

7. NbSe₃における電荷密度波と超伝導に対する圧力効果

井 尻 努

1 序論

擬一次元金属NbSe₃は142K (T_1)と58K (T_2)で独立に電荷密度波 (Charge Density Wave; CDW) 転移を起こす。以下では、 T_1 、 T_2 で形成されるCDWのことを q_1 -CDW、 q_2 -CDWと呼ぶ。NbSe₃では少量の不純物の添加や低い圧力下で超伝導が現れる。超伝導転移温度 T_c は不純物量の増加や圧力の増大によって著しく上昇するが、 T_1 、 T_2 は逆に低下する。このことから、この系の超伝導はCDWと何等かの関連性があるものと考えられ興味を持たれた。当初、測定手段 (電気抵抗、磁化率) によって T_c の圧力依存性は大きく異なっていたが (図1)、その後、高圧技術の改善により、測定手段による不一致は解消された。その結果、超伝導は7.5 kbar (P_c) の圧力で q_2 -CDWと入れ替わりで出現することが明らかになった (図2)。ところで、 T_1 、 T_2 が圧力によって低下するのは、圧力によってフェルミ面のネスティングが悪くなるためと考えられている。一方、 T_c の圧力依存性は q_2 -CDWに関連したフォノンのソフト化と関係ずけて議論されている。これらの定性的な説明を実験的に確かめるために、まず、 α パラメータ (図3) に着目し、その圧力依存性を調べた。この α パラメータはCDW転移による電気抵抗の増加量を見積ったもので、フェルミ面のネスティングの程度を反映するパラメータと考えられる。また、超伝導がフォノンのソフト化と関係している場合、 T_c は圧力と共に急速に低下することが予想されることから、同一の試料を用い T_c を広い圧力領域にわたって測定した。

2 実験

使用した高圧装置は、低温まで一定の圧力を保持できる。高圧実験を行うに当たって問題となったのは電極に用いた銀ペーストが圧力媒体中で劣化することであったが、銀ペーストの最適な固化条件を探すことにより、連続的に6回の高圧実験が出来る程度の電極を作ることができた。電気抵抗の測定には直流4端子法を用いた。

3 結果及び考察

各圧力での電気抵抗の温度変化を図4 ($T > 4.2$ K)、図5 ($T < 4.2$ K) に示す。 T_1 、 T_2 の圧力依存性はこれまでの結果と変わらないが、 T_c は広い圧力範囲でほぼ直線的に低下することが明らかになった (図6)。図7に q_1 、 q_2 -CDWに関する α_1 、 α_2 の圧力依存性を示す。 α_1 は測定圧力範囲内で圧力によらず一定であることから、 q_1 -CDWをもたらすフェルミ面のネスティングの様子は測定圧力範囲内で変化していないと考えられる。従って、 T_1 が圧力によって低下するのは、従来の説とは異なり、圧力によって格子が固くなり電子-格子相互作用が小さくなるか、あるいは、 q_1 -CDWをもたらすフェルミ面の大きさが減少する為と考えられる。一方、 α_2 は約0.7 P_c 迄圧力によらず一定であるが、0.7 P_c から急速に減少する。この α_2 が減少する圧力領域で T_2 も急速に低下することから、 P_c 付近での T_2 の急速な低下は q_2 -CDWをもたらすフェルミ面のネスティングが悪くなるためと考えられる。

T_c は広い圧力範囲で圧力と共にほぼ直線的に低下するが、この結果はフォノンのソフト化が超伝導に関係している場合に予想される T_c の圧力依存性と定性的に異なる。また、 $\ln T_2$ と $\ln T_c$ との傾きがほぼ等しいことから (図8)、 T_2 と T_c の圧力変化をもたらす物理量が共通であると考えられる。

