

Grafoil 上に吸着された多層ヘリウム薄膜の熱容量

和田 淳 一

液体ヘリウムの温度を下げてゆくと飽和蒸気圧下では、2.17K で超流動転移を起こす。では、ヘリウムの2次元的な膜を作ったなら、それはどのような転移を起こすのだろうか。それに答えるために様々な物質にヘリウムを吸着させて多くの実験がなされてきた。

その中で、Grafoilを用いたsubmonolayerの実験で、吸着されたヘリウムがかなり良い2次元性を示すことが明らかとなった。これはグラファイトのへき開面がきわめて均質な吸着面を提供することによると思われる。一方、multilayer に対しては Bretz が5 atomic layer 以上の膜厚で低温側と高温側で折れ曲がりを持つ熱容量を得た。しかし、当研究室の湯山によると2K 付近で anomaly を持ち、Bretzの結果とは定性的にも一致しないと思われる熱容量を得ている。

そこでこの熱容量の違いが何に由来するのか、また熱容量の本当の振舞いはどうなるのかを明らかにするために、湯山の研究において精度のなかったと思われる膜厚の決定と脱着の潜熱の補正に重点をおき実験を開始した。

測定に使用するGrafoilは水分子や有機物（オイル、グリース類）を吸着しているので高真空排気装置で排気しながら800℃で脱ガスを行なった。この時の最終到達真空度は 7×10^{-7} Torr であった。submonolayer の実験には吸着面のきれいさが影響を強く及ぼすので脱ガスは十分に行なわなければならない。

実際に測定される熱容量はヘリウム膜の熱容量、Grafoilを含めた容器の熱容量、サンプルセル内のdead space中のgas熱容量、脱着の潜熱の寄与、吸着第1層の固体の熱容量の和である。よって、ヘリウム膜の熱容量を得るためにはその補正を行なわなければならない。容器の熱容量はヘリウムを吸着させずに熱容量を測定することにより得られ、吸着第1層の熱容量は2次元デバイ比熱と一層完成に必要な吸着量より得られる。dead space中のgasを理想気体と見なせばgasの熱容量はわかり、脱着の潜熱 C_{des} は熱力学的に

$$C_{des} = \frac{PV}{T} \left[\frac{T}{P} \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_{N_f + N_g} - 1 \right]^2 \left[1 + \frac{V}{kT} \left(\frac{\partial P}{\partial N_f} \right)_T \right]$$

と得られる。ここで N_f , N_g は吸着量, gas 量であり, P は蒸気圧である。この式より明らかなように, C_{des} の補正のためには蒸気圧 P の正確な測定が必要となる。そのために 10^{-3} Torr まで正確に測れる圧力計を作り使用した。

膜厚の決定には, グラファイトのベンゼン環 1 つ当りにヘリウム原子 1 / 3 個の割合で吸着した時に現われる比熱のピーク (lattice gas のピーク) から一層完成に必要なヘリウムの量を見積ることにした。吸着量が $33.25 \text{ cm}^3 \text{ STP}$ のときに非常に大きな比熱のピークが得られた (Fig. 1)。一層完成に必要なヘリウムの量を今回使用したサンプ

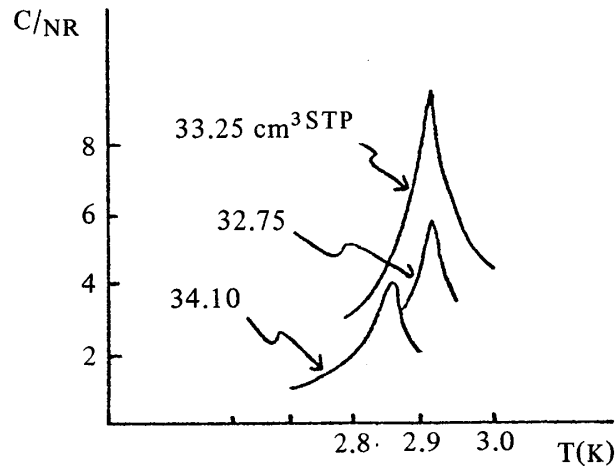


Fig. 1

ルセルに対して $57.73 \text{ cm}^3 \text{ STP}$ と見積った。

補正を行った後の熱容量の振舞いを Fig. 2 に示す。2 ~ 3 層では膜を厚くするほど低温側へ移行する anomaly が見られ, これは今まで知られていなかったものである。4 ~ 5 層では明らかに低温側で折れ曲がりをする熱容量が得られ, Bretz の結果と一致するものと思われる。

湧山の結果は anomaly の位置 (~ 2 K) や測定に用いた Grafoil の量などから考えて膜厚の見積りにあやまりがあったのではないと思われる。

横軸に膜厚をとり, 縦軸に熱容量をとって等温のところを結んでみると 1.6 K 以下で flat になる範囲があり (Fig. 3), 今のところこの原因については明らかとなっていない

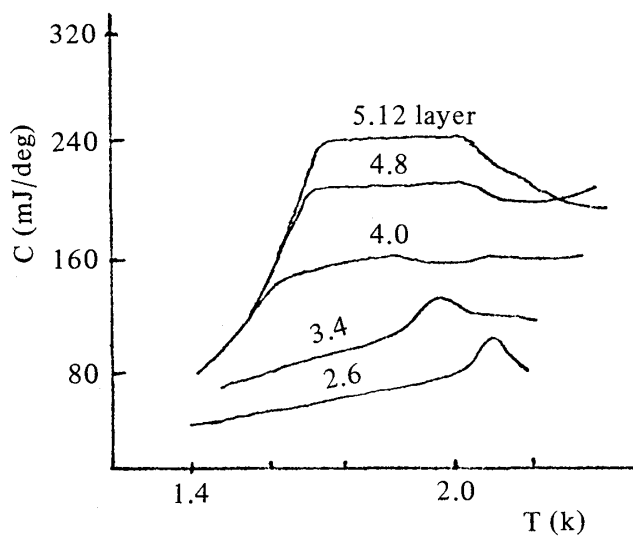


Fig. 2

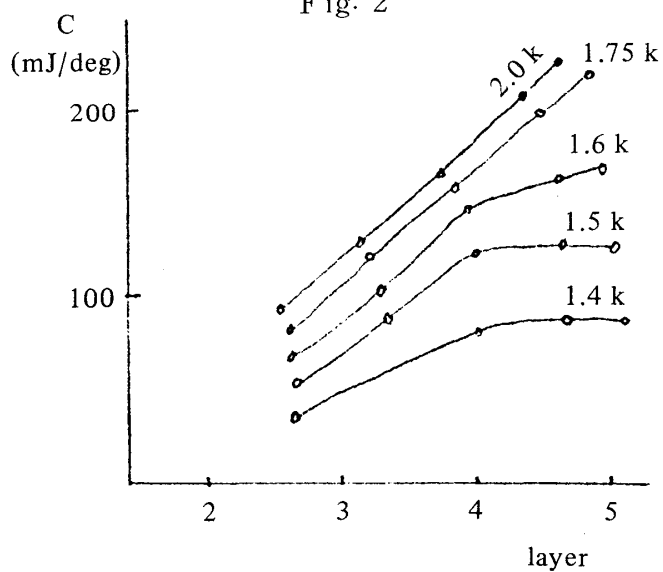


Fig. 3

い。しかし、超流動転移と何らかの関連があるのではないと思われる。

また、測定中に超流動転移が起っていたならば、熱的緩和時間の急激な変化が期待されるが、それは見られず、今回の熱容量の変化と超流動転移との関係は明らかにされていない。