

7.  $\text{ZrTe}_3$  の異方的超伝導転移

中 島 博 臣

## ( 1 : 序 論 )

$\text{ZrTe}_3$  はトリカルコゲナイドに特徴的な三角柱 chain 構造を示し、単斜晶の unit cell 中に、同じ形の二本の三角柱を含む。室温での異方性は、 $\rho(a) : \rho(b) : \rho(c^*) = 1 : 1 : 10$  という 2 次元的なものである。63 K 以下では波数  $\mathbf{q} = (1/14, 0, 1/3)$  の超格子構造が現れ、それに伴い、電気抵抗率、ホール係数、弾性率に変化が見られ、さらに約 2 K で超伝導転移を示す。本研究では超伝導転移に伴う、電気抵抗および磁化率の温度変化とそれらの異方性について調べた。

## ( 2 : 試料作製 )

Zr と Te を 1 : 3 のモル比で石英管中に、少量の  $\text{I}_2$  と共に真空封入し、高温部 750 °C、低温部 700 °C の温度勾配をつけた炉中で 2 週間反応させた後、徐冷した。

## ( 3 : 実験結果 )

—電気抵抗— 同一の単結晶から  $a$  軸方向と  $b$  軸方向測定用の試料を別々に取り出し、直流 4 端子法で電気抵抗を測定した。結果の一例を図 1 に示す。 $b$  軸方向では約 2 K まで一定の残留抵抗を示し、その後、約 1.8 K から抵抗の減少がはじまり、約 1.4 K で抵抗ゼロになる。一方  $a$  軸方向では約 3 K から抵抗がゆるやかに減少し、約 1.4 K で抵抗ゼロになる。転移の際の抵抗の電流依存性は  $b$  軸方向に比べ顕著に見られる。

—磁化率— 抵抗を測定した試料と一緒にできた、サイコロ状の試料を使用した。直流磁化率  $\chi_{dc}$  は鉛の円筒にトラップされた、約 10 ガウスの定常磁場のもとで、SQUID 磁測計を用いて測定した。その結果、磁場の方向に依らず、Meissner 効果は観測されなかった。交流磁化率  $\chi_{ac}$  (160, 80 Hz) は地球磁場のもとで、ブリッジを用いて測定した。その結果、約 1.6 K 以下で、磁場を  $b$  軸に平行に印加した場合は  $a$  軸に平行に印加した場合に比べ数倍の信号が得られ、磁場を加えた方向に依らず転移はブロードであり、その絶対値は 1.2 K までは、完全反磁性  $\chi_M$  に比べ小さいものであった (図 2)。

## ( 4 : 考 察 )

電気抵抗曲線の転移幅  $\Delta T$  の違いから判断すると、 $b$  方向ではバルクな転移、 $a$  方向では低次元系に特有のゆらぎの効果がより高温で見えているように思われる。そしてゆらぎの電気伝

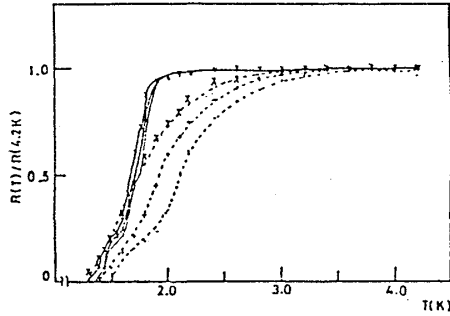


図 1

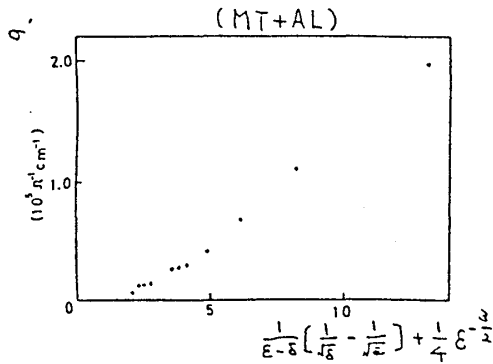


図 3

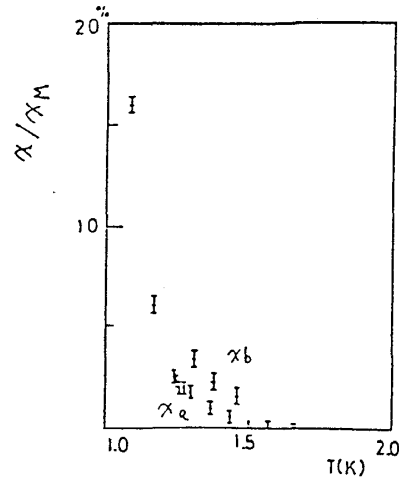


図 2

導率の温度変化 $\sigma$ は一次元系のゆらぎの理論(MT+AL)で説明できる(図3)。この事から次のようなモデルが考えられる。ZrTe<sub>3</sub>の超伝導転移の際には、まず $a$ 軸方向に一次元的なパスが形成され、そのパスに沿って超伝導ゆらぎが起こる。 $a$ 方向の転移のmid-pointで $T_C$ を定義すると、 $T > T_C$ ではパス同士のJosephson結合が非常に弱く、 $b$ 方向には抵抗の減少は見られない。 $T < T_C$ ではパス同士のJosephson結合が強くなり、 $b$ 方向に急激に抵抗が減少するものと思われる。さらに磁化率の実験結果を考慮する。 $\chi_{dc}$ は超伝導転移による定常的な遮へい電流によって試料の外に排除される磁束に比例するが、 $\chi_{dc}$ に変化が見られないことから、ZrTe<sub>3</sub>の超伝導はバルクな性質ではなく、低次元的なものと思われる。 $\chi_{ac}$ に対応する遮へい電流はJosephson結合をも流れうるが、その異方性は、超伝導遮へい電流の流れ方に依存している。すなわち、前述のモデルのように一次元的なパスが $a$ 軸に平行であるとすると、磁場を $b$ 方向に印加した場合は( $\chi_b$ )、遮へい電流は $ac$ 面内を流れるが、 $a$ 方向には超伝導パスに沿ってながれ、 $c$ 方向にはパス間のJosephson結合によって流れる。一方磁場を $a$ 方向に印加すると( $\chi_a$ )、遮へい電流は $bc$ 面内を流れるが、 $b \cdot c$ いずれの方向でもJosephson結合によって流れる。Josephson結合の臨界電流は超伝導パスに比べ小さいので、交流磁化率は、 $\chi_b > \chi_a$ となるはずである。 $\chi_{ac}$ の実験結果は、この予想と定性的に一致している。

以上により、ZrTe<sub>3</sub>の超伝導は、主に $a$ 軸に平行な一次元的なものと思われる。