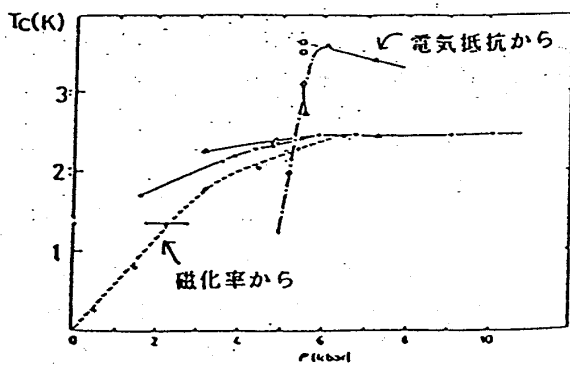


図 1

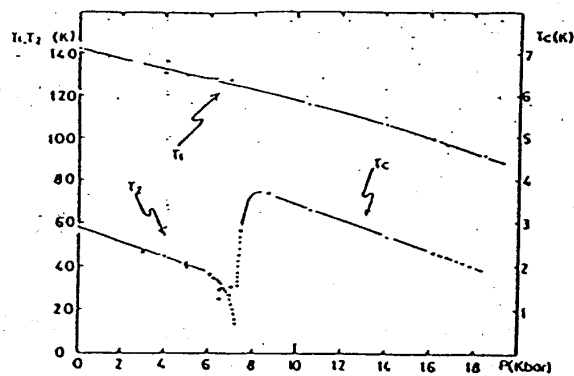


図 6

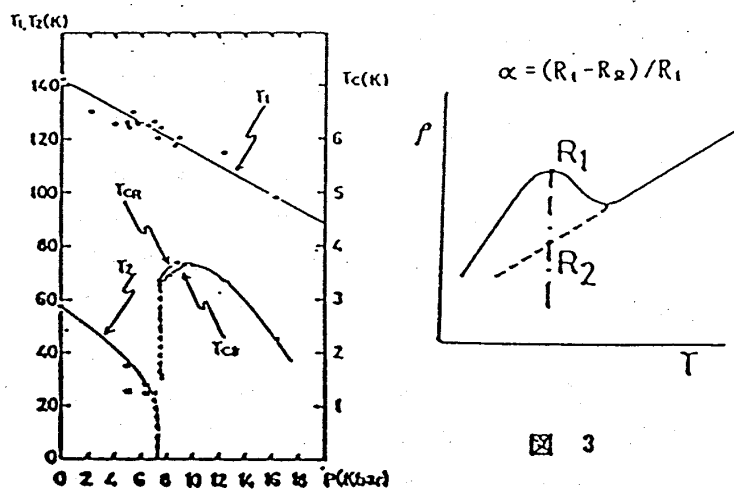


図 2

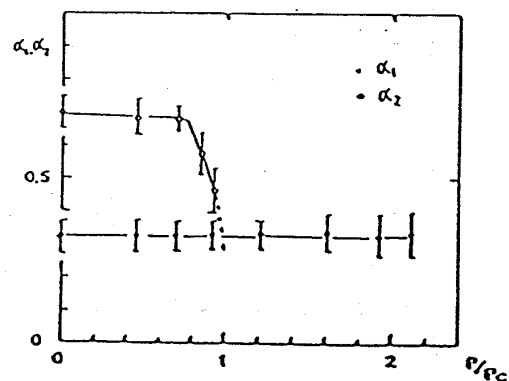


図 7

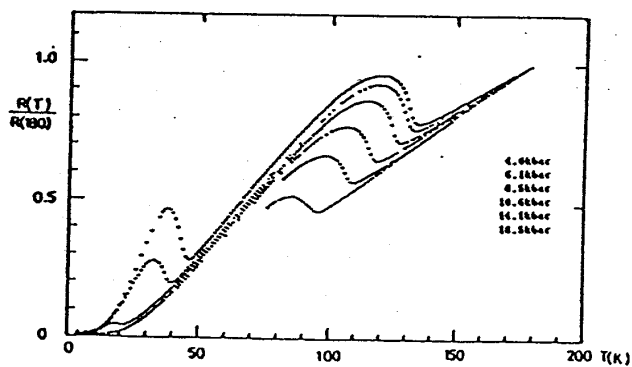


図 4

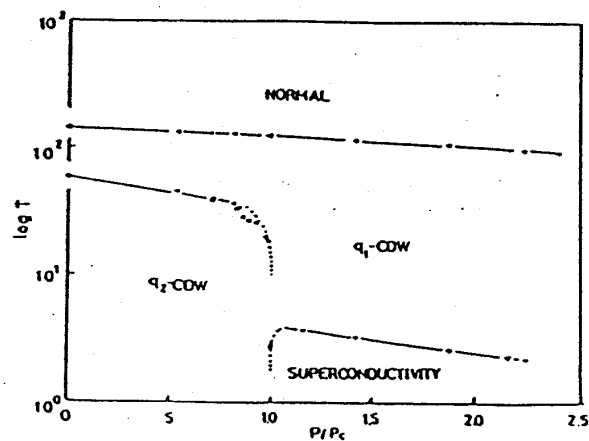


図 8

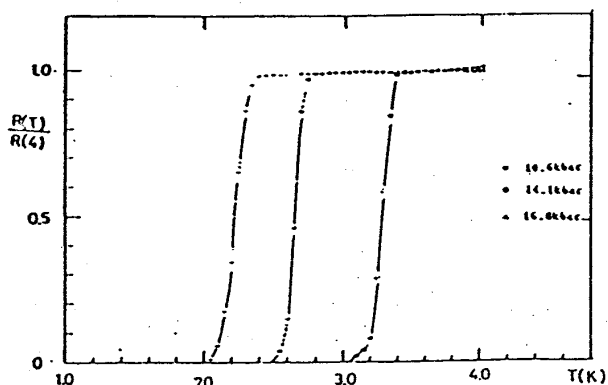


図 5