

超流動/超伝導とは何か? --超流動固体 ^4He の謎--What is Superfluid/Superconductor? A mystery of supersolid ^4He

久保田 実

東京大学物性研究所

電子の超流動である超伝導が発見されて 100 年になる。巨視的な量子現象と呼ばれる超流動/超伝導の基礎は、その構成粒子である He 原子や、クーパ一電子対のボーズ凝縮 BEC がその基礎¹にある、と長年議論されて来た。しかし、理想的 2 次元系の超流動は、熱励起される 2 次元量子渦を介在して説明する **Kosterlitz-Thouless** 理論²とそれを実証する実験³を通し、解明された。また、1986 年に見い出された銅酸化物超伝導体をはじめ、有機超伝導体や、最近見いだされた鉄化合物超伝導体等、所謂「新しいタイプの超伝導体³」は、共通して、渦液体状態や、その固化した状態等の「量子渦状態」が議論される。1960 年代後半から 1970 年に掛けて盛んに、固体 He をはじめとする量子固体で、格子の並進対称性と運動量空間での秩序である超流動とが共存する状態として「超流動固体」状態が議論された。が、時代を反映してその根拠は、零点振動によって絶対零度でも有限個存在するはずの空孔等の defects の BEC が想定され絶対に存在するものと議論された。以降、世界中でその探査が行われたが、現代の研究の急速なきっかけを作ったのは、30 年以上経過した 2004 年 1 月号の Kim & Chan による「非古典的回転慣性モーメント」を観測したかも知れない、という **Nature** 誌論文⁴であった。それ以後 8 年が経過したが、この現象は解明し尽されていない。

本講演では、hcp 固体 He 中に onset 温度 T_0 以下で量子渦液体 VF 状態が存在するとの講演者らによる議論⁵、及び VF 状態から巨視的位相相関を持つ超流動固体 SS 状態への転移⁶を議論し、SS 状態での渦糸侵入の観測⁷及び SS 状態の「励起」状態が示す奇妙な、渦糸を跳ね返す「反磁性」的特性⁸を紹介するとともに、固体としての特性に着いても紹介する。

1]. F. London, "On the Bose-Einstein Condensation", **Phys. Rev.** **54**, 947-954 (1938).

2]. J.M. Kosterlitz and D.J. Thouless, **J. Phys.** **C5**, L124 (1972), and **6**, 1181 (1973).

3]. D.J. Bishop & J.D. Reppy, **Phys. Rev. Lett.** Vol.40, 1727 (1978).

4]. E. Kim & M. H. W. Chan, **Nature** vol. 427, 225 (2004).

5]. Penzev, Yasuta, and Kubota, **Phys. Rev. Lett.** Vol.101, 065301 (2008).

6]. N. Shimizu, Y. Yasuta, and M. Kubota, arXiv:0903.1326; **J Low Temp Phys** (2010) 158: 572-577

7]. M. Yagi, A. Kitamura, N. Shimizu, Y. Yasuta, M. Kubota, **J Low Temp Phys** (2011) 162: 492-499.

8]. M. Kubota, presentation at LT26.