超低温グループが行ってきている実験と結果の現状・将来計画について講演を行った。これまでの実験結果及び実験手段の詳細は文献 (1, 2, 3, 4) を参照して頂きたい。

4.

核形成及び核成長は、過飽和 d 相中に c 相が生じる過程とそれが成長する過程である。核形成の過程においても、結局の所、仮想的な c 相核を考えて、それが現実の核にまで成長するかどうかを考えることになる。従って、核形成過程・核成長過程のいずれにおいても c 相と d 相の境界面のダイナミックス、特に界面成長係数が重要な役割をもつ。

核形成実験は、いわゆる one-shot の実験であり、界面の動きを直接捉えることは現段階では難しい。界面のダイナミックスを捉え得る実験としては、定常状態にある相分離界面に擾乱を与えその応答を見るという手段が考えられる。

この観点により、c 相-d 相相分離界面に音波を入射させた時の反射係数・透過係数の振舞いについての理論的考察を行った結果について講演した。詳細は文献 (5) を参照して頂きたい。

5.

$^3\text{He}-^4\text{He}$ 混合液 d 相中の ^4He は超流動状態にある。従って量子渦糸という欠陥の存在には注意を払う必要がある。東北大グループの実験においては、この点も十分考慮して行われている。一方、量子渦糸が存在している時には、相分離現象はどの

ようになるかということも非常に興味深い問題である。この点についての理論的考察のpreliminaryな結果については文献(6)を参照して頂きたい。

- 文献
- (1) T. Satoh, M. Morishita, M. Ogata and S. Katoh
Phys. Rev. Lett. 69 (1992) 335
 - (2) T. Satoh, M. Morishita, S. katoh, K. Hatakeyama
Physica B 97 (1994) 397
 - (3) 佐藤 武郎、高木 伸
日本物理学会誌 50 (1995) 184
 - (4) 佐藤 武郎、森下 将史、畠山 顕、高島 慈
固体物理 29 (1994) 883
 - (5) S.N. Burmistrov and T. Satoh
Phys. Rev B 52 (1995) 12867
 - (6) T. Satoh and S.N. Burmistrov
“Quantum Coherence and Decoherence” p.93
Edited by K. Fujikawa and Y.A. Ono
(Elsevier, 1996